



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΕΙΡΑΙΑ

ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΑΣ

**Ανάλυση του κυκλώματος οδήγησης Ηλεκτρικών Λεωφορείων και
δυνατότητες εξοικονόμησης ενέργειας**



Κωνσταντίνος Παναγιωτάκης Α.Μ. 37009

Επιβλέπων καθηγητής : Καθηγητής Εφαρμογών, Πάχος Παύλος

Αιγάλεω 2014

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Εισαγωγή.....	σελ.4
<u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: Ιστορικά Στοιχεία και Μεταφορά Ισχύος</u>	σελ.5
1.1. Τα ηλεκτροκίνητα λεωφορεία στην Ελλάδα.....	σελ.5
1.1.1 Ηλεκτροκίνητα λεωφορεία τύπου FIAT.....	σελ.5
1.1.2 Ηλεκτροκίνητα λεωφορεία τύπου ALFA – ROMEO.....	σελ.6
1.1.3 Ηλεκτροκίνητα λεωφορεία τύπου LANCIA.....	σελ.7
1.1.4 Ρωσικά τρόλλεϋ	σελ.8
1.2. Σημερινή Κατάσταση.....	σελ.9
1.2.1 Τύπου VANHOOL – ALSTOM – ΣΦΑΚΙΑΝΑΚΗ – Σειρά 7000.....	σελ.9
1.2.2 Τύπου NEOPLAN – KIEPE – ELBO – Σειρά 6000.....	σελ.10
1.2.3 Τύπου NEOPLAN – KIEPE – ELBO – Σειρά 8000.....	σελ.11
1.2.4 Τύπου NEOPLAN – KIEPE – ELBO – Σειρά 9000 (αρθρωτό).....	σελ.12
1.3. Υποσταθμοί Ηλεκτροδότησης.....	σελ.13
1.4. Εναέριο Δίκτυο Ηλεκτροδότησης.....	σελ.14
1.5. Υπόγειο Δίκτυο Ηλεκτροδότησης.....	σελ.15
<u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: Εξοπλισμός Τρόλλεϋ</u>	σελ.16
2.1. Πέδιλα Λήψης Ρεύματος.....	σελ.17
2.2. Κινητήρας Έλξης.....	σελ.18
2.3. Αντίσταση Ηλεκτρόφρενου.....	σελ.19
2.4. Συμπιεστής Αέρα.....	σελ.20
2.5. Βοηθητικό Ηλεκτροπαραγωγό Ζεύγος.....	σελ.21
2.6. Κιβώτιο Συσκευών Οροφής.....	σελ.22
2.6.1 BNU440.....	σελ.23
2.6.2 DPU409	σελ.25
2.6.3 KGU101.....	σελ.27
2.6.4 Γέφυρα Ανάστροφης Πόλωσης.....	σελ.28
2.6.5 Ανεμιστήρας Οροφής.....	σελ.29
2.6.6 Φίλτρο Εισόδου.....	σελ.30

2.6.7 Πίνακας 400V.....	σελ.31
2.6.8 Μετατροπέας Διαύλου Οχήματος WBU101.....	σελ.31
2.6.9 Επαφές Μονάδας Self-Start.....	σελ.32
2.6.10 Μονάδα Ελέγχου Μόνωσης.....	σελ.33
2.6.11 Μονάδα Ελέγχου Πέδιλων Λήψης Ρεύματος.....	σελ.34
2.6.12 Κύριες Επαφές και Επαφές Προφόρτισης.....	σελ.35
2.6.13 Λοιπά Εξαρτήματα Τρόλλεϋ.....	σελ.36
- Διαφορές εξαρτημάτων μεταξύ μονού και αρθρωτού τρόλλεϋ.....	σελ.39
<u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: Ηλεκτρική Κίνηση και Λειτουργία</u>	σελ.40
<u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: Εξοικονόμηση Ενέργειας</u>	σελ.49
i. Εξοικονόμηση Ενέργειας.....	σελ.49
ii. Μείωση ρεύματος εκκίνησης κινητήρα έλξης.....	σελ.49
iii. Αντικατάσταση λαμπτήρων σάλας επιβατών.....	σελ.50
iv. Αλλαγές στον μεταλλάκτη οχήματος BNU440.....	σελ.51
ΕΠΙΛΟΓΟΣ.....	σελ.53

Εισαγωγή

Τα ηλεκτροκίνητα λεωφορεία αποτελούν το ενδιάμεσο μεταφορικό μέσον μεταξύ του ΤΡΑΜ και του θερμικού λεωφορείου. Συνδυάζουν αφ' ενός τα πλεονεκτήματα των θερμικών λεωφορείων έναντι του Τραμ, τα οποία είναι η ευελιξία και το μικρό κόστος Αφετέρου τα πλεονεκτήματα του Τραμ έναντι των θερμικών λεωφορείων τα οποία είναι η φιλικότητα προς το περιβάλλον λόγω της ηλεκτροκίνησης.

Τα πλεονεκτήματα των ηλεκτροκίνητων λεωφορείων είναι :

- Η μη εκπομπή καυσαερίων και η φιλικότητα ως προς το περιβάλλον
- 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 και την ενέργεια της πέδησης μπορούμε να την επαναχρησιμοποιήσουμε.
- Η ηλεκτρική πέδηση διπλασιάζει την διάρκεια ζωής των πέδων της πέδησης.
- Παρουσιάζουν καλύτερα χαρακτηριστικά επιτάχυνσης
- 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
- Είναι λιγότερο θορυβώδη από τα θερμικά λεωφορεία. (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.)

Ανάλυση του κυκλώματος οδήγησης ηλεκτρικών λεωφορείων και τρόποι εξοικονόμησης ενέργειας. Ο τίτλος της εργασίας είναι αυτός και μέσα από την ανάλυση που θα κάνουμε πάνω στο σύστημα λειτουργίας του, θα μπορέσουμε να κατανοήσουμε το μηχανισμό του τρόλλεϋ. Αυτό θα μας βοηθήσει να προτείνουμε τρόπους για την εξοικονόμηση ενέργειας. Θα έχουμε όφελος για την επιχείρηση, για τον άνθρωπο, σαν καθημερινό επιβάτη, αλλά και το περιβάλλον.

Κεφάλαιο 1- Ιστορικά Στοιχεία και Μεταφορά Ισχύος

1.1. Τα ηλεκτροκίνητα λεωφορεία στην Ελλάδα

1.1.1 Ηλεκτροκίνητα λεωφορεία τύπου FIAT

Τα πρώτα ηλεκτροκίνητα λεωφορεία στην Ελλάδα ήλθαν από την Ιταλία και ήταν κατασκευής των εργοστασίων FIAT το μηχανικό μέρος τους και C.GE το ηλεκτρικό. Κατασκευάστηκαν το έτος 1939. Ήταν 12 οχήματα διαξονικά και κυκλοφόρησαν 10 εξ αυτών στον Πειραιά από το 1948 μέχρι το 1983. Τα δύο εξ αυτών μεταφέρθηκαν στην Γερμανία κατά την αποχώρηση των γερμανικών στρατευμάτων.

Τα κύρια χαρακτηριστικά αυτών των οχημάτων ήταν

- Διαστάσεις M8832 x Π2440 x Υ2900 χλστ.
- Χωρητικότητα 28 επιβάτες καθήμενοι και 28 όρθιοι επιβάτες
- Ισχύς 2x 61KW, 600 VDC τύπου σειράς. Δύο κινητήρες, ένας σε κάθε οπίσθιο ζεύγος τροχών
- Τα οχήματα δεν είχαν διαφορικό και η διαφοροποίηση των στροφών των οπίσθιων τροχών γινόταν 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 εφapτήρες, οι οποίοι άνοιγαν και έκλειναν μέσω ενός ηλεκτροπνευματικού συστήματος

Στις φωτογραφίες εικονίζονται η εξωτερική εμφάνιση του τρόλλεϋ (σχήμα 1) και το συγκρότημα των εφapτήρων για την μεταβολή των στροφών των κινητήρων. (σχήμα 2)



Σχήμα 1



Σχήμα 2

1.1.2 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, CASARO το αμάξωμα και ο ηλεκτρολογικός εξοπλισμός CGE.

Τα κύρια χαρακτηριστικά αυτών των οχημάτων ήταν :

- Αριθμός : 80 τεμ.
- Διαστάσεις : Μ12000 x Π2500 x Υ3115 χλστ.
- 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 επαπτήρες, οι οποίοι ανοιγόκλειναν μέσω ενός ηλεκτρικού συστήματος ρύθμισης.

Στο σχήμα 3 εικονίζεται η εξωτερική εμφάνιση του οχήματος.



Σχήμα 3

1.1.4 Ρωσικά τρόλλεϋ

Τα τρόλλεϋ αυτά ήταν κατασκευής του εργοστασίου ENERGOMA CHEXPOR. 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 2003.

Τα κύρια χαρακτηριστικά αυτών των οχημάτων ήταν

- Διαστάσεις : M11940 x Π2500 x Υ3347 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.

Στις φωτογραφίες εικονίζονται η εξωτερική εμφάνιση του οχήματος (σχήμα 5) και η θέση του οδηγού με το πηδάλιο. (σχήμα 6)



Σχήμα 5



Σχήμα 6

1.2. Σημερινή Κατάσταση

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

1.2.1 Τύπου VANHOOL – ALSTOM – ΣΦΑΚΙΑΝΑΚΗ – Σειρά 7000

- Αριθμοί οχημάτων : 112
- Κατασκευαστής αμαξώματος : VANHOOL – ΣΦΑΚΙΑΝΑΚΗΣ
- Κατασκευαστής Μηχανολογικού εξοπλισμού : VANHOOL
- Κατασκευαστής Ηλεκτρολογικού εξοπλισμού : ALSTOM
- Διαστάσεις : Μ12000 x Π2500 x Υ3490 χλστ.
- Ισχύς κινητήρα έλξης : 180 KW, 600V DC βραχυκυκλωμένου δρομέα
- Χωρητικότητα : 25 επιβάτες καθήμενοι και 71 όρθιοι επιβάτες
- Αυτοκίνηση : Δυο γεννήτριες πετρελαίου συνολικής ισχύος 50 KW

Στο σχήμα 7 εικονίζεται η εξωτερική εμφάνιση του οχήματος.

Σχήμα 7



Σχήμα 7

1.2.2 Τύπου ΝΕΟPLAN – ΚΙΕΡΕ – ΕΛΒΟ – Σειρά 6000

- Αριθμοί οχημάτων : 112
- Κατασκευαστής αμαξώματος : ΕΛΒΟ
- Κατασκευαστής Μηχανολογικού εξοπλισμού : ΝΕΟPLAN
- Κατασκευαστής Ηλεκτρολογικού εξοπλισμού : ΚΙΕΡΕ
- Διαστάσεις : Μ12000 x Π2500 x Υ 3330 χλστ.
- Ισχύς κινητήρα έλξης : 210 KW, 600V DC βραχυκυκλωμένου δρομέα
- Χωρητικότητα : 25 επιβάτες καθήμενοι και 70 όρθιοι επιβάτες
- Αυτοκίνηση : Δυο γεννήτριες πετρελαίου συνολικής ισχύος 50 KW

Στο σχήμα 8 εικονίζεται η εξωτερική εμφάνιση του οχήματος.



Σχήμα 8

1.2.3 Τύπου ΝΕΟPLAN – ΚΙΕΡΕ – ΕΛΒΟ – Σειρά 8000

- Αριθμοί οχημάτων : 91
- Κατασκευαστής αμαξώματος : ΝΕΟPLAN – ΕΛΒΟ
- Κατασκευαστής Μηχανολογικού εξοπλισμού : ΝΕΟPLAN
- Κατασκευαστής Ηλεκτρολογικού εξοπλισμού : ΚΙΕΡΕ
- Διαστάσεις : Μ12000 x Π2500 x Υ3685 χλστ.
- Ισχύς κινητήρα έλξης : 210 KW, 600V DC βραχυκυκλωμένου δρομέα
- Χωρητικότητα : 25 επιβάτες καθήμενοι και 57 όρθιοι επιβάτες
- Αυτοκίνηση : Δυο γεννήτριες πετρελαίου συνολικής ισχύος 100 KW

Στο σχήμα 9 εικονίζεται η εξωτερική εμφάνιση του οχήματος.



Σχήμα 9

1.2.4 Τύπου ΝΕΟPLAN – ΚΙΕΡΕ – ΕΛΒΟ – Σειρά 9000 (αρθρωτό)

- Αριθμοί οχημάτων : 51
- Κατασκευαστής αμαξώματος : ΝΕΟPLAN – ΕΛΒΟ
- Κατασκευαστής Μηχανολογικού εξοπλισμού : ΝΕΟPLAN
- Κατασκευαστής Ηλεκτρολογικού εξοπλισμού : ΚΙΕΡΕ
- Διαστάσεις : Μ12000 x Π2500 x Υ 3685 χλστ.
- Ισχύς κινητήρα έλξης : 240 KW, 600V DC βραχυκυκλωμένου δρομέα
- Χωρητικότητα : 40 επιβάτες καθήμενοι και 92 όρθιοι επιβάτες
- Αυτοκίνηση : Δυο γεννήτριες πετρελαίου συνολικής ισχύος 100 KW

Στο σχήμα 10 εικονίζεται η εξωτερική εμφάνιση του οχήματος.



Σχήμα 10

1.3. Υποσταθμοί Ηλεκτροδότησης

Το σημερινό δίκτυο των ηλεκτροκίνητων λεωφορείων στην Αθήνα και τον Πειραιά ηλεκτροδοτείται από εικοσιπέντε (25) Υποσταθμούς ισχύος 800 KW - 600 VDC, έξι (6) Υποσταθμούς ισχύος 2x 800 KW - 600 VDC και έναν Υποσταθμό ισχύος 3x 1500 KW - 600 VDC. Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς ανέρχεται σε 34100 KW. Όλοι οι πιο πάνω Υποσταθμοί είναι πλήρως αυτοματοποιημένοι ονομαστικής τάσης 600 VDC . Ελέγχονται και τηλεχειρίζονται μέσω συστήματος SCADA της εταιρείας SIEMENS. Ο ανορθωτής τους είναι τύπου απλής τριφασικής γέφυρας με διόδους πυριτίου. Οι πρώτοι ανορθωτές των Υ/Σ ηλεκτροδότησης των ηλεκτροκίνητων λεωφορείων ήταν με λυχνίες υδραργύρου, οι οποίοι μετά το 1975 και μέχρι το 1988 αποκαταστάθηκαν με τους σημερινούς ανορθωτές με διόδους πυριτίου. Στις φωτογραφίες εικονίζονται ένας τυπικός υποσταθμός ανόρθωσης (σχήμα 11) και οι οθόνες του κέντρου τηλεχειρισμού (σχήμα 12).



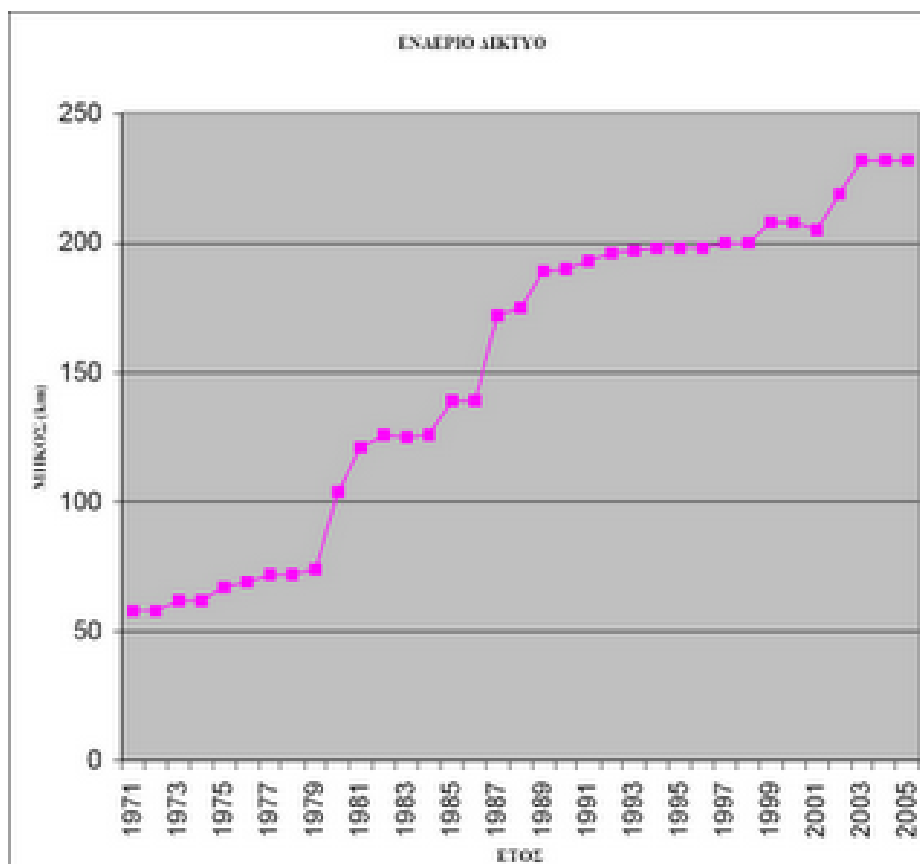
Σχήμα 11



Σχήμα 12

1.4. Εναέριο Δίκτυο Ηλεκτροδότησης

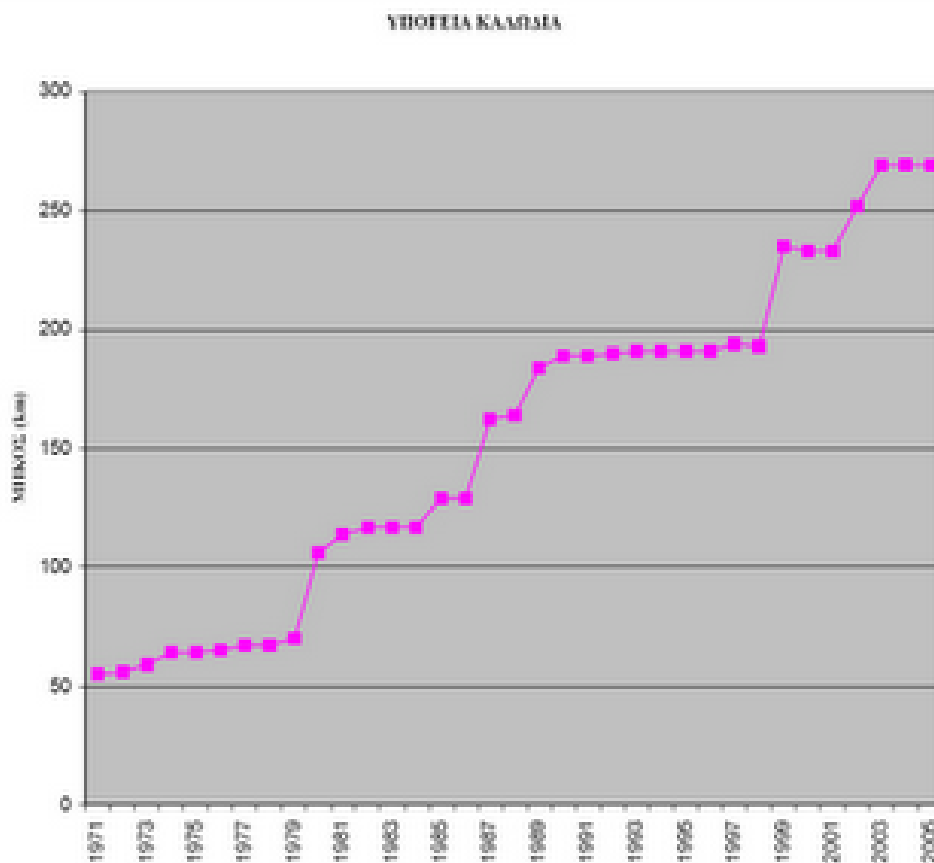
Το πρώτο Εναέριο Δίκτυο Ηλεκτροδότησης των ηλεκτροκίνητων λεωφορείων στην Ελλάδα κατασκευάστηκε το 1947 στον Πειραιά και ήταν του τύπου του Αμερικάνικου εργοστασίου Ohio-Brass. Ιδιαίτερο χαρακτηριστικό του ήταν οι μεγάλοι μονωτήρες πορσελάνης των μεταλλικών επιτόνων του, ώστε να αντιμετωπίζονται οι διαρροές 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 πέριξ του κύκλου της Πλ. Ομονοίας χωρίς την τοποθέτηση ούτε ενός σύλου 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. Το μήκος του Εναερίου Δικτύου Ηλεκτροδότησης είναι σήμερα 232 χιλιόμετρα. Η χρονική εξέλιξη της αύξησης του μήκους του εναερίου δικτύου εμφανίζεται στο διάγραμμα του σχήματος 13 :



Σχήμα 13

1.5. 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 ΝΚΒΑ διατομής 1x1 τετραγ. ίντσες, 1x0,6 τετραγ. ίντσες, και 1x400 τετραγ. χιλ. Μετά το 1985 όλα τα νέα καλώδια είναι διατομής 1x400 τετραγ. χιλ. τύπου Ν2 Χ CΥΑ. Η ηλεκτροδότηση του εναερίου δικτύου μέσω των υπόγειων καλωδίων γίνεται μέσω τροφοδοτικών κιβωτίων με χειροκίνητους μαχαιρωτούς διακόπτες λειτουργίας άνευ φορτίου. Το σημερινό συνολικό μήκος των υπογείων καλωδίων είναι 269 χιλιόμετρα και η εξέλιξή του είναι αντίστοιχη της εξέλιξης του εναερίου δικτύου και εμφανίζεται στο διάγραμμα του σχήματος 14.



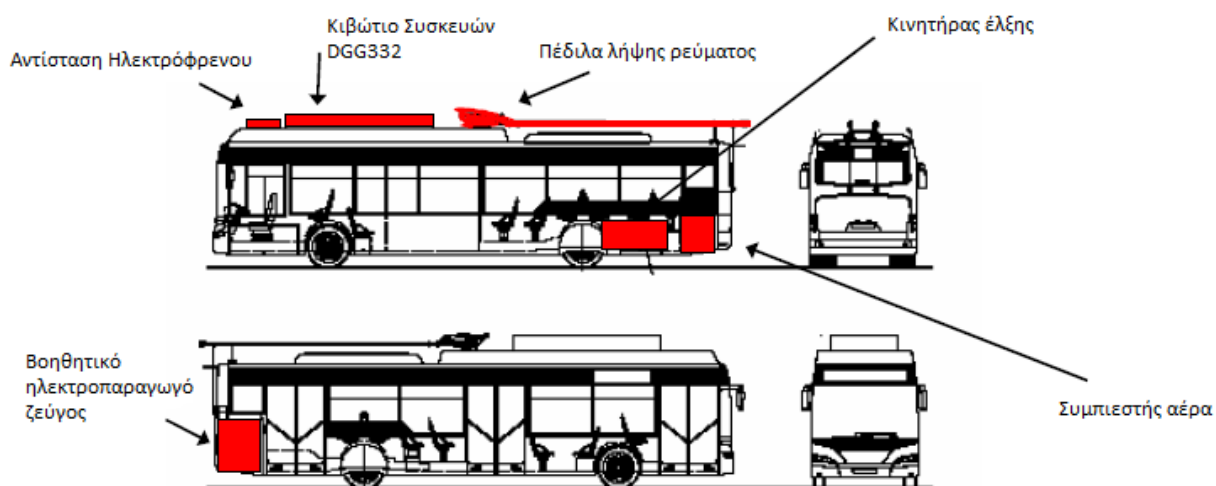
Σχήμα 14

Κεφάλαιο 2 – Εξοπλισμός τρόλλεϋ

Σε αυτό το κεφάλαιο θα αναλύσουμε το μονό τρόλλεϋ και τα επιμέρους τμήματά του και κυρίως αυτά που αφορούν την Ηλεκτρική Κίνηση (Κεφάλαιο 3, σελ.41). Στο τέλος του κεφαλαίου θα αναφερθούμε στις διαφορές των εξαρτημάτων του μονού με του αρθρωτού τρόλλεϋ.

Όπως βλέπουμε και στο παρακάτω σχήμα 15, το τρόλλεϋ αποτελείται από έξι βασικά τμήματα, τα οποία είναι τα εξής :

1. Τα πέδιλα λήψης ρεύματος
2. Ο κινητήρας έλξης
3. Η αντίσταση ηλεκτρόφρενου
4. Ο συμπιεστής αέρα
5. Το βοηθητικό ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος
6. Και το κιβώτιο συσκευών οροφής



Σχήμα 15

2.1. Πέδιλα Λήψης Ρεύματος



Σχήμα 16

Τα πέδιλα λήψης ρεύματος τρόλλεϋ (σχήμα 16) χρησιμεύουν για την δημιουργία μιας ηλεκτρικής σύνδεσης μεταξύ του δικτύου του εναέριου σύρματος και του ηλεκτρικού συστήματος του τρόλλεϋ. Ελέγχονται από το δομοστοιχείο ελέγχου BSM401 και το μπλοκ βαλβίδων πεπιεσμένου αέρα. (βλέπε 2.6.11)

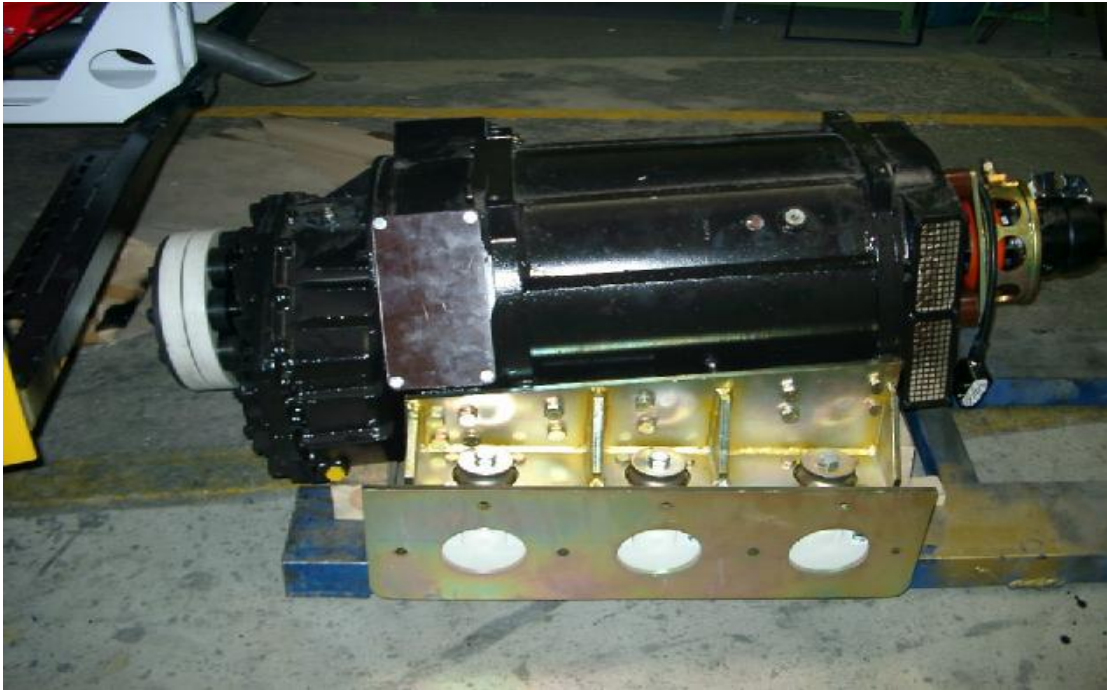
Το κάτω τμήμα του πέδιλου λήψης ρεύματος είναι κατασκευασμένο έτσι ώστε οι ράβδοι του πέδιλου λήψης ρεύματος να μπορούν, μέχρι ένα ορισμένο σημείο, να κινούνται μεταβλητά ως προς το εναέριο σύρμα, για να μπορούν να παρακάμπτονται τα εμπόδια πάνω στο οδόστρωμα.

Οι κεραίες είναι μονωμένες προς τον γάντζο που ασφαλίζονται και την βάση τους, δηλαδή με το σασί του οχήματος.

Τα πέδιλα λήψης ρεύματος παρέχουν τις ακόλουθες λειτουργίες :

- Πνευματικό γρήγορο κατέβασμα & μηχανισμός επαναφοράς
Σε περίπτωση εκτροχιασμού, μιας ή και των δυο κεραιών, αυτή η λειτουργία απομακρύνει τις κεραίες από την περιοχή κινδύνου και τις επαναφέρει στον χώρο του τρόλλεϋ, με την χρήση πεπιεσμένου αέρα.
- Αυτόματο κατέβασμα
Από τον χώρο του οδηγού μπορούν οι ράβδοι του πέδιλου λήψης ρεύματος να χαμηλώσουν αυτόματα και να ασφαλιστούν στην ασφάλιση ρευματολήπτη, με την χρήση πεπιεσμένου αέρα.

2.2 Κινητήρας Έλξης



Σχήμα 17

Ο κινητήρας έλξης (σχήμα 17) είναι τριφασικός, τετραπολικός, επαγωγικός ηλεκτροκινητήρας. Η ψύξη του κινητήρα γίνεται βεβιασμένα με ανεμιστήρα. Κρεμιέται στο σασί του τρόλλεϋ, μονωμένος ως προς αυτό. Παίρνει ηλεκτρική ενέργεια είτε από το δίκτυο, είτε από την γεννήτρια πετρελαίου και την μετατρέπει σε κινητική ενέργεια σύμφωνα με τις ανάγκες κίνησης του οχήματος.

Τον έλεγχο του αναλαμβάνει το δομοστοιχείο ελέγχου USM300 μέσω του αντιστροφέα παλμών DPU409.

Τα τεχνικά του χαρακτηριστικά :

Τύπος κινητήρα	:	14ML 3550 K/4 (βραχυκυκλωμένου δρομέα)
Τάση εισόδου/συχνότητα	:	3x 420V /50Hz
Ονομαστική ισχύς	:	240KW
Ονομαστικό ρεύμα (ανά φάση)	:	407A
Ονομαστική ταχύτητα	:	796rpm
Μέγιστη ταχύτητα	:	2292rpm
cosφ	:	0.884

2.3 Αντίσταση Ηλεκτρόφρενου



Σχήμα 18

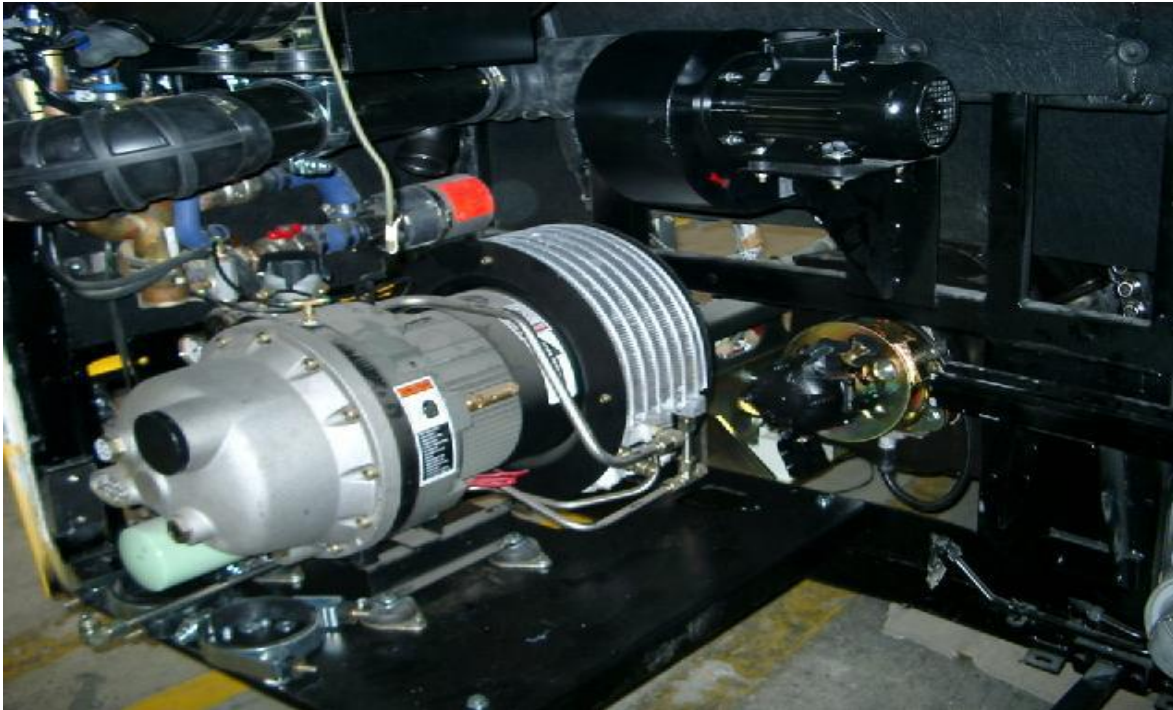
Η αντίσταση ηλεκτρόφρενου (σχήμα 18) είναι ο παράλληλος τρόπος πέδησης του οχήματος σε συνδυασμό με τον μηχανικό, τα τακάκια. Τον ηλεκτρονικό αυτό τρόπο πέδησης αναλαμβάνει το δομοστοιχείο USM300. Η αντίσταση ηλεκτρόφρενου βρίσκεται στην οροφή του οχήματος, πάνω από τον χώρο του οδηγού. Βρίσκεται εκεί, γιατί αναπτύσσει πολύ μεγάλες θερμοκρασίες και υπάρχει η ανάγκη ψύξης αυτής.

Η αντίσταση ηλεκτρόφρενου λειτουργεί σαν φορτίο κατά την πέδηση. Η ένταση του ρεύματος που μπορεί να απορροφά είναι από 0 έως 180A περίπου, με σύνηθες τιμή τα 80-110A. Ο τρόπος λειτουργίας του ηλεκτρόφρενου θα αναλυθεί παρακάτω, καθώς αποτελεί κύριο κομμάτι της κίνησης. (βλέπε Κεφάλαιο 3, σελ.41)

Τα τεχνικά της χαρακτηριστικά :

Τύπος	:	BWD 59
Ονομαστική αντίσταση	:	1.06 +3% Ω
Μέγιστη αντίσταση	:	1.3 Ω
Ονομαστική ισχύς	:	130KW (700°C)
Ονομαστική τάση	:	750V DC
Μέγιστη τάση	:	1000V DC
Βάρος	:	105 κιλά
Διαστάσεις	:	1500x400x600 mm
Τύπος ψύξης	:	Συμβατικός (αέρας)

2.4 Συμπιεστής Αέρα



Σχήμα 19

Το ολοκληρωμένο σύστημα αεροσυμπιεστή (σχήμα 19) περιέχει την μονάδα συμπίεσης, το σύστημα διαχείρισης υγρού και το τμήμα με τον κινητήρα. Το σύστημα του αέρα έχει πολλές διαφορετικές εφαρμογές στο τρόλλεϋ. Χρησιμοποιείται από το σύστημα των κεραιών, ώστε να μπορούν να ανεβαίνουν και να κατεβαίνουν με το πάτημα ενός κουμπιού. Πεπιεσμένος αέρας, επίσης, ανοιγοκλείνει τις πόρτες του οχήματος. Το τρόλλεϋ αντί για αναρτήσεις έχει αεροσούστες πεπιεσμένου αέρα που επιτρέπουν την καλύτερη απορρόφηση των κραδασμών και του δίνουν την δυνατότητα με ένα διακόπτη να το χαμηλώσεις ή να το σηκώσεις σε ύψος για την διευκόλυνση στην πορεία ή στην επιβίβαση & αποβίβαση επιβατών. Η βασικότερη όμως χρήση του αέρα είναι στο μηχανικό σύστημα των φρένων, όπου η πίεση της δαγκάνας με τα τακάκια επάνω στον τροχό, γίνεται με την χρήση πιεσμένου αέρα.

Ο συμπιεστής του αέρα ελέγχεται μηχανικά από τις πολλές βαλβίδες πίεσης που διατρέχουν το όχημα, αλλά και ηλεκτρονικά από τον κεντρικό εγκέφαλο του οχήματος ZLG316 (βλέπε, σελ.38) Ο συμπιεστής τροφοδοτείται με την απαιτούμενη τάση από τον πίνακα 400V (βλέπε 2.6.7) που βρίσκεται στο κιβώτιο συσκευών οροφής DGG332. Το μοτέρ του συμπιεστή είναι ισχύος 4.1KW .

2.5 Βοηθητικό Ηλεκτροπαραγωγό Ζεύγος



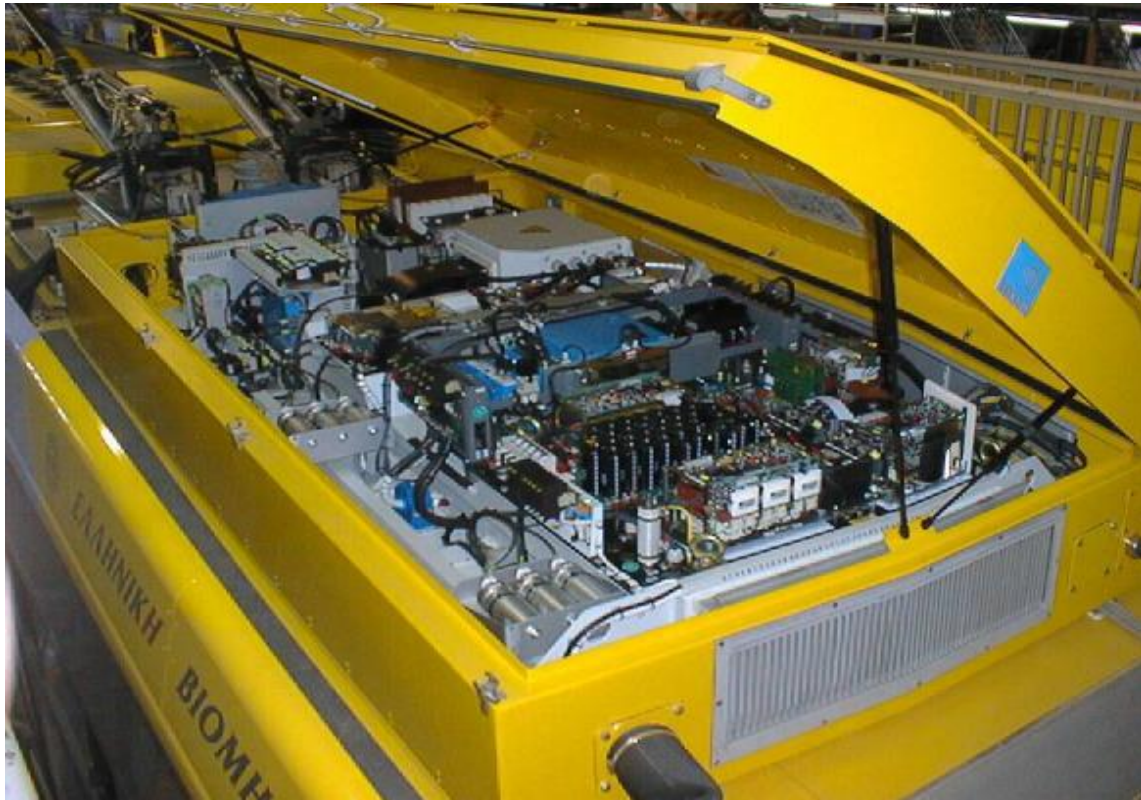
Σχήμα 20

Τα τρόλλεϊ είναι εφοδιασμένα με δυο γεννήτριες πετρελαίου (σχήμα 20) σαν εναλλακτικό μέσο παροχής ηλεκτρικής ενέργειας. Είναι σχεδιασμένες για χρήση μόνο σε έκτακτες περιπτώσεις και για αυτό το λόγο είναι μικρότερης ισχύος σε σχέση με το δίκτυο παροχής ηλεκτρικής ενέργειας. Για την ενεργοποίηση του βοηθητικού συστήματος υπάρχει επιλογικός διακόπτης στον χώρο του οδηγού. Οι γεννήτριες μετατρέπουν την χημική ενέργεια του πετρελαίου σε ηλεκτρική και ύστερα τροφοδοτούν τον κινητήρα έλξης, μέσω του αντιστροφέα παλμών DPU409. Οι γεννήτριες δίνουν στην έξοδο τους εναλλασσόμενη τάση, η οποία μετά ανορθώνεται στον πίνακα του Η/Ζ. Ο λόγος που χρησιμοποιούνται δυο γεννήτριες οι οποίες μάλιστα λειτουργούν και με διαφορά φάσης είναι, ώστε μετά την ανόρθωση, να έχουμε καλύτερη ποιότητα στην τάση εξόδου.

Τα τεχνικά τους χαρακτηριστικά (για τις δυο μαζί) :

Ονομαστική ισχύς	:	100KW στα 2300rpm
Μέγιστη ισχύς	:	110KW στα 2400rpm
Ονομαστικό ρεύμα (ανά φάση)	:	200A
Εύρος τάσης	:	400-740V DC
Εύρος ταχύτητας	:	1500-2400 rpm
Διέγερση	:	Μόνιμη με μαγνήτες
Ονομαστική τάση μόνωσης	:	1000V
Ψύξη	:	Νερό ψύξης

2.6 Κιβώτιο Συσκευών Οροφής DGG332



Σχήμα 21

Το κιβώτιο συσκευών οροφής (σχήμα 21) χρησιμεύει στην συμπαγή προσαρμογή του Φορέα Συσκευών Οροφής DGT112 και έχει τα ακόλουθα πλεονεκτήματα:

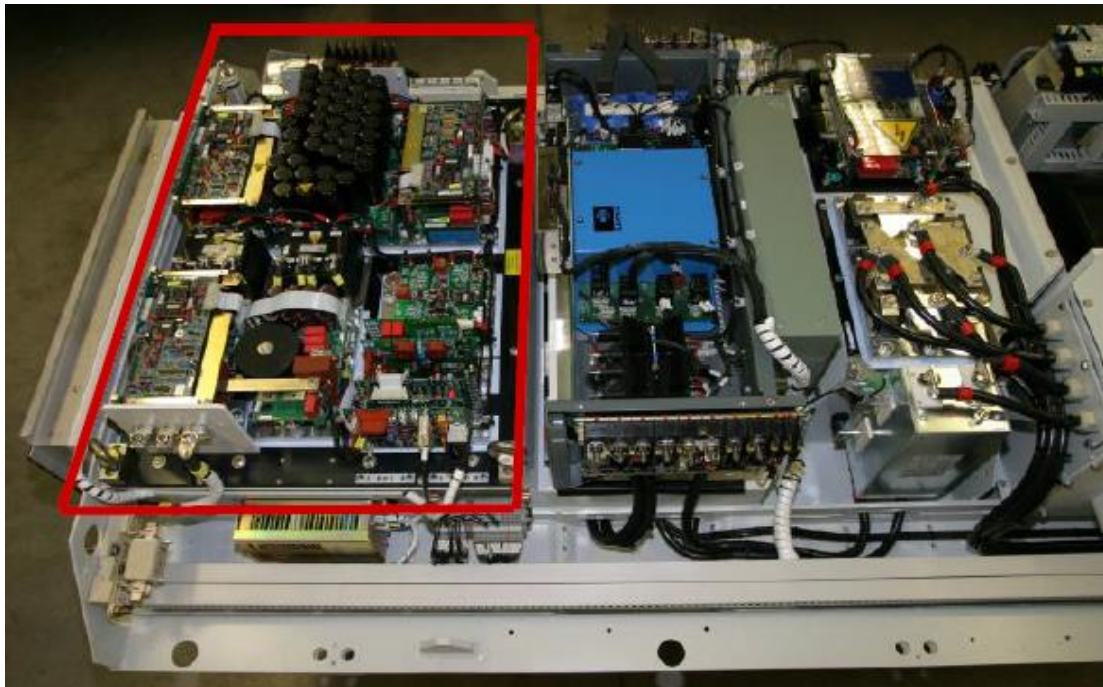
- Μειωμένη χρήση καλωδίωσης στο όχημα, και επομένως σημαντική εξοικονόμηση βάρους και κόστους
- Πλήρης έλεγχος λειτουργιών του συνολικού συστήματος στο Vossloh Kierpe GmbH (διαγνωστικό πρόγραμμα)
- Σαφής βελτίωση της ηλεκτρομαγνητικής συμβατότητας (EMV) του συνολικού συστήματος
- Συγκέντρωση των συσκευών και των μέσων ενεργοποίησης (δυνατότητα κατάργησης μεμονωμένων μέσων ενεργοποίησης)

Τα τεχνικά του στοιχεία:

Θέση τοποθέτησης	:	Χώρος στην οροφή του οχήματος
Επιτρεπτή θερμ. περιβάλλοντος	:	-25 ° C έως +45 ° C
Διαστάσεις (Μ x Π x Υ)	:	Περίπου (3.040 x 1.740 x 590) mm
Βάρος	:	Περίπου 1.060 kg
Τύπος ψύξης	:	Αέρα υπό πίεση

Ο φορέας συσκευών DGT112 αποτελείται από τα ακόλουθα κύρια τμήματα.

2.6.1 BNU440



Σχήμα 22

Ο μεταλλάκτης δικτύου οχήματος BNU440 (σχήμα 22) είναι υπεύθυνος για την τροφοδοσία του οχήματος και έχει έμμεση, όχι άμεση, σχέση με την κίνηση. Στο κάτω μέρος του υπάρχουν μετασχηματιστές και στραγγαλιστικά πηνία. Στο πάνω μέρος υπάρχουν οι κάρτες ελέγχου αυτών, καθώς και αντιπαρασιτικά φίλτρα εισόδου και εξόδου. Επίσης, υπάρχουν αμπερόμετρα και τα IGBT που απαιτούνται για την εκτέλεση των λειτουργιών της μονάδας. Τον έλεγχο του μεταλλάκτη αναλαμβάνει ο εγκέφαλος BAST. Η επικοινωνία μεταξύ των υπομονάδων του μεταλλάκτη γίνεται με την χρήση οπτικών ινών.

Το BNU440 τροφοδοτείται απευθείας από τις γραμμές ή την γεννήτρια πετρελαίου. Επειδή η τάση που τροφοδοτείται δεν είναι σταθερή, την μετατρέπει εσωτερικά από περίπου 750VDC σε 330VDC για να εξασφαλίσει σταθερή τάση στις δυο εξόδους του, συνεχή και εναλλασσόμενη. Η υποβάθμιση της τάσης από 750V σε 330V γίνεται με την χρήση δυο IGBT, με χρήση σαν MOSFET.

Για την μετατροπή της τάσης σε 400V τριφασική, εναλλασσόμενη στην έξοδο του μεταλλάκτη χρησιμοποιούνται τρία IGBT, τα οποία τροφοδοτούν έναν τριφασικό μετασχηματιστή που στο δευτερεύον του, δίνει την επιθυμητή τάση των 400V . Ο μετασχηματιστής είναι απαραίτητος για την ηλεκτρική απομόνωση των δυο τάσεων.

Για την δεύτερη έξοδο του μεταλλάκτη, την συνεχή τάση, η τάση αντιστρέφεται σε εναλλασσόμενη, μετασχηματίζεται από τα 330V στα 50V και από εκεί περίπου στα 28V , όπου ανορθώνεται. Ο λόγος που γίνεται η σταδιακή μετατροπή είναι για να μην

υπάρχουν πολύ μεγάλα ηλεκτρομαγνητικά στοιχεία, μεγαλύτερες απώλειες θερμότητας, αλλά και για την ηλεκτρική απομόνωση των 28V από τα 600V .

I. Είσοδος

Ονομαστική τάση εισόδου : 750V DC +25%, -30%
Λήψη ισχύος : 24KW, μέγιστο συνεχές φορτίο 21.5KW

II. DC έξοδος

Τάση εξόδου : 27.6V DC $\pm 0.2V$
Ρυθμιζόμενο από 26.5V έως 28.4V
Ρεύμα εξόδου : 220A DC στα 27.6V
Ρυθμιζόμενο από 120A έως 270A
Συνολική ισχύς εξόδου : 6KW
Ρυθμιζόμενο από 3KW έως 6KW

III. AC έξοδος

Τάση εξόδου : 3φ AC 400/230V $\pm 5\%$
Συχνότητα : 50Hz $\pm 1\%$
Συνεχής ισχύς εξόδου : 14KVA με $0.5 < \cos\phi \leq 1$
Μέγιστη ισχύς εξόδου : 38KVA με $\cos\phi \cong 0.5$ για 5sec

Η DC έξοδος του μεταλλάκτη δικτύου χρησιμοποιείται για να φορτίζει η μπαταρία. Παράλληλα η ίδια έξοδος είναι αυτή που τροφοδοτεί όλα τα λογικά κυκλώματα, κάρτες οδήγησης, αισθητήρες και λυιές μικρές καταναλώσεις του οχήματος, όπως τα φώτα.

Η AC έξοδος του μεταλλάκτη τροφοδοτεί τον πίνακα των 400V του οχήματος.(βλέπε 2.6.7)

Η μονάδα του BNU440 έχει και μια ξεχωριστή λειτουργία (self-start) που πρόκειται, για μια παράκαμψη στο βασικό κύκλωμα λειτουργίας (βλέπε, 2.6.9). Αν το όχημα είναι κλειστό, με την προϋπόθεση ότι οι κεραίες βρίσκονται στο δίκτυο, ο μεταλλάκτης οχήματος λειτουργεί με σκοπό την φόρτιση των μπαταριών (24V) του οχήματος.

Στην περίπτωση που για κάποιο λόγο απουσιάζει η συνεχής έξοδος του μεταλλάκτη (κάποιο λειτουργικό πρόβλημα ή το όχημα περνάει από εναέριες γραμμές με διακλάδωση, όπου έχουμε στιγμιαία διακοπή της τάσης) , τότε το βάρος της τροφοδοσίας με συνεχή τάση στο όχημα, πέφτει όλο στις μπαταρίες του.

2.6.2 DPU409



Σχήμα 23

Ο άμεσος αντιστροφέας παλμών DPU409 (σχήμα 23) είναι ένας αντιστροφέας παλμών τεχνολογίας IGBT. Αυτός μετατρέπει, για την λειτουργία κίνησης, τη συνεχή τάση και το συνεχές ρεύμα του δικτύου σε εναλλασσόμενα, τροφοδοτώντας τον τριφασικό, ασύγχρονο κινητήρα έλξης του οχήματος. Η ενέργεια που αναπτύσσεται κατά την λειτουργία πέδησης από τον κινητήρα έλξης καταναλώνεται με την μορφή θερμότητας στην αντίσταση ηλεκτρόφρενου.

Ο αντιστροφέας παλμών αποτελείται από τρεις βαθμίδες. Στην πρώτη βαθμίδα υπάρχουν τα ημιαγωγά στοιχεία, οκτώ IGBT. Τα έξι από αυτά χρησιμοποιούνται για την λειτουργία της κίνησης και το έβδομο για την μεταφορά του ρεύματος στην αντίσταση ηλεκτρόφρενου, κατά την λειτουργία πέδησης. Το όγδοο IGBT δεν χρησιμοποιείται, καθώς υπάρχει για την επιστροφή ενέργειας στο δίκτυο, μέσω της πέδησης, κάτι που δεν υποστηρίζεται από το δίκτυο της Ελλάδας. Επίσης, πάνω σε αυτήν την βαθμίδα βρίσκονται οι δίοδοι προστασίας των IGBT που παράλληλα βοηθούν στην κυκλοφορία του ρεύματος αντίθετης φοράς που παράγεται κατά την πέδηση. Στην δεύτερη βαθμίδα υπάρχουν οι κάρτες οδήγησης των IGBT. Η τρίτη βαθμίδα, που είναι και αυτή στην οποία έχουμε πρόσβαση από το κιβώτιο συσκευών, περιλαμβάνει το δομοστοιχείο ελέγχου του αντιστροφέα USM300, βολτόμετρα και αμπερόμετρα του κινητήρα και του δικτύου.

Προσαρμοσμένη πάνω στον αντιστροφέα παλμών υπάρχει η τροφοδοσία ρεύματος IGBT, ISV200. Αυτό είναι ένα τροφοδοτικό συνεχούς ρεύματος το οποίο τροφοδοτεί τα

κυκλώματα ελέγχου του αντιστροφέα παλμών και το ίδιο τροφοδοτείται από το ESV600(βλέπε 2.6.13) . Ο λόγος που υπάρχουν τα δυο αυτά εξαρτήματα είναι για μεγαλύτερη ασφάλεια. Θέλουμε να αποκλείσουμε το ενδεχόμενο η υψηλή τάση των 600V να περάσει σε άλλο κύκλωμα του τρόλλεϋ. Τέλος, στην πλαϊνή πλευρά του αντιστροφέα βρίσκεται ο πυκνωτής φιλτραρίσματος τάσης δικτύου. Ο πυκνωτής φιλτραρίσματος τάσης δικτύου, σε συνδυασμό με το πηνίο εισόδου, λειτουργούν σαν χαμηλοπερατό φίλτρο στην είσοδο του ηλεκτρικού κυκλώματος του τρόλλεϋ. Πρόκειται για δυο πυκνωτές σε σειρά με χωρητικότητα 1.1 και 3.0 mF ο κάθε ένας αντίστοιχα.

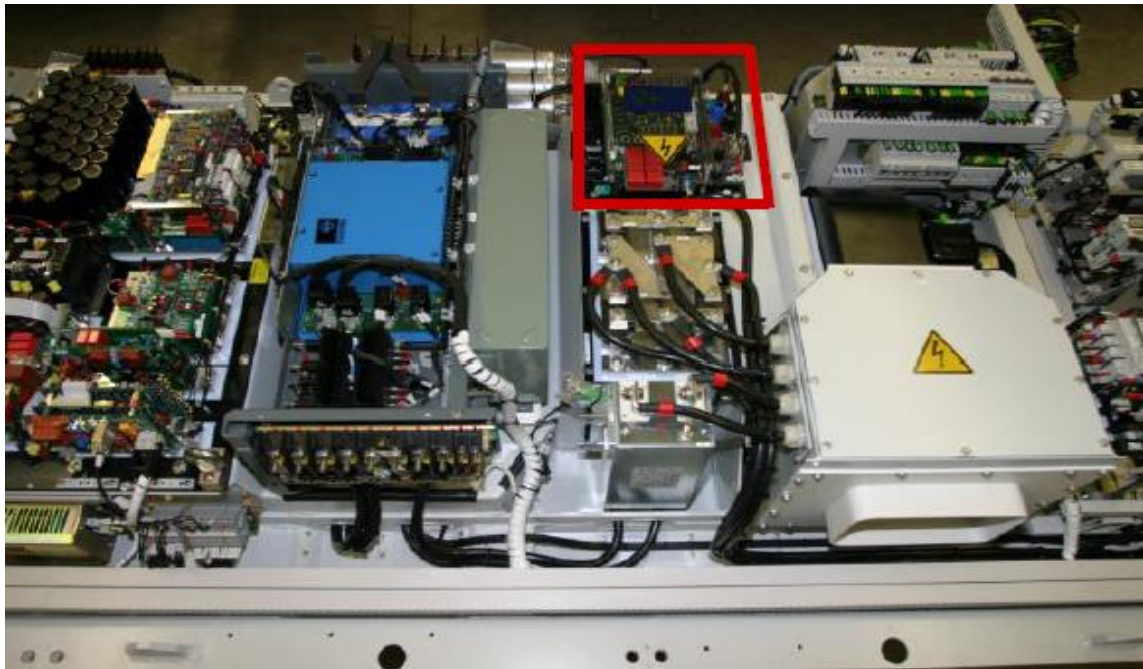
Ο άμεσος αναστροφέας παλμών DPU409 χαρακτηρίζεται από τα στοιχεία :

- Χρήση διακόπτη ημιαγωγού IGBT χωρίς ζεύξη
- Υλοποίηση της πρώτης μόνωσης μέσω πλακέτας τροφοδοσίας διαχωρισμένης από δυναμικό και έλεγχος των IGBT μέσω οπτικών ινών
- Υψηλή συχνότητα λειτουργίας, μειωμένες ροπές ταλάντωσης
- Μειωμένη έκταση καλωδίωσης μέσω χαμηλής επαγωγικής ράβδωσης
- Δομοστοιχεία με κατασκευή εύκολης συντήρησης

Τα τεχνικά χαρακτηριστικά του DPU409 :

Τάση εισόδου	:	DC 600V	+20%, -30%
Ισχύς εξόδου	:	210KW	
Μέγιστη ισχύς εξόδου	:	500KW	για t<60s
Τάση τροφοδοσίας για συστήματα ελέγχου	:	DC 24V	+20%, -30%
Ψύξη	:	Βεβιασμένη αερόψυξη	
Θερμοκρασίες λειτουργίας	:	-25°C	με +45°C

2.6.3 KGU101



Σχήμα 24

Ο μεταλλάκτης συσκευής κλιματισμού KGU101 (σχήμα 24) τοποθετείται επάνω στον φορέα συσκευών οροφής DGT112 και αποτελείται από ψυκτικό σώμα εξαναγκασμένης ψύξης, δομικό συγκρότημα ελέγχου με ημιαγωγούς IGBT, δομικό συγκρότημα κεντρικής μονάδας Z12 (ως κεντρικός έλεγχος) και ασφάλειες.

Το μοτέρ συμπίεσης και οι ανεμιστήρες του τροφοδοτούνται με AC 400/230V . Κατά την λειτουργία κλιματισμού, το μοτέρ συμπίεσης καθοδηγείται σε απαλή λειτουργία (20Hz έως 50Hz). Ο αντιστροφέας συσκευής κλιματισμού KGU101 πρέπει να λειτουργεί μόνο μαζί με ένα πρόσθετο πυκνωτή φίλτρου εισόδου. Για αυτό το λόγο, η τάση εισόδου λαμβάνεται από το φίλτρο εισόδου του άμεσου αντιστροφέα παλμών DPU409 .

Τα τεχνικά στοιχεία του KGU101 :

Σύνδεση δικτύου

Ονομαστική τάση εισόδου	:	DC 600V
Μέγιστη λήψη ισχύος	:	22.2 KW (με συνεχές φορτίο 25KVA, $\cos\phi=0.85$)
Μέγιστη λήψη ρεύματος	:	40A

Έξοδος AC

Τάση εξόδου	:	3x AC 160V – 400V
Συχνότητα	:	20Hz – 50Hz
Ισχύς εξόδου	:	25KVA (21.25KVA με $\cos\phi=0.85$)
Σταθερό ρεύμα εξόδου	:	36A
Μέγιστο ρεύμα εξόδου	:	140A

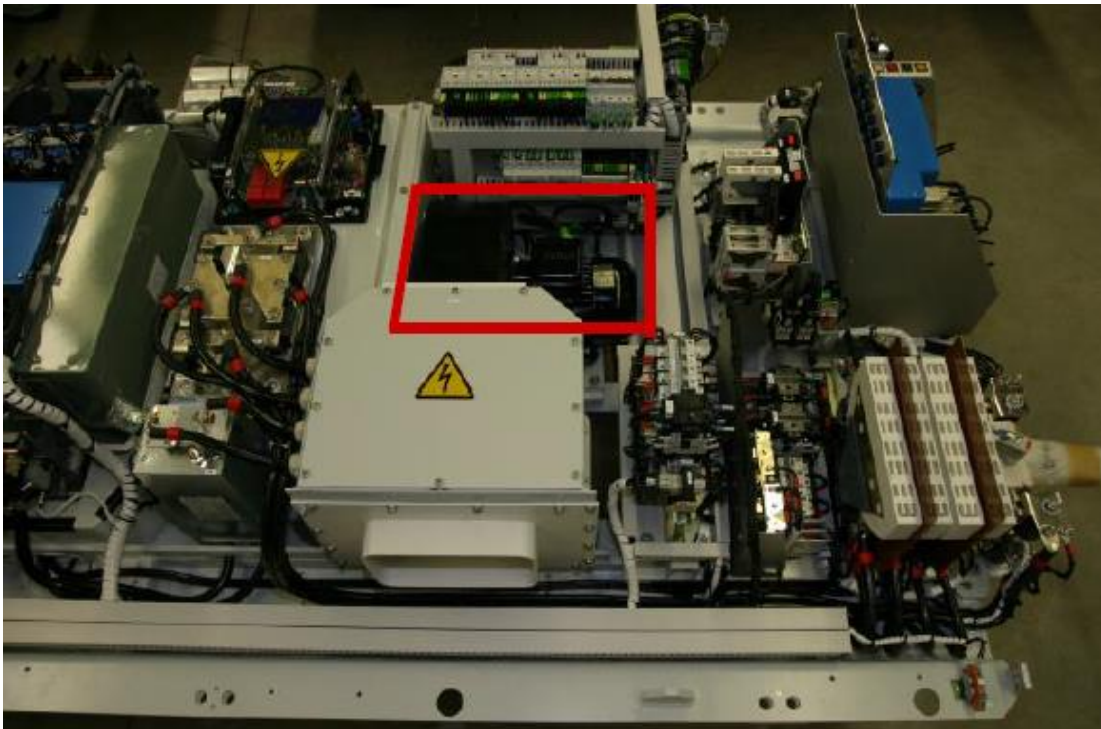
2.6.4 Γέφυρα Ανάστροφης Πόλωσης



Σχήμα 25

Η γέφυρα ανάστροφης πόλωσης (σχήμα 25) είναι στην είσοδο του κυκλώματος του τρόλλεϋ, μετά τις κεραίες. Πρόκειται για μια απλή γέφυρα τεσσάρων διόδων και σκοπός της είναι να διατηρεί την πολικότητα της τάσης σταθερή στην έξοδο της, ανεξάρτητα από την πολικότητα του δικτύου, πχ αν οι κεραίες τοποθετηθούν ανάποδα στο δίκτυο.

2.6.5 Ανεμιστήρας Οροφής



Σχήμα 26

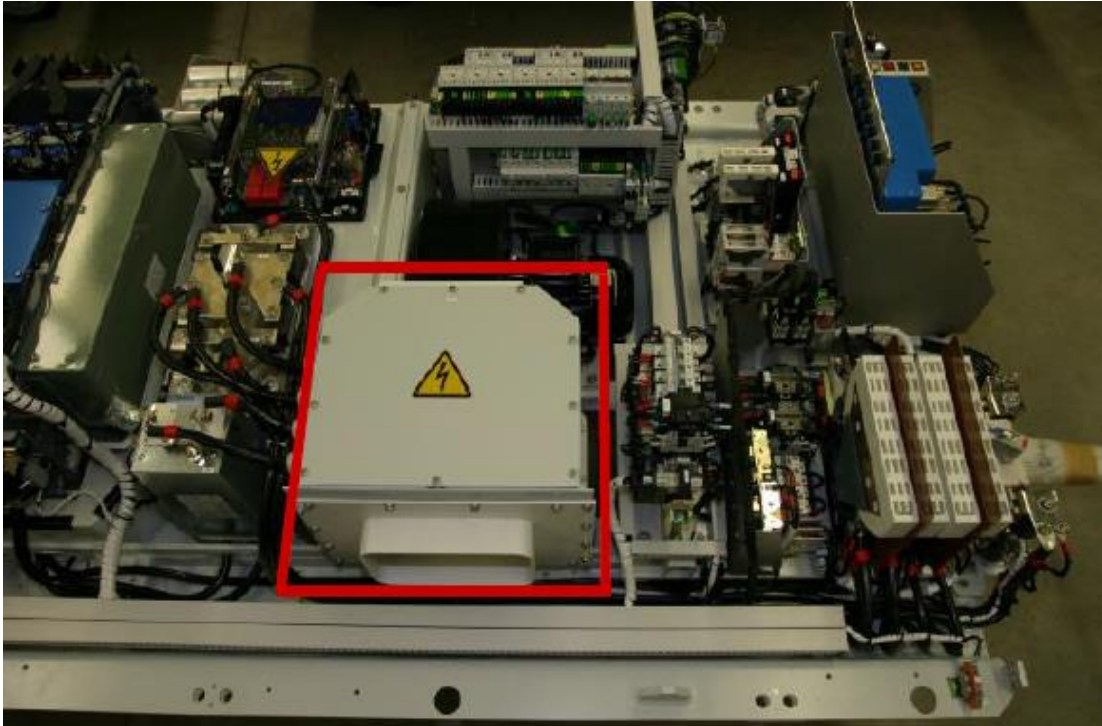
Πρόκειται για έναν κλασικό ανεμιστήρα με ένα μοτέρ και φτερωτή ισχύος 2KW. Είναι πολύ αποδοτικός και η μόνη συντήρηση που απαιτεί είναι η αλλαγή των ρουλεμάν ανά τακτά χρονικά διαστήματα.

Ο ανεμιστήρας οροφής (σχήμα 26) χρησιμεύει στην ψύξη των ακόλουθων τμημάτων στον φορέα συσκευών οροφής DGT112 :

- Μεταλλάκτης δικτύου σχήματος BNU440
- Άμεσος αντιστροφέας παλμών DPU409
- Γέφυρα ανάστροφης πόλωσης
- Αντιστροφέας συσκευής κλιματισμού KGU101
- Στραγγαλιστική βαλβίδα φιλτραρίσματος δικτύου (φίλτρο εισόδου)

Η ροή του αέρα ακολουθεί την σειρά που αναγράφονται τα στοιχεία παραπάνω. Ο εξωτερικός αέρας εισέρχεται από την μπροστινή σχάρα του κιβωτίου συσκευών DGG332, διατρέχει όλα τα στοιχεία και εξέρχεται από το φίλτρο εισόδου, από την εξαναγκασμένη κίνηση που προκαλεί ο ανεμιστήρας.

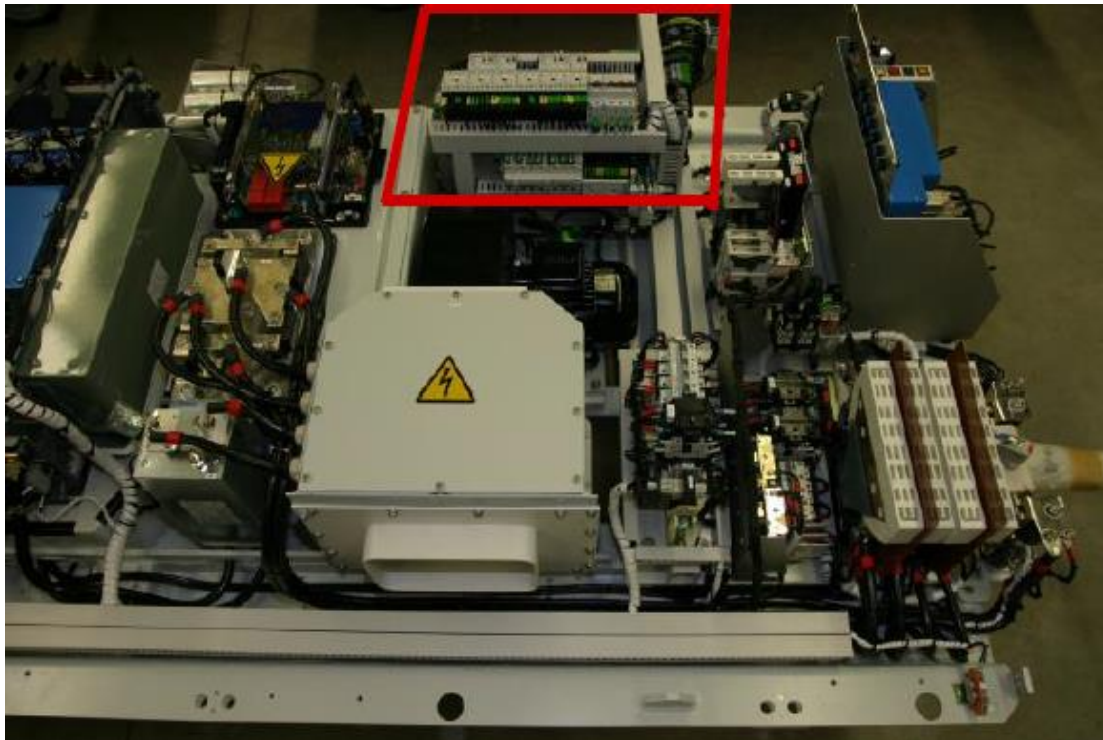
2.6.6 Φίλτρο Εισόδου



Σχήμα 27

Το φίλτρο εισόδου που βλέπουμε στο σχήμα 27 είναι ένα φίλτρο ρεύματος που αποτελείται από δυο όμοια πηνία με επαγωγή 0.6mH το καθένα. Βρίσκεται ένα σε κάθε φάση και σε συνδυασμό με τον πυκνωτή εισόδου που βρίσκεται ενσωματωμένος στον άμεσο αντιστροφέα παλμών DPU409, λειτουργούν σαν χαμηλοπερατό φίλτρο στην είσοδο του ηλεκτρικού κυκλώματος του τρόλλεϋ.

2.6.7 Πίνακας 400V



Σχήμα 28

Η AC έξοδος του μεταλλάκτη οχήματος BNU440 τροφοδοτεί αυτόν τον πίνακα.(σχήμα 28) Σκοπός του είναι να μοιράζει την τάση των 400V στις καταναλώσεις.

Ο πίνακας αυτός αποτελείται από το δομοστοιχείο ελέγχου διαύλου BSM334, τον μετατροπέα διαύλου οχήματος WBU101, ρελέ υπερφόρτισης, ασφάλειες και διακόπτες ασφαλείας.

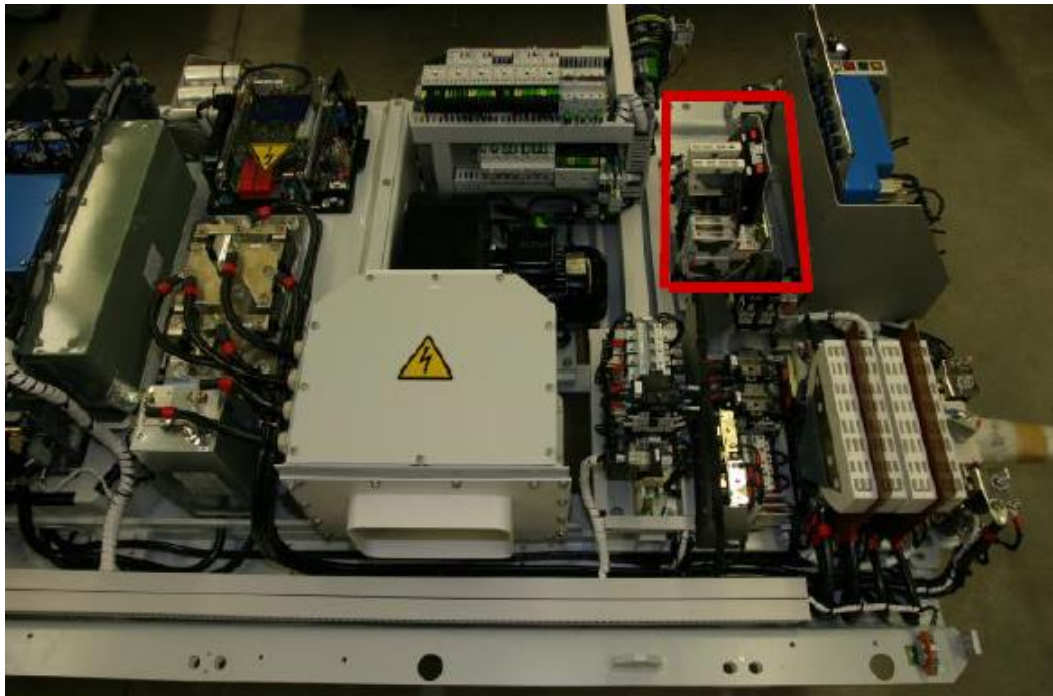
Οι καταναλώσεις που αυτός τροφοδοτεί είναι συνολικής ισχύος 14KVA και είναι ο ανεμιστήρας οροφής του φορέα συσκευών, ο ανεμιστήρας του κινητήρα έλξης, ο συμπιεστής πεπιεσμένου αέρα, μια πρίζα τύπου sukco(230V) που υπάρχει σε ντουλάπι στην σάλα του τρόλλεϋ και τα στοιχεία που αφορούν την θέρμανση (οδηγού και σάλας) .

Ο έλεγχος αυτού του πίνακα γίνεται μέσω του δομοστοιχείου ελέγχου BSM334, που βρίσκεται ενσωματωμένος πάνω του.

2.6.8 Μετατροπέας Διαύλου Οχήματος WBU101

Ο μετατροπέας αυτός βρίσκεται πάνω στον πίνακα 400V . Είναι υπεύθυνος για την μετατροπή των σημάτων από και προς το δομοστοιχείο ελέγχου του αντιστροφέα USM300 σε οπτικά, ώστε να εξασφαλίζεται ηλεκτρική απομόνωση από τον άμεσο αντιστροφέα παλμών.

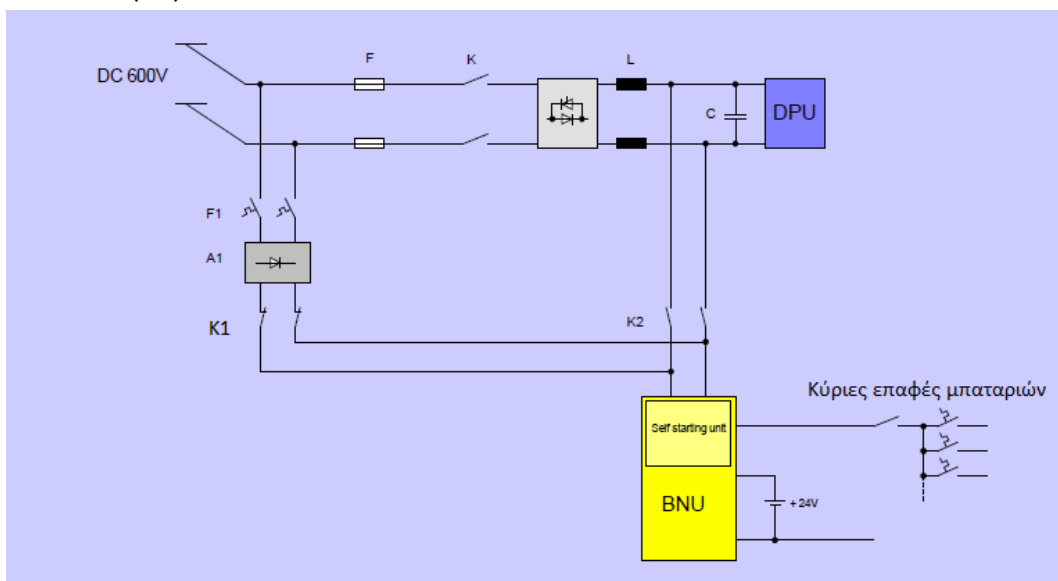
2.6.9 Επαφές Μονάδας Self-Start



Σχήμα 29

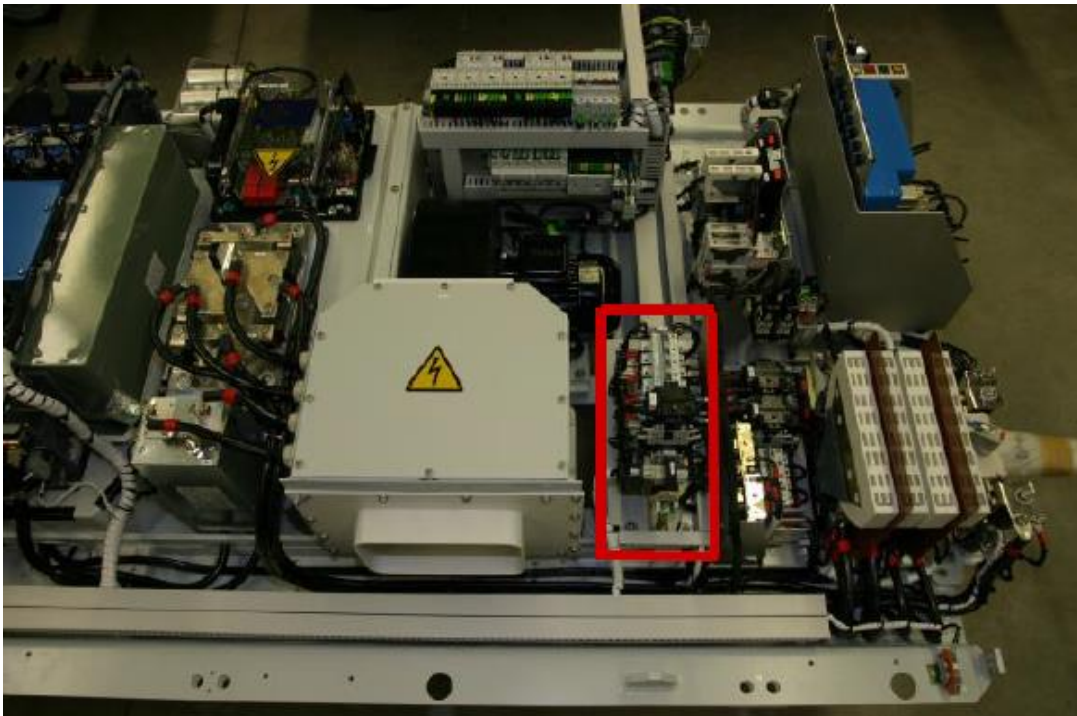
Αυτή η μικρή μονάδα επαφών (σχήμα 29) είναι υπεύθυνη για την ενεργοποίηση ή απενεργοποίηση του κυκλώματος του Self-Start του μεταλλάκτη οχήματος BNU440.

Όπως φαίνεται και στο παρακάτω κύκλωμα, (σχήμα 30) το Self-Start πρόκειται για μια παράκαμψη στο βασικό κύκλωμα του τρόλλεϋ, με σκοπό την φόρτιση της μπαταρίας, όταν το όχημα είναι κλειστό και οι κεραίες βρίσκονται στο δίκτυο. Η λειτουργία αυτή διακόπτεται όταν τροφοδοτούμε με υψηλή τάση το όχημα, καθώς κλείνουν οι επαφές προφόρτισης K1 και παράλληλα ανοίγει η κανονικά κλειστή επαφή του κυκλώματος του Self-Start (K1).



Σχήμα 30

2.6.10 Μονάδα Ελέγχου Μόνωσης



Σχήμα 31

Η μονάδα ελέγχου μόνωσης αποτελείται από τρία δομοστοιχεία. Μόνο το ένα, το HSK101 (σχήμα 31) βρίσκεται στον φορέα συσκευών DGT112. Τα άλλα δυο, TVM101 & EBW101 (σχήμα 32) βρίσκονται σε ντουλάπι στην σάλα του οχήματος.

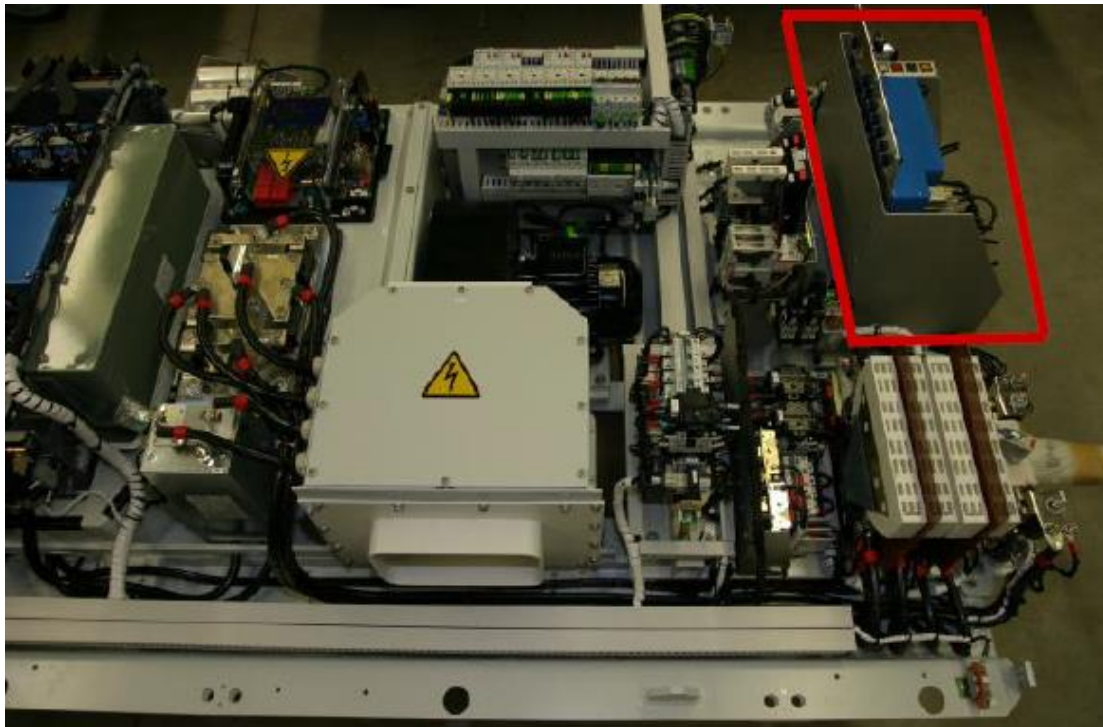


Σχήμα 32

Το δομοστοιχείο HSK101 λειτουργεί σαν αντιστάθμιση υψηλής τάσης, ώστε να καλύπτει την πτώση τάσης που υπάρχει, από τον υποσταθμό ηλεκτρικής ενέργειας μέχρι το όχημα, πάνω στις γραμμές. Το EBW101 είναι η σύνδεση της μονάδας ελέγχου μόνωσης με το ταμπλό του οδηγού όπου υπάρχουν οι λυχνίες προειδοποίησης σφαλμάτων και βλαβών.

Παράλληλα, τα δομοστοιχεία HSK101 & TVM101 λειτουργούν μαζί και επιτηρούν συνεχώς την τάση στο σασί του οχήματος. Αν η τιμή αυτή ξεπεράσει τα όρια που έχουν οριστεί, τότε ανάβει η ενδεικτική λυχνία διαρροής υψηλής τάσης στο ταμπλό του οδηγού, κατεβαίνουν οι κεραίες αυτόματα, μέσω του εγκεφάλου ελέγχου αυτών (BSM401) και ασφαλίζονται στον γάντζο. Ύστερα, το όχημα μπορεί να κινηθεί μόνο με την γεννήτρια πετρελαίου, γιατί τότε δεν γίνεται να έχουμε διαρροή υψηλής τάσης.

2.6.11 Μονάδα Ελέγχου Πέδινων Λήψης Ρεύματος



Σχήμα 33

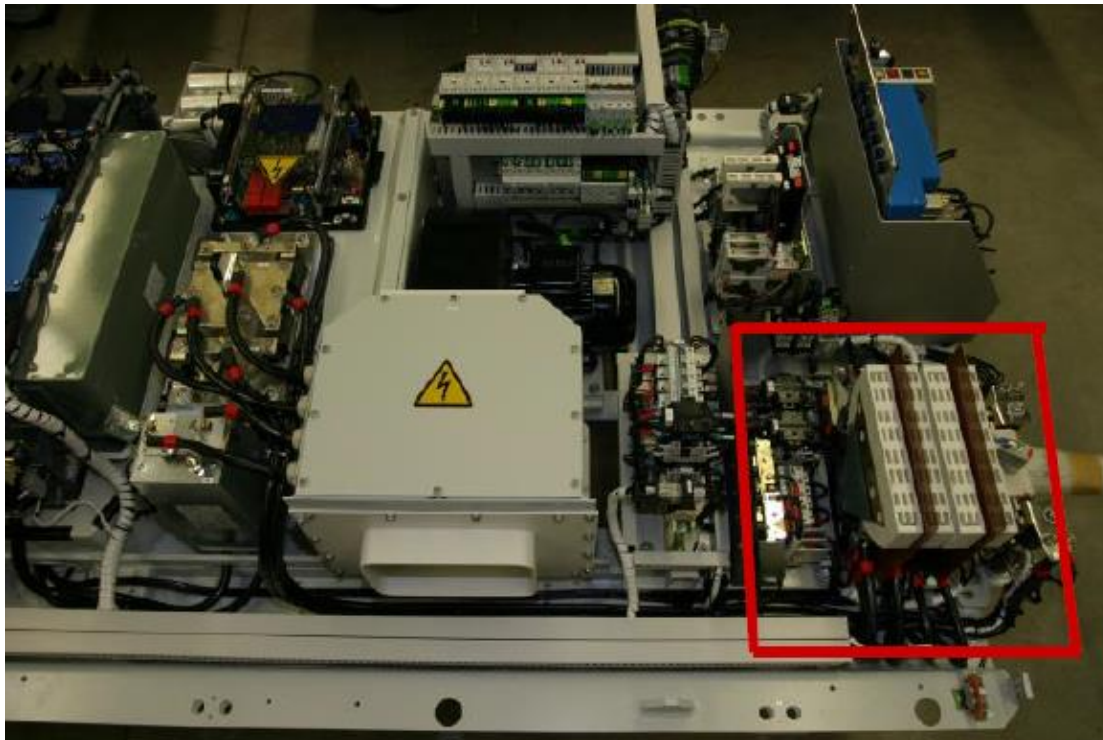
Αυτή η μονάδα (σχήμα 33) αποτελείται από τα ακόλουθα τμήματα. Το δομοστοιχείο ελέγχου διαύλου BSM401 & τον έλεγχο μαγνητικής βαλβίδας.

Ο έλεγχος μαγνητικής βαλβίδας είναι ένα γκρουπ βαλβίδων που ελέγχουν τον πνευματικό κύλινδρο του ρευματολήπτη OSA307.

Το δομοστοιχείο ελέγχου διαύλου BSM401 περιέχει το λογισμικό ελέγχου, το οποίο διαβάζει τα δεδομένα από τους μεμονωμένους αισθητήρες του ρευματολήπτη OSA307 και ελέγχει τον έλεγχο μαγνητικής βαλβίδας. Επίσης, επικοινωνεί με τον κεντρικό εγκέφαλο του οχήματος ZLG316.

Ο εγκέφαλος αυτός εκτελεί ενέργειες, όπως την αυτόματη ασφάλιση των κεραιών στον γάντζο από το δίκτυο και το αντίθετο, όταν ο οδηγός το απαιτήσει από τα μπουτόν στον χώρο του οδηγού ή ενεργεί και μόνος του, δηλαδή σε περιπτώσεις εκτροχιασμών των κεραιών ή διαρροή υψηλής τάσης.

2.6.12 Κύριες Επαφές & Επαφές Προφόρτισης



Σχήμα 34

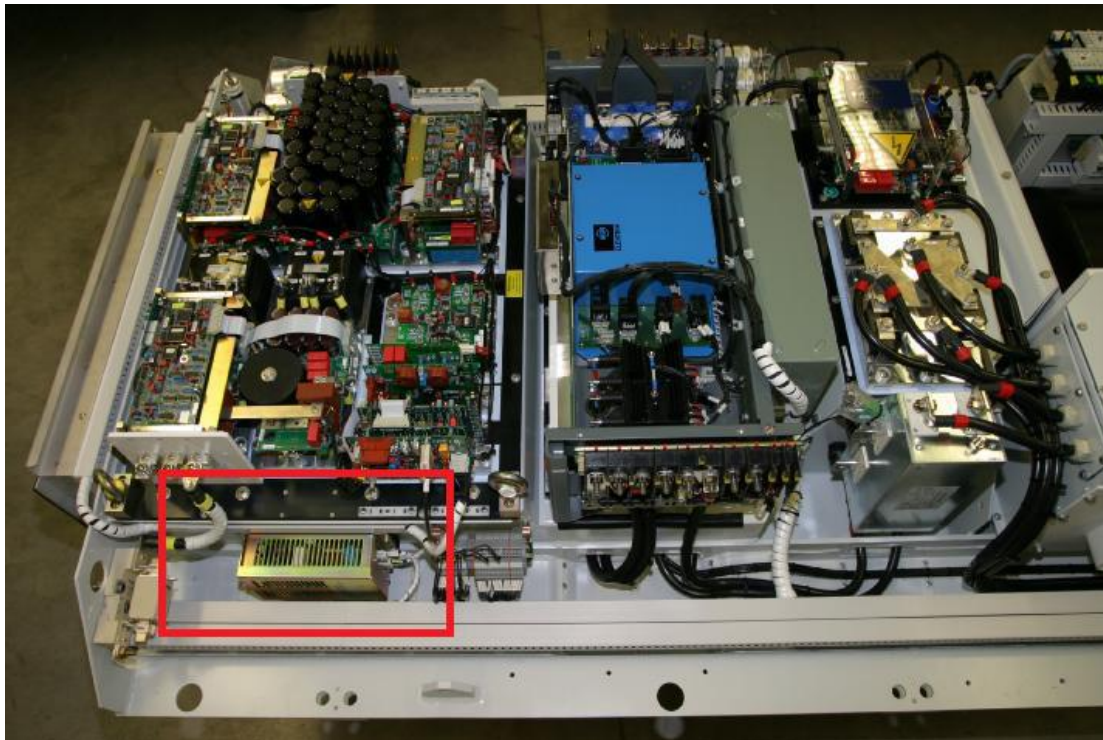
Στο σχήμα 34 βλέπουμε τις κύριες και βοηθητικές επαφές του τρόλλεϋ. Οι κύριες επαφές είναι στην ουσία δυο σετ επαφών. Ένα σετ για τροφοδοσία με δίκτυο και ένα με πετρέλαιο. Η επιλογή γίνεται από τον επιλογικό διακόπτη στον χώρο του οδηγού.

Οι επαφές προφόρτισης είναι και αυτές ξεχωριστές για κάθε τροφοδοσία είτε με δίκτυο, είτε με πετρέλαιο.

Όλες οι επαφές συνοδεύονται και από βοηθητικές. Οι κύριες επαφές καλύπτονται με φλογοκρύπτες (τα λευκά ορθογώνια που διακρίνουμε στην φωτογραφία) , καθώς διαχειρίζονται όλο το ρεύμα του οχήματος του οποίου το μέγεθος είναι τέτοιο που δημιουργεί έντονους σπινθηρισμούς, όταν οι επαφές ανοίγουν και κλείνουν.

Το κύκλωμα προφόρτισης υπάρχει για να περιορίζει το μεγάλο ρεύμα εκκίνησης του οχήματος, φορτίζοντας το φίλτρο εισόδου όταν βάζουμε μπροστά το όχημα και ύστερα βγαίνει εκτός, από το κύκλωμα τροφοδοσίας τάσης.

2.6.13 Λοιπά Εξαρτήματα Τρόλλεϋ

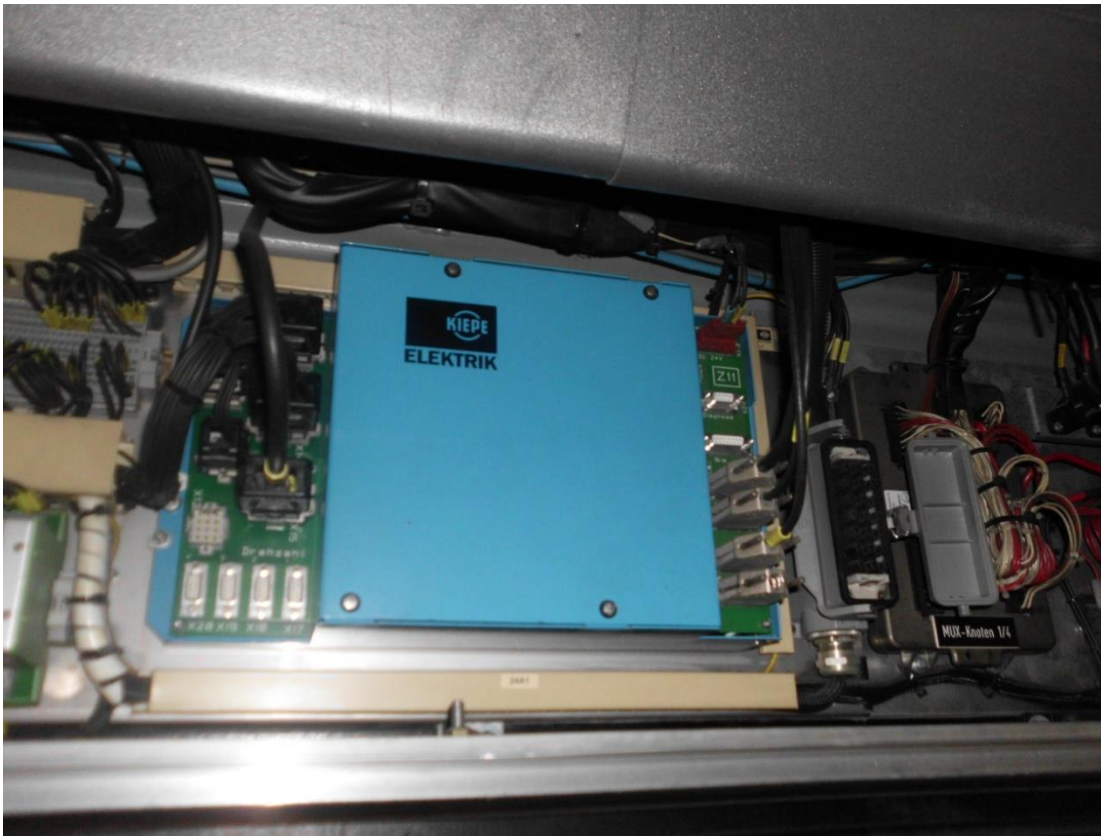


Σχήμα 35

Μέσα στον φορέα συσκευών DGT112 βρίσκεται, χωρίς να εντάσσεται σε κάποιο τμήμα, το τροφοδοτικό απομόνωσης ESV600. (σχήμα 35) Τάση εισόδου και τάση εξόδου είναι τα 24V DC και υπάρχει για απομόνωση της τάσης με σκοπό την μεγαλύτερη ασφάλεια. Η τάση εξόδου τροφοδοτεί το ISV200 του αντιστροφέα παλμών DPU409 και τις κύριες επαφές & επαφές προφόρτισης.

Πέρα από τις μονάδες που περιλαμβάνει ο φορέας συσκευών, υπάρχουν και άλλα στοιχεία που βρίσκονται σε ντουλάπια στην σάλα του τρόλλεϋ. Αυτά είναι κυρίως τμήματα του κυκλώματος του αέρα, καλωδίωση της χαμηλής τάσης, αλλά υπάρχουν και τμήματα που μας ενδιαφέρουν ιδιαίτερα, λόγω της άμεσης σχέσης που έχουν με την λειτουργία & την κίνηση του οχήματος και είναι τα ακόλουθα.

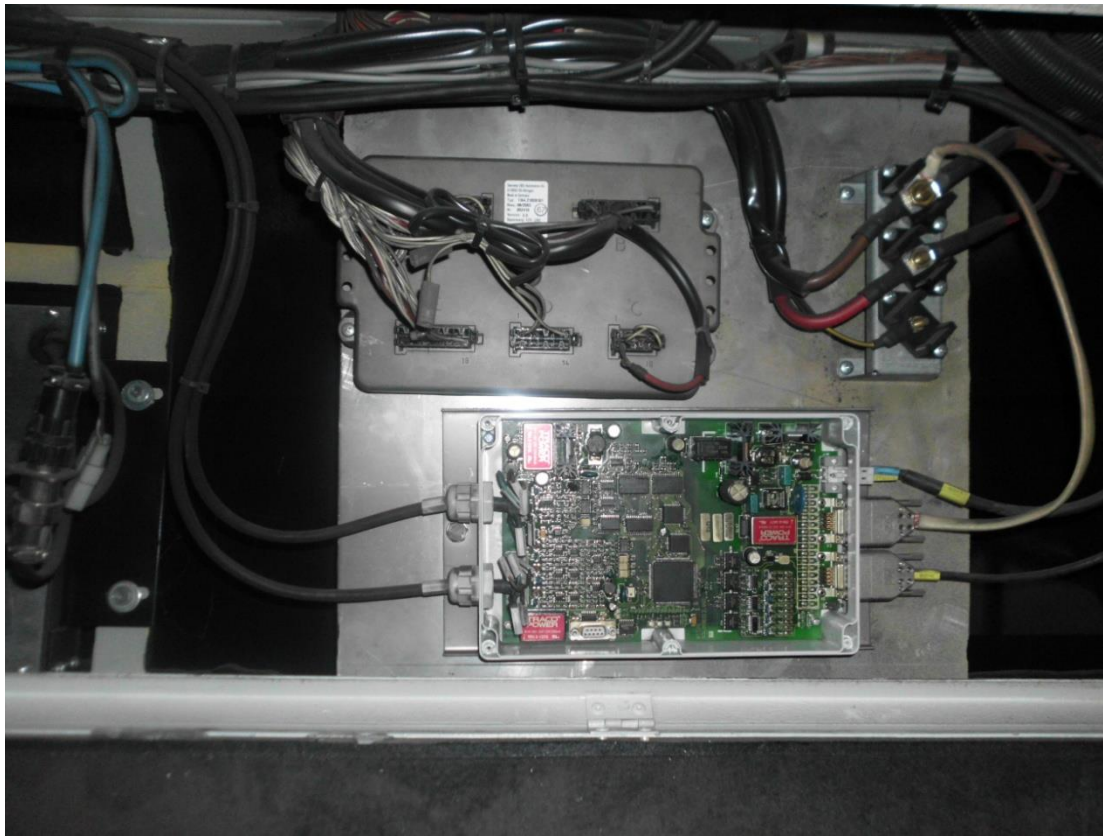
- Κεντρικός εγκέφαλος καθοδήγησης ZLG316



Σχήμα 36

Ο κεντρικός εγκέφαλος καθοδήγησης ZLG316 (σχήμα 36) είναι το κεντρικό δομοστοιχείο όλου του οχήματος. Όλοι οι εγκέφαλοι που προαναφέρθηκαν, δηλαδή οι BSM334, BSM401, USM300 παίρνουν εντολές από αυτόν. Πέρα από το να δίνει εντολές, λαμβάνει και σήματα, τα οποία επεξεργάζεται, από όλα τα δομοστοιχεία και τον MOM100. Αυτός ο εγκέφαλος είναι η σύνδεση του τρόλλεϋ με τον οδηγό, καθώς είναι υπεύθυνος για τις λυχνίες και τις ενδείξεις που φαίνονται στο ταμπλό και στον χώρο του. Σε αυτόν οι τεχνικοί συνδέουν τον υπολογιστή για τον εντοπισμό των προβλημάτων που μπορεί να παρουσιαστούν σε ένα όχημα.

- Εγκέφαλος κινητήρα MOM100



Σχήμα 37

Ο εγκέφαλος κινητήρα MOM100 (σχήμα 37) επιτηρεί συνεχώς την θερμοκρασία και τις στροφές του κινητήρα έλξης και στέλνει τα στοιχεία αυτά στον κεντρικό εγκέφαλο ZLG316.

Ο MOM100 μετρά την θερμοκρασία σε κάθε ένα από τα τρία τυλίγματα του κινητήρα ξεχωριστά με την χρήση αντιστάσεων τύπου PT100 . Οι αντιστάσεις αυτές είναι ειδικά σχεδιασμένες ώστε η ωμική τους αντίσταση να μεταβάλλεται γραμμικά ως προς την μεταβολή της θερμοκρασίας. Στους 0°C η τιμή τους είναι 100Ω και ανεβαίνει 1Ω για κάθε έναν βαθμό Κελσίου. Από την τιμή της κάθε αντίστασης, συμπεραίνει και την θερμοκρασία του κάθε τυλίγματος του κινητήρα έλξης.

Για την μέτρηση των πραγματικών στροφών του κινητήρα υπάρχει ένας διπλός επαγωγικός αισθητήρας. Πάνω στον άξονα του κινητήρα υπάρχει ένας οδοντωτός δακτύλιος. Οι μύτες αυτού είναι μεταλλικοί και ενεργοποιούν τον αισθητήρα. Από την συχνότητα που ενεργοποιείται ο αισθητήρας, ο εγκέφαλος συμπεραίνει και την ταχύτητα του οχήματος με ακρίβεια τεσσάρων δεκαδικών ψηφίων. Ο λόγος που ο αισθητήρας είναι διπλός είναι για να μπορεί να ανιληφθεί και την φορά της περιστροφής του κινητήρα.

❖ Διαφορές εξαρτημάτων μεταξύ μονού και αρθρωτού τρόλλεϋ

Αρθρωτό τρόλλεϋ ονομάζουμε το τρόλλεϋ το οποίο έχει την “φυσούνα” στην μέση (διπλό τρόλλεϋ). Το μπροστά μέρος είναι το κύριο και το πίσω ονομάζεται ρυμουλκό. Η φυσούνα χρησιμοποιείται για να κάνει το αρθρωτό τρόλλεϋ πιο ευκίνητο καθώς είναι ιδιαίτερα μακρύ. Ακόμη νεότερης τεχνολογίας τρόλλεϋ χρησιμοποιούν δυο φυσούνες, αυξάνοντας έτσι το μήκος τους και άρα τον μέγιστο αριθμό επιβατών που μπορούν να μεταφέρουν.

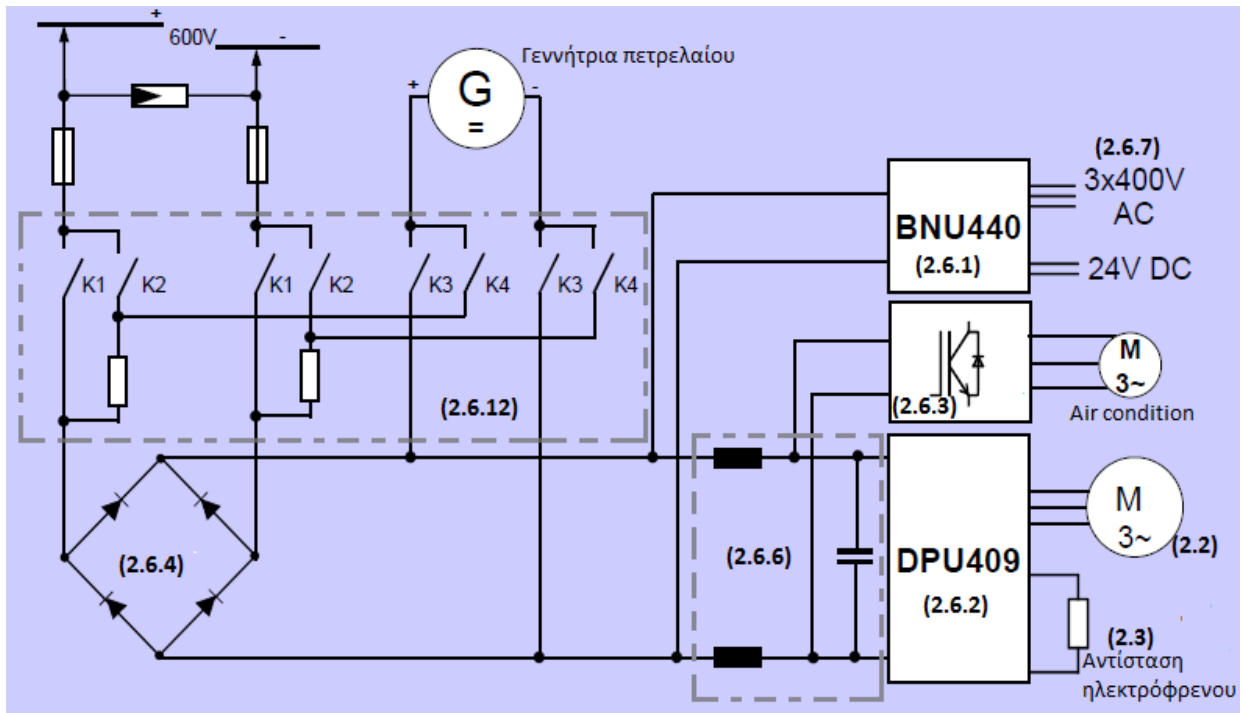
Οι διαφορές μεταξύ μονού και αρθρωτού τρόλλεϋ, όσων αφορά τις συσκευές οροφής και τα εξαρτήματα, είναι ελάχιστες και είναι κυρίως σε θέματα τοποθέτησης αυτών.

Στο αρθρωτό τρόλλεϋ υπάρχει ένα κιβώτιο συσκευών οροφής ακόμη. Το DGG413 βρίσκεται στην οροφή του ρυμουλκού έχει βάρος περίπου 210kg και διαστάσεις (1.735x917x446)mm.

Περιλαμβάνει τα ακόλουθα από τα κομμάτια του DGG332. Την γέφυρα αντίστροφης πόλωσης, το δομοστοιχείο ελέγχου μόνωσης HSK101, τις κύριες και βοηθητικές επαφές του τρόλλεϋ καθώς και τις επαφές του self-start του BNU440 και τέλος τον έλεγχο των κεραιών με τον εγκέφαλο BSM332 και το μπλοκ βαλβίδων. Επίσης, στο μονό τρόλλεϋ το ESV600 τροφοδοτεί τις κύριες & βοηθητικές επαφές, αλλά και το ISV600 του αντιστροφέα παλμών. Στο αρθρωτό υπάρχει ένα δεύτερο ESV600 στο DGG413, που τροφοδοτεί μονάχα τις επαφές και το πρώτο τροφοδοτεί μόνο το ISV600.

Κεφάλαιο 3 – Ηλεκτρική Κίνηση και Λειτουργία

Στο κεφάλαιο αυτό θα αναλύσουμε τις απαραίτητες διεργασίες που το τρόλλεϋ εκτελεί ώστε να έχουμε την απαιτούμενη κίνηση και πέδηση. Οι διεργασίες αυτές είναι κοινές για τα μονά και τα αρθρωτά τρόλλεϋ.



Σχήμα 38

Στο σχήμα 38 βλέπουμε το γενικό κύκλωμα ισχύος του τρόλλεϋ. Ο αντιστροφέας παλμών DPU409 μας ενδιαφέρει ιδιαίτερα, καθώς είναι υπεύθυνος για την κίνηση/πέδηση.

Έχουμε τις δυο πηγές ηλεκτρικής ενέργειας, το δίκτυο και την γεννήτρια πετρελαίου, τις κύριες επαφές & επαφές προφόρτισης, γέφυρα ανάστροφης πόλωσης και τις καταναλώσεις, ο μεταλλάκτης του οχήματος, ο αντιστροφέας του συμπιεστή του κλιματισμού και ο αντιστροφέας παλμών του κινητήρα έλξης με το φίλτρο και την αντίσταση ηλεκτρόφρενου.

Για να βάλουμε μπροστά το όχημα πρέπει πρώτα να ενεργοποιήσουμε την τροφοδοσία των 24V (από την μπαταρία) μέσω ενός κλειδιού στην θέση του οδηγού, η οποία θα τροφοδοτήσει τα λογικά κυκλώματα ελέγχου των επαφών. Στην θέση του οδηγού υπάρχει ένας επιλογικός διακόπτης με τρεις επιλογές για την τροφοδοσία υψηλής τάσης : Δίκτυο, μηδέν (0) και πετρέλαιο.

Έστω ότι έχουμε γυρίσει το κλειδί και επιλέγουμε την τροφοδοσία από το δίκτυο: Πρώτα θα κλείσουν οι επαφές της προφόρτισης K2. Σκοπός της προφόρτισης είναι να φορτίσει τον πυκνωτή του αντιστροφέα παλμών. Ένας αφόρτιστος πυκνωτής λειτουργεί σαν βραχυκύκλωμα, για συνεχής τάση, για αυτό υπάρχει και η αντίσταση προφόρτισης που περιορίζει το ρεύμα.

Αφού ο πυκνωτής φορτιστεί, ανοίγουν οι επαφές K2 και ταυτόχρονα κλείνουν οι κύριες επαφές K1. Οι καταναλώσεις του οχήματος πλέον τροφοδοτούνται με 600V από το δίκτυο.

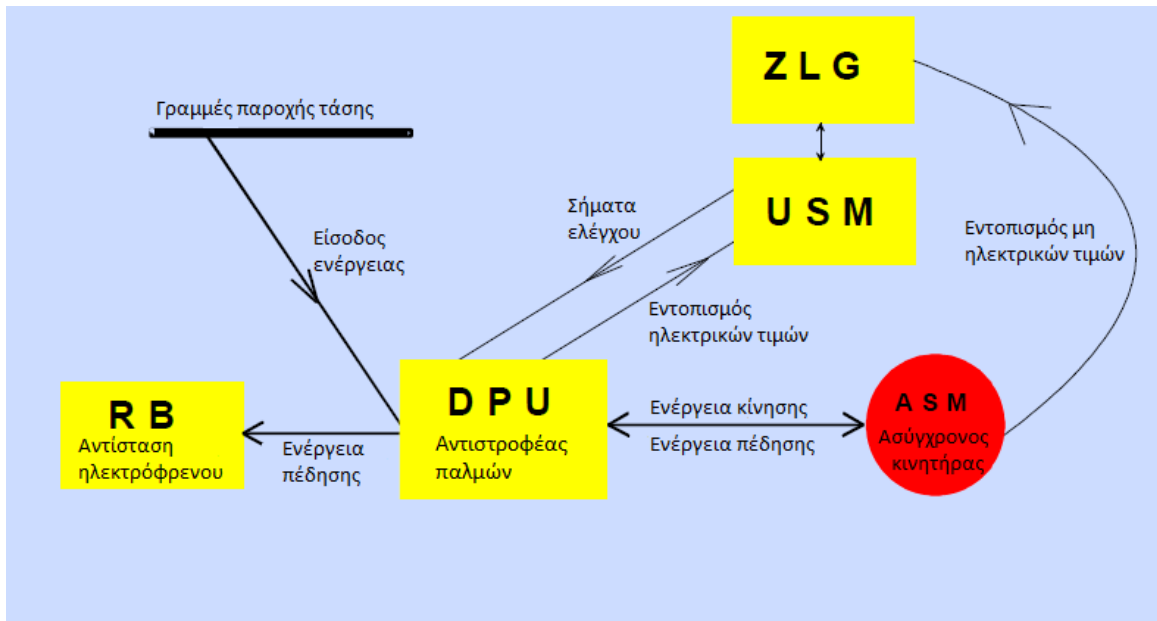
Τώρα γυρνάμε τον διακόπτη στο μηδέν. Ανοίγουν οι επαφές K1 και δεν υπάρχει πλέον παροχή υψηλής τάσης στο όχημα. Ο πυκνωτής του αντιστροφέα παλμών αποφορτίζεται με την αντίσταση συνεχούς αποφόρτισης.

Στην συνέχεια γυρνάμε τον διακόπτη στο πετρέλαιο. Οι γεννήτριες πετρελαίου παίρνουν μπρος. Κλείνουν οι επαφές K4 της προφόρτισης και αφού φορτιστεί ο πυκνωτής, αυτές ανοίγουν και κλείνουν οι κύριες επαφές K3. Πλέον, οι καταναλώσεις του οχήματος τροφοδοτούνται με 600V από την γεννήτρια πετρελαίου.

Μεταξύ των επαφών K2 με K4 όπως και K1 με K3 υπάρχει αλληλομανδάλωση, ώστε να μην μπορούν να κλείσουν ταυτόχρονα, σε περίπτωση βλάβης, και δημιουργηθεί βραχυκύκλωμα.

Από την στιγμή που το όχημα βρίσκεται σε λειτουργία μπορούμε να εξετάσουμε την συμπεριφορά του αντιστροφέα παλμών στην κίνηση και την πέδηση, καθώς και τον τρόπο επικοινωνίας μεταξύ των εμπλεκόμενων μονάδων.

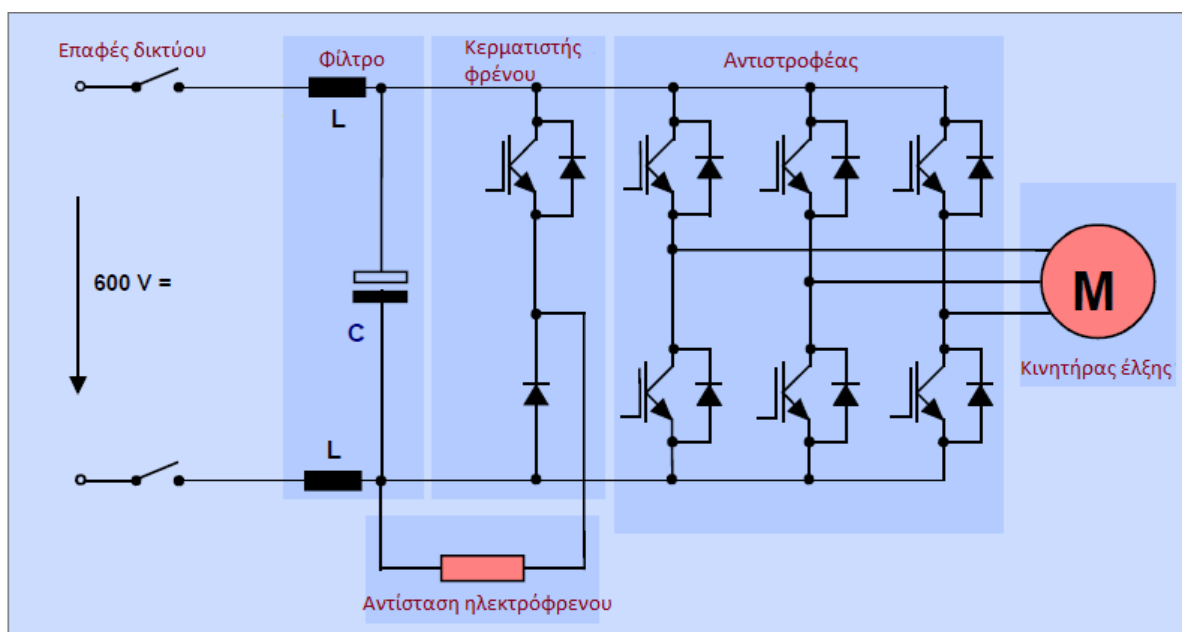
Λειτουργικό Διάγραμμα Κίνησης



Σχήμα 39

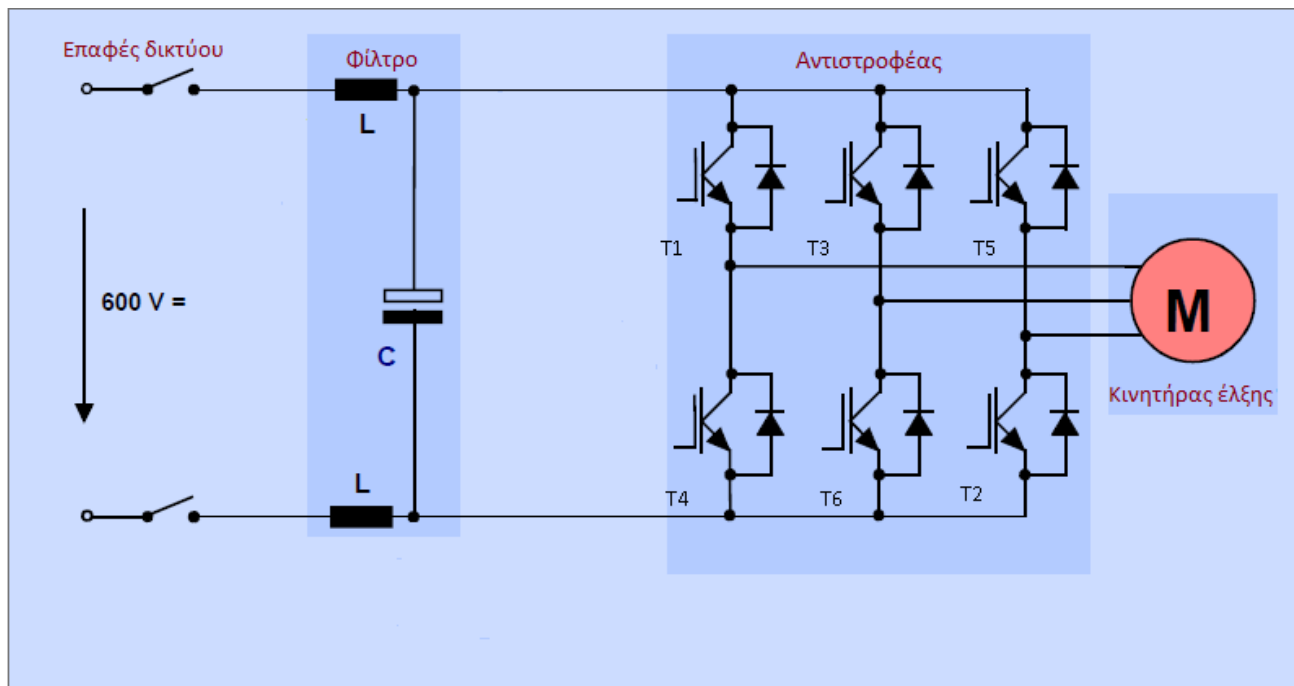
Σε αυτό το λειτουργικό διάγραμμα (σχήμα 39) βλέπουμε τα κύρια τμήματα και τον διάλογο επικοινωνίας της κίνησης μεταξύ του κεντρικού εγκεφάλου ZLG316, τον εγκέφαλο του αντιστροφέα USM300, τον αντιστροφέα παλμών DPU409 και τον ασύγχρονο κινητήρα. Η επικοινωνία του κινητήρα με τον κεντρικό εγκέφαλο ZLG316 είναι ο εγκέφαλος κινητήρα MOM100.

Στην παρακάτω εικόνα (σχήμα 40) βλέπουμε το κύκλωμα ισχύος του άμεσου αντιστροφέα παλμών DPU409. Το κύκλωμα αυτό χωρίζεται, για την απλούστερη ανάλυσή του, σε δυο κομμάτια. Το κομμάτι της κίνησης και το κομμάτι της πέδησης.



Σχήμα 40

Κύκλωμα κίνησης



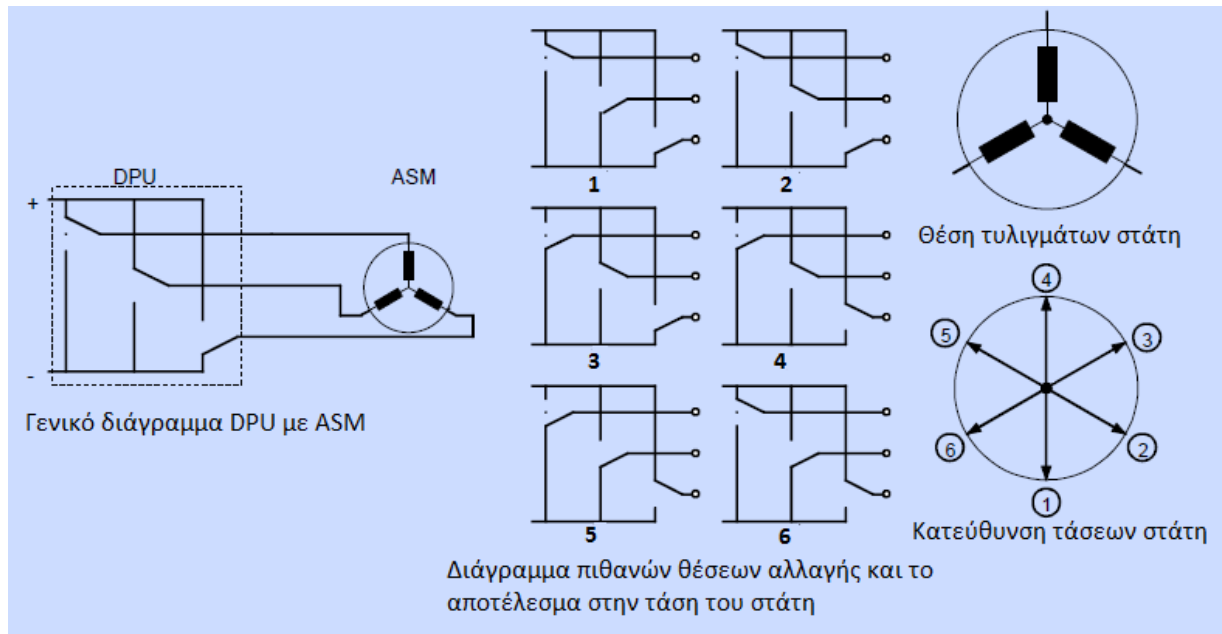
Σχήμα 41

Το κύκλωμα ισχύος στην φάση της κίνησης/επιτάχυνσης πρόκειται για ένα τυπικό τριφασικό κύκλωμα που αποτελείται από το φίλτρο στην είσοδο, τα ημιαγωγά στοιχεία για την αντιστροφή της τάσης και τις διόδους προστασίας τους. Η πηγή της τάσης είναι είτε το δίκτυο, είτε οι γεννήτριες πετρελαίου. (σχήμα 41)

Η μορφή της τάσης στην έξοδο του αντιστροφέα, εξαρτάται αποκλειστικά και μόνο από τη λογική της παλμοδότησης των διακοπτικών στοιχείων. Η παρουσία των διόδων είναι απαραίτητη για την κυκλοφορία της άεργης ισχύος, καθώς και την ροή ρεύματος αντίστροφης φοράς που προκαλείται από την πέδηση.

Ο αντιστροφέας τετραγωνικού κύματος αποτελεί την πιο απλή μορφή αντιστροφέα με πηγή συνεχούς τάσης. Ο μόνος περιορισμός που υπάρχει είναι ότι δεν πρέπει να συμπίπτουν οι χρόνοι αγωγής των διακοπτικών στοιχείων στον ίδιο κλάδο, καθώς αυτό θα προκαλούσε βραχυκύκλωμα της τάσης εισόδου. Σύμφωνα με τον περιορισμό, προκύπτουν έξι πιθανοί συνδυασμοί για την αγωγή των IGBT, που έχουν και το ανάλογο αποτέλεσμα στην τάση του στάση.

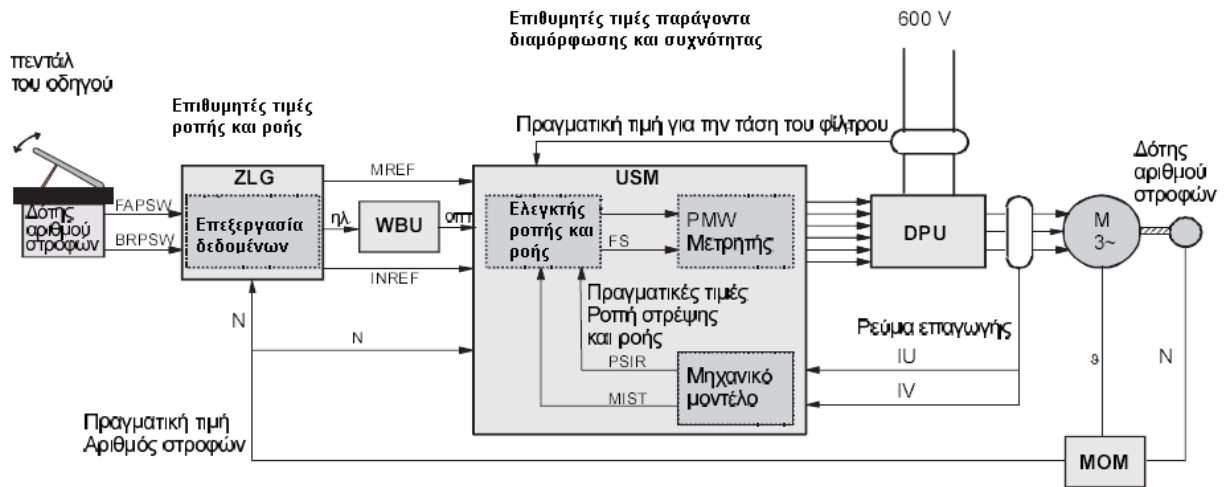
Στην περίπτωση του ηλεκτρικού λεωφορείου, ο έλεγχος του κινητήρα έλξης γίνεται με έλεγχο του πεδίου του στάτη. Στην παρακάτω εικόνα (σχήμα 42) βλέπουμε τους έξι διαφορετικούς συνδυασμούς των IGBT και την κατεύθυνση της τάσης που δημιουργεί ο κάθε συνδυασμός στον στάτη. Οι συνδυασμοί είναι σταθεροί και τα διακοπτικά στοιχεία ανοιγοκλείνουν συνεχώς με αυτήν την ακολουθία, προκαλώντας ένα μεταβαλλόμενο μαγνητικό πεδίο στον στάτη. Η μεταβολή των στροφών του κινητήρα και κατά συνέπεια της ταχύτητας κίνησης, γίνεται ελέγχοντας την συχνότητα που οι συνδυασμοί αυτοί επαναλαμβάνονται κυκλικά.



Σχήμα 42

Στο παρακάτω μπλοκ-διαγραμμα βλέπουμε τις διεργασίες που επιτελούνται ανάμεσα στους εγκεφάλους που συνεργάζονται για την κίνηση, όταν ο οδηγός πατάει το πετάλι του γκαζιού.

Σύστημα κίνησης μπλοκ-διάγραμμα



Σχήμα 43

Στο σχήμα 43 βλέπουμε πως πραγματοποιείται ο έλεγχος και η ρύθμιση του άμεσου αντιστροφέα παλμών DPU409. Πραγματοποιείται με την βοήθεια του δομοστοιχείου ελέγχου του αντιστροφέα USM300 και του κεντρικού εγκεφάλου του οχήματος ZLG316, όπου εκτιμώνται τα δεδομένα μετρήσεων από τον αντιστροφέα παλμών DPU409 και από την μηχανή κίνησης στο δομοστοιχείο κινητήρα MOM100.

Τα ποτενσιόμετρα που ρυθμίζονται από τα πετάλια δίνουν τις τιμές τους στον κεντρικό εγκέφαλο ZLG316 (FAPSW & BRPSW για γκάζι και φρένο αντίστοιχα). Αυτός επεξεργάζεται αυτές τις τιμές και μαζί με τις τιμές των πραγματικών στροφών και θερμοκρασίας του κινητήρα, υπολογίζει τις τιμές ροπής και ροής που απαιτεί ο οδηγός εκείνη την στιγμή. Αυτά τα δεδομένα τα μεταφέρει στον εγκέφαλο του αντιστροφέα παλμών USM300. Τα δεδομένα αυτά μεταφέρονται μέσω της μονάδας WBU100 η οποία τα μετατρέπει σε οπτικά σήματα. Η επικοινωνία από αυτό το σημείο, και εσωτερικά στον αντιστροφέα παλμών, γίνεται με την χρήση οπτικών ινών για ηλεκτρική απομόνωση των 600V από το υπόλοιπο όχημα.

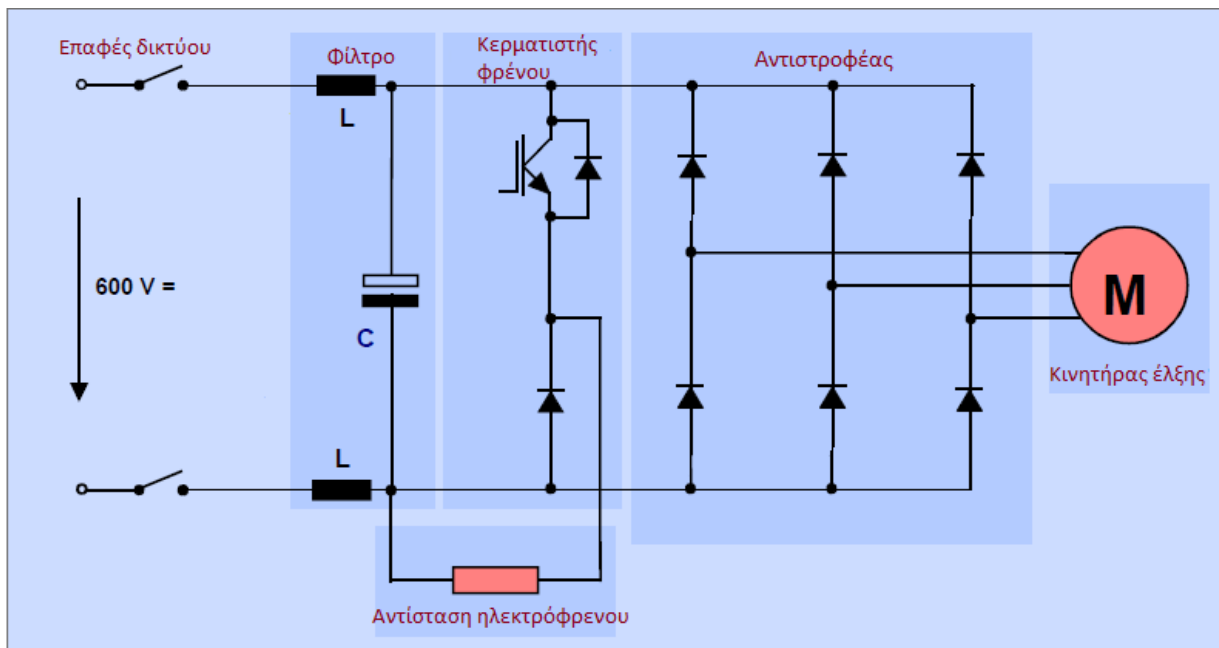
Ο εγκέφαλος USM παίρνει τα δεδομένα από τον ZLG και τα συνυπολογίζει μαζί με την πραγματική τιμή της τάσεως του φίλτρου, τις πραγματικές τιμές ροπής στρέψης και ροής και τις παραμέτρους από το μηχανικό μοντέλο του οχήματος. Τελικά, από τα παραπάνω υπολογίζει το δείγμα παλμών το οποίο στέλνει στις κάρτες οδήγησης των IGBT και έτσι τροφοδοτεί τον κινητήρα με την απαιτούμενη τάση σε πραγματικό χρόνο.

Το κύκλωμα είναι κλειστού βρόχου με ανάδραση από τον εγκέφαλο κινητήρα MOM που συνεχώς ενημερώνει το ZLG για τις πραγματικές τιμές στροφών και θερμοκρασίας του κινητήρα.

Το μηχανικό μοντέλο του οχήματος περιλαμβάνει παραμέτρους. Αυτές οι παράμετροι είναι σταθερές τιμές μεγεθών που είναι απαραίτητες για την σωστή ρύθμιση του κινητήρα και βρίσκονται ενσωματωμένες στο πρόγραμμα του εγκεφάλου USM300. Ακολουθεί ένας πίνακας με αυτές τις παραμέτρους.

Παράμετρος	Τιμή	Επεξήγηση παραμέτρου
UDBRMAX	750V	ΜΕΓΙΣΤΗ ΤΑΣΗ ΑΝΑΤΡΟΦΟΔΟΤΗΣΗΣ
FSMAX	200Hz	ΜΕΓΙΣΤΗ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΣΤΑΤΗ
IMYSTRT1	600A	ΡΕΥΜΑ ΕΚΚΙΝΗΣΗΣ
MNEMM	1800Nm	ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ ΡΟΠΗ
PSIRN	0,99091	ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ ΡΟΗ ΜΟΤΕΡ
RI_20°C	12.61mΩ	ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΣΤΑΤΗ
SIGMAL1	0.3365mH	ΕΠΑΓΩΓΗ ΣΤΑΤΗ
UTEMPMO	180°C	ΥΠΕΡΘΕΡΜΑΝΣΗ ΚΙΝΗΤΗΡΑ
IMOTBGR_SO	1200A	ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΚΙΝΗΤΗΡΑ
IMOTMAX_S	1300A	ΥΠΕΡΒΟΛΙΚΟ ΡΕΥΜΑ ΚΙΝΗΤΗΡΑ
INMAX	1000A	ΜΕΓΙΣΤΟ ΕΠΙΤΡΕΠΟΜΕΝΟ ΡΕΥΜΑ ΔΙΚΤΥΟΥ
KSKAL_IN	1000A/10V	ΔΙΑΒΑΘΜΙΣΗ ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΔΙΚΤΥΟΥ (ΑΜΠΕΡΟΜΕΤΡΟ)
KSKAL_INV	1000A/10V	ΔΙΑΒΑΘΜΙΣΗ ΠΑΡΑΠΛΕΥΡΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ (ΑΜΠΕΡΟΜΕΤΡΟ)
KSKAL_IWR	1500A/10V	ΔΙΑΒΑΘΜΙΣΗ ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΚΙΝΗΤΗΡΑ (ΑΜΠΕΡΟΜΕΤΡΟ)
KSKAL_U	1500V/10V	ΔΙΑΒΑΘΜΙΣΗ ΤΑΣΗΣ (ΒΟΛΤΟΜΕΤΡΟ)
MOD0	3%	ΚΑΤΩΤΑΤΟ ΟΡΙΟ ΑΝΤΙΣΤΑΘΜΙΖΟΜΕΝΗΣ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗΣ
TEMAX	95°C	ΟΡΙΟ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ IGBT
EIS_FAKTOT	1200msec	ΚΑΘΥΣΤΕΡΗΣΗ ΕΠΑΝΑΥΞΗΣΗΣ (ABS)
PVANTRIEB	40KW	ΜΕΓΙΣΤΗ ΑΠΩΛΕΙΑ ΙΣΧΥΟΣ ΚΙΝΗΣΗΣ
TAUAIST	300msec	ΣΤΑΘΕΡΑ ΧΡΟΝΟΥ ΧΑΜΗΛΟΠΕΡΑΤΟΥ ΦΙΛΤΡΟΥ
TNULLSP	8msec	ΚΑΘΥΣΤΕΡΗΣΗ ΜΕΧΡΙ ΤΗΝ ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗ ΜΗΔΕΝΙΚΗΣ ΤΑΣΗΣ
UDNENN	400V	ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ ΤΑΣΗ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΟΥ ΖΕΥΓΟΥΣ
UFMAX	1000V	ΜΕΓΙΣΤΗ ΤΑΣΗ ΦΙΛΤΡΟΥ
UFNENN	600V	ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ ΤΑΣΗ ΔΙΚΤΥΟΥ
MODMAX	95%	ΜΕΓΙΣΤΗ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΠΑΛΜΩΝ
FSMIN	1.25Hz	ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΣΤΑΤΗ
INRBMAX	10A	ΡΥΘΜΙΣΤΗΣ ΦΡΕΝΟΥ-ΜΕΓΙΣΤΟ ΡΕΥΜΑ ΔΙΚΤΥΟΥ
MPSIR0	0Nm	ΜΙΚΡΟΤΕΡΟ ΟΡΙΟ ΡΟΠΗΣ ΣΤΡΕΨΗΣ ΡΟΤΟΡΑ
MPSIR1	500Nm	ΑΝΩΤΑΤΟ ΟΡΙΟ ΡΟΠΗΣ ΣΤΡΕΨΗΣ ΡΟΤΟΡΑ
NBLEND	500rpm	ΦΡΑΓΗ ΑΡΙΘΜΟΥ ΣΤΡΟΦΩΝ-ΜΗΧΑΝΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ
PSIRMIN	50%	ΜΙΚΡΟΤΕΡΗ ΡΟΗ ΡΟΤΟΡΑ
RB	1.3Ω	ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΗΛΕΚΤΡΟΦΡΕΝΟΥ
TAUIMREF	300msec	ΣΤΑΘΕΡΑ ΧΡΟΝΟΥ ΧΑΜΗΛΟΠΕΡΑΤΟΥ ΦΙΛΤΡΟΥ-ΡΕΥΜΑ ΜΟΤΕΡ
TAUN	2msec	ΧΡΟΝΟΣ ΑΝΤΑΠΟΚΡΙΣΗΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΑΝΑΓΝΩΣΗΣ ΣΤΡΟΦΩΝ
TAUUF1	15msec	ΧΡΟΝΟΣ ΑΝΤΑΠΟΚΡΙΣΗΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΑΝΑΓΝΩΣΗΣ ΤΑΣΗΣ ΔΙΚΤΥΟΥ
TAUUF2	3msec	ΧΡΟΝΟΣ ΑΝΤΑΠΟΚΡΙΣΗΣ ΑΝΑΓΝΩΣΗΣ ΤΑΣΗΣ Η/Ζ
TiBCI	15msec	ΡΥΘΜΙΣΤΗΣ ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΣΗΣ ΦΡΕΝΟΥ
TiIMOT	45msec	ΡΥΘΜΙΣΤΗΣ ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΣΗΣ ΚΙΝΗΤΗΡΑ

Κύκλωμα ισχύος πέδησης



Σχήμα 44

Στο κύκλωμα ισχύος της πέδησης δεν λειτουργούν τα IGBT του αντιστροφεία.(σχήμα 44) Βλέπουμε το φίλτρο εισόδου, τις διόδους ελευθέρως ροής, την αντίσταση ηλεκτρόφρενου και το IGBT που παλμοδοτεί το ρεύμα προς αυτήν.

Όταν ο οδηγός πατάει το φρένο, ο κινητήρας έλξης με την βοήθεια μιας μικρής τάσης για την διέγερση των τυλιγμάτων, μετατρέπεται σε γεννήτρια. Η γεννήτρια παράγει μια τάση η οποία φορτίζει τον πυκνωτή του φίλτρου μέχρι τα 850V μέγιστο. Αν η τάση που παράγεται είναι μεγαλύτερη, τότε το κομμάτι της τάσης πάνω από τα 850V, μέσω του κερματιστή φρένου, καταναλώνεται με την μορφή παλμών πάνω στην αντίσταση ηλεκτρόφρενου. Δηλαδή, η αντίσταση ηλεκτρόφρενου λειτουργεί σαν φορτίο στην γεννήτρια.

Κεφάλαιο 4 – Εξοικονόμηση Ενέργειας

Τα τρόλλεϋ αποτελούνται από πολλά ηλεκτρονικά κυκλώματα, τα οποία είναι πολύ υψηλής απόδοσης, αλλά υπάρχουν λύσεις για την εξοικονόμηση ενέργειας χρησιμοποιώντας μεθόδους και υλικά τελευταίας τεχνολογίας.

Θα αναφερθούμε σε τέσσερις τρόπους εξοικονόμησης ενέργειας και θα προσπαθήσουμε να δούμε κατά πόσο αυτοί οι τρόποι μπορούν να εφαρμοστούν και αν συμφέρουν. Αυτοί είναι οι εξής :

- i. Ανατροφοδότηση ενέργειας πέδησης στο δίκτυο
- ii. Μείωση ρεύματος εκκίνησης κινητήρα έλξης
- iii. Αντικατάσταση λαμπτήρων σάλας επιβατών
- iv. Αλλαγές στον μεταλλάκτη οχήματος BNU440

i. Ανατροφοδότηση ενέργειας πέδησης στο δίκτυο

Ο ηλεκτρικός κινητήρας έλξης του τρόλλεϋ, κατά την πέδηση, μετατρέπεται σε γεννήτρια, η οποία φορτίζει το φίλτρο. Επίσης, χρησιμοποιείται μια αντίσταση σαν φορτίο στην γεννήτρια, ώστε να κάνει την πέδηση ευκολότερη, με μικρότερη επιβάρυνση στα τακάκια. Επιπλέον, τα τρόλλεϋ είναι σχεδιασμένα για να επιστρέφουν κάποια από την ενέργεια που παράγει η γεννήτρια στο δίκτυο. Αυτή η ενέργεια μπορεί να χρησιμοποιηθεί από ένα άλλο τρόλλεϋ το οποίο ξεκινάει εκείνη την στιγμή και έχει αυξημένη απαίτηση σε ισχύ. Στον άμεσο αντιστροφέα παλμών DPU409, υπάρχει και ένα όγδοο IGBT, το οποίο μπορεί να μεταφέρει, σε μορφή παλμών, την ενέργεια πίσω στο δίκτυο. Αυτή η μέθοδος όμως είναι αδύνατον να εφαρμοστεί στην χώρα μας, καθώς οι υποσταθμοί δεν έχουν την δυνατότητα αποθήκευσης ενέργειας. Για την εφαρμογή της είναι απαραίτητη η αλλαγή των ημιαγωγών στοιχείων στους υποσταθμούς, σε στοιχεία κατάλληλα να λαμβάνουν και ενέργεια, πέρα από το να δίνουν, καθώς και στοιχεία αποθήκευσης ενέργειας. Αν θα μπορούσε να εφαρμοστεί, είναι προφανές πως θα είχαμε εξοικονόμηση ενέργειας, και αυτό το βλέπουμε και από χώρες του εξωτερικού που εφαρμόζουν αυτήν την μέθοδο.

ii. Μείωση ρεύματος εκκίνησης κινητήρα έλξης

Η μείωση του ρεύματος εκκίνησης του κινητήρα έλξης είναι ένα μέγεθος που μπορεί να ρυθμιστεί από τις παραμέτρους του εγκεφάλου USM300. Αυτή η αλλαγή όμως, μπορεί να γίνει μόνο από εξειδικευμένο προσωπικό και ύστερα από αρκετή έρευνα, καθώς με την αλλαγή μιας παραμέτρου του συστήματος, πρέπει να ρυθμιστούν κατάλληλα και οι υπόλοιπες που θα επηρεαστούν. Με την μείωση του ρεύματος, το τρόλλεϋ θα είχε λιγότερες απαιτήσεις ισχύος κατά την εκκίνηση. Επίσης, θα ήταν πολύ πιο ομαλό στο ξεκίνημα.

iii. Αντικατάσταση λαμπτήρων σάλας επιβατών

Εδώ θα προτείνουμε έναν τρίτο τρόπο εξοικονόμησης ενέργειας, την αντικατάσταση των λαμπτήρων φθορίου της σάλας επιβατών, με λάμπες LED. Είναι μια μέθοδος που ήδη εφαρμόζεται στα τρόλλεϋ και φέρνει αποτελέσματα στην εξοικονόμηση ενέργειας.

Οι λαμπτήρες που χρησιμοποιούνταν μέχρι πρόσφατα στα τρόλλεϋ ήταν απλοί λαμπτήρες φθορισμού ισχύος 21W. Οι νέοι λαμπτήρες LED είναι 9W. Το κάθε όχημα έχει στην σάλα 8 λαμπτήρες, είτε είναι μονό, είτε αρθρωτό. Άρα, το κέρδος που θα έχει η εταιρία, αντικαθιστώντας τους λαμπτήρες είναι :

Ισχύς λαμπτήρων φθορισμού ανά όχημα : $21W * 8 = 168W$

Ισχύς λαμπτήρων LED ανά όχημα : $9W * 8 = 72W$

Η εξοικονόμηση ισχύος που έχουμε από την αλλαγή των λαμπτήρων είναι :
 $168W - 72W = 96W$

Τα οχήματα έχουν αναμμένα τα φώτα σάλας περίπου 7ωρες την ημέρα. Αυτό συνεπάγεται εξοικονόμηση ενέργειας ίση με $96W * 7h = 672Wh$

Με την τιμή της κιλοβατώρας στα 0.08259€, η εξοικονόμηση χρημάτων ανά όχημα, την ημέρα είναι $0.08259€ * 0.672KWh = 0.0555€$

Όπως υπολογίσαμε, η εξοικονόμηση χρημάτων ανά ημέρα και ανά όχημα είναι 0.0555€. Αυτούς τους λαμπτήρες LED τους αγοράζει η εταιρία με κόστος 8€ έκαστος, άρα σύνολο για το όχημα είναι $8€ * 8 = 64€$

Για να υπολογίσουμε τις ημέρες που χρειάζεται για να κάνουμε απόσβεση του κόστους των λαμπτήρων :

$64€ / 0.0555€ = 1153$ ημέρες

1153 ημέρες * 7 ώρες = 8072ωρες

Η διάρκεια ζωής των λαμπτήρων αυτών είναι περίπου 30000 ώρες. Μετά τις 8000 περίπου ώρες, αποσβήνεται το κόστος των λαμπτήρων και έχουμε καθαρό κέρδος. Το κέρδος αυτό, για το υπόλοιπο της διάρκειας ζωής του λαμπτήρα, είναι :

$22000ωρες * 0.0555€ = 1221€$ ανά όχημα περίπου.

iv. Αλλαγές στον μεταλλάκτη οχήματος BNU440

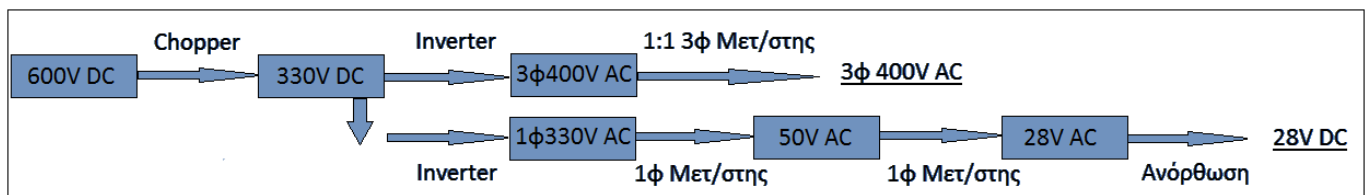
Ο μεταλλάκτης οχήματος BNU440 παίρνει στην είσοδο του τα 600V από τις κεραίες και έχει δυο εξόδους, συνεχή & εναλλασσόμενη τάση, για την κάλυψη των αναγκών του οχήματος σε τροφοδοσία.

Οι μετατροπές της τάσης που πραγματοποιούνται για να πάρουμε τις επιθυμητές εξόδους είναι οι ακόλουθες. Το BNU440 λαμβάνει τα 600VDC απευθείας από τις κεραίες και τα μετατρέπει σε 330VDC. Αυτό το κάνει διακλαδίζοντας την τάση σε δυο μέρη και με την χρήση πηνίων και δυο IGBT, τα οποία άγουν διαδοχικά το ένα μετά το άλλο. Χρησιμοποιείται ένα τέτοιο κύκλωμα για να εξασφαλίσει την σταθεροποίηση της τάσης, ανεξάρτητα από τις διακυμάνσεις αυτής, στην είσοδο.

Έπειτα η τάση χωρίζεται. Για να πάρουμε τα 3φ 400VAC στην έξοδο, τα 330VDC τροφοδοτούν τρία IGBT και το καθένα από αυτά τροφοδοτεί ένα τύλιγμα ενός τριφασικού μετασχηματιστή. Ο μετασχηματιστής αν και δεν είναι απαραίτητος για την λειτουργία του κυκλώματος, χρησιμοποιείται υποχρεωτικά για την ηλεκτρική απομόνωση των τάσεων εισόδου και εξόδου.

Από την άλλη, για να πάρουμε τα 28VDC, τα 330VDC αντιστρέφονται με την χρήση δυο IGBT σε 1φ 330VAC. Υστέρα, μέσω ενός μετασχηματιστή, μετατρέπονται σε 50VAC. Στην συνέχεια υπάρχει ένας ακόμη μετασχηματιστής που μετατρέπει αυτήν την τάση σε 28VAC. Τέλος, η τάση αυτή ανορθώνεται και έχουμε τα 28VDC που χρειαζόμαστε στην έξοδο.

Στο παρακάτω σχήμα 45 βλέπουμε την διαδικασία που ακολουθεί ο μεταλλάκτης οχήματος για την μετατροπή της τάσης.

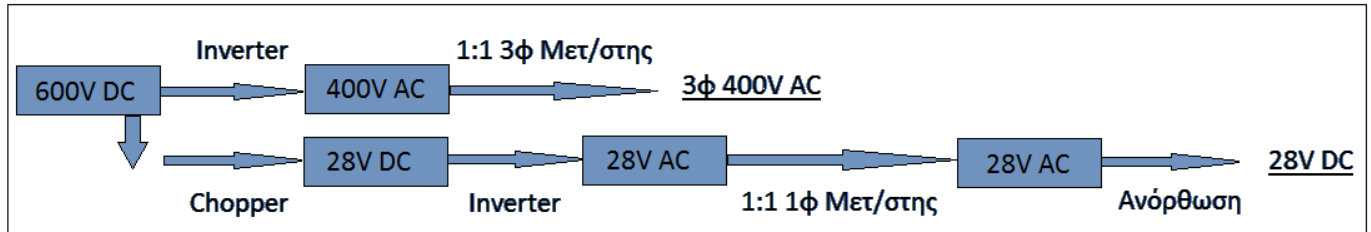


Σχήμα 45

Ο λόγος που γίνεται αντίστροφη της τάσης είναι ώστε να πετύχουμε την ηλεκτρική απομόνωση, και έχουμε δυο διαδοχικούς μετασχηματισμούς, αντί για έναν, για να έχουμε μικρότερους μετασχηματιστές και μικρότερες απώλειες ισχύος.

Αν και οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται στο BNU440 φέρνουν τα επιθυμητά αποτελέσματα, με την χρήση πιο σύγχρονων μεθόδων, θα μπορούσαμε να έχουμε και σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας. Αυτό που έχουμε να προτείνουμε είναι ένα σύστημα που αντικαθιστά εντελώς την παραπάνω μεθοδολογία.

Η κύρια αλλαγή στον μεταλλάκτη οχήματος είναι η κατάργηση της ενδιάμεσης τάσης των 330VDC. Από τα 600VDC παίρνουμε με έναν αντιστροφέα τα 3φ 400VAC και με ένα Chopper τα 28VDC. Συγκεκριμένα, στο σχήμα 46 βλέπουμε τις αλλαγές που προτείνουμε για τον μεταλλάκτη οχήματος.



Σχήμα 46

- Για την εναλλασσόμενη έξοδο του μεταλλάκτη

Από τα 600VDC, με την χρήση του κατάλληλου αντιστροφέα με τελευταίας τεχνολογίας SiC MOSFET και ηλεκτρονικές μεθόδους σταθεροποίησης της τάσης, παίρνουμε τα 3φ400VAC και τα περνάμε από έναν μετασχηματιστή απομόνωσης 1:1 .

- Για την συνεχή έξοδο του μεταλλάκτη

Από τα 600VDC, με την χρήση του κατάλληλου Chopper με τελευταίας τεχνολογίας SiC MOSFET και ηλεκτρονικές μεθόδους σταθεροποίησης της τάσης, παίρνουμε τα 28VDC. Ύστερα, τα αντιστρέφουμε σε 1φ28VAC, με την χρήση δυο SiC MOSFET και τα περνάμε από έναν μετασχηματιστή απομόνωσης 1:1 . Τέλος, ανορθώνουμε αυτήν την τάση και έχουμε την επιθυμητή έξοδο.

Το κέρδος που έχουμε από αυτήν την μέθοδο είναι προφανές, καθώς χρησιμοποιούμε πιο αποδοτικούς ημιαγωγούς διακόπτες και καταργούμε αρκετά πηνία και μετασχηματιστές, μειώνοντας παράλληλα τις ανάγκες για ψύξη και μεγάλο χωρο για τα στοιχεία αυτά. Παρόλα αυτά, αυτή η μέθοδος δεν μπορεί να εφαρμοστεί προς το παρόν, καθώς δεν υπάρχουν ημιαγωγοί διακόπτες κατάλληλης ισχύος στην αγορά.

Επίλογος

Τα τρόλλεϋ είναι ένα από τα βασικότερα μέσα μαζικής μεταφοράς στην Αθήνα. Το ανταγωνιστικό τους πλεονέκτημα είναι η ηλεκτροκίνηση. Αυτό σημαίνει ότι τα τρόλλεϋ υπερτερούν, έναντι των πετρελαιοκίνητων λεωφορείων, των κύριων ανταγωνιστών τους, καθώς χρησιμοποιούν ηλεκτρισμό. Η κάθε επιχείρηση έχει στόχο την ελαχιστοποίηση του κόστους για το επιθυμητό αποτέλεσμα. Τα τρόλλεϋ πετυχαίνουν αυτόν τον στόχο, δηλαδή την μετακίνηση των επιβατών, με μικρότερο κόστος, καθώς ο ηλεκτρισμός είναι πολύ πιο φθηνός από το πετρέλαιο. Επίσης, οι ηλεκτροκινητήρες είναι πολύ πιο αποδοτικοί από τους πετρελαιοκινητήρες και αυτό επιφέρει ακόμη μεγαλύτερο κέρδος. Για να επιτύχουμε το χαμηλότερο κόστος με την μεγαλύτερη δυνατή απόδοση, πρέπει να σκεφτούμε οικολογικά, γιατί αυτό δεν έχει να κάνει μόνο με την επιχείρηση, αλλά και την εύκολη και ασφαλή μετακίνηση των πολιτών. Η Αθήνα είναι μια πόλη με πολύ υψηλά επίπεδα νέφους και καυσαερίων. Τα τρόλλεϋ έχουν οφέλη για την κοινωνία μας και το περιβάλλον, καθώς δεν εκπέμπουν καθόλου ρύπους, παρουσιάζουν καλύτερα χαρακτηριστικά επιτάχυνσης, από τα λεωφορεία, και είναι σχεδόν αθόρυβα. Οι παραπάνω τρόποι εξοικονόμησης ενέργειας που προτείνουμε, ενισχύουν το εταιρικό, αλλά και το κοινωνικό κέρδος που πετυχαίνουν τα τρόλλεϋ.

- Η ανατροφοδότηση της ενέργειας πέδησης στο δίκτυο μειώνει τις ανάγκες ισχύος για την επιχείρηση, καθώς η ενέργεια αυτή μπορεί να αξιοποιηθεί από ένα άλλο τρόλλεϋ.
- Η ρύθμιση των παραμέτρων των οχημάτων, για την μείωση του ρεύματος εκκίνησης, είναι μια σχετικά απλή μέθοδος που θα μειώσει τις απαιτήσεις ισχύος, κατά την εκκίνηση. Επίσης, θα βελτιώσει την οδηγική του συμπεριφορά, κάνοντας το πιο ομαλό στην επιτάχυνση προς όφελος των επιβατών και του οδηγού.
- Με την αλλαγή των λαμπτήρων από φθορισμού σε LED, καλύπτονται οι ανάγκες φωτισμού με πολύ μικρότερο κόστος.
- Η αλλαγή που προτείνουμε στον μεταλλάκτη οχήματος μπορεί να αυξήσει την διάρκεια ζωής και απόδοσης του οχήματος. Καταργούμε μια υπομονάδα, αρκετούς μετασχηματιστές και πηνία και χρησιμοποιούμε στην θέση τους ηλεκτρονικά συστήματα πολύ μεγάλου βαθμού απόδοσης. Μπορούμε να πετύχουμε εξοικονόμηση ενέργειας στο όχημα, αλλά και να μειώσουμε τις ανάγκες του για ψύξη και συντήρηση.

Τα αποτελέσματα που θα προκύψουν με την εξοικονόμηση ενέργειας, από την εφαρμογή των παραπάνω μέτρων, αποσκοπούν στην καλύτερη ποιότητα μετακίνησης των πολιτών. Μέσα από την εξοικονόμηση ενέργειας, παρατηρείται εξοικονόμηση πρώτων υλών, άρα και μικρότερα κόστη για την επιχείρηση. Αυτό σημαίνει πως σε δεύτερο επίπεδο και οι επιβάτες θα εξοικονομούν χρήματα μέσα από την μετακίνηση τους με αυτά. Ακόμη, η εξοικονόμηση ενέργειας επιδρά και σε περιβαλλοντικό επίπεδο κρατώντας σταθερά μηδενικές τις εκπομπές ρύπων.