

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΑΤΡΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΜΕΛΕΤΗ ΗΛΕΚΤΡΟΚΙΝΗΤΩΝ ΜΕΣΩΝ ΜΑΖΙΚΗΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ- ΤΡΟΛΛΕΥ-ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΚΑΙ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΚΙΝΗΤΗΡΑ ΕΛΕΗΣ ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΡΕΥΜΑΤΟΛΗΠΤΩΝ



ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ: ΟΙΚΟΝΟΜΑΚΗΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ (Α.Μ. 4233)

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΚΟΚΚΙΝΟΣ ΑΝΑΣΤΑΣΙΟΣ

ΠΑΤΡΑ 2010

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Το παρόν τεύχος αποτελεί την Πτυχιακή Εργασία που εκπονήθηκε στο Τμήμα Μηχανολογίας του Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Πάτρας και φέρει διάφορες μηχανολογικές και ηλεκτρολογικές μελέτες που αποσκοπούν στη λειτουργία των ηλεκτροκίνητων οχημάτων μέσω μεταφοράς τρόλλεϋ.

Αρχικά γίνεται ιστορική αναδρομή σε ότι αφορά στην εξέλιξη των ηλεκτροκίνητων οχημάτων. Στη συνέχεια αναφέρονται τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα αυτών καθώς και όλη η εγκατάσταση που τα τροφοδοτεί με ενέργεια. Ύστερα γίνεται αναφορά στα τεχνικά χαρακτηριστικά των τρόλλεϋ και τέλος αναλύεται το σύστημα πέδιλου λήψης ρεύματος και η λειτουργία του κινητήρα έλξης.

Ένα θερμό ευχαριστώ στον επιβλέποντα καθηγητή μου, κ. Αναστάσιο Κόκκινο, καθηγητή του Τμήματος Μηχανολογίας, για την πολύτιμη βοήθεια και καθοδήγηση που μου προσέφερε για την υλοποίηση της εργασίας.

Οικονομάκης Δημήτριος

Σεπτέμβριος 2010

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία μελετά τα ηλεκτροκίνητα οχήματα, συγκεκριμένα τα αρθρωτά τρόλλεϋ που πλεονεκτούν σε σχέση με τα διαξονικά στον αριθμό εξυπηρέτησης των πολιτών. Γίνεται ιστορική αναδρομή των τρόλλεϋ και γνωστοποιείται η σημερινή τους κατάσταση. Στη συνέχεια διερευνούνται τα τεχνικά χαρακτηριστικά τους και δίνεται έμφαση στο σύστημα πέδιλου λήψης ρεύματος και στον κινητήρα έλξης.

Η ανάπτυξη του θέματος υλοποιείται σε πέντε κεφάλαια. Το πρώτο κεφάλαιο αναφέρεται στον ορισμό των τρόλλεϋ, τον τόπο προέλευσής τους καθώς και τη χρονολογία κατά την οποία ήρθαν στην Ελλάδα. Ακολουθεί περιγραφή της εξέλιξής τους και εικόνα της σημερινής τους κατάστασης. Επίσης αναφέρονται το όραμα και οι στόχοι της εταιρίας ΗΛΠΑΠ Α.Ε.(Ηλεκτροκίνητα Λεωφορεία Περιοχής Αθήνα Πειραιάς).

Στο δεύτερο κεφάλαιο δίνονται τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα των τρόλλεϋ σε σχέση με άλλα μέσα μαζικής μεταφοράς και η συχνότητα χρήσης από το επιβατικό κοινό. Καταγράφεται το ποσοστό εξυπηρέτησης επιβατικού κοινού για το έτος 2009 καθώς και μια συγκριτική μελέτη εξυπηρέτησης του επιβατικού κοινού από τα άλλα μέσα μαζικής μεταφοράς. Έπειτα γίνεται αναφορά στην επέκταση του δικτύου της ΗΛΠΑΠ στην Αθήνα. Τέλος δίνεται περιγραφή της εγκατάστασης της παραγωγής και διανομής του ρεύματος που αποτελείται από το εναέριο δίκτυο, το υπόγειο δίκτυο και τους υποσταθμούς ηλεκτροδότησης.

Στο τρίτο κεφάλαιο μελετάται η λειτουργία και ο σκοπός της μονάδας DPU, η οποία τροφοδοτεί τον κινητήρα έλξης καθώς και η μονάδα BNU, που στοχεύει στη φόρτιση των συσσωρευτών και την τροφοδότηση του αεροσυμπιεστή με τριφασικό ρεύμα. Ακολουθεί η μονάδα KGU101 η οποία τροφοδοτεί τον κινητήρα ισχύος του air condition. Αναφέρεται επίσης η μονάδα ελέγχου μόνωσης για την ασφάλεια του επιβατικού κοινού. Στη συνέχεια γίνεται ανάλυση της αντίστασης πέδης και δίνονται συμπεράσματα από τα τεστ που πραγματοποιήθηκαν. Έπειτα ακολουθεί το σύστημα πεπιεσμένου αέρα στο οποίο αναφέρονται τα πλεονεκτήματα των πνευματικών συστημάτων και η περιγραφή του αεροσυμπιεστή. Το τελευταίο μέρος του κεφαλαίου αναφέρεται στο εφεδρικό σύστημα κίνησης του τρόλλεϋ, που αποτελείται από τον πετρελαιοκινητήρα και το ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος.

Το τέταρτο κεφάλαιο της εργασίας αυτής αναφέρεται στο σύστημα πέδιλου λήψης ρεύματος, τη δομή και τη λειτουργία του καθώς και τα μηχανικά τμήματα από τα οποία αποτελείται. Ακολουθεί το σύστημα ελέγχου του πέδιλου λήψης ρεύματος σε ότι αφορά στις αυτόματες λειτουργίες του. Στη συνέχεια καταγράφεται η τροφοδοσία πεπιεσμένου αέρα και το σχέδιο πνευματικής σύνδεσης του συστήματος. Έπειτα γίνεται αναφορά στα είδη εμβόλων του συστήματος και ανάλυση της λειτουργίας των ηλεκτρομαγνητικών βαλβίδων στο σύστημα πεπιεσμένου αέρα. Και τέλος περιγράφεται συνοπτικά η συντήρηση του πέδιλου λήψης ρεύματος.

Στο πέμπτο και τελευταίο κεφάλαιο γίνεται περιγραφή του ηλεκτροκινητήρα, η οποία είναι κοινή για όλους. Έπειτα αναλύεται ο κινητήρας έλξης των αρθρωτών τρόλλεϋ και επεξηγούνται τα κύρια χαρακτηριστικά που έχουν σημαντικό ρόλο στη λειτουργία του. Τέλος εξετάζονται τα μεγέθη του κινητήρα και ελέγχεται αν πληρούν τις προδιαγραφές της Skoda ούτως ώστε ο εκάστοτε κινητήρας να βγει στην παραγωγή.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΗΛΕΚΤΡΟΚΙΝΗΤΩΝ ΛΕΩΦΟΡΕΙΩΝ

1.1Η αρχή των τρόλλεϋ	2
1.2 Τι είναι τρόλλεϋ	2
1.3 Ιστορία	3
1.4 Η.Λ.Π.Α.Π.	4
1.5 Τα ηλεκτροκίνητα λεωφορεία (τρόλλεϋ) στην Ελλάδα	5
1.5.1 Ηλεκτροκίνητα λεωφορεία τύπου fiat	5
1.5.2 Ηλεκτροκίνητα λεωφορεία τύπου alfa – romeo	6
1.5.3 Ηλεκτροκίνητα λεωφορεία τύπου lancia	7
1.5.4 Τρόλλεϋ ρωσικής κατασκευής	8
1.6 Σημερινή κατάσταση	9
1.6.1 Τύπου vanhool – alstom – σφακιανακη – σειρά 7000	9
1.6.2 Τύπου neoplan – kiere – elno – σειρά 6000	10
1.6.3 Τύπου neoplan – kiere – elno – σειρά 8000	11
1.6.4 Τύπου neoplan – kiere – elno – σειρά 9000 (αρθρωτό)	12
1.7 Σκοπός, όραμα και στόχοι της εταιρείας	13
1.7.1 Σκοπός	13
1.7.2 Στόχοι	13
1.7.3 Δράσεις και προοπτικές	13

2.ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΗΛΕΚΤΡΟΚΙΝΗΤΩΝ ΜΕΣΩΝ ΜΑΖΙΚΗΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ-ΥΠΟΣΤΑΘΜΟΙ ΚΑΙ ΕΝΑΕΡΙΟ ΔΙΚΤΥΟ

2.1 Εισαγωγή	15
2.2 Τα πλεονεκτήματα των ηλεκτροκίνητων λεωφορείων	15
2.3 Μειονεκτήματα των τρόλλεϋ	17
2.4 Συχνότητα κίνησης	17
2.4.1 Ετήσια επιβατική κίνηση για το 2009	17
2.4.2 Τα τρόλλεϋ εξυπηρετούν το 18% του επιβατικού κοινού συνολικά ως μέσο μαζικής μετακίνησης	18

2.4.3 Παρουσιάζουν τη μεγαλύτερη συχνότητα χρήσης με ποσοστό 68.....	18
2.5 Το δίκτυο της Η.Λ.Π.Α.Π. Α.Ε.	19
2.5.1 Συνολικό δίκτυο Η.Λ.Π.Α.Π.	20
2.6 Δίκτυο και σύστημα παροχής ισχύος.....	20
2.6.1 Το πρώτο εναέριο δίκτυο ηλεκτροδότησης.....	21
2.6.2 Εξέλιξη εναέριο δικτύου.....	21
2.6.3 Βασικά προβλήματα εναερίου δικτύου.....	21
2.6.4 Διασταυρώσεις.....	22
2.6.5 Χαρακτηριστικά εναερίου δικτύου	22
2.6.6 Ορισμοί	23
2.6.7 Παράμετροι σχεδιασμού	24
2.6.8 Το υπόγειο δίκτυο ηλεκτροδότησης.....	24
2.6.9 Διαχρονική εξέλιξη υπογείου δικτύου	24
2.6.10 Υποσταθμοί ηλεκτροδότησης	25
2.6.11 Τυπικός εξοπλισμός	26
2.6.12 Κλιματικές τιμές για τη σωστή λειτουργία των Υ/Σ	28

3.ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΗΛΕΚΤΡΟΚΙΝΗΤΟΥ ΑΡΘΡΩΤΟΥ ΛΕΩΦΟΡΕΙΟΥ ΤΡΟΛΛΕΥ

3.1 Γενικά	30
3.2 Διανομή ρεύματος	31
3.3 Μονάδα αντιστροφεία κίνησης dru 409 μοτέρ έλξης αντίστασης πέδησης.....	32
3.4 Μονάδα BNU 440	35
3.5 Μονάδα KGU 101.....	36
3.6 Μονάδα έλεγχου μόνωσης.....	37
3.7 Αντίσταση πέδης	38
3.7.1 Περιγραφή	39
3.7.2 Τεχνικά χαρακτηριστικά	39
3.7.3 Συμπεράσματα στα τεστ πέδης	40
3.7.4 Συμπεράσματα στα τεστ για μονωτήρες	41
3.7.5 Σχέδιο σε τομή αντίστασης πέδης	41
3.8 Σύστημα πεπιεσμένου αέρα	42
3.8.1 Παραγωγή πεπιεσμένου αέρα	42

3.8.2 Πλεονεκτήματα των πνευματικών συστημάτων ...	43
3.8.3 Κύλινδροι πεπιεσμένου αέρα	43
3.8.4 Αεροσυμπιεστής με περιστρεφόμενο κοχλία- περιγραφή λειτουργίας	44
3.8.5 Περιγραφή εξαρτημάτων	45
3.8.6 Σύστημα διαχείρισης υγρού	46
3.8.7 Τμήμα κινητήρα/ μετάδοσης	46
3.8.8 Σύστημα ψύξης συμπιεστή-περιγραφή	47
3.8.9 Σύστημα εισαγωγής αέρα - περιγραφή λειτουργίας	47
3.8.10 Σύστημα έλεγχου, περιγραφή λειτουργίας	47
3.8.11 Όργανα, περιγραφή λειτουργίας	47
3.8.12 Στους παρακάτω πίνακες φαίνονται τα χαρακτηριστικά του αεροσυμπιεστή	48
3.9 Συστήματα που λειτουργούν με αέρα	50
3.9.1 Ηλεκτροπνευματική βαλβίδα ecas	50
3.9.2 Σύστημα πέδησης	51
3.10 Βοηθητικό ηλεκτροπαράγωγο ζεύγος	51
3.10.1 Πλεονεκτήματα πετρελαίου	53

4.ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΕΔΙΛΟΥ ΛΗΨΗΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΑΡΘΡΩΤΟΥ ΤΡΟΛΛΕΥ

4.1 Εισαγωγή	55
4.2 Δομή και λειτουργία πέδιλου λήψης ρεύματος	55
4.3 Μηχανικά τμήματα	57
4.3.1 Κάτω τμήμα πέδιλου λήψης.....	57
4.3.2 Ράβδος πέδιλου λήψης ρεύματος	57
4.3.3 Κεφαλή πέδιλου λήψης ρεύματος	58
4.3.4 Μηχανισμός επαναφοράς	59
4.3.5 Μονάδα σχοινιού	59
4.3.6 Σύστημα οδήγησης	60
4.3.7 Ασφάλιση ράβδων	61
4.4 Σύστημα ελέγχου	61
4.4.1 Αυτόματο γρήγορο κατέβασμα μετά από εναν εκτροχιασμό	62

4.5 Τροφοδοσία πεπιεσμένου αέρα	63
4.5.1 Ρυθμιστικές βαλβίδες	67
4.5.2 Λειτουργία ηλεκτρομαγνητικών βαλβίδων	70
4.6 Σύνδεση συστήματος πέδιλου λήψης ρεύματος	71
4.7 Τεχνικά στοιχεία	74
4.8 Ρύθμιση της δύναμης πίεσης προς τον εναέριο αγωγό	78
4.8.1 Ρύθμιση πίεσης εργασίας και αντίστροφης πίεσης	79
4.8.2 Ρύθμιση της ταχύτητας κατεβάσματος των ραβδών πέδιλων λήψης ρεύματος	79
4.8.3 Ρύθμιση της ταχύτητας στήριξης των ραβδών πέδιλων λήψης ρεύματος...	80
4.8.4 Ρύθμιση της ταχύτητας ανύψωσης των συστημάτων οδήγησης.....	80
4.8.5 Ονομαστικά ύψη	81
4.9 Συνοπτική παρουσίαση.....	82
5.ΚΙΝΗΤΗΡΑΣ ΕΛΞΗΣ ΑΡΘΡΩΤΟΥ ΤΡΟΛΛΕΥ	
5.1 Ηλεκτροκινητήρας	84
5.2 Αρχή λειτουργίας ηλεκτροκινητήρα	84
5.3 Ασύγχρονοι κινητήρες	85
5.3.1 Βασικές αρχές λειτουργίας ασύγχρονων κινητήρων	87
5.3.2 Συχνότητα και ολίσθηση	89
5.3.3 Πλεονεκτήματα ασύγχρονων κινητήρων	90
5.4 Έναρξη του τρόλλεϋ	90
5.4.1 Αντίσταση μόνωσης κινητήρα έλξης	90
5.5 Μέρη από τα οποία αποτελείται ο κινητήρας έλξης αρθρωτού τρόλλεϋ	91
5.6 Δοκιμή κινητήρα έλξεως 14 ML 3550 K/4	97
5.6.1 Ετικέτα του κινητήρα	97
5.6.2 Περιγραφή κινητήρα	97
5.7 Συντελεστής ισχύος $\cos\phi$	98
5.7.1 Ορισμός άεργης ισχύς	98
5.7.2 Προβλήματα που δημιουργούνται από άεργη ισχύ	99
5.7.3 Αντιμετώπιση προβλήματος	99
5.7.4 Φαινόμενα και ενεργή ισχύς	99

5.8 Μέτρηση χαρακτηριστικών και διάκενου	100
5.8.1 Μέτρηση και χαρακτηριστικά ζεστού επαγωγίμου	100
5.8.2 Μέτρηση και χαρακτηριστικά χωρίς επιβάρυνση σε ζεστή κατάσταση	106
5.8.3 Μέτρηση της υδραυλικής αντίστασης του κινητήρα	111
5.8.4 Μέτρηση ταχύτητας κύμανσης	113
5.9 Συντήρηση του κινητήρα έλξης	115
5.9.1 Συντήρηση μετά από 1.000 χμ.	115
5.9.2 Συντήρηση μετά από 100.000 χμ. ή μετά από 1 χρόνο λειτουργίας	116
5.9.3 Συντήρηση μετά από 500.000 χμ. ή μετά από 8 χρόνια λειτουργίας	116
5.9.4 Στάτης.....	116
5.9.5 Ρότορας.....	116
5.10 Συμπεράσματα	116

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στην πτυχιακή εργασία που ακολουθεί περιγράφεται η εξέλιξη των τρόλλεϋ στο πέρασμα των χρόνων. Γίνεται αναφορά στην εταιρία Η.Λ.Π.Α.Π. (Ηλεκτροκίνητα Λεωφορεία Περιοχής Αθήνα Πειραιάς), στους στόχους που έχει για την καλύτερη δυνατή λειτουργία των τρόλλεϋ και στην επέκταση του δικτύου της στην Αθήνα.

Ακολουθούν συγκριτικές έρευνες που αφορούν στη συχνότητα χρήσης από το επιβατικό κοινό, την εξυπηρέτηση του επιβατικού κοινού σε σχέση με τα υπόλοιπα μέσα μαζικής μεταφοράς καθώς και στο ποσοστό εξυπηρέτησης για το έτος 2009. Γίνεται καταγραφή των πλεονεκτημάτων αλλά και των μειονεκτημάτων που έχουν τα συγκεκριμένα ηλεκτροκίνητα οχήματα σε σύγκριση με άλλα μέσα μαζικής μεταφοράς. Στη συνέχεια αναλύεται η διαδικασία της διανομής του ρεύματος αποτελούμενη από το εναέριο δίκτυο, το υπόγειο δίκτυο και τους υποσταθμούς ηλεκτροδότησης.

Περιγράφεται η λειτουργία και που αποσκοπεί η κάθε ηλεκτρονική μονάδα καθώς γίνεται και μια αναφορά στη μονάδα ελέγχου μόνωσης για την ασφάλεια του επιβατικού κοινού. Έπειτα αναφέρεται το σύστημα πεπιεσμένου αέρα, η αντίσταση πέδης και τα συμπεράσματα από τα τεστ που πραγματοποιήθηκαν. Δίνονται τα πλεονεκτήματα των πνευματικών συστημάτων και περιγράφεται η λειτουργία του αεροσυμπιεστή. Γίνεται αναφορά στο εφεδρικό σύστημα κίνησης των τρόλλεϋ, το οποίο αποτελεί ο πετρελαιοκινητήρας και το ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος. Ακολουθεί ανάλυση της λειτουργίας του πέδιλου λήψης ρεύματος, των μηχανικών τμημάτων από τα οποία αποτελείται καθώς και των αυτόματων λειτουργιών του.

Γίνεται καταγραφή του σχεδίου πνευματικής σύνδεσης του συστήματος και της τροφοδοσίας του πεπιεσμένου αέρα. Αναφέρονται τα είδη των εμβόλων του συστήματος, αναλύεται η λειτουργία των ηλεκτρομαγνητικών βαλβίδων στο σύστημα πεπιεσμένου αέρα και γίνεται σύντομη περιγραφή της συντήρησης του πέδιλου λήψης ρεύματος. Στη συνέχεια περιγράφεται ο ηλεκτροκινητήρας του οχήματος, αναλύεται ο κινητήρας έλξης και επεξηγούνται τα κύρια χαρακτηριστικά της λειτουργίας του.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ



1. ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΗΛΕΚΤΡΟΚΙΝΗΤΩΝ ΛΕΩΦΟΡΕΙΩΝ

1.1 Η ΑΡΧΗ ΤΩΝ ΤΡΟΛΛΕΪ

Η ιστορία των ηλεκτροκίνητων οχημάτων (τρόλλεϋ) αρχίζει λίγο πριν τις 29 Απριλίου 1882, όταν έτρεξε ο Ernest Werner von Siemens "το Elektromote του" σε ένα προάστιο του Βερολίνου. Αυτή η πειραματική επίδειξη συνεχίστηκε μέχρι τις 13 Ιουνίου 1882. Από τότε και έπειτα υπήρξε κάποια πρόοδος στην Ευρώπη. Όμως, χωριστά πειράματα πραγματοποιήθηκαν στις Η.Π.Α. Η επόμενη ανάπτυξη ήταν όταν ο Lombard Gerin ενεργοποίησε μια πειραματική γραμμή στην έκθεση του Παρισιού το 1900 μετά από τέσσερα έτη δοκιμών. Ο Schiemann έκανε το μεγαλύτερο βήμα όταν στις 10 Ιουλίου του 1901 λειτούργησε σε παγκόσμιο επίπεδο το πρώτο δρομολόγιο τρόλλεϋ στο Bielathal, στη Γερμανία. Ο Schiemann έχτισε και ενεργοποίησε το σύστημα Bielathal, αναπτύσσοντάς το με ένα σύστημα συλλογής καρτσιών, που αποτελείτο από δύο οριζόντια παράλληλα υπερυψωμένα καλώδια και άκαμπτα trolley roles συμπιεσμένα δια ελατηρίου για να το κρατήσει μέχρι τα καλώδια. Η εικόνα 1.1 δείχνει την πρώτη μορφή τρόλλεϋ που κυκλοφόρησε στην Γερμανία το 1882.



Εικόνα 1.1: Πρώτη μορφή τρόλλεϋ

1.2 ΤΙ ΕΙΝΑΙ ΤΡΟΛΛΕΪ

Τρόλλεϋ ονομάζεται ο ειδικός ρευματολήπτης μετακινούμενου ηλεκτροκινητήρα, που σύρεται σε ηλεκτροφόρο γυμνό σύρμα. Κατ' επέκταση τα ηλεκτροκίνητα μέσα που λειτουργούν εξ' ανάγκης με τέτοιας μορφής ρευματολήπτες, ονομάστηκαν ομοίως τρόλλεϋ.

Το τρόλλεϋ, είναι ένα ηλεκτρικό λεωφορείο. Η τροφοδοσία του με ηλεκτρικό ρεύμα δε γίνεται με κάποια μπαταρία, αλλά από δυο κεραίες, που είναι τοποθετημένες στην οροφή του και συνδέονται με ένα ηλεκτρικό δίκτυο το οποίο είναι τοποθετημένο κατά μήκος των προεπιλεγμένων διαδρομών.

Τα τρόλλεϋ είναι ιδιαίτερα φιλικά με το περιβάλλον καθώς χρησιμοποιούν μόνο ηλεκτρικό ρεύμα, με αποτέλεσμα να μη ρυπαίνουν την ατμόσφαιρα. Βέβαια η φιλικότητά τους προς το περιβάλλον εξαρτάται και από τον τρόπο παραγωγής του ρεύματος, το οποίο καταναλώνουν. Το θετικό όμως είναι ότι δεν συμβάλλουν στη ρύπανση του ήδη επιβαρυσμένου, από το νέφος αστικού περιβάλλοντος.

1.3 ΙΣΤΟΡΙΑ

Το 1938 η Η.Ε.Μ. (Ηλεκτρική Εταιρία Μεταφορών), προχώρησε σε παραγγελία κατασκευής των 12 πρώτων τρόλλεϋ από την Ιταλική κοινοπραξία Fiat/CGE. Ήταν τρόλλεϋ μικρού μεγέθους, διαξονικά, με δύο ρευματολήπτες, χωρητικότητας 30 καθήμενων επιβατών που αργότερα έγιναν 28 και 28 όρθιων. Ήταν πανομοιότυπα με τα αντίστοιχα που κυκλοφορούσαν στις επαρχιακές πόλεις της Ιταλίας κατά τη δεκαετία του '30. Τον Οκτώβριο του 1939 τα οχήματα ήταν έτοιμα και έφτασαν στον Πειραιά για να τεθούν στη διάθεση της Εταιρίας Μεταφορών. Στην εικόνα 1.2 φαίνεται το πρώτο τρόλλεϋ που ήρθε στην Ελλάδα και είναι Ιταλικής κατασκευής.



Εικόνα 1.2 : Το πρώτο τρόλλεϋ στην Ελλάδα το οποίο κατασκευάστηκε το 1938

Όμως λόγω του ότι σε ένα τμήμα της διαδρομής, δεν είχαν ετοιμαστεί οι δίδυμες εναέριες ηλεκτρικές καλωδιώσεις, από τις οποίες γίνεται μέσω των ρευματοληπτών η ρευματοληψία των τρόλλεϋ, τα οχήματα έκαναν κάποιες δοκιμές (Δεκέμβριος 1939, Ιανουάριος 1940) και, στη συνέχεια παρέμειναν σε ακινησία στο αμαξοστάσιο ολόκληρη την περίοδο της κατοχής. Το αρχικό εργοστασιακό χρώμα ήταν πράσινο. Μετά τον πόλεμο η Η.Ε.Μ. τα έβαψε κίτρινα, για να τα εναρμονίσει με τα κίτρινα τραμ και λεωφορεία. Κατά την αποχώρηση των Γερμανών από την Ελλάδα, τα στρατεύματα τους πήραν τα δύο από τα 12 Fiat με συνέπεια από τον αρχικό στόλο που είχε παραλάβει η Η.Ε.Μ. να χρησιμοποιηθούν μόνο τα 10. Η πρώτη γραμμή τρόλλεϋ που εγκαινιάστηκε από την Η.Ε.Μ. το 1948, ήταν εκείνη της Καστέλας, που αντικατέστησε την τροχιοδρομική γραμμή (τραμ) 20. Η γραμμή αυτή έχει διατηρήσει τον αριθμό αυτό έως σήμερα. Μετά τον Πειραιά, ήρθε η σειρά της Αθήνας να αποκτήσει ηλεκτροκίνητα λεωφορεία σαν μέσα συγκοινωνίας. Η επιτυχής δοκιμαστική λειτουργία της γραμμής Καστέλα, έπεισε τη διοίκηση της Αγγλικής εταιρίας να επεκτείνει το δίκτυο των τρόλλεϋ και στην Αθήνα.

Στις 27 Δεκεμβρίου του 1953 λειτούργησε η πρώτη γραμμή τρόλλεϋ της Αθήνας στη διαδρομή Πατήσια-Αμπελόκηποι. Τα πρώτα 40 οχήματα που κυκλοφόρησαν σε αυτή τη γραμμή ήταν μεγάλου μεγέθους τριαξονικά ηλεκτροκίνητα λεωφορεία Alpha Romeo/ GCE/ Casaro. Ακολούθησε επέκταση του δικτύου των τρόλλεϋ στην Αθήνα και η προσθήκη νέων μοντέλων οχημάτων, όπως τα Lancia τα οποία ήταν διαξονικά και πιο αθόρυβα.

Στην περίοδο 1954-1955 αρχίζει η απόσυρση των τραμ και η κατασκευή πέντε νέων γραμμών στην Αθήνα με δρομολόγηση 80 οχημάτων, Ιταλικής κατασκευής, ενώ στην περίοδο 1961-1968 κατασκευάζονται επτά νέες γραμμές με δρομολόγηση 47 οχημάτων που προέρχονται από την ίδια χώρα. Η Η.Ε.Μ. έφτασε τελικά να έχει στην κατοχή της στόλο από 137 ηλεκτροκίνητα λεωφορεία και παρείχε υπηρεσίες έως το 1971, οπότε και εξαγοράστηκε από το Ελληνικό Δημόσιο και μετονομάστηκε σε Η.Λ.Π.Α.Π.(ηλεκτροκίνητα λεωφορεία περιοχής Αθήνα – Πειραιά) (Ν.Δ 768/1970).

1.4 Η.Λ.Π.Α.Π

Ο Η.Λ.Π.Α.Π. ιδρύθηκε στις 14 Δεκεμβρίου 1970. Αποτελεί νομικό πρόσωπο Ιδιωτικού Δικαίου το οποίο ανήκει στον Όμιλο του Ο.Α.Σ.Α. (οργανισμός αστικών συγκοινωνιών Αθηνών) και εποπτεύεται από το Υπουργείο Μεταφορών και Επικοινωνιών. Σκοπός του ΗΛΠΑΠ είναι να συνεισφέρει στην εξέλιξη μιας σύγχρονης και αναπτυσσόμενης κοινωνίας, η οποία προσφέρει στους πολίτες της σύγχρονες και παραγωγικές υποδομές. Αυτό το κάνει προσφέροντας, στον πληθυσμό που μετακινείται εντός του Λεκανοπεδίου Αττικής, οικολογικό συγκοινωνιακό έργο, με ασφάλεια, ταχύτητα, αξιοπιστία και οικονομία. Όραμα του Η.Λ.Π.Α.Π. είναι να γίνει ο προτιμώμενος φορέας στα επίγεια Μέσα Μαζικής Μεταφοράς με πρωτεύοντα ρόλο στην Πόλη, με ικανοποιημένους εργαζομένους και επιβατικό κοινό. Το ανθρώπινο δυναμικό του απαρτίζεται από 1560 εργαζομένους περίπου, εκ των οποίων το 91,4% εργάζεται στον τεχνικό κλάδο και στον τομέα λειτουργίας.

Το συνολικό δίκτυό του Η.Λ.Π.Α.Π. είναι έκτασης 404 χιλιομέτρων με 23 γραμμές στην περιοχή Αθηνών-Πειραιώς. Τα τρόλλεϋ διανύουν ετησίως 12 εκατομμύρια χιλιόμετρα, μεταφέροντας 82,5 εκατομμύρια επιβάτες, οι οποίοι έχουν ως προορισμό 600 σημεία της πόλης. Για την πλήρη εξυπηρέτηση του επιβατικού κοινού διαθέτει 366 τρόλλεϋ εκ των οποίων τα 51 είναι αρθρωτά και τα υπόλοιπα 315 διαξονικά. Πρόκειται για οχήματα νέας τεχνολογίας με χαμηλά δάπεδα, με κλιματισμό και σύστημα επιγονάτισης. Επίσης:

- είναι οικολογικά μέσα μεταφοράς, καθώς δεν εκπέμπουν ρύπους στην πόλη και είναι αθόρυβα.
- 91 τρόλλεϋ φέρουν συρόμενη ράμπα που επιτρέπει την ασφαλή και άνετη επιβίβαση και αποβίβαση αναπηρικών αμαξιδίων, ενώ όλα τα οχήματα διαθέτουν σήμανση για τα άτομα με ειδικές ανάγκες.
- 190 τρόλλεϋ είναι εφοδιασμένα με σύστημα Τηλεματικής. Με στόχο τη συνεχή βελτίωση των παρεχόμενων υπηρεσιών του, στον ΗΛΠΑΠ εκσυγχρονίζουν συνεχώς τις υποδομές τους. Πρόσφατα η εταιρία εγκατέστησε Ολοκληρωμένο Πληροφοριακό Σύστημα (ERP), ενώ πιστοποιήθηκε με ISO 9001/2000 για τις παρεχόμενες υπηρεσίες. Σύντομα θα πιστοποιηθεί με ISO 14001/2000 για το περιβάλλον και ISO 18001/2000 για την υγιεινή και ασφάλεια των εργαζομένων. Επιπλέον στον Η.Λ.Π.Α.Π. δραστηριοποιούνται σε δύο βασικούς άξονες Εταιρικής Κοινωνικής Ευθύνης. Οι δράσεις αυτές αφορούν στο περιβάλλον και την ασφαλή μετακίνηση.

Σε ότι αφορά στην προστασία του περιβάλλοντος η εταιρία έχει προχωρήσει σε συντονισμένες δράσεις αφενός κατά την παροχή συγκοινωνιακού έργου με στόχο την εξοικονόμηση φυσικών πόρων, αφετέρου την ευαισθητοποίηση των πολιτών σε θέματα περιβάλλοντος. Ιδιαίτερη βαρύτητα δίνουν και στην Οδική Ασφάλεια, υλοποιώντας εκπαιδευτικά προγράμματα και συμμετέχοντας ενεργά σε Ευρωπαϊκές πρωτοβουλίες για τη μείωση των ατυχημάτων στους δρόμους.

Η αποστολή του ΗΛΠΑΠ Α.Ε., σύμφωνα με το καταστατικό του οργανισμού όπως τροποποιήθηκε από την Υ.Α. 39696/4447/17-9-2002, είναι:

- συντονισμό, τον προγραμματισμό και την κατανομή αυτού από τον ΟΑΣΑ, με ηλεκτροκίνητα λεωφορεία με κεραία
- η με κάθε τρόπο εκμετάλλευση της υποδομής του (ιδίως δίκτυα, δικαιώματα διέλευσης) για την ανάπτυξη τηλεπικοινωνιακών δικτύων κάθε μορφής και γενικά κάθε συναφούς δραστηριότητας
- ο κύριος ρόλος του Η.Λ.Π.Α.Π. Α.Ε. είναι η αποτελεσματική εκτέλεση αυτού του έργου, μέσω του προγραμματισμού των οχημάτων και του προσωπικού αυτών για την εκτέλεση του συγκοινωνιακού έργου.

1.5 ΤΑ ΗΛΕΚΤΡΟΚΙΝΗΤΑ ΛΕΩΦΟΡΕΙΑ (ΤΡΟΛΛΕΪ) ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

1.5.1 Ηλεκτροκίνητα λεωφορεία τύπου FIAT

Τα κύρια χαρακτηριστικά αυτών των οχημάτων ήταν :

- διαστάσεις: μήκος 8832 x πλάτος 2440 x ύψος 2900 χιλιοστά (χλστ.)
- χωρητικότητα 28 επιβάτες καθήμενοι και 28 όρθιοι επιβάτες
- ισχύς 2x61 kilowatt (KW), 600 volt direct current (VDC) τύπου σειράς. Δύο κινητήρες, ένας σε κάθε οπίσθιο ζεύγος τροχών
- τα οχήματα δεν είχαν διαφορικό και η διαφοροποίηση των στροφών των οπίσθιων τροχών έγινε με την ρύθμιση των στροφών των δύο κινητήρων
- όλα τα βοηθητικά κυκλώματα φωτισμού, σήμανσης κλπ. εργάζονταν με τάση 600 VDC.
- η ρύθμιση των στροφών των κινητήρων γινόταν με εφραπτήρες, οι οποίοι άνοιγαν και έκλειναν μέσω ενός ηλεκτροπνευματικού συστήματος.

Στην εικόνα 1.3 απεικονίζονται η εξωτερική εμφάνιση, η θέση του οδηγού και το πηδάλιο καθώς και το συγκρότημα των εφραπτήρων για την μεταβολή των στροφών των κινητήρων.

Φοτογραφία 1



Φοτογραφία 2



Φοτογραφία 3



EIKONA 1.3: Εξωτερική και εσωτερική όψη τρόλλεου τύπου Fiat

1.5.2 Ηλεκτροκίνητα λεωφορεία τύπου ALFA – ROMEO

Κυκλοφόρησαν στην Αθήνα από το 1955 μέχρι το 1991. Ήταν κατασκευής των Ιταλικών εργοστασίων Alfa – Romeo ο μηχανολογικός εξοπλισμός τους, Casago το αμάξωμα και ο ηλεκτρολογικός εξοπλισμός CGE. Τα κύρια χαρακτηριστικά αυτών των οχημάτων ήταν :

- αριθμός : 80 τεμάχια
- διαστάσεις : μήκος 12000 x πλάτος 2500 x ύψος 3115 χιλιοστά.
- χωρητικότητα : 27 επιβάτες καθήμενοι και 73 όρθιοι επιβάτες
- ισχύς : ένας ηλεκτρικός κινητήρας 120 KW, 600 VDC τύπου σειράς.

Ήταν τριαξονικά οχήματα με δύο διαφορικά και μηχανικό διανομέα της ισχύος. Η ρύθμιση των στροφών του κινητήρα έλξης γίνονταν με εφασπτήρες, οι οποίοι ανοιγόκλειναν μέσω ενός ηλεκτρικού συστήματος ρύθμισης. Στην εικόνα 1.4 απεικονίζεται η εξωτερική εμφάνιση του οχήματος.



ΕΙΚΟΝΑ 1.4: Ηλεκτροκίνητο λεωφορείο τύπου ALFA-ROMEO

1.5.3 Ηλεκτροκίνητα λεωφορεία τύπου LANCIA

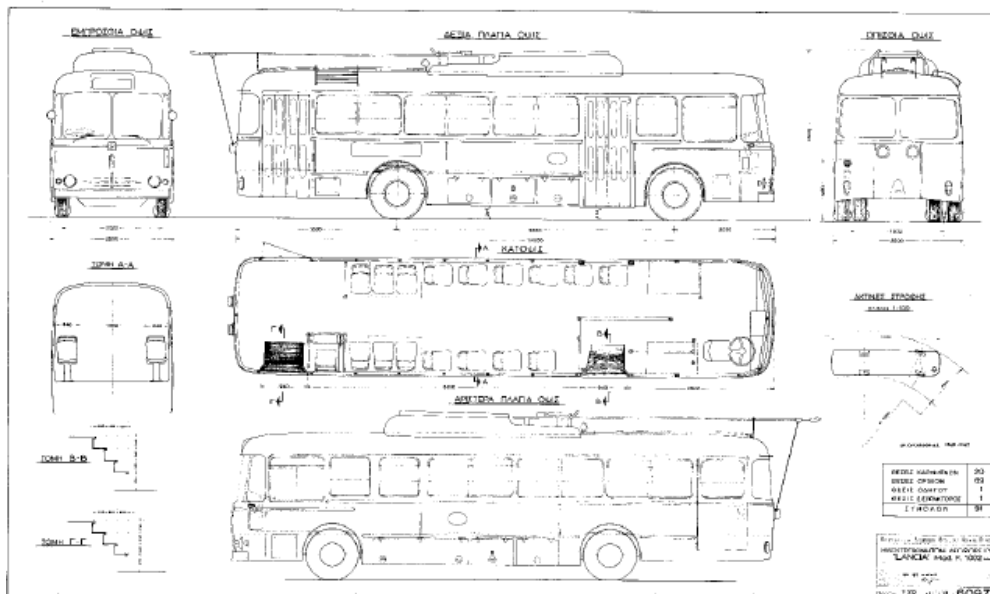
Κυκλοφόρησαν στην Αθήνα από το 1961 μέχρι το 1991. Ήταν κατασκευής των Ιταλικών εργοστασίων Lancia ο μηχανολογικός εξοπλισμός τους, Casaro το αμάξωμα, και ο ηλεκτρολογικός εξοπλισμός CGE.

Τα κύρια χαρακτηριστικά αυτών των οχημάτων ήταν :

- αριθμός : 46 τεμάχια
- διαστάσεις : μήκος 12000 x πλάτος 2500 x ύψος 3000 χιλιοστά
- χωρητικότητα : 27 επιβάτες καθήμενοι και 73 όρθιοι επιβάτες
- ισχύς : ένας ηλεκτρικός κινητήρας 120 KW, 600 VDC τύπου σειράς.

Ήταν διαξονικά οχήματα με ένα διαφορικό, η ρύθμιση των στροφών του κινητήρα έλξης γίνονταν με εφασπτήρες, οι οποίοι ανοιγόκλειναν μέσω ενός ηλεκτρικού συστήματος ρύθμισης.

Κατά τα έτη 1972-1980 κυκλοφόρησαν επί πλέον 19 τρόλλεϋ του ίδιου τύπου, τα οποία είχαν αγοραστεί μεταχειρισμένα από τις Ιταλικές πόλεις της Φλωρεντίας. Το ιδιαίτερο χαρακτηριστικό τους ήταν ότι είχαν πηδάλιο στο δεξιό μέρος του οχήματος. Στο σχήμα 1.1 απεικονίζεται το όχημα σε διάφορες όψεις.



Σχήμα 1.1: Σχέδιο πολλαπλών όψεων τρόλλεϋ τύπου LANCIA

1.5.4 Τρόλλεϋ Ρωσικής κατασκευής

Τα τρόλλεϋ αυτά ήταν κατασκευής του εργοστασίου Energoma Chexport. Τα 126 οχήματα παρελήφθησαν κατά τα έτη 1972-1980, 50 οχήματα παρελήφθησαν το έτος 1983, 80 οχήματα τα έτη 1984-1985 και 100 οχήματα τα έτη 1990-92. Τα τρόλλεϋ αυτά αποσύρθηκαν σταδιακά από την Αθήνα από το έτος 2000 μέχρι και το έτος 2003. Τα κύρια χαρακτηριστικά αυτών των οχημάτων ήταν:

- διαστάσεις : μήκος 11194 x πλάτος 2500 x ύψος 3347 χλστ
- χωρητικότητα : 24 επιβάτες καθήμενοι και 76 όρθιοι επιβάτες
- ισχύς : ένας ηλεκτρικός κινητήρας 120 KW, 600 VDC τύπου σύνθετου διέγερσης για τα πρώτα 176 τρόλλεϋ και 150 KW, 600 VDC τύπου σειράς για τα υπόλοιπα 180 τρόλλεϋ.

Το ιδιαίτερο χαρακτηριστικό τους ήταν ο ηλεκτρομηχανολογικός μηχανισμός ρύθμισης των στροφών του κινητήρα έλξης μέσω παρεμβολής αντιστάσεων στο κύκλωμα του κινητήρα για την ρύθμιση των στροφών του οχήματος. Στην εικόνα 1.5 απεικονίζονται η εξωτερική εμφάνιση του οχήματος και η θέση του οδηγού με το πεδάλιο.



Εικόνα 1.5: Εξωτερική εμφάνιση και θέσης οδηγού τρόλλεϋ ρωσικού τύπου

1.6 ΣΗΜΕΡΙΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ

Σήμερα ο ΗΛΠΑΠ διαθέτει 366 ηλεκτροκίνητα λεωφορεία τεσσάρων τύπων με τα εξής χαρακτηριστικά:

1.6.1 Τύπου Vanhool – Alstom – Σφακιανακη – σειρά 7000

- αριθμοί οχημάτων : 112
 - κατασκευαστής αμαξώματος : Vanhool – Σφακιανάκης
 - κατασκευαστής Μηχανολογικού εξοπλισμού : Vanhool
 - κατασκευαστής Ηλεκτρολογικού εξοπλισμού : Alstom
 - διαστάσεις : μήκος 12000 x πλάτος 2500 x ύψος 3490 χλστ
 - ισχύς κινητήρα έλξης : 180 KW
 - χωρητικότητα : 25 επιβάτες καθήμενοι και 71 όρθιοι επιβάτες
 - αυτοκίνηση : με ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος ισχύος 50 KW
- Στην εικόνα 1.6 απεικονίζεται η εξωτερική εμφάνιση του οχήματος:



ΕΙΚΟΝΑ 1.6: Νέας γενιάς τρόλλεϋ σειράς 7000

1.6.2 Τύπου Neoplan – Kierpe – Elvo – Σειρά 6000

- αριθμοί οχημάτων : 112
 - κατασκευαστής αμαξώματος : Έλβο
 - κατασκευαστής Μηχανολογικού εξοπλισμού : Neoplan
 - κατασκευαστής Ηλεκτρολογικού εξοπλισμού : Kierpe
 - διαστάσεις : μήκος 12000 x πλάτος 2500 x ύψος 3330 χλστ
 - ισχύς κινητήρα έλξης : 210 KW
 - χωρητικότητα : 25 επιβάτες καθήμενοι και 70 όρθιοι επιβάτες
 - αυτοκίνηση : με ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος ισχύος 50 KW
- Στην εικόνα 1.7 απεικονίζεται η εξωτερική εμφάνιση του οχήματος:



ΕΙΚΟΝΑ 1.7: Νέας γενιά τρόλλεϋ σειράς 6000

1.6.3 Τύπου Neoplan – Kierpe – Elvo – Σειρά 8000

- αριθμοί οχημάτων : 91
 - κατασκευαστής αμαξώματος : Neoplan - Elvo
 - κατασκευαστής Μηχανολογικού εξοπλισμού : Neoplan
 - κατασκευαστής Ηλεκτρολογικού εξοπλισμού : Kierpe
 - διαστάσεις : μήκος 12000 x πλάτος 2500 x ύψος 3685 χλστ
 - ισχύς κινητήρα έλξης : 210 KW
 - χωρητικότητα : 25 επιβάτες καθήμενοι και 57 όρθιοι επιβάτες
 - αυτοκίνηση : με ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος ισχύος 100 KW
- Στην εικόνα 1.8 απεικονίζεται η εξωτερική εμφάνιση του οχήματος



Εικόνα 1.8: Νέας γενιάς τρόλλεϋ σειράς 8000

1.6.4 Τύπου Neoplan – Kierpe – Elvo – Σειρά 9000 (αρθρωτό)

- αριθμοί οχημάτων : 51
 - κατασκευαστής αμαξώματος : Neoplan - Elvo
 - κατασκευαστής Μηχανολογικού εξοπλισμού : Neoplan
 - κατασκευαστής Ηλεκτρολογικού εξοπλισμού : Kierpe
 - διαστάσεις : μήκος 22000 x πλάτος 2500 x ύψος 3685 χλστ
 - ισχύς κινητήρα έλξης : 240 KW
 - χωρητικότητα : 40 επιβάτες καθήμενοι και 92 όρθιοι επιβάτες
 - αυτοκίνηση : με ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος ισχύος 100 KW
- Στην εικόνα 1.9 απεικονίζεται η εξωτερική εμφάνιση του οχήματος.



Εικόνα 1.9: Νέας γενιάς τρόλλεϋ σειράς 9000 (αρθρωτά)

1.7 ΣΚΟΠΟΣ, ΟΡΑΜΑ ΚΑΙ ΣΤΟΧΟΙ ΤΗΣ ΕΤΑΙΡΕΙΑΣ

1.7.1 Σκοπός :

Κύρια αποστολή του ΗΛΠΑΠ είναι η παραγωγή συγκοινωνιακού έργου στην ευρύτερη περιοχή Αθήνας – Πειραιά, με στόχο την βελτίωση της ποιότητας ζωής των πολιτών μέσω ενός αξιόπιστου δικτύου συγκοινωνιών αλλά ταυτόχρονα και την προώθηση φιλικών προς το περιβάλλον λύσεων οδικών μεταφορών στα πλαίσια της επίτευξης της πράσινης κινητικότητας

1.7.2 Στόχοι:

- μετασχηματισμός της δημόσιας εικόνας των τρόλλεϋ σε πράσινο μέσο μεταφοράς
- βελτίωση της ποιότητας εξυπηρέτησης του επιβατικού κοινού και αύξηση του ποσοστού των μετακινούμενων επιβατών
- εκτεταμένη χρήση νέων τεχνολογιών (τηλεματική)
- εκσυγχρονισμός του δικτύου και των οχημάτων

1.7.3 Δράσεις και προοπτικές:

Ο ΗΛΠΑΠ στα πλαίσια του σχεδιασμού για την επίτευξη των στόχων του έχει εκπονήσει : (Μελέτη σκοπιμότητας αντικατάστασης του στόλου των τρόλλεϋ και της ένταξης διπλών αρθρωτών τρόλλεϋ και μικρών ηλεκτροκίνητων αυτοκινήτων στον στόλο του), η οποία προβλέπεται να υλοποιηθεί από κοινοτικούς πόρους μέσω της ένταξης του έργου στο ΕΣΠΑ (Εθνικό στρατηγικό πλαίσιο αναφοράς).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΗΛΕΤΡΟΚΙΝΗΤΩΝ ΜΕΣΩΝ ΜΑΖΙΚΗΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ – ΥΠΟΣΤΑΘΜΟΙ & ΕΝΑΕΡΙΟ ΔΙΚΤΥΟ



2. ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΗΛΕΚΤΡΟΚΙΝΗΤΩΝ ΜΕΣΩΝ ΜΑΖΙΚΗΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ – ΥΠΟΣΤΑΘΜΟΙ ΚΑΙ ΕΝΑΕΡΙΟ ΔΙΚΤΥΟ

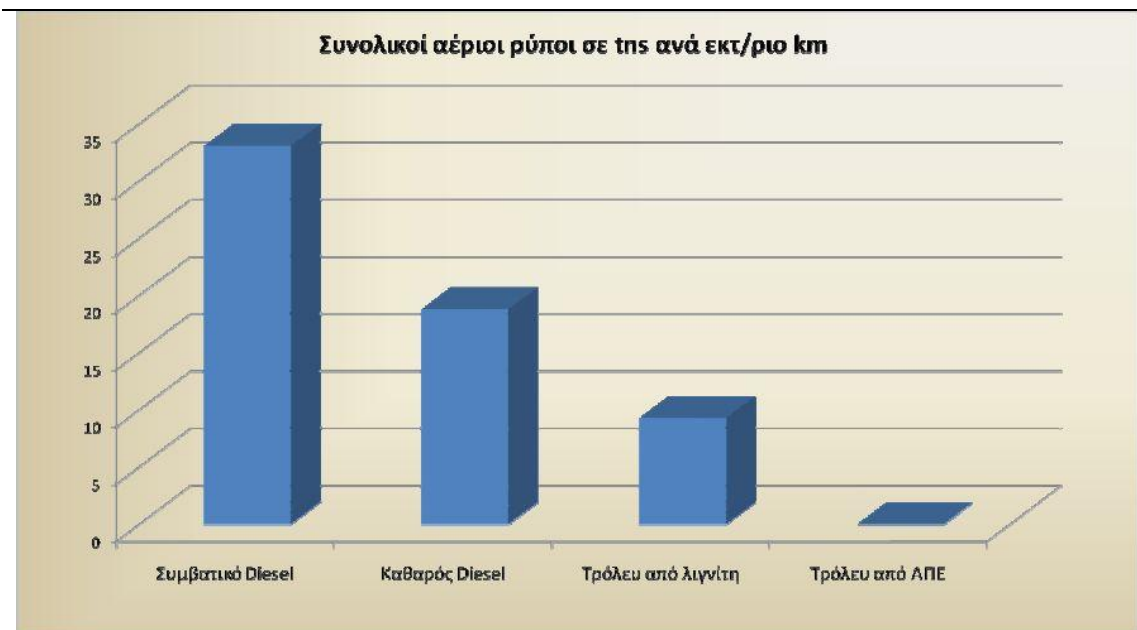
2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα ηλεκτροκίνητα λεωφορεία αποτελούν το ενδιάμεσο μεταφορικό μέσον μεταξύ του TRAM και του θερμικού λεωφορείου και συνδυάζουν αφ' ενός τα πλεονεκτήματα των θερμικών λεωφορείων έναντι του Τραμ, καθώς και την ευελιξία και το μικρό κόστος και αφετέρου τα πλεονεκτήματα του Τραμ έναντι των θερμικών λεωφορείων όπως και την φιλικότητα προς το περιβάλλον λόγω της ηλεκτροκίνησης.

2.2 ΤΑ ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΚΙΝΗΤΩΝ ΛΕΩΦΟΡΕΙΩΝ ΕΙΝΑΙ :

- η μη εκπομπή καυσαερίων και η φιλικότητα ως προς το περιβάλλον μηδενική εκπομπή αέριων ρύπων στην περιοχή που κινούνται, συμβάλλοντας έτσι μακροπρόθεσμα στην μείωση των αερίων του θερμοκηπίου. Εκπομπή ρύπων υπάρχει μόνο στις περιοχές παραγωγής της ηλεκτρικής ενέργειας εφόσον αυτή δεν προέρχεται από Α.Π.Ε. (ανανεώσιμες πηγές ενέργειας).

Το διάγραμμα 2.1 δείχνει τέσσερις κατηγορίες πηγών ενέργειας και τους συνολικούς αέριους ρύπους κάθε κατηγορίας. (α)με συμβατικό πετρέλαιο, (β)με βιολογικό πετρέλαιο, (γ)παραγωγή ρεύματος με καύση λιγνίτη, (δ)παραγωγή ρεύματος από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.



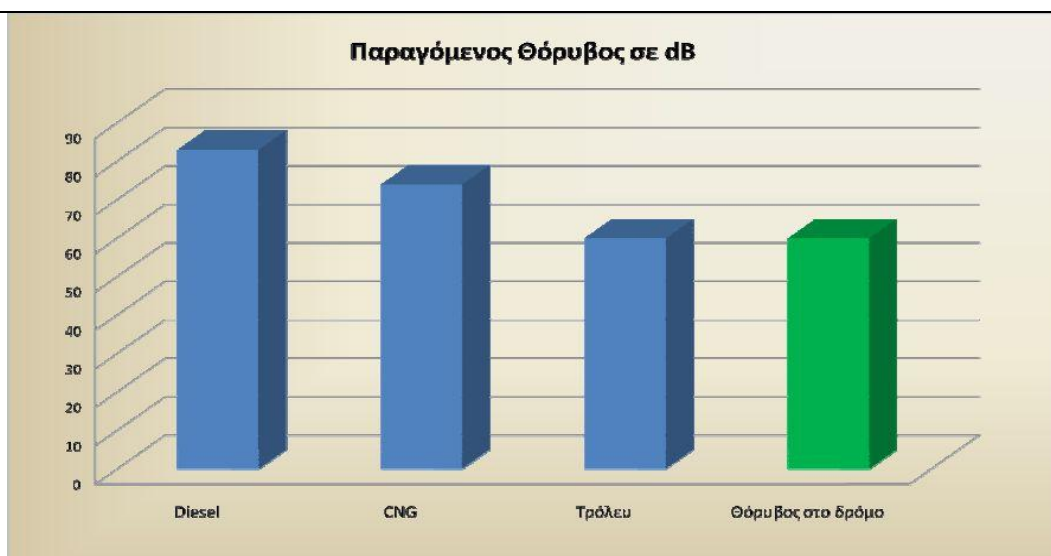
Διάγραμμα 2.1: Συνολικοί αέριοι ρύποι διαφορετικών πηγών ενέργειας

- η μικρότερη κατανάλωση ενέργειας
Οι ηλεκτρικοί κινητήρες έχουν βαθμό απόδοσης γύρω στο 90%, ενώ οι θερμικοί κινητήρες γύρω στο 30%

Οι ηλεκτρικοί κινητήρες χρησιμοποιούνται σαν γεννήτριες για την επιβράδυνση του οχήματος.

- Η ηλεκτρική πέδηση διπλασιάζει την διάρκεια ζωής των πέδων της πέδησης
- Ο ηλεκτρικός κινητήρας μπορεί να αναπτύξει την μέγιστη ροπή του σε σχεδόν μηδενική ταχύτητα ενώ ο θερμικός κινητήρας αναπτύσσει την πλήρη ισχύ του σε υψηλές στροφές
- Οι ηλεκτροκινητήρες θορυβούν λιγότερο από τους αντίστοιχους θερμικούς κινητήρες της ίδιας ισχύος.
- Όταν το ηλεκτροκίνητο λεωφορείο είναι σε στάση δεν θορυβεί καθόλου (εκτός από πιθανή λειτουργία του αεροσυμπιεστή του).
- Πολύ χαμηλή στάθμη θορύβου που πρακτικά ταυτίζεται με τον θόρυβο του δρόμου.

Το διάγραμμα 2.2 δείχνει τρεις διαφορετικές κατηγορίες καύσιμης ύλης και τον παραγόμενο θόρυβο σε κάθε μία.



Διάγραμμα 2.2: Συγκρινόμενη ηχορύπανση οχημάτων διαφορετικού τύπου καύσιμης ύλης

Όσον αφορά στην προστασία του περιβάλλοντος ενεργεί με βάση τον πρώτο άξονα εταιρικής ευθύνης. Περιλαμβάνει αφενός συντονισμένες δράσεις κατά την παροχή συγκοινωνιακού έργου με στόχο την εξοικονόμηση φυσικών πόρων, αφετέρου την ευαισθητοποίηση των πολιτών σε θέματα περιβάλλοντος.

Συγκεκριμένα ενισχύει την οικολογική λειτουργία των τρόλλεϋ που αποτελούν ούτως ή άλλως ένα οικολογικό και αθόρυβο μέσο μεταφοράς μέσα από την εφαρμογή του προγράμματος ECO Driving. Τα τρόλλεϋ έχουν ως και τρεις φορές μεγαλύτερη ενεργειακή αποδοτικότητα, εκπέμποντας έξι φορές λιγότερους αέριους ρύπους ανά διανυθέν χιλιόμετρο, συμβάλλοντας έτσι στη μείωση των αέριων του θερμοκηπίου. Με το πρόγραμμα ECO Driving που απευθύνεται στους οδηγούς των τρόλλεϋ, επιτυγχάνεται επιπλέον εξοικονόμηση ενέργειας της τάξεως του 25%. Συμμετέχει στα συλλογικά συστήματα εναλλακτικής διαχείρισης των απορριπτόμενων υλικών όπως μπαταρίες, υγρά μπαταριών, τακάκια, λάστιχα και λιπαντικά σε όλες τις εγκαταστάσεις του Η.Λ.Π.Α.Π.

Θέτει ετήσιους στόχους μείωσης της κατανάλωσης ενέργειας και νερού και επέκτασης ωφέλιμης ζωής πάγιων και αναλώσιμων περιουσιακών στοιχείων. Στο υπό ανέγερση αμαξοστάσιο στην περιοχή του Ρουφ δημιουργεί επιπλέον δυνατότητες ανακύκλωσης νερού από τα πλυντήρια των οχημάτων και μονάδα παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος με φωτοβολταϊκά panels ισχύος 20 KW. Επιπλέον δημιουργείται στο συγκεκριμένο αμαξοστάσιο η μεγαλύτερη «πράσινη» ταράτσα της Αθήνας. Αναβαθμίζει το αμαξοστάσιο της Πλατείας Αττικής με οικολογική αντίληψη και άρτια αισθητική.

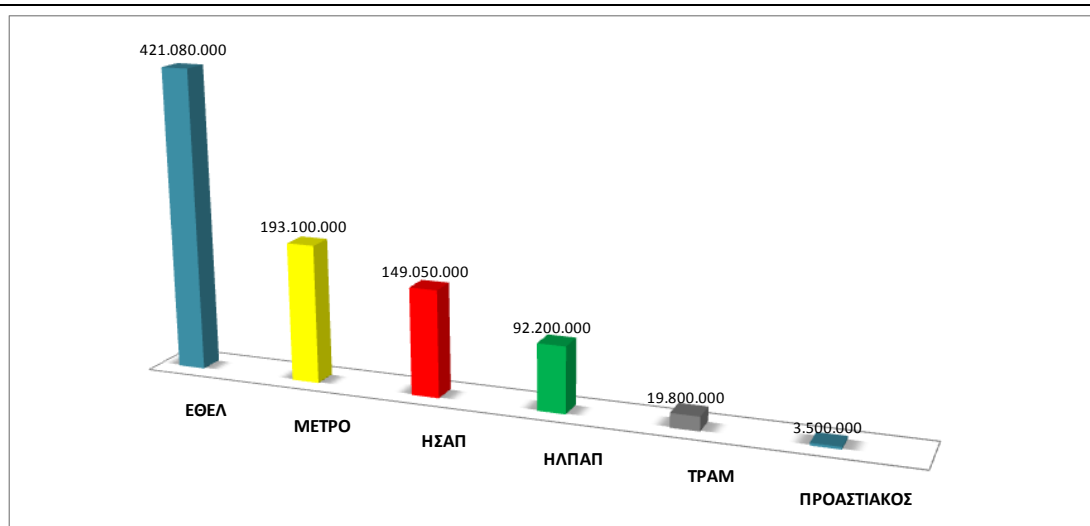
2.3 ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΩΝ ΤΡΟΛΛΕΪ

- αισθητική όχληση από το εναέριο δίκτυο ηλεκτροδότησης και των στύλων ανάρτησης
- υψηλότερο κόστος κτήσης έναντι των θερμικών λεωφορείων

2.4 ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΚΙΝΗΣΗΣ

2.4.1 Ετήσια επιβατική κίνηση για το 2009

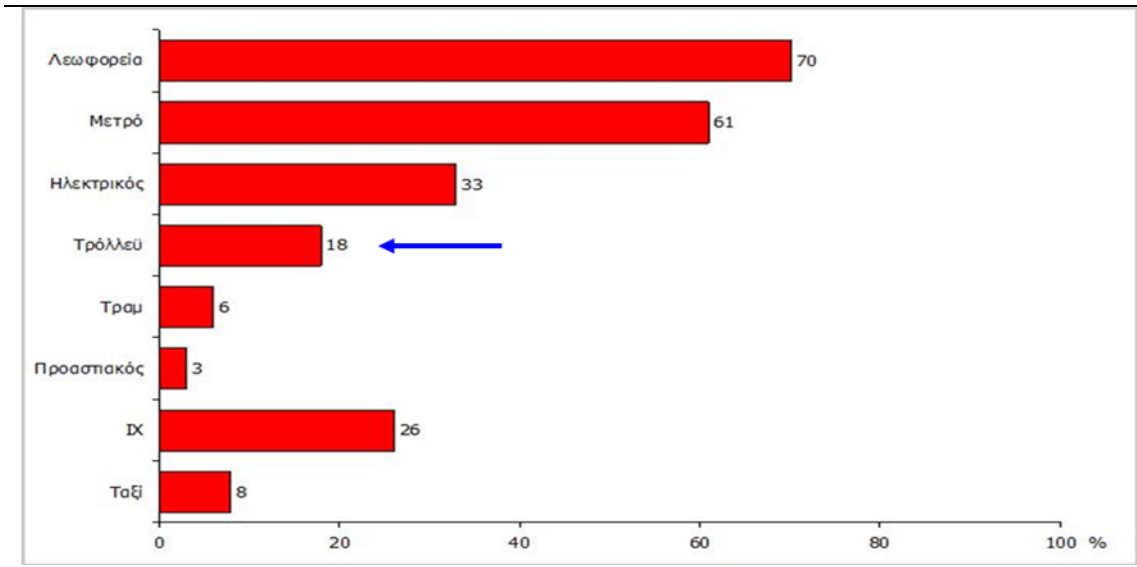
Στο διάγραμμα 2.3 φαίνεται η σύγκριση της επιβατικής κίνησης σε σχέση με τα άλλα μέσα μαζικής μεταφοράς η οποία ελέγχεται από τις ακυρώσεις των εισιτηρίων. Τα τρόλλεϋ βρίσκονται σε μεσαία τάξη κίνησης με πρώτη την ΕΘΕΛ (εταιρία θερμικών λεωφορείων) και τελευταία τον προαστιακό.



Διάγραμμα 2.3: Σύγκριση επιβατικής κίνησης για το 2009

2.4.2 Τα τρόλλεϋ εξυπηρετούν το 18% του επιβατικού κοινού συνολικά ως μέσο μετακίνησης

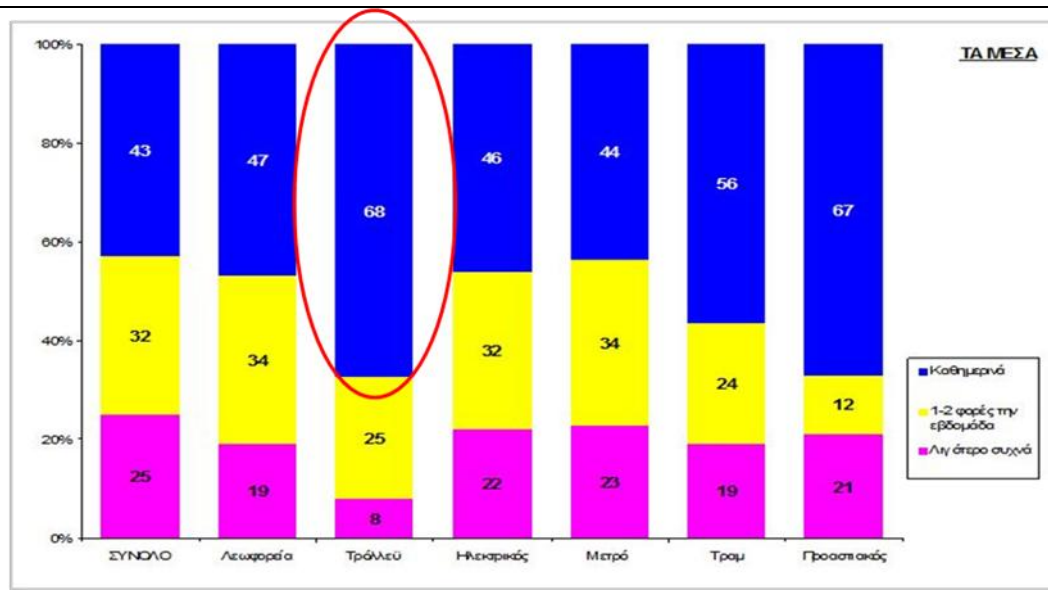
Στο διάγραμμα 2.4 γίνεται σύγκριση της συνολικής εξυπηρέτησης του επιβατικού κοινού σε σχέση με τα άλλα μέσα μαζικής μεταφοράς και το τρόλλεϋ βρίσκεται στη μεσαία τάξη, με πρώτο το θερμικό λεωφορείο δηλαδή με κινητήρα εσωτερικής καύσης και τελευταίο είναι το ταξί.



Διάγραμμα 2.4: Σύγκριση συνολικής εξυπηρέτησης επιβατικού κοινού από τα μέσα μαζικής μεταφοράς

2.4.3 Παρουσιάζουν τη μεγαλύτερη συχνότητα χρήσης με ποσοστό 68%

Στο διάγραμμα 2.5 γίνεται σύγκριση καθημερινής χρήσης σε σχέση με τα άλλα μέσα μαζικής μεταφοράς και το τρόλλεϋ βρίσκεται στην πρώτη θέση με ποσοστό 68% και τελευταίο το μετρό.



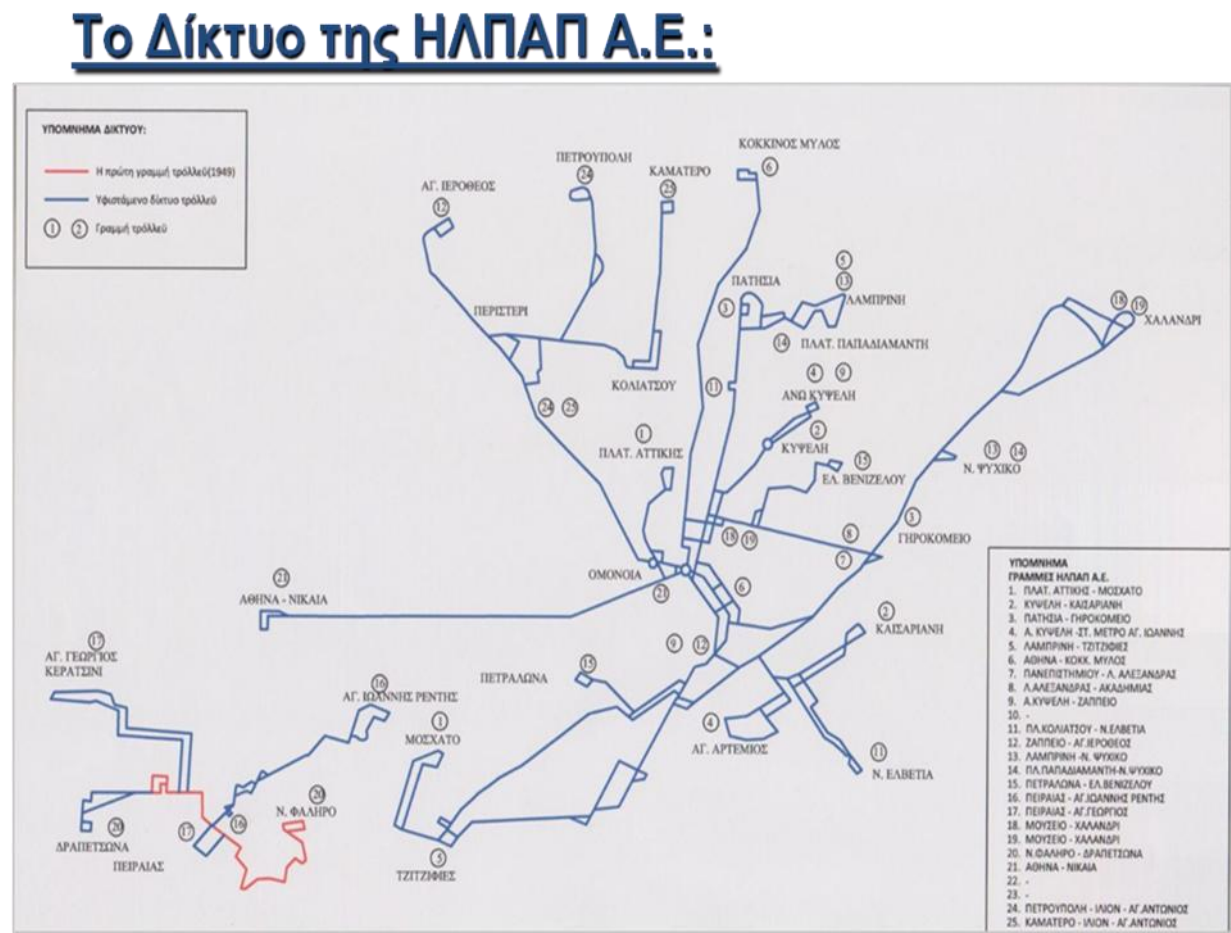
Διάγραμμα 2.5: Σύγκριση συνολικής συχνότητας χρήσης των μέσων μαζικής μεταφοράς

2.5 ΤΟ ΔΙΚΤΥΟ ΤΗΣ Η.Λ.Π.Α.Π. Α.Ε.:

- Συνολικό μήκος δικτύου συγκοινωνιακού 404 χλμ.
- Συνολικό μήκος εναερίου δικτύου 404 χλμ.
- Αριθμός γραμμών: 23
- Ο Στόλος αποτελείται από 366 οχήματα (315 διαξονικά και 51 αρθρωτά)
- Διαθέτει 4 αμαξοστάσια και 1 νέο υπό κατασκευή με συγχρηματοδότηση κατά 50% από το Γ' ΚΠΣ.
- Διανύουν ετησίως 12 εκατ. χλμ.
- Μεταφέρουν ετησίως 82,5 εκατ. επιβάτες
- Ανθρώπινο δυναμικό 1.560 εργαζομένων
- Έχει πιστοποίηση ISO 14001/2000 για το περιβάλλον & ISO 18001/2000 για την υγιεινή και ασφάλεια των εργαζομένων.

2.5.1 Συνολικό δίκτυο Η.Λ.Π.Α.Π

Στο διάγραμμα 2.6 φαίνεται το συνολικό δίκτυο του Η.Λ.Π.Α.Π. που αποτελείται από 23 γραμμές και έχει συνολικό μήκος 403.269 μέτρα.



Διάγραμμα 2.6: Συνολικό δίκτυο Η.Λ.Π.Α.Π.

2.6 ΔΙΚΤΥΟ ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΑΡΟΧΗΣ ΙΣΧΥΟΣ

- Τα τρόλλεϊ τροφοδοτούνται με ηλεκτρικό ρεύμα 600V συνεχούς τάσης DC.
- Η τροφοδοσία του δικτύου γίνεται μέσω 40 υποσταθμών ανόρθωσης 20kV/600 V AC εναλλασσόμενου ρεύματος που μετασχηματίζεται σε συνεχές.
- Οι υποσταθμοί ελέγχονται μέσω συστήματος τηλεματικής SCADA της εταιρείας SIEMENS

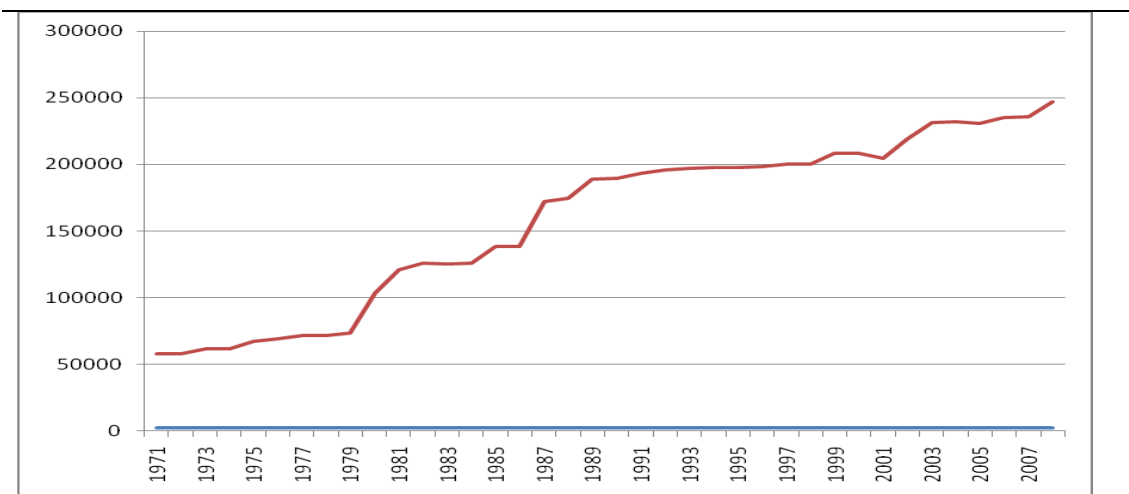
2.6.1 Το πρώτο Εναέριο Δίκτυο Ηλεκτροδότησης

Το πρώτο Εναέριο Δίκτυο Ηλεκτροδότησης των ηλεκτροκίνητων λεωφορείων στην Ελλάδα κατασκευάστηκε το 1947 στον Πειραιά και ήταν του τύπου του Αμερικάνικου εργοστασίου Ohio – Brass. Ιδιαίτερο χαρακτηριστικό του ήταν οι μεγάλοι μονωτήρες πορσελάνης των μεταλλικών επιτόνων του δηλαδή τα εξαρτήματα ανάρτησης των αγωγών, ώστε να αντιμετωπίζονται οι διαρροές λόγω της γεινίασης του δικτύου με την θάλασσα.

Το εναέριο δίκτυο ηλεκτροδότησης της Αθήνας κατασκευάστηκε τα έτη 1954-1955 και ήταν τύπου σταθερής ανάρτησης του Ιταλικού εργοστασίου C.G.E. Ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του ήταν τα πολλαπλά μεταλλικά επίτονα και η μικρή όχι πλέον των 7,5 μοιρών απόκλιση στην κατασκευή των στροφών. Χαρακτηριστικό έργο της εποχής ήταν η κατασκευή του εναέριου δικτύου περιμετρικά του κύκλου της Πλ. Ομονοίας χωρίς την τοποθέτηση ούτε ενός στύλου εσωτερικά του κύκλου. Τα δύο πιο πάνω δίκτυα έχουν σήμερα βελτιωθεί και έχουν μετατραπεί σε τύπου ημισταθεράς ανάρτησης και έχουν αντικατασταθεί τα μεταλλικά επίτονα και οι μονωτήρες τους με πλαστικά επίτονα. Έχουν επίσης βελτιωθεί οι στρόφες με μείωση των απαιτούμενων επιτόνων λόγω της κατασκευής αποκλίσεων μέχρι και 17 μοιρών.

2.6.2 Εξέλιξη εναέριο δίκτυο

Στο διάγραμμα 2.7 φαίνεται η διαχρονική εξέλιξη του εναέριου δικτύου (1971-2008) και το μήκος του εναέριου δικτύου που είναι τύπου ημισταθεράς ανάρτησης της τιμής 250.000 μέτρα.



Διάγραμμα 2.7: Διαχρονική εξέλιξη εναέριου δικτύου

2.6.3 Βασικά προβλήματα εναερίου δικτύου

Αφορούν κυρίως τις εκτροχιάσεις των κεραιών ρευματοληψίας των τρόλλεϋ, οι οποίες εντοπίζονται :

- στα σημεία όπου υπάρχουν αυτόματες ηλεκτροκίνητες αιχμές αλλαγής πορείας
- στα σημεία όπου υπάρχουν διασταυρώσεις και διακόπτες του εναερίου δικτύου

2.6.4 Διασταυρώσεις

Ο Οργανισμός χρησιμοποιεί διασταυρώσεις του Ιταλικού εργοστασίου C.G.E., οι οποίες όμως κατασκευάζονται εγχώρια μετά το κλείσιμο του εργοστασίου. Λόγω της κατασκευής τους υποχρεώνουν τα οχήματα να διέρχονται με μικρές ταχύτητες για την αποφυγή πρόκλησης ζημιάς. Έτσι αποφασίστηκε η αντικατάστασή τους με νεότερης τεχνολογίας εξαρτήματα της Τσέχικης εταιρείας ELECTROLINE που επιτρέπουν την διέλευση με ταχύτητα μέχρι 50 Km/h.

2.6.5 Χαρακτηριστικά εναέριου δικτύου

Με τον διεθνή όρο catenary αναφερόμαστε στους αγωγούς τροφοδοσίας με ρεύμα των ηλεκτροκίνητων οχημάτων τρόλλεϋ. Ο όρος προέρχεται από την λέξη catena (καδένα) γιατί παλαιότερα οι ηλεκτροφόροι αγωγοί είχαν ανάρτηση σε αλυσίδες. Οι βασικές απαιτήσεις για τα catenary είναι:

- ασφαλής λειτουργία
- αδιάλειπτη τροφοδοσία των οχημάτων με τήρηση των διακοπών τροφοδοσίας, λόγω της δυναμικής αλληλεξάρτησης αλυσοειδούς και τουπέδλου λήψης ρεύματος, μέσα στα επιτρεπόμενα όρια.
- όλα τα στοιχεία που συνιστούν την αλυσοειδή να έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής, υψηλής μηχανικής και ηλεκτρικής αντοχής καθώς και αντιστάσεις στα φορτία αέρος ή χιονιού και πάγου και αντίσταση στην διαβρωτική ατμόσφαιρα των βιομηχανικών πόλεων.

Τελευταία δίδεται μεγάλη σημασία στις αισθητικές απαιτήσεις μέσα στις πόλεις και στις περιβαλλοντολογικές επιπτώσεις. Το κόστος εγκατάστασης αλυσοειδούς συνδυαζόμενο με το λειτουργικό και κόστος συντήρησης είναι ένας συμβιβασμός μεταξύ των διατομών των αγωγών (βάρος) και της πτώσης τάσεων και των αναπτυσσομένων θερμοκρασιών σε αυτούς.

Το υλικό είναι ηλεκτρολυτικός χαλκός (Cu) με ψυχρή εξέλαση. Έχουν γίνει πολλές αποτυχημένες προσπάθειες χρήσης αργιλίου (Al) ως υλικού αγωγών επαφής αλλά το επιφανειακά σχηματιζόμενο οξείδιο του Al εμποδίζει την ροή του ρεύματος προς τους συλλέκτες τουπέδλου λήψης ρεύματος εν αντιθέσει με το οξείδιο του Cu που δεν εμποδίζει.

Στην διεθνή πρακτική έχουν φθάσει να χρησιμοποιήσουν αγωγούς διατομής 16mm και 17mm αλλά συνήθως αποφεύγονται λόγω δυσκολιών στις εργασίες εκτύλιξης και τοποθέτησης. Το μέγιστο βέλος στο μέσον 2 στηριγμάτων απόστασης l είναι:

$$I_{max} = \frac{G' L^2}{8H} \quad \text{εξ. (2.1)}$$

Όπου G' = βάρος ανά m του αγωγού

H = δύναμη τάνυσης

L^2 = μήκος του αγωγού

Οι μεταβολές μήκους λόγω αλλαγής θερμοκρασίας είναι:

$$\Delta L = \alpha l (\theta_x - \theta_0) \quad \text{εξ. (2.2)}$$

Όπου: α = συντελεστής θερμικής διαστολής.

Για αγωγούς Cu $\alpha=17 \cdot 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$

Οι μεταβολές μήκους λόγω αλλαγής δύναμης τάνυσης είναι:

$$\Delta LF = (H_x - H_0) \frac{L_2}{EA} \quad \text{εξ. (2.3)}$$

Όπου E = μέτρο ελαστικότητας υλικού αγωγού

A = διατομή αγωγού

L_2 = μήκος ημιζώνης τάνυσης

Το μήκος αγωγού μεταξύ 2 στηριγμάτων απόστασης l είναι:

$$l_a = 1 + \left(\frac{G'}{H} \right)^2 \frac{l^3}{24} \quad \text{εξ. (2.4)}$$

Το μήκος αγωγού μεταξύ 2 στηριγμάτων απόστασης l συναρτήσει του μεγίστου βέλους είναι

$$l_a = 1 + \frac{8}{3} \frac{F^2}{l} \quad \text{εξ. (2.5)}$$

2.6.6 Ορισμοί

Ως ελαστικότητα της αλυσοειδούς ορίζεται η ανύψωση της στο σημείο επαφής με το πέδιλο λήψης ρεύματος ανά Ν εφαρμοζόμενης δύναμης.

Υπολογίζεται στο μέσον μεταξύ 2 στηριγμάτων με την σχέση:

$$e = \frac{l}{R (H_{CW} + H_{CA})} \quad \text{εξ. (2.6)}$$

Όπου: H_{CW} = δύναμη τάνυσης αγωγού επαφής

H_{CA} = δύναμη τάνυσης αγωγού catenary

$R = 4$ για απλές αλυσοειδείς και 3.5 για αλυσοειδείς με αγωγούς stich

Η ελαστικότητα πρέπει να διατηρείται όσο το δυνατόν μικρότερη.

Ο βαθμός ομοιομορφίας ελαστικότητας:

$$n = 100 \frac{(\epsilon_{max} - \epsilon_{min})}{(\epsilon_{max} + \epsilon_{min})} \quad \text{εξ. (2.7)}$$

Χαρακτηρίζει την διακύμανση της ελαστικότητας κατά μήκος ενός ανοίγματος (δηλ. την απόσταση μεταξύ δυο στηριγμάτων) και πρέπει να διατηρείται κάτω του 10%.

Η ταχύτητα διάδοσης κύματος (διαταραχής) στο catenary είναι:

$$C = 3,6 \sqrt{\frac{\sigma_{CW}}{\gamma_{CW}}} = 3,6 \sqrt{\frac{H_{CW}}{m'_{CW}}} \quad \text{εξ. (2.8)}$$

Όπου σ_{cw} = τάση στον αγωγό επαφής (N/mm²)

γ_{cw} = πυκνότητα υλικού αγωγού (Kg/m³)

H_{CW} = τάση αγωγού επαφής (N)

m'_{cw} = μάζα ανα m αγωγού (kg/m)

C = ταχύτητα διάδοσης διαταραχής (km/h)

Εμπειρικά δεδομένα δείχνουν ότι η ταχύτητα οχημάτων δεν πρέπει να υπερβαίνει το 70% της ταχύτητας c . Δηλαδή $v \leq 0,70 c$

2.6.7 Παράμετροι σχεδιασμού

Από τον τύπο ελαστικότητας συνάγεται ότι μικραίνοντας το άνοιγμα μεταξύ στηριγμάτων μειώνεται η ελαστικότητα, αλλά αυξάνεται ο αριθμός των στύλων και προβολών, με αυτόν το τρόπο αυξάνεται το κόστος. Συνεπώς στο σημείο αυτό γίνεται ένας οικονομικός συμβιβασμός. Από τον ίδιο τύπο συνάγεται ότι αυξάνοντας την δύναμη τάσης μειώνεται η ελαστικότητα χωρίς μεγάλη αύξηση του κόστους, αλλά υπάρχουν περιορισμοί λόγω μηχανικής αντοχής. Για λόγους δυσκολιών στην τοποθέτηση περιορίζονται οι διατομές μέχρι 12mm οπότε και οι επιβαλλόμενες τανύσεις περιορίζονται από τις μέγιστες επιτρεπόμενες τάσεις. Για την υπέρβαση του εμπόδιου αυτού έχουν αρχίσει να χρησιμοποιούνται κράματα χαλκού-μαγνησίου (Cu-Mg) ως αγωγοί επαφής με Mg 0,6% που επιτρέπουν υψηλές τανύσεις όμως οδηγούν σε ελαφρά μείωση των ηλεκτρικών χαρακτηριστικών που αντισταθμίζεται με μεγαλύτερες διατομές αγωγών. Το ύψος του συστήματος δεν υπεισέρχεται σε κανένα από τους προαναφερθέντες μαθηματικούς τύπους αλλά από παρατηρήσεις έχει δείχτει ότι μεγαλύτερο ύψος συστήματος οδηγεί σε μικρότερη ελαστικότητα και καλύτερη δυναμική συμπεριφορά (μικρότερες αναπτυσσόμενες δυνάμεις).

2.6.8 Το Υπόγειο δίκτυο ηλεκτροδότησης

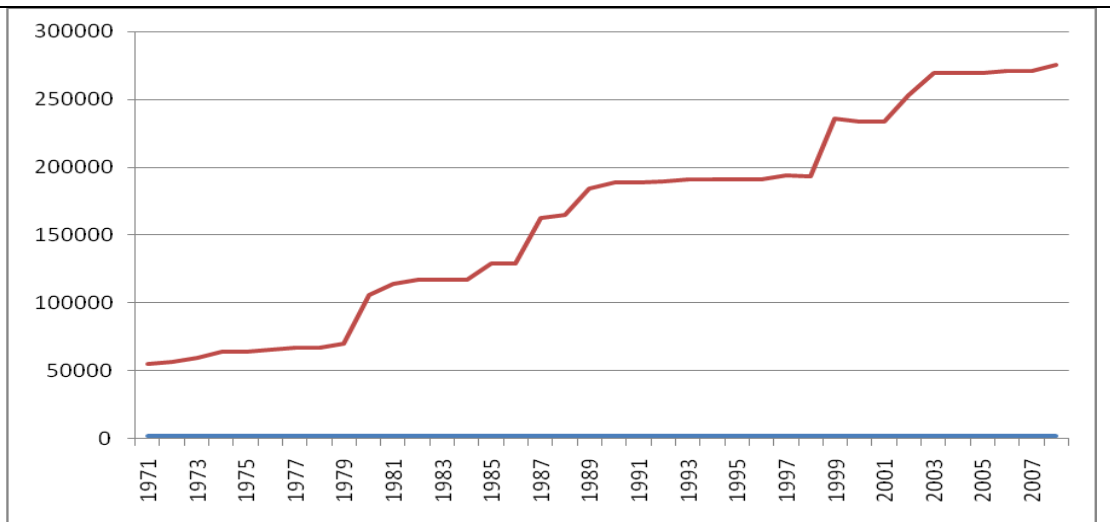
Το υπόγειο δίκτυο ηλεκτροδότησης έχει κατασκευαστεί σαν συνέχεια του παλαιού υπογείου δικτύου ηλεκτροδότησης του τραμ στην Αθήνα.

Μέχρι το 1985 όλα τα υπόγεια καλώδια ήταν τύπου NKBA διατομής 1x1 τετραγωνικής ίντσας, 1x0,6 τετραγωνικές ίντσες, και 1x400 τετραγωνικά χιλιοστά. Μετά το 1985 όλα τα νέα καλώδια είναι διατομής 1x400 τετραγωνικά χιλιοστά τύπου N2 X CYA.

Η ηλεκτροδότηση του εναερίου δικτύου μέσω των υπόγειων καλωδίων γίνεται μέσω τροφοδοτικών κιβωτίων με χειροκίνητους διακόπτες λειτουργίας άνευ φορτίου.

2.6.9 Διαχρονική εξέλιξη Υπόγειου δικτύου

Στο διάγραμμα 2.8 φαίνεται η διαχρονική εξέλιξη του υπόγειου δικτύου (1971-2008) και το μήκος των υπόγειων καλωδίων τροφοδοσίας που είναι της τιμής 275.062 μέτρα.

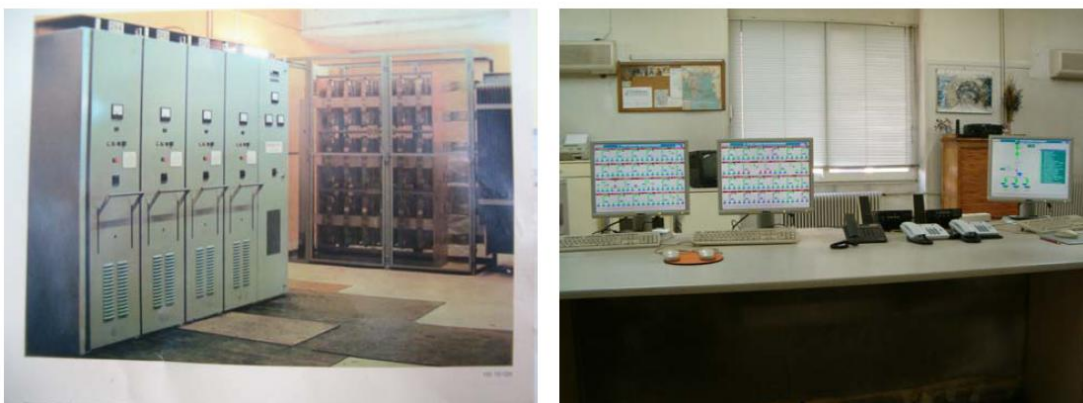


Διάγραμμα 2.8: Διαχρονική εξέλιξη υπόγειου δικτύου

2.6.10 Υποσταθμοί ηλεκτροδότησης

Το σημερινό δίκτυο των ηλεκτροκίνητων λεωφορείων στην Αθήνα και τον Πειραιά ηλεκτροδοτείται από 25 υποσταθμούς (Υ/Σ) ισχύος 800 KW - 600 V συνεχούς ρεύματος (DC), 6 Υποσταθμούς ισχύος 2x 800 KW - 600 V DC και ένα υποσταθμό ισχύος 3x 1500 KW - 600 V DC.

Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς ανέρχεται σε 34100 KW. Όλοι οι πιο πάνω υποσταθμοί είναι πλήρως αυτοματοποιημένοι ονομαστικής τάσης 600 VDC και ο ανορθωτής τους είναι τύπου απλής τριφασικής γέφυρας με διόδους πυριτίου. Οι πρώτοι ανορθωτές των Υ/Σ ηλεκτροδότησης των ηλεκτροκίνητων λεωφορείων ήταν τύπου με λυχνίες υδραργύρου, οι οποίοι μετά το 1975 και μέχρι το 1988 αποκαταστάθηκαν με τους σημερινούς ανορθωτές με διόδους πυριτίου. Όλοι οι Υ/Σ ελέγχονται και μέσω συστήματος SCADA της εταιρείας SIEMENS. Στην εικόνα 2.1 εικονίζεται ένας τυπικός υποσταθμός ανόρθωσης και οι θόνοι του κέντρου τηλεχειρισμού.



Εικόνα 2.1: Τυπικός υποσταθμός ανόρθωσης και γραφεία τηλεχειρισμού

Ο ρόλος των υποσταθμών είναι να τροφοδοτούν με την απαραίτητη ηλεκτρική ενέργεια τα οχήματα τρόλλεϋ με τέτοιο τρόπο που να καθίσταται δυνατή η ασφαλής και αξιόπιστη λειτουργία τους υπό όλες τις συνθήκες. Συγκεκριμένα ο ρόλος τους είναι να μετατρέπουν το παρεχόμενο ρεύμα και εν συνεχεία να τροφοδοτούν το εναέριο δίκτυο του τρόλλεϋ, μέσω του οποίου τα οχήματα τρόλλεϋ λαμβάνουν την ζητούμενη ενέργεια εξ' επαφής.

Η ηλεκτρική ενέργεια παρέχεται στους Υ/Σ του συστήματος ισχύος έλξης, με τριφασικό εναλλασσόμενο ρεύμα 20KV, άμεσα από τα κατά τόπους τοπικά δίκτυα 20KV της Δ.Ε.Η., μετασχηματίζεται από εναλλασσόμενο ρεύμα 20KV σε εναλλασσόμενο ρεύμα 470V. Μετατρέπεται σε συνεχές ρεύμα ονομαστικής τάσης 650V και παροχετεύεται στο εναέριο δίκτυο μέσω κατάλληλων αγωγών.

2.6.11 ΤΥΠΙΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ

Οι Υ/Σ έλξης του συστήματος ισχύος έλξης δεν είναι όλοι ίδιοι ως προς το μέγεθος ισχύος του εξοπλισμού που περιέχουν, επειδή οι ανάγκες εξυπηρέτησης κάθε περιοχής διαφέρουν μεταξύ τους. Σε όλους όμως τους Υ/Σ συναντάται ο τυπικός εξοπλισμός που ακολουθεί. Ο πίνακας 2.1 δείχνει τη φορά περιγραφής από την παροχή της Δ.Ε.Η. (Δημόσια επιχείρηση ηλεκτρισμού) προς το εναέριο δίκτυο.

Πίνακας 2.1: Φορά περιγραφής παροχής Δ.Ε.Η

α/α	Περιγραφή	Τιμή μονάδας μέτρησης
1	Ο ηλεκτρικός πίνακας μέσης τάσης(ΜΤ)	20KV
2	Ο Μετασχηματιστής ανόρθωσης	20KV/0,900KV/0,900KV AC,50HZ
3	Ανορθωτής έλξης	470V AC /650 DC
4	Ο ηλεκτρικός πίνακας Σ.Ρ.	650V
5	Ο βοηθητικός πίνακας χαμηλής τάσης	400V/230V AC-110V DC (για την εξυπηρέτηση των φορτίων εσωτερικής υπηρεσίας του Υ/Σ.
6	Η συστοιχία συσσωρευτών	110V DC
7	Το σύστημα αδιάλειπτης τροφοδοσίας	(UPS)
8	Το σύστημα έλεγχου λήψης δεδομένων	(SCADA)

Η συνδεσμολογία αυτή των Υ/Σ με το εναέριο δίκτυο επιτρέπει σε κάθε τμήμα του εναέριου δικτύου του τρόλλεϋ να τροφοδοτείται από δυο γειτονικούς Υ/Σ ώστε να εξασφαλίζεται η συνέχεια της λειτουργίας του δικτύου σε περίπτωση εμφάνισης σφάλματος σε κάποιον Υ/Σ. Σε περίπτωση που και ο δεύτερος Υ/Σ παρουσιάσει πρόβλημα τροφοδοσίας, τότε κατόπιν ρύθμισης του φορτίου της κυκλοφορίας μπορεί το συγκεκριμένο τμήμα του δικτύου να τροφοδοτηθεί από τον επόμενο στην σειρά Υ/Σ.

Κάθε υποσταθμός διαθέτει ένα μετασχηματιστή ρεύματος έλξεως, ισχύος 900 KVA , που παραλαμβάνει ρεύμα τάσεως 20 KV από τη Δ.Ε.Η. και, εξάγει ρεύμα 470V AC (εναλλασσομένου ρεύματος) το οποίο τροφοδοτεί το πεδίο ανόρθωσης. Γίνεται μετατροπή του ρεύματος σε συνεχές 600V-650V, μέσω του ανορθωτή το οποίο

καταλήγει στα πεδία αναχωρήσεως και μέσω των διακοπών DC στα πεδία αναχωρήσεως. Γίνεται η τροφοδοσία στα πύλαρ υπογείως (κατανεμητές ρεύματος) που με τον έλεγχο διακοπών, τροφοδοτούν με τη σειρά τους το εναέριο δίκτυο με αγωγούς διατομής ΝΥΥ 95 καρέ με την μαύρη μόνωση που είναι για εξωτερικές ηλεκτρικές εγκαταστάσεις καθώς ονομάζονται και βαγιάρ. Στην εικόνα 2.3 φαίνεται η όψη του τροφοδοτικού σφικτήρα.



ΕΙΚΟΝΑ 2.3: Τροφοδοτικός σφικτήρας

Κάθε μετασχηματιστή έλξης τον ακολουθεί ένας ανορθωτής ο οποίος λαμβάνει το εναλλασσόμενο ρεύμα εξόδου του μετασχηματιστή 470V και το μετατρέπει σε συνεχές ρεύμα τάσης 650V. Ο ανορθωτής αποτελείται από δύο διατάξεις με διόδους πυριτίου και τον συναφή εξοπλισμό ελέγχου. Η ομάδα των δύο γεφυρών ανόρθωσης έχει σχεδιασθεί να έχει ως έξοδο 12-παλμική τάση συνεχούς ρεύματος τιμής 650V υπό ονομαστικό φορτίο η οποία τροφοδοτεί το σύστημα της ηλεκτροφόρου τροχιάς. Όπως και ο μετασχηματιστής έτσι και ο ανορθωτής είναι απολύτως μονωμένος από το έδαφος για να μπορεί να λειτουργήσει η προστασία για διαρροή ως προς τη γη. Όσον αφορά στην λειτουργία των διόδων υπάρχει ξεχωριστός συναγερμός για την περίπτωση βλάβης. Επίσης σε περίπτωση ανόδου της θερμοκρασίας υπάρχει ένα πρώτο στάδιο συναγερμού και ένα δεύτερο διακοπής της τροφοδοσίας του ανορθωτή από τον μετασχηματιστή. Η εικόνα 2.4 δείχνει τον μετασχηματιστή ελαίου.



ΕΙΚΟΝΑ 2.4: Μετασχηματιστής ελαίου-υποσταθμοί

2.6.12 Προδιαγραφές των Υ/Σ με βάση τις κλιματιστικές συνθήκες

Η λειτουργία όλων των ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων είναι εγγυημένη χωρίς καμία επιφύλαξη υπό τις υπάρχουσες κλιματικές τιμές της Αθηνάς. Στον πίνακα 2.2 γίνεται περιγραφή των τιμών μονάδων ανάλογα με τις κλιματιστικές συνθήκες.

Πίνακας 2.2: Περιγραφή τιμών μονάδων με βάση κλιματιστικές συνθήκες

α/α	Περιγραφή	Τιμή μονάδας μέτρησης
1	Μέγιστη θερμοκρασία περιβάλλοντος	42°C
2	Ελάχιστη θερμοκρασία περιβάλλοντος	-2°C
3	Μέση ετήσια θερμοκρασία περιβάλλοντος	18,7°C
4	Μέση ετήσια σχετική θερμοκρασία	62,9°C
5	Ύψος πάνω από το επίπεδο της θάλασσας	0-200m
6	Ύψος βροχόπτωσης (μεγ.24 ώρες)	90,3mm
7	Συνολικό μέσο ετήσιο ύψος βροχόπτωσης (ανά μήνα)	27,2mm
8	Μέγιστη ταχύτητα ανέμου	24,4m/s
9	Μόλυνση περιβάλλοντος	Υψηλή

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

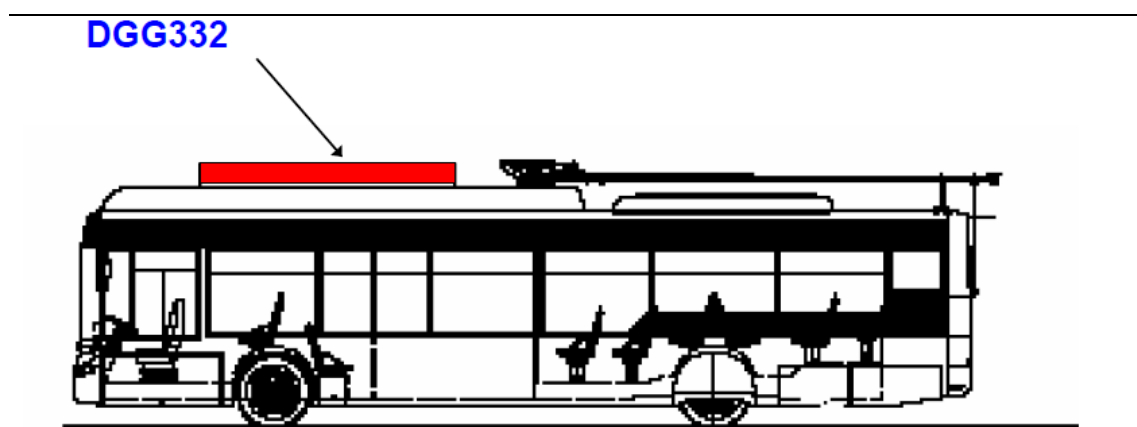
ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΑΡΘΡΩΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΟΚΙΝΗΤΟΥ ΛΕΩΦΟΡΕΙΟΥ (ΤΡΟΛΛΕΪ)



3. ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΗΛΕΚΤΡΟΚΙΝΗΤΟΥ ΑΡΘΡΩΤΟΥ ΛΕΩΦΟΡΕΙΟΥ ΤΡΟΛΛΕΪ

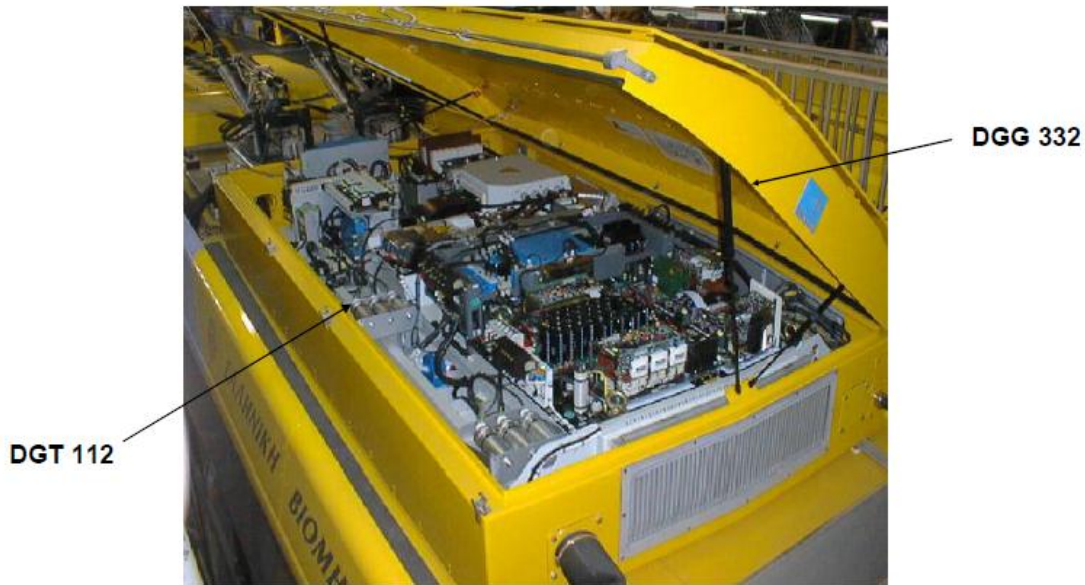
3.1 ΓΕΝΙΚΑ

Το ηλεκτροκίνητο όχημα (τρόλλεϋ) είναι ένα πάντρεμα μηχανολογικών, πνευματικών, ηλεκτρολογικών και ηλεκτρονικών συστημάτων. Αυτό επιτυγχάνεται με το μείγμα των εταιρειών Eino, Neoplan, Vosslo Kierpe. Ο ηλεκτρονικός εξοπλισμός βρίσκεται τοποθετημένος στην οροφή του οχήματος και στεγανοποιημένος σένα μεταλλικό κιβώτιο με την ονομασία DGG 332. Στο σχήμα 3.1 φαίνεται το σημείο εγκατάστασης του μεταλλικού κιβωτίου στο τρόλλεϋ.



Σχήμα 3.1: Θέση τοποθέτησης κιβωτίου στην οροφή.

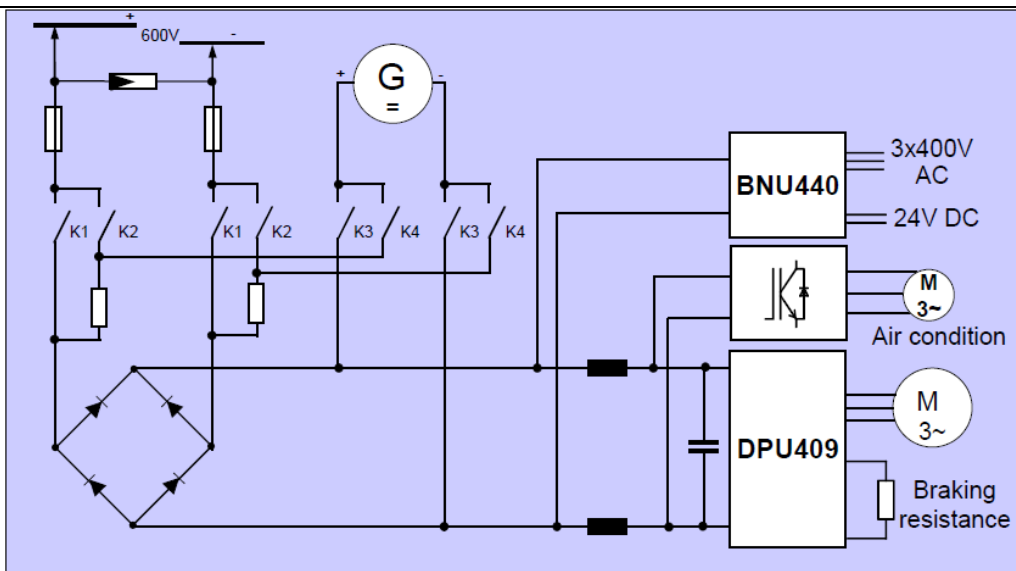
Μέσα σε αυτό βρίσκεται ο μεταλλικός φορέας DGT112 που είναι μονωμένος ηλεκτρικά και φέρει επάνω του τον κυρίως εξοπλισμό. Ο κυρίως εξοπλισμός είναι η γέφυρα προστασίας πολικότητας, η μονάδα ελέγχου μόνωσης, η μονάδα BNU 440, το φίλτρο EMC, η μονάδα εισόδου ρεύματος και προσάρτησης φίλτρου, οι ρευματολήπτες OSA307, η μονάδα DPU409, η μονάδα KGU101, που τα περισσότερα είναι από την Kierpe vossloh. Στην εικόνα 3.1 φαίνεται το μεταλλικό κιβώτιο DGG 332, ο μεταλλικός φορέας DGT 112 και οι υπάρχουσες μονάδες εντός του φορέα.



Εικόνα 3.1: Άνοιγμα κιβώτιου DGG 332-εξοπλισμός και μεταλλικός φορέας DGT112

3.2 ΔΙΑΝΟΜΗ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

Στο σχέδιο 3.1 φαίνεται η πορεία του ρεύματος από το δίκτυο ή από το βοηθητικό ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος του οχήματος στις 3 μονάδες BNU 440, KGU 101, DPU 409



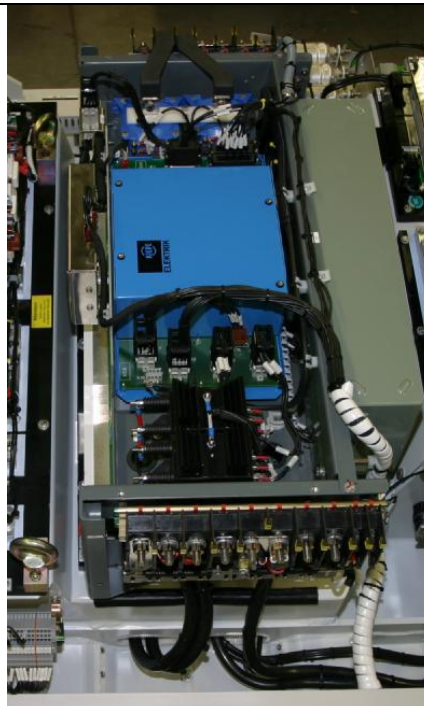
Σχέδιο 3.1: Σχέδιο Κυκλώματος ροής ρεύματος στις μονάδες: BNU440, KGU101, DPU409

Εισέρχεται το ρεύμα από το δίκτυο με τάση 600V dc στην συνέχεια περνάει από τις ασφάλειες εισόδου του συστήματος και έπειτα από τα ρελέ κ1, κ2, κ3, κ4. Τα

ρελέ οπλίζοντας επιτρέπουν την διέλευση του ρεύματος στο σύστημα και αφοπλίζοντας διακόπτουν τη ροή του ρεύματος στο σύστημα. Επομένως παίρνοντας ρεύμα από το δίκτυο είναι κλειστά τα ρελέ του δικτύου και παίρνοντας από το ηλεκτροπαραγωγό ζεύγους κλείνουν τα ρελέ τις γεννήτριες και αφοπλίζουν τα ρελέ του δικτύου. Αυτή η επιλογή γίνεται από τον οδηγό μέσω ενός διακόπτη. Στην συνέχεια περνάει από την γέφυρα με διόδους ισχύος για την επιτήρηση της πολικότητας της συνεχούς τάσης εισόδου των 600v. Επειδή το τρόλλεϋ μπορεί να συνδεθεί στην γραμμή είτε κατά την ορθή φορά είτε και στην ανάστροφη, με αυτή την γέφυρα ουσιαστικά εξασφαλίζεται ότι η τάση θα πάει στο DPU με την ίδια πολικότητα πάντα. Έπειτα η γέφυρα στέλνει τα 600v dc σε τρία υποσυστήματα: DPU409, KGU101, BNU440.

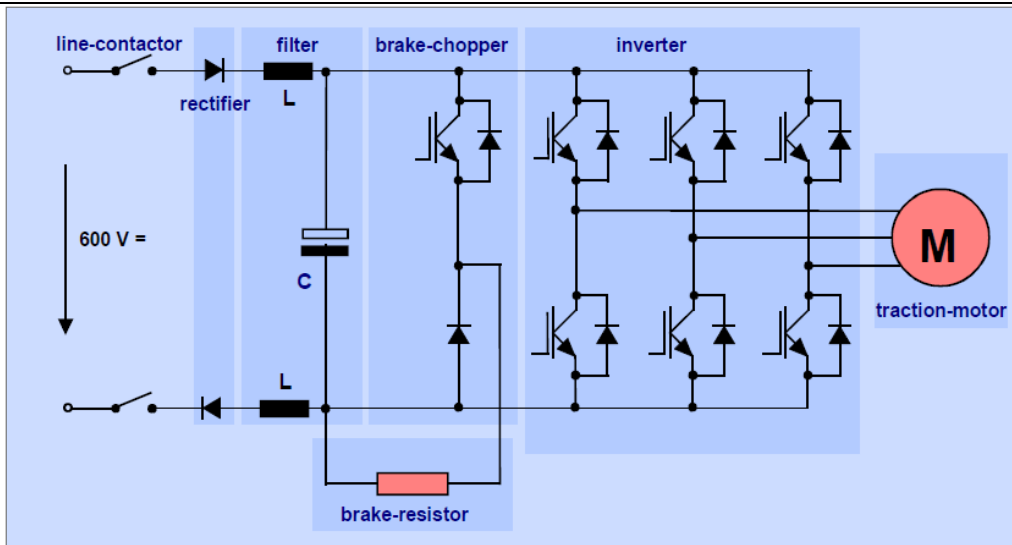
3.3 ΜΟΝΑΔΑ ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΕΑ ΚΙΝΗΣΗΣ DPU 409 ΜΟΤΕΡ ΕΛΞΗΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΠΕΔΗΣΗΣ

Ο αντιστροφέας κίνησης DPU 409 είναι τύπου διανυσματικού έλεγχου του μαγνητικού πεδίου στα τυλίγματα του στάτη. Είναι converter και inverter, converter γιατί παίρνει τα 600v dc και τα μετατρέπει σε τριφασικό (ac) alternating current της τιμής 400v για να τροφοδοτεί τον κινητήρα έλξης. Inverter γιατί είναι και μετατροπέας της συχνότητας του ac με σκοπό την αυξομείωση των στροφών του κινητήρα έλξης για την κίνηση του τρόλλεϋ. Η αλλαγή κατεύθυνσης κίνησης του οχήματος επιτυγχάνεται με την αλλαγή της πολικότητας του κινητήρα. Αυτό πραγματοποιείται όταν στο τριφασικό ρεύμα που στέλνει το d.p.u. στον κινητήρα έλξης, αλλαχθούν οι δυο από τις τρεις φάσεις. Αυτό γίνεται αυτόματα με την επιλογή της κατεύθυνσης από τον οδηγό μέσω ενός διακόπτη. Η εικόνα 3.2 δείχνει την μονάδα DPU 409 τοποθετημένη στον μεταλλικό φορέα DGT 12.



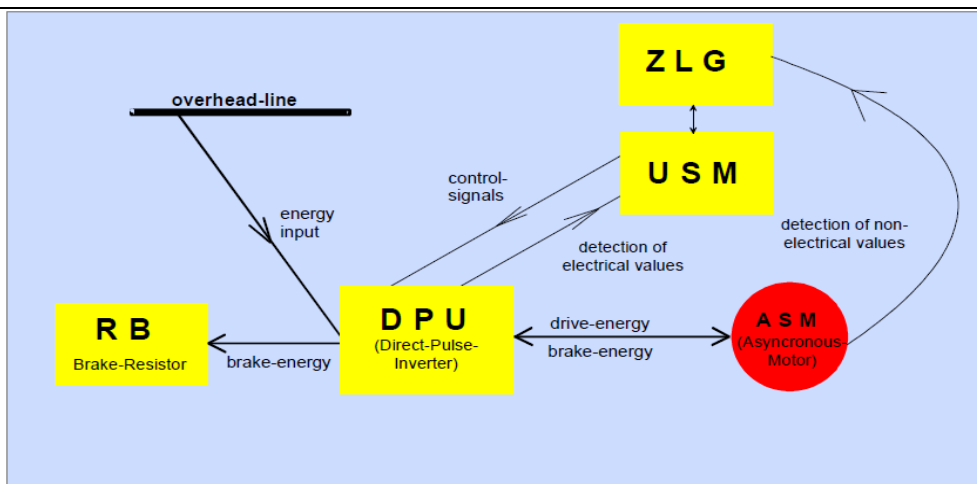
Εικόνα 3.2: Μονάδα DPU409

Το σχέδιο 3.2 δείχνει πως λειτουργεί το DPU 409.



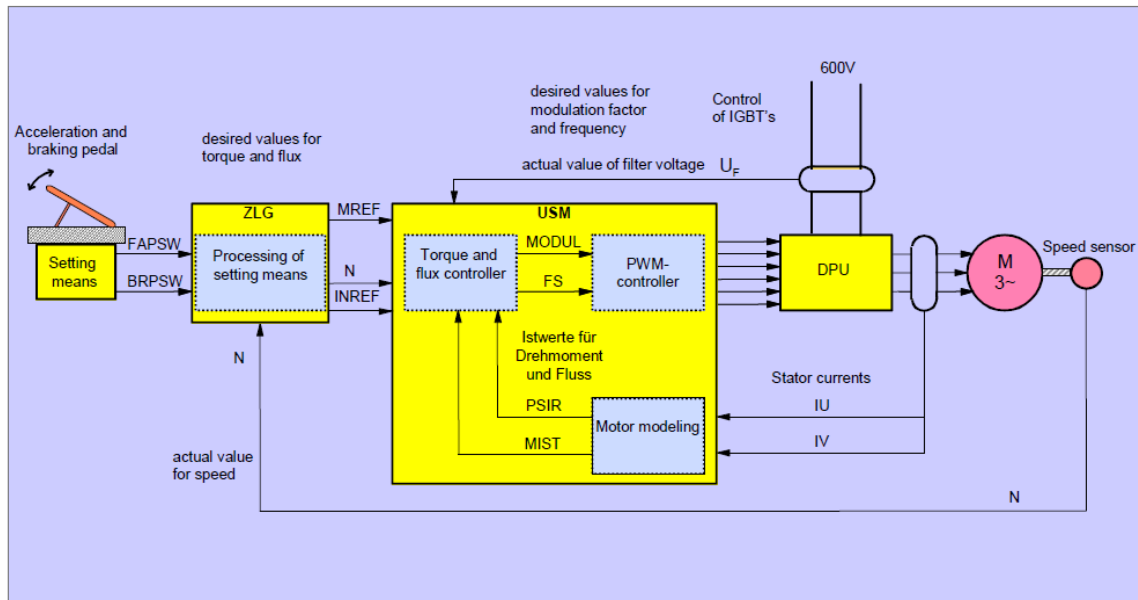
Σχέδιο 3.2: Σχέδιο Κυκλώματος μονάδας DPU409

Το ρεύμα των 600V dc περνάει από την γραμμή επαφής της μονάδας και στην συνέχεια από το φίλτρο. Έπειτα τροφοδοτείται παράλληλα και το σύστημα πέδησης και το σύστημα μετατροπέα το οποίο έχει εφτά ημιαγωγούς διακόπτες που λέγονται I.G.B.T. (insulated gate bipolar transistor) ο έβδομος είναι για την πέδηση. Κατά την διαδικασία πέδησης του οχήματος η τριφασική ασύγχρονη μηχανή δουλεύει σαν γεννήτρια μετατρέπει δηλαδή την κινητική ενέργεια σε ηλεκτρική. Στη συνέχεια η μονάδα DPU 409 ενεργοποιώντας το έβδομο I.G.B.T. μετατρέπει την ηλεκτρική ενέργεια της γεννήτριας σε θερμική στέλνοντας την στην αντίσταση πέδης και αυτή με την σειρά της την αποβάλλει με ακτινοβολία στο περιβάλλον. Ο εξοπλισμός μπορεί να υποστηρίξει επιστροφή ενέργειας στο δίκτυο των 600V, αλλά αυτό δεν είναι εφικτό προς το παρόν λόγω αδυναμίας των υποσταθμών του δικτυώματος. Όμως έξι i.g.p.t λειτουργούν σαν μετατροπείς και στέλνουν πλέον τριφασικό εναλλασσόμενο ρεύμα της τάσης 380-400V στον κινητήρα έλξης. Στο σχέδιο 3.3 φαίνεται η επιστροφή του ρεύματος από τον κινητήρα έλξης στο DPU και έπειτα στην αντίσταση πέδης.



Σχέδιο 3.3: Σχέδιο κυκλώματος επιστροφής ρεύματος από κινητήρα έλξης

Τα δομοστοιχεία ZLG και USM είναι προγράμματα επιτήρησης και ελέγχου της μονάδα DPU και του κινητήρα έλξης. Οι μονάδες είναι συνδεδεμένες μεταξύ τους με οπτικές ίνες για μεγαλύτερη ταχύτητα ανταπόκρισης στα σήματα. Στο σχέδιο 3.4 φαίνεται πως ακριβώς λειτουργεί το σύστημα από το πεντάλ βαθμίδων κίνησης και πεντάλ βαθμίδων φρένου μέχρι τον ασύγχρονο τριφασικό κινητήρα.

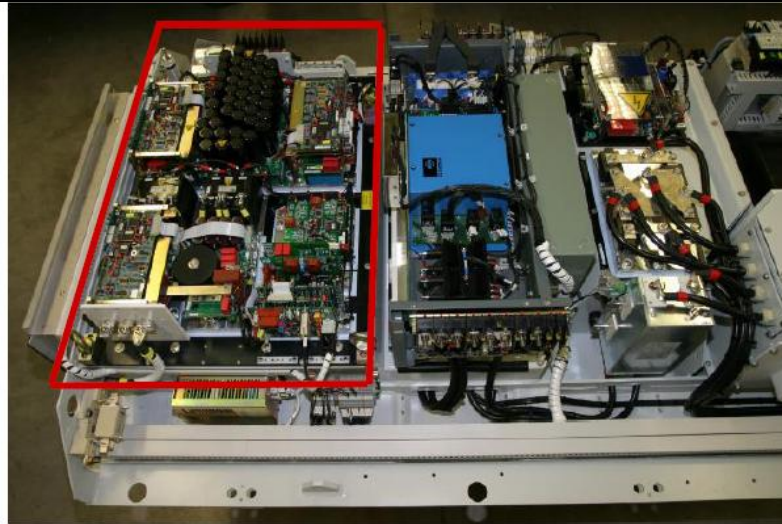


Σχέδιο 3.4: Σχέδιο Κυκλώματος κίνησης και πέδησης οχήματος

Ο speed sensor στέλνει παλμούς και ενημερώνει για τις στροφές του κινητήρα έλξης στο δομοστοιχείο έλεγχου ZLG, το οποίο έκτος από μια πληθώρα σημάτων παρέχει και τις πληροφορίες από το πεντάλ κίνησης και φρένου μέσω του διαύλου κίνησης, στην συνέχεια αυτά τα σήματα τα στέλνει στο δομοστοιχείο USM. Το πεντάλ της κίνησης έχει 15 βαθμίδες. Οι ψηφιακοί αισθητήρες ονομαστικής τιμής για την οδήγηση και την πέδηση είναι διαφορετικά σχεδιασμένοι. Ο ψηφιακός αισθητήρας ονομαστικής τιμής EWG101 για την οδήγηση μετατρέπει μια γραμμική διαδρομή σ' ένα ψηφιακό σήμα, ανάλογο της διαδρομής του πεντάλ οδήγησης. Ενώ ως αισθητήρας για την πέδηση χρησιμοποιείται ένας μικροδιακόπτης τριών βαθμίδων της βαλβίδας πέδησης μηχανοκίνητων οχημάτων. Μέσω αυτών των δύο αισθητήρων ονομαστικής τιμής προκαθορίζονται οι τιμές του ελέγχου της λειτουργίας οδήγησης και πέδησης του οχήματος. Ο οδηγός ορίζει ανάλογα με τις ανάγκες του κυκλοφοριακού τα σήματα που θα σταλούν από τις εγκοπές. Τα ηλεκτρομηχανικά μεγέθη της τριφασικής ασύγχρονης μηχανής έχουν μοντελοποιηθεί σ' ένα ισοδύναμό του κινητήρα και βρίσκονται στο δομοστοιχείο USM. Το δομοστοιχείο USM επεξεργάζεται τις τιμές, μέτρα και τάσης όπως: Τάση φίλτρων, ρευμάτων, αριθμό στροφών και θερμοκρασίας κινητήρα. Τα συγκρίνει με τον ισοδύναμό του και διαμορφώνει κατάλληλα την προμοδότηση των IGBTs. Σε περίπτωση μικρής απόκλισης από τις αναμενόμενες τιμές μέτρησης το πρόγραμμα μπορεί να επιδιορθωθεί, ειδάλλως τίθεται έκτος λειτουργίας ο αντιστροφέας και βγάζει βλάβη.

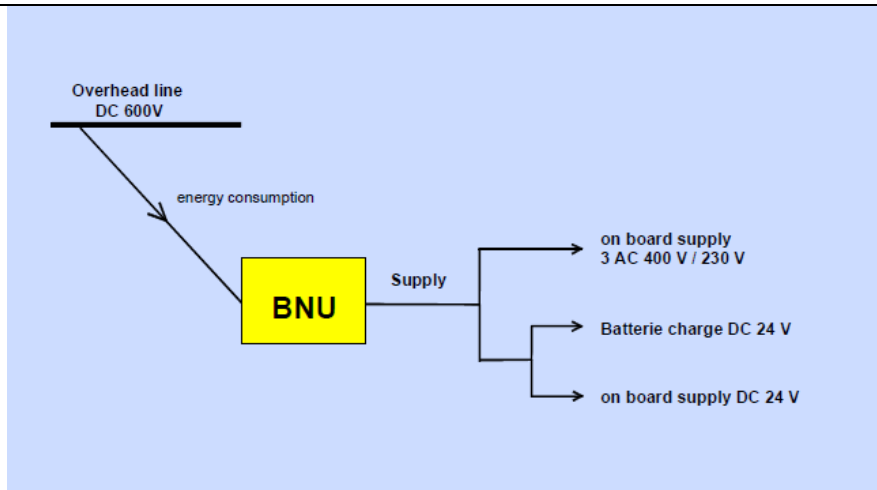
3.4 ΜΟΝΑΔΑ BNU 440

Η μονάδα BNU 440 αποτελείται από δύο μέρη που στο επάνω μέρος βρίσκεται ο έλεγχος της μονάδας, το τμήμα ισχύος και η ψήκτρες και στο κάτω μέρος τα πηνία εισόδου εξόδου και ο τριφασικός μετασχηματιστής. Η εικόνα 3.3 δείχνει την μονάδα BNU 440 τοποθετημένη στον μεταλλικό φορέα DGT 12.



Εικόνα 3.3: Μονάδα BNU440

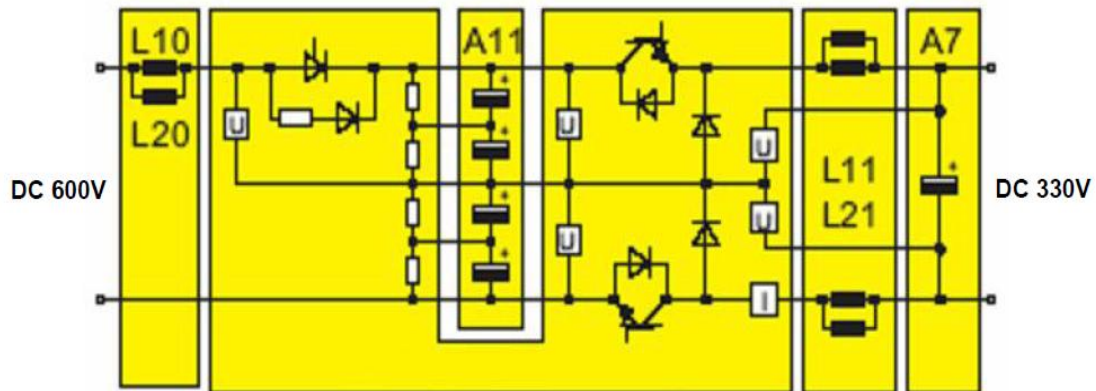
Το σχέδιο 3.5 δείχνει πια συστήματα τροφοδοτεί η μονάδα BNU440.



Σχέδιο 3.5: Σχέδιο Κυκλώματος μονάδας BNU440

Η τάση εισόδου που είναι 600v πάει στην μονάδα BNU 440 μέσω του μετατροπέα (G1-A1), που υποβιβάζει την τάση εισόδου σε 330v και την κρατάει σταθερή ανεξάρτητα από τις διακυμάνσεις του δικτύου του Η.Λ.Π.Α.Π. Στη συνέχεια η σταθερή τάση των 330v μοιράζεται στις μονάδες του αντιστροφέα (G1-A2) και του μετατροπέα (G1-A3/A4). Η μονάδα (G1-A2) παρέχει τα 400v-230v AC των τριφασικών και μονοφασικών καταναλώσεων του οχήματος (τρόλλεϋ) και η τάση εξόδου γίνεται σε συνάρτηση με τον μετασχηματιστή μέσο πυκνωτικής διάταξης. Η

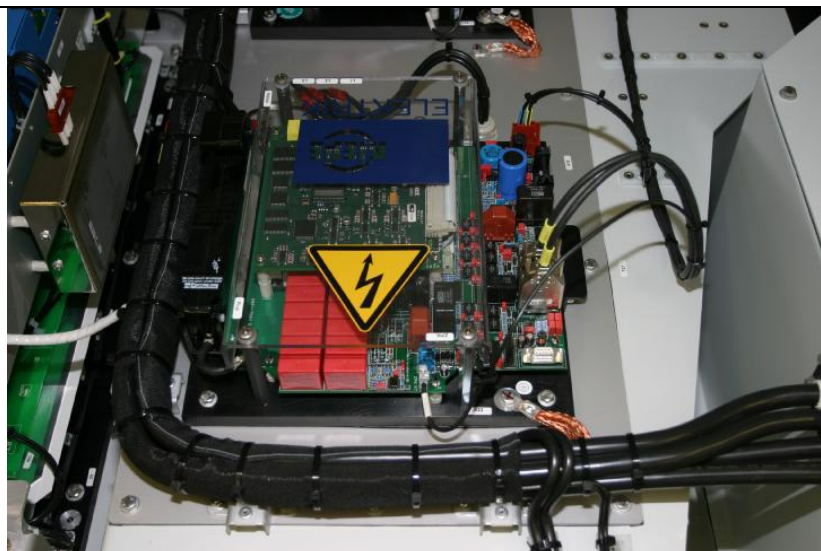
μονάδα (G1-A3/A4) κάνει τα 24v του οχήματος και εξασφαλίζει και την φόρτιση των συσσωρευτών. Η μονάδα (G1-A8) ενεργοποιεί την μονάδα BNU 440 όταν οι ρευματολήπτες είναι στο εναέριο δίκτυο και το όχημα είναι απενεργοποιημένο. Η λειτουργία αυτή γίνεται για να φορτίζονται οι συσσωρευτές. Τριφασική τάση των 400n ac μέσω του bnu παίρνει ο αεροσυμπιεστής. Το σχέδιο 3.6 δείχνει το κύκλωμα του μετατροπέα G1-A1.



Σχέδιο 3.6: Σχέδιο του κυκλώματος μετατροπέα (G1-A1)

3.5 Μονάδα KGU 101

Η μονάδα KGU101 λειτουργεί και αυτή σαν converter και inverter παίρνει τα 600v dc από το δίκτυο και τα μετατρέπει σε ac τριφασικό της τιμής 400v και τροφοδοτεί τον κινητήρα ισχύος του air condition. Η dc ζεύξη του αντιστροφέα είναι όμοια με αυτή του DPU 409. Ελέγχεται άμεσα από μικροεπεξεργαστή και από το κεντρικό δομοστοιχείο ZLG για τις λειτουργίες ψύξης - θέρμανσης. Η εικόνα 3.4 δείχνει την μονάδα KGU 101 τοποθετημένη στον μεταλλικό φορέα DGT 12.



Εικόνα 3.4: Μονάδα KGU101

3.6 ΜΟΝΑΔΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΜΟΝΩΣΗΣ

Η μονάδα ελέγχου της μόνωσης του οχήματος ελέγχει μόνιμα το δυναμικό του αμαξώματος του οχήματος. Ανάλογα με το δυναμικό που ανιχνεύεται στο αμάξωμα, αν δηλαδή η μονάδα έλεγχου μόνωσης EBW εντοπίσει τάση μεταξύ ρευματοληπτών και αμαξώματος (σασί), υπάρχει προειδοποίηση οπτική και ακουστική προς τον χειριστή του οχήματος. Σε περίπτωση ανίχνευσης επικίνδυνου δυναμικού για την ασφάλεια των επιβατών ενεργοποιείται αυτομάτως η κατάβαση των ρευματοληπτών. Η εικόνα 3.5 δείχνει την μονάδα έλεγχου μόνωσης EBW τοποθετημένη στον μεταλλικό φορέα DGT 112.



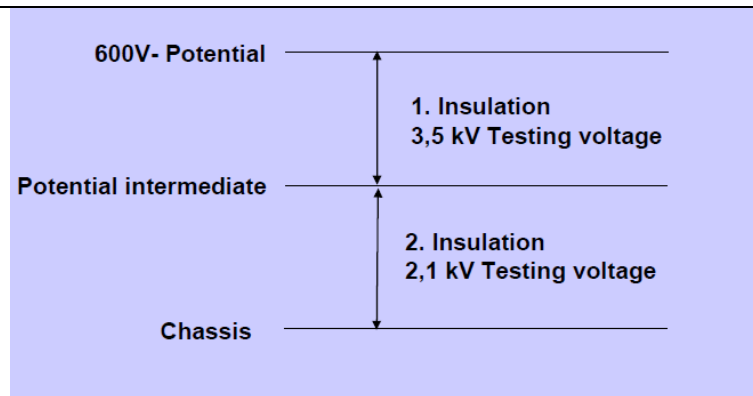
Εικόνα 3.5: Μονάδα έλεγχου μόνωσης EBW

Το τρόλλεϋ σαν όχημα έχει δύο επίπεδα (πατώματα) μόνωσης και βρίσκονται στην οροφή κάτω από τους ρευματολήπτες και το κιβώτιο DGG 332. Αυτό έχει σκοπό να προφυλάσσει τους επιβάτες από τυχόν διαρροή των 600V στο αμάξωμα. Η πρώτη βαθμίδα είναι μεταξύ ρευματοληπτών και πρώτου μεταλλικού πατώματος του τρόλλεϋ στην οροφή. Η δεύτερη βαθμίδα είναι μεταξύ του πρώτου μεταλλικού πατώματος και του αμαξώματος(σασί). Ο πίνακας 1 δείχνει την τάση ελέγχου σε κάθε επίπεδο της μόνωσης.

Πίνακας 3.1: Ταξινόμηση μόνωσης

α/α	Ταξινόμηση	Τάση ελέγχου
1	Μόνωση λειτουργίας 1 ^η μόνωση	3,5 KV/50 HZ 1 λεπτό
2	Πρόσθετη μόνωση 2 ^η μόνωση	2,1 KV/50 HZ 1 λεπτό

Το σχέδιο 3.7 δείχνει τα όρια της μόνωσης. Αν υπάρξει διαρροή πάνω από ένα λεπτό με τις συγκεκριμένες τιμές τάσης τότε γίνεται τήξη της μόνωσης.



Σχέδιο 3.7: Σχέδιο διπλής μόνωσης

Υπάρχει και η ενισχυμένη μόνωση που αφορά καλώδια και ηλεκτρονικό εξοπλισμό. Ο πίνακας 3.2 δείχνει την τάση έλεγχου στην ενισχυμένη μόνωση για καλώδια και αυτόματους επαφής.

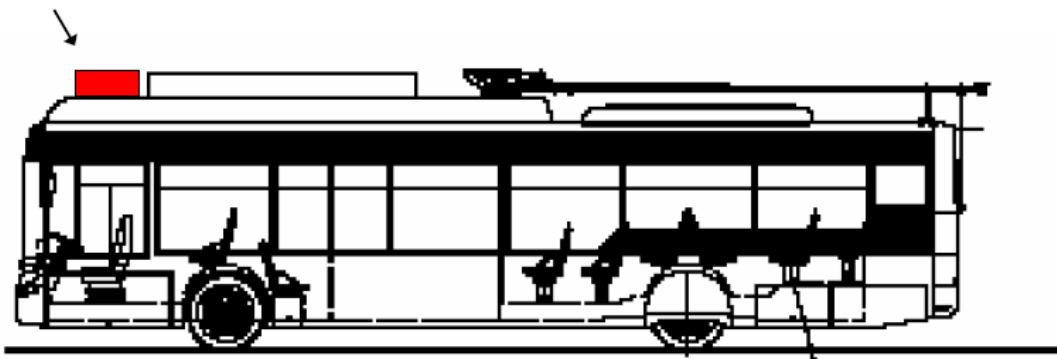
Πίνακας 3.2: Τιμές ενισχυμένης μόνωσης

α/α	Ενισχυμένη μόνωση	Τάση έλεγχου
1	Για καλώδια κ.τ.λ.	5,7 KV/50HZ 1 λεπτό
2	Για αυτόματους επαφής	7,2 KV/50HZ 1 λεπτό

3.7 ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΠΕΔΗΣ

Η αντίσταση πέδης είναι της εταιρία Heine και είναι κατασκευασμένη από μεταλλικές μπάρες οι οποίες είναι μεταξύ τους μονωμένες με πορσελάνη. Η διαστασιολόγηση της αντιστάσεως έχει υπολογιστεί αυστηρά για τις γεωμορφολογικές ανάγκες της Αθηνάς. Το σχήμα 3.2 δείχνει τη θέση που βρίσκεται η αντίσταση πέδης στην οροφή του τρόλλεϋ.

Breaking resistance



Σχήμα

3.2: Σημείο τοποθέτησης αντίστασης πέδης στην οροφή του οχήματος

3.7.1 Περιγραφή

Η αντίσταση πέδης αποτελείται από τέσσερις διαδοχικές ταινίες των 1,06 ohm. Η διάταξη των ταινιών είναι δύο παράλληλες και δύο κατά σειρά. Κάθε ταινία είναι συγκολλημένη από μεμονωμένα στοιχεία τυπωμένα υπό συμπίεση σε σχήμα μαιάνδρου, οδηγείται σε κεραμικές υποδοχές και συγκρατείται από συσφιγκτήρες. Οι ταινίες είναι βιδωμένες σε διατάξεις πρόσδεσης πλευρικά με τους συσφιγκτήρες και μέσω υποστηριγμάτων χρωμονικελίου (NiCr) είναι στερεωμένες σε φορείς. Μια λαμαρίνα στη βάση προστατεύει την οροφή του οχήματος από τη θερμική ακτινοβολία. Για τον εξαερισμό της αντίστασης η λαμαρίνα διαθέτει ανοίγματα. Το περίβλημα της αντίστασης είναι διαμορφωμένο ως κλωβός και είναι κατασκευασμένο από διάτρητη λαμαρίνα. Παρακάτω στην εικόνα 3.6 φαίνεται η αντίσταση πέδης.



Εικόνα 3.6: Αντίσταση πέδης

3.7.2 Τεχνικά χαρακτηριστικά

Πίνακας 3.3: Τεχνικά χαρακτηριστικά αντίσταση πέδης

a/a	Περιγραφή	Μονάδες μέτρησης
1	RN:	1,06 Ω ±3 %
2	Rmax:	1,3 Ω (RN +3% + αύξησης αντίστασης μέσω θέρμανσης)
3	Σταθερή ισχύς:	130 kW (στους 700 °C περ.)
4	Κυκλική κανονική διαδρομή:	P1 = 398 kW (tb = 4 s) P2 = 188 kW (tb = 12 s) Διάρκεια κύκλου = 72 s
5	Πέδη αδρανείας:	-7 % κλίση διαδρομής 30 km/h, 1000m P3 = 110 kW (tb = 125 s) -12 % κλίση διαδρομής 30 km/h, 1000m P4 = 130 kW (tb = 190 s)

		-7 % κλίση διαδρομής 65 km/h, 1000 m P5 = 218 kW (tb = 26 s) P6 = 398 kW (tb = 8 s) P7 = 199 kW (tb = 29 s)
6	U:	750 V DC
7	U _{max} :	1000 V DC
8	U _{test} :	5 kV/50 Hz, 1 λεπτό (μεταξύ ταινίας αντίστασης και ανάρτησης ταινίας)
		5 kV/50 Hz, 1 λεπτό (μεταξύ ανάρτησης ταινίας και περιβλήματος)
9	Επαγωγικότητα:	4,5 μH
10	Δυνατότητα απορρόφησης ενέργειας του υλικού αντίστασης:	8,3 MJ/500 °C
11	Συντελεστής μετάδοσης θερμότητας:	16 W/(m ² K)
12	Μόνωση:	Διπλή
13	Τύπος προστασίας:	IP20
14	Υλικό αντίστασης:	Ταινία NiCr 3020; Περιέχει ωστενίτη, μη μαγνητικό
15	Ενεργός μάζα:	33,3 kg
16	Ενεργός επιφάνεια:	105.400 cm ²
17	Μέγ. θερμοκρ. αντίστασης:	600 °C σε κανονική διαδρομή, 700 °C σε πέδηση αδρανείας (65 km/h)
18	Θερμοκρασία περιβάλ. χώρου:	-25 °C έως +45 °C
19	Σχετική υγρασία αερα:	20 % έως 100 %
20	Ψύξη:	Ψύξη δια μεταφοράς
21	Λειτουργία σε υψόμετρο:	200 m
22	Βάρος:	105 kg

3.7.3 Συμπεράσματα στα τεστ πέδης

Στα τεστ που πραγματοποιήθηκαν για την αντίσταση πέδης αναγνωρίζεται πως σε κυκλική κανονική διαδρομή χρόνου 72 δευτερολέπτων όσο πιο μικρή διάρκεια και πιο απότομη είναι η πέδηση για την επιβράδυνση του οχήματος τόσο μεγαλύτερη ισχύς παράγεται στην αντίσταση πέδης. Αυτό συμβαίνει γιατί όσο πιο απότομη και αυξανόμενη είναι η δύναμη της πέδησης τόσο αυξάνεται και η ένταση του ρεύματος I που πηγαιίνει από τον κινητήρα έλξης στο DPU και έπειτα στην αντίσταση πέδης. Από τον τύπο της ισχύς $P=I*U$, η τάση παραμένει σταθερή επομένως με την αύξηση του ρεύματος γίνεται και αύξηση της ισχύς. Στο επόμενο τεστ με κλίση του δρόμου -7% και -12% με σταθερή ταχύτητα 30 km/h σε 1000 m και για τις δυο περιπτώσεις οι τιμές στην πρώτη περίπτωση είναι $P=110$ KW με χρόνο πέδησης 125 δευτερόλεπτα ενώ οι τιμές για την δεύτερη περίπτωση είναι $P=130$ KW με χρόνο πέδησης 190 δευτερόλεπτα. Υφίσταται σταθερή άσκηση της πέδησης και στις δυο περιπτώσεις γι' αυτό και οι τιμές είναι σχεδόν όμοιες. Λίγο μεγαλύτερη είναι η ισχύς στην δεύτερη περίπτωση επειδή υπάρχει μεγαλύτερη κλίση στην διαδρομή άρα και μεγαλύτερο φορτίο, έτσι χρειάζεται μεγαλύτερος χρόνος πέδησης. Στο τελευταίο τεστ η κλίση διαδρομής είναι -7% με 65 km/h για 1000 m. Με τις τιμές που δίνονται τα συμπεράσματα είναι ίδια με τα προηγούμενα τεστ και για τους ίδιους

3.8 ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΕΠΙΕΣΜΕΝΟΥ ΑΕΡΑ

3.8.1 Παραγωγή πεπιεσμένου αέρα.

Η παραγωγή του πεπιεσμένου αέρα γίνεται με μηχανές που ονομάζονται αεροσυμπιεστές. Οι αεροσυμπιεστές συμπιέζουν τον αέρα για να αποκτήσει την πίεση που απαιτείται για τη λειτουργία των εξαρτημάτων, ώστε να γίνουν προκαθορισμένες εργασίες. Ο πεπιεσμένος αέρας οδηγείται με σωληνώσεις σε αεροθάλαμο, όπου και αποθηκεύεται. Το σύστημα πεπιεσμένου αέρα στα τρόλλεϋ λειτουργεί από 7,5 έως 10 bar, αν για κάποιο λόγο η πίεση είναι κάτω από τα 7,5 bar τότε το όχημα ακινητοποιείται και δεν λειτουργεί. Αν η πίεση υπερβεί τα 10 bar υπάρχει μια ανακουφιστική βαλβίδα πάνω στον αεροσυμπιεστή που σκάει και ανακουφίζει το σύστημα. Η πίεση ελέγχεται από ένα σύστημα αυτομάτου έλεγχου που βρίσκεται πάνω στον αεροσυμπιεστή. Τα κυριότερα μέρη μιας μονάδας παραγωγής πεπιεσμένου αέρα είναι:

- ο αεροσυμπιεστής, που στα ηλεκτροκίνητα οχήματα είναι τύπου sullair (περιστρεφόμενου κοχλία)
- ο ηλεκτρικός κινητήρας, που είναι τριφασικός με τάση στα 400V AC
- το αεριοφυλάκιο, που είναι κατασκευασμένο από χάλυβα και έχει κυλινδρική μορφή, για να αντέχει σε εσωτερικές πιέσεις

Εκτίμηση του απαιτούμενου όγκου του εξωτερικού αεριοφυλακίου:

Για τον υπολογισμό του όγκου του αεριοφυλακίου, δίνεται από την κατασκευαστική εταιρία του συμπιεστή, την sullair μια προτεινόμενη σχέση υπολογισμού η οποία περιγράφεται παρακάτω.

$$V = \frac{0,25 * P_1 * T_0 * Q_c}{F_{max} * dp * T_1} \quad (\text{εξ.3.1})$$

Οι παράμετροι της σχέσης υπολογίζονται βάση των μέγιστων απαιτήσεων του κινητήρα κατά την λειτουργία του.

Για την σχέση δίνεται:

Όπου: Q_c = Η παροχή αέρα από τον συμπιεστή προς την εγκατάσταση. Η μέγιστη παροχή που απαιτεί η εγκατάσταση είναι αυτή που απαιτεί ο κινητήρας για την λειτουργία του.

P_1 = Η πίεση εισαγωγής στον συμπιεστή.

T_1 = Η θερμοκρασία αέρα εισαγωγής συμπιεστή.

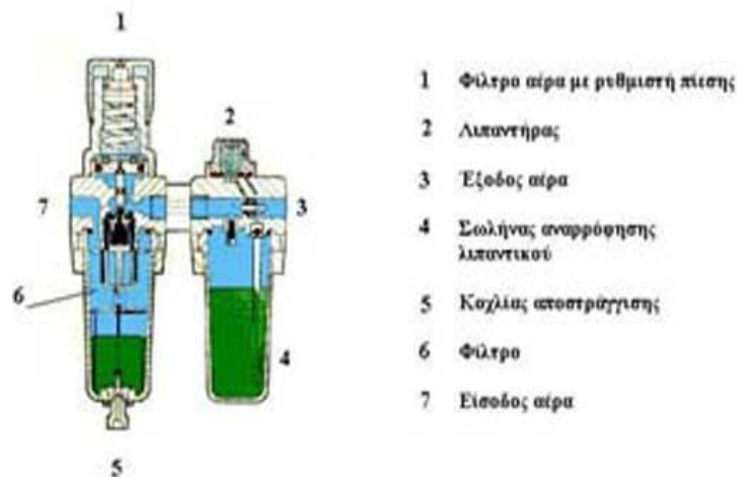
f_{max} : Η μέγιστη κυκλική συχνότητα του συμπιεστή.

T_0 = Η θερμοκρασία του αεριοφυλακίου.

$dp = P_{unload} - P_{load}$. dp είναι η διαφορά πίεσης στο εξωτερικό αεριοφυλάκιο όταν ο κινητήρας μεταβαίνει από την λειτουργία χωρίς φορτίο σε λειτουργία με φορτίο.

Κύρια μέρη μιας συσκευής προπαρασκευής πεπιεσμένου αέρα είναι το φίλτρο, ο ρυθμιστής πίεσης και ο λιπαντήρας. Το φίλτρο χρησιμοποιείται για να απομακρύνει κάθε ξένη ουσία που βρίσκεται στον πεπιεσμένο αέρα. Ο ρόλος του ρυθμιστή πίεσης είναι να διατηρεί σταθερή την πίεση λειτουργίας του κυκλώματος. Σκοπός του λιπαντήρα είναι να λιπαίνει κατάλληλα τον αέρα για να περιορίζει τη φθορά των κινούμενων μερών μειώνοντας τις τριβές τους, όπως επίσης και να

προστατεύει τα στοιχεία του συστήματος από διάβρωση. Ο πεπιεσμένος αέρας που παράγεται αποθηκεύεται σε κυλινδρικά δοχεία και οδηγείται με σωληνώσεις στις καταναλώσεις, κατά την εγκατάσταση του δικτύου πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στην τοποθέτηση των σωληνώσεων. Οι σωληνώσεις πρέπει να τοποθετούνται με κλίση 1% με χαμηλότερο σημείο προς το μέρος του αεροσυμπιεστή. Έτσι αποφεύγεται η μεταφορά της υγρασίας, που έχει συμπυκνωθεί στις σωληνώσεις, προς τις καταναλώσεις. Για την αποστράγγιση του δικτύου των σωληνώσεων στο χαμηλότερο σημείο της εγκατάστασης τοποθετείται ειδικός θάλαμος με βάνες στο κάτω σημείο. Οι σωληνώσεις είναι κατασκευασμένες από χαλκό ή από χάλυβα. Στο σχήμα 3.7 φαίνεται σε τομή το φίλτρο αέρα και ο ρυθμιστής.



Σχήμα 3.7: Σε τομή φίλτρο αέρα με ρυθμιστή πίεσης.

3.8.2 Πλεονεκτήματα των πνευματικών συστημάτων

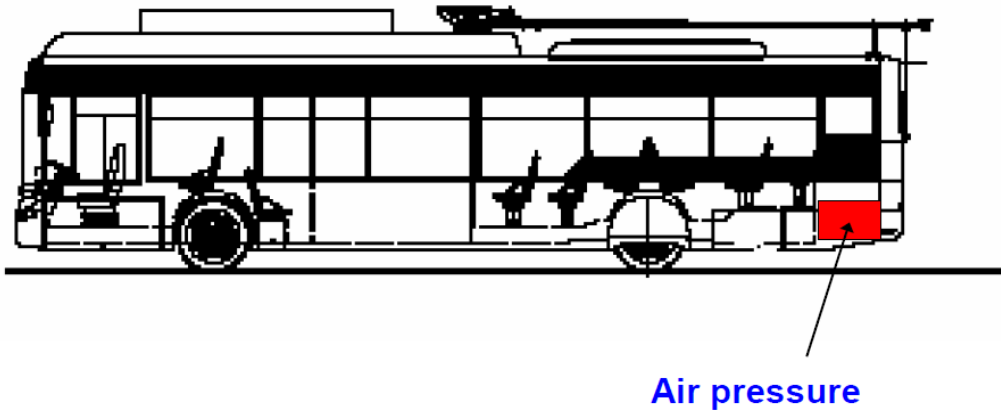
- εύκολη μεταφορά του αέρα με σωληνώσεις εκεί που χρειάζεται.
- χαμηλό κόστος παραγωγής του πεπιεσμένου αέρα.
- ρυθμιζόμενη ταχύτητα κίνησης των εμβόλων.
- δεν απαιτείται αγωγός επιστροφής του αέρα.
- ο αέρας αποθηκεύεται.
- τα εργαλεία, και γενικά τα έμβολα μπορούν να υπερφορτωθούν χωρίς να υποστούν οποιαδήποτε ζημιά.

3.8.3 Κύλινδροι πεπιεσμένου αέρα

Οι κύλινδροι πεπιεσμένου αέρα, μετατρέπουν την ενέργειά του σε μηχανική ενέργεια. Η μηχανική ενέργεια που παράγεται από τους κυλίνδρους, χρησιμοποιείται συνήθως για την κίνηση κάποιου εξαρτήματος ή κάποιου μηχανισμού σε συστήματα αυτοματισμών.

3.8.4 Αεροσυμπιεστής με περιστρεφόμενο Κοχλία- περιγραφή Λειτουργίας

Ο καινούργιος λιπανόμενος αεροσυμπιεστής με περιστρεφόμενο κοχλία Sullair παράσχει απόλυτη σιγουριά με πολύ λίγη συντήρηση. Στο σχήμα 3.8 φαίνεται το σημείο που βρίσκεται ο αεροσυμπιεστής στο ηλεκτροκίνητο όχημα τρόλλεϋ.



Σχήμα 3.8: Θέση τοποθέτησης αεροσυμπιεστή στο τρόλλεϋ

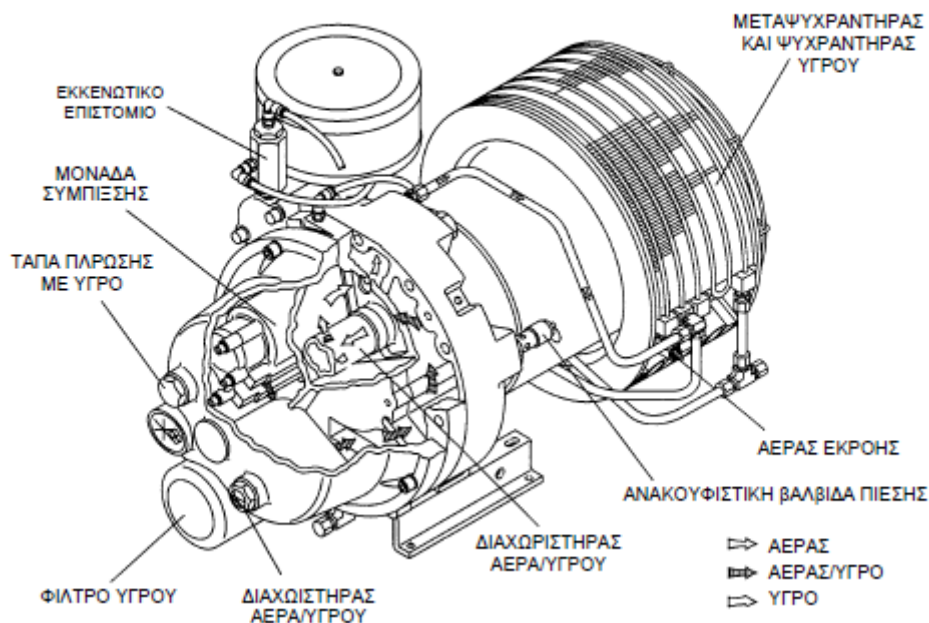
Σε σύγκριση με τους άλλους τύπους συμπιεστών ο αεροσυμπιεστής Sullair με περιστρεφόμενο κοχλία είναι μοναδικός από άποψη μηχανικής αξιοπιστίας. Τα εσωτερικά κινούμενα εξαρτήματα έχουν σχεδιαστεί με τρόπο που να μη φθείρονται και να μην απαιτούν επιθεώρηση. Το σχήμα 3.9 δείχνει το ολοκληρωμένο σύστημα αεροσυμπιεστή. Περιέχει τη μονάδα συμπίεσης, το σύστημα διαχείρισης υγρού και το τμήμα με τον κινητήρα. Η μονάδα συμπίεσης Sullair είναι ένας μονοβάθμιος λιπανόμενος συμπιεστής ογκομετρικού τύπου. Διαθέτει κωνικά ένσφαιρα έδρανα στο σημείο κατάθλιψης και κυλινδρικά ένσφαιρα έδρανα στο σημείο εισαγωγής πράγμα που του επιτρέπει να αυξάνει το όριο φόρτωσης. Η μονάδα αυτή εξασφαλίζει τη συνεχή συμπίεση του αέρα χωρίς ώθηση. Με τον αεροσυμπιεστή Sullair ακυρώνεται κάθε εργασία συντήρησης και εσωτερικής επιθεώρησης του συμπιεστή.

Το υγρό λειτουργίας εγχέεται μέσα στη μονάδα συμπίεσης και αναμιγνύεται απευθείας με τον αέρα χάρη στην κίνηση των στροφείων συμπίεσης. Η ροή του υγρού λειτουργίας έχει τρεις κύριες λειτουργίες:

- ενεργεί σαν ψυκτικό μέσο ελέγχοντας την άνοδο της θερμοκρασίας του αέρα λόγω της θερμότητας η οποία παράγεται από τη συμπίεση.
- παρέχει στεγανότητα στα διάκενα μεταξύ των στροφείων και του ακίνητου τμήματος καθώς και μεταξύ των ίδιων των στροφείων.
- λειτουργεί σαν λιπαντικό στρώμα ανάμεσα στα στροφεία επιτρέποντας στο ενεργό στροφείο να κινεί απευθείας το αδρανές στροφείο. Το μίγμα /αέρα εκρέει απευθείας στο σύστημα διαχείρισης υγρού. Η θερμική βαλβίδα εξασφαλίζει τη σωστή ψύξη κατευθύνοντας το υγρό προς τον ψύχτη όταν η θερμοκρασία κατάθλιψης φθάνει τη θερμοκρασία ρύθμισης του θερμοστάτη.

Όλο το υγρό το οποίο εισέρχεται στη μονάδα συμπίεσης διασχίζει το αντικαθιστάμενο στοιχείο φιλτραρίσματος. Το στοιχείο αυτό φιλτραρίσματος υγρού περιέχει μία ενσωματωμένη βαλβίδα βοηθητικής διόδου. Σε περίπτωση βουλώματος ή περιορισμού της ροής μέσα στο στοιχείο, η βαλβίδα βοηθητικής διόδου εξασφαλίζει

τη σωστή ροή υγρού και αποτρέπει τη βλάβη του στοιχείου φιλτραρίσματος. Στο σχήμα 3.9 φαίνεται το ολοκληρωμένο σύστημα του αεροσυμπιεστή.

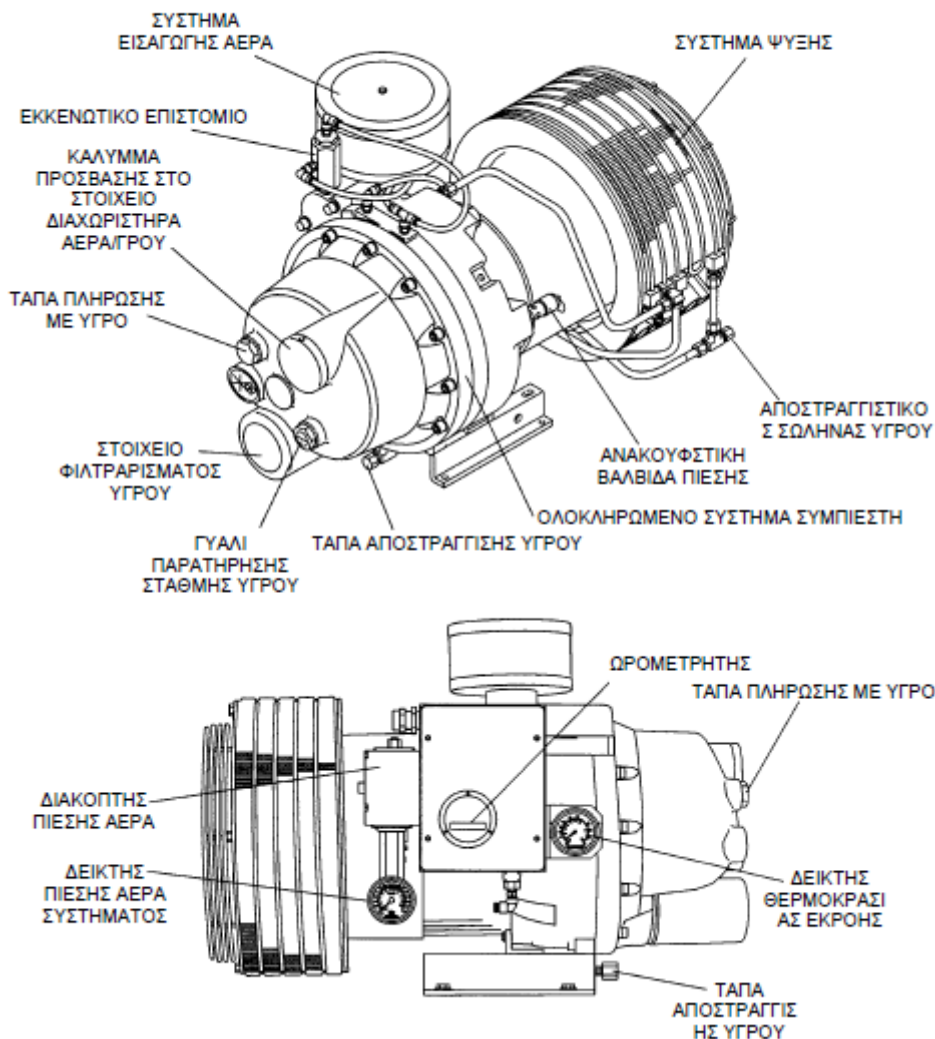


Σχήμα 3.9: Ολοκληρωμένο σύστημα αεροσυμπιεστή

3.8.5 Περιγραφή εξαρτημάτων

Στο σχήμα 3.10 φαίνονται τα στοιχεία και τα συγκροτήματα από τα οποία αποτελείται ο αεροσυμπιεστής της σειράς ES-6 απεικονίζονται καθαρά σε αυτήν. Το πλήρες μηχανήμα αποτελείται από ένα ολοκληρωμένο σύστημα συμπιεστή, ένα σύστημα εισαγωγής, ένα σύστημα ψύξης και ένα σύστημα ελέγχου.

Ο συμπαγής σχεδιασμός των αεροσυμπιεστών της σειράς ES-6 παρέχει εύκολη πρόσβαση σε όλα τα συντηρούμενα στοιχεία.



Σχήμα 3.10: περιγραφή εξαρτημάτων και συγκροτημάτων αεροσυμπιεστή

3.8.6 Σύστημα διαχείρισης υγρού

Το σύστημα διαχείρισης υγρού αποτελείται από ένα διαχωριστήρα αέρα/υγρού, μια θερμική βαλβίδα και ένα φίλτρο υγρού. Όταν το μείγμα υγρού/αέρα εισέλθει στη δεξαμενή/κάρτερ, λαμβάνει χώρα ο πρώτος διαχωρισμός του υγρού λόγω μείωσης της ταχύτητας ροής σε συνδυασμό με την αλλαγή κατεύθυνσης ροής μέσα στο περίβλημα της δεξαμενής/κάρτερ. Στη συνέχεια, ο συμπιεσμένος αέρας φθάνει στον διαχωριστήρα όπου διαχωρίζονται οι λεπτότερες σταγόνες και ο ατμός.

3.8.7 Τμήμα κινητήρα/μετάδοσης

Το τμήμα κινητήρα/μετάδοσης αποτελείται από ένα επαγωγικό ηλεκτροκινητήρα με κλωβό και ένα ενσωματωμένο μηχανισμό μετάδοσης ο οποίος χωρίζεται από τον κινητήρα με ένα αντικαθιστάμενο στεγανοποιητικό σύστημα του άξονα.

Η ανασταλτική βαλβίδα κατάθλιψης είναι τοποθετημένη στο περίβλημα μετάδοσης του συμπιεστή. Οι λειτουργίες της είναι οι εξής:

- διατηρεί ελάχιστη πίεση 4,1 bar μέσα στη δεξαμενή/κάρτερ υπό συνθήκες λειτουργίας με πλήρες φόρτο για εξασφαλίζεται η κατάλληλη πίεση του υγρού.
- ενεργεί σαν ανασταλτική βαλβίδα για να απομονώνει το συμπιεστή από το σύστημα τη στιγμή της παύσης λειτουργίας ή κατά την άφορτη λειτουργία.

3.8.8 Σύστημα ψύξης συμπιεστή-περιγραφή

Το σύστημα ψύξης του συμπιεστή αποτελείται από ένα ψυχαντήρα υγρού, ένα ανεμιστήρα και ένα προστατευτικό περίβλημα ψυχαντήρα. Ο ανεμιστήρας είναι τοποθετημένος στον άξονα του κινητήρα απέναντι από το συμπιεστή. Ο αέρας αναρροφάται πάνω από τον κινητήρα καθώς και δια μέσου του ψυχαντήρα ο αέρας εξασφαλίζει την ψύξη του κινητήρα και απαλλάσσει το υγρό από τη θερμότητα συμπίεσης.

3.8.9 Σύστημα εισαγωγής αέρα - περιγραφή λειτουργίας

Το σύστημα εισαγωγής αέρα του συμπιεστή αποτελείται από ένα ξηρό φίλτρο αέρα και μια ρυθμιστική βαλβίδα αέρα. Ανταποκρινόμενη σε ένα σήμα πίεσης, όπου η βαλβίδα διακόπτει την εισαγωγή σε περίπτωση άφορτης λειτουργίας. Η βαλβίδα παίζει επίσης ρόλο ανασταλτικής βαλβίδας τη στιγμή της παύσης λειτουργίας.

3.8.10 Σύστημα έλεγχου, περιγραφή λειτουργίας

Η λειτουργία του συστήματος ελέγχου συμπιεστή συνίσταται στο να εξασφαλίζει την αντιστοιχία ανάμεσα στην ικανότητα του συμπιεστή και την απαίτηση του χρήστη. Αποτελείται από μια βαλβίδα εισαγωγής, ένα εκκενωτικό επιστόμιο και αγωγούς ελέγχου.

3.8.11 Όργανα, περιγραφή λειτουργίας

Χάρη στην απλότητα του αεροσυμπιεστή σειράς ES-6, τα μόνα απαραίτητα όργανα είναι ένας δείκτης πίεσης δικτύου, ο οποίος βρίσκεται στην αριστερή πλευρά του ηλεκτρικού πίνακα ελέγχου και ένας δείκτης θερμοκρασίας κατάθλιψης ο οποίος βρίσκεται στη δεξιά πλευρά του ηλεκτρικού πίνακα ελέγχου. Ο δείκτης πίεσης δικτύου δείχνει μόνο την πίεση αέρα του συστήματος.

3.8.12 Στους παρακάτω πίνακες φαίνονται τα χαρακτηριστικά του αεροσυμπιεστή

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.4: Χαρακτηριστικά αεροσυμπιεστή

α/α	Χαρακτηριστικά αεροσυμπιεστή							
1					ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ			
2	Μοντέλο 50 HZ	KW	Ικανότητα <i>M³/MIN</i>	Μεγίστη πίεση bar	Μήκος mm	Πλάτος mm	Ύψος mm	Βάρος kg
3	ES-6 5,5HH	4,1	0,49	10	775	579	518	125

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.5: Χαρακτηριστικά συμπιεστή

α/α	Χαρακτηριστικά συμπιεστή	
1	Τύπος	Μονοβάθμιος Συμπιεστής Έγχυσης Υγρού με Προπέτασμα
2	Ελάχιστη Λειτουργική Πίεση Πλήρους Φόρτωσης	4,1 bar
3	Μέγιστη Λειτουργική Πίεση Πλήρους Φόρτωσης	9,5 bar
4	Τύπος Εδράνου	Αντιτριβικό
5	Ψύξη	Υγρό υπό Πίεση
6	Λιπαντικό	Sullube από το εργοστάσιο ,λιπαντικό με μεγάλη διάρκεια ζωής
7	Χωρητικότητα Κάρτερ	4,35 λίτρα

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.6: Χαρακτηριστικά κινητήρα

α/α	Χαρακτηριστικά κινητήρα	
1	Τύπος	4,1 kw
2	Συγχρονισμένη Ταχύτητα	1500 RPM για 4,1 kw
3	Τάση	380/415 Τριφασικό
4	Τύπος	Πλήρως Περικεκλεισμένος Αέρας
5	Τάξη Μόνωσης	"F"
6	Μέγιστη Θερμοκρασία Περιβάλλοντος	40°C/ 104°F
7	Ανεμιστήρας Διαμέτρου Άξονα	Ονομαστικός 5/8"

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.7: Χαρακτηριστικά φίλτρου αέρα

α/α	Χαρακτηριστικά φίλτρου αέρα	
1	Τύπος	Περιδινούμενο κατασκευής Sullair
2	Εσωτερική βαλβίδα βοηθητικής Διόδου Ρυθμισμένη στα	1,7 bar

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.8: Χαρακτηριστικά διαχωριστήρα υγρού

α/α	Χαρακτηριστικά διαχωριστήρα υγρού	
1	Τύπος	Προσαρμοζόμενο Στοιχείο Sullair
2	Αποδοτικότητα με Μέγιστη Ροή	5PPM το Μέγιστο

3.9 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΟΥ ΛΕΙΤΟΥΡΓΟΥΝ ΜΕ ΑΕΡΑ

3.9.1 Ηλεκτροπνευματική βαλβίδα ecas

Μετά την παράγωγη του αέρα από τον αεροσυμπιεστή ο αέρας κατανέμεται στα αεροφυλάκια τα οποία είναι οχτώ. Κάθε σύστημα που λειτουργεί με πεπιεσμένο αέρα έχει από δύο αεροφυλάκια τα συστήματα αυτά είναι: Το σύστημα ανάρτησης που κύριο λόγο έχει η ηλεκτροπνευματική βαλβίδα ecas που κατανέμει τον αέρα στις έξι αεροσίτες, οι δυο βρίσκονται στους εμπρόσθιους τροχούς και οι τέσσερις στους οπίσθιους. Οι αεροσίτες χρησιμεύουν στο βοηθητικό σύστημα επιγονάτισης το οποίο εξυπηρετεί τους επιβάτες στην επιβίβαση και αποβίβαση του οχήματος. Στη εικόνα 3.7 φαίνεται η ηλεκτροπνευματική βαλβίδα ecas



ΕΙΚΟΝΑ 3.7: Ηλεκτροπνευματική βαλβίδα ecas

Στα ηλεκτροπνευματικά κυκλώματα, όπως είναι η βαλβίδα ecas, το κύκλωμα ελέγχου είναι ηλεκτρικό και το κύκλωμα ενέργειας πνευματικό. Στο ηλεκτρικό κύκλωμα ελέγχου, χρησιμοποιούνται διακόπτες, ηλεκτρονόμοι, αισθητήρες, προγραμματιζόμενοι λογικοί ελεγκτές και άλλα. Όλα αυτά ελέγχουν συνήθως έναν ηλεκτρομαγνήτη, που βρίσκεται πάνω στο σώμα της βαλβίδας. Όταν ενεργοποιηθεί ο ηλεκτρομαγνήτης, ενεργοποιεί και τη βαλβίδα. Σε όλες τις πνευματικές βαλβίδες υπάρχει θεωρητικός τρόπος υπολογισμού της πραγματικής παροχής. Για δεδομένη πίεση αέρα και πτώση πίεσης στη βαλβίδα η σχέση αυτή είναι:

$$Q = 1,6 * K_V * \sqrt{\Delta P * P_{εξ}} \quad \text{εξ. (3.2)}$$

Όπου: ΔP η πτώση πίεσης στη βαλβίδα με $\Delta P < 50\% P_{εισοδου}$

$P_{εξ}$: η πίεση αέρα στην έξοδο

Q : η παροχή της βαλβίδας (M^3/HR)

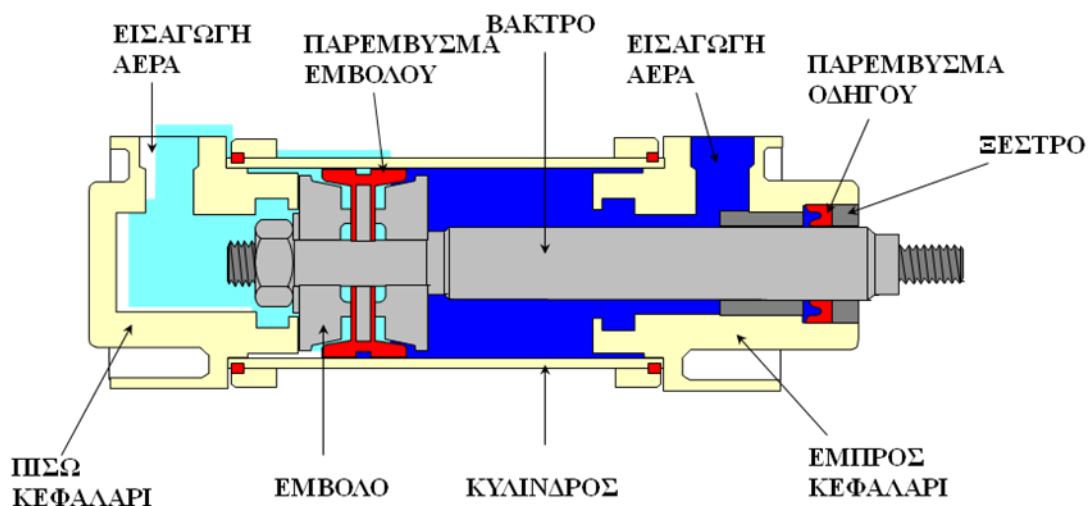
K_V : συντελεστής δυνατότητας παροχής βαλβίδων.

3.9.2 Σύστημα πέδησης

Το σύστημα πέδησης λειτουργεί με πεπιεσμένο αέρα τον οποίο παίρνει η κεντρική βαλβίδα φρένων που είναι ενσωματωμένη στο πεντάλ φρένου από τα αεροφυλάκια της πέδησης και τον στέλνει στα τέσσερα κυλινδρικά εμβολα, ένα για κάθε τροχό που βρίσκονται στους σφιγκτήρες και με την πίεση που ασκούν στον δίσκο μέσω των πλακών ολίσθησης επιβραδύνουν την περιστροφή του ή τον ακινητοποιούν άρα ακινητοποιείται και το όχημα.

Άλλο σύστημα με πεπιεσμένο αέρα είναι του πέδιλου λήψης ρεύματος για την άνοδο και κάθοδο των ρευματοληπτών.

Τέλος ισχύει το σύστημα πεπιεσμένου αέρα στις θύρες του οχήματος. Κάθε θύρα έχει μια κεντρική ηλεκτροπνευματική βαλβίδα που κατανέμει τον υπό πίεση αέρα στα εμβολα και ανοιγοκλείνουν οι θύρες με την εντολή του οδηγού. Επειδή απαιτείται έργο κατά τις δυο κατεύθυνσης κίνησης χρησιμοποιούμε εμβολα διπλής ενέργειας. Στα εμβολα διπλής ενέργειας, η κίνηση του εμβόλου προς τη μια και την άλλη κατεύθυνση, επιτυγχάνεται με τη χρήση του πεπιεσμένου αέρα. Το σχήμα 3.11 δείχνει σε τομή το έμβολο διπλής ενέργειας

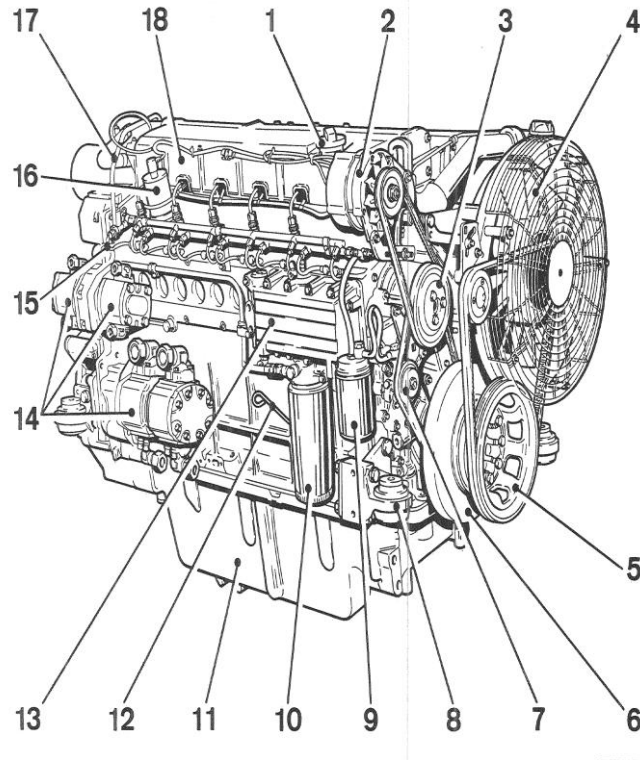


Σχήμα 3.11: Τομή Έμβολου διπλής ενέργειας

3.10 ΒΟΗΘΗΤΙΚΟ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΟ ΖΕΥΓΟΣ

Αν για κάποιο λόγο υπάρξει πρόβλημα στο πέδιλου λήψης ρεύματος ή έχει πρόβλημα το ίδιο το δίκτυο τότε τίθεται σε λειτουργία ο πετρελαιοκινητήρας και βγαίνει έκτος το δίκτυο. Αυτό γίνεται με την πρωτοβουλία του οδηγού, για την επιλογή της κίνησης του οχήματος μέσω ενός διακόπτη εντός του οχήματος. Από την στιγμή που ο οδηγός θα επιλέξει κίνηση με diesel ενεργοποιείται το ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος. Το ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος είναι ο πετρελαιοκινητήρας ενσωματωμένος με μια γεννήτρια που μετατρέπει την μηχανική ενέργεια του πετρελαιοκινητήρα σε ηλεκτρική ενέργεια (ρεύμα). Η τάση που παράγει η γεννήτρια είναι 430/640V DC, οι στροφές που παίρνει είναι 1500/2800RPM και η ισχύς είναι 15/50KW. Ο diesel δουλεύει με 1500rpm ή με 2800rpm και δεν υπάρχει γραμμική κίνηση. Στις 1500rpm του κινητήρα diesel έχουμε τάση 430v, έτσι δουλεύουν όλα τα

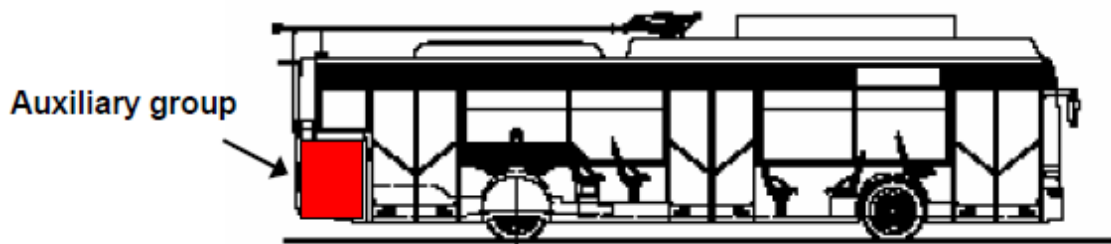
κυκλώματα του οχήματος αλλά το όχημα δεν κινείται. Όταν ο οδηγός πατήσει το πεντάλ της κίνησης τότε ο κινητήρας diesel αυξάνει έως τις 2800rpm, η γεννήτρια παράγει 640v, η οποία πηγαίνει στην μονάδα dpu 409 και γίνονται ίδιες διαδικασίες όπως και με το δίκτυο για την κίνηση του οχήματος. Ο πετρελαιοκινητήρας είναι τετράχρονος, τετρακύλινδρος με συνολικό κυβισμό 4764cm³. Στο σχήμα 3.12 φαίνεται ο πετρελαιοκινητήρας που χρησιμοποιείται στα αρθρωτά τρόλλεϋ.



Σχήμα 3.12 : Πετρελαιοκινητήρας για ηλεκτροκίνητα οχήματα τρόλλεϋ

1. στόμιο εισαγωγής λαδιών
2. εναλλάκτης
3. αντλία ψυκτικών μέσων
4. φυσητήρας
5. δίσκος με ιμάντα
6. αμορτισέρ για την απόσβεση των κραδασμών
7. αντλία τροφοδότησης καυσίμων
8. ανάρτηση του κινητήρα
9. φίλτρο αλλαγής καυσίμων
10. φίλτρο αλλαγής λιπαντικών λαδιών
11. κάρτελ
12. βέργα για την μέτρηση της στάθμης λαδιών
13. ψύκτης λιπαντικών λαδιών
14. υδραυλικές αντλίες
15. σωλήνας καυσίμων
16. ανυψωτικός μαγνήτης
17. σωλήνας τροφοδότησης λιπαντικών λαδιών προς το στροβιλοσυμπιεστή
18. κυλινδροκεφαλή

Στο σχήμα 3.13 φαίνεται η θέση τοποθέτησης ηλεκτροπαραγωγού ζεύγους στο τρόλλεϋ.



Σχήμα 3.13: Σημείο αναφοράς H/Z στο ηλεκτροκίνητο όχημα τρόλλεϋ

3.10.1 Πλεονεκτήματα πετρελαίου

Οι λόγοι που χρησιμοποιούνται πετρελαιοκινητήρες αντί για βενζινοκινητήρες είναι αρκετοί. Αρχικά στον κινητήρα diesel η έναυση του καυσίμου γίνεται με την τριβή του με τον συμπιεσμένο αέρα. Σε αυτή δεν μεσολαβεί κανένα ηλεκτρικό σύστημα. Άρα λοιπόν ο πετρελαιοκινητήρας δεν έχει πρόβλημα στις βροχοπτώσεις παρ' όλο το σημείο που βρίσκεται. Η θερμοδυναμική απόδοση του πετρελαιοκινητήρα είναι σημαντικά καλύτερη από αυτή του βενζινοκινητήρα. Η υψηλή συμπίεση κάνει πιο αποδοτικό τον κύκλο λειτουργίας του κινητήρα diesel.

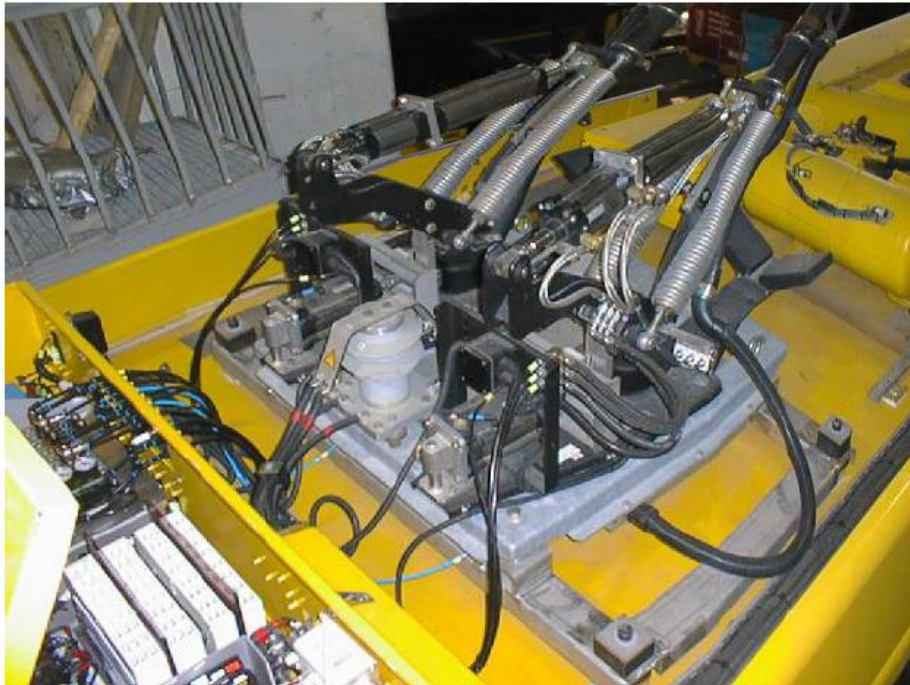
Αυτό σημαίνει ότι για την ίδια παραγόμενη ισχύ, ο κινητήρας πετρελαίου χρησιμοποιεί λιγότερο καύσιμο, αν αυτό μετρηθεί σε όγκο. Έτσι προκύπτει μικρότερη κατανάλωση σε όλο το φάσμα λειτουργίας, άρα και εξοικονόμηση χρημάτων. Οι κινητήρες diesel αποδίδουν το μέγιστο της ροπής γύρω στις 2000rpm, όταν οι αντίστοιχοι βενζινοκινητήρες έχουν σαν μέσο όρο τις 3000rpm. Αυτό σημαίνει καλύτερο τράβηγμα στις χαμηλές μέσες στροφές, όπου η κατανάλωση είναι μικρή.

Ένας κινητήρας diesel μπορεί να κάνει μέχρι και 500.000 χιλιόμετρα πριν να χρειαστεί επισκευή. Αντίθετα ένας κινητήρας βενζίνης δεν μπορεί να ξεπεράσει τα 200.000 χιλιόμετρα. Άρα πάλι υπάρχει οικονομικό όφελος. Το μεγαλύτερο κέρδος όμως έχει να κάνει με την προστασία του περιβάλλοντος. Τα προϊόντα της καύσης του πετρελαίου είναι αιθάλη, άνθρακας δηλαδή σε μορφή καπνού και θείο. Το πρώτο προκαλεί φωτοχημική ρύπανση, αλλά δεν είναι τοξικό. Το δεύτερο προκαλεί όξινη βροχή, αλλά έχει μειωθεί πολύ σαν συστατικό του πετρελαίου κίνησης τα τελευταία χρόνια. Από την άλλη η καύση της βενζίνης και ιδιαίτερα η ατελής παράγει, εκτός των άλλων αρωματικούς υδρογονάνθρακες που είναι καρκινογόνοι.

Το πετρέλαιο κίνησης και η βενζίνη είναι προϊόντα της κλασματικής απόσταξης του αργού πετρελαίου. Η βενζίνη βρίσκεται ψηλά στην κλίμακα, γι' αυτό και είναι πιο καθαρή σαν προϊόν. Αυτό σημαίνει ότι χρειάζεται περισσότερο αργό πετρέλαιο για την παραγωγή ενός λίτρου βενζίνης, από ότι για την παραγωγή ενός λίτρου πετρελαίου κίνησης. Άρα η κατανάλωση πετρελαίου έχει μεγάλη σημασία στην προστασία των πηγών ενέργειας του πλανήτη και την διατήρηση των τιμών σε λογικά πλαίσια, αφού μειώνει τη ζήτηση σε ένα σημαντικό βαθμό. **Τα Μειονεκτήματα του πετρελαίου** για τα ηλεκτροκίνητα οχήματα τρόλλεϋ είναι μονάχα ο έντονος θόρυβος που είναι ιδιαίτερα χαρακτηριστικός ακόμη και στον δρόμο της πόλης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΕΔΙΛΟΥ ΛΗΨΗΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΑΡΘΡΩΤΟΥ ΤΡΟΛΛΕΥ



4.ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΕΔΙΛΟΥ ΛΗΨΗΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΑΡΘΡΩΤΟΥ ΤΡΟΛΛΕΥ

4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα πέδιλα λήψης ρεύματος του τρόλλεϋ του τύπου OSA 307 είναι μία ηλεκτρομηχανολογική κατασκευή και χρησιμεύουν για τη δημιουργία ηλεκτρικής σύνδεσης μεταξύ του δικτύου του εναέριου αγωγού τροφοδοσίας της τιμής 600v και του ηλεκτρικού συστήματος του τρόλλεϋ. Τα πέδιλα λήψης ρεύματος τρόλλεϋ του τύπου OSA 307 προσφέρουν τις ακόλουθες λειτουργίες:

4.2 ΔΟΜΗ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΠΕΔΙΛΟΥ ΛΗΨΗΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

- **πνευματικό γρήγορο κατέβασμα και μηχανισμός επαναφοράς**

Κατά τον εκτροχιασμό μίας ή και των δύο ράβδων του πέδιλου λήψης ρεύματος κατεβαίνουν γρήγορα και οι δύο ράβδοι του πέδιλου λήψης ρεύματος από την περιοχή κινδύνου του εναέριου αγωγού τροφοδοσίας με τη χρήση πεπιεσμένου αέρα. Ο μηχανισμός επαναφοράς στρέφει τα πέδιλα λήψης ρεύματος αμέσως μετά από τον εκτροχιασμό πίσω στην περιοχή του λεωφορείου. Το γρήγορο αυτόματο κατέβασμα και άλλα κατασκευαστικά προληπτικά μέτρα αποτρέπουν τυχόν παγίδευση στην περίπτωση εκτροχιασμού κατά τη διάρκεια της λειτουργίας.

- **αυτόματο κατέβασμα**

Από το χώρο του οδηγού μπορούν να κατέβουν αυτόματα οι ράβδοι του πέδιλου λήψης ρεύματος και να ασφαλιστούν στην ασφάλιση ράβδων.

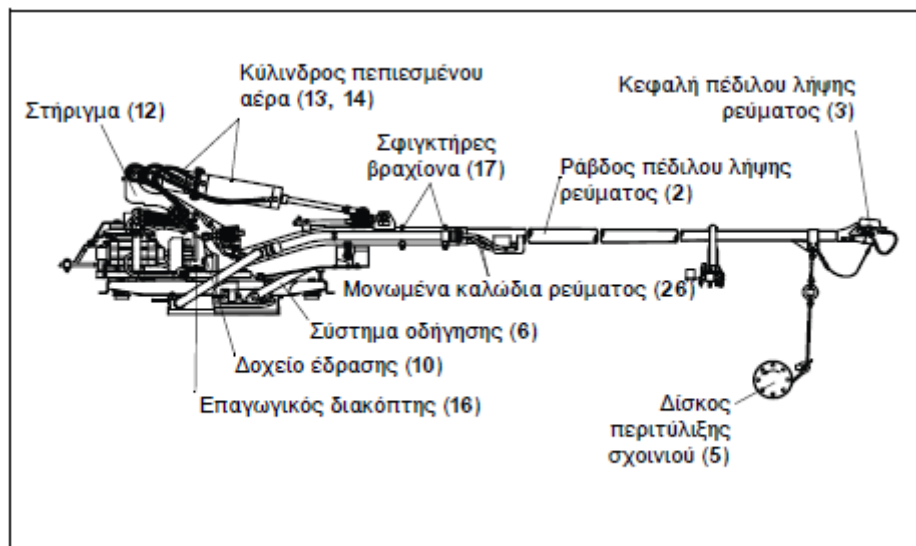
- **αυτόματη σύνδεση στον εναέριο αγωγό**

Από το χώρο του οδηγού μπορούν να συνδεθούν αυτόματα οι κεφαλές του πέδιλου λήψης ρεύματος στον εναέριο αγωγό. Για τον σκοπό αυτό απαιτούνται ειδικοί οδηγοί σύνδεσης εναέριου αγωγού, οι οποίοι πρέπει να είναι στερεωμένοι στον εναέριο αγωγό τροφοδοσίας. Τα πέδιλα λήψης ρεύματος έχουν σχεδιαστεί για την εμπρόσθια κίνηση και, υπό περιορισμούς, για την οπίσθια κίνηση. Η οπίσθια κίνηση μέσα από "διαχωριστές" και κλειδιά διακλάδωσης πρέπει να αποφεύγεται. Το κάτω τμήμα του πέδιλου λήψης ρεύματος εδράζεται έτσι, ώστε οι ράβδοι του πέδιλου λήψης ρεύματος να μπορούν να κινούνται μεταβλητά ως προς τον εναέριο αγωγό τροφοδοσίας, μέχρι ένα ορισμένο βαθμό, και να είναι δυνατή η παράκαμψη εμποδίων που βρίσκονται στο οδόστρωμα.

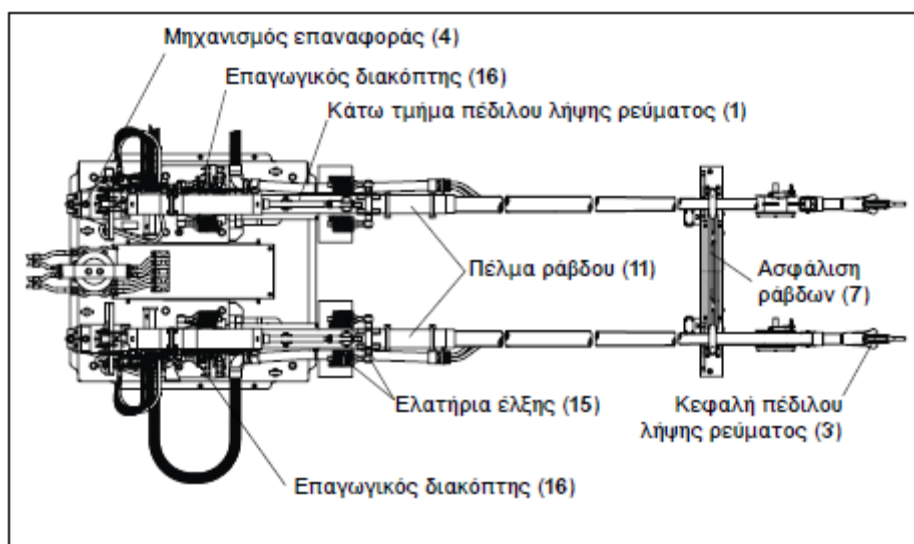
Το σύστημα πέδιλου λήψης ρεύματος OSA 307 αποτελείται από τα ακόλουθα μηχανικά τμήματα:

- κάτω τμήμα πέδιλου λήψης ρεύματος με μηχανισμό κατεβάσματος (1),
- ράβδος πέδιλου λήψης ρεύματος (2),
- κεφαλή πέδιλου λήψης ρεύματος (3),
- μηχανισμός επαναφοράς (4),
- δίσκος περιτύλιξης σχοινιού (5),
- σύστημα οδήγησης (6) και
- ασφάλιση ράβδων (7).

Παρακάτω στα σχήματα 4.1 και 4.2 φαίνονται τα μέρη από τα οποία αποτελούνται οι ρευματολήπτες.



Σχήμα 4.1: Σύστημα πέδλου λήψης ρεύματος του τρόλλεϋ OSA 307- Πλάγια όψη



Σχήμα 4.2: Σύστημα πέδλου λήψης ρεύματος του τρόλλεϋ OSA 307- Κάτωψη

4.3 ΜΗΧΑΝΙΚΑ ΤΜΗΜΑΤΑ

4.3.1 Κάτω τμήμα πέδιλου λήψης

Το κάτω τμήμα του πέδιλου λήψης ρεύματος με το μηχανισμό κατεβάσματος αποτελεί τη βάση ενός πέδιλου λήψης ρεύματος, το οποίο εδράζεται στη διάταξη έδρασης και έχει τη δυνατότητα περιστροφής. Το πέλμα ράβδου είναι μία κατασκευή συγκολλημένου χαλύβδινου σωλήνα, η οποία χρησιμεύει για την υποδοχή της ράβδου του πέδιλου λήψης ρεύματος, η οποία σταθεροποιείται με δύο σφιγκτήρες.

Η ράβδος του πέδιλου λήψης ρεύματος κατεβαίνει αυτόματα με τη βοήθεια δύο εν σειρά συνδεδεμένων κυλίνδρων πεπιεσμένου αέρα ή βυθίζεται αυτόματα και γρήγορα σε περίπτωση εκτροχιασμού. Τα ελατήρια έλξης που είναι τοποθετημένα πλευρικά φροντίζουν για την ανύψωση της ράβδου του πέδιλου λήψης ρεύματος και την ισχύ πίεσης στον εναέριο αγωγό. Η παροχή πεπιεσμένου αέρα στους κυλίνδρους πεπιεσμένου αέρα πραγματοποιείται μέσω του μπλοκ βαλβίδων, το οποίο τροφοδοτείται από το σύστημα πεπιεσμένου αέρα του οχήματος.

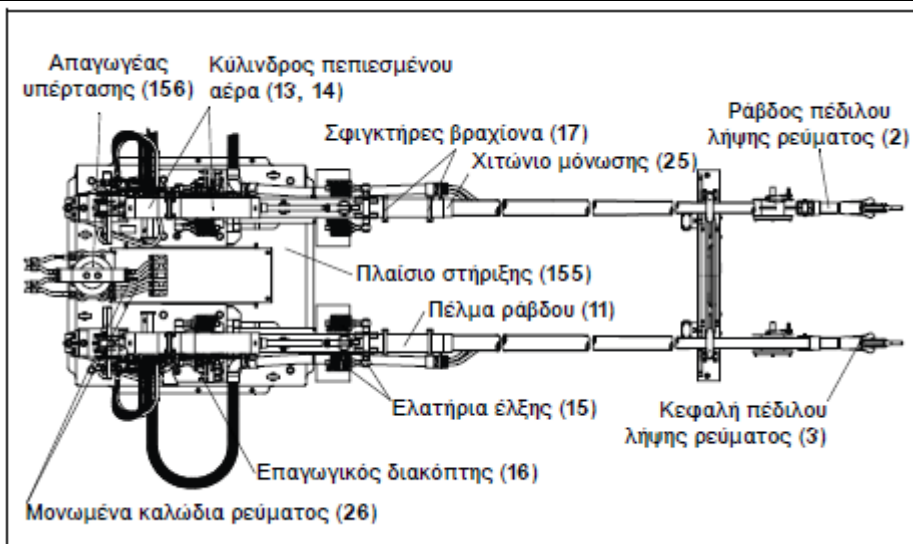
Κατά τη διάρκεια του κατεβάσματος των πέδιλων λήψης ρεύματος ενεργοποιούνται οι κύλινδροι πεπιεσμένου αέρα. Με αυτόν τον τρόπο πιέζονται προς τα κάτω τα πέδιλα λήψης ρεύματος και αντίθετα προς τη δύναμη των ελατηρίων έλξης που επιδρά προς τα επάνω.

Με τη βοήθεια των επαγωγικών διακοπών που είναι τοποθετημένοι στο κάτω τμήμα του πέδιλου λήψης ρεύματος καταγράφονται οι οριζόντιες και οι κάθετες θέσεις των πέδιλων λήψης ρεύματος και μεταδίδονται στο σύστημα ελέγχου των πέδιλων λήψης ρεύματος.

Τα κάτω τμήματα των πέδιλων λήψης ρεύματος είναι προ-συναρμολογημένα μαζί με τους μηχανισμούς επαναφοράς και τα συστήματα οδήγησης επάνω στο πλαίσιο στήριξης. Τα μονωμένα καλώδια ρεύματος βρίσκονται στα κάτω τμήματα των πέδιλων λήψης ρεύματος, περνούν μέσα από το πλαίσιο στήριξης και συνδέονται στον απαγωγέα υπέρτασης.

4.3.2 Ράβδος πέδιλου λήψης ρεύματος

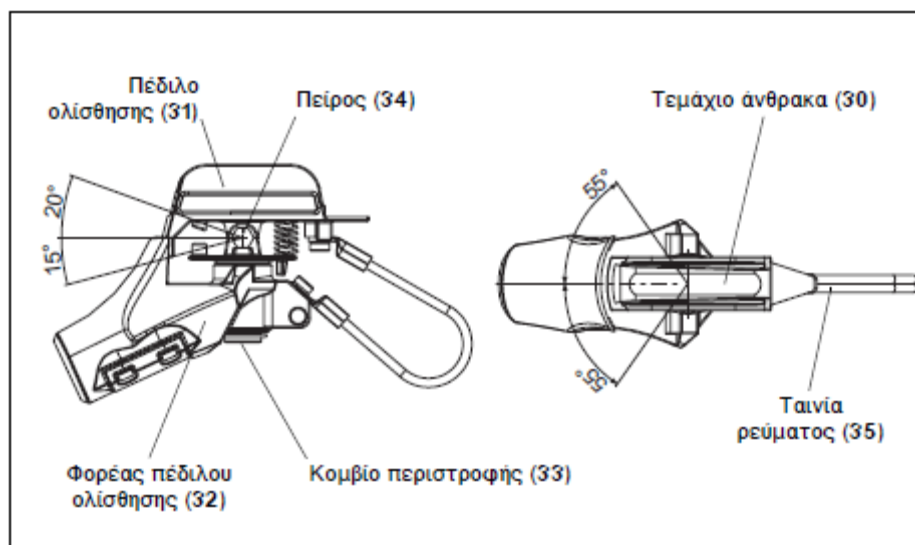
Η ράβδος του πέδιλου λήψης ρεύματος αποτελείται από έναν σωλήνα αλουμινίου χωρίς αρμούς συγκόλλησης. Μέσω του χιτωνίου μόνωσης μονώνεται η σύνδεση μεταξύ του κάτω τμήματος του πέδιλου λήψης ρεύματος και της ράβδου του πέδιλου λήψης ρεύματος. Το σχήμα 4.3.2 δείχνει από ποιά εξαρτήματα αποτελείται ο μηχανισμός κατεβάσματος.



Σχήμα 4.3: Κάτω τμήμα πέδιλου λήψης ρεύματος με μηχανισμό κατεβάσματος

4.3.3. Κεφαλή πέδιλου λήψης ρεύματος

Η κεφαλή πέδιλου λήψης ρεύματος δέχεται την τάση από τον εναέριο αγωγό τροφοδοσίας μέσω ενός πέδιλου ολίσθησης στο οποίο έχει τοποθετηθεί ένα τεμάχιο άνθρακα. Το ρεύμα ρέει μέσω της ταινίας ρεύματος από το πέδιλο ολίσθησης προς το φορέα πέδιλου ολίσθησης. Με αυτόν τον τρόπο αποφεύγεται η ροή ρεύματος μέσω των σημείων έδρασης της κεφαλής του πέδιλου λήψης ρεύματος. Το ρεύμα τροφοδοτείται μέσω της ράβδου του πέδιλου λήψης ρεύματος και των μονωμένων ηλεκτρικών καλωδίων προς τους ηλεκτρικούς καταναλωτές του τρόλλεϋ. Το πέδιλο ολίσθησης και ο φορέας του πέδιλου ολίσθησης συνδέονται μέσω ενός περιστροφικού κομβίου και ενός πείρου. Αυτή η έδραση καθιστά δυνατή την περιστροφή του πέδιλου ολίσθησης γύρω από τον οριζόντιο άξονα ($+20^\circ$ έως -15°) και γύρω από τον κάθετο άξονα ($\pm 55^\circ$). Με αυτόν τον τρόπο, η κεφαλή του πέδιλου λήψης ρεύματος μπορεί να διατηρεί τη βέλτιστη θέση ως προς τον εναέριο αγωγό, σε περίπτωση μεταβολής του ύψους του εναέριου αγωγού, ανομοιομορφίας οδοστρώματος ή πλευρικής απόκλισης των ράβδων των πέδιλων λήψης ρεύματος. Στο σχήμα 4.4 φαίνονται τα μέρη από τα οποία απαρτίζεται η κεφαλή πέδιλου λήψης ρεύματος.



Σχήμα 4.4: Κεφαλή πέδιλου λήψης ρεύματος

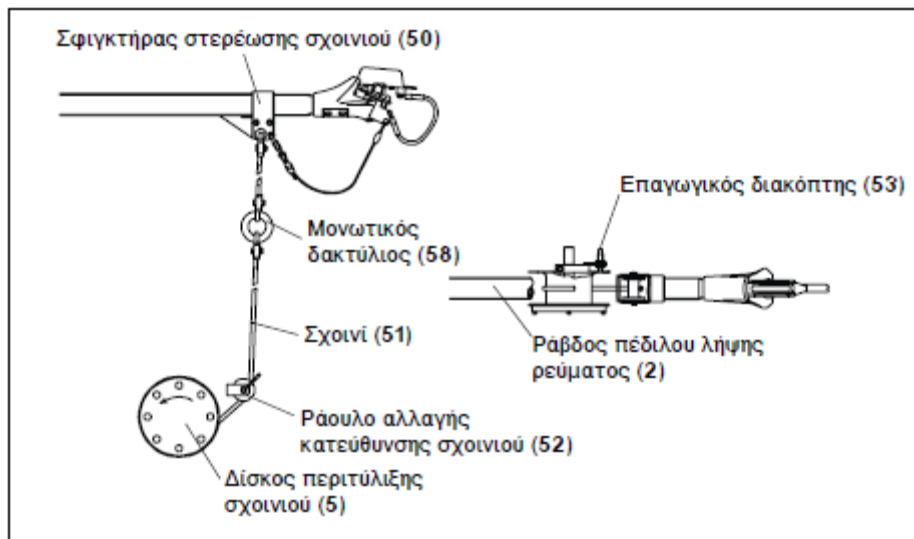
4.3.4 Μηχανισμός επαναφοράς

Ο μηχανισμός επαναφοράς στρέφει το πέδιλο λήψης ρεύματος αμέσως μετά από έναν εκτροχιασμό πίσω στην περιοχή του λεωφορείου, ενώ κατεβαίνει πολύ γρήγορα. Ταυτόχρονα, το κάτω τμήμα και η ράβδος του πέδιλου λήψης ρεύματος πιέζονται προς τα κάτω από τον κύλινδρο πεπιεσμένου αέρα. Ο κύλινδρος του μηχανισμού επαναφοράς ασκεί δύναμη έλξης μέσω της βάσης που είναι στερεωμένη στο στήριγμα. Τα πέδιλα λήψης ρεύματος κινούνται μέσω αυτής της δύναμης έλξης προς την περιοχή του λεωφορείου. Δύο τάκοι ασφάλισης μειώνουν την αιώρηση των πέδιλων λήψης ρεύματος.

4.3.5 Μονάδα σχοινιού

Για τη χειροκίνητη εφαρμογή των ράβδων του πέδιλου λήψης ρεύματος στον εναέριο αγωγό τροφοδοσίας μπορεί να χρησιμοποιηθεί η μονάδα σχοινιού. Εναλλακτικά μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε και άλλα βοηθητικά μέσα (π.χ. μία μονωμένη ράβδος αγκίστρωσης). Ο δίσκος περιτύλιξης σχοινιού είναι τοποθετημένος στο πίσω τμήμα του οχήματος. Το σχοινί καθοδηγείται από τον δίσκο περιτύλιξης σχοινιού μέσω του ράουλου αλλαγής κατεύθυνσης σχοινιού και του μονωτικού δακτυλίου προς τη ράβδο του πέδιλου λήψης ρεύματος.

Η αναγνώριση του εκτροχιασμού πραγματοποιείται μέσω του επαγωγικού διακόπτη, ο οποίος μέσω του δίσκου οπών αναγνωρίζει τον αριθμό στροφών του δίσκου περιτύλιξης σχοινιού και τον μεταδίδει στο σύστημα καταγραφής του αριθμού στροφών. Η αναγνώριση του εκτροχιασμού μπορεί να πραγματοποιηθεί και μέσω ενός από τους επαγωγικούς διακόπτες B2R και B2L στο κάτω τμήμα του πέδιλου λήψης ρεύματος. Αυτοί οι επαγωγικοί διακόπτες καταγράφουν το ύψος του εκτροχιασμού. Στο σχήμα 4.5 φαίνονται τα μέρη από τα οποία αποτελείται η μονάδα σχοινιού.

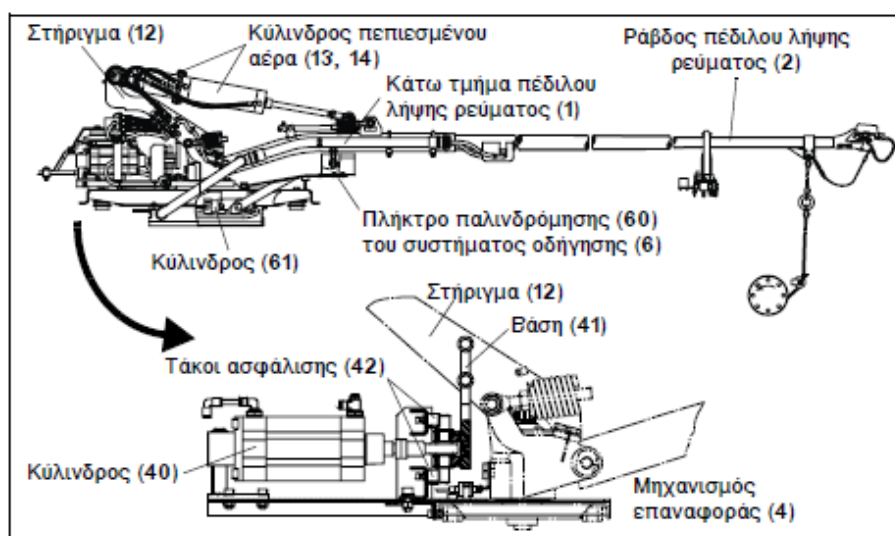


Σχήμα 4.5: Μονάδα σχοινιού

4.3.6. Σύστημα οδήγησης

Η κεντρική ευθυγράμμιση της ράβδου του πέδιλου λήψης ρεύματος πραγματοποιείται μέσω του συστήματος οδήγησης. Το σύστημα οδήγησης καθιστά δυνατή την αυτόματη ευθυγράμμιση της ράβδου του πέδιλου λήψης ρεύματος κατά τη διάρκεια της διαδικασίας σύνδεσης στον εναέριο αγωγό ή κατά τη διάρκεια του κατεβάσματος. Το πλήκτρο παλινδρόμησης ενεργοποιείται μέσω του κυλίνδρου και φροντίζει ώστε η ράβδος του πέδιλου λήψης ρεύματος να κινείται παράλληλα προς το διαμήκη άξονα του οχήματος.

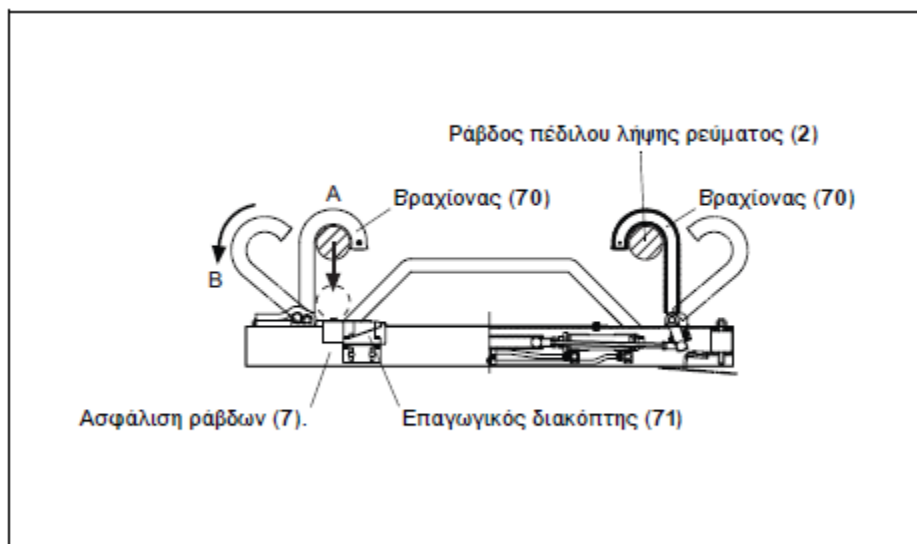
Το σχήμα 4.6 δείχνει από ποια τμήματα αποτελείται ο μηχανισμός επαναφοράς και το σύστημα οδήγησης.



Σχήμα 4.6: Μηχανισμός επαναφοράς και σύστημα οδήγησης

4.3.7 Ασφάλιση ράβδων

Κατά τη λειτουργία χωρίς τον εναέριο αγωγό (π.χ. κίνηση με πετρελαιοκινητήρα) οι ράβδοι των πέλδλων λήψης ρεύματος είναι αγκιστρωμένοι στην ασφάλιση ράβδων. Η ενεργοποίηση για το άνοιγμα και το κλείσιμο των βραχιόνων πραγματοποιείται μέσω του συστήματος ελέγχου του πέλδλου λήψης ρεύματος και του μπλοκ βαλβίδων. Οι βραχίονες στέκονται κάθετα στη βασική θέση (θέση Α). Κατά τη σύνδεση στον εναέριο αγωγό κατεβαίνουν πρώτα οι αγκιστρωμένοι ράβδοι των πέλδλων λήψης ρεύματος. Οι επαγωγικοί διακόπτες της ασφάλισης ράβδων ενεργοποιούνται με αποτέλεσμα το άνοιγμα των βραχιόνων (θέση Β). Οι ράβδοι του πέλδλου λήψης ρεύματος κινούνται προς τα πάνω, μέχρι να συνδεθούν τα πέλδλα λήψης ρεύματος στον εναέριο αγωγό. Ταυτόχρονα, οι βραχίονες κινούνται πίσω στη βασική θέση (θέση Α). Κατά το κατέβασμα ανοίγουν οι βραχίονες (θέση Β). Οι ράβδοι του πέλδλου λήψης ρεύματος κατεβαίνουν, μέχρι να καταγραφούν από τους επαγωγικούς διακόπτες. Με αυτόν τον τρόπο ενεργοποιείται η εντολή να κλείσουν οι βραχίονες (θέση Α). Οι ράβδοι του πέλδλου λήψης ρεύματος κινούνται πάλι προς τα πάνω, ώστε να αγκιστρωθούν κάτω από τους βραχίονες. Το σχήμα 4.7 δείχνει τα εξαρτήματα από τα οποία απαρτίζεται η ασφάλιση ράβδων.



Σχήμα 4.7: Ασφάλιση ράβδων

4.4 ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΛΕΓΧΟΥ

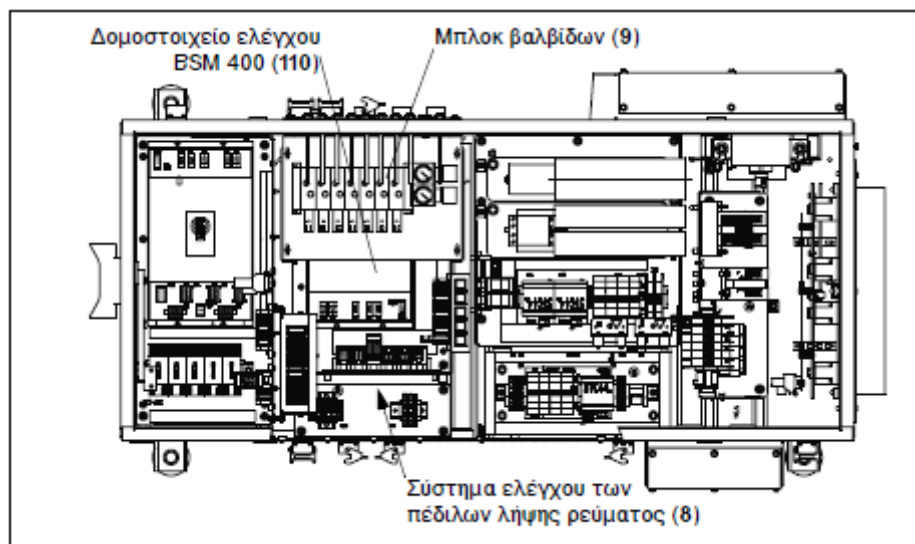
Το σύστημα ελέγχου του πέλδλου λήψης ρεύματος το οποίο είναι τοποθετημένο στο κιβώτιο συσκευών οροφής DGG 413, αποτελείται από το δομοστοιχείο ελέγχου BSM 401 και το μπλοκ βαλβίδων. Το σύστημα ελέγχου του πέλδλου λήψης ρεύματος αξιολογεί όλα τα εισαγόμενα σήματα. Το σύστημα ελέγχου του πέλδλου λήψης ρεύματος εκτελεί τις ακόλουθες λειτουργίες:

- αυτόματη ανύψωση και κατέβασμα των ράβδων του πέλδλου λήψης ρεύματος.
- αυτόματο γρήγορο κατέβασμα σε περίπτωση εκτροχιασμού.

- αυτόματη μετακίνηση των πέδινων λήψης ρεύματος στην περιοχή του λεωφορείου μέσω του μηχανισμού επαναφοράς.
- αυτόματη ανύψωση και κατέβασμα του συστήματος οδήγησης κατά τη σύνδεση και το κατέβασμα των ράβδων του πέδινου λήψης ρεύματος στον εναέριο αγωγό και
- αυτόματο άνοιγμα και κλείσιμο της ασφάλισης ράβδων κατά τη διάρκεια της σύνδεσης στον εναέριο αγωγό και του κατεβάσματος.

Το σύστημα ελέγχου του πέδινου λήψης ρεύματος ελέγχεται μέσω των πλήκτρων στον πίνακα χειρισμού του οδηγού. Για τις εργασίες σέρβις και έναρξης λειτουργίας βρίσκονται επιπλέον στο σύστημα ελέγχου του πέδινου λήψης ρεύματος.

Το σύστημα ελέγχου του πέδινου λήψης ρεύματος λαμβάνει από συνολικά δώδεκα επαγωγικούς διακόπτες τις επιβεβαιώσεις λήψης για τις τρέχουσες θέσεις (οριακές θέσεις) των ράβδων του πέδινου λήψης ρεύματος. Μέσω αυτών των επιβεβαιώσεων λήψης είναι εκτός των άλλων δυνατή η ενεργοποίηση ενός αυτόματου γρήγορου κατεβάσματος σε περίπτωση ενός εκτροχιασμού. Παρακάτω στο σχήμα 4.8 φαίνονται τα μέρη από τα οποία αποτελείται το σύστημα ελέγχου του πέδινου λήψης ρεύματος.



Σχήμα 4.8: Σύστημα ελέγχου του πέδινου λήψης ρεύματος στο κιβώτιο συσκευών οροφής DGG 413

4.4.1 Αυτόματο γρήγορο κατέβασμα μετά από έναν εκτροχιασμό

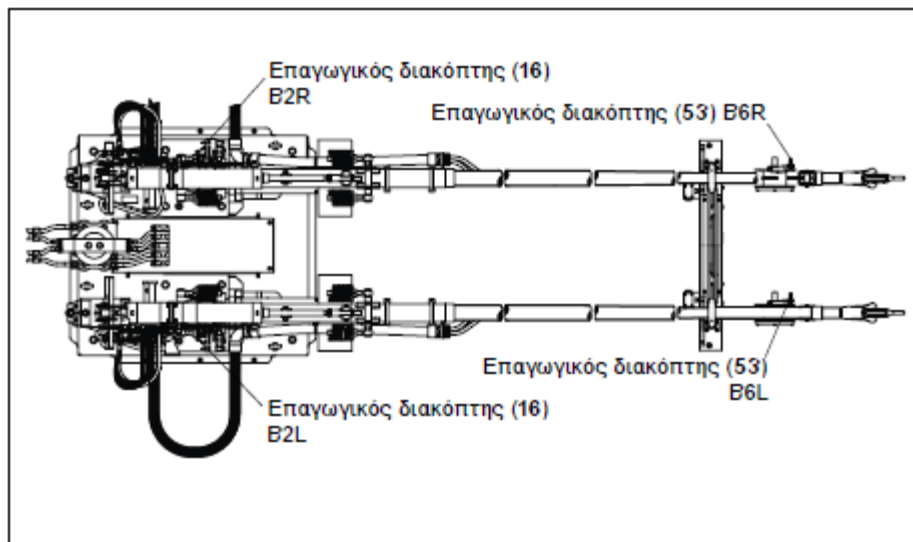
Το αυτόματο γρήγορο κατέβασμα ενεργοποιείται κατά τον εκτροχιασμό ενός ή και των δύο πέδινων λήψης ρεύματος. Υπάρχουν δύο δυνατότητες πως θα αναγνωρισθεί ένας εκτροχιασμός και θα ενεργοποιηθεί το αυτόματο γρήγορο κατέβασμα:

- σε έναν εκτροχιασμό εκσφενδονίζεται προς τα πάνω η ράβδος πέδινου λήψης ρεύματος με υψηλή ταχύτητα. Ταυτόχρονα ξετυλίγεται το σχοινί από τον δίσκο περιτύλιξης σχοινού. Οι αριθμοί στροφών των δίσκων περιτύλιξης σχοινού καταγράφονται από τους επαγωγικούς διακόπτες B6R και B6L. Το σύστημα

ελέγχου τουπέδλου λήψης ρεύματος επιτηρεί τα σήματα των επαγωγικών διακοπών.

- ο δεύτερος τρόπος αναγνώρισης εκτροχιασμού πραγματοποιείται μέσω των επαγωγικών διακοπών B2R και B2L. Οι επαγωγικοί διακόπτες αναγνωρίζουν τότε θα φτάσουν τα πέδιλα λήψης ρεύματος στο ύψος εκτροχιασμού. Το σύστημα ελέγχου των πέδλων λήψης ρεύματος αξιολογεί τα σήματα των επαγωγικών διακοπών.

Κατά την αναγνώριση εκτροχιασμού ενεργοποιούνται (ανοίγουν) οι μαγνητικές βαλβίδες Y2R / Y2L και Y5R / Y5L. Μέσω της αύξησης πίεσης στους κυλίνδρους πεπιεσμένου αέρα κατεβαίνουν οι ράβδοι των πέδλων λήψης ρεύματος. Οι κύλινδροι του μηχανισμού επαναφοράς στρέφουν τις ράβδους των πέδλων λήψης ρεύματος πίσω στην περιοχή του λεωφορείου. Στο σχήμα 4.9 φαίνεται η ακριβής θέση των επαγωγικών διακοπών.



Σχήμα 4.9: Σημείο αναφοράς επαγωγικών διακοπών

4.5 ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑ ΠΕΠΙΕΣΜΕΝΟΥ ΑΕΡΑ

Ο πεπιεσμένος αέρας διοχετεύεται μέσω της βάνας φραγής και του ρυθμιστή πίεσης Y0 προς τις μαγνητικές βαλβίδες του μπλοκ βαλβίδων. Με το ρυθμιστή πίεσης Y0 ρυθμίζεται η πίεση εργασίας των 7,5 bar. Με το ρυθμιστή πίεσης Y12 ρυθμίζεται η αντίστροφη πίεση που είναι περίπου 0,3 bar. Η αντίστροφη πίεση βοηθάει στο να κινούνται συνεχώς προς τα μέσα και προς τα έξω τα έμβολα των κυλίνδρων πεπιεσμένου αέρα, όταν μεταβάλλεται το ύψος του εναέριου αγωγού.

Το σύστημα πεπιεσμένου αέρα αποτελείται από 3 κεντρικές σωληνώσεις (5,1,3) και 26 υποσωληνώσεις όπως δείχνει και το σχήμα 4.10, μια βάνα φραγής και 2 προπαρασκευαστές αέρα (ρυθμιστές πίεσης, Y0, Y12) με 2 μανόμετρα ένα σε κάθε ρυθμιστή πίεσης. Έχουμε 7 πενταδοκικές βαλβίδες (μαγνητικές βαλβίδες, Y2L, Y5L, Y1, Y2R, Y5R, Y4, Y3) 2 βαλβίδες διαζευκτικής επιλογής (βαλβίδες στραγγαλισμού

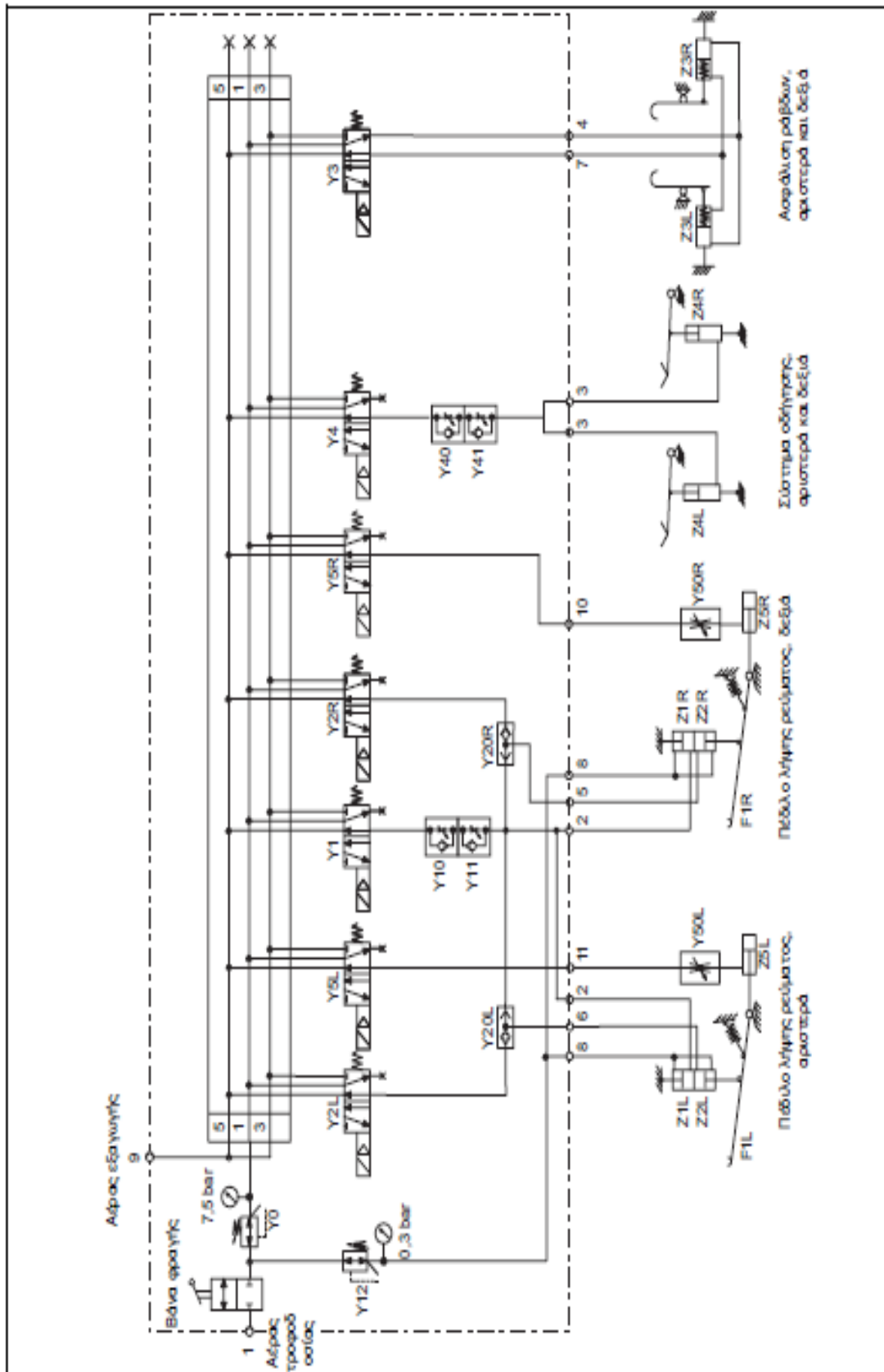
Υ20L, Υ20R) 4 ρυθμιστικές στραγγαλιστικές βαλβίδες μονής κατεύθυνσης (βαλβίδες στραγγαλισμού, Υ10,Υ11,Υ40,Υ41) και 2 ρυθμιστικές στραγγαλιστικές βαλβίδες διπλής κατεύθυνσης (στραγγαλιστικές βαλβίδες Υ50L, Υ50R). Έχουμε 2 έμβολα διπλής ενέργειας διπλής διαδρομής (έμβολα Ζ1L-Ζ2L, Ζ1R-Ζ2R), 4 έμβολα διπλής ενέργειας (έμβολα Ζ5L, Ζ5R, Ζ4L, Ζ4R) και 2 έμβολα απλής ενέργειας με ελατήριο επαναφοράς (έμβολα Ζ3L, Ζ3R). Στους κυλίνδρους απλής ενέργειας, το έμβολο κινείται μόνο προς μια κατεύθυνση με την πίεση του αέρα και συνήθως επιστρέφει στην αρχική του θέση, με τη βοήθεια ενός ελατηρίου που υπάρχει στο εσωτερικό τους. Στους κυλίνδρους διπλής ενέργειας, η κίνηση του εμβόλου προς τη μια και την άλλη κατεύθυνση, επιτυγχάνεται με τη χρήση του πεπιεσμένου αέρα. Ο κύλινδρος διπλής ενέργειας και διπλής διαδρομής δουλεύει όπως της διπλής ενέργειας μόνο που έχουμε κίνηση και από τα 2 έμβολα. Οι ιδιότητες εμβόλων απλής ενέργειας είναι:

- παραγωγή έργου κατά μία κατεύθυνση
- επαναφορά με ελατήριο ή εξωτερική δύναμη/φορτίο
- οικονομία πεπιεσμένου αέρα
- περιορισμός στη διαδρομή

Οι ιδιότητες των εμβόλων διπλής ενέργειας είναι:

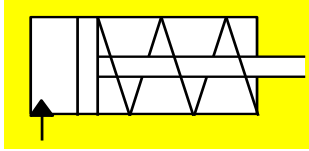
- παραγωγή έργου όπου απαιτείται κατά τις δύο κατευθύνσεις κίνησης
- θεωρητικά απεριόριστο μήκος διαδρομής

Στο σχήμα 4.10 φαίνεται το σχέδιο πνευματικής σύνδεσης του συστήματος.

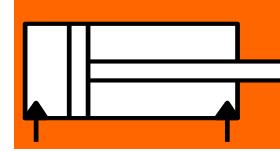


Σχήμα 4.10: Σχέδιο πνευματικής σύνδεσης

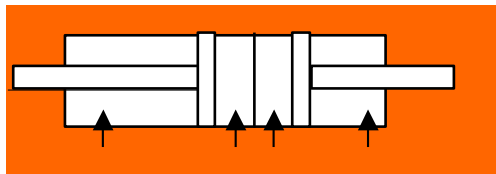
Στο σχήμα 4.11 φαίνονται τα είδη εμβόλων που χρησιμοποιούμε για την τροφοδοσία του πεπιεσμένου αέρα στο σύστημα πέδιλου λήψης ρεύματος.



Έμβολο απλής ενέργειας
με ελατήριο
επαναφοράς



Έμβολο διπλής
ενέργειας

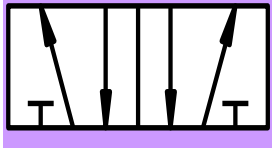
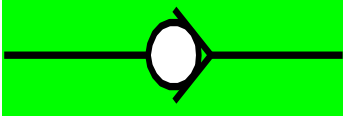
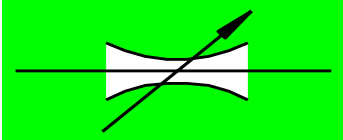
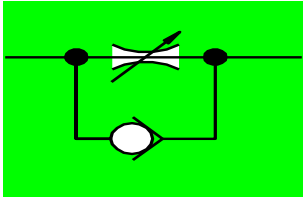
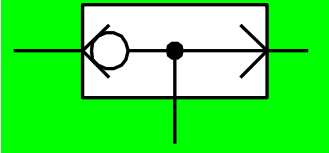


Έμβολο διπλής ενέργειας
διπλής διαδρομής

Σχήμα 4.11: Είδη εμβόλων που χρησιμοποιούνται στο σύστημα πεπιεσμένου αέρα

Στον πίνακα 4.1 φαίνονται τα είδη των ηλεκτρομαγνητικών βαλβίδων που χρησιμοποιούνται στο σύστημα πεπιεσμένου αέρα των ρευματοληπτών.

Πίνακας 4.1: Συμβολισμός και περιγραφή ρυθμιστικών βαλβίδων

α/α	Ρυθμιστικές βαλβίδες	
	Συμβολισμός	Περιγραφή
1		Πενταοδική βαλβίδα δύο θέσεων (5/2)
2		Αντεπίστροφη Βαλβίδα
3		Ρυθμιζόμενη στραγγαλιστική βαλβίδα διπλής κατεύθυνσης
4		Ρυθμιζόμενη στραγγαλιστική βαλβίδα μονής κατεύθυνσης
5		Βαλβίδα διαζευκτικής επιλογής (OR)

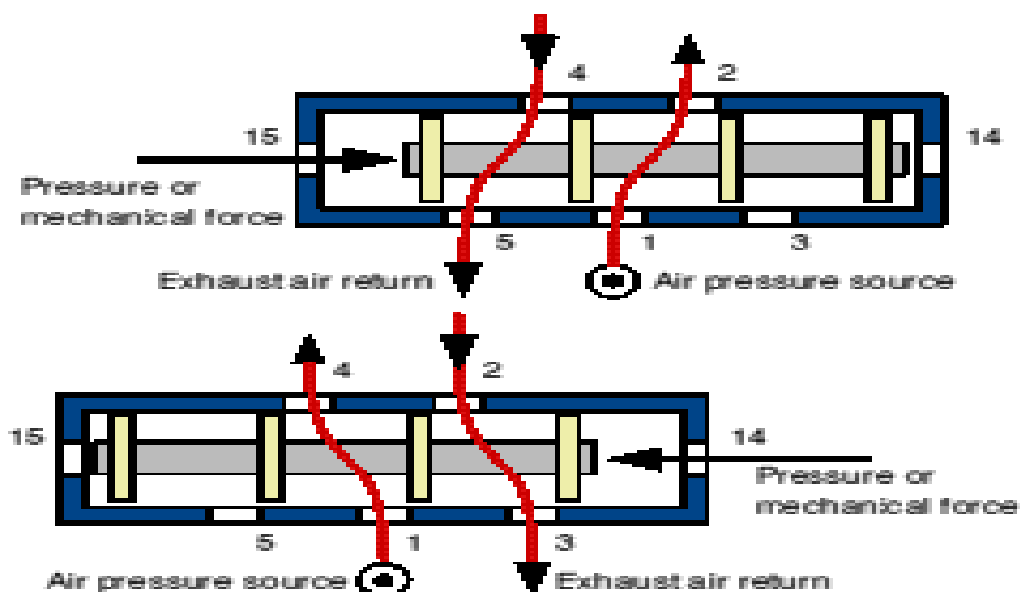
4.5.1 Ρυθμιστικές βαλβίδες

Ο έλεγχος των εμβόλων γίνεται με τις βαλβίδες με τις οποίες ελέγχεται η ροή του πεπιεσμένου αέρα, με τον τρόπο αυτό ρυθμίζεται η λειτουργία των κυλίνδρων ενέργειας στα πνευματικά κυκλώματα. Μια βαλβίδα αέρα έχει καθορισμένες θέσεις λειτουργίας, οι οποίες παριστάνονται με μικρά τετράγωνα, σχεδιασμένα το ένα δίπλα στο άλλο. Οι θέσεις λειτουργίας της χαρακτηρίζονται με τα γράμματα α,0,β. Στις βαλβίδες είναι ενσωματωμένος ένας ηλεκτρομαγνήτης ο οποίος όταν ενεργοποιηθεί ενεργοποιείται και η βαλβίδα. Στο σχήμα 4.12 φαίνονται οι θέσεις λειτουργίας της βαλβίδας.

A	O	B
---	---	---

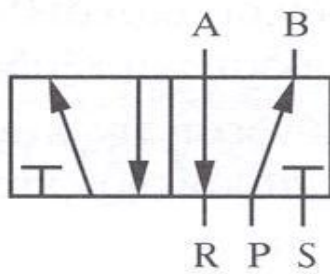
Σχήμα 4.12: Τρεις θέσεις λειτουργίας

Το σχήμα 4.13 δείχνει την λειτουργία της βαλβίδας στην οποία μέσα στα τετράγωνα σχεδιάζονται ευθύγραμμα τμήματα με βέλη στα άκρα τους, για να δείξουν την κατεύθυνση ροής του αέρα σε κάθε θέση λειτουργίας της βαλβίδας.



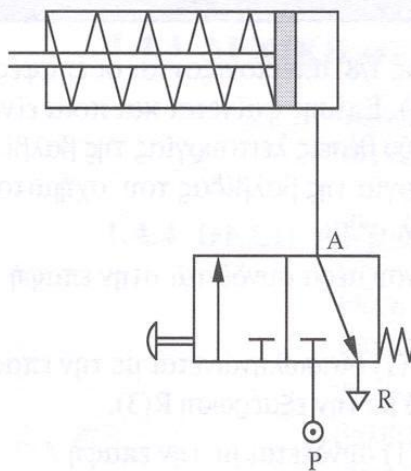
Σχήμα 4.13: Περιγραφή λειτουργίας βαλβίδας τριών θέσεων

Σε μια πενταοδική βαλβίδα υπάρχουν οι ακόλουθες επαφές (θύρες) εισόδου και εξόδου του αέρα. Μια επαφή για τη σύνδεση της παροχής του πεπιεσμένου αέρα. Αυτή η επαφή χαρακτηρίζεται με το γράμμα P ή με το αριθμό 1. Μία ή δύο επαφές, στις οποίες συνδέουμε συνήθως τις σωληνώσεις, που οδηγούνται προς τον κύλινδρο ενέργειας. Στον κύλινδρο απλής ενέργειας συνδέεται μόνο ένας σωλήνας του αέρα και στον κύλινδρο διπλής ενέργειας συνδέονται δύο σωλήνες. Αυτές οι επαφές χαρακτηρίζονται με τα γράμματα A και B ή με τους αριθμούς 2 και 4. Επίσης, έχουμε μία ή δύο επαφές για εξαερισμό. Αυτές χαρακτηρίζονται με τα γράμματα R, S ή με τους αριθμούς 3, 5. Το σχήμα 4.14 δείχνει μια πενταοδική βαλβίδα.



Σχήμα 4.14: Πενταοδική βαλβίδα

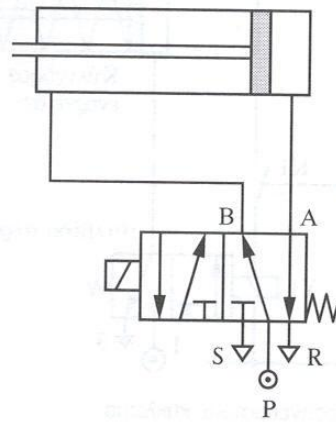
Μια βαλβίδα του αέρα χαρακτηρίζεται ανάλογα με τον αριθμό των επαφών. Δηλαδή μπορεί να έχει 2,3,4, ή 5 επαφές. Επίσης χαρακτηρίζεται από τον αριθμό των θέσεων, δηλαδή μπορεί να έχει 2 ή 3 θέσεις. Οι δύο αριθμοί εκφράζονται κλασματικά. Για παράδειγμα, μια βαλβίδα με το χαρακτηρισμό 3/2, σημαίνει ότι έχει 3 επαφές και 2 θέσεις, ενώ μια βαλβίδα 5/2, σημαίνει ότι έχει 5 επαφές και 2 θέσεις. Για το έλεγχο κυλίνδρου απλής ενέργειας χρησιμοποιούμε συνήθως βαλβίδες 3/2. Όταν η βαλβίδα ενεργοποιηθεί, ο αέρας ρέει από την είσοδο P στο A, ενώ ταυτόχρονα κλείνει η θύρα εξαέρωσης R. Το έμβολο του κυλίνδρου μετακινείται στη θέση της έκτασης. Στο σχήμα 4.15 φαίνεται ο έλεγχος ενός κυλίνδρου απλής ενέργειας με βαλβίδα 3/2.



Σχήμα 4.15: Έλεγχος κυλίνδρου απλής ενέργειας

Όταν η βαλβίδα απενεργοποιηθεί, επανέρχεται στην αρχική της θέση με τη βοήθεια του ελατηρίου της. Ο πεπιεσμένος αέρας που βρίσκεται στον κύκλο εξαερώνεται, διότι ρέει διαμέσου της σωληνογραμμής A προς R, ενώ ταυτόχρονα κλείνει η θύρα P. Το βάκτρο του κυλίνδρου επανέρχεται στην αρχική του θέση, δηλαδή στη θέση της σύμπτυξης. Για τον έλεγχο του κυλίνδρου διπλής ενέργειας, χρησιμοποιούμε βαλβίδα 5/2. Όταν η βαλβίδα 5/2 βρίσκεται στην κανονική της θέση, το P συνδέεται με το B και το A με το R. Ενώ όταν ενεργοποιηθεί, τότε το P συνδέεται με το A, και το B με το S, ενώ το βάκτρο του κυλίνδρου, από τη θέση της

σύμπτυξης, μετακινείται στη θέση της έκτασης. Το σχήμα 4.16 δείχνει τον έλεγχο ενός κυλίνδρου διπλής ενέργειας με βαλβίδα 5/2.



Σχήμα 4.16: Έλεγχος κυλίνδρου διπλής ενέργειας

4.5.2 Λειτουργία ηλεκτρομαγνητικών βαλβίδων

Οι ακόλουθοι πίνακες 4.2 και 4.3 προσφέρουν επισκόπηση της λειτουργίας των μεμονωμένων μαγνητικών βαλβίδων (Y1 έως Y5) και των βαλβίδων στραγγαλισμού (Y10-Y11 και Y40-Y41) του μπλοκ βαλβίδων.

Πίνακας 4.2: Λειτουργία μαγνητικών βαλβίδων

α/α	Μαγνητικές βαλβίδες	Ενεργοποιημένος κύλινδρος	Λειτουργία σε ανοιχτή μαγνητική βαλβίδα
1	Y1	Κύλινδρος πεπιεσμένου αέρα (13)	Κατέβασμα πέδιλου λήψης ρεύματος
2	Y2R/Y2L	Κύλινδρος πεπιεσμένου αέρα (14)	Ενεργοποίηση γρήγορου κατεβάσματος.
3	Y3	Κύλινδροι (73) της ασφάλισης ράβδων (7)	Άνοιγμα βραχίονα (70)
4	Y4	Κύλινδρος (61) του συστήματος Οδήγησης (6)	Ανύψωση συστήματος οδήγησης (6)

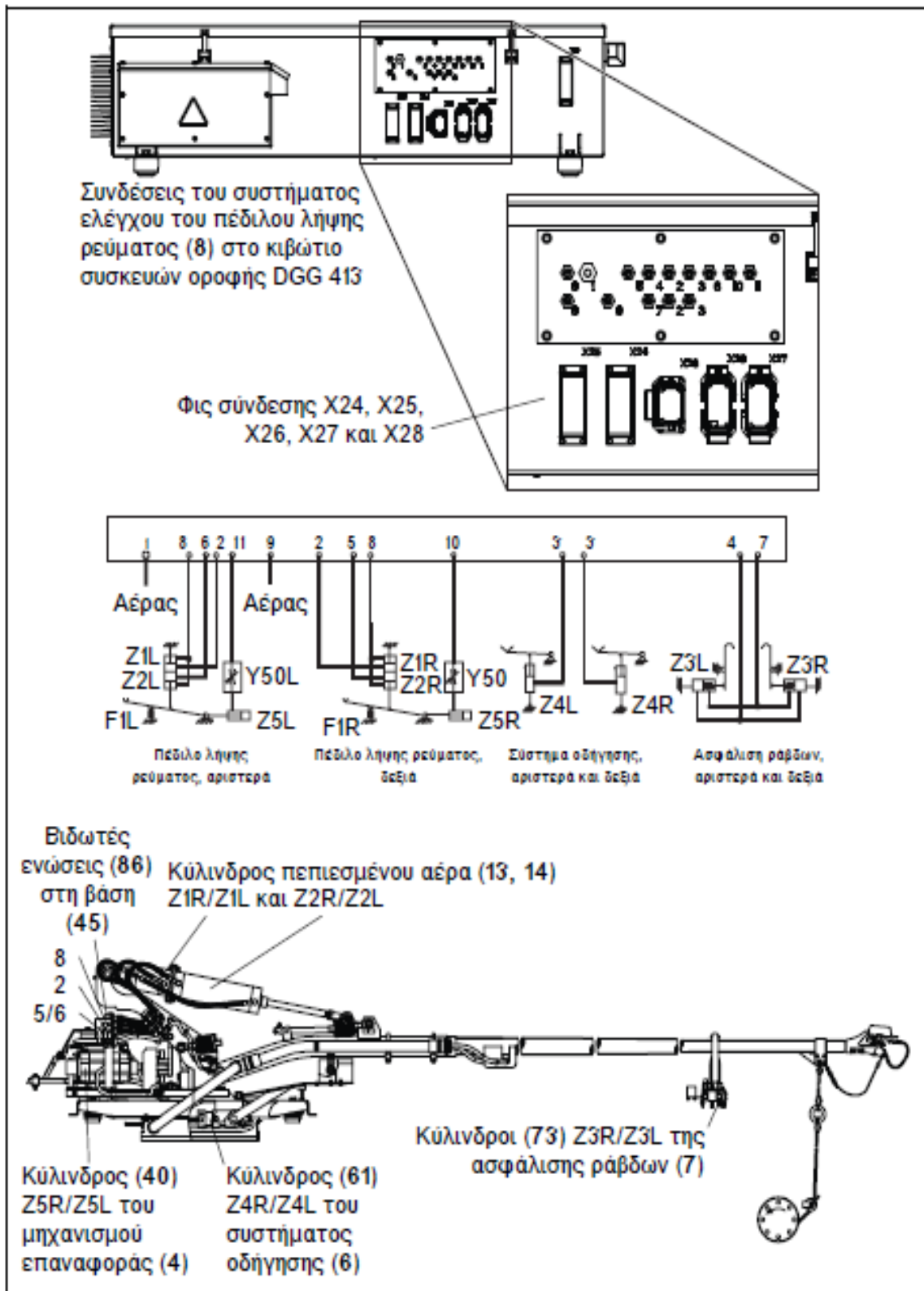
5	Y5R/Y5L	Κύλινδρος (40) του μηχανισμού επαναφοράς (4)	Μετακίνηση τουπέδιλου λήψης ρεύματος στην περιοχή του λεωφορείου σε ένα αυτόματο γρήγορο κατέβασμα
---	---------	--	--

Πίνακας 4.3 : Λειτουργία βαλβίδων στραγγαλισμού

α/α	Βαλβίδες στραγγαλισμού	Λειτουργία
1	Y10/Y11	Έλεγχος της ταχύτητας ανύψωσης και κατεβάσματος των ράβδων των πέδιλων λήψης ρεύματος (2)
2	Y40/Y41	Έλεγχος της ταχύτητας ανύψωσης και κατεβάσματος του συστήματος οδήγησης (6)

4.6 ΣΥΝΔΕΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΕΔΙΛΟΥ ΛΗΨΗΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

Στο σχήμα 4.17 φαίνονται οι βιδωτές συνδέσεις του πεπιεσμένου αέρα μεταξύ του συστήματος ελέγχου του πέδιλου λήψης ρεύματος. Όπου κάθε αριθμός σύνδεσης του κιβωτίου αντιστοιχεί με κάποιον κύλινδρο του συστήματος του πεπιεσμένου αέρα.



Σχήμα 4.17: Δημιουργία συνδέσεων πεπιεσμένου αέρα και θέση των φις σύνδεσης

Στον πίνακα 4.4 φαίνεται σε κάθε σύνδεση ποιος κύλινδρος αντιστοιχεί

Πίνακας 4.4: Συνδέσεις κυλίνδρων με το σύστημα ελέγχου των ρευματοληπτών

α/α	Συνδέσεις	έλεγχοι
1	Σύνδεση 1	Ελέγχει την τροφοδοσία του αέρα που εισέρχεται στο σύστημα
2	Σύνδεση 2	Ελέγχει τον πρώτο κύλινδρο του αριστερού Z1L και του δεξιού Z1R για την άνοδο των ρευματοληπτών
3	Σύνδεση 3	Ελέγχει τους κυλίνδρους του συστήματος οδήγησης αριστερού Z4L και δεξιού Z4R ρευματολήπτη
4	Σύνδεση 4	Ελέγχει τους κυλίνδρους της ασφάλισης ράβδων του αριστερού Z3L και δεξιού Z3R ρευματολήπτη για την απασφαλισή τους.
5	Σύνδεση 5	Ελέγχει τον δεύτερο κύλινδρο του δεξιού ρευματολήπτη Z2R για την κάθοδο του
6	Σύνδεση 6	Ελέγχει τον δεύτερο κύλινδρο του αριστερού ρευματολήπτη Z2L για την κάθοδο του
7	Σύνδεση 7	Ελέγχει τους κυλίνδρους ασφάλισης ράβδων αριστερού Z3L και δεξιού Z3R για την ασφάλιση των ρευματοληπτών
8	Σύνδεση 8	Ελέγχει τους κυλίνδρους και των δύο ρευματοληπτών Z1L, Z2L, Z1R, Z2R καθώς αφορά την λειτουργία τους με την πτώση πίεσης 0,3 bar για την καλύτερη ανταπόκριση επαφής με το δίκτυο
9	Σύνδεση 9	Ελέγχει την απόρριψη του αέρα από το σύστημα πεπιεσμένου αέρα

10	Σύνδεση 10	Ελέγχει τον κύλινδρο Z5R του δεξιού ρευματολήπτη για τον μηχανισμό επαναφοράς
11	Σύνδεση 11	Ελέγχει τον κύλινδρο Z5L του δεξιού ρευματολήπτη για τον μηχανισμό επαναφοράς

4.7 ΤΕΧΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Ο πίνακας 4.5 δείχνει τα τεχνικά στοιχεία τουπέδλου λήψης ρεύματος

Πίνακας 4.5: Τεχνικά στοιχείαπέδλου λήψης ρεύματος

α/α	Γενικά τεχνικά στοιχεία	
	Περιγραφή	Τιμή μονάδος μέτρησης
1	Επιτρεπόμενες ταχύτητες κίνησης Εμπρόσθια κίνηση Οπίσθια κίνηση	Μέγιστη ταχύτητα 65 - 80 km/h, ανάλογα με την κατασκευή του εναέριου αγωγού τροφοδοσίας και του οδοστρώματος. Μέγιστη ταχύτητα 5 km/h
2	Επιτρεπτή περιοχή κλίσης: Ράβδοιπέδλου λήψης ρεύματος γύρω από τον κάθετο άξονα.	± 55°
3	Επιτρεπόμενη περιστροφή: Πέδιλο ολίσθησης γύρω από τον οριζόντιο άξονα.	- 20° έως + 15°
	Γύρω από τον κάθετο άξονα.	±55°
4	Επιτρεπόμενες συνθήκες περιβάλλοντος: Θερμοκρασία	-25 °C έως + 45 °C
5	Μέγιστη δύναμη ελατηρίου των ελατηρίων έλξης (σε μέγιστη διαδρομή ελατηρίου της τάξης των 188 mm)	5.250 N

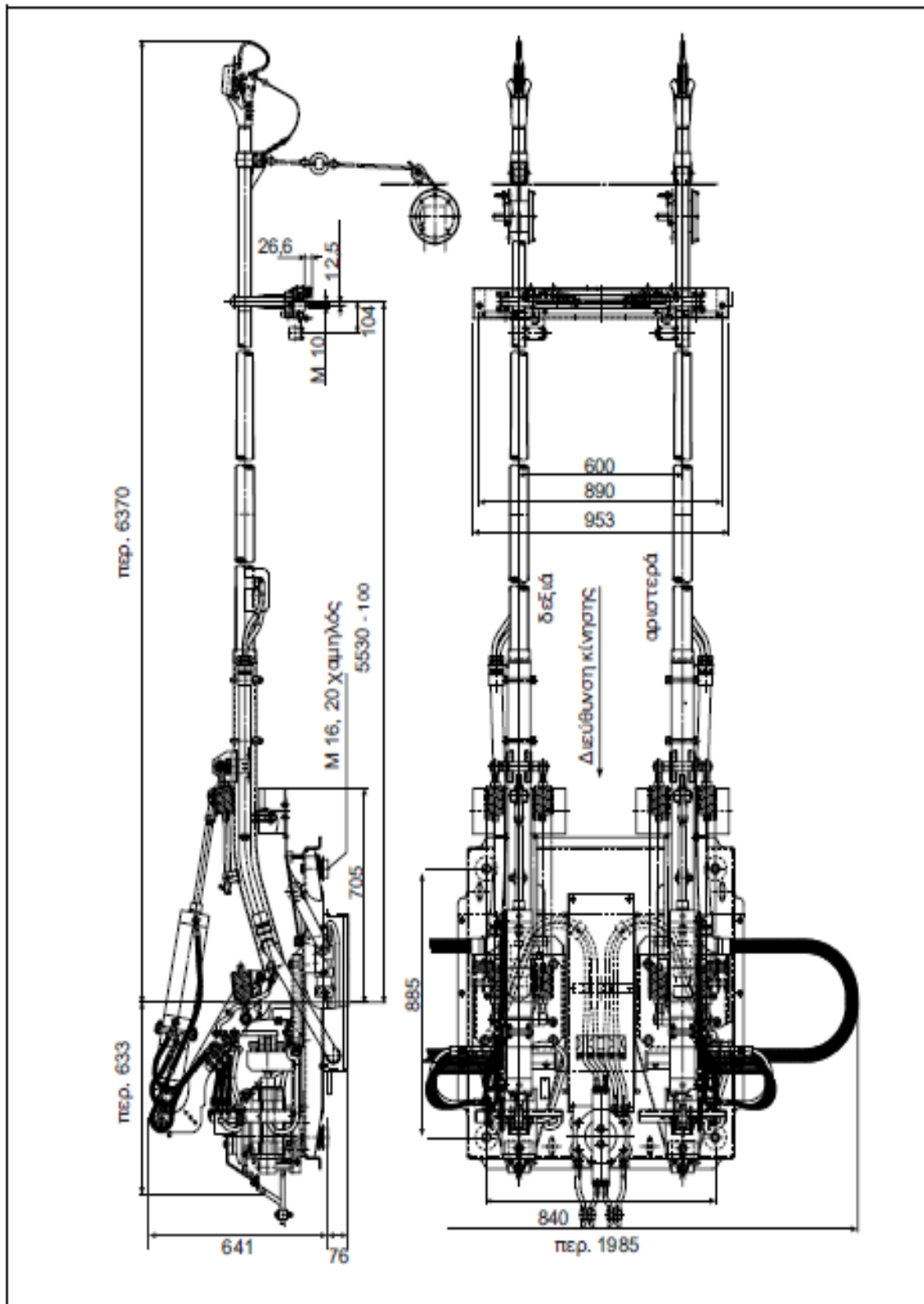
6	Δύναμη πίεσης του πέδιλου λήψης ρεύματος στον εναέριο αγωγό (ρυθμιζόμενη)	70 -150 N
7	Πέδιλο λήψης ρεύματος πλήρες:	310 kg
8	Κάτω τμήμα πέδιλου λήψης ρεύματος με μηχανισμό εξαγωγής	64 kg
9	Μηχανισμός επαναφοράς	20,5 kg
10	Ράβδος πέδιλου λήψης ρεύματος (με μονωμένο ηλεκτρικό καλώδιο)	20 kg
11	Σύστημα οδήγησης	14 kg
12	Ασφάλιση ράβδων	13 kg
13	Δίσκος περιτύλιξης σχοινού	4 kg
14	Κεφαλή πέδιλου λήψης ρεύματος	2 kg
15	Διαστάσεις	Στο σχέδιο 4.18, φαίνονται οι διαστάσεις του πέδιλου λήψης ρεύματος σε (mm)

Πίνακας 4.6: Ηλεκτρικά και πνευματικά στοιχεία πέδιλου λήψης ρεύματος

Ηλεκτρικά και πνευματικά στοιχεία		
α/α	Περιγραφή	Τιμή μονάδος μέτρησης
1	Ονομαστική τάση	Συνεχές ρεύμα 750 V σύμφωνα με IEC 60850
2	Ενεργό ρεύμα	Μέγιστη τιμή 450 A στους 30 °C

3	Διατομή του μονωμένου ηλεκτρικού καλωδίου	2 x 70 mm ²
4	Κύλινδρος σύνδεσης αέρα	Λαστιχένιοι σωλήνες πεπιεσμένου αέρα Φ 8 x 1 mm
5	Αέρας τροφοδοσίας	Λαστιχένιος σωλήνας πεπιεσμένου αέρα Φ 12 x 1 mm
6	Περιοχή πίεσης λειτουργίας	6,5 έως 10 bar
7	Ονομαστική πίεση λειτουργίας	7,5 bar
8	Αντίστροφη πίεση	Περίπου 0,3 bar
9	Πεπιεσμένος αέρας	Κατηγορία ποιότητας σύμφωνα με την οδηγία rneurop 611/1984
10	Μέγιστη μέγεθος σωματιδίων	5 μm (κατηγορία 3)
11	Μέγιστη πυκνότητα σωματιδίων	5mg/m ³ (κατηγορία3)
12	Υψηλότερη περιεκτικότητα λαδιού	25 mg/m ³ (κατηγορία 5)
13	Σημείο πίεσης υγροποίησης (υψηλότερη τιμή)	-40 °C

Στο σχήμα 4.18 φαίνονται οι διαστάσεις του συστήματος πέδιλου λήψης ρεύματος και των επιμέρους συστημάτων του

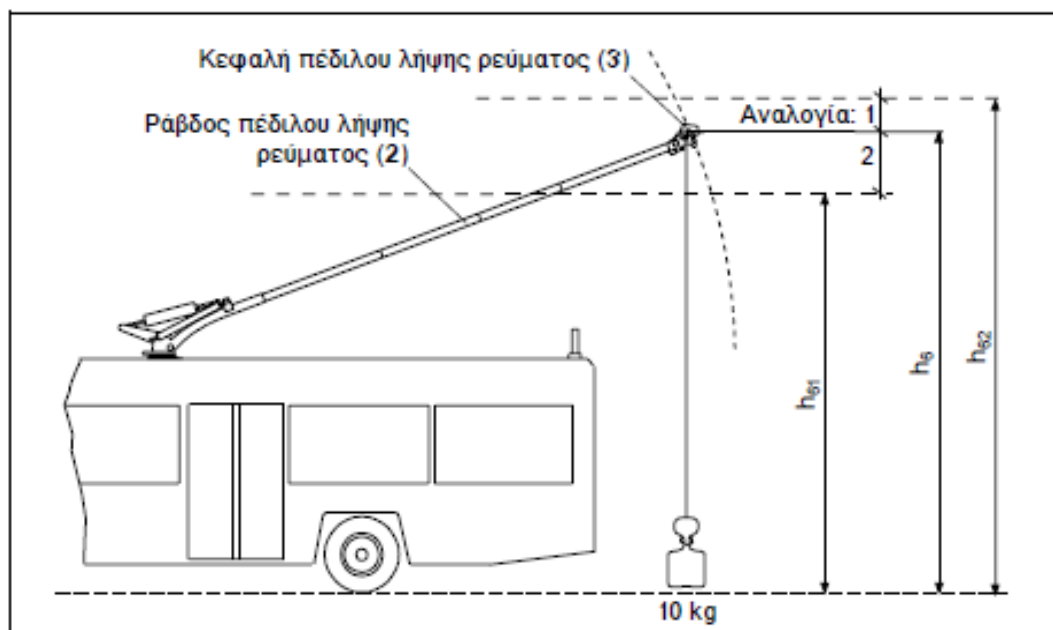


Σχήμα 4.18: Διαστάσειςπέδιλου λήψης ρεύματος σε (mm)

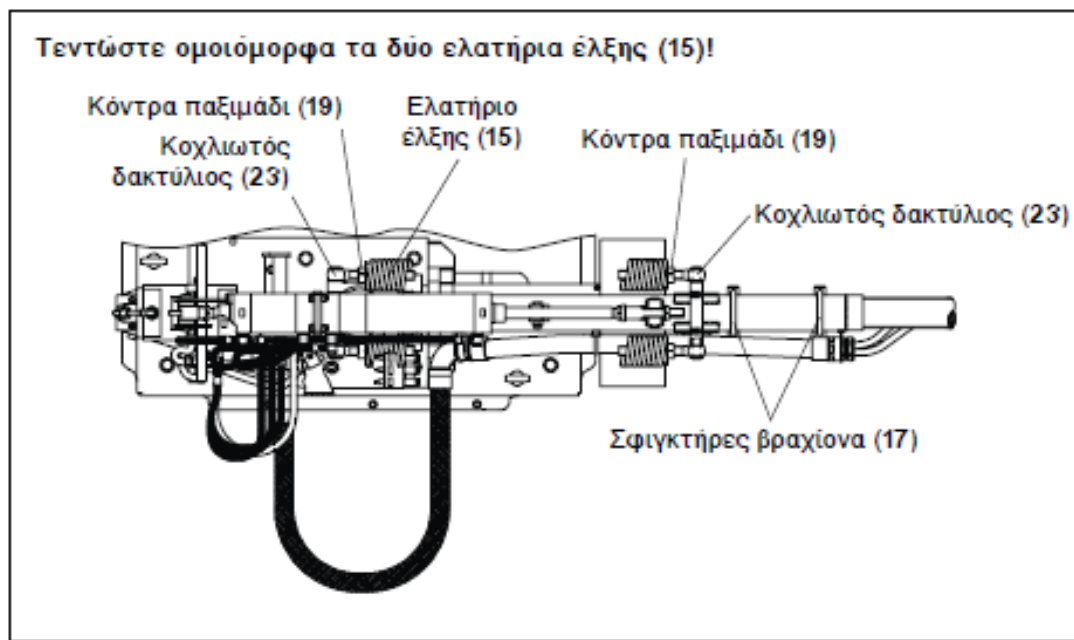
4.8 ΡΥΘΜΙΣΗ ΤΗΣ ΔΥΝΑΜΗΣ ΠΙΕΣΗΣ ΠΡΟΣ ΤΟΝ ΕΝΑΕΡΙΟ ΑΓΩΓΟ

Το ύψος του εναέριου αγωγού δεν είναι κατά κανόνα σταθερό. Επομένως, η δύναμη πίεσης των πέλδλων λήψης πρέπει να είναι ρυθμισμένη στο μέσο ύψος του εναέριου αγωγού h_6 . Σαν μέσο ύψος εναέριου αγωγού h_6 πρέπει να ρυθμιστεί ένα ύψος εναέριου αγωγού μεταξύ του χαμηλότερου ύψους h_{61} και του υψηλότερου ύψους h_{62} του εναέριου αγωγού σε αναλογία 1:2. Η ρύθμιση της δύναμης πίεσης των πέλδλων λήψης ρεύματος προς τον εναέριο αγωγό γίνεται ως εξής:

Στερεώνεται ένα βάρος περίπου 10 κιλών σένα σχοινί, του οποίου το μήκος αντιστοιχεί με το μέσω ύψος εναέριου αγωγού h_6 . Το βάρος των 10 κιλών αντιστοιχεί στη δύναμη πίεσης του πέλδλου λήψης ρεύματος που είναι περίπου $f=100$ Newton. Το σχοινί με το βάρος στερεώνεται στην κεφαλή του πέλδλου λήψης ρεύματος. Επειδή οι κοχλιωτοί δακτύλιοι έχουν αριστερόστροφο και δεξιόστροφο σπείρωμα, τα ελατήρια έλξης γίνονται μικρότερα ή μακρύτερα ανάλογα με την κατεύθυνση περιστροφής. Στην συνέχεια περιστρέφονται και τα δύο ελατήρια έλξης εναλλάξ με το χέρι μέχρι να αιωρείται το βάρος λίγο πιο πάνω από το έδαφος. Τα ελατήρια έλξης πρέπει να ρυθμιστούν με μεγάλη προσοχή ώστε να έχουν ακριβώς το ίδιο μήκος μεταξύ τους, μόλις αυτό πραγματοποιηθεί σφίγγονται τα κόντρα παξιμάδια. Στην συνέχεια ελέγχεται ότι η ράβδος του πέλδλου λήψης ρεύματος μπορεί να βρεθεί στο μέγιστο ύψος h_{max} με ταυτόχρονη μέγιστη πλευρική απόκλιση και το σχοινί του πέλδλου λήψης ρεύματος είναι τεντωμένο σε όλες τις θέσεις. Τα Σχήματα 4.19 και 4.20 μας δείχνουν τη ρύθμιση της δύναμης πίεσης προς τον εναέριο αγωγό.



Σχήμα 4.19: Ρύθμιση του ύψους αναφοράς σε αναλογία 1:2



Σχήμα 4.20: Ρύθμιση της δύναμης πίεσης τωνπέδλων λήψης ρεύματος προς τον εναέριο αγωγό

4.8.1 Ρύθμιση πίεσης εργασίας και αντίστροφης πίεσης

Όταν εκτροχιάζεται ένα ή και τα δύο πέδιλα λήψης ρεύματος, τότε εφαρμόζεται πεπιεσμένος αέρας (πίεση εργασίας) στους κυλίνδρους πεπιεσμένου αέρα. Με την πίεση εργασίας κατεβαίνουν γρήγορα τα πέδιλα λήψης ρεύματος. Η πίεση εργασίας είναι επίσης απαραίτητη για το αυτόματο κατέβασμα και την αγκίστρωση στην ασφάλιση ράβδων. Η αντίστροφη πίεση βοηθάει να κινούνται συνεχώς προς τα μέσα και προς τα έξω τα έμβολα των κυλίνδρων πεπιεσμένου αέρα, όταν μεταβάλλεται το ύψος του εναέριου αγωγού. Η πίεση εργασίας ρυθμίζεται από τον ρυθμιστή πίεσης Y_0 και είναι της τάξης 7,5 bar. Ενώ η αντίστροφη πίεση ρυθμίζεται από τον ρυθμιστή πίεσης Y_{12} και είναι της τάξης 0,3 bar.

4.8.2 Ρύθμιση της ταχύτητας κατεβάσματος των ράβδων πέδλων λήψης ρεύματος

Η ρύθμιση της ταχύτητας κατεβάσματος των ράβδων πέδλων λήψης ρεύματος γίνεται ως εξής:

- μετατοπίζονται οι ράβδοι πέδλων λήψης ρεύματος (2) στο μέγιστο ύψος h_{max}
- ανοίγει η μαγνητική βαλβίδα (82) Y_3 .
- οι βραχίονες (70) της ασφάλισης ράβδων (7) ανοίγουν.
- ανοίγει η μαγνητική βαλβίδα (82) Y_1 .
- ρυθμίζεται η ταχύτητα κατεβάσματος με τη βαλβίδα στραγγαλισμού (83) Y_{10} σε ένα χρονικό διάστημα των $t_{10} = 8 - 10$ s.

4.8.3 Ρύθμιση της ταχύτητας στήριξης των ράβδων πέδιλων λήψης ρεύματος

Η ρύθμιση της ταχύτητας στήριξης των ράβδων πέδιλων λήψης ρεύματος γίνεται ως εξής:

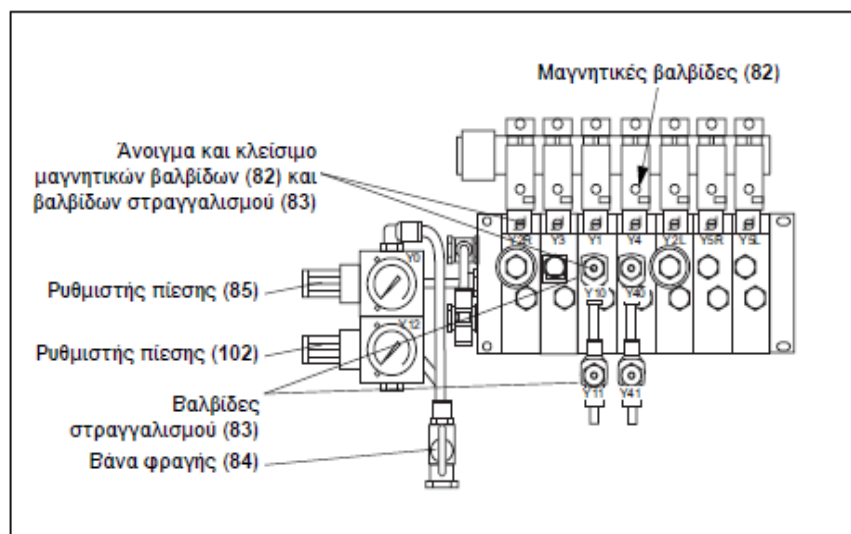
- ανοίγει η μαγνητική βαλβίδα (82) Y1 για να μετατοπιστούν οι ράβδοι πέδιλων λήψης ρεύματος (2) στην κατώτερη θέση h_1 .
- ανοίγει η μαγνητική βαλβίδα (82) Y3. Οι βραχίονες (70) της ασφάλισης ράβδων (7) ανοίγουν.
- κλείνει η μαγνητική βαλβίδα (82) Y1. Οι ράβδοι πέδιλων λήψης ρεύματος (2) ανυψώνονται.
- ρυθμίζεται η ταχύτητα στήριξης με τη βαλβίδα στραγγαλισμού (83) Y11 σε ένα χρονικό διάστημα των $t_{11} = 10 - 12 \text{ s}$.

4.8.4 Ρύθμιση της ταχύτητας ανύψωσης των συστημάτων οδήγησης

Η ρύθμιση της ταχύτητας ανύψωσης των συστημάτων οδήγησης γίνεται ως εξής:

- μετατοπίζονται οι ράβδοι πέδιλων λήψης ρεύματος (2) στο μέγιστο ύψος h_{max}
- ανοίγει η μαγνητική βαλβίδα (82) Y4. Τα συστήματα οδήγησης (6) ανυψώνονται.
- ρυθμίζεται η ταχύτητα ανύψωσης με τη βαλβίδα στραγγαλισμού (83) Y40 σε ένα χρονικό διάστημα των $t_{40} \ll 0,5 \text{ s}$.
- κλείνει η μαγνητική βαλβίδα (82) Y4.
- τα συστήματα οδήγησης (6) κατεβαίνουν.
- ρυθμίζεται η ταχύτητα βύθισης με τη βαλβίδα στραγγαλισμού (83) Y41 σε ένα χρονικό διάστημα των $t_{41} \ll 2 \text{ s}$.

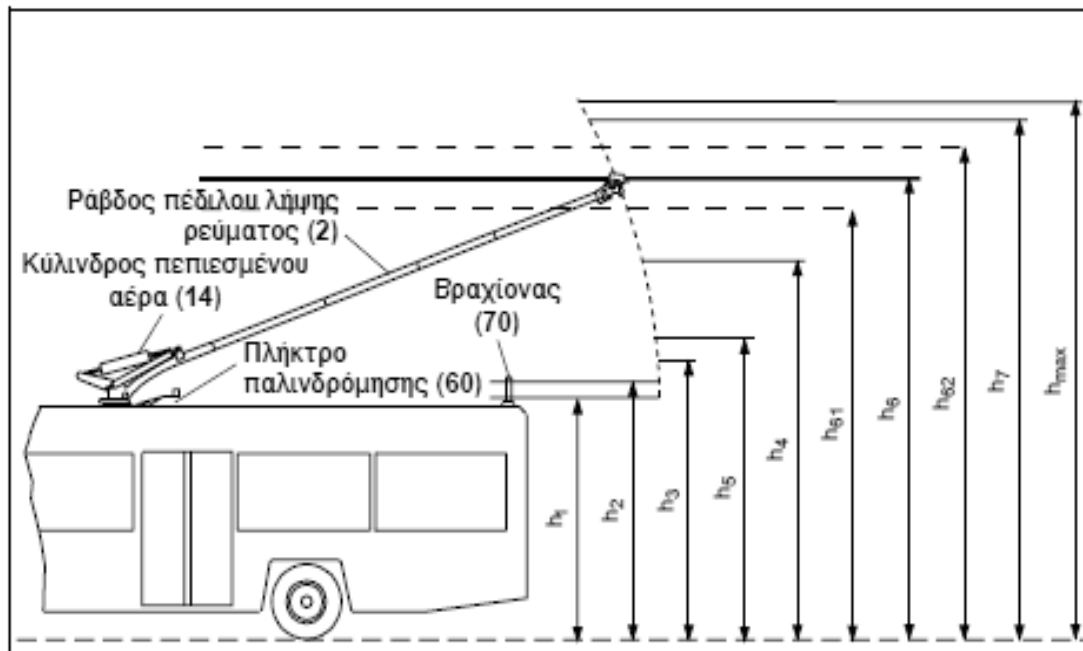
Στο σχήμα 4.21 φαίνεται το σύστημα ελέγχου του πέδिलου λήψης ρεύματος για την ρύθμιση των μαγνητικών βαλβίδων.



Σχήμα 4.21: Σύστημα ελέγχου του πέδिलου λήψης ρεύματος – Ρύθμιση μαγνητικών βαλβίδων

4.8.5 Ονομαστικά ύψη

Για να επιτυγχάνουν όλες τις ρυθμίσεις που είναι απαραίτητες για την σωστή λειτουργία των ρευματοληπτών χρησιμοποιούνται οι ακόλουθες ονομασίες υψών που φαίνονται στο σχήμα 4.22.



Σχήμα 4.22: Συνοπτική παρουσίαση: Ονομασίες ύψους

h₁: Κατώτερη θέση

h₂: Ύψος των ράβδων πέδιλων λήψης ρεύματος (2) σε κατάσταση ακίστρωσης.

h₃: Ύψος στο οποίο εξαερώνονται οι κύλινδροι πεπιεσμένου αέρα (14) μετά από έναν εκτροχιασμό

h₄: Ύψος των ράβδων του πέδιλου λήψης ρεύματος (2) μετά από ένα γρήγορο κατέβασμα.

h₅: Ύψος στο οποίο κατεβαίνει το πλήκτρο παλινδρόμησης (60) κατά την σύνδεση του πέδιλου στον εναέριο αγωγό και κλείνουν οι βραχίονες (70).

h₆₁: Ελάχιστο ύψος εναέριου αγωγού

h₆: Μέσο ύψος εναέριου αγωγού

h₆₂: Μέγιστο ύψος εναέριου αγωγού

h₇: Ύψος εκτροχιασμού των ράβδων πέδιλων λήψης ρεύματος (2) ενεργοποιείται ένα αυτόματο γρήγορο κατέβασμα.

h_{max}: Μηχανικός αναστολέας.

4.9 ΣΥΝΟΠΤΙΚΗ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ

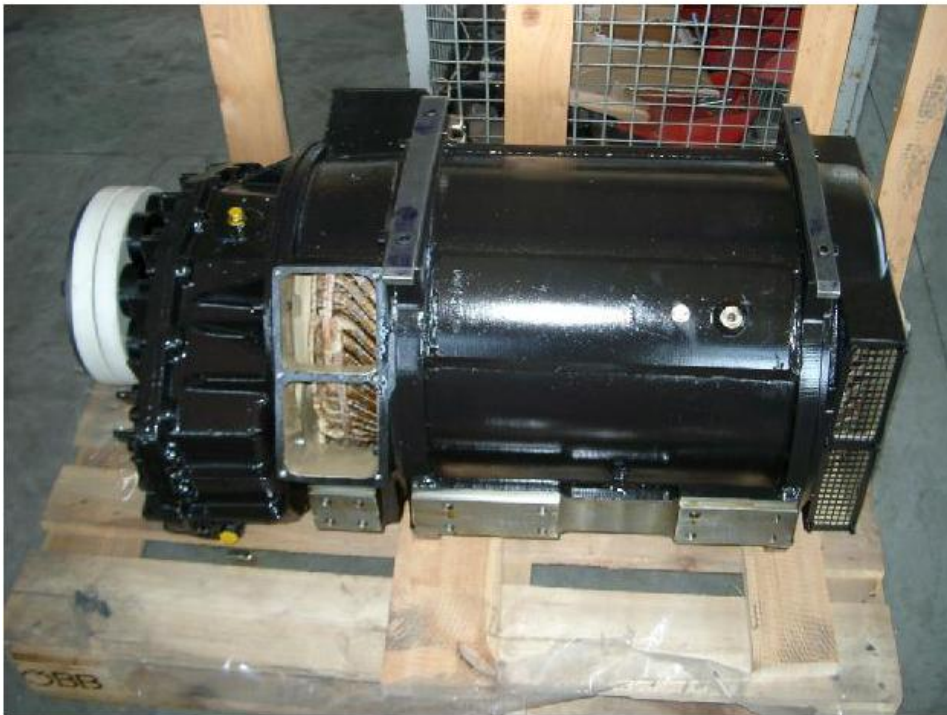
Χρονικά διαστήματα συντήρησης και εργασίες συντήρησης

Πίνακας 4.7: Εργασίες συντήρησης σε συγκεκριμένα χιλιόμετρα

α/α	Διάστημα	Εργασία συντήρησης
1	Καθημερινά	Οπτικός έλεγχος
2		Έλεγχος και αντικατάσταση των ταινιών ρεύματος
3		Έλεγχος και αντικατάσταση τουπέδιλου ολίσθησης
4		Έλεγχος και αντικατάσταση τεμαχίου άνθρακα
5	Κάθε 60.000 km	Έλεγχος σταθερής έδρασης των βιδωτών ενώσεων
6		Έλεγχος ηλεκτρικών συνδέσεων, μονωτήρων και χιτωνίων μόνωσης
7		Έλεγχος της δύναμης πίεσης προς τον εναέριο αγωγό και εκ νέου ρύθμιση
8		Έλεγχος συστήματος πεπιεσμένου αέρα
9		Έλεγχος των ταχυτήτων ανύψωσης, στήριξης και κατεβάσματος
10		Έλεγχος μηχανισμού επαναφοράς
11		Έλεγχος λειτουργίας
12	Κάθε 480.000 km (βασικός έλεγχος)	Έλεγχος δοχείου έδρασης

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

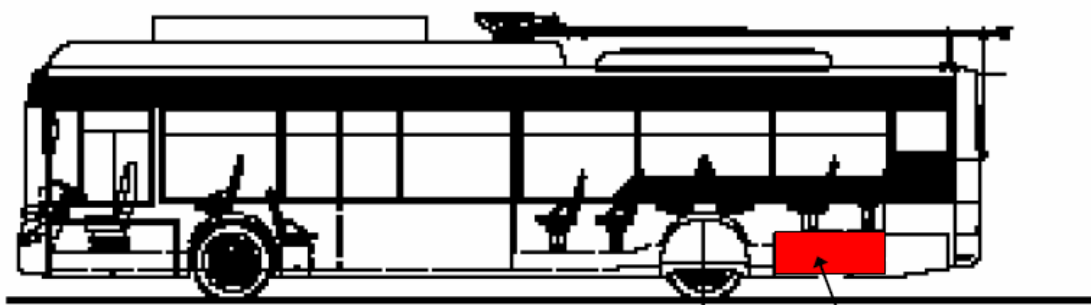
ΚΙΝΗΤΗΡΑΣ ΈΛΕΞΗΣ ΑΡΘΡΩΤΟΥ ΤΡΟΛΛΕΥ



5. ΚΙΝΗΤΗΡΑΣ ΈΛΞΗΣ ΑΡΘΡΩΤΟΥ ΤΡΟΛΛΕΥ

5.1 ΗΛΕΚΤΡΟΚΙΝΗΤΗΡΑΣ

Ο ηλεκτροκινητήρας, είναι διάταξη που χρησιμοποιείται για την μετατροπή της ηλεκτρικής ενέργειας σε μηχανική ενέργεια, και τυγχάνει εξαιρετικής εκμετάλλευσης από τις βιομηχανίες. Στο τρόλλεϋ ο κινητήρας έλξης με το κιβώτιο μετάδοσης προορίζεται για την κίνηση του. Ο κινητήρας έλξης τοποθετείται με βάση στο σασί του οχήματος πίσω από τον οπίσθιο άξονα των τροχών κίνησης του οχήματος. Το σχήμα 5.1 δείχνει το σημείο αναφοράς του κινητήρα έλξης στο τρόλλεϋ.



Traction motor

Σχήμα 5.1: θέση τοποθέτησης κινητήρα έλξης

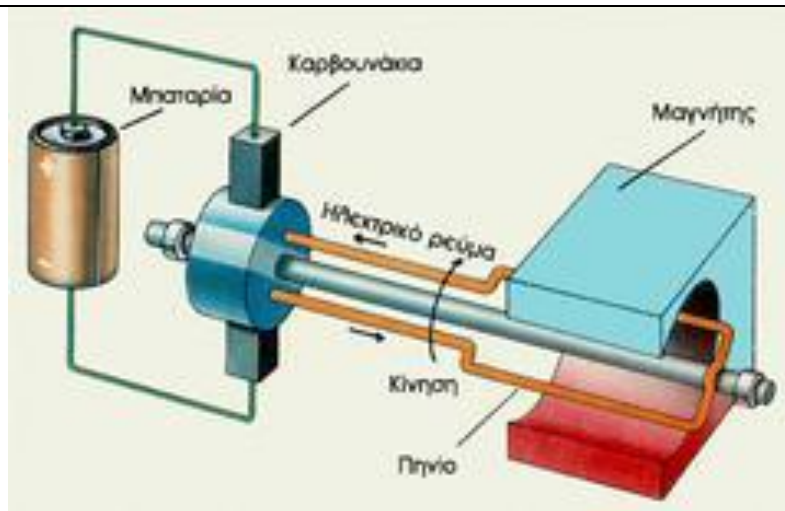
5.2 ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΗΛΕΚΤΡΟΚΙΝΗΤΗΡΑ

Η λειτουργία τόσο των ηλεκτρικών γεννητριών όσο και των ηλεκτρικών κινητήρων στηρίζεται στη ηλεκτρομαγνητική επαγωγή. Με βάση λοιπόν το φαινόμενο της επαγωγής όταν ένας αγωγός, δηλαδή ένα αγώγιμο ηλεκτρικά υλικό κινείται μέσα σε ένα μαγνητικό πεδίο τότε μέσα στον αγωγό αναπτύσσεται ηλεκτρεγερτική δύναμη από επαγωγή δηλαδή ηλεκτρικό δυναμικό το οποίο είναι και το αίτιο εμφάνισης ηλεκτρικού ρεύματος στον αγωγό.

Στους κινητήρες αντίστοιχα αξιοποιείται ένα άλλο φαινόμενο της ηλεκτρομαγνητικής επαγωγής. Όταν ένας αγωγός που διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα βρεθεί μέσα σε ένα μαγνητικό πεδίο τότε στον αγωγό αυτό ασκείται από το μαγνητικό πεδίο μια δύναμη που τείνει να τον κινήσει. Η δύναμη αυτή είναι ανάλογη με την ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος, την ένταση του μαγνητικού πεδίου, αλλά και το μήκος του αγωγού, Αυτό το φαινόμενο λέγεται και δύναμη Lorentz που είναι ίση με: $F = I * L * B$. Όπου: I = Ένταση Ρεύματος, L = Μήκος Αγωγού, B = Ένταση Μαγνητικού πεδίου. Οι ηλεκτροκινητήρες αποτελούνται από: Τον δρομέα ο οποίος αποτελείται από τον ηλεκτροφόρο αγωγό και είναι τοποθετημένος σε πυκνές περιελίξεις σπείρες ώστε να περιέχει όσο μεγαλύτερο μήκος αγωγού γίνεται για δεδομένο όγκο. Τον στάτη, ο οποίος αποτελείται από μόνιμους ή τεχνητούς μαγνήτες, οι οποίοι δημιουργούν το μαγνητικό πεδίο. Και τις Ψήκτρες, οι οποίες

έρχονται σε επαφή με τον δρομέα τροφοδοτώντας τον με ρεύμα. Σημειώνεται πως η φορά της ασκούμενης στον αγωγό δύναμης αντιστρέφεται είτε αν αλλάξει η φορά του ρεύματος, είτε αν αντιστραφεί η πολικότητα του μαγνητικού πεδίου.

Σ' έναν ηλεκτροκινητήρα, το ηλεκτρικό ρεύμα διαρρέει μια συρμάτινη περιέλιξη, η οποία βρίσκεται ανάμεσα στους πόλους ενός ηλεκτρομαγνήτη. Οι δυνάμεις που ασκούνται στην περιέλιξη, σπρώχνουν τη μια πλευρά της προς τα πάνω και την άλλη προς τα κάτω, με αποτέλεσμα αυτή να περιστρέφεται. Γι' αυτό και το σύρμα λέγεται ρότορας ή δρομέας, ενώ ο ηλεκτρομαγνήτης στάτορας ή στάτης. Ένα άλλο σημαντικό κομμάτι του ηλεκτροκινητήρα είναι ο μεταλλακτήρας. Αυτός αντιστρέφει τη φορά του ρεύματος δύο φορές σε κάθε περιστροφή, έτσι ώστε να εξασφαλίζεται σταθερή φορά περιστροφής του ρότορα. Στο σχήμα 5.2 φαίνεται η λειτουργία ενός ηλεκτρικού κινητήρα.



Σχήμα 5.2: Ηλεκτρικός κινητήρας - διάγραμμα λειτουργίας ενός ηλεκτρικού κινητήρα

5.3 ΑΣΥΓΧΡΟΝΟΙ ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ

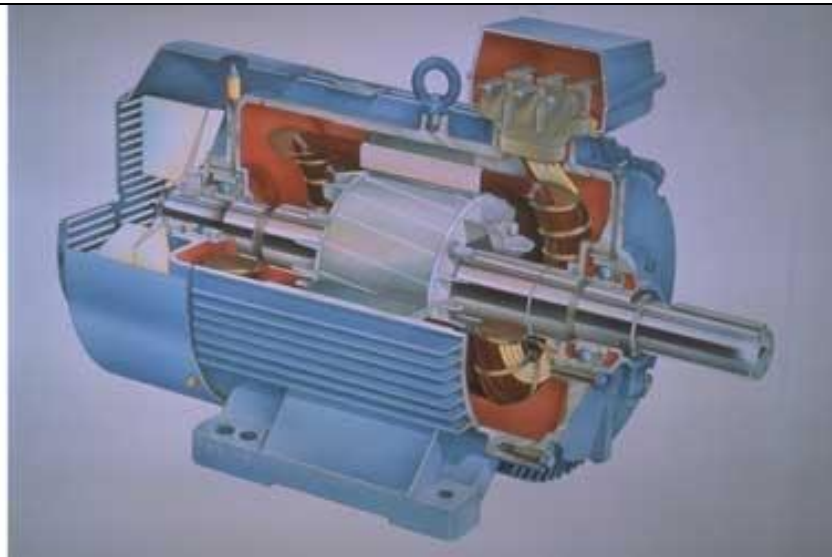
Οι ηλεκτροκινητήρες διακρίνονται σε συνεχούς ρεύματος **DC motors** και σε εναλλασσόμενου ρεύματος **AC motors**. Οι ηλεκτροκινητήρες εναλλασσόμενου ρεύματος διακρίνονται επιμέρους στους ασύγχρονους ή επαγωγικούς κινητήρες και στους σύγχρονους κινητήρες. Ο κινητήρας έλξης των ηλεκτροκίνητων οχημάτων τρόλλεϋ είναι τύπου τριφασικού τετραπολικού ασύγχρονου ηλεκτροκινητήρα με βραχυκυκλωμένο δρομέα. Η ονομασία «ασύγχρονες» μηχανές, οφείλεται στο γεγονός ότι ο δρομέας τους στρέφεται με διαφορετική ταχύτητα απ' ότι το μαγνητικό πεδίο που προκαλούν τα ρεύματα του στάτη. Οι μηχανές αυτές αποκαλούνται και επαγωγικές μηχανές, ονομασία που οφείλεται στο ότι τα ρεύματα στο δρομέα της μηχανής αναπτύσσονται εξ' επαγωγής από τα ρεύματα του στάτη. Με άλλα λόγια, οι επαγωγικές μηχανές δεν έχουν ανεξάρτητη διέγερση στο δρομέα, όπως οι συνηθισμένες σύγχρονες ηλεκτρικές μηχανές.

Οι ασύγχρονες μηχανές χωρίζονται, ανάλογα με την τροφοδοσία τους, σε μονοφασικές και τριφασικές. Οι τριφασικές χρησιμοποιούνται για μέσες και μεγάλες ισχύς. Οι ασύγχρονες τριφασικές μηχανές έχουν ένα συμμετρικό τριφασικό τύλιγμα στο στάτη, όμοιο με αυτό των σύγχρονων μηχανών. Ως προς την κατασκευή του

τυλίγματος του δρομέα, διακρίνονται δύο είδη ασύγχρονων τριφασικών μηχανών. Υπάρχουν ασύγχρονες μηχανές με βραχυκυκλωμένο δρομέα, που είναι και ο τύπος που χρησιμοποιείται στο τρόλλεϋ, και ασύγχρονες μηχανές με δρομέα με δακτυλίους, δηλαδή ασύγχρονες μηχανές με δακτυλιοφόρο δρομέα.

Ασύγχρονη μηχανή βραχυκυκλωμένου δρομέα: Εντός των αυλακώσεων χυτεύεται ρευστό αλουμίνιο ή χαλκός, το οποίο όταν στερεοποιηθεί εντελώς αποτελεί τον ηλεκτρικό αγωγό. Ο αγωγός αυτός δεν είναι μονωμένος έναντι του σιδηρομαγνητικού υλικού. Τα ρεύματα κατά το μέγιστο μέρος ρέουν δια μέσω του αγωγού, διότι αυτός έχει πολύ μεγαλύτερη αγωγιμότητα από την αγωγιμότητα του σιδήρου. Εκτός αυτού, μεταξύ του χάλκινου ή αλουμινένιου αγωγού και του σιδήρου υπάρχει μια σχετικά μεγάλη αντίσταση επαφής.

Εξαίρεση αποτελεί ο βραχυκυκλωμένος δρομέας που αποτελείται από μπάρες, οι οποίες μπορούν να είναι μονωμένες, διότι στην περίπτωση αυτή δεν υφίσταται χύτευση, Παρ' ότι οι αγωγοί είναι ήδη έτοιμοι και τοποθετούνται στις αυλακώσεις. Συνήθως οι δακτύλιοι βραχυκύκλωσης και τα πτερύγια εξαερισμού χυτεύονται μαζί με τους αγωγούς. Ο αγωγός κάθε μιας αυλακώσης του δρομέα αποτελεί μια φάση. Έτσι λοιπόν μπορεί να θεωρηθεί ότι ο ένας δακτύλιος συνδέει τις φάσεις σε αστέρα και ο άλλος βραχυκυκλώνει τα άκρα αυτών. Στο σχήμα 5.3 φαίνεται αρχικά σε τομή ένας ασύγχρονος κινητήρας εναλλασσόμενου ρεύματος και έπειτα στην εικόνα 5.1 φαίνεται το εσωτερικό του.



Σχήμα 5.3: Τομή ασύγχρονου κινητήρα στην οποία διακρίνονται όλα τα δομικά του στοιχεία



Εικόνα 5.1: Εσωτερικό ασύγχρονου κινητήρα στην οποία διακρίνονται όλα τα δομικά του στοιχεία

5.3.1 Βασικές αρχές λειτουργίας ασύγχρονων κινητήρων

Όταν το τριφασικό τύλιγμα του στάτη τροφοδοτείται από μία συμμετρική τριφασική πηγή τάσεων προκαλεί στο διάκενο της μηχανής, ένα στρεφόμενο μαγνητικό πεδίο, το οποίο στρέφεται με γωνιακή ταχύτητα ανάλογη της συχνότητας εναλλασσόμενων τάσεων (άρα και των ρευμάτων) του στάτη. Η ταχύτητα αυτή ονομάζεται σύγχρονη ταχύτητα και δίνεται από τον τύπο:

$$\omega_s = \frac{2\pi f_s}{p} \text{ (rad/sec)} \quad \text{εξ. (5.1)}$$

Όπου: f_s = Η ηλεκτρική συχνότητα

p = Τα ζεύγη των μαγνητικών πόλων της μηχανής.

ω_s = Η γωνιακή ταχύτητα και εκφράζεται σε ακτίνια ανά δευτερόλεπτο (rad/sec). Πολύ πιο συνηθισμένη είναι η μέτρηση της ταχύτητας περιστροφής σε στροφές ανά λεπτό (rpm), η τιμή της οποίας δίνεται τότε από τη σχέση:

$$n_s = \frac{60 f_s}{p} \text{ (rpm)} \quad \text{εξ. (5.2)}$$

Όπου: n_s = Σύγχρονη ταχύτητα

Το στρεφόμενο μαγνητικό πεδίο είναι μια κύμανση, δηλαδή είναι μια εξάρτηση του χρόνου και του τόπου, και περιγράφεται από την ακόλουθη εξίσωση:

$$B(x, t) = B_{max} \sin \left(\omega t + \pi \frac{x}{\tau_p} \right) \quad \text{εξ. (5.3)}$$

όπου: t_p = Η απόσταση μεταξύ δύο διαδοχικών πόλων (πολική απόσταση).

x = Η απόσταση επί της περιφέρειας του εσωτερικού κύκλου, που σχηματίζεται κατά την εγκάρσια τομή του στάτη, υπολογισμένη από ορισμένο σημείο που επιλέγεται ελεύθερα.

t = Ο χρόνος

$\omega = 2\pi f_s$

Προϋπόθεση για να δημιουργηθεί ένα στρεφόμενο μαγνητικό πεδίο με σταθερό εύρος και σταθερό αριθμό στροφών είναι η ύπαρξη τριών συμμετρικών τυλιγμάτων τοποθετημένων κατά 120 μοίρες μεταξύ τους στο χώρο και τροφοδοτούμενων από συμμετρικό ημιτονοειδές τριφασικό σύστημα τάσεων με διαφορά φάσης 120 μοίρες μεταξύ τους. Αυτό το πεδίο επάγει στο δρομέα της ασύγχρονης μηχανής ρεύματα, τα οποία δημιουργούν με το ίδιο το πεδίο μια ηλεκτρομαγνητική ροπή, τέτοια που τείνει να περιστρέψει το δρομέα κατά τη φορά του πεδίου και έτσι να αντισταθεί στο αίτιο που προκάλεσε την κίνηση.

Επομένως ο δρομέας προσπαθεί να φτάσει το στρεφόμενο πεδίο, ώστε μόλις γίνει η σχετική ταχύτητα μηδέν, να μηδενιστεί και το ρεύμα. Δεν κατορθώνει να φτάσει ποτέ το μαγνητικό πεδίο, δηλαδή δεν αποκτά ποτέ σύγχρονη ταχύτητα n_s , διότι τότε δεν θα είχαμε τάση και ρεύμα εξ' επαγωγής, οπότε και η ροπή θα ήταν μηδέν. Μία ελάχιστη ροπή όμως, είναι απαραίτητη για την αντιμετώπιση όποιου μηχανικού φορτίου υπάρχει στον άξονα της μηχανής π.χ. τριβές. Σε μία ιδανική κατάσταση μηδενικό φορτίο θα είχαμε σύγχρονη ταχύτητα. Λέμε, λοιπόν, ότι ο δρομέας παρουσιάζει κάποια ολίσθηση s , δηλαδή περιστρέφεται ασύγχρονα. Από εδώ προέρχεται και το όνομα Ασύγχρονη Μηχανή. Εάν ο δρομέας περιστρέφεται με ορισμένη ολίσθηση και αυξηθεί το φορτίο, τότε θα αυξηθεί η ολίσθηση, δηλαδή θα μειωθεί ο αριθμός των στροφών.

Το ρεύμα εξ' επαγωγής και μέσω αυτού και η ροπή, αυξάνεται. Η αύξηση αυτή γίνεται μέχρι ενός ορισμένου σημείου, το οποίο ονομάζεται σημείο ανατροπής, η δε αντιστοιχούσα ροπή λέγεται ροπή ανατροπής και η αντίστοιχη ολίσθηση ονομάζεται ολίσθηση ανατροπής. Πέρα από το σημείο αυτό η ροπή μειώνεται, έτσι η ροπή ανατροπής είναι η μέγιστη δυνατή ροπή της ασύγχρονης μηχανής. Η περιοχή από το συγχρονισμό μέχρι το σημείο ανατροπής λέγεται περιοχή ευστάθειας. Στην περιοχή αυτή η ασύγχρονη μηχανή συμπεριφέρεται, με μεγάλη προσέγγιση, όπως μια μηχανή συνεχούς ρεύματος παραλλήλου διεγέρσεως.

Έξω από την περιοχή αυτή και για ταχύτητες μικρότερες εκείνης όπου επέρχεται η ανατροπή, επικρατεί αστάθεια. Εάν ο δρομέας στρέφεται με ταχύτητα μεγαλύτερη του στρεφόμενου πεδίου, τότε η μηχανή λειτουργεί ως γεννήτρια, δηλαδή προσφέρει μέσω του στάτη προς το δίκτυο ηλεκτρική ενέργεια, η δε ολίσθηση γίνεται αρνητική. Υπάρχει και μια τρίτη κατάσταση λειτουργίας, η οποία μπορεί να εμφανιστεί κατά την ακόλουθη εφαρμογή: Ένας κινητήρας προσπαθεί να κινήσει ένα όχημα.

Έστω ότι το φορτίο δημιουργεί μια ηλεκτρομαγνητική ροπή μεγαλύτερη από εκείνη που μπορεί να παράγει ο κινητήρας. Τότε ο δρομέας αναγκάζεται να στραφεί σε αντίθετη φορά από εκείνη που θα ήθελε αυτός. Στην περίπτωση αυτή η ολίσθηση παραμένει θετική, αλλά μεγαλύτερη από την ολίσθηση της περιοχής, όπου λειτουργεί η μηχανή ως κινητήρας. Η περιοχή αυτή χαρακτηρίζεται από το γεγονός, ότι η

ασύγχρονη μηχανή δέχεται ενέργεια και από το δίκτυο προς το στάτη (ηλεκτρική ενέργεια) και από το μηχανικό φορτίο στον άξονα (μηχανική ενέργεια) και ονομάζεται περιοχή πέδης. Η ολική εισερχόμενη ενέργεια μετατρέπεται σε θερμότητα μέσα στη μηχανή.

5.3.2 Συχνότητα και ολίσθηση

Εάν ο στάτης μιας ασύγχρονης μηχανής τροφοδοτείται από το δίκτυο και ο δρομέας είναι ανοικτός, τότε η μηχανή προσλαμβάνει ρεύμα εν κενώ, το οποίο καλύπτει θερμικές απώλειες και δημιουργεί το μαγνητικό πεδίο. Ο σύγχρονος αριθμός στροφών n_s , που ορίζεται από τη σχέση: $n_s = fs / p$, είναι ένα σπουδαίο μέγεθος. Κοντά σε αυτόν βρίσκεται ο ονομαστικός αριθμός n_s στροφών της μηχανής, λίγο μικρότερος όταν πρόκειται για κινητήρα, λίγο μεγαλύτερος όταν πρόκειται για γεννήτρια. Όταν δίνεται ο σύγχρονος αριθμός και η συχνότητα fs , προκύπτει ο αριθμός p που εκφράζει τα ζεύγη των πόλων. Εάν n είναι η ταχύτητα του δρομέα, τότε αυτός σχετικά προς το στρεφόμενο πεδίο στρέφεται με την ακόλουθη ταχύτητα:

$$n_R = n_s - n \quad \text{εξ. (5.4)}$$

όπου: n = ταχύτητα του δρομέα

n_R = ταχύτητα δρομέα προς το στρεφόμενο πεδίο

Τα εναλλασσόμενα ηλεκτρικά μεγέθη του δρομέα έχουν τη συχνότητα:

$$f_R = pn_R \quad \text{εξ. (5.5)}$$

όπου: f_R = Η συχνότητα στον δρομέα

Έτσι ισχύει η σχέση:

$$n_s = n_R + n \quad \text{εξ. (5.6)}$$

Από την οποία μέσω πολλαπλασιασμού με τον αριθμό των ζευγών των πόλων δίνεται η εξίσωση συχνοτήτων:

$$f_s = f + pn \quad \text{εξ. (5.7)}$$

Όπου: f_s = πρωτεύον (στάτης),

f_R = δευτερεύον (δρομέας)

n = αριθμός στροφών δρομέα.

Εάν ο δρομέας στρέφεται αντίθετα προς τη φορά του μαγνητικού πεδίου, τότε το n γίνεται αρνητικό. Το ρεύμα του δρομέα δημιουργεί και αυτό ένα μαγνητικό πεδίο, το οποίο ως προς το δρομέα στρέφεται με n_R , αλλά ως προς το στάτη με n_s . Τα δύο πεδία δημιουργούν την ηλεκτρομαγνητική ροπή και είναι φυσικό να έχουν μεταξύ τους σχετική ταχύτητα ίση με μηδέν.

Από τη σχέση συμπεραίνεται ότι, αν τροφοδοτηθούν στάτης και δρομέας με τάση συχνότητας f_s και f_R αντίστοιχα, τότε η ταχύτητα είναι εντελώς ορισμένη και μπορεί να ρυθμιστεί μεταβάλλοντας τα προηγούμενα μεγέθη. Επίσης είναι δυνατό να υπάρξει ένα δευτερεύον δίκτυο με ρυθμιζόμενη συχνότητα f_R , αν η συχνότητα f_s είναι σταθερή και μεταβληθεί η ταχύτητα n . Βασικό μέγεθος που χαρακτηρίζει τη λειτουργία μιας ασύγχρονης μηχανής είναι η ολίσθηση, s , η οποία ορίζεται από την εξίσωση:

$$s = \frac{\omega_s - \omega}{\omega} = \frac{n_s - n}{n_s} = \frac{n_R}{n_s} \quad \text{εξ. (5.8)}$$

Η ολίσθηση ορίζεται ως η ποσοστιαία διαφορά της ταχύτητας περιστροφής του δρομέα από τη σύγχρονη ταχύτητα του στρεφόμενου μαγνητικού πεδίου. Στην κατάσταση ηρεμίας το n ισούται με 0 και επομένως το s ισούται με 1, ενώ για $n = n_s$ το s ισούται με 0. Εάν ο δρομέας στραφεί γρηγορότερα από το στρεφόμενο πεδίο ($n > n_s$), τότε η ολίσθηση γίνεται αρνητική. Από τις σχέσεις (5.7), (5.8) προκύπτει η σχέση που συνδέει τις δύο συχνότητες f_s και f_R με την ολίσθηση:

$$s = \frac{f_R}{f_s} \quad \text{εξ. (5.9)}$$

5.3.3 Πλεονεκτήματα ασύγχρονων κινητήρων

Τα κυριότερα πλεονεκτήματα των κινητήρων επαγωγής, στα οποία οφείλεται η επικράτησή τους είναι το χαμηλότερο κόστος λόγω της απλότητας κατασκευής τους, η μειωμένη συντήρηση που απαιτούν, η απουσία προβλημάτων μεταγωγής και σπινθηρισμών, η δυνατότητα εύκολης αφαίρεσης του δρομέα κατά την διαδικασία συντήρησης, η δυνατότητα προσωρινής υπερφόρτισης του κινητήρα με φορτίο πολύ μεγαλύτερο του ονομαστικού, και η ανθεκτικότητα του στάτη σε σκόνη και υγρασία.

5.4 ΎΝΑΡΞΗ ΤΟΥ ΤΡΟΛΛΕΪ

Αν το τρόλλεϋ ήταν εκτός λειτουργίας πάνω από μία εβδομάδα πρέπει πριν την έναρξη της λειτουργίας του να μετρηθεί η αντίσταση μόνωσης του κινητήρα. Η αξία της αντίστασης δεν πρέπει να είναι χαμηλότερη από 5 MΩ. Σε περίπτωση που είναι διαφορετική πρέπει να γίνει η στέγνωση της περιέλιξης του στάτη. Ο έλεγχος πρέπει να γίνει προπαντός στην περίοδο όπου οι θερμοκρασίες κυματίζουν γύρω στην θερμοκρασία παγωνιάς.

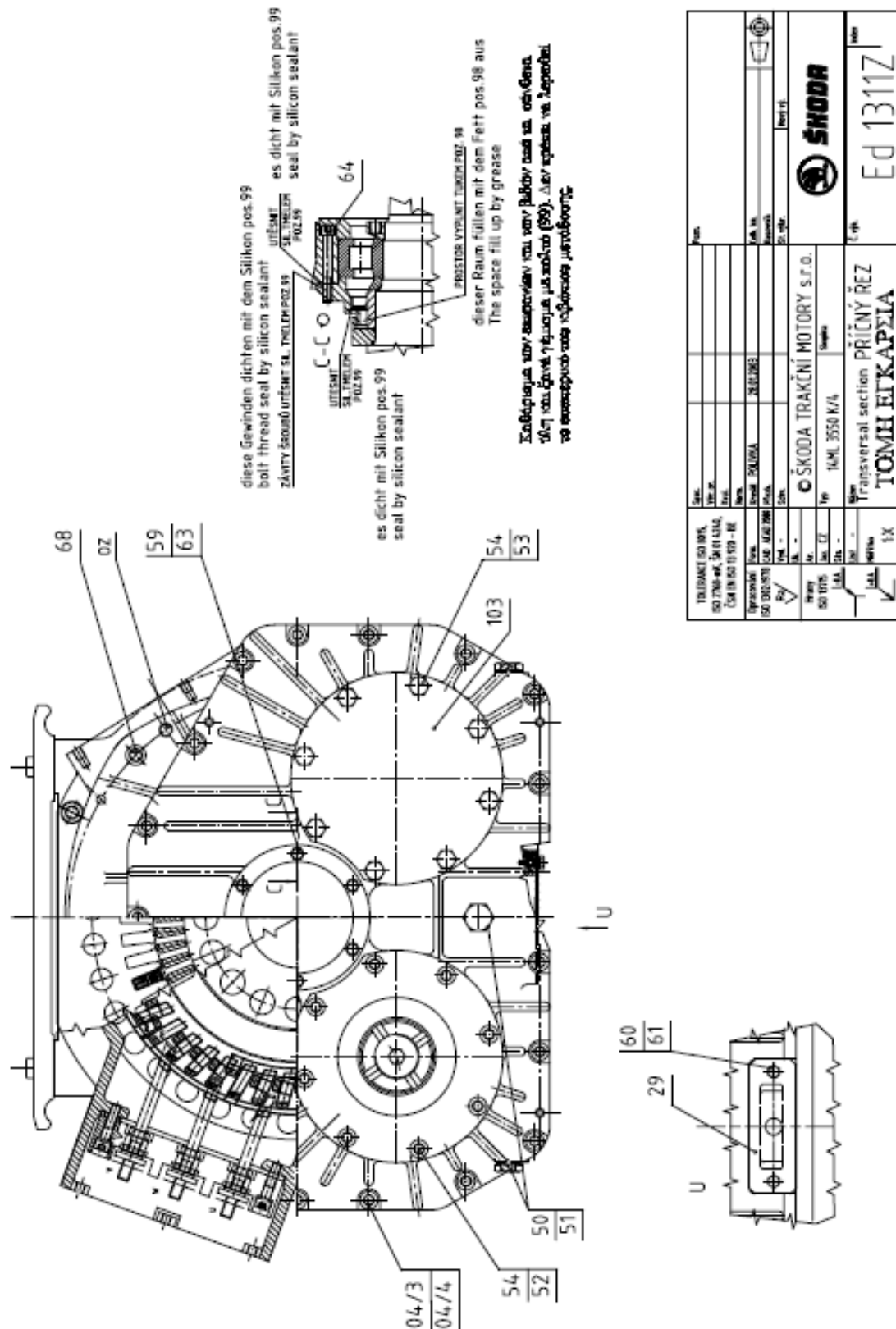
5.4.1 Αντίσταση μόνωσης κινητήρα έλξης

Αντίσταση μόνωσης είναι η αντίσταση που παρουσιάζουν τα τυλίγματα του στάτη ως προς το κέλυφος του κινητήρα και ανέρχεται στα 3,25 kv/50 hz το λεπτό. Όσο μεγαλύτερη είναι η αντίσταση που παρουσιάζουν τα τυλίγματα σε σχέση με τα μεταλλικά μέρη του κινητήρα (κέλυφος του κινητήρα) τόσο καλύτερη είναι η αντίσταση μόνωσης. Η μονάδα μέτρησης είναι τα M.Ω., το όργανο μέτρησης της αντίστασης

μονώσεως είναι το μεγκόμετρο και η αρχή λειτουργίας του στηρίζεται στην τάση που στέλνεται μεταξύ τυλίγματος και κελύφους. Τότε πρέπει η αντίσταση που παρουσιάζεται να πλησιάζει το άπειρο για να είναι ιδανική. Στην αντίθετη περίπτωση, αν δηλαδή η αντίσταση είναι μηδενική τότε κάπου υπάρχει διαρροή σε σχέση με το τύλιγμα του κινητήρα και τα μεταλλικά του μέρη.

5.5 ΜΕΡΗ ΑΠΟ ΤΑ ΟΠΟΙΑ ΑΠΟΤΕΛΕΙΤΑΙ Ο ΚΙΝΗΤΗΡΑΣ ΕΛΞΗΣ ΑΡΘΡΩΤΟΥ ΤΡΟΛΛΕΪ.

Τα μέρη από τα οποία αποτελείται ο κινητήρας έλξης φαίνονται στα σχήματα 5.4 και 5.5, στον πίνακα 5.1 γίνεται η αναφορά του κάθε εξαρτήματος.



Σχήμα 5.5: Εγκάρσια τομή κινητήρα έλξης

Πίνακας 5.1: Περιγραφή εξαρτημάτων και συνδέσεων

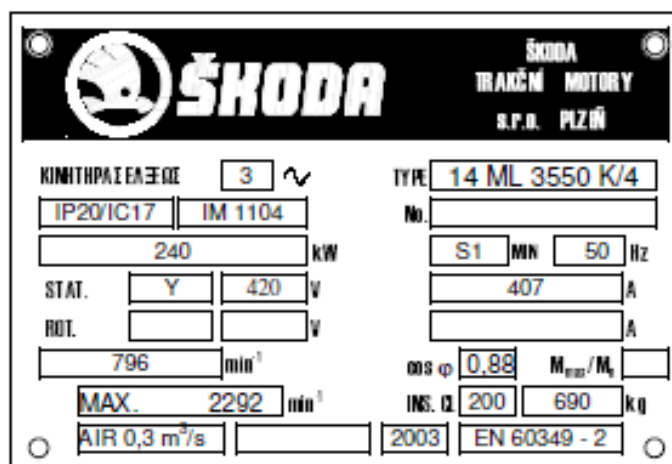
α/α	Θέσης	Ονομασία	Βάρος
1	01	Στάτης με περιέλιξη	353 kg
2	02	Ρότορας	200 kg
3	02/01	Άξωνας	
4	02/09	Βάρος ισοζυγίσεις 1B	
5	02/10	Βίδα M4 x 8 DIN 553 – 140HV	
6	03	Μπροστινός ασπής	10.2 kg
7	04	Κιβώτιο μετάδοσης	62 kg
8	06	Μπροστινό καπάκι	0.51 kg
9	07	Κόσκινο	
10	08	Μεσοδακτύλιος	
11	09	Δακτύλιος περίσφιξης	
12	10	Εσωτερικός δακτύλιος	
13	11	Κεντρικός δακτύλιος	
14	12	Δακτύλιος	
15	13	Μικρός οδοντωτός τροχός (πινιόν)	4.8 kg
16	14	Καπάκι	
17	15	Καπάκι συγκολλημένο	
18	16	Στεγανοποίηση	
19	17	Οδοντωτός τροχός με άξονα απόδοσης	23.2 kg
20	18	Ψεκαστήρας	
21	19	Συγκράτηση	
22	20	Παξιμάδι συμπλέκτη	
23	21	Καπάκι	
24	29	Καπάκι	
25	30	Κουζινέτο BB1 7024A SKF	
26	31	Κουζινέτο NU314EM/C4 ČSN 024670	
27	32	Κουζινέτο NU2309EM/C3 ČSN 024670	
28	33	Κουζινέτο NJ2213ETNG/C3 ČSN 024670	
29	34	Κουζινέτο NUP314ETNG/C3 ČSN 024670	
30	37	Δακτύλιος κουζινέτου IR x 85 x 100 x 35	
31	38	Δακτύλιος O 85 x 3	
32	39	Gufero B2PT x 100 x 130 x 12	

α/α	Θέσης	Όνομασία	Βάρος
33	41	Παξιμάδι KM9 DIN 981 – 14H A3F	
34	42	Ροδέλα MB 9 DIN 5406 - 14H A3F	
35	43	Φτερό 12H9x8x90 ČSN 022562	
36	44	Παξιμάδι	
37	45	Ροδέλα MB 14 DIN 5406 - 14H A3F	
38	46	Simmerring BAUMX7 60-80-8	
39	47	Simmerring BAUMSLX 60-80-8	
40	49	Βίδα	
41	50	Δακτύλιος στεγανοποίησης	
42	51	Πώμα M16x1,5	
43	52	Βίδα M10 x 25 DIN 912 – 8.8 A3F	
44	53	Βίδα M10x25 DIN 933 – 8.8 A3F	
45	54	Ροδέλα 10 DIN 7980 - A3F	
46	58	Βίδα M6 x 12 DIN 912 – 8.8 A3F	
47	59	Βίδα M6 x 16 DIN 912 – 8.8 A3F	
48	60	Βίδα M6 x 10 DIN 933 - 8.8 A3F	
49	61	Ροδέλα 6,4 DIN 6798A - A3F	
50	63	Ροδέλα 6 DIN 7980 - A3F	
51	64	Βίδα M8 x 60 DIN 912 - 8.8 A3F	
52	65	Βίδα M8 x 20 DIN 933 – 8.8 A3F	
53	66	Ροδέλα 8,4 DIN 432 - A3F	
54	67	Βίδα M12 x 40 DIN 933 – 8.8 A3F	
55	69	Βίδα M12 x 35 DIN 912 - 8.8 A3F	
56	70	Ροδέλα 12 DIN 7980 – A3F	
57	75	Βίδα M8 x 50 DIN 912 – 8.8 A3F	

α/α	Θέσης	Όνομασία	Βάρος
58	76	Ροδέλα 8 DIN 7980 – A3F	
59	77	Καρφί ραβδωτό 2.5 x 6.5 ČSN 022195.07	
60	82	Λάδι μετάδοσης mobil gear Mobil SHC 220	
61	83	Μονωτική πλάκα προστασίας	
66	84	Μικτονομηστής	
63	85	Βίδα M6 x 25 DIN 913 – 8.8 A3F	
64	86	Παξιμάδι M6 DIN 439 – PROV. B	
65	87	Βίδα M8 x 16 DIN 912 – 8.8 A3F	
66	88	Βίδα M8 x 25 DIN 912 – 8.8 A3F	
67	91	Συνδετήρας 09150000121 Harting	
68	92	Εσωτερική επένδυση 09150073021 Harting	
69	93	Καρφίτσα Kolík 0915006102 Harting	
70	94	Καπάκι συνδετήρα 09150005401 Harting	
71	95	Απέναντι κομμάτι 09150000421 Harting	
72	96	Εσωτερική επένδυση 09150073121 Harting	
73	97	Κοιλότητα 09150006202 Harting	
74	99	Silikon super-RTV γαλάζιο A0 8933213 Würth	0.057kg
75	102	Κοχλίας	
76	104	Παξιμάδι M30 x 1,5	
77	105	Συγκράτηση	
78	106	Φτερό 12H9 x 8 x 40 ČSN 022562	

5.6 ΔΟΚΙΜΗ ΚΙΝΗΤΗΡΑ ΈΛΞΕΩΣ 14 ML 3550 K/4

5.6.1 Ετικέτα του κινητήρα



Εικόνα 5.2: Ετικέτα του κινητήρα

5.6.2 Περιγραφή κινητήρα

Ο κινητήρας που εξετάζεται είναι τύπου 14ML 3550 K/4. Η συνδεσμολογία του κινητήρα είναι Υ με κάθε κλάδο να έχει τάση 420V. Ο κινητήρας λειτουργεί σε συχνότητα 50Hz και μέγιστη αποδιδόμενη ισχύ έχει τα 240kW. Η ονομαστική ένταση ρεύματος για το συγκεκριμένο μοντέλο είναι 407A και ο συντελεστής ισχύος είναι αρκετά καλός και ίσος με 0.884. Η ψύξη του κινητήρα γίνεται εξωτερικά με παρεχόμενο αέρα 0.3m³/sec. Τα παραπάνω μεγέθη εξετάζονται ως προς την ικανοποίηση του πρότυπου CN EN 60349-2. Στον πίνακα 5.2 γίνεται η επεξήγηση των συμβόλων της ετικέτας του κινητήρα.

Πίνακας 5.2: Επεξήγηση συμβόλων ετικέτας κινητήρα

α/α	Περιγραφή	Στοιχεία
1	Τύπος	14 ML 3550 K/4
2	Μοντέλο	IP 20 / IC17, IM 1604
3	Κατηγορία μόνωσης	200
4	Τάση	3 x 420 V σύνδεση Υ
5	Συχνότητα	50 Hz
6	Απόδοση δυνάμεως-ισχύς εξόδου	240 kW

7	Επιβάρυνση συνεχούς λειτουργίας	S1
8	Ρεύμα	407 A
9	Προβλεπόμενες στροφές	796 min ⁻¹
10	Μέγιστες στροφές	2292 min ⁻¹
11	Cosφ Συντελεστής απόδοσης του κινητήρα	0,884
12	Ψύξη	Αέρας 0,3 m ³ /sec
13	Βάρος	690 kg

5.7 ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΙΣΧΥΩΣ COSΦ

Το **cosφ** ορίζεται ως συντελεστής ισχύος (power factor, PF):

$$PF = \frac{P}{S} = \frac{\text{ACTIVE POWER}}{\text{APPARENT POWER}} = \text{COS}\Phi \quad \text{εξ. (5.10)}$$

Ο συντελεστής ισχύος εκφράζει το ποσοστό της συνολικής φαινόμενης ισχύος ενός κυκλώματος, το οποίο καταναλώνεται ως ενεργή ισχύς (με το υπόλοιπο να αντιστοιχεί στην άεργη ισχύ). Όσο μεγαλύτερος είναι ο συντελεστής ισχύος, τόσο καλύτερο είναι ένα κύκλωμα, επειδή τόσο λιγότερη η άεργη ισχύς του.

5.7.1 Ορισμός άεργης ισχύς

Με τον όρο άεργη ισχύ ονομάζεται η μη παραγωγική ισχύ, η οποία είναι αναγκαία αφενός για τη λειτουργία ορισμένων ευρέως διαδεδομένων φορτίων, και αφετέρου για τη λειτουργία των δικτύων μεταφοράς και διανομής ηλεκτρικής ενέργειας. Η άεργη ισχύς είναι απαραίτητη για την λειτουργία φορτίων τα οποία παρουσιάζουν επαγωγική συμπεριφορά. Τέτοιου είδους φορτία είναι, οι κινητήρες, τα πηνία και γενικότερα ο εξοπλισμός εκείνος, όπου η λειτουργία του απαιτεί δημιουργία μαγνητικών πεδίων.

Η άεργη ισχύς είναι χαρακτηριστικό του εναλλασσόμενου ρεύματος (δεν υφίσταται στο συνεχές), και οφείλεται στην ύπαρξη των αυτεπαγωγών και χωρητικότητων ενός κυκλώματος. Είναι γνωστό πως οι αυτεπαγωγές (πηνία) μετατρέπουν την ηλεκτρική ενέργεια που δέχονται σε ενέργεια μαγνητικού πεδίου, την οποία αποθηκεύουν στο εσωτερικό τους, ενώ στη συνέχεια τη μετατρέπουν ξανά σε ηλεκτρική ενέργεια και την αποδίδουν πάλι στο δίκτυο.

Αντίστοιχα, οι χωρητικότητες (πυκνωτές) μετατρέπουν την ηλεκτρική ενέργεια που δέχονται σε ενέργεια ηλεκτρικού πεδίου, την οποία αποθηκεύουν στο εσωτερικό τους, ενώ στη συνέχεια τη μετατρέπουν επίσης ξανά σε ηλεκτρική ενέργεια και την αποδίδουν πάλι στο δίκτυο. Αυτό σημαίνει ότι σε όποιο κύκλωμα εναλλασσόμενου ρεύματος υπάρχουν αυτεπαγωγές ή χωρητικότητες, υπάρχει και ένα ποσό

ηλεκτρικής ισχύος που μεταφέρεται συνεχώς από και προς τα στοιχεία αυτά, χωρίς όμως να παράγει έργο ή να καταναλώνεται.

5.7.2 Προβλήματα που δημιουργούνται από άεργη ισχύ

Μπορεί η ίδια να μην καταναλώνεται οπότε και να μην χάνεται αλλά για τη μεταφορά της απαιτούνται κάποια ρεύματα τα οποία προκαλούν ωμικές απώλειες στις ωμικές αντιστάσεις των αγωγών. Όπου λοιπόν υπάρχουν στοιχεία που χρειάζονται άεργη ισχύ, δημιουργούνται αυξημένα ρεύματα, άρα και αυξημένες απώλειες στα δίκτυα που τα τροφοδοτούν.

5.7.3 Αντιμετώπιση προβλήματος

Ένας τρόπος αντιμετώπισης είναι η αντιστάθμιση. Η άεργη ισχύς δημιουργείται λόγω του τρόπου με τον οποίο συνεχώς ανταλλάσσουν ενέργεια με το δίκτυο. Αν λοιπόν για κάθε πηνίο που δημιουργεί πρόβλημα τοποθετείται μαζί και ένας πυκνωτής η αναγκαία άεργη ισχύς για την λειτουργία των στοιχείων θα ταλαντώνεται συνεχώς μεταξύ πηνίου και πυκνωτή, χωρίς να χρειάζεται να μεταφερθεί από το δίκτυο προκαλώντας πρόβλημα αυξημένων ρευμάτων άρα και απωλειών.

5.7.4 Φαινόμενη και ενεργή ισχύς

Η φαινόμενη ισχύς εκφράζει τη συνολική ισχύ (ενεργή και άεργη) που διέρχεται από ένα κύκλωμα. Συμβολίζεται με το γράμμα S και η μονάδα μέτρησής της είναι το Volt-Ampere (VA).

$$S = \sqrt{3} * V * I \quad (VA) \quad \text{εξ.}(5.11)$$

V= τάση ρεύματος

I= ένταση ρεύματος

Όπου V και I = πολικές τιμές.

Η ενεργή ισχύς εκφράζει την ισχύ που καταναλώνεται στα στοιχεία του κυκλώματος. Για την ενεργή ισχύ χρησιμοποιείται το σύμβολο P, και η μονάδα μέτρησής της είναι το Watt (W)

$$P = \sqrt{3} * V * I * \cos\phi \quad (W) \quad \text{εξ.}(5.12)$$

V= τάση ρεύματος

I= ένταση ρεύματος

COSϕ= συντελεστής ισχύος

Όπου V και I = πολικές τιμές

Για την άεργη ισχύ χρησιμοποιείται το σύμβολο Q και η μονάδα μέτρησης της είναι το Volt-Ampere-reactive (VAR)

$$Q = \sqrt{3} * V * I * \text{SIN}\Phi \text{ (VAR)} \quad \text{εξ. (5.13)}$$

V= τάση ρεύματος

I= ένταση ρεύματος

SINΦ= ημίτονο της γωνίας φ

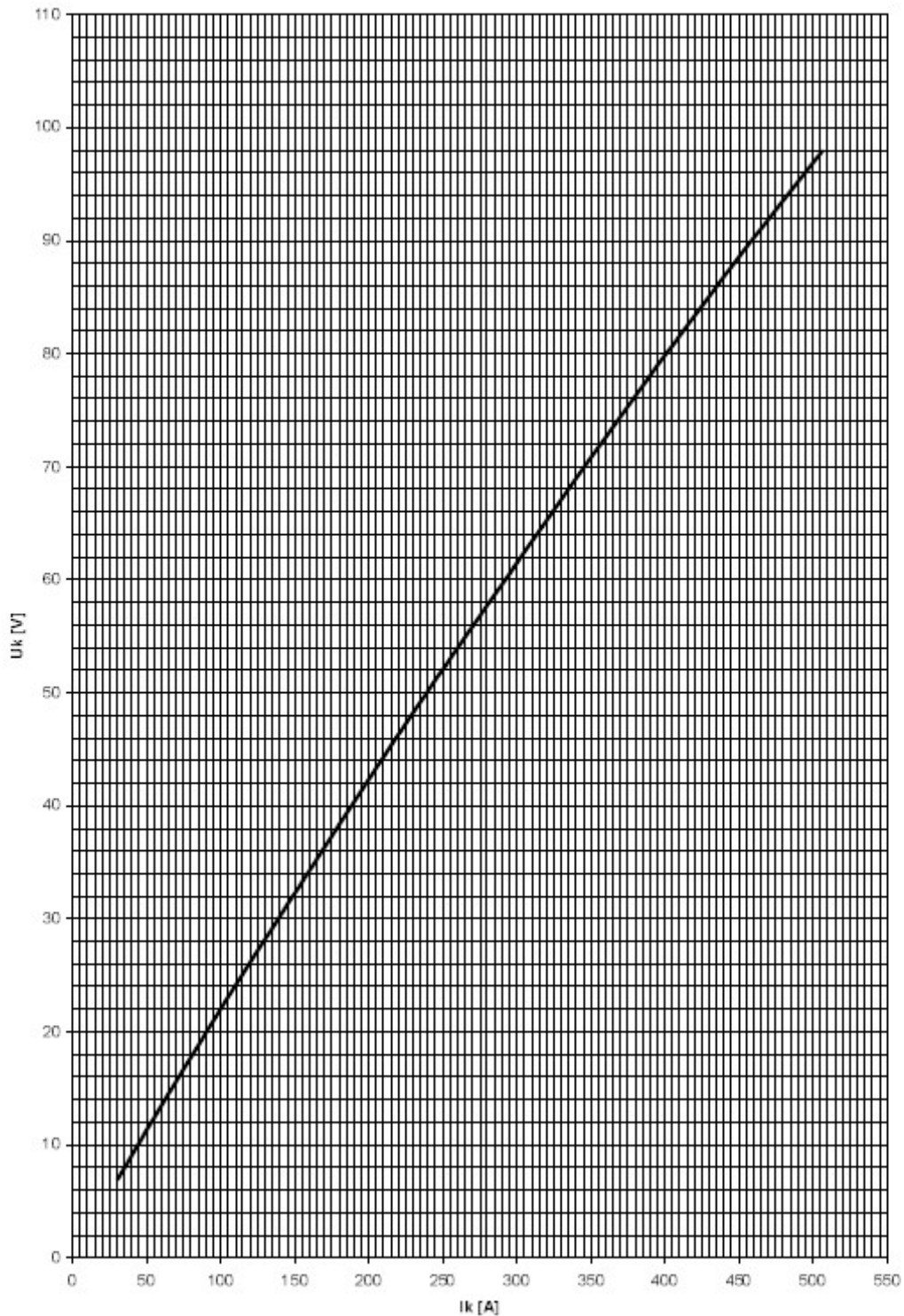
Όπου V και I= πολικές τιμές

5.8 ΜΕΤΡΗΣΗ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΚΕΝΟΥ

5.8.1 Μέτρηση χαρακτηριστικών επαγωγικού κινητήρα σε ζεστή κατάσταση

Τα ακόλουθα διαγράμματα (5.1 έως 5.4) παρουσιάζουν τις χαρακτηριστικές καμπύλες που προκύπτουν από τις δοκιμές στον κινητήρα με αριθμό παραγωγής 0617246 ο οποίος έχει τα ακόλουθα χαρακτηριστικά: Τάση: 81.3V , Ρεύμα: 407 A, Απώλεια ισχύος: 19.8kW, cosφ=0.345 και Συχνότητα: f=50Hz. Στο διάγραμμα 5.1 φαίνεται η χαρακτηριστική καμπύλη με κοντό κύκλωμα $U_k=f_k(I)$ για συχνότητα f=50Hz και θερμοκρασία λειτουργίας του κινητήρα T=150°C. Είναι φανερό ότι για μέσες τιμές ρεύματος (150-400 A) η σχέση τάσης ρεύματος δεν είναι ακριβώς γραμμική.

Χαρακτηριστική με κοντό κύκλωμα $U_k = f(I_k)$. $f = 50 \text{ Hz}$. $T = 150^\circ \text{C}$

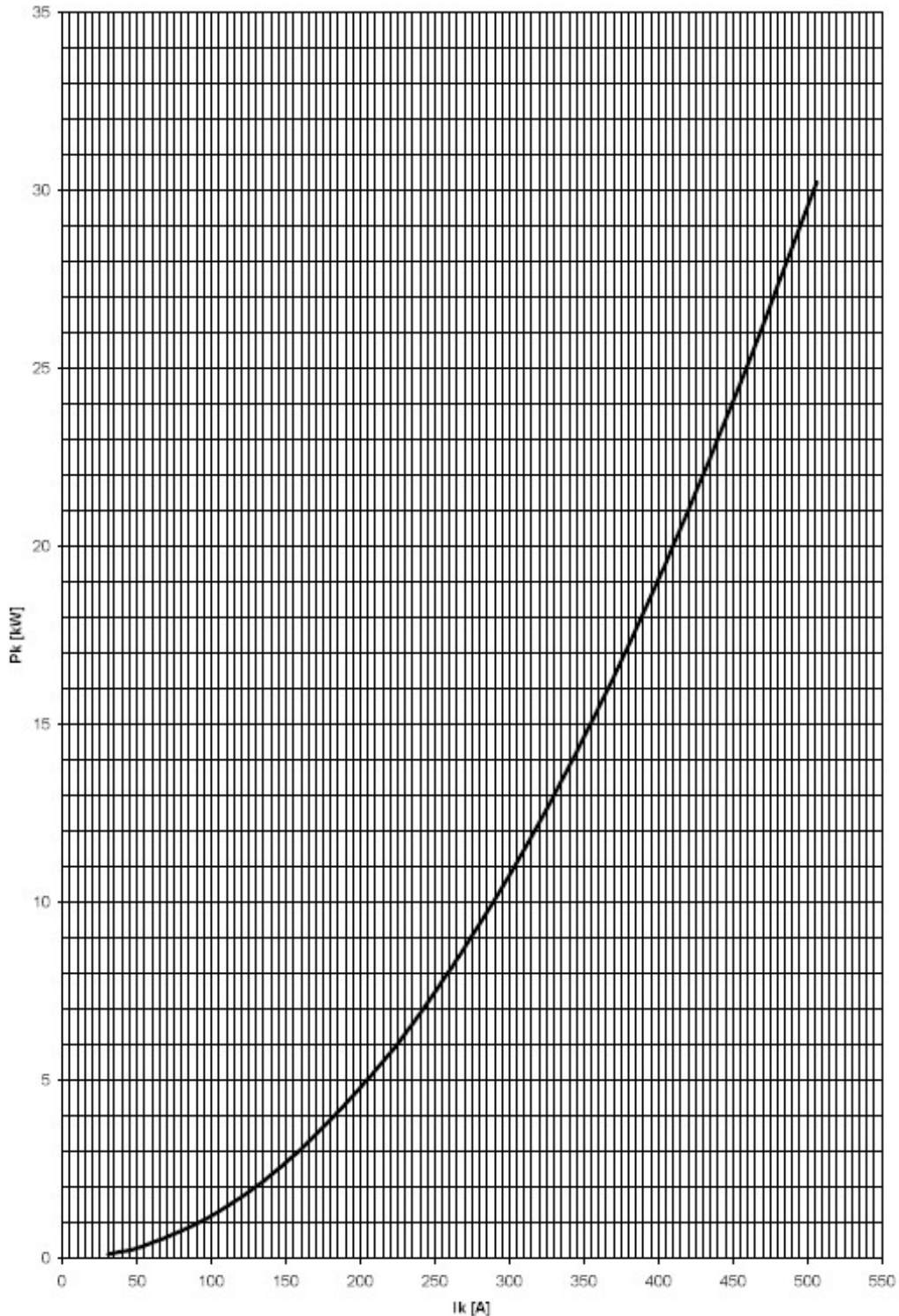


Διάγραμμα 5.1: Χαρακτηριστική καμπύλη τάση συναρτήσεως του ρεύματος διέγερσης

Στο διάγραμμα 5.2 παρουσιάζεται η ισχύς του κινητήρα για κοντό κύκλωμα με σταθερή συχνότητα $f=50\text{Hz}$ και θερμοκρασία $T=150^\circ \text{C}$ συναρτήσεως του ρεύματος διέγερσης.

Η ισχύς αυξάνεται σχεδόν γραμμικά με την ένταση και αυτό γιατί το $\cos \varphi$ και ο βαθμός απόδοσης (η) μεταβάλλονται με την μεταβολή του φορτίου. Για τιμή ρεύματος 500 A η μέγιστη ισχύς είναι 31kW ενώ για πολύ μικρές τιμές ρεύματος η ισχύς είναι μηδενική. Η μέγιστη ισχύς που επιτυγχάνεται από τη δοκιμή του κινητήρα προσεγγίζει την ονομαστική ισχύ που δίνεται από τα χαρακτηριστικά του κινητήρα.

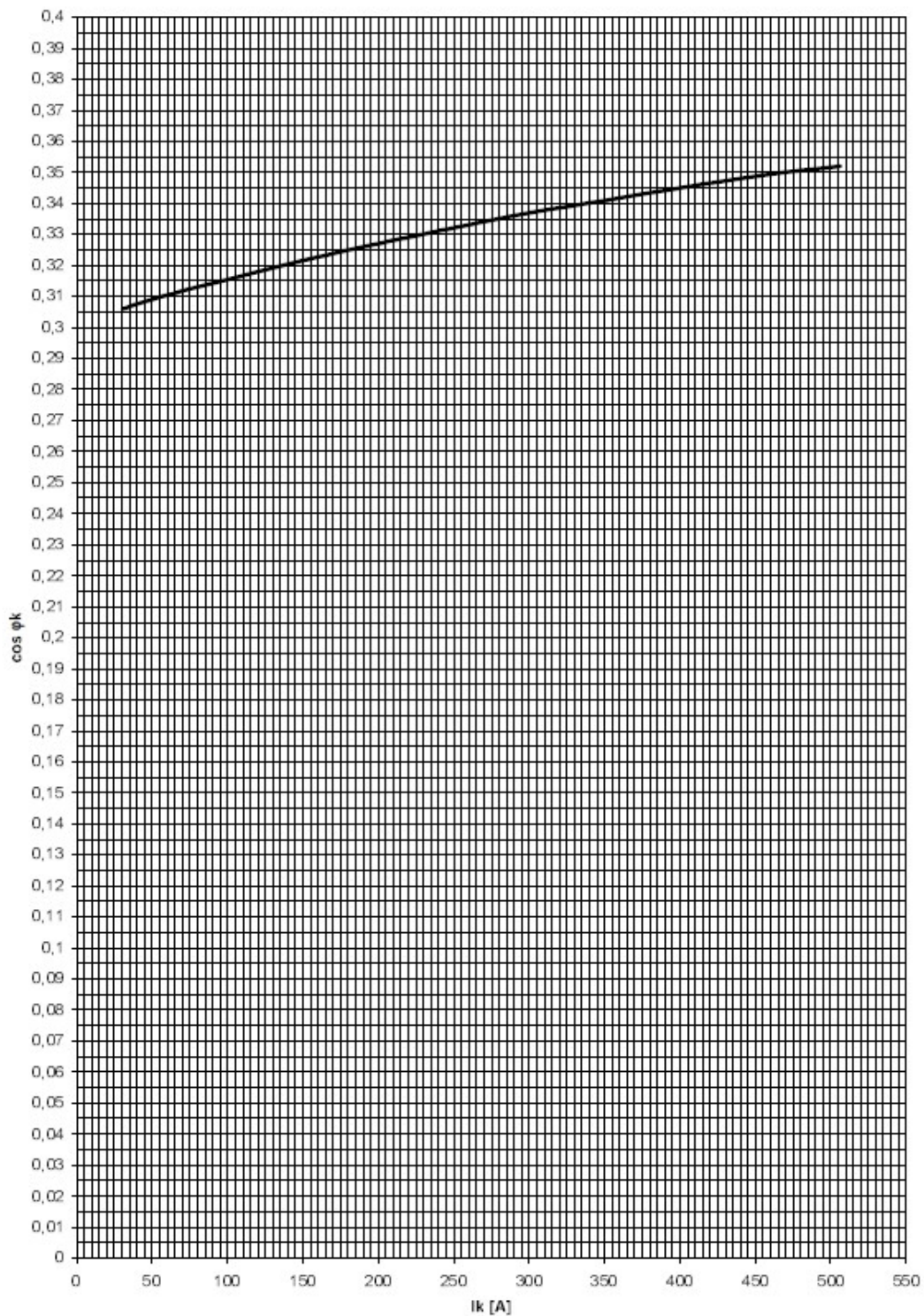
Χαρακτηριστική με κοντό κύκλωμα $P_k = f(I_k)$, $f = 50 \text{ Hz}$, $T = 150^\circ \text{C}$



Διάγραμμα 5.2: Χαρακτηριστική καμπύλη ισχύος συναρτήσει του ρεύματος

Στο διάγραμμα 5.3 παρουσιάζεται ο συντελεστής ισχύος για τον κινητήρα σε συνάρτηση με την ένταση του ρεύματος διέγερσης. Ως συντελεστής ισχύος ορίζεται ο λόγος κατανάλωσης ενεργού ισχύος προς τη φαινόμενη ισχύ του φορτίου. Παρατηρείται από το σχήμα ότι ο συντελεστής ισχύος μεταβάλλεται από 0.3 έως 0.35 που είναι ιδιαίτερα χαμηλός συντελεστής ισχύος για τη λειτουργία κινητήρα. Χαρακτηριστικό είναι ότι όσο αυξάνεται η ένταση του ρεύματος αυξάνεται και η κατανάλωση ενεργού ισχύος, δηλαδή τόσο μεγαλύτερο ποσοστό ισχύος γίνεται έργο.

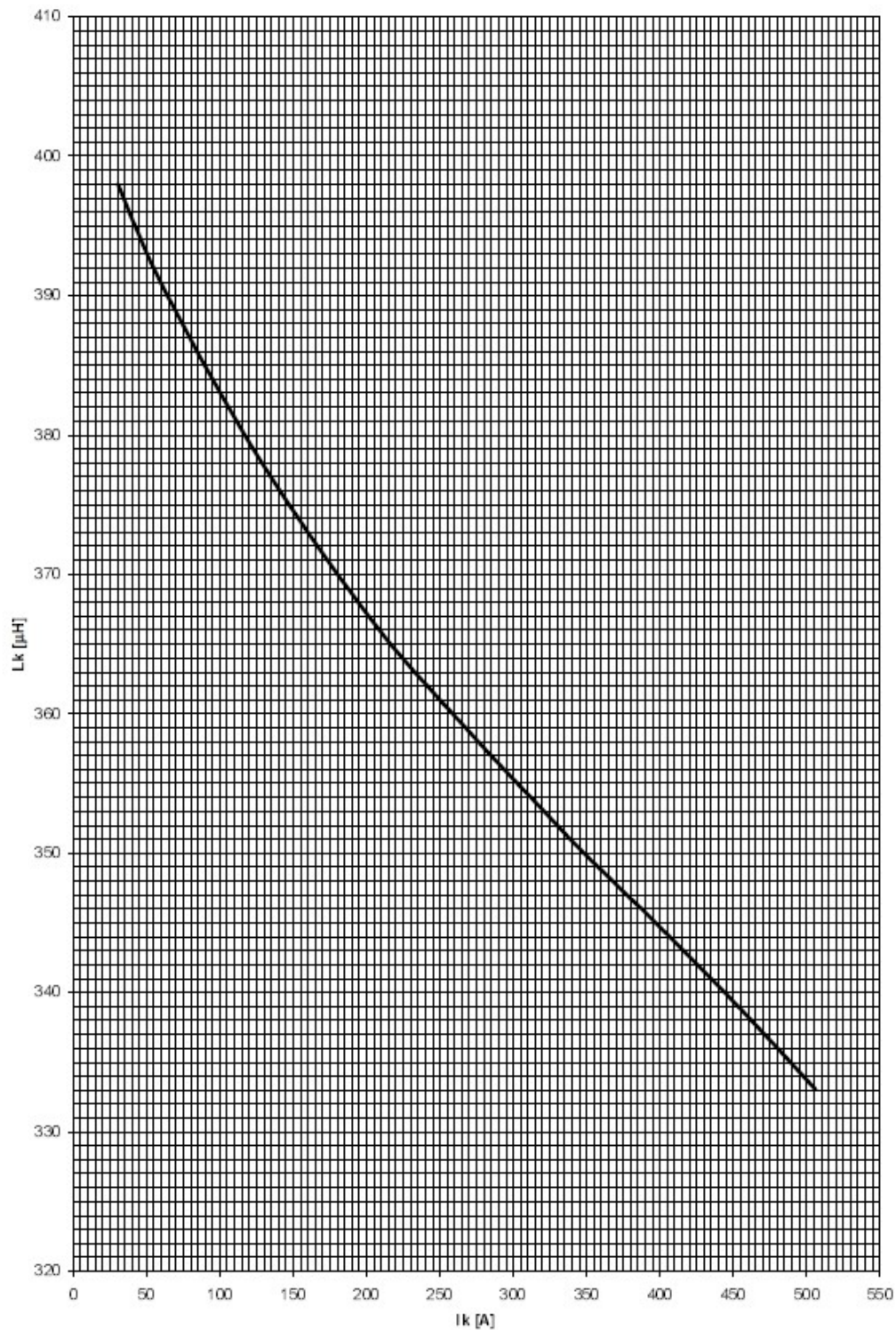
Χαρακτηριστική με κοντό κύκλωμα $\cos\phi_k = f(I_k)$. $f = 50 \text{ Hz}$. $T = 150^\circ \text{C}$



Διάγραμμα 5.3: Χαρακτηριστική καμπύλη του συντελεστή ισχύος συναρτήσει του ρεύματος διέγερσης

Στο διάγραμμα 5.4 παρουσιάζεται η ελάχιστη επαγωγή που απαιτείται για κάθε κλάδο του κινητήρα συναρτήσει του ρεύματος.

Χαρακτηριστική με κοντό κύκλωμα $L_k = f(I_k)$, $f = 50 \text{ Hz}$, $T = 150^\circ \text{C}$



Διάγραμμα 5.4: Χαρακτηριστική καμπύλη ελάχιστης επαγωγής συναρτήσει του ρεύματος

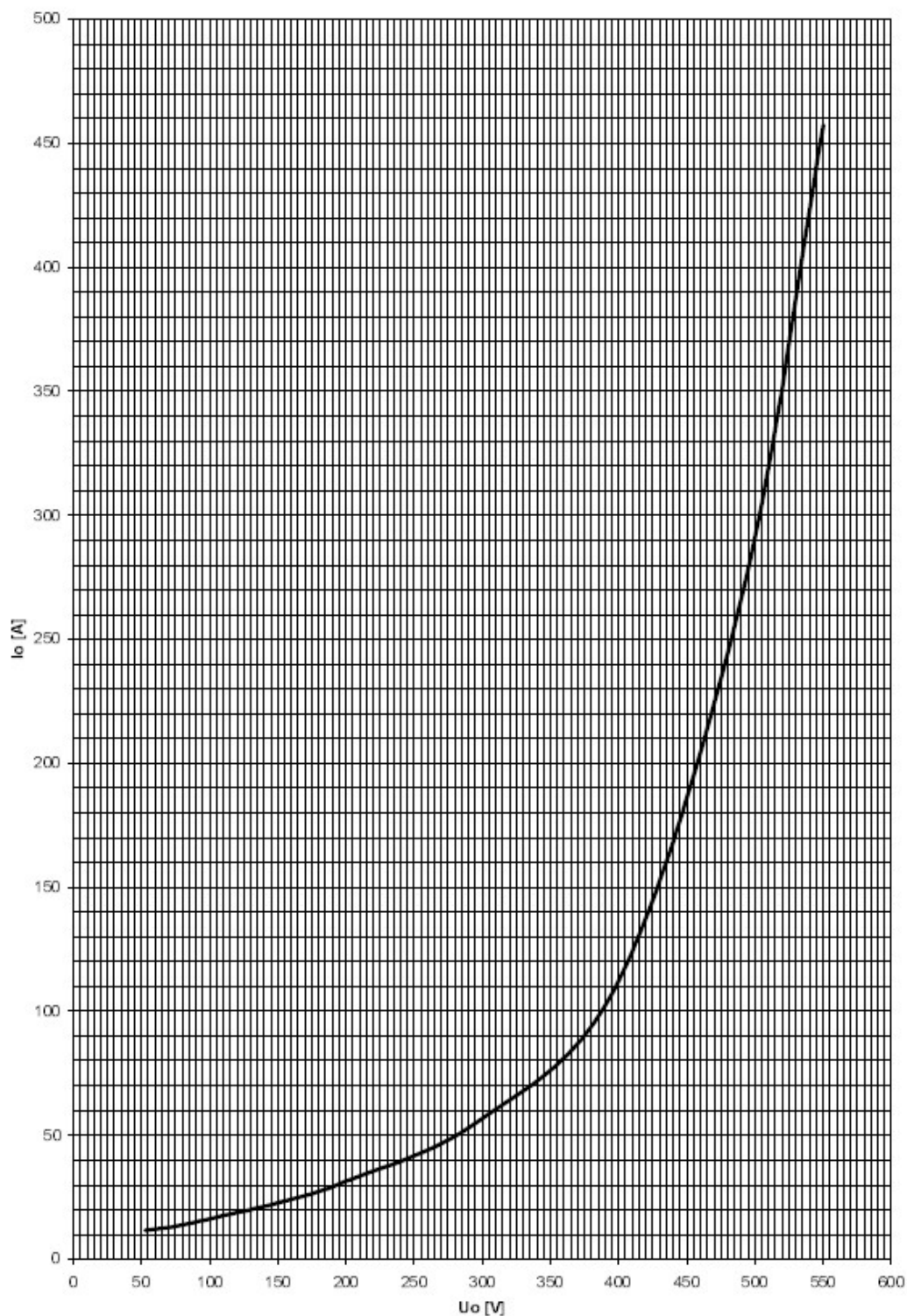
Από το διάγραμμα είναι προφανές ότι η ελάχιστη επαγωγή είναι αντιστρόφως ανάλογη προς το ρεύμα διέγερσης και μειώνεται σχεδόν γραμμικά καθώς η ένταση του ρεύματος αυξάνεται.

5.8.2 Μέτρηση και χαρακτηριστικά χωρίς επιβάρυνση σε ζεστή κατάσταση

Τα ακόλουθα διαγράμματα 5.5 έως 5.7 παρουσιάζουν τις χαρακτηριστικές καμπύλες που προκύπτουν από τις δοκιμές στον κινητήρα με αριθμό παραγωγής 0617246 χωρίς φορτίο ο οποίος έχει τα ακόλουθα χαρακτηριστικά: Τάση χωρίς επιβάρυνση: 420V, Ρεύμα 134 A, Απώλειες ισχύος: $P=4.6\text{kW}$, συντελεστή ισχύος: $\cos\phi=0.0472$ και συχνότητα $f=50\text{Hz}$.

Στο διάγραμμα 5.5 φαίνεται η χαρακτηριστική καμπύλη $I=f(U_0)$. Από το διάγραμμα είναι φανερό ότι η ονομαστική ένταση ρεύματος 407 A που δίνεται από τα χαρακτηριστικά του κινητήρα για την περίπτωση φόρτισης πετυχαίνεται όταν η αρχική τάση του κινητήρα είναι 500V. Για μέσες τιμές τάσης από 150 έως 400V η μεταβολή του ρεύματος λόγω απουσία φορτίου είναι μη γραμμική σε σχέση με την τάση. Όταν ξεπεραστεί η τιμή της ονομαστικής τάσης αυξάνεται κάθετα το I_0 δηλαδή έχουμε μεγάλες απώλειες.

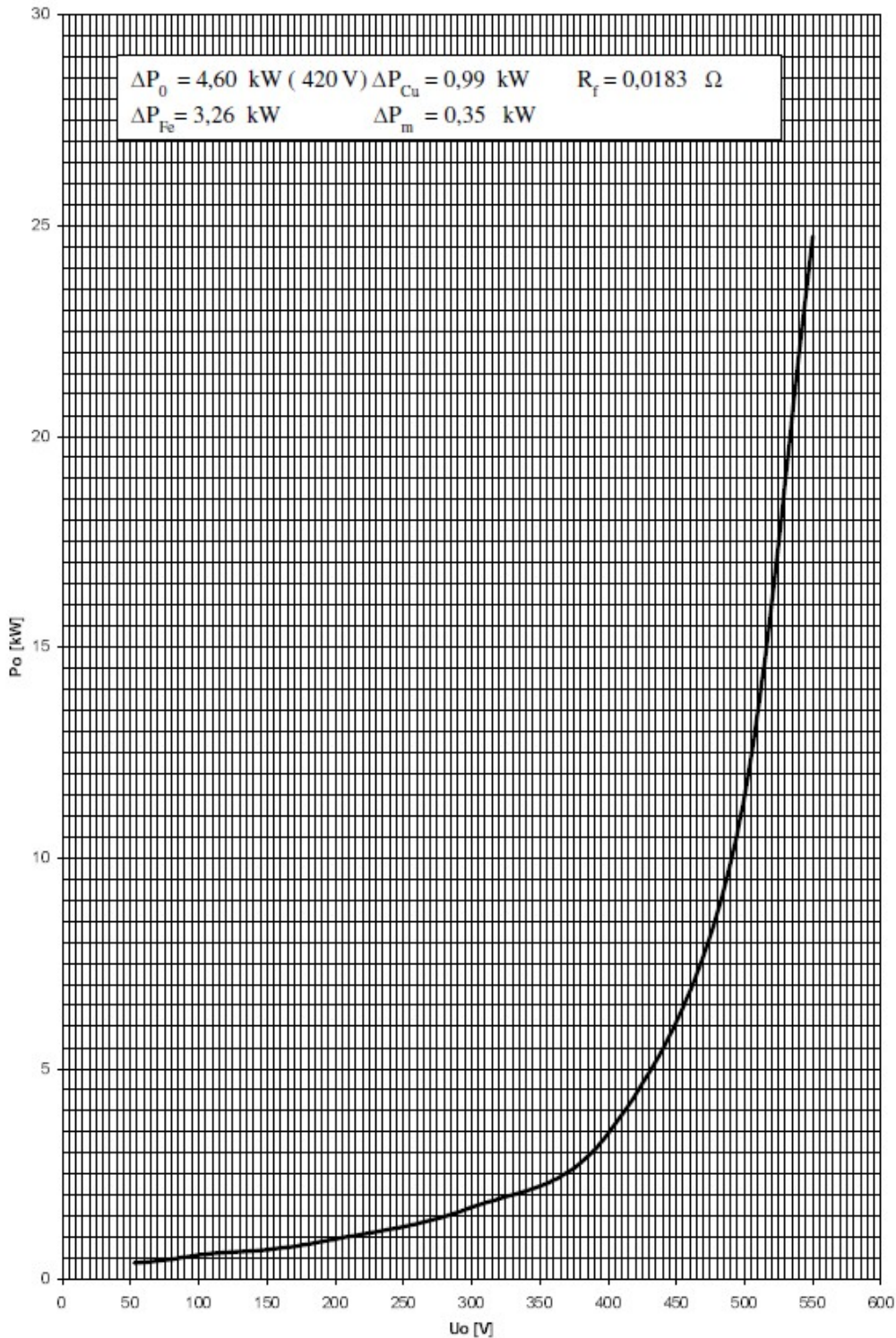
Χαρακτηριστική χωρίς επιβάρυνση $I_0 = f(U_0)$, $f = 50 \text{ Hz}$, $T = 150^\circ \text{ C}$



Διάγραμμα 5.5: Χαρακτηριστική καμπύλη χωρίς φόρτιση του ρεύματος συναρτήσει του δυναμικού.

Στο διάγραμμα 5.6 παρουσιάζονται οι απώλειες ισχύος για την περίπτωση λειτουργίας χωρίς επιβάρυνση συναρτήσει του δυναμικού λειτουργίας.

Χαρακτηριστική χωρίς επιβάρυνση $P_0 = f(U_0)$, $f = 50 \text{ Hz}$, $T = 150^\circ \text{C}$



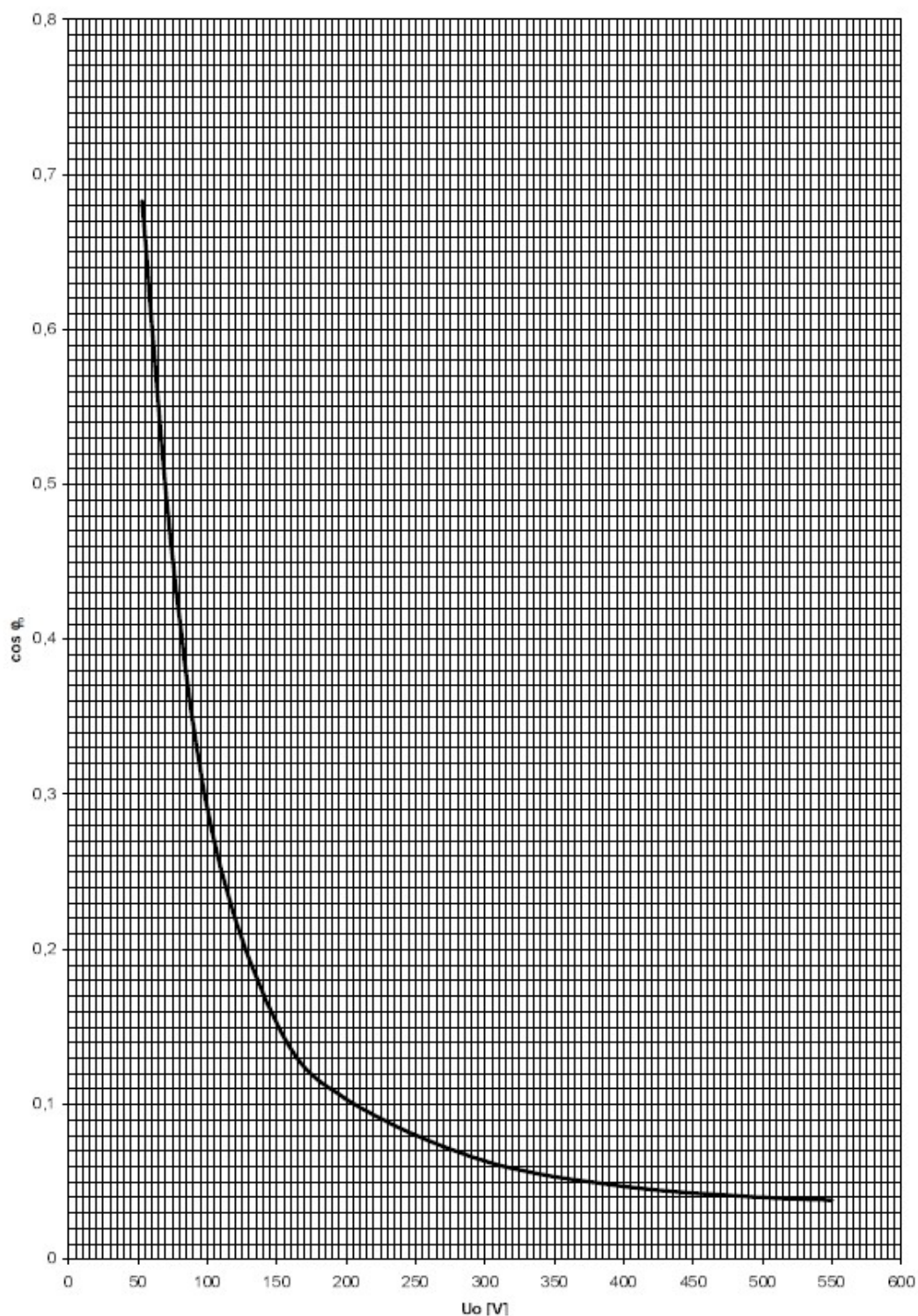
Διάγραμμα 5.6: Χαρακτηριστική καμπύλη χωρίς επιβάρυνση της ισχύος συναρτήσει του δυναμικού.

Σε ιδανικές συνθήκες λειτουργίας η ισχύς θα έπρεπε να αυξάνεται γραμμικά με τη εφαρμοζόμενη τάση. Κάτι τέτοιο όμως δεν γίνεται εξαιτίας της απώλειας ισχύος που πραγματοποιείται κατά τη λειτουργία του κινητήρα. Από το διάγραμμα φαίνεται

ότι για μικρές τιμές δυναμικού (50-200V) κυριαρχούν οι ονομαστικές απώλειες ισχύος εξαιτίας της λειτουργίας του που είναι της τιμής 460 KW. Για μέσες τιμές τιμές δυναμικού (200-400V) κυρίαρχες είναι οι ωμικές απώλειες εξαιτίας της αντίστασης που αναπτύσσεται κατά τη λειτουργία του κινητήρα ενώ για μεγάλες τιμές δυναμικού κυρίαρχες είναι οι απώλειες λόγω διάβρωσης των υλικών.

Η χαρακτηριστική του συντελεστή ισχύος χωρίς επιβάρυνση συναρτήσει του δυναμικού λειτουργίας παρουσιάζεται στο διάγραμμα 5.7.

Χαρακτηριστική χωρίς επιβάρυνση $\cos \phi_0 = f(U_0)$. $f = 50 \text{ Hz}$. $T = 150^\circ \text{ C}$



Διάγραμμα 5.7: Χαρακτηριστική του συντελεστή ισχύος σε συνθήκες χωρίς επιβάρυνση συναρτήσει του δυναμικού λειτουργίας.

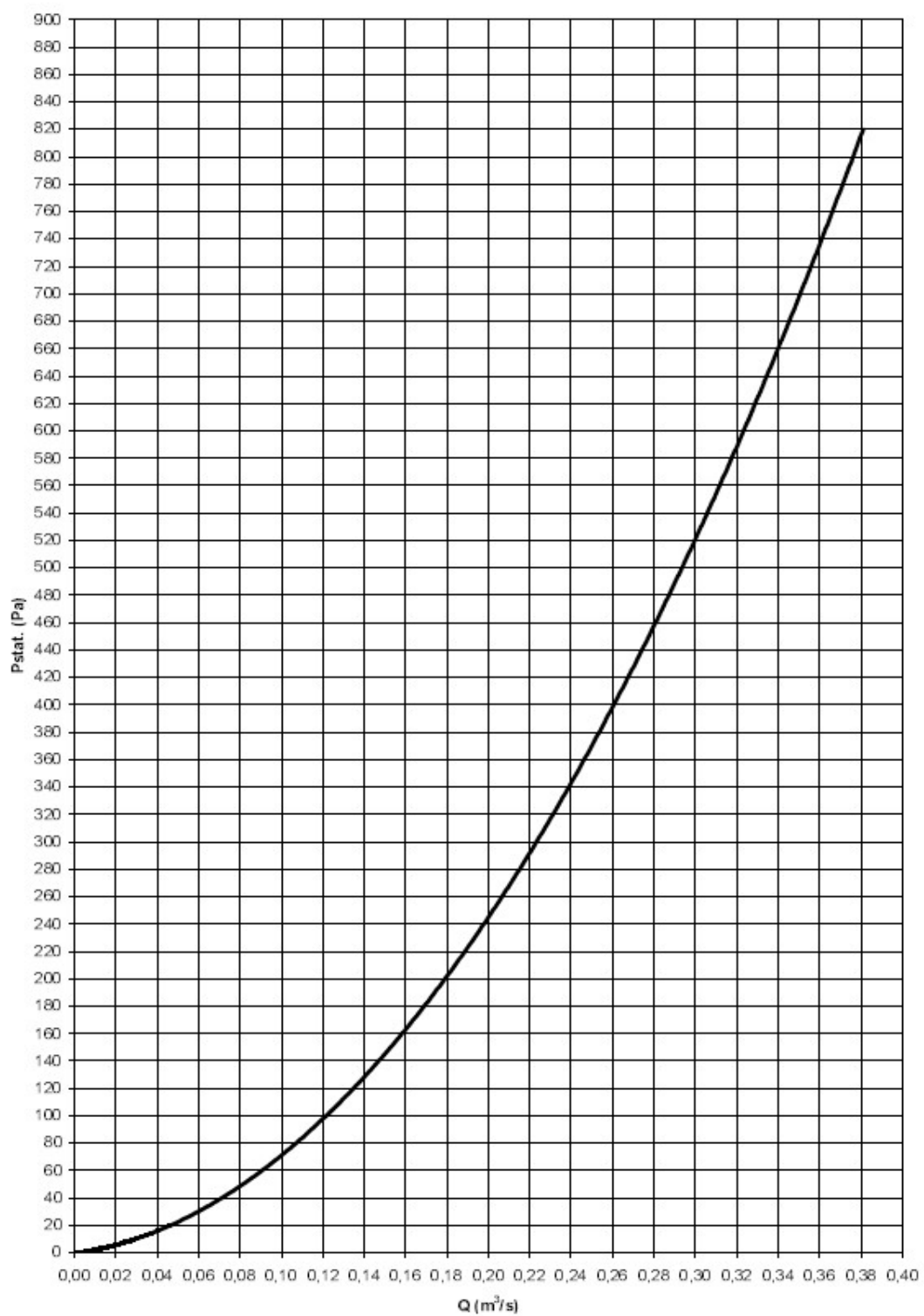
Από το διάγραμμα φαίνεται ότι στην αρχική εφαρμογή τάσης ο συντελεστής ισχύος είναι αρκετά μεγάλος ενώ όσο αυξάνεται η τάση αυξάνεται και η φαινόμενη

ισχύς με αποτέλεσμα να μειώνεται εκθετικά και ο συντελεστής ισχύος. Πρέπει να αποφεύγουμε την αφόρτιστη λειτουργία του κινητήρα καθώς έχουμε πολλές απώλειες και κακό $\cos \phi$.

5.8.3 Μέτρηση της υδραυλικής αντίστασης του κινητήρα

Στο διάγραμμα 5.8 παρουσιάζεται η υδραυλική χαρακτηριστική του κινητήρα συναρτήσει της παροχής του αέρα. Από το Σχήμα είναι προφανές ότι η στατική πίεση του υδραυλικού συστήματος του κινητήρα αυξάνεται εκθετικά όσο αυξάνεται η παροχή του αέρα. Αύξηση της στατικής πίεσης σημαίνει αύξηση της υδραυλικής αντίστασης του κινητήρα και κατά συνέπεια αύξηση της αποδιδόμενης ισχύος του, δηλαδή όσο αυξάνεται η παροχή του αέρα δημιουργεί καλύτερη ψύξη και συνεπώς καλύτερη λειτουργία του κινητήρα άρα αυξάνεται η ισχύς, επομένως βέλτιστη λειτουργία και μικρές απώλειες ισχύος.

Υδραυλική χαρακτηριστική $P_{stat.} = f(Q)$



Διάγραμμα 5.8: Υδραυλική χαρακτηριστική του κινητήρα.

5.8.4 Μέτρηση ταχύτητας κύμανσης

Στον πίνακα 5.3 φαίνονται οι τιμές της ταχύτητας κύμανσης σε οχτώ διαφορετικά σημεία που μετρήθηκαν στον κινητήρα έλξης. Η δοκιμή έγινε σε χαμηλές, μεσαίες, και υψηλές στροφές.

Πίνακας 5.3: Τιμές ταχύτητας κύμανσης σε 8 σημεία μέτρησης

a/a		Σημεία μέτρησης στον κινητήρα έλξης								
1		Vef (mm/sec)								
2	n(min) ⁻¹	1	2	3	4	5	6	7	8	Πορεία από τον άξονα κιβώτιου μετάδοσης
3	796	1	0,6	0,7	0,9	1,4	1,6	1,4	1,5	Δεξιά
4	1500	2,8	1,2	0,8	1,5	2,4	1,2	1,5	1,5	Δεξιά
5	2292	3,5	3,3	0,5	3,3	2,7	2,1	1,8	2	Δεξιά
6	796	1	0,2	0,8	1,1	1,6	1,2	1	1,1	Αριστερά
7	1500	3	1,5	0,8	2	1,8	1,1	1,2	1,2	Αριστερά
8	2292	3,4	3,2	0,5	3,1	2,7	0,9	1,4	1,2	Αριστερά

Όπου **Vef** = Ταχύτητα κύμανσης (mm/sec)

Από τις μετρήσεις που έγιναν φαίνεται πως η ταχύτητα κύμανσης έχει αμελητέες αποκλίσεις σε όλο το εύρος στροφών σε σύγκριση με την φορά περιστροφής του άξονα μετάδοσης. Αυτό έχει να κάνει με την σωστή και ομαλή λειτουργία του κινητήρα και το σωστό δέσιμο του.

Στις εικόνες 5.3 και 5.4 φαίνεται ο πειραματικός σταθμός που έγιναν οι παραπάνω δοκιμές του κινητήρα έλξης.



Εικόνα 5.3: Πειραματικός σταθμός



Εικόνα 5.4: Πειραματικός σταθμός δοκιμών κινητήρα έλξη

Η εικόνα 5.5 και 5.6 δείχνουν τα σημεία που έγιναν οι 8 μετρήσεις της ταχύτητας κύμανσης πάνω στον κινητήρα έλξης.



Εικόνα 5.5: Σημεία μέτρησης δόνησης



Εικόνα 5.6: Σημεία μέτρησης δόνησης

5.9 ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΤΟΥ ΚΙΝΗΤΗΡΑ ΈΛΞΗΣ

5.9.1 Συντήρηση μετά από τα 10.000 χμ

- Χρειαζόμενη ώρα εργασίας - 1 ώρα
- Έλεγχος σφιξίματος όλων των εξωτερικών βιδωτών ενώσεων του κινητήρα και της σταθεροποίησης του στο σασί.
- Έλεγχος της κατάστασης του λαδιού

5.9.2 Συντήρηση μετά από τα 100.000 χμ ή μετά από 1 χρόνο λειτουργίας

- Χρειαζόμενη ώρα εργασίας - 10 ώρες.
- Οπτικός έλεγχος της γενικώς, καλωδίων και περασμάτων
- Καθάρισμα της σίτας εξαγωγής του αέρα ψύξεως και τις περιελίξεις.
- Μέτρηση της αντίστασης μόνωσης. Η αξία της αντίστασης δεν πρέπει να είναι χαμηλότερη από 5 MΩ
- Αλλαγή λαδιού στο κιβώτιο (ολόκληρη ποσότητα 2 λίτρα)

5.9.3 Συντήρηση μετά από τα 500.000 χμ ή μετά από 8 χρόνια λειτουργίας

- Χρειαζόμενη ώρα εργασίας - 20 ώρες
- Ο κινητήρας πρέπει να λυθεί από το σασί του τρόλεϊ και να γίνει αποσύνδεση

5.9.4 Στάτης

- Καθάρισμα του εξωτερικού από ακαθαρσίες και κακές βαφές
- Καθάρισμα και φύσημα του στάτη συμπεριλαμβανομένου των γραμμών αερισμού και έρευνα των κυκλωμάτων του στάτη
- Έρευνα τελικού συνδετήρα των καλωδίων έξοδος και μονωτικών σωλήνων στεγανοποίησης.
- Μέτρηση της ωμικής αντίστασης περιέλιξης. Σύγκριση των μετρημένων δεδομένων με το πρωτόκολλο δοκιμών.
- Έλεγχος λειτουργίας των μετρήσεων αντιστατικών, εναλλακτικά αλλαγή.

5.9.5 Ρότορας

- Καθάρισμα από ακαθαρσίες, βαφές και φύσημα με πιεζόμενο αέρα
- Έρευνα κατάστασης των βραχυκυκλωμένων δακτυλίων – ζημιές ράγισμα κλπ
- Ανανέωση του καλαφατίσματος στις αυλάκωσες
- Ισοζυγισμός του ρότορα – επιτρεπόμενη διαφορά 1 γραμμάριο σε $r=100\text{mm}$ και στα δύο επίπεδα
- Ανανέωση βαφής

5.10 Συμπεράσματα

Οι δοκιμές που πραγματοποιήθηκαν στον κινητήρα 14ML 3550 K/4 έγιναν με βάση το πρωτόκολλο τυπικής δοκιμής της Skoda. Τα διαγράμματα που παρουσιάστηκαν αφορούν τη μέτρηση των χαρακτηριστικών του κινητήρα με αριθμό παραγωγής 0617246 και οι δοκιμές που πραγματοποιήθηκαν έγιναν με βάση το πρότυπο CSN

EN 60349-2. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν είναι σύμφωνα με το πρότυπο και κατά συνέπεια ο συγκεκριμένος κινητήρας μπορεί να βγει στην παραγωγή.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Κατά την ιστορική αναδρομή των τρόλλεϋ που έγινε, φαίνεται πως από το έτος 1882, όπου πρωτοεμφανίστηκαν τα ηλεκτροκίνητα οχήματα έως και σήμερα υπάρχει συνεχείς εξέλιξη αυτών με αποκορύφωση τη νέα γενιά τρόλλεϋ τεσσάρων τύπων. Μια από τις πιο σημαντικές αλλαγές σε σχέση με την προηγούμενη γενιά είναι αυτή που αφορά τον κινητήρα έλξης. Πλέον είναι τριφασικός εναλλασσόμενου ρεύματος κι αυτό έχει σαν αποτέλεσμα το χαμηλότερο κόστος, την εύκολη διαδικασία συντήρησης και τη μεγαλύτερη ανθεκτικότητα. Επίσης το βοηθητικό σύστημα κίνησης (ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος) εξυπηρετεί σε περίπτωση βλάβης στο ηλεκτρολογικό κομμάτι. Έτσι αποφεύγεται ο συνωστισμός από τυχόν ακινητοποιημένα τρόλλεϋ, οι πολίτες δεν ταλαιπωρούνται και τα τρόλλεϋ έχουν τη δυνατότητα να συνεχίσουν το δρομολόγιό τους και έπειτα να πάνε στο αμαξοστάσιο για την επισκευή τους. Επίσης σημαντική αλλαγή είναι το ηλεκτρονικό σύστημα ελέγχου πεπιεσμένου αέρα, με το οποίο ελέγχονται οι αναρτήσεις των τρόλλεϋ. Χάρη στη δυνατότητα επιγονάτισης του οχήματος η επιβίβαση και η αποβίβαση των ηλικιωμένων γίνεται με την καλύτερη δυνατή εξυπηρέτηση. Ακόμη γίνεται πιο εύκολη η επιβίβαση αλλά και ιδανικότερος ο ειδικός χώρος παραμονής των α.μ.ε.α. μέσα στο όχημα.

Τελευταία και πολύ σημαντική εξέλιξη είναι η τηλεματική, η οποία ελέγχει τα οχήματα αλλά και τους υποσταθμούς. Το αυτόματο σύστημα εποπτείας οχημάτων (Α.Σ.Ο.Ε.) περιλαμβάνει το κέντρο διαχείρισης οχημάτων, τους αναμεταδότες σε Πάρνηθα και Υμηττό και 190 οχήματα ενταγμένα σε δέκα γραμμές. Οι δυνατότητες του συστήματος είναι ο εντοπισμός των θέσεων όλων των οχημάτων άμεσα με ακρίβεια μεγαλύτερη από δέκα μέτρα. Προσδιορίζονται τα χρονικά διαστήματα μεταξύ διαδοχικών στάσεων και μέσω του υπολογιστή που βρίσκεται στο όχημα αποστέλλονται οι παραπάνω πληροφορίες στο κέντρο διαχείρισης οχημάτων. Εκεί ταξινομούνται και επεξεργάζονται, επιτρέποντας την παρέμβαση στην διεξαγωγή των δρομολογίων ανάλογα με τις ανάγκες του επιβατικού κοινού και τις συνθήκες της κυκλοφορίας. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να μην υπάρχουν καθυστερήσεις στα δρομολόγια των τρόλλεϋ.

Σε ότι αφορά στους υποσταθμούς επιτρέπει τον έλεγχο και χειρισμό των εγκαταστάσεών τους. Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός πως η τηλεματική είναι ένα σύστημα ελέγχου το οποίο είναι υπαρκτό μόνο στα τρόλλεϋ. Παρ' όλες τις τεχνολογικές εξελίξεις που έχουν γίνει όμως υπάρχουν συστήματα όπου απαιτούν καθημερινό έλεγχο για την αποφυγή προβλημάτων. Ένα τέτοιο σύστημα είναι αυτό τουπέδου λήψης ρεύματος το οποίο ελέγχεται διεξοδικά ειδικά σε ακραίες καιρικές συνθήκες, υφίσταται γρήγορη φθορά το τεμάχιο του άνθρακα. Μεγάλες προσπάθειες γίνονται ακόμη για την αποφυγή εκτροχιασμών, ειδικά σε σημεία αλλαγής πορείας και διασταυρώσεων με τη βοήθεια νέων εξαρτημάτων αιχμών αλλαγής πορείας, τα οποία όμως δεν είναι 100% αποτελεσματικά.

Ιδανική λειτουργία των οχημάτων θα ήταν αν η τροφοδότηση του ρεύματος γινόταν από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, ούτως ώστε να έχουν μηδενική εκπομπή ρύπων και στην παραγωγή ρεύματος. Παρ' όλ' αυτά τρόλλεϋ δεν επιβαρύνουν επιπλέον την ατμόσφαιρα σε αντίθεση με τα θερμικά λεωφορεία που θα ήταν προτιμότερο ν' αντικατασταθούν με ηλεκτροκίνητα λεωφορεία για την αποφυγή της περεταίρω μόλυνσης του περιβάλλοντος. Τέλος το τρόλλεϋ είναι ένα πρακτικό μέσο μεταφοράς με τη μεγαλύτερη συχνότητα χρήσης με ποσοστό 68%.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Γεωργίου Π., αρχείο παρουσίασης Η.Λ.Π.Α.Π., Ιστορική αναδρομή, Φιλαδέλφεια 12/2005.
2. Γεωργίου Π. , αρχείο παρουσίασης Η.Λ.Π.Α.Π., Σύγκριση με άλλα μέσα, Φιλαδέλφεια 12/2005.
3. Τουλόγλου Σ., Στεργίου Β., Ηλεκτρικές μηχανές – Βιομηχανικοί αυτοματισμοί, Α΄ Έκδοση ΙΩΝ Εκδοτική Αθήνα 1999.
4. Γιαννακόπουλος Κ., Πνευματικοί αυτοματισμοί, Σταμούλης Α. Εκδοτική Αθήνα 03/2002
5. Εγχειρίδιο Heine Resistors GmbH, Αρχείο Η.Λ.Π.Α.Π., Αντίσταση πέδης 05/2003
6. Εγχειρίδιο Kiere elektrik, Αρχείο Η.Λ.Π.Α.Π., Ηλεκτρονικές μονάδες, Συντάκτης Bohm 07/2004
7. Εγχειρίδιο Kiere elektrik, Αρχείο Η.Λ.Π.Α.Π., Σύστημα πέδιλου λήψης ρεύματος OSA 307 Gr. book 10/2005
8. Εγχειρίδιο Skoda, Trakcni Motory s.r.o. Αρχείο Η.Λ.Π.Α.Π. 01/2005
9. Εγχειρίδιο Sullair, Αρχείο Η.Λ.Π.Α.Π., Αεροσυμπιεστής, Συντάκτης Werner Hofler Αθήνα 05/2004
10. Εγχειρίδιο Wabco, Αρχείο Η.Λ.Π.Α.Π., electronicall controlled air suspension, 1997
11. Steven J.Chapman, Ηλεκτρικές μηχανές II, Γ΄ Έκδοση, Τζιόλα Εκδοτική 2001-2003
12. Deutza, Κινητήρας πετρελαίου, Β΄ Έκδοση, Tipaz Εκδοτική 02/2003
13. www.tehnites-hlpap.com
14. www.troleatzis.com
15. http://library.tee.gr/digital/m2102/m2102_kefalas.pdf