

«ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ ΕΝΟΣ ΣΥΜΒΑΤΙΚΟΥ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΥ ΣΕ ΥΒΡΙΔΙΚΟ ΓΙΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟΥΣ ΣΚΟΠΟΥΣ»

Σ. Κουλλαπής, Ι. Μαλτίδης, Ε. Μητρονίκας, Α. Σαφάκας

Πανεπιστήμιο Πατρών
Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Τεχνολογίας Υπολογιστών
Εργαστήριο Ηλεκτρομηχανικής Μετατροπής Ενέργειας
26500 Ρίο-Πάτρα
Τηλ. +30 2610 997351, Fax +30 2610 997362

e.mail: koulsot@yahoo.gr, imaltidhs@gmail.com, e.mitronikas@ee.upatras.gr, a.n.safakas@ee.upatras.gr

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ως γνωστόν η ανθρωπότητα βρίσκεται σε ένα καίριο σημείο αναθεώρησης της ενεργειακής της πολιτικής. Λόγω των τρεχουσών συγκυριών και της συνθήκης του Κιότο, που υπερψηφίστηκε από τις περισσότερες χώρες, οι κατασκευαστές αυτοκινήτων προσπαθούν να κατασκευάσουν μέσα μεταφοράς με μειωμένες ή μηδενικές εκπομπές ρύπων. Ως καλύτερη λύση διαφαίνεται η κατασκευή αμιγώς ηλεκτροκίνητων αυτοκινήτων, τα οποία θα βασίζονται στις ενεργειακές κυψέλες υδρογόνου. Το ενδιάμεσο στάδιο αυτής της μετάβασης από τα συμβατικά οχήματα στα αμιγώς ηλεκτροκίνητα είναι τα υβριδικά αυτοκίνητα. Τα υβριδικά αυτοκίνητα συνδυάζουν τη μηχανή εσωτερικής καύσης, που είτε υποστηρίζεται στο έργο της από τον ηλεκτρικό κινητήρα (παράλληλα υβριδικά) είτε τροφοδοτεί μέσω μιας γεννήτριας τον ηλεκτροκινητήρα (σειριακά υβριδικά).

Ο ηλεκτρολόγος μηχανικός βρίσκεται στο επίκεντρο της εξέλιξης των υβριδικών αυτοκινήτων αφού υπάρχουν πολλά πεδία εφαρμογής των γνώσεων του αλλά και πεδία για περαιτέρω έρευνα, όπως είναι η κατασκευή ηλεκτρικών κινητήρων με μεγάλο λόγο ισχύος προς βάρος, ηλεκτρονικοί μετατροπείς ισχύος με μεγάλη απόδοση για τον έλεγχο των κινητήρων αλλά και η επιλογή κατάλληλων συσσωρευτών για την τροφοδοσία των συστημάτων. Ως εκ τούτου, υπάρχει έκδηλο ενδιαφέρον από την πανεπιστημιακή κοινότητα για τις εφαρμογές αυτές και γίνονται κινήσεις για την ενθάρρυνση των φοιτητών να απασχοληθούν για αυτό το θέμα μέσω των διπλωματικών εργασιών, όπως συνέβη και με το παρόν έργο.

2. ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ ΣΕ ΣΥΜΒΑΤΙΚΟ ΟΧΗΜΑ ΓΙΑ ΤΗ ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ ΤΟΥ ΣΕ ΥΒΡΙΔΙΚΟ

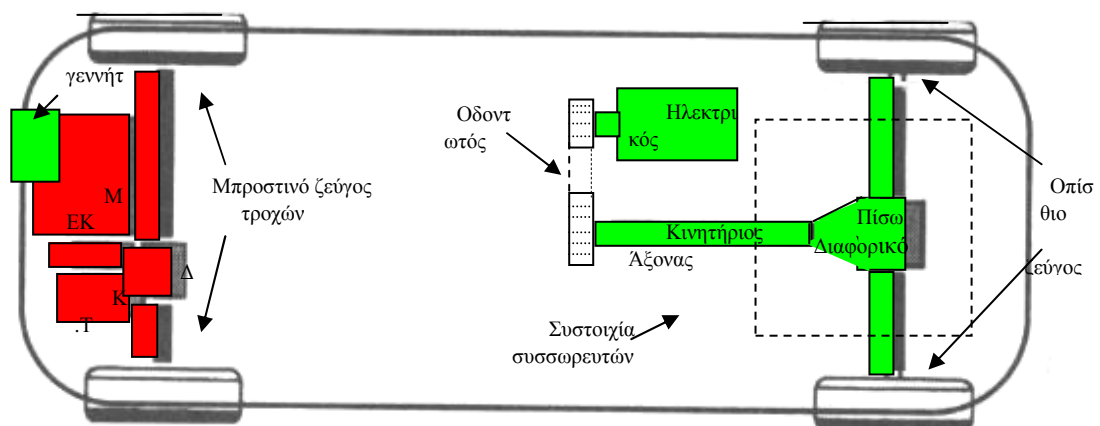
A. Επιλογή οχήματος

Στην παρούσα εργασία παρουσιάζεται η δημιουργία ενός υβριδικού οχήματος με τη μετατροπή ενός συμβατικού αυτοκινήτου για πειραματικούς σκοπούς. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκε ένα συμβατικό όχημα μικρού βάρους, το οποίο εύκολα μπορεί να μετατραπεί σε τετρακίνητο. Μετά από σχετική έρευνα αγοράς επιλέχθηκε ένα αυτοκίνητο

FIAT PANDA 900 κ.εκ., το οποίο πληροί τις παραπάνω προϋποθέσεις, επειδή δε έχει κυκλοφορήσει στην Ελλάδα και ως τετρακίνητο μοντέλο, ήταν πιο εύκολο να βρεθούν τα ανταλλακτικά για τη μετατροπή σε τετρακίνητο. Το όχημα



Σχήμα 1. Fiat Panda 900cc



Σχήμα 2. Μορφή υβριδικού ηλεκτρικού οχήματος

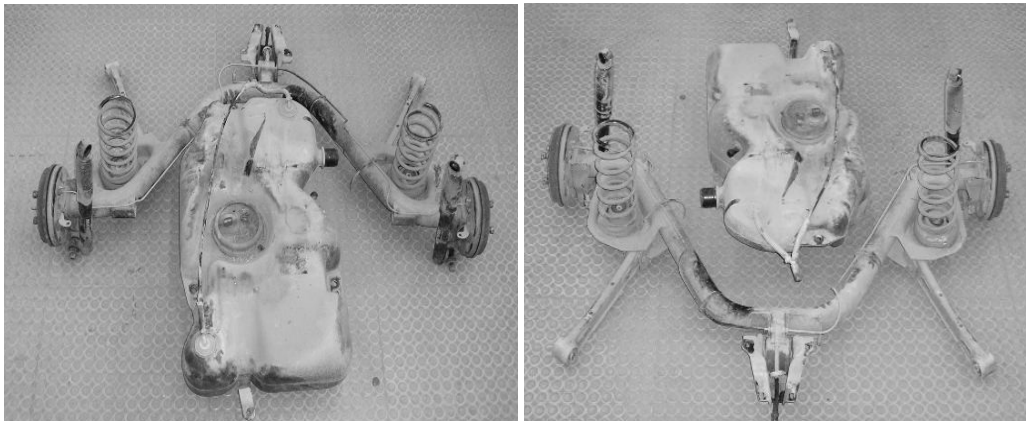
αυτό μετατράπηκε σε υβριδικό διατηρώντας το υφιστάμενο κινητήριο σύστημα με την Μ.Ε.Κ. και τη μετάδοση της κίνησης στο μπροστινό μέρος.

Το σχήμα 2 δείχνει παραστατικά τα βασικά μέρη του υβριδικού οχήματος, το οποίο προέκυψε μετά από επεμβάσεις που περιγράφονται στη συνέχεια.

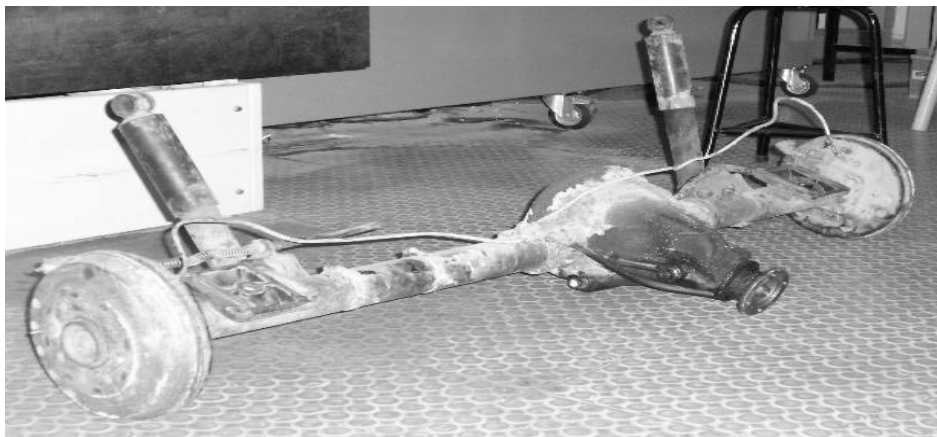
Β. Αλλαγή του πίσω συστήματος ανάρτησης και προσαρμογή του συστήματος πέδησης

Το συγκεκριμένο συμβατικό αυτοκίνητο είναι προσθιοκίνητο και δεν διαθέτει σύστημα μετάδοσης κίνησης στους πίσω τροχούς, δηλαδή δεν έχει διαφορικό και άξονα μετάδοσης κίνησης. Αντίθετα, διαθέτει μία απλή ανάρτηση των τροχών σε σχήμα ωμέγα με σπειροειδή ελατήρια, όπως φαίνεται στις σχήμα 3. Όπως γίνεται αμέσως αντιληπτό, το

συγκεκριμένο σύστημα ανάρτησης δεν μπορεί με κανένα τρόπο να υποστεί μετατροπές, ώστε να μπορεί να παρέχει ισχύ στους πίσω τροχούς, για αυτό πρέπει να αφαιρεθεί τελείως και στη θέση του να μπει το σύστημα ανάρτησης που διαθέτει το Fiat Panda 4x4, ώστε να μπορούμε να τοποθετήσουμε το διαφορικό που φαίνεται στη σχήμα 4.



Σχήμα 3. Πίσω σύστημα ανάρτησης σε σχήμα ωμέγα του αυτοκινήτου FIAT PANDA.

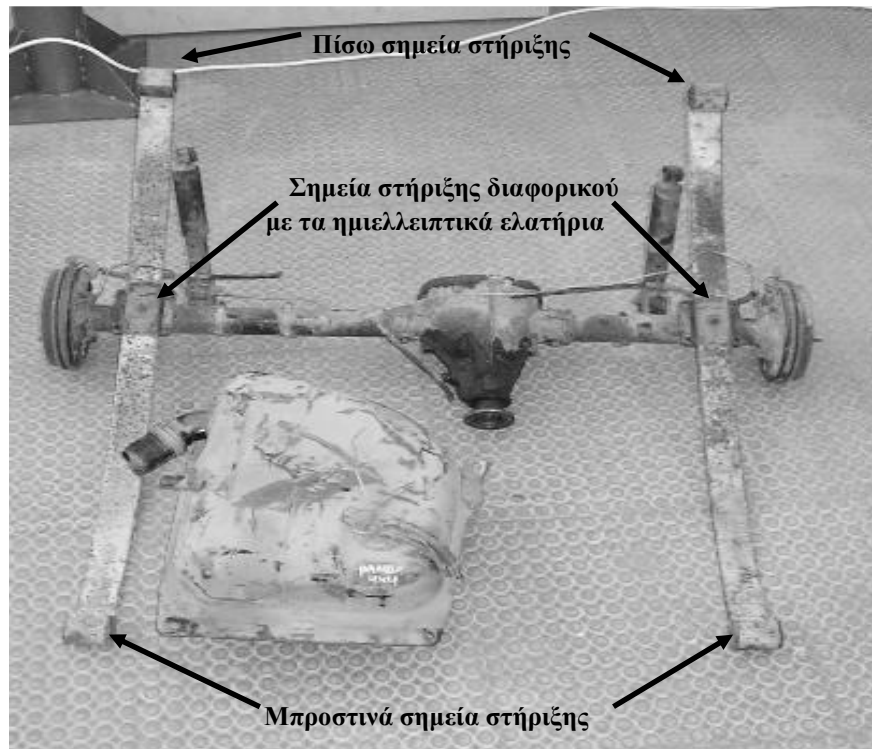


Σχήμα 4. Πίσω άξονας με διαφορικό από Fiat Panda 4x4.

Επίσης, για τη σύζευξη του διαφορικού και του αμαξώματος, δηλαδή για το σχηματισμό του πλήρους συστήματος ανάρτησης δεν χρησιμοποιούνται σπειροειδή ελατήρια όπως πριν αλλά ημιελλειπτικά ελατήρια (σούστες). Η τελική μορφή του νέου συστήματος ανάρτησης με το διαφορικό και το δοχείο καυσίμου είναι αυτή που φαίνεται στο σχήμα 5.

Με μία πιο προσεκτική και λεπτομερή παρατήρηση των δύο συστημάτων ανάρτησης που παρουσιάζονται στις πιο πάνω φωτογραφίες διαπιστώνουμε ότι τα σημεία στήριξης τους στο αμάξωμα είναι εντελώς διαφορετικά, με αποτέλεσμα η εφαρμογή του νέου συστήματος ανάρτησης με το διαφορικό να απαιτεί κάποιες τροποποιήσεις στο αμάξωμα. Οι τροποποιήσεις αυτές επέβαλλαν το σχεδιασμό και την κατασκευή βάσεων για τα μπροστινά και πίσω σημεία στήριξης, καθώς και βάσεις στήριξης του διαφορικού με τα ημιελλειπτικά ελατήρια. Συγκεκριμένα, έπρεπε να κατασκευαστούν φλάντζες για τα μπροστινά σημεία στήριξης και διπλές αρθρώσεις για τα πίσω σημεία στήριξης, όπως φαίνεται στο σχήμα 6.

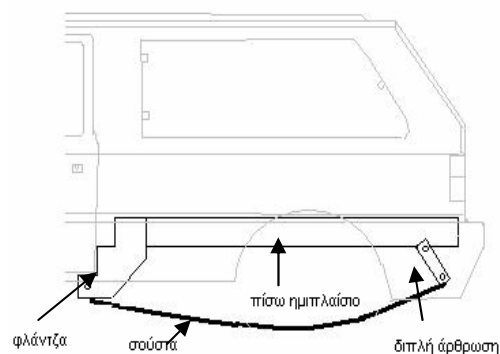
Επίσης, λόγω της αλλαγής του συστήματος ανάρτησης, ήταν αναγκαία η τροποποίηση των σωληνώσεων του συστήματος πέδησης καθώς και η αντικατάσταση της ντίζας του χειρόφρενου, λόγο διαφοράς στα ελατήρια και στους πείρους ασφάλισης της ντίζας.



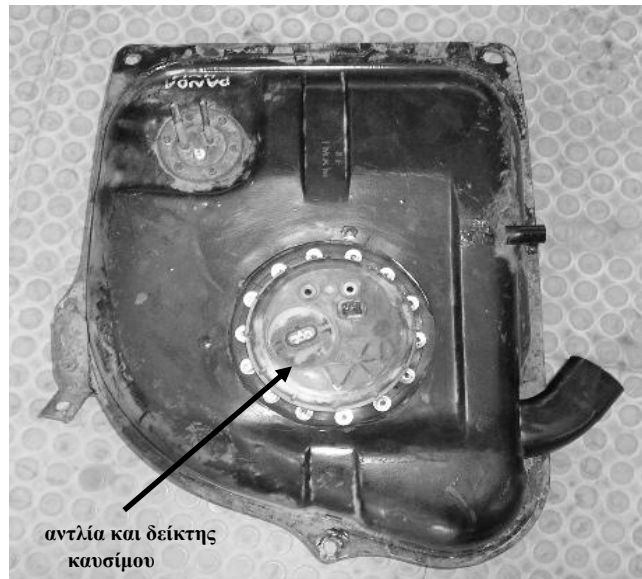
Σχήμα 5. Το νέο σύστημα ανάρτησης με το διαφορικό και το δοχείο καυσίμων για το υβριδικό όχημα.

Γ. Αλλαγή του δοχείου καυσίμου

Επιπλέον, λόγω της μορφής του διαφορικού, το δοχείο καυσίμων έπρεπε να αντικατασταθεί με ένα άλλο, από ένα Fiat Panda 4x4, διότι έχουμε χωροταξικό πρόβλημα με το υπάρχον δοχείο καυσίμου, όπως γίνεται αντιληπτό από τα σχήματα 3 και 4. Εκτός από την αντικατάσταση αυτή, στο νέο δοχείο καυσίμων έπρεπε να γίνει και μία σημαντική τροποποίηση. Η αντλία του παλιού δοχείου καυσίμου τοποθετήθηκε στο νέο δοχείο αφού δεν διαθέτει δική του, όπως φαίνεται στο σχήμα 7.



Σχήμα 6. Απεικόνιση του νέου συστήματος ανάρτησης.



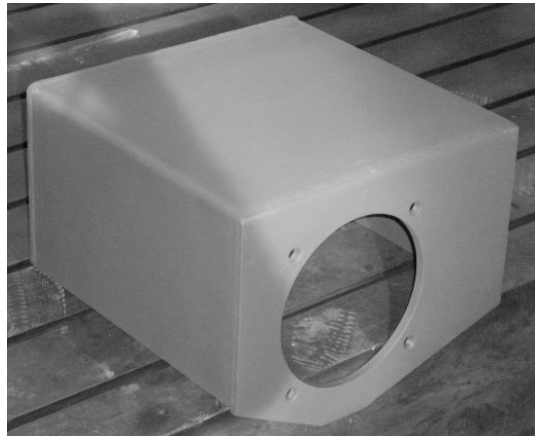
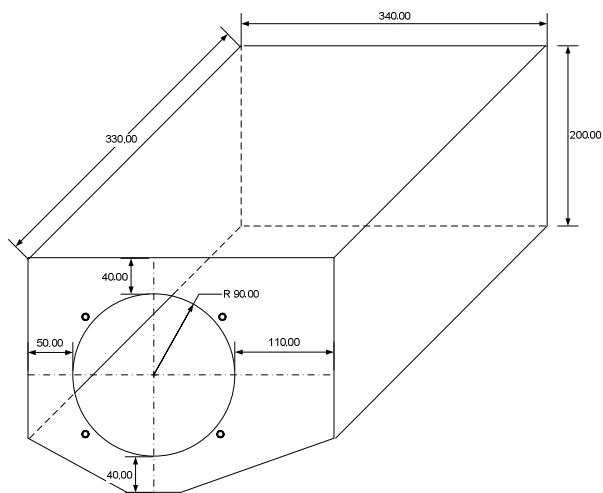
Σχήμα 7. Νέο δοχείο καυσίμου

Δ. Τοποθέτηση ηλεκτρικού τριφασικού ασύγχρονου κινητήρα.

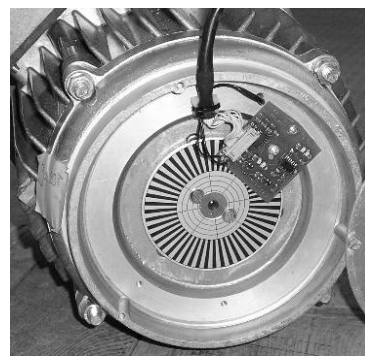
Όπως αναφέρθηκε πιο πάνω για τη μετάδοση της κίνησης στους πίσω τροχούς τοποθετήθηκε ένα διαφορικό, στο οποίο η κίνηση μεταφέρεται μέσω του κινητήριου άξονα (σχήμα 8), ο οποίος αποτελείται από δύο σταυρούς και ένα πολύσφηνο. Ο κινητήριος άξονας στο ένα του άκρο βιδώνεται πάνω στο διαφορικό, στο άλλο του άκρο εφαρμόζεται μία οδοντωτή τροχαλία διαμέτρου 200 mm. Το άκρο με την τροχαλία στερεώνεται στο αμάξωμα με δυο ρουλεμάν και η κορυφή του φτάνει μέχρι μπροστά, κάτω και δεξιά από το κάθισμα του οδηγού, με το πάνω μέρος της τροχαλίας να βρίσκεται στο εσωτερικό του αυτοκινήτου. Ο ηλεκτρικός κινητήρας στερεώνεται κάτω από το κάθισμα του συνοδηγού με τη βάση που φαίνεται στο σχήμα 9 και στον άξονά του εφαρμόζεται μία οδοντωτή τροχαλία διαμέτρου 100 mm, της οποίας ένα μέρος βρίσκεται εντός του αυτοκινήτου. Συνεπώς, με ένα οδοντωτό ιμάντα μεταφέρεται η κίνηση από τον άξονα του ηλεκτρικού κινητήρα στον κινητήριο άξονα του διαφορικού με ένα λόγο στροφών $n_{\text{κιν}}/n_{\text{διαφ}} = 2:1$. Επίσης, όπως αναφέρθηκε ένα μέρος των τροχαλιών βρίσκεται εντός του αυτοκινήτου. Για προστασία των επιβατών από τον ιμάντα και κάλυψης των οπών που έγιναν για να τοποθετηθεί ο ιμάντας, κατασκευάστηκε το κάλυμμα που φαίνεται στο σχήμα 11.



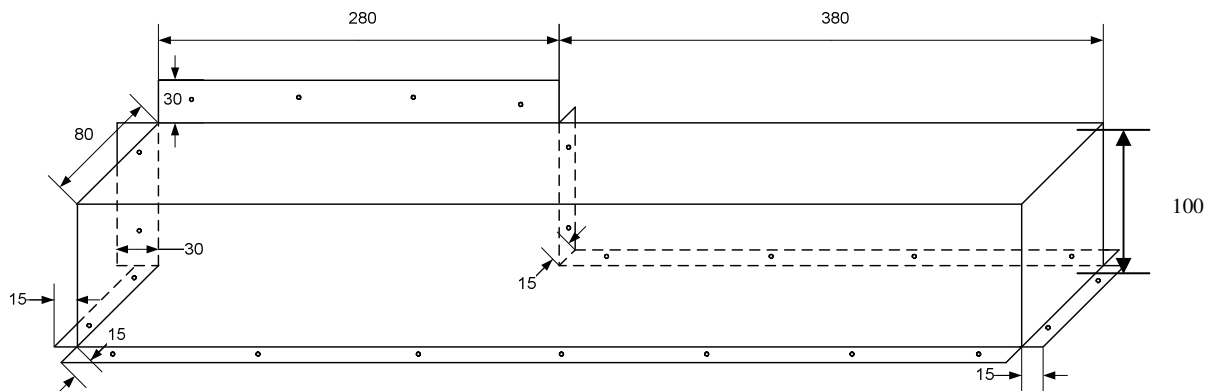
Σχήμα 8. Τα δύο τμήματα του κινητήριου άξονα.



Σχήμα 9. Βάση ηλεκτρικού κινητήρα.



Σχήμα 10. Τριφασικός ασύγχρονος ηλεκτρικός κινητήρας.



Σχήμα 11. Κάλυμμα ιμάντα μετάδοσης κίνησης.

Ε. Τοποθέτηση συστοιχίας συσσωρευτών

Στον αποθηκευτικό χώρο, διευρύνοντάς τον προς το χώρο των πίσω καθισμάτων, τοποθετήθηκε μία συστοιχία συσσωρευτών, αφού πρώτα αφαιρέθηκαν τα πίσω καθίσματα, οι ζώνες ασφαλείας των πίσω καθισμάτων και τα διαχωριστικά πλαστικά του αποθηκευτικού χώρου και του χώρου των επιβατών, όπως φαίνεται στα σχήματα 12 και 13.



Σχήμα 12. Βάση συστοιχίας συσσωρευτών.



Σχήμα 13. Συστοιχία συσσωρευτών τοποθετημένη στο όχημα.

3. ΕΠΙΛΟΓΗ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΚΙΝΗΤΗΡΑ

Η ραγδαία εξέλιξη της τεχνολογίας υλικών κατασκευής και ειδικότερα της κατασκευής μόνιμων μαγνητών και ημιαγωγικών στοιχείων έδωσε τεράστια ώθηση στην κατασκευή κινητήρων με κύρια χαρακτηριστικά την αυξημένη απόδοση, την αξιοπιστία, το μειωμένο βάρος και την ελαχιστοποίηση της ανάγκης για συντήρηση. Πληθώρα μοντέλων είναι διαθέσιμα σήμερα στην αγορά για πλήθος εφαρμογών. Στη συνέχεια παρατίθενται οι τύποι ηλεκτρικών κινητήρων, οι οποίοι προσφέρονται για εφαρμογές σε οχήματα.

1. Τριφασικοί ασύγχρονοι κινητήρες

Τα πλεονεκτήματα αυτών των κινητήρων είναι το χαμηλό κόστος τους και η μεγάλη αξιοπιστία τους που εκπορεύεται από την απλή κατασκευή τους, τη στιβαρότητά τους και την ελαχιστοποίηση της ανάγκης για συντήρηση. Το μειονέκτημα του είναι ο μικρός λόγος ισχύος προς βάρος.

2. Τριφασικοί σύγχρονοι κινητήρες με μόνιμους μαγνήτες

Οι κινητήρες αυτοί φέρουν μόνιμους μαγνήτες στο δρομέα τους καθιστώντας περιττή την ύπαρξη κυκλώματος διέγερσης. Με κατάλληλη διαμόρφωση της τάσης του στάτη επιλύεται το μεγαλύτερο πρόβλημα της μηχανής, που είναι η αδυναμία εκκίνησης.

3. Κινητήρες συνεχούς ρεύματος

Είναι μια από τις πιο δημοφιλείς κατηγορίες μηχανών για αυτές τις εφαρμογές, εξαιτίας της μεγάλης ροπής που αναπτύσσουν κατά την εκκίνηση και της αντοχής τους σε υπερφορτίσεις. Στις πιο τεχνολογικά προηγμένες μορφές τους φέρουν ισχυρούς μόνιμους μαγνήτες στο στάτη, που αντικαθιστούν το τύλιγμα διέγερσης και έχουν με αυτό τον τρόπο αυξημένη ισχύ και μειωμένο βάρος. Μεγάλο μειονέκτημα αποτελεί σαφώς η ύπαρξη των ψηκτρών στο κύκλωμα του δρομέα, που μειώνει την αξιοπιστία και δημιουργεί την ανάγκη συντήρησης.

4. Κινητήρες συνεχούς ρεύματος χωρίς ψήκτρες

Είναι μια παραλλαγή του κινητήρα συνεχούς ρεύματος που αντιμετωπίζει το πρόβλημα των ψηκτρών στο δρομέα, αφού φέρει μόνιμους μαγνήτες στο δρομέα και ένα τύλιγμα στο στάτη. Αυτός ο τύπος μηχανής τροφοδοτείται από τάση υπό μορφή παλμών με ρυθμιζόμενο λόγο κατάτμησης, η πολικότητα των οποίων εναλλάσσεται.

5. Κινητήρες με μαγνητική αντίδραση

Είναι μια νέα γενιά κινητήρων που δε φέρουν τύλιγμα στο δρομέα. Ο δρομέας αποτελείται στην ουσία από μεγάλους έκτυπους πόλους. Ο στάτης φέρει τριφασικό τύλιγμα. Το μεγάλο πλεονέκτημά τους είναι ότι λόγω της στιβαρότητας του δρομέα έχουν μεγάλο αριθμό στροφών. Το μειονέκτημά τους είναι ότι δημιουργούν ισχυρό θόρυβο.

Για την παρούσα δομή υβριδικού οχήματος επιλέχθηκε ο ασύγχρονος τριφασικός κινητήρας, αφού ελήφθησαν υπ' όψη όλα τα πλεονεκτήματά του και με το σκεπτικό ότι η αξιοπιστία του και το κόστος αγοράς τον καθιστούν πιο κατάλληλο. Ύστερα από αναζήτηση στο διαδίκτυο επιλέχτηκε ένας κινητήρας του Ελβετού κατασκευαστή BRUSA. Ο κινητήρας φέρει στο εσωτερικό του έναν αισθητήρα στροφών.

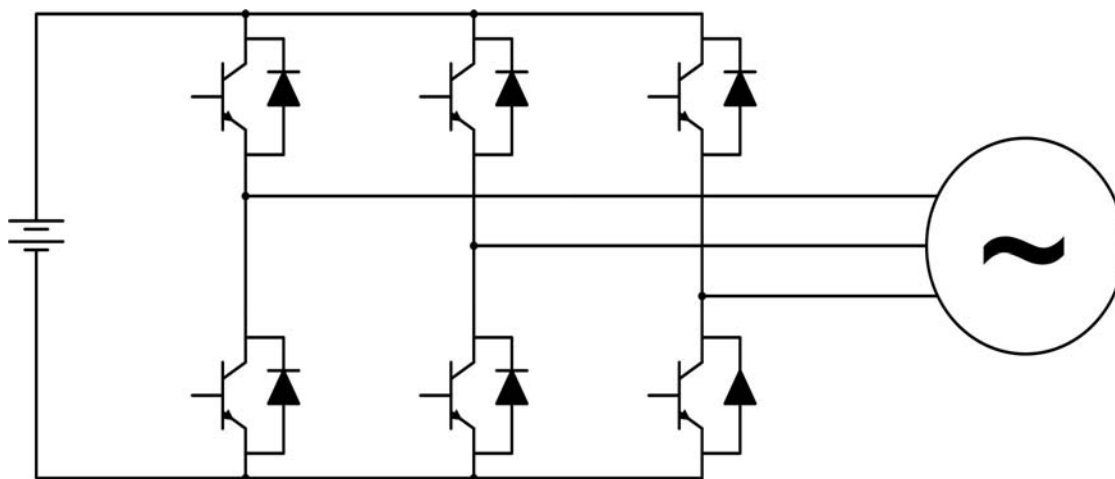
ΠΙΝΑΚΑΣ Ι
ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΗΚΑ ΤΡΙΦΑΣΙΚΟΥ ΑΣΥΓΧΡΟΝΟΥ ΚΙΝΗΤΗΡΑ

Ονομαστική ισχύς	12kW στις 5920rpm
Μέγιστη ροπή/ Ρεύμα κινητήρα	66Nm / 250A
Ονομαστική ροπή /Ρεύμα κινητήρα	20Nm / 99A
Ονομαστική τάση /Συχνότητα	87,5V / 200Hz
Μέγιστη ταχύτητα	12.500 rpm
Βάρος	32 kg
Βαθμός Προστασίας	IP 54

4. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟΥ ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΑ ΙΣΧΥΟΣ

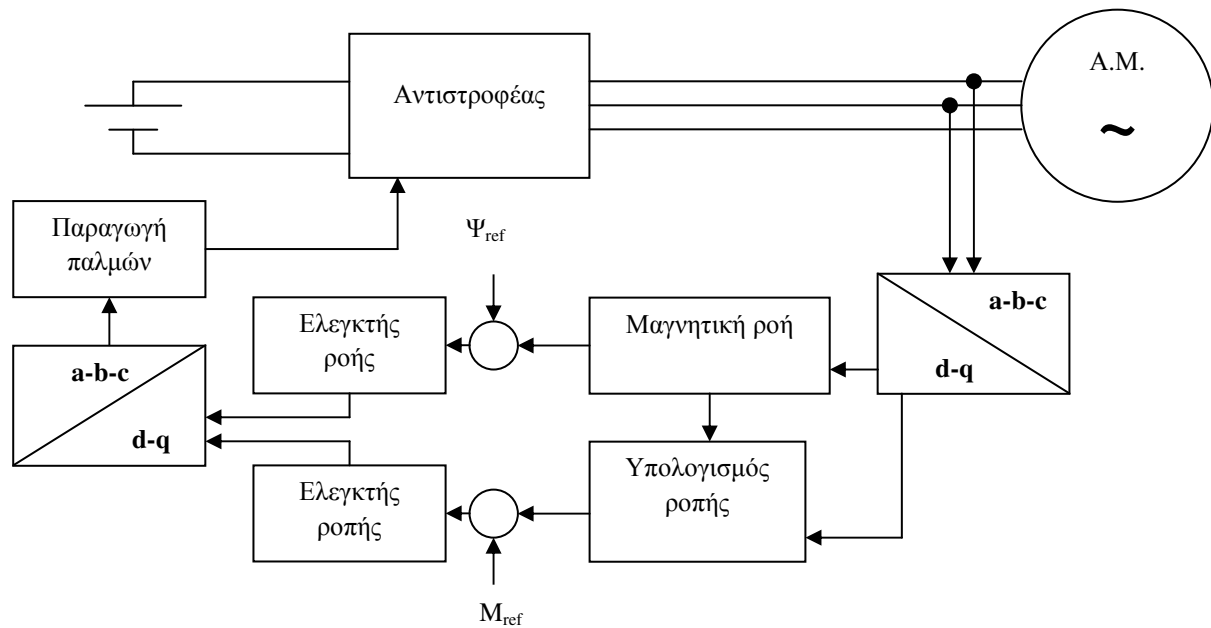
Α. Δομή ηλεκτρονικού μετατροπέα ισχύος

Ο τριφασικός ασύγχρονος κινητήρας είχε στο παρελθόν δύσκολο έλεγχο, εξαιτίας της μη γραμμικής συμπεριφοράς του μοντέλου της ασύγχρονης μηχανής. Με την τεχνολογική εξέλιξη των ημιαγωγικών στοιχείων και των μικροελεγκτών έγινε δυνατή η χρήση πιο εύκολων και αποτελεσματικών μεθόδων ελέγχου. Στο έργο αυτό επιλέχθηκε να γίνει ο έλεγχος του κινητήρα με τη μέθοδο του άμεσου διανυσματικού ελέγχου, ο οποίος οδηγεί σε καλύτερη δυναμική συμπεριφορά. Η διάταξη του ηλεκτρονικού μετατροπέα ισχύος είναι μια κλασική τριφασική γέφυρα αποτελούμενη από έξι τρανζίστορ ισχύος τύπου IGBT. Η διάταξη αυτή φαίνεται στο σχήμα 14.



Σχήμα 14. Ηλεκτρονικός αντιστροφέας ισχύος.

Στο σχήμα 15 βλέπουμε τη διάταξη ελέγχου του κινητήρα σύμφωνα με την οποία γίνεται η παλμοδότηση των ημιαγωγικών στοιχείων.



Σχήμα 15. Χονδρικό διάγραμμα του συστήματος ελέγχου του ασύγχρονου κινητήρα.

B. Επιλογή ημιαγωγικών στοιχείων ισχύος

Η επιλογή των ηλεκτρονικών στοιχείων ισχύος είναι από τις πιο κρίσιμες επιλογές για τη σωστή και αξιόπιστη λειτουργία του μετατροπέα. Πρέπει να έχουν μικρό χρόνο σβέσης, ώστε για δεδομένη ισχύ να έχουν μικρές διακοπτικές απώλειες. Ακόμη, τα στοιχεία αυτά πρέπει να έχουν ένα περιθώριο ασφαλείας όσον αφορά τα ρεύματα και τις τάσεις που μπορούν να αντέξουν. Μετά από έρευνα αγοράς καταλήξαμε στην προτίμηση στοιχείων IGBT από την εταιρεία Fairchild. Τα στοιχεία αυτά έχουν πολύ καλά δυναμικά χαρακτηριστικά, ενώ συμφέρουσα κρίθηκε και η τιμή αγοράς τους. Ακόμη, τα στοιχεία αυτά κρίνονται κατάλληλα για μια ενδεχομένη αύξηση της ισχύος των μπαταριών. Τα χαρακτηριστικά τους φαίνονται στον πίνακα II.

ΠΙΝΑΚΑΣ II
ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΗΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΙΣΧΥΟΣ

Τάση συλλέκτη-εκπομπού	600 V
Τάση πύλης-εκπομπού	20 V
Ρεύμα συλλέκτη (80°C)	300 A
Ρεύμα διόδου (80°C)	300 A
Μέγιστη έκλυση θερμότητας (25°C)	892 W

5. ΕΛΕΓΧΟΣ ΚΙΝΗΤΗΡΙΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΣΥΜΦΑΝΑ ΜΕ ΤΙΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΟΔΗΓΗΣΗΣ

Η ύπαρξη κινητηρίου συστήματος στον πίσω άξονα καθιστά απαραίτητο τον έλεγχο του συνολικού υβριδικού κινητηρίου συστήματος, ώστε να είναι αρμονική, αξιόπιστη και ασφαλής η λειτουργία του οχήματος. Ο σχεδιασμός του υβριδικού οχήματος λαμβάνει υπ' όψη τρεις διακριτές καταστάσεις λειτουργίας:

- *Εκκίνηση και κίνηση του οχήματος σε χαμηλές ταχύτητες*

Το όχημα πρέπει να έχει «νεκρά» στο κιβώτιο ταχυτήτων για να κινείται μόνο μέσω του ηλεκτροκινητήρα. Ο ηλεκτροκινητήρας δέχεται εντολές από ένα ποτενσιόμετρο, το οποίο συνδέεται με ντίζα με το πεντάλ. Η κίνηση του οχήματος μέσω του ηλεκτρικού κινητήρα θα γίνεται μέχρι την ταχύτητα των 25 χλμ/ώρα.

- *Κίνηση σε μέσες ταχύτητες*

Ως μέσες ταχύτητες θεωρούνται οι ταχύτητες άνω των 25 χλμ/ώρα. Η ΜΕΚ κινεί αποκλειστικά το όχημα και φορτίζει μέσω κατάλληλης παλμοδότησης της ηλεκτρικής μηχανής.

- *Αυξημένες απαιτήσεις ισχύος*

Η θέση του πεντάλ δίνει το σήμα που θεωρείται από τη κεντρική μονάδα ως σήμα για αυξημένες απαιτήσεις σε ισχύ και ροπή και εμπλέκει τον ηλεκτροκινητήρα, του οποίου ο έλεγχος τώρα έγκειται στην επίτευξη ισορροπίας μεταξύ των δυο κινητηρίων αξόνων.

Μια κεντρική μονάδα ελέγχου δέχεται σήματα από δυο αισθητήρες στροφών, έναν για κάθε άξονα, σύμφωνα δε με τον προγραμματισμό της, η μονάδα αυτή ενεργεί αντίστοιχα ώστε ο ηλεκτροκινητήρας να επιτελεί το έργο του αξιόπιστα.

6. ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΕΣ

Το όχημα κινείται από μία συστοιχία συσσωρευτών μολύβδου με χωρητικότητα 180Ah έκαστος, τάσεως $14 \times 6V = 84V$, η οποία όπως είδαμε τοποθετήθηκε στον αποθηκευτικό χώρο. Η συνολική ηλεκτρική ενέργεια που μπορούμε ν' αποθηκεύσουμε στους συσσωρευτές αυτούς είναι 15,12 kWh, που κρίνεται επαρκές για την κίνηση του υβριδικού οχήματος και δίνει ικανοποιητική αυτονομία για κίνηση εντός πόλης, όπου ο κινητήρας εσωτερικής καύσης δεν βρίσκεται σε λειτουργία. Η επιλογή του συγκεκριμένου τύπου συσσωρευτών οφείλεται στο ιδιαίτερο χαμηλό κόστος αγοράς σε σχέση με τις πιο εξελιγμένες μπαταρίες, π.χ. νικελίου – μετάλλου - υδριδίου που φθάνουν την τριπλάσια τιμή.

7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Antoni Szumanowski, "Fundamentals of hybrid vehicle drives", Warsaw-Radon 2000.
- [2] A.F. Burke, K.L. Heitner, "Test Procedures for Hybrid/Electric Vehicles Using Different Control Strategies", EVS 11 Proc., Florence 1992.
- [3] A. Szumanowski, A. Hajduga, P. Piorkowski, E. Stefanakos, G. Moore, K. Buckle, "Hybrid Drive Structure and Powertrain Analysis for Florida Shuttle Buses", EVS 16 – Beijing 1999 Transactions of China electrotechnical Society, Vol. 14, 1999.
- [4] Α.Ν.Σαφάκας, "Ηλεκτρικές Μηχανές Ι", Εκδόσεις Πανεπιστημίου Πατρών, 2004.

- [5] Α.Ν.Σαφάκας, "Ηλεκτρικές Μηχανές ΙΙ", Εκδόσεις Πανεπιστημίου Πατρών, 2004.
- [6] Α.Ν.Σαφάκας, "Ηλεκτρονικά Ισχύος Ι", Εκδόσεις Πανεπιστημίου Πατρών, 2004.
- [7] N.Mohan, T.Undeland, W.Robbins, "Power Electronics- Converters, Applications, John Wiley and Sons INC, 1995.
- [8] I. Boldea, S.A. Nasar, "Vector Control of AC Drives", *CRC Press*, 1992.
- [9] P. Vas, "Vector Control of AC Machines", *Oxford University Press*, New York, 1994.
- [10] E.D. Mitronikas, A.N. Safacas, E.C. Tatakis: "A New Stator Resistance Tuning Method for Stator-Flux-Oriented Vector-Controlled Induction Motor Drive", *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, Vol. 48, No. 6, December 2001, pp. 1148-1157.
- [11] E.D. Mitronikas; A.N. Safacas, "An Improved Sensorless Vector-Control Method for an Induction Motor Drive", *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, Vol. 52, No. 6, December 2005, pp. 1660-1668.