

Τ.Ε.Ι. ΠΑΤΡΑΣ
ΣΧΟΛΗ: Σ.Τ.Ε.
ΤΜΗΜΑ: ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΘΕΜΑ: ΚΙΝΗΣΗ ΧΩΡΙΣ ΚΑΥΣΑΛΕΡΙΑ
ΗΛΕΚΤΡΟΚΙΝΗΤΟ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟ



ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ : ΚΕΠΙΑΣ ΗΛΙΑΣ
ΠΑΠΑΔΗΜΑΤΟΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ
ΤΣΙΝΤΩΝΗΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ

ΠΑΤΡΑ 2006

ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ-ΓΕΝΙΚΑ

Το να μιλήσει κανείς για το περιβάλλον και για τους κίνδυνους, οι οποίοι το απειλούν από την αλόγιστη χρήση των επιτευγμάτων της τεχνολογίας δεν αποτελεί πρωτοτυπία. Ούτε, φυσικά, αποτελεί πρωτοτυπία η διαπίστευση του ότι η συνειδητοποίηση του προβλήματος από την ανθρώπινη κοινωνία δεν είναι αντίστοιχη με το αυξανόμενο, κατά ταχύτατους ρυθμούς, μέγεθος του τελευταίου. Αυτό βέβαια δε σημαίνει ότι δεν γίνεται κάποια προσπάθεια προς την κατεύθυνση του να εξασφαλιστεί η επιβίωση του ανθρώπινου είδους, γιατί περί αυτού τελικά πρόκειται, σε ένα περιβάλλον όσο γίνεται πιο φυσικό, μακριά από το ανάλογο περιβάλλον ταινιών επιστημονικής φαντασίας. Σε μία κοινωνία λοιπόν που, δειλά-δειλά αν και τα τελευταία χρόνια με πιο γοργούς ρυθμούς ευαισθητοποιείται στα προβλήματα του περιβάλλοντος, ανησυχώντας για τις πηγές ενέργειας και αναζητώντας συνεχώς νέους τρόπους παραγωγής της, οι αυτοκινητοβιομηχανίες δείχνουν να προβληματίζονται για το αυτοκίνητο του 2000. Εντείνονται λοιπόν οι έρευνες για τη μείωση της βλάβης που προκαλεί το αυτοκίνητο μέσω του κινητήρα εσωτερικής καύσης στο περιβάλλον και κατά συνέπεια και στον άνθρωπο.

Στην προσπάθεια αυτή, λοιπόν, για μείωση ή και αντικατάσταση των ρυπαγόνων μηχανών εσωτερικής καύσεως χρησιμοποιούνται διάφορες εναλλακτικές λύσεις. Πολλές μεγάλες αυτοκινητοβιομηχανίες πιστεύουν ότι η επόμενη φάση της αυτοκίνησης μετά τους καταλύτες και την αμόλυβδη βενζίνη θα είναι η ηλεκτροκίνηση. Εντούτοις το ηλεκτρικό αυτοκίνητο δεν έχει καταφέρει μέχρι τη χρονική στιγμή που μιλάμε να απειλήσει τους βενζινοκίνητους και πετρελαιοκίνητους αντιπάλους του παρά την απόλυτη απουσία ρύπανσης, ατμοσφαιρικής ή ηχητικής, από την λειτουργία του.

Σε οποιαδήποτε περίπτωση η εξέλιξη προχώρησε με πολύ αργό ρυθμό από την εποχή που το ηλεκτρικό αυτοκίνητο που ονομαζόταν "Ανικανοποίητος" του Jenatzy κατείχε το παγκόσμιο ρεκόρ επίγειας ταχύτητας με 104 χ.α.ω. το 1899. Η αδυναμία τους να προσφέρουν την αυτονομία αλλά και την ισχύ που παρέχουν οι αντίπαλοι του για τις ποικίλες χρήσεις που απαιτεί η σύγχρονη ζωή όσο και η πολύωρη ανάγκη επαναφόρτισής τους είναι μερικά μόνο από τα μειονεκτήματα των ηλεκτρικών αυτοκινήτων που όμως συνεχώς αμβλύνονται. Έπρεπε όπως αναφέρθηκε να εμφανιστούν πρώτα τα σοβαρά προβλήματα ρύπανσης στις πόλεις και να γίνει αντιληπτός ο γενικότερος κίνδυνος για τον πλανήτη Γή πριν αρχίσουν σοβαρές προσπάθειες για την εξέλιξη της ηλεκτροκίνησης εδώ και τρεις δεκαετίες. Οι σημερινοί ηλεκτρικοί κινητήρες άρχισαν να προσεγγίζουν τα όρια απόδοσης που ο ανταγωνισμός προσφέρει εδώ και μερικές δεκαετίες αλλά ο δρόμος φαίνεται ακόμη μακρύς. Αντικαταστάτης ή όχι των θερμικών μηχανών οχημάτων, ο ηλεκτροκινητήρας και το ηλεκτρικό αυτοκίνητο έχουν εξασφαλίσει σημαντική θέση στα τμήματα ερευνών όλων των κατασκευαστών και πολλών κρατικών και ιδιωτικών ερευνητικών ιδρυμάτων. Παρόλα αυτά οι μεγάλες αυτοκινητοβιομηχανίες έχουν παρουσιάσει μοντέλα που είτε κινούνται αποκλειστικά από ηλεκτρικούς κινητήρες είτε από το συνδυασμό κινητήρων εσωτερικής καύσεως και ηλεκτροκινητήρων.

Βλέπουμε λοιπόν πως οι προσπάθειες των επιστημόνων οδήγησαν στη διαμόρφωση δύο βασικά τύπων ηλεκτρικών αυτοκινήτων. Τα καθ' αυτό ηλεκτρικά τα οποία κινούνται μόνο από ηλεκτροκινητήρες και τα υβριδικά τα οποία διαθέτουν εκτός από τον ηλεκτροκινητήρα και κινητήρα εσωτερικής καύσεως. Η χρησιμοποίηση και κινητήρα εσωτερικής καύσεως ηλεκτροκίνητα οχήματα κρίθηκε απαραίτητη και υιοθετήθηκε από πολλούς κατασκευαστές προκειμένου να αυξήσουν την αυτονομία των οχημάτων αυτών. Ο κινητήρας αυτός είτε κινεί ο ίδιος τους τροχούς (μέσω κάποιου συστήματος μετάδοσης οπότε μιλάμε για παράλληλο υβριδικό σύστημα), είτε κινεί κάποια ηλεκτρογεννήτρια που επαναφορτίζει τους συσσωρευτές (υβριδικό σύστημα σε σειρά).

Η ανάγκη λοιπόν για χρησιμοποίηση τέτοιων οχημάτων γίνεται επιτακτική αφού δεν πρέπει να ξεχνούμε ότι όσο καθαρός και αν είναι ένας κινητήρας εσωτερικής καύσεως, το κύριο προϊόν της εξάτμισης του είναι το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂): ένα μη τοξικό αέριο που όμως προκαλεί το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Έτσι λοιπόν για όσες μεγαλουπόλεις έχουν εξαιρετικά επιβαρυσμένη ατμόσφαιρα, η ηλεκτροκίνηση δείχνει να διαθέτει αρκετά "προσόντα" όπως: υψηλότερος βαθμός απόδοσης, μηδενικές εκπομπές ρύπων και

οικονομικότερη - ως ένα βαθμό - λειτουργία. Εντούτοις όμως στα σοβαρά μειονεκτήματα της μορφής αυτής αυτοκίνησης πρέπει να συμπεριλάβουμε την μειωμένη αυτονομία, τις χαμηλές επιδόσεις και την "αντι-οδηγική" συμπεριφορά θα λέγαμε του ηλεκτροκίνητου οχήματος που - πρωτίστως - έχει σχεδιασθεί για απλή μεταφορά.

Εκτός βέβαια αυτής της εναλλακτικής μορφής αυτοκίνησης, άλλη μία εξίσου σοβαρή μορφή "καθαρής" αυτοκίνησης που έχει προταθεί ερευνητικά, αφορά τη χρήση υδρογόνου σε κινητήρες (M.E.K.) εσωτερικής καύσεως, μία λύση λοιπόν με εξαιρετικά καθαρά καυσαέρια (υδρατμοί με λίγα οξειδία του αζώτου) αλλά με υψηλό κόστος αποθήκευσης του υδρογόνου, σε υγρή μορφή, σε κρυογενικές δεξαμενές και με όλους τους σύγχρονους κινδύνους δημιουργίας εκρηκτικών καταστάσεων σε περίπτωση. Και ας μη παραβλέπουμε ότι σε ένα θερμικό κινητήρα, το υδρογόνο σαν καύσιμο έχει υψηλότερο κόστος απ' αυτό της βενζίνης όταν πρόκειται να διανυθούν ακριβώς τα ίδια χιλιόμετρα. Δημιουργήθηκαν λοιπόν τεχνητά διλήμματα στους ερευνητές του τύπου "θερμικός ή ηλεκτρικός κινητήρας" ή "Υδρογόνο ή βενζίνη". Η λύση στα ερωτήματα αυτά δόθηκε από μία ομάδα Αμερικανών επιστημόνων οι οποίοι κατέφυγαν στον απίθανο συνδυασμό του υδρογόνου σαν θερμικοί) καυσίμου για κίνηση διαμέσου ηλεκτροκινητήρα.

Παρ' όλα αυτά παρατηρούμε ότι την πιο εφικτή λύση στο άμεσο μέλλον αποτελεί η κατασκευή και χρήση ηλεκτρικών-υβριδικών οχημάτων πόλεων και γιατί όχι και μη.

Ας επιχειρήσουμε όμως παρακάτω να κάνουμε μία ιστορική αναδρομή στο πέρασμα των χρόνων, γεγονότων που αφορούν την ηλεκτροκίνηση, και που στάθηκαν φωτεινοί σηματοδότες στην περαιτέρω εξέλιξη τους.

A. ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

ΤΑ ΠΡΩΤΑ ΧΡΟΝΙΑ

Οι κοινωνικές και πολιτιστικές ανακατατάξεις καθώς και η καινούργια τάξη πραγμάτων που παρουσιάζεται την τελευταία δεκαετία του 19ου αιώνα, οδηγούν στην αναζήτηση και εξέλιξη νέων τρόπων μεταφοράς. Η μεγάλη αστυφιλία που παρουσιάζεται ιδιαίτερα στο Νέο Κόσμο, οδηγεί στην αναζήτηση εναλλακτικών λύσεων που θα αντικαθιστούσαν τη ρυπογόνο και θορυβώδη ατμομηχανή καθώς και τις ιππήλατες άμαξες και κάρρα. Δέκα εκατομμύρια ποδηλάτα, έδιναν αυτή την περίοδο μία πρωτόγνωρη ελευθερία στους Αμερικανούς, την ελευθερία της μετακίνησης. Η διάδοση του ποδηλάτου ενθάρρυνε ακόμα την κατασκευή πλακόστρωτων δρόμων και οδήγησε σε μεγαλύτερη ανάπτυξη και άνθηση της μεταλλουργίας, των ένσφαιρων τριβέων (ρουλεμάν), της τεχνολογίας των τροχών και της μετάδοσης της ισχύος. Η εξέλιξη αυτή της τεχνολογίας επέτρεψε την εμφάνιση νέων, μηχανοκίνητων μέσων μεταφοράς. Οχήματα που κινούντο με ατμό, ηλεκτρισμό ή με μηχανές εσωτερικής καύσης και που μπορούσαν να προσφέρουν το ίδιο αποτελεσματικά ότι προσέφερε μέχρι εκείνη τη στιγμή το ποδήλατο.

Σύντομα το ηλεκτρικό όχημα έγινε δημοφιλές ανάμεσα στους κατοίκους των πόλεων. Οι άνθρωποι εξοικειώθηκαν απέναντι στα νεοφερμένα ηλεκτρικά τρόλεϊ, στους ηλεκτρικούς σιδηροδρόμους και τραμ και σύντομα υπήρχε στην παραγωγή μία μεγάλη γκάμα κινητήρων και συσσωρευτών, σε διάφορα μεγέθη. Το στοιχείο Έντισσον (Edison ένας συσσωρευτής νικελίου σιδήρου κατασκευασμένος από τον Edison το 1910, ήταν ότι πιο προηγμένο τεχνολογικά, στον χώρο των συσσωρευτών, την εποχή εκείνη. Χρησιμοποιήθηκε μάλιστα σε ένα αυτοκίνητο που κατασκεύασε ο ίδιος ο Edison.

Το γύρισμα του αιώνα σηματοδοτεί και την αρχή της κυριαρχίας του ηλεκτρικού αυτοκινήτου στον χώρο των "οχημάτων διασκέδασης". Το 1890, περίπου 4200 αυτοκίνητα πουλήθηκαν στην Αμερική. Από αυτά το 38% ήταν ηλεκτροκίνητα, το 22% βενζινοκίνητα ενώ το 40% ήταν ατμοκίνητα.

Στα 1900, οι ηλεκτρικές άμαξες Brougham και Victoria ήταν ο αγαπημένος τρόπος μετακίνησης ανάμεσα στην αριστοκρατία της Νέας Υόρκης. Πολύ γρήγορα παρουσιάστηκαν εκδόσεις ηλεκτρικών αυτοκινήτων με κλειστό αμάξωμα, πολλά χρόνια πριν παρουσιαστούν κλειστά βενζινοκίνητα αυτοκίνητα. Εξοπλισμένα με οδηγό και υπηρέτες που βοηθούσαν στην επι-/αποβίβαση, τα κομψά αυτά ηλεκτρικά οχήματα μετάφεραν τις πλούσιες οικογένειες σε δεξιώσεις και σε διάφορες συναντήσεις. Το κόστος τους κυμαινόταν μεταξύ 5 και 6 χιλιάδων δολαρίων, ποσό που ισοδυναμεί με το κόστος απόκτησης μίας Rolls-Royce σήμερα.

Το πρώτο βενζινοκίνητο όχημα ήταν το Duryea που παρουσιάστηκε το 1893, χρονιά που ήδη υπήρχαν ηλεκτρικά αυτοκίνητα διαθέσιμα προς ενοικίαση. Οι πρώτες αυτές εταιρίες ενοικίασης αυτοκινήτων (ηλεκτρικών), λειτούργησαν στα πλαίσια της Διεθνούς Έκθεσης του Σικάγο. (Chicago World's Fair). Ήδη τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα είχαν ένα σημαντικό προβάδισμα έναντι των βενζινοκίνητων.

Αυτή την περίοδο στην Αμερική υπήρχε μία πολύ ισχυρή ποδηλατοβιομηχανία. Εξέχουσα θέση κατείχε η εταιρία κατασκευής ποδηλάτων Pope με βασικότερο μοντέλο της το Columbia. Παρ' όλα αυτά ο πρόεδρος και ιδρυτής της εταιρίας, συνταγματάρχης Albert Pope, πίστευε ότι το μέλλον ανήκε στα ηλεκτρικά αυτοκίνητα. Ήδη στο τέλος του 1898 η εταιρία Pope είχε παραγάγει 500 ηλεκτρικά αυτοκίνητα, που τα ονόμαζε Brougham και γνώρισαν αξιόλογη επιτυχία.

Στα 1899, η εταιρία Pope αγοράστηκε από την Electric Vehicle Company (E.V.C.) Η E.V.C. ήταν μία τεράστια εταιρία με τα δεδομένα εποχής και είχε στην κατοχή της όλα τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα και εταιρίες ταξί στις Η.Π.Α. Το 1899 το καθαρό της κέρδος ξεπερνούσε τα 18 εκατομμύρια δολάρια. Μόλις 8 χρόνια αργότερα η εταιρία οδηγείται σε χρεωκοπία, έχοντας βασίσει όλη την οικονομική της πολιτική στην κυριαρχία των ηλεκτροκίνητων οχημάτων έναντι των βενζινοκίνητων, η οποία αποδείχτηκε εφήμερη.

Την ίδια τύχη είχαν λίγο πολύ και άλλες τέτοιες εταιρίες της εποχής, οι οποίες είχαν στηρίξει όλη τους την ύπαρξη στην παραγωγή και εμπορία ηλεκτρικών και μόνο αυτοκινήτων.

Στην τεχνολογία των ηλεκτρικών αυτοκινήτων της εποχής, σημαντικά συνεισέφερε και η γαλλική Krieger Company of Paris η οποία μάλιστα κέρδισε και σχετικό βραβείο σε διαγωνισμό του 1897 στο Παρίσι. Παρήγαγε ένα προηγμένο για την εποχή αυτοκίνητο με

φρένα και στους τέσσερις τροχούς και υποβοηθούμενο τιμόνι (power steering) χρησιμοποιώντας δύο κινητήρες, ένα σε κάθε μπροστινό τροχό. Με ανώτερη ταχύτητα 24Km/h και ακτίνα δράσης 80Km/h από φόρτιση σε φόρτιση και με συνολικό βάρος 1147Kg, θεωρείτο ένα σημαντικό επίτευγμα της εποχής. Το 1902 ο M.Krieger, ένας ιδιοφυής μηχανικός, πειραματίστηκε πάνω σε ένα υβριδικό όχημα δικής του επινόησης, που κινήτο με αλκοόλ και ηλεκτρισμό. Το 1904 έβγαλε στην παραγωγή ένα υβριδικό όχημα, βενζινοκίνητο-ηλεκτροκίνητο. Το 1909 παρουσιάζει ένα υβριδικό όχημα που κινήτο με ηλεκτρισμό και τη βοήθεια μίας τουρμπίνας. Μία πρωτοφανής σύλληψη για την εποχή! Πολύ σύντομα όμως και αυτή η εταιρία οδηγήθηκε σε χρεωκοπία.

Το γαλλικό ηλεκτρικό αυτοκίνητο BGS του 1900, κατείχε το παγκόσμιο ρεκόρ, ανάμεσα στα ηλεκτρικά αυτοκίνητα, ως προς την ακτίνα δράσης από φόρτιση σε φόρτιση, με 290Km, αριθμός εντυπωσιακός για την εποχή. Η ίδια η εταιρία B.G.S. σχεδίαζε και παρήγαγε τους συσσωρευτές που έβαζε στα αυτοκίνητα της : επιβατηγά, φορτηγά, λεωφορεία και λιμουζίνες.

Μία εταιρία που μπόρεσε να σταθεί για 20 περίπου χρόνια (1899- ήταν η Woods Motor Vehicle Company του Σικάγο των Η.Π.Α.. Το 1903 κατασκεύασε ένα μοντέλο που έμοιαζε με βενζινοκίνητο, αφού για λόγους "καλαισθησίας" και μόνο, ήταν εφοδιασμένο με χειροστρόφαλο (μανιβέλα). Με τιμές μέχρι 4500\$ η εταιρία δεν ήταν από τις εμπορικότερες, κατάφερε όμως να επιβιώσει για ένα μεγάλο χρονικό διάστημα. Το μοντέλο που παρήγαγε το 1915 είχε συμπαγή λάστιχα κατασκευασμένα από γόμμα, ανώτερη ταχύτητα 64Km/h και ακτίνα δράσης κοντά στα 160 Km/h (με ταχύτητα ταξιδιού). Ίσως το τελειότερο μοντέλο της ήταν ένα υβριδικό αυτοκίνητο που κατασκεύασε το 1917, που είχε έναν τετρακύλινδρο βενζινοκινητήρα και έναν ηλεκτροκινητήρα. Ο ηλεκτροκινητήρας μπορούσε να πετύχει ταχύτητες μέχρι 32 Km/h ενώ ο βενζινοκινητήρας μπορούσε να συνεισφέρει για επίτευξη ταχυτήτων της τάξης των 40 Km/h.

Το 1912 ήταν η πιο γόνιμη χρονιά για τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα. Περίπου 34000 ηλεκτρικά αυτοκίνητα ήταν στην κυκλοφορία. Αυτά τα πρώτα ηλεκτρικά αυτοκίνητα πόλης ανέπυσσαν ταχύτητα μεταξύ 32 και 48 Km/h (20-30miles/h). Εξάλλου η κατάσταση των τότε δρόμων δεν άφηνε περιθώρια για μεγάλες ταχύτητες. Οι πόλεις ήταν σε κατάσταση συμφοράς οπότε και η ανώτατη ταχύτητα των ηλεκτρικών αυτοκινήτων θεωρείτο απόλυτα ικανοποιητική.

Οι γυναίκες ήταν απόλυτα εξοικειωμένες με τα ηλεκτρικά οχήματα της εποχής. Άνετα καθισμένη πίσω από το τιμόνι της ηλεκτρικής της άμαξας, η γυναίκα οδηγός μπορούσε να διασκεδάσει όλη την παρέα της, ταξιδεύοντας προς τον προορισμό τους. Το όχημα της ήταν εξοπλισμένο με πολύ γούστο και φινέτσα και τη γυναίκα οδηγό της εποχής χαρακτήριζε η άριστη κυκλοφοριακή αγωγή. Η απουσία της βάρβαρης και κουραστικής μανιβέλας, έκανε τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα ιδανικά για κάθε γυναίκα.

Τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα άνθισαν στις πόλεις όπου οι δρόμοι ήταν πλακόστρωτοι και τα ταξίδια σύντομα και ιδιαίτερα σε περιοχές χωρίς λάσπη, ανηφοριές-κατηφοριές και απολίπτες συνθήκες κυκλοφορίας. Οι πόλεις αποτέλεσαν το βασίλειο των ηλεκτρικών αυτοκινήτων της εποχής, γιατί μόνο οι πόλεις τότε είχαν ηλεκτρισμό αλλά και πλούσιους πολίτες, που μπορούσαν να αποκτήσουν ένα ηλεκτρικό αυτοκίνητο.

Η ΑΠΟΧΩΡΗΣΗ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΥ

Οι αιτίες αποχώρησης των πρώιμων ηλεκτρικών αυτοκινήτων ήταν σύνθετες και είχαν ως αποτέλεσμα τη σχεδόν πλήρη εξαφάνισή τους. Πολλοί παράγοντες συνέτειναν σ' αυτό, ο πιο σημαντικός των οποίων ήταν η τελειοποίηση μίας διάταξης τεράστιας σημασίας για την εξέλιξη της αυτοκίνησης. Ο εφευρέτης ήταν ο Charles F. Kettering η χρονιά το 1911, η εφεύρεση ήταν η γνωστή μας ηλεκτρική διάταξη εκκίνησης (μίζα).

Η προηγούμενη εμπειρία του Kettering ως μηχανικού για τη National Cash Register Company, τη γνωστή NCR, του επέτρεψε να βγάλει στην παραγωγή ένα ηλεκτρικό κινητήριο σύστημα ώστε να ανοίγουν αυτόματα τα συρτάρια των ταμειακών μηχανών. Όταν του ζητήθηκε από τον Henry M. Land της Cadillac Motor Company να αναπτύξει μία εύκολη μέθοδο για την εκκίνηση των αυτοκινήτων που θα αντικαθιστούσε την καθόλου βολική μανιβέλα, ο Kettering εφάρμοσε την τεχνολογία που ο ίδιος είχε αναπτύξει για ν' ανοίγουν τα συρτάρια των ταμειακών μηχανών και σ' αυτοκίνητα.

Η μίζα (automotive starter) είναι μία απλή σχετικά διάταξη, παρ' όλα αυτά την εποχή εκείνη (1911) δεν υπήρχε ούτε μία πετυχημένη, εφαρμόσιμη λύση. Μηχανικοί δούλευαν πάνω στο συγκεκριμένο πρόβλημα από την εποχή της εφεύρεσης του αυτοκινήτου. Περισσότερα από 25 χρόνια παραγωγής αυτοκινήτων με μανιβέλα είχαν περάσει. Πολλοί μηχανικοί υποστήριζαν ό,τι αν κατασκευαζόταν κάποια στιγμή μία ηλεκτρική μηχανή που να μπορούσε να περιστρέψει (Spin) μία μηχανή εσωτερικής καύσης, όπως αυτή του αυτοκινήτου, θα ζύγιζε περίπου 60-65 κιλά και θα απαιτούσε συσσωρευτές μερικών εκατοντάδων κιλών (όσο σχεδόν το ωφέλιμο βάρος του ίδιου του αυτοκινήτου).

Όμως ο Kettering δεν αντιμετώπισε το πρόβλημα μέσα απ' αυτό το πρίσμα. Ύστερα από επισταμένη μελέτη, υποστήριξε ό,τι μία πολύ μικρή μηχανή, υπό φορτίο αρκετές φορές μεγαλύτερο του ονομαστικού, θα μπορούσε να βγάλει αρκετή ισχύ ώστε να περιστρέψει μία μηχανή εσωτερικής καύσης για ένα μικρό χρονικό διάστημα, με την προϋπόθεση (για την εποχή εκείνη) ό,τι θα αφηνόταν να "κρυώσει" ανάμεσα σε δύο διαδοχικές χρήσεις. Η τεχνική αυτή δούλεψε, προς μεγάλη έκπληξη της τότε επιστημονικής κοινότητας.

Τα νέα βενζινοκίνητα αυτοκίνητα με την χρήση της μίζας, προσέλκυσαν τις γυναίκες οδηγούς, οι οποίες ως εκείνη τη στιγμή έδειχναν την προτίμησή τους στο "ευκολοδήγητο" ηλεκτρικό αυτοκίνητο. Η μεταστροφή αυτή των γυναικών-οδηγών περιόρισε σε μεγάλο βαθμό το ποσοστό της αγοράς που κατείχε το ηλεκτρικό αυτοκίνητο.

Μια ιδέα ενός άλλου προικισμένου ανθρώπου έθεσε οριστικά στο περιθώριο τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα. Ο άνθρωπος αυτός ήταν ο Henry Ford. Το σε μαζική παραγωγή Model T της εταιρίας Ford, με τιμή πώλησης 850 δολάρια στα 1909, μερικά χρόνια αργότερα, το 1925 πωλείτο προς 260 δολάρια μόνο. Το Model T (ή πιο γνωστό στην Ελλάδα ως "το Ford με τα μουστάκια") κατείχε εκείνη την εποχή το 40% της αγοράς και οι στατιστικές έδειχναν ότι περίπου τα μισά αυτοκίνητα στους δρόμους εκείνης της εποχής ήταν "tin lizzies" ("τενεκεδένια Λίζα", το χαϊδευτικό όνομα που δόθηκε στο αυτοκίνητο στις Η.Π.Α.). Η χαμηλή τιμή πώλησης του "T" επέτρεψε σε πολύ κόσμο ν' αποκτήσει το πρώτο του αυτοκίνητο. Η ειρωνία είναι ό,τι το αυτοκίνητο αυτό, υπεύθυνο σε μεγάλο βαθμό για τον εκτοπισμό των ηλεκτρικών αυτοκινήτων απ' το προσκήνιο και το οποίο πούλησε 15 εκατομμύρια κομμάτια, δεν είχε μίζα αλλά μανιβέλα.

Σιγά σιγά άρχισαν ν' αναπτύσσονται και οι αγροτικές περιοχές, να ανοίγονται δρόμοι και να στρέφεται ο αστός προς την εξοχή. Το όλο κλίμα ευνοούσε τα βενζινοκίνητα αυτοκίνητα τα οποία μπορούσαν να επεκτείνουν την ακτίνα δράσης τους απεριόριστα, απλά με το ν' αποθηκεύουν ή να μεταφέρουν μεγαλύτερη ποσότητα καυσίμων. Σύντομα η ακτίνα δράσης των βενζινοκίνητων αυτοκινήτων έγινε διπλάσια ή και τριπλάσια των ηλεκτροκίνητων και όλα αυτά με σημαντικά μικρότερο κόστος.

Η παρακμή συνεχίστηκε για το ηλεκτρικό αυτοκίνητο μέχρι που έγινε πια αναχρονιστικό και σταμάτησε η παραγωγή του. Την ίδια στιγμή ταλαντούχοι σχεδιαστές και μηχανικοί χρησιμοποιούσαν τη φαντασία τους στο να δημιουργήσουν ηλεκτρικά οχήματα προηγμένης τεχνολογίας, παρατηρώντας την τεχνολογία των ηλεκτρικών αυτοκινήτων να προχωρά με σαφώς πιο γρήγορο ρυθμό. Αυτή η προσπάθεια να συμβαδίσει η τεχνολογία των ηλεκτρικών αυτοκινήτων μ' αυτή των βενζινοκίνητων, ουσιαστικά συνεχίζεται μέχρι σήμερα.

Στα 1899, οι επιστήμονες στο σύνολο τους πίστευαν ό,τι οι συσσωρευτές θα μπορούσαν να αυξήσουν το βαθμό απόδοσης τους. Τα πειράματα και οι μελέτες συνεχίζονταν και οι επιστήμονες θεωρούσαν ζήτημα χρόνου την εφεύρεση ενός ελαφρού ενεργειακού συστήματος με τη μορφή του συσσωρευτή. Η βιομηχανία ηλεκτρικών αυτοκινήτων περίμενε με αγωνία και αισιοδοξία το νέο αυτό συσσωρευτή.

Το τελειωτικό χτύπημα για τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα, ήταν η καθυστέρηση του εξηλεκτισμού της υπαίθρου. Αν και ο Edison με τις εφευρέσεις του προσέφερε το αγαθό του ηλεκτρισμού στις πόλεις γύρω στα 1870, ο εξηλεκτισμός συνεχιζόταν ακόμα στα 1920, 1930, 1940 έχοντας ακόμα πολύ δρόμο να διανύσει.

Πόσο πρωτόγονα ήταν τα πρώτα ηλεκτρικά αυτοκίνητα; Σε ένα τεστ διεξήγαγε πρίν μερικά χρόνια το περιοδικό Machine Design, δοκιμάστηκε ένα Detroit Electric του 1915 Συγκρινόμενο με τα μοντέρνα ηλεκτρικά αυτοκίνητα (της δεκαετίας του '80), τα πήγε αρκετά καλά. Χαρακτηρίστηκε μάλιστα ως "πολύ καλή αγορά".

Το εσωτερικό του, εξοπλισμένο με παραφουσκωμένα καθίσματα και κουρτινάκια ολόγουρα, θύμιζε έντονα "τα σαλονάκια των γιαγιάδων". Κινούμενο από έναν ηλεκτροκινητήρα των 5,5 ίππων που έπαιρνε την απαιτούμενη ενέργεια από 12 εξάβολτους συσσωρευτές, είχε ακτίνα δράσης 129Km και χρησιμοποιούσε ελαστικά μεγάλης διαμέτρου και υψηλής πίεσης, σχεδιασμένα ειδικά για τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα της εποχής. Είχε ανώτερη ταχύτητα 40 Km/h και μετέφερε πέντε επιβάτες, δύο από τους οποίους κάθονταν πίσω από τον οδηγό, σε κάθισμα που έβλεπε προς τα πίσω και οι άλλοι τρεις κάθονταν βλέποντας μπροστά. Αν και τα καθίσματα ήταν σχεδιασμένα έτσι ώστε να ευνοούν μία ευχάριστη συζήτηση μεταξύ των επιβατών, η ορατότητα για τον οδηγό ήταν άριστη. Τα ψηλά και επίπεδα παράθυρα παρείχαν πολύ καλή ορατότητα προς όλες τις κατευθύνσεις, ακόμα και όταν το αυτοκίνητο μετέφερε και τους πέντε επιβάτες του. Τα Detroit Electric χαρακτήριζε η ποιότητα μίας πολύ καλά κατασκευασμένης μηχανής. Αν και κατά τη διάρκεια του τεστ είχαν εφοδιαστεί με σύγχρονους συσσωρευτές, είχε διατηρηθεί όπως ακριβώς εκείνη την εποχή που οι σχεδιαστές και οι μηχανικοί ήξεραν να κατασκευάζουν πραγματικά καλά ηλεκτρικά αυτοκίνητα (τηρουμένων πάντα των αναλογιών).

Σήμερα, καθώς μεγάλες εταιρίες αρχίζουν ή ήδη ασχολούνται με τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα, κάτω και από τη συμπαράσταση των κυβερνήσεων, πιστεύεται ό,τι δεν είναι μακρινή η εποχή όπου η τεχνολογία που αναζητούσαν οι μηχανικοί στο γύρισμα του αιώνα, θα γίνει πραγματικότητα. Τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα σήμερα έχουν την ευκαιρία της καθιέρωσης, όπως δεν την είχαν ποτέ στο παρελθόν.

Στις Η.Π.Α. κατά τη διάρκεια του 1966-1967, η General Motors, η Ford και η American Motors, εξέλιξαν μοντέρνα ηλεκτρικά επιβατηγά αυτοκίνητα. Το ενδιαφέρον αυτό, που κατέληξε στη δημιουργία ορισμένων πρωτοτύπων, ήταν αποτέλεσμα των διαφόρων μελετών και της επιστημονικής έρευνας που προέβλεπε τις συνέπειες της αλόγιστης χρήσης της μηχανής εσωτερικής καύσης.

Η General Motors κατασκεύασε δύο πρωτότυπα προς επίδειξη. Το ένα έμοιαζε εξωτερικά με το Chevrolet Corvaire και ονομάστηκε Electrovair ενώ το άλλο ήταν ένα φορτηγάκι βασισμένο στο GMC και ονομάστηκε Electroman. Οι συσσωρευτές που επιλέγησαν ήταν αργύρου-ψευδαργύρου με πολύ μικρή διάρκεια ζωής και υψηλό συγκριτικά κόστος. Το Electroman χρησιμοποιούσε ενεργειακή κυψέλη η οποία έπρεπε να επαναγεμίζεται κάθε 200Km και ήταν πολύπλοκη και ογκώδης. Χρησιμοποιούσε δε ηλεκτρολύτη υγρής μορφής. Η ακτίνα δράσης του Electrovair ήταν 130Km ανάμεσα σε κάθε φόρτιση και συνδυαζόταν με ένα πολύ μικρό αριθμό δυνατών επαναφορτίσεων. Η αξία δε των συσσωρευτών εκείνη την εποχή, ήταν 15000\$, ισοδύναμα με 30000\$ τη σημερινή εποχή.

Δύο Electrovair είδαν το φως της δημοσιότητας. Το Electrovair βασίστηκε στο σασί και το αμάξωμα του corvaire του 1964. Το Electrovair στο σασί και το αμάξωμα του corvaire του 1966. Οι συσσωρευτές, βάρους 308Kg, έδιναν την απαιτούμενη ενέργεια σ' έναν επαγωγικό κινητήρα εναλλασσομένου ρεύματος, 115 ίππων, ο οποίος ψύχεται με λάδι, λόγω των πολλών στροφών που ανέπτυσσε (περίπου 13000/min). Τα προβλήματα του συγκεκριμένου αυτοκινήτου ήταν η μικρή ακτίνα δράσης, η μικρή διάρκεια ζωής των συσσωρευτών, ο μεγάλος χρόνος επαναφόρτισης, το μεγάλο βάρος και ο όγκος των συσσωρευτών και του κινητήριου συστήματος, το μεγάλο κόστος των εξαρτημάτων και υλικών, οι υψηλές απαιτήσεις ψύξης, η έλλειψη πέδησης από τον κινητήρα και κατ'

επέκταση τα προβλήματα ασφαλείας καθώς και οι ραδιοφωνικές και τηλεοπτικές παρεμβολές

Τα Electrovair που κατασκεύασε η General Motor, έμειναν στην ιστορία ως μία προσπάθεια κατασκευής υψηλής τεχνολογίας χωρίς επιτυχία στην πρακτική εφαρμογή. Οι συσσωρευτές αργύρου-ψευδαργύρου ήταν εκτός πραγματικότητας, σαν ελάχιστο σχόλιο, όσον αφορά την χρησιμοποίησή τους, ιδίως εκείνη την εποχή, σε ένα ηλεκτρικό αυτοκίνητο. Οι 13000 στροφές που ανέπτυσσε ο κινητήρας εναλλασσομένου ρεύματος απέκλειαν το φαινόμενο έστω και της παραμικρής πέδησης από τον κινητήρα. Αυτό εγκυμονούσε πολλούς κινδύνους. Η ψύξη της μηχανής, τα εξαρτήματα και η ασυνήθιστη πολυπλοκότητα του σχεδιασμού, ήταν ορισμένοι ακόμα παράγοντες που απέτρεψαν τη μαζική παραγωγή αυτού του μοντέλου.

Το 1966 GMC Handivan, το οποίο χρησιμοποιήθηκε σα βάση για την κατασκευή του Electroman, εφοδιάστηκε με ένα σύστημα ενεργειακής κυψέλης. Αυτές οι ενεργειακές κυψέλες ήταν υδρογόνου-οξυγόνου, πολύ μεγάλου όγκου και προϋπέθεταν την τοποθέτηση ενός τεπόζιτου υδρογόνου ενός οξυγόνου στο πίσω μέρος του αυτοκινήτου. Ο ηλεκτροκινητήρας η διάταξη ελέγχου, ήταν σχεδόν ίδιες με του Electrovair II.

Μερικά από τα προβλήματα σχετικά με το Electroman ήταν το μεγάλο βάρος και όγκος, η μικρή διάρκεια ζωής του όλου συστήματος, το το κόστος των υλικών και εξαρτημάτων, οι πολύπλοκες και χρονοβόρες διαδικασίες εκκίνησης και παύσης, οι διαρροές αερίου από την ενεργειακή κυψέλη, η πολυπλοκότητα των τριών ξεχωριστών υγρών συστημάτων (ηλεκτρολύτη, υδρογόνου και οξυγόνου), μία μεγάλη λίστα με προβλήματα σχετικά με την ασφάλεια, πιθανοί κίνδυνοι σε περίπτωση σύγκρουσης, διαρροές υδρογόνου ή ηλεκτρολύτη, υψηλές τάσεις κ.λ.π. Αν υπολογίσει κανείς όλους αυτούς τους παράγοντες επικινδυνότητας, το μεγάλο κόστος και την όλη πολυπλοκότητα του συστήματος, είναι ολοφάνερο γιατί πολύ λίγη έρευνα διεξάγεται στον τομέα των συστημάτων ενεργειακά κυψελών.

Πέρα από τα Electrovair και Electroman, η General Motors παρουσίασε και μερικά ηλεκτρικά αυτοκίνητα πόλης για ειδικές χρήσεις, το 1969. Αυτά τα αυτοκίνητα χαρακτηρίστηκαν από τον εξαιρετικό σχεδιασμό τους. Η σειρά GM512 όπως ονομάστηκε, χρησιμοποίησε ένα βασικό αμάξωμα με τρία ξεχωριστά πειραματικά συστήματα παραγωγής ενέργειας. Το ένα ήταν ηλεκτρικό-συσσωρευτή, το άλλο υβριδικό βενζινοκίνητο-ηλεκτροκίνητο και το τρίτο βενζινοκίνητο. Το δύο επιβατών όχημα είχε συνολικό μήκος 2,2γπ και πλάτος 1,45π. Η είσοδος στο αυτοκίνητο γινόταν από μπροστά, όπως ακριβώς και στη BMW Isetta, ένα δημοφιλές γερμανικό αυτοκίνητο της δεκαετίας του '50. Τα GM512 Χρησιμοποιούσαν επτά συσσωρευτές των 85 AM, 21 κιλών ο καθένας, μία διάταξη ελέγχου του κινητήρα με θυρίστορ και έναν κινητήρα συνεχούς ρεύματος με διέγερση σε σειρά της DELCO-REMY, ισχύος 8,5 ίππων. Το υβριδικό GM512 χρησιμοποιούσε ένα συνδυασμό μηχανής εσωτερικής καύσης (που έκαψε βενζίνη) και ηλεκτροκινητήρα. Το ηλεκτρικό κινητήριο χρησιμοποιείτο για ταχύτητες μέχρι 16Km/h. Για την περιοχή 16- συνεισέφεραν και τα δύο κινητήρια συστήματα ενώ για ταχύτητες πάνω από 21Km/h αναλάμβανε αποκλειστικά το σύστημα βενζινοκίνησης.

Ο βενζινοκίνητος ήταν δικύλινδρος των 195κ.ε. και χαρακτηριζόταν από μάλλον φτωχό βαθμό απόδοσης. Έγιναν προσπάθειες να τροποποιηθεί ελαφρά και ν' ανεβεί ο λόγος συμπίεσης του αλλά ο κινητήρας δεν μπορούσε ν' αντέξει την περίσσεια ισχύ.

Για την επαναφόρτιση των συσσωρευτών χρησιμοποιείτο ένας εναλλάκτης 20A των 90v, ο οποίος έπαιρνε κίνηση μέσω ενός ιμάντα από τον βενζινοκίνητο. Σαν εναλλακτική λύση μπορούσε να χρησιμοποιηθεί το δίκτυο των 115v. Η κατανάλωση ήταν 19,5 με 21,2 Km/h, με σταθερή ταχύτητα. Όταν λειτουργούσε σαν ηλεκτροκίνητο, τα μεγέθη ακτίνας δράσης και ταχύτητας ήταν 8,3Km/h με 48 Km/h έως 14 με 16 Km/h αντίστοιχα. Δυστυχώς, οι συσσωρευτές ήταν πολύ ευαίσθητοι σε επιταχύνσεις γι' αυτό και επιτρεπτή ήταν μόνο μία κίνηση με ρυθμό επιτάχυνσης ανά 4 Km.

Στην πραγματικότητα, η ανώτατη ταχύτητα του ηλεκτροκίνητου GM512 ήταν 72 Km/h ενώ του υβριδικού 64Km/h. Το ηλεκτροκίνητο είχε επίσης καλύτερες τιμές επιτάχυνσης.

Γενικά τα GM512 ήταν καθαρά πειραματικά αυτοκίνητα και δεν μπορούν να θεωρηθούν ως δείγματα υψηλής τεχνολογίας.

Τον Ιούνιο του 1967 η Ford παρουσίασε ένα πειραματικό ηλεκτρικό αυτοκίνητο. Ήταν το Ford Commuta, που είχε σχεδιαστεί από το Τμήμα Έρευνας και Εξέλιξης της Αγγλίας. Το μήκος του ήταν 2,03m, λιγότερο από το μισό ενός Ford Mustang του 1967.

Ένα πολύ προηγμένο για την εποχή του πρωτότυπο, παρουσίασε στα τέλη της δεκαετίας του '60 η American Motor. Λεγόταν Amitron, ήταν πολύ σύγχρονο σχεδιαστικά από κάθε άποψη και είχε ταχύτητα ταξιδιού 80 Km/h ενώ η ακτίνα δράσης του μπορούσε να φτάσει τα 241 Km. Οι συσσωρευτές, που είχε κατασκευάσει η Gulton, ήταν δύο ειδών : λιθίου-φθοριούχου νικελίου και νικελίου-καδμίου, δίπολα στοιχεία. Οι δύο συσσωρευτές λιθίου είχαν χωρητικότητα μέχρι και 10 φορές μεγαλύτερη από των συμβατικών συσσωρευτών μολύβδου της εποχής. Οι δύο δίπολοι συσσωρευτές νικελίου -καδμίου παρείχαν ενέργεια αρκετή ώστε το αυτοκίνητο να επιταχύνει από 0-80 Km/h σε 20 περίπου δευτερόλεπτα. Ήταν επίσης δυνατό, οι συσσωρευτές νικελίου-καδμίου να φορτίζονται απ' αυτούς του λιθίου, όσο διάστημα το όχημα βρισκόταν σε κίνηση. Το μεγάλο πλεονέκτημα των συσσωρευτών νικελίου-καδμίου ήταν η διάρκεια ζωής, που ξεπερνούσε τους 1000 κύκλους φόρτισης-επαναφόρτισης μέσα σε μία περίοδο 3 ετών. Μπορούσαν δε να επαναφορτιστούν σε 4 μόλις ώρες ενώ δε ζύγιζαν περισσότερο από 91Kg, χαρακτηριστικά που τις έκαναν πολύ ελκυστικές. Άλλο χαρακτηριστικό του οχήματος ήταν ό,τι διέθετε ωφέλιμη πέδηση, η οποία μπορούσε εκτός των άλλων να μετατρέπει μέρος της χαμένης ενέργειας κατά το φρενάρισμα, σε ενέργεια των συσσωρευτών. Το Amitron ήταν αρκετά ελαφρύ, τα καθίσματα του ήταν γεμισμένα με ... αέρα και μπορούσαν να ξεφουσκώνουν προκειμένου ν' αυξάνεται το ωφέλιμο βάρος. Τα όργανα του αυτοκινήτου ήταν τύπου ελικοπτέρου, πίσω από το τιμόνι, ενώ η πόρτα όταν άνοιγε μετακινούσε, μέσω ειδικού μηχανισμού, μέρος της οροφής ώστε να διευκολύνεται η επι-/αποβίβαση. Οι προφυλακτήρες, τέλος, ήταν από ειδική γόμα-βινύλιο και απορροφούσαν μεγάλο μέρος των συγκρούσεων.

Αν και η υποδοχή του Amitron απ'το κοινό ξεπέρασε κάθε προσδοκία, το μεγάλο κόστος των συσσωρευτών και άλλοι συγγενείς παράγοντες δεν επέτρεψαν στην AMC να προχωρήσει στην παραγωγή του οχήματος και περιορίστηκε μόνο στα πειραματικά τεστ του αυτοκινήτου.

Β. ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΙΣΧΥΣ

1. ΤΜΗΜΑ ΚΙΝΗΤΗΡΑ

11. ΕΠΙΛΟΓΗ ΤΟΥ ΚΑΤΑΛΛΗΛΟΥ ΗΛΕΚΤΡΟΚΙΝΗΤΗΡΑ

Η επιλογή του κατάλληλου ηλεκτροκινητήρα για ένα ηλεκτρικό όχημα, είναι δυνατό να γίνει είτε από τους κινητήρες που είναι διαθέσιμοι στην αγορά είτε κατόπιν παραγγελίας. Και στις δύο περιπτώσεις, θα πρέπει να ληφθούν σοβαρά υπ' όψη οι τιμές κάποιων μεγεθών που χαρακτηρίζουν κάθε ηλεκτροκινητήρα. Αναλυτικότερα:

α) Η τάση ονομαστικής λειτουργίας του ηλεκτροκινητήρα και οι τιμές που παίρνει το ρεύμα που τον διαρρέει. Ένας κινητήρας με υψηλή τάση λειτουργίας θα παρουσιάζει μικρότερες απώλειες από έναν άλλο ίδιου τύπου και ισχύος, που λειτουργεί σε μικρότερη τάση. Θα πρέπει επίσης να ληφθεί υπ' όψη ότι οι ηλεκτρικές μηχανές λειτουργούν με το μεγαλύτερο βαθμό απόδοσης και παρουσιάζουν τις λιγότερες απώλειες, όταν η τάση κυμαίνεται στην περιοχή 90-110% της ονομαστικής τους τιμής. Όταν λειτουργεί εκτός της περιοχής αυτής η μηχανή παρουσιάζει σε μεγαλύτερο ποσοστό προβλήματα υπερθέρμανσης και γενικότερα μειώνεται ο βαθμός απόδοσης της. Από τη στιγμή λοιπόν που το ηλεκτρικό αυτοκίνητο χαρακτηρίζεται από μία σχεδόν συνεχή εκφόρτιση των συσσωρευτών του άρα και πτώση της τάσης λειτουργίας του ηλεκτροκινητήρα του, κρίνεται σκόπιμη η επιλογή της τάσης των συσσωρευτών να είναι μεγαλύτερη της ονομαστικής τάσης λειτουργίας της Μηχανής, έτσι ώστε να λειτουργεί για όσο το δυνατόν μεγαλύτερο χρονικό στην παραπάνω περιοχή λειτουργίας (90-110% της ονομαστικής τιμής λειτουργίας).

Η επιλογή αυτή της τάσης των συσσωρευτών όμως, εγκυμονεί κάποιο κίνδυνο για το τύλιγμα της μηχανής. Είναι πιθανό να διέλθει από το τύλιγμα ρεύμα μεγαλύτερο του επιτρεπτού, ιδίως κατά τη διαδικασία εκκίνησης από ηρεμία υπό φορτίο. Κάποιες διατάξεις προστασίας προσφέρουν λύση στο πρόβλημα αυτό, το καλύτερο μέτρο αντιμετώπισης όμως, είναι η ομαλή και προοδευτική εκκίνηση, δηλαδή το πάτημα του πεντάλ του γκαζιού μαλακά και προοδευτικά, η οποία εκτός της σωστής λειτουργίας της μηχανής, εξασφαλίζει και τη μεγαλύτερη διάρκεια ζωής των συσσωρευτών καθώς και την καλύτερη απόδοση τους από φόρτιση σε φόρτιση.

Τέλος, όσον αφορά το ρεύμα που διαρρέει τη μηχανή: Μία μηχανή που απορροφά από τους συσσωρευτές ρεύμα πολλών Αμπερ, θα πρέπει να συνδυαστεί με συσσωρευτές μεγάλου αριθμού αμπερωρίων, τους οποίους επιπρόσθετα θα υποβάλλει σε συχνές εκφορτίσεις.

Συμπερασματικά, αν και δεν είναι δυνατό να υπάρξει συγκεκριμένος κανόνας, θα πρέπει να δοθεί προσοχή και να ληφθούν σοβαρά υπ' όψη τόσο η τάση όσο και το ρεύμα λειτουργίας του προς επιλογή κινητήρα.

β) Οι στροφές λειτουργίας της μηχανής και ο αριθμός στροφών στην ονομαστική κατάσταση. Σε περίπτωση που η μηχανή συζευχθεί στους τροχούς μέσω ενός διαφορικού χωρίς μειωτήρα, πρέπει να προσεχθεί ώστε να υπάρχει η δυνατότητα σύνδεσης της συγκεκριμένης μηχανής μέσω του συγκεκριμένου διαφορικού. Το πρόβλημα δεν υφίσταται όταν χρησιμοποιηθεί και κάποιο κιβώτιο ταχυτήτων, το οποίο θα δίνει στη ή τη δυνατότητα να μεταδίδει την ισχύ της στους κινητήριους

γ) Η ψύξη της μηχανής. Σ' ένα ηλεκτρικό αυτοκίνητο ο ηλεκτροκινητήρας λειτουργεί κάτω από συνεχώς μεταβαλλόμενες συνθήκες. Συνθήκες που δεν υπαγορεύει μόνο η κυκλοφοριακή κατάσταση, αναγκάζοντας τον κινητήρα να λειτουργεί σε μη ενδεικνυόμενη περιοχή στροφών, αλλά και η τάση που παρέχουν οι συσσωρευτές και που συνεχώς μειώνεται λόγω της εκφόρτισής τους. Σαν αποτέλεσμα οι ηλεκτροκινητήρες είναι πολύ ευκολο να υπερθερμανθούν. Γι' αυτό θα πρέπει να υπάρχει ειδική μέριμνα για την ψύξη τους, που συνήθως γίνεται με ροή ρεύματος αέρα στον χώρο που βρίσκεται η μηχανή.

δ) Το βάρος της μηχανής. Σίγουρα παίζει κάποιο ρόλο, από τη στιγμή που στα ηλεκτρικά αυτοκίνητα δίνεται ειδική μέριμνα στη διατήρηση του βάρους "σε χαμηλά επίπεδα. Σε αρκετές περιπτώσεις πιο χρήσιμος είναι ο λόγος αποδιδόμενης ισχύος/βάρος, αφού αποδίδει καλύτερα την εικόνα του προς χρήση ηλεκτροκινητήρα. Σήμερα υπάρχουν κινητήρες χωρίς ψήκτες με λόγο ισχύος προς βάρος μεγαλύτερο των 2 ίππων/λίμπρα.

ε) Τα διάφορα παρελκόμενα και εξαρτήματα της μηχανής. Σε περιπτώσεις που δεν υπάρχει η δυνατότητα για σχεδιασμό διαφόρων εξαρτημάτων, θα πρέπει να προσεχθεί ώστε η μηχανή να μπορεί να τοποθετηθεί στο κατασκευαζόμενο αυτοκίνητο με τις λιγότερες δυνατές μετατροπές.

στ) Η έδραση της μηχανής. Ιδιαίτερη προσοχή θα πρέπει να δοθεί-στη στερεά έδραση της μηχανής στο σασί του αυτοκινήτου, αφού οι δυνάμεις που αναπτύσσονται είναι μεγάλες και μπορούν να προκαλέσουν βλάβη σε μία μηχανή της οποίας η έδραση δεν είναι σωστή.

ξ) Το κόστος της μηχανής.

Όλα τα παραπάνω μεγέθη επηρεάζουν, άλλο λιγότερο άλλο περισσότερο, στην επιλογή του κατάλληλου ηλεκτροκινητήρα για ένα ηλεκτρικό αυτοκίνητο.

1.2. ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΗΣ ΙΣΧΥΟΣ ΤΟΥ ΚΙΝΗΤΗΡΑ

Έχει επικρατήσει η άποψη, κυρίως για λόγους εμπορικής πολιτικής των εταιριών, ότι η μεγάλη ισχύς (ιπποδύναμη) είναι απαραίτητη ώστε το αυτοκίνητο να αναπτύσσει ικανοποιητικές ταχύτητες (στην περίπτωση του ηλεκτρικού αυτοκινήτου, όπως παρουσιάζεται σήμερα, οι ταχύτητες αυτές είναι της τάξης των 90-120Km/h). Συνηθισμένος ο μέσος οδηγός σε ιπποδυνάμεις της τάξης των 50-80 ή και περισσότερων ίππων, δύσκολα πιστεύει ότι μία ηλεκτρική μηχανή των 10 ή 15 ίππων μπορεί να κινήσει ικανοποιητικά ένα ηλεκτρικό αυτοκίνητο.

Οι κινητήρες μεγάλης ισχύος, με τους οποίους εφοδιάζουν τα εργοστάσια τα σύγχρονα αυτοκίνητα, είναι υπεύθυνοι για τις μεγάλες επιταχύνσεις που διακρίνουν τα οχήματα αυτά και λιγότερο αναγκαίες για τη διατήρηση μίας συγκεκριμένης ταχύτητας των οχημάτων αυτών, κατά την κίνηση τους.

Με την παραπάνω διαδικασία, δίνεται σίγουρα απάντηση στην απορία πολλών, πως ένα όχημα που χρειάζεται 30. 40 ή και 50 δευτερόλεπτα για τα 0-40km/h είναι σε θέση ν' αναπτύξει τελική ταχύτητα που ξεπερνά τα 100km/h.

Τα σημερινά ηλεκτρικά αυτοκίνητα χαρακτηρίζονται από κινητήρες μικρότερης ισχύος σχετικά με τα βενζινοκίνητα, γι' αυτό και οι επιδόσεις τους (κυρίως η επιτάχυνση) είναι μικρότερες. Τουλάχιστον για τη σημερινή όμως εποχή, την χρήση των συγκεκριμένων κινητήρων (της τάξης των 15-20 ίππων) επιβάλλει η δυνατότητα αποθήκευσης ενέργειας στους συσσωρευτές, που δε βρίσκεται ακόμα σε ικανοποιητικά επίπεδα.

Για τον υπολογισμό της αναγκαίας ισχύος (ιπποδύναμης) για να επιτύχει και να διατηρήσει ένα ηλεκτρικό αυτοκίνητο μία ορισμένη ταχύτητα, ισχύουν δύο τύποι. Συγκεκριμένα :

$$\alpha) \text{HP}=(T \cdot V \cdot R) / (315.120 \cdot E)$$

όπου :

hp motor η υπολογιζόμενη ισχύς της μηχανής σε ίππους,

T η ροπή που μεταδίδεται από τη μηχανή στους τροχούς του αυτοκινήτου

V η επιθυμητή ταχύτητα του αυτοκινήτου ,

R ο αριθμός των περιστροφών που κάνει ο κάθε τροχός του αυτοκινήτου σε απόσταση ενός μιλίου και εξαρτάται από τον τύπο του ελαστικού (καθαρός αριθμός),

E ο βαθμός απόδοσης όλου του κινητήριου συστήματος του αυτοκινήτου (κινητήρας, κιβώτιο ταχυτήτων, διαφορικό κλπ., καθαρός αριθμός), 315.120 κάποιος συντελεστής (καθαρός αριθμός).

Σύμφωνα με τα παραπάνω, ένα αυτοκίνητο βάρους περίπου 2500kg., που χρησιμοποιεί ελαστικά 1455K13 τα οποία για να καλύψουν απόσταση ενός μιλίου περιστρέφονται 936 φορές και τέλος έχει βαθμό απόδοσης του κινητήριου συστήματος του 0,91, ένα τυπικό δηλαδή επιβατηγό αυτοκίνητο, για να διατηρήσει σταθερή ταχύτητα 40mi/h χρειάζεται μία ισχύ 9,99 ίππων.

Κατά τον υπολογισμό και την επιλογή του κατάλληλου ηλεκτροκινητήρα για ένα ηλεκτρικό αυτοκίνητο, εντοπίζονται κατά τον παραπάνω τρόπο οι ανάγκες σε ισχύ για την κάλυψη κάποιων αναγκών. Οι υπολογισμοί γίνονται πολυπλοκότεροι όταν συνυπολογιστούν και απαιτήσει: ως προς την επιτάχυνση του οχήματος. Πάντως, κοινή πρακτική είναι το να μην επικεντρώνεται το ενδιαφέρον των μηχανικών στις τιμές της επιτάχυνσης, τουλάχιστον τη σημερινή εποχή, που το ηλεκτρικό αυτοκίνητο θεωρείται περισσότερο αυτοκίνητο πόλης και λιγότερο αυτοκίνητο σε αυτοκινητόδρομο.

$$\beta) P = [(C1 \cdot W \cdot V) + (c2 \cdot W \cdot V^2) / 375] + [(C3 \cdot V^3) / 146.625]$$

οπύ:

P η υπολογιζόμενη ισχύς της μηχανής (σε ίππους).

C1 σταθερά, που έχει να κάνει με το συντελεστή τριβής κύλισης των ελαστικών και τις παραμορφώσεις του σασί του αυτοκινήτου.

Παίρνει τιμές από 0,006 έως 0,020.

C2 σταθερά, που έχει να κάνει με τις απώλειες των ελαστικών σε μορφή θερμότητας, λόγω παραμορφώσεων. Παίρνει τιμές από 0,025 έως 0,055.

C3 σταθερά που εκφράζει τον συντελεστή αεροδυναμικής αντίστασης του οχήματος.

V ανώτατη ταχύτητα του οχήματος (σε mil/h).

W βάρος του οχήματος (σε lb)

Ο παραπάνω τύπος ισχύει για κίνηση του οχήματος σε επίπεδο δρόμο.

1.3. ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΤΥΠΩΝ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΩΝ ΓΙΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΑ

A. ΜΗΧΑΝΕΣ ΣΥΝΕΧΟΥΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΜΗΧΑΝΗ ΣΥΝΕΧΟΥΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΜΕ ΔΙΕΓΕΡΣΗ ΣΕ ΣΕΙΡΑ

Η μηχανή αυτή χρησιμοποιεί ηλεκτρομαγνητικά πηνία για την παραγωγή του απαραίτητου ηλεκτρικού πεδίου. Τα πηνία αυτά είναι συνδεδεμένα σε σειρά με το τύμπανο, οπότε το ίδιο ρεύμα διαρρέει τόσο τα πηνία όσο και το τύμπανο.

Μερικά χαρακτηριστικά των μηχανών αυτής της κατηγορίας είναι τα παρακάτω:

α) Για οποιαδήποτε αύξηση του ρεύματος προκύπτει αντίστοιχη μεγάλη αύξηση της αποδιδόμενης ροπής (για περιοχές λειτουργίας εκτός Κορεσμού). Η σχέση ρεύματος-ροπής ακολουθεί τον κανόνα του τετραγώνου (όχι απόλυτα, λόγω ύπαρξης απωλειών.

β) Το ρεύμα εκκίνησης της μηχανής είναι συνήθως περίπου διπλάσιο από το ρεύμα λειτουργίας, δεδομένου του ίδιου φορτίου. Αυτό σημαίνει ότι κατά την εκκίνηση η μηχανή αποδίδει ροπή περίπου τέσσερις φορές μεγαλύτερη αυτής κατά την κατάσταση λειτουργίας. Έχουμε έτσι την ύπαρξη ενός πολύ επιθυμητού φαινομένου, αφού η μεγάλη τιμή ροπής κατά την εκκίνηση δίνει στη μηχανή τη δυνατότητα να φτάσει την ταχύτητα λειτουργίας σε πολύ μικρά χρονικά διαστήματα.

γ) Λόγω της υψηλής τιμής του ρεύματος εκκίνησης, η μηχανή πρέπει να προστατεύεται από ασφάλειες τουλάχιστον διπλάσιας τιμής από αυτή του ρεύματος που διαρρέει τη μηχανή υπό ονομαστικό φορτίο.

δ) Καθώς αυξάνεται το φορτίο, έχουμε αύξηση του ρεύματος αλλά και μείωση των στροφών. Αυτό το φαινόμενο κάνει την χρήση της μηχανής αυτής σχετικά ασύμφορη σε μία εφαρμογή μεταβλητού φορτίου.

ε) Λόγω απουσίας της αντιηλεκτρεγερτικής δύναμης κατά την εκκίνηση, είναι απαραίτητη η ύπαρξη ενός ορίου για το ρεύμα που διαρρέει το τύμπανο, ώστε να αποφευχθεί πιθανή βλάβη.

στ) Ο αριθμός των στροφών που αναπτύσσει η συγκεκριμένη μηχανή, εξαρτάται άμεσα από το εξασκόμενο μηχανικό φορτίο. Αν αυξηθούν σε μεγάλο βαθμό οι στροφές της μηχανής εν κενώ, υπάρχει μεγάλος κίνδυνος καταστροφής της. Γενικά ισχύει ο κανόνας: Όσο μεγαλύτερο το εξασκόμενο μηχανικό φορτίο, τόσο λιγότερες οι στροφές που αναπτύσσει η μηχανή και αντίστροφα. Σε δεδομένη εφαρμογή, πάτημα του πεντάλ του γκαζιού σε ένα ηλεκτρικό αυτοκίνητο τη στιγμή που το κιβώτιο ταχυτήτων είναι στο "νεκρό σημείο" (μηχανή εν κενώ), είναι δυνατό να καταστρέψει τη μηχανή.

ζ) Οι στροφές της μηχανής είναι δυνατόν να ελέγχονται, ελέγχοντας το ρεύμα που διαρρέει το πεδίο και το τύμπανο.

η) Η φορά περιστροφής του άξονα της μηχανής είναι δυνατό να αντιστραφεί με αντίθετη σύνδεση του πηνίου διέγερσης ως προς το πηνίο του τύμπανου. Κάτι τέτοιο, δεν προκύπτει με απλή αντιστροφή της των πόλων των συσσωρευτών στη μηχανή.

θ) Σε συγκεκριμένες εφαρμογές, μία μηχανή συνεχούς με διέγερση σε σειρά, θα μπορούσε να σχεδιαστεί ώστε να περιστρέφεται ο άξονας της και προς τις δύο κατευθύνσεις. Κάτι τέτοιο θα είχε επιπτώσεις όμως στο βαθμό απόδοσης της.

Οι μηχανές συνεχούς με διέγερση σε σειρά χρησιμοποιούνται ευρύτατα σε μικρά ηλεκτρικά φορτηγά, αυτοκίνητα για γήπεδα του γκολφ, ηλεκτρικά αυτοκίνητα μεγάλου βάρους, γεραμούς και γενικά ηλεκτροκίνητα οχήματα όπου είναι απαραίτητη η μεγάλη ροπή εκκίνησης.

ΜΗΧΑΝΗ ΣΥΝΕΧΟΥΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΜΕ ΔΙΕΓΕΡΣΗ ΕΝ ΠΑΡΑΛΛΗΛΩ

Τα ηλεκτρομαγνητικά πηνία που χρησιμοποιεί η μηχανή συνεχούς ρεύματος με διέγερση εν παραλλήλω, είναι συνδεδεμένα παράλληλα με τα τυλίγματα του τύμπανου. Σαν αποτέλεσμα, πηνία και τύμπανο απορροφούν ρεύμα από τους συσσωρευτές ανεξάρτητα μεταξύ τους

Μερικά χαρακτηριστικά των μηχανών αυτού του τύπου είναι τα παρακάτω:

α) Το ρεύμα που είναι υπεύθυνο για την παραγωγή του πεδίου είναι σχεδιασμένο έτσι ώστε να μην υπερβαίνει το 5% του ρεύματος που διαρρέει το τύμπανο κατά την ονομαστική λειτουργία.

β) Λόγω της κατασκευής των παράλληλης συνδεσμολογίας πηνίων (πολλές σπείρες από λεπτό σύρμα), το ρεύμα που τα διαρρέει προερχόμενο από μία πηγή σταθερής τάσης (οι συσσωρευτές κατά παραδοχή λογίζονται πηγή σταθερής τάσης) είναι σταθερό. Σαν αποτέλεσμα η τιμή του πεδίου είναι ανεξάρτητη του φορτίου.

γ) Δεδομένου ότι η ροπή της μηχανής είναι ανάλογη του ρεύματος u διαρρέει το τύμπανο και της έντασης του πεδίου, είναι προφανές ότι το πεδίο διατηρείται σταθερό, η ροπή που αποδίδει η μηχανή είναι άλογη του ρεύματος που διαρρέει το τύμπανο

δ) Η μηχανή αυτή είναι ευρύτατα διαδεδομένη στη βιομηχανία γιατί ανεξάρτητα των αυξομειώσεων του φορτίου, διατηρεί σταθερές τις στροφές της. Γι' αυτό και συχνά αναφέρεται ως "μηχανή σταθερών στροφών".

ε) Δεν παρουσιάζει το φαινόμενο της υψηλής ροπής εκκίνησης όπως η μηχανή συνεχούς με διέγερση σε σειρά γι' αυτό και είναι πιο δύσκολο για τη μηχανή αυτή να ξεκινήσει υπό φορτίο.

στ) Όταν η μηχανή αυτή λειτουργεί εν κενώ, λειτουργεί με το 10% περίπου των στροφών που λειτουργεί υπό φορτίο. Αυτό κάνει δυνατή την αποσύμπλεξη του φορτίου (μηχανικού) κατά τη λειτουργία της μηχανής χωρίς δυσάρεστες συνέπειες.

ζ) Όπως και στη μηχανή συνεχούς με διέγερση σε σειρά, το ρεύμα που διαρρέει το τύμπανο δεν θα πρέπει να υπερβαίνει κάποια τιμή. Δε συμβαίνει το ίδιο για το ρεύμα που διαρρέει τα πηνία και είναι υπεύθυνο για την παραγωγή του πεδίου.

η) Η μηχανή μπορεί να λειτουργήσει μέχρι και 25% πάνω από την ονομαστική τιμή των στροφών. Αυτό μπορεί να είναι πολύ χρήσιμο όταν είναι αναγκαία η αύξηση του αριθμού των στροφών, κατά συνέπεια και της ταχύτητας του ηλεκτρικού αυτοκινήτου, κατά την προσπέραση για παράδειγμα. Μπορεί δε να γίνει αυτό μειώνοντας το ρεύμα που διαρρέει τα πηνία ή το τύμπανο της μηχανής, όταν αυτή φτάσει τον ονομαστικό αριθμό στροφών.

Οι μηχανές συνεχούς με διέγερση εν παραλλήλω είναι πολύ δημοφιλείς σε ηλεκτρικά οχήματα, ιδιαίτερα αυτά που έχουν μικρό βάρος και μικρή μεταφορική ικανότητα.

ΜΗΧΑΝΗ ΣΥΝΕΧΟΥΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΜΙΚΤΗΣ ΔΙΕΓΕΡΣΗΣ (COMPOUND MOTOR)

Το όνομα της προέρχεται από την ταυτόχρονη ύπαρξη και των δυο ειδών διέγερσης, τόσο σε σειρά όσο και εν παραλλήλω (Σχ. Β-6). Σαν αποτέλεσμα συγκεντρώνει όλα τα πλεονεκτήματα των μηχανών που εξετάστηκαν παραπάνω χωρίς να παρουσιάζει τα προβλήματα που παρουσιάζουν η καθεμία τους ξεχωριστά.

Μερικά χαρακτηριστικά των μηχανών αυτού του τύπου είναι τα παρακάτω:

α) Είναι δυνατή η επιλογή των τυλιγμάτων έτσι ώστε η μηχανή μικτής διέγερσης να προσεγγίζει όσο το δυνατόν περισσότερο τα πλεονεκτήματα των μηχανών συνεχούς ρεύματος με διέγερση σε σειρά και των μηχανών συνεχούς ρεύματος με διέγερση εν παραλλήλω. Με κατάλληλη συνδεσμολογία δε, είναι δυνατό η μηχανή μικτής διέγερσης να ξεκινά σαν μηχανή συνεχούς διεγέρσεως σε σειρά και στη συνέχεια να συμπεριφέρεται σαν μηχανή συνεχούς διεγέρσεως εν παραλλήλω (ιδανική περίπτωση), βραχυκυκλώνοντας μετά την εκκίνηση το πηνίο που είναι υπεύθυνο για τη διέγερση σε σειρά, ώστε η μηχανή να λειτουργεί με διέγερση εν παραλλήλω.

β) Όταν η μηχανή λειτουργεί εν κενώ, διατηρεί έναν ορισμένο αριθμό στροφών, όπως η μηχανή συνεχούς διεγέρσεως εν παραλλήλω, όμως οι στροφές μειώνονται με μεγαλύτερο ρυθμό για μία δεδομένη αύξηση του ρεύματος.

γ) Για μία ζητούμενη αύξηση στη ροπή, απαιτείται λιγότερο ρεύμα απ' ό τι στη μηχανή παράλληλης διέγερσης αλλά σε καμία περίπτωση δεν προσεγγίζεται ο κανόνας του τετραγώνου που διέπει (όχι απόλυτα) τη σχέση ρεύματος-ροπής της μηχανής διεγέρσεως σειράς.

δ) Με την κατάλληλη μείωση του ρεύματος του πεδίου ή του τύμπανου, οι στροφές της μηχανής είναι δυνατόν να αυξηθούν μέχρι ποσοστό 20%.

Συνηθέστερες εφαρμογές των μηχανών μικτής διέγερσης είναι οι ανελκυστήρες και διάφορες βαρέος τύπου εφαρμογές.

ΜΗΧΑΝΗ ΣΥΝΕΧΟΥΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΧΩΡΙΣ ΨΗΚΤΡΕΣ (BRUSHLESS)

Το βασικότερο ίσως μειονέκτημα των μηχανών συνεχούς ρεύματος, έχει να χάνει με τη συντήρηση τους και ειδικότερα με την αντικατάσταση των ψηκτρών λόγω της φθοράς τους από την χρήση. Οι μηχανές συνεχούς ρεύματος χωρίς ψηκτρες που παρουσιάστηκαν την τελευταία δεκαετία, ξεπερνούν αυτό το βασικό μειονέκτημα, συνδυάζοντας όλα τ' άλλα πλεονεκτήματα των μηχανών συνεχούς ρεύματος. Η απουσία δε ψηκτρών, δεν επηρεάζει θετικά μόνο τον παράγοντα συντήρηση αλλά τους επιτρέπει να επιτυγχάνουν καλύτερο βαθμό απόδοσης (λιγότερες τριβές, μηχανικά μέρη που δεν φθείρονται με την πάροδο του χρόνου) αλλά και εντυπωσιακά μεγάλο λόγο ισχύος/βάρους. Και αυτό συμβαίνει διότι λόγω απουσίας τριβών η μηχανή μπορεί να στρέφεται με μεγαλύτερο αριθμό στροφών, άρα τον αριθμό στροφών που μας προσφέρει μία μηχανή με ψηκτρες, μπορούμε να τον έχουμε από μία μηχανή χωρίς ψηκτρες, μικρότερου μεγέθους (ισχύος).

Η αρχή λειτουργίας των μηχανών συνεχούς ρεύματος χωρίς ψηκτρες είναι η εξής : Αντί για το συνηθισμένο τύμπανο με το γνωστό τύλιγμα, μικροί ηλεκτρομαγνήτες είναι τοποθετημένοι στο ρότορα της μηχανής. Επίσης ο στάτης είναι κατασκευασμένος από μαγνητικό υλικό ή υλικό με διάσπαρτους μικρούς μόνιμους μαγνήτες (σε ορισμένες των περιπτώσεων, &ναι δυνατό ο στάτης να έχει τύλιγμα παρόμοιο με το κοινό τύλιγμα των Μηχανών συνεχούς ρεύματος). Ηλεκτρικοί παλμοί από μία εξωτερική συσκευή ελέγχου οδηγούνται σε μία σειρά από τερματικά σημεία που περιβάλλουν το ρότορα και είναι τοποθετημένα στο στάτη. Αυτή η οδήγηση γίνεται με μία ακολουθιακή μορφή τέτοια, ώστε να προκαλείται περιστροφή του ρότορα. Ουσιαστικά δηλαδή οι ηλεκτρικοί παλμοί δημιουργούν ένα στρεφόμενο μαγνητικό πεδίο μέσα στο οποίο περιστρέφεται ο ρότορας.

Οι μηχανές συνεχούς ρεύματος χωρίς ψηκτρες έχουν παρουσιάσει σημαντική εξέλιξη τα τελευταία χρόνια, επιτυγχάνοντας βαθμό απόδοσης μεγαλύτερο του 95% και λόγο ισχύος/βάρους > 2HP/lb.

Β. ΜΗΧΑΝΕΣ ΕΝΑΛΛΑΣΣΟΜΕΝΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

ΓΕΝΙΚΟΤΗΤΕΣ

Οι μηχανές εναλλασσόμενου ρεύματος είναι οι πιο διαδεδομένες τη σημερινή εποχή. Κατασκευάζονται σε πολλά μεγέθη και διαφορετικές ισχείς και αποτελούν την πλειοψηφία τόσο στις οικιακές συσκευές όσο και στις βιομηχανικές εφαρμογές.

Από κατασκευής έχουν το πλεονέκτημα ως προς τις μηχανές συνεχούς ρεύματος ότι δεν έχουν ψήκτρες ή συλλέκτες. Έτσι αφ' ενός απαιτούν λιγότερη συντήρηση αφ' ετέρου λόγω έλλειψης τριβών (επαφή ψηκτρών-συλλέκτη) είναι σε θέση να επιτύχουν καλύτερο βαθμό απόδοσης. Ως προς την χρήση τους σε ηλεκτρικά οχήματα, απαιτείται ένας καλά σχεδιασμένος μετατροπέας με υψηλό βαθμό απόδοσης ο οποίος θα μετατρέπει το συνεχές ρεύμα των συσσωρευτών σε εναλλασσόμενο. Μερικές τυπικές τιμές βαθμού απόδοσης είναι για το μεν σύστημα συνεχούς ρεύματος (μηχανή-μετατροπέας) 75-80%, ενώ για το σύστημα εναλλασσόμενου ρεύματος (μηχανή-αντιστροφέας) 80-90%.

ΕΠΑΓΩΓΙΚΟΙ ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΗΣ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ

Συνήθως οι μηχανές εναλλασσόμενου ρεύματος λειτουργούν σε σχεδόν σταθερό αριθμό στροφών, πράγμα που δεν τις κάνει κατάλληλες για κίνηση ηλεκτρικών οχημάτων. Τα τελευταία χρόνια η έρευνα έχει οδηγήσει σε κατασκευή των κατάλληλων ηλεκτρονικών μετατροπέων έτσι ώστε οι κινητήρες να μπορούν να λειτουργούν σε ένα ευρύ φάσμα στροφών. Οι εξελίξεις των θυρίστορ και των τρανζίστορ έχει κάνει τον έλεγχο των κινητήρων αυτών πολύ αποτελεσματικό. Έτσι είναι δυνατή η εκμετάλλευση ενός βασικού πλεονεκτήματος των επαγωγικών κινητήρων, που είναι η δυνατότητα λειτουργίας για ορισμένα χρονικά διαστήματα και με φορτίο πολύ μεγαλύτερο του ονομαστικού. Σαν αποτέλεσμα οι κινητήρες αυτοί είναι σε θέση να μεταδώσουν την κίνηση στους τροχούς χωρίς την ανάγκη ύπαρξης διαφορικού.

ΓΡΑΜΜΙΚΟΙ ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ

Χαρακτηριστικό της αρχής λειτουργίας των γραμμικών κινητήρων είναι ότι ο ρότορας και ο στάτης βρίσκονται σε μία ευθεία γραμμή. Ο κινητήρας παράγει μία γραμμική ωστική και όχι περιστροφική κίνηση. Αν δε το όχημα είναι σε θέση να διατηρήσει σταθερή την απόσταση του από το έδαφος με τη βοήθεια κάποιας μαγνητικής ή μηχανικής δύναμης, δεν είναι αναγκαία η ύπαρξη των τροχών, αφού στην περίπτωση μας δεν έχουμε περιστροφική κίνηση που να πρέπει να μετατραπεί σε γραμμική. Αυτό σημαίνει ότι μειώνονται σημαντικά οι τριβές (επαφή τροχού-δρόμου, με όλα τα παρελκόμενα αυτής) καθώς και ο θόρυβος.

Κλείνοντας την ενότητα παρουσίασης των διαφόρων μηχανών, απλά να αναφερθεί ότι σε διάφορες πειραματικές εφαρμογές, έχουν χρησιμοποιηθεί και μαγνητικοί κινητήρες, μαγνητικοί Wankel κινητήρες καθώς και κινητήρες δίσκου. Ιδίως δε οι κινητήρες δίσκου, πιστεύεται ότι έχουν να δώσουν λύσεις σε πολλά προβλήματα σχετικά με τους κινητήρες ηλεκτρικών αυτοκινήτων. Περισσότερα στοιχεία γύρω από τη συμπεριφορά και απόδοση τους, δεν κατέστη δυνατό να συγκεντρωθούν στην παρούσα εργασία.

14. ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΗΧΑΝΩΝ ΣΥΝΕΧΟΥΣ - ΕΝΑΛΛΑΣΣΟΜΕΝΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΠΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΑ

Σήμερα, περισσότερο από ποτέ, είναι έντονο το δίλημμα των ερευνητών και επιστημόνων : "μηχανές συνεχούς ή εναλλασσομένου ρεύματος στα ηλεκτρικά αυτοκίνητα;" Θέμα εμπειρίας δεν τίθεται καθώς οι δύο τύποι μηχανών μοιράζονται στην κυριολεξία την αγορά.

Αυτοί που προτιμούν κινητήρες εναλλασσομένου ρεύματος υποστηρίζουν ότι είναι πιο εύκολο να συνδυαστεί ο κινητήρας αυτός με τα άλλα τμήματα του κινητηρίου συστήματος, όπως το σύστημα μετάδοσης και ο άξονας και ν' αποτελέσουν κατ' αυτόν τον τρόπο ένα ενιαίο σύνολο. Ο κινητήρας εναλλασσομένου ρεύματος χρειάζεται εξάλλου λιγότερη συντήρηση αφού δεν έχει ψήκτρες, που φθείρονται, όπως έχει ο κινητήρας συνεχούς. Ο τελευταίος, χρειάζεται επίσης πιο έντονη ψύξη, συνήθως με ρεύμα αέρα, που εύκολα μπορεί να γεμίσει τον κινητήρα με αιωρούμενα σωματίδια και σκόνη και να μειώσει έτσι το βαθμό απόδοσης του. Απ' την άλλη, οι κινητήρες συνεχούς μπορούν και αποδίδουν το μεγαλύτερο μέρος της διαθέσιμης ροπής τους από μηδενικές κιόλας στροφές.

Ως προς τις διατάξεις ελέγχου που χρησιμοποιούν οι δύο τύποι κινητήρων: Η διάταξη ελέγχου του κινητήρα εναλλασσομένου ρεύματος είναι πιο πολύπλοκη, λόγω του ότι το ρεύμα στην περίπτωση αυτή είναι εναλλασσόμενο τριφασικό. Η ταχύτητα ελέγχεται συνήθως με διαμόρφωση συχνότητας. Στον κινητήρα συνεχούς ρεύματος η διάταξη ελέγχου λειτουργεί με την αρχή του ψαλιδισμού. Βέβαια, παρ' όλη την πολυπλοκότητα της, η διάταξη ελέγχου του κινητήρα εναλλασσομένου ρεύματος δεν είναι ιδιαίτερα ακριβότερη, ενώ έχει και καλύτερο βαθμό απόδοσης.

Οι ερευνητές δεν έχουν καταλήξει ακόμα ποιος τύπος ηλεκτροκινητήρα, συνεχούς ή εναλλασσομένου ρεύματος, είναι καταλληλότερος για χρήση σε ηλεκτρικά αυτοκίνητα. Πιστεύεται ότι η ευρεία διάδοση και χρήση των αυτοκινήτων αυτών και η έρευνα που θα διεξαχθεί την προσεχή δεκαετία, θα δώσει απαντήσεις σε ερωτήματα όπως το παραπάνω.

II. ΣΥΣΤΗΜΑ ΣΥΜΠΛΕΞΗΣ-ΚΙΒΩΤΙΟ ΤΑΧΥΤΗΤΩΝ-ΔΙΑΦΟΡΙΚΟ

Τα αυτοκίνητα που χρησιμοποιούν μηχανή εσωτερικής καύσεως χρειάζονται απαραίτητα ένα κιβώτιο ταχυτήτων (χειροκίνητο ή αυτόματο) ώστε η μηχανή να λειτουργεί για όσο το δυνατό μεγαλύτερο χρονικά διάστημα στην περιοχή στροφών που αποδίδει τη μέγιστη ροπή της και να παράγει ροπή τέτοια ώστε να υπερνικά τις δυνάμεις που αντιτίθενται στην κίνηση του αυτοκινήτου. Τον ίδιο ρόλο ακριβώς έχει το κιβώτιο ταχυτήτων και στην περίπτωση που το αυτοκίνητο χρησιμοποιεί ηλεκτροκίνητηρα. Χρησιμεύει ώστε η μηχανή σε κάθε περίπτωση να λειτουργεί όσο το δυνατόν πιο κοντά στην περιοχή στροφών της ονομαστικής της λειτουργίας. Βέβαια υπάρχουν ορισμένες διαφορές που προέρχονται κυρίως απ' τη διαφορετική φύση των δύο τύπων κίνησης. Χαρακτηριστικά, θα πρέπει ν' αναφερθούν τα παρακάτω: Ενώ ένα βενζινοκίνητο αυτοκίνητο πολύ δύσκολα μπορεί να ξεκινήσει από στάση με 4η ή 5η ταχύτητα στο κιβώτιο, δε συμβαίνει το ίδιο για ένα ηλεκτροκίνητο αυτοκίνητο, ιδίως αν αυτό χρησιμοποιεί μηχανή συνεχούς ρεύματος με διέγερση σε σειρά, όπου ένα πολύ μεγάλο μέρος της διαθέσιμης ροπής της αποδίδεται από μηδέν σχεδόν στροφές. Αξίζει ν' αναφερθεί ότι μία Μηχανή συνεχούς μπορεί ν' αποδώσει την ονομαστική ισχύ της σε μία περιοχή στροφών μέχρι και κάτω από το 50% των ονομαστικών. Για τη μηχανή συνεχούς ρεύματος παράλληλης διέγερσης, το ποσοστό αυτό πέφτει στο 25%. Ειδικότερα στην περίπτωση του ηλεκτρικού αυτοκινήτου πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στη σωστή κλιμάκωση των ταχυτήτων ώστε να γίνεται η καλύτερη δυνατή εκμετάλλευση της ενέργειας που παρέχουν οι συσσωρευτές. Πιστεύεται ότι λύσεις στον τομέα αυτό μπορούν να δώσουν κιβώτια συνεχώς μεταβαλλόμενης σχέσης μετάδοσης που είναι δηλαδή θέση να μεταβάλλουν συνεχώς το λόγο μετάδοσης ανάλογα με τις εκάστοτε απαιτήσεις. Πρέπει να διευκρινιστεί ότι αυτό το κιβώτιο είναι τελείως διαφορετικό και δεν πρέπει να συγχέεται με το κιβώτιο μίας και μόνης σχέσης μετάδοσης.

Και στα ηλεκτρικά αυτοκίνητα είναι αναγκαία η ύπαρξη ενός διαφορικού που θα επιτρέπει τη σωστή μετάδοση της ισχύος στους κινητήριους τροχούς. Μία πιο σύγχρονη εξέλιξη, που καθιστά την χρήση του διαφορικού μη αναγκαία, είναι η χρήση δύο ηλεκτροκίνητων, συνδεδεμένοι σε κάθε έναν από τους μπροστινούς ή τους πίσω τροχούς, οι οποίοι κινητήρες ελέγχονται ηλεκτρονικά μεταξύ τους ώστε κατά περίπτωση να μην-παρέχουν την ίδια ισχύ στους τροχούς, επιτρέποντας έτσι την απουσία του διαφορικού.

Γ. ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΙΣΧΥΣ

Ι. ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ ΕΛΕΓΧΟΥ ΤΟΥ ΚΙΝΗΤΗΡΑ

Ι1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στην προσπάθεια ελέγχου της ταχύτητας των πρώτων ηλεκτρικών οχημάτων, η ρύθμιση του αριθμού των στροφών του κινητήρα επιτυγχάνεται με αυξομείωση του ρεύματος που τον διέρρει. Αυτό γινόταν με τη σύνδεση σε σειρά με τον κινητήρα, ενός αριθμού αντιστάσεων. Αυτές οι αντιστάσεις αποσυνδέονταν προοδευτικά από το κύκλωμα, έτσι ώστε στην ονομαστική ταχύτητα ο κινητήρας ήταν απευθείας συνδεδεμένος στους συσσωρευτές, χωρίς να μεσολαβούν αντιστάσεις. Ο τρόπος αυτός σύνδεσης και αποσύνδεσης των αντιστάσεων και οι αυξομειώσεις του ρεύματος και της τάσης, είχε σαν αποτέλεσμα μία απότομη και μη προοδευτική επιτάχυνση. Το σύστημα αυτό ήταν απλό μα και πρωτόγονο, είχε μεγάλες απώλειες ήταν όμως αξιόπιστο για την εποχή του.

Η εξέλιξη στην ηλεκτρονική, οδήγησε στην παρουσίαση νέων διατάξεων ελέγχου. Η εφεύρεση του θυρίστορ (ή SCR : silicon control rectifier), έκανε δυνατό τον προοδευτικότερο και λιγότερο απότομο έλεγχο του κινητήρα. Η αρχή λειτουργίας του συστήματος αυτού είναι η εκκίνηση και το σταμάτημα του κινητήρα με μεγάλη συχνότητα. Στην περίπτωση αυτή, η εφαρμοζόμενη στον κινητήρα ισχύς είναι ανάλογη του ρυθμού με τον οποίο γίνεται αυτή η εκκίνηση και το σταμάτημα του κινητήρα. Το σύστημα αυτό από την αρχή διακρινόταν από αξιοπιστία, παρουσιάζει μικρό αριθμό βραχυκυκλωμάτων ενώ σπανιότερα ο κινητήρας βρίσκεται ξαφνικά, λόγω βλάβης της διάταξης ελέγχου, να λειτουργεί στο μέγιστο των στροφών του, χωρίς αυτό να είναι επιθυμητό.

Σήμερα, το θυρίστορ είναι πια δοκιμασμένο και αξιόπιστο. Σε πλήρη ισχύ, είναι δυνατό να βραχυκυκλωθεί ή να παρακαμφθεί (μέσω διόδων διαφυγής) και κατά συνέπεια να προστατευθεί, οι θερμικές του απώλειες συνεχώς ελαττώνονται ενώ η απόδοση του συστήματος βελτιώνεται σημαντικά, καθώς ελαχιστοποιείται η πτώση τάσης στο θυρίστορ. Είναι σημαντικό να τονιστεί ό,τι όλα τα ημιαγωγίμια στοιχεία (θυρίστορ, διόδοι, τρανζίστορ) παρουσιάζουν πτώση τάσης 0,6-1,4V και κατά συνέπεια η απόδοση του συστήματος παρουσιάζει μείωση, ιδιαίτερα στα υψηλά ρεύματα και όταν η παρεχόμενη από τους συσσωρευτές τάση είναι μικρή.

Οι σύγχρονες διατάξεις ελέγχου με θυρίστορ είναι υψηλών προδιαγραφών και μπορούν να έχουν χαρακτηριστικά όπως η ωφέλιμη πέδηση (regenerative braking). Παραμένουν όμως πολύπλοκες διατάξεις, έχουν θερμικές απώλειες ενώ είναι και θορυβώδεις. Από τη στιγμή που ανάψουν τα θυρίστορ, σβήνουν δύσκολα και η από πρώτη άποψη απλότητα του διακοπτικού φαινομένου, οφειλόμενου σε ένα μεταβλητό λόγο πλάτους παλμών, μετατρέπεται σε πολυπλοκότητα, λαμβάνοντας υπ' όψη και την ανάγκη ύπαρξης ενός κυκλώματος μετάβασης (για να σβήνουν τα θυρίστορ) καθώς και τα κυκλώματα προστασίας της διάταξης από αντιηλεκτρεγερτικές δυνάμεις που αναπτύσσονται, μεγάλες τιμές ρεύματος, υπερθέρμανσης κλπ.

Θεωρητικά, πολλά από τα προβλήματα των θυρίστορ, ειδικά η δυσκολία της σβέσης, θα μπορούσαν να λυθούν με την χρήση των τρανζίστορ ισχύος (power transistor) τα οποία μπορούν να ανάβουν και να σβήνουν με απλό έλεγχο στη βάση τους. Επιπρόσθετα, τα τρανζίστορ ισχύος έχουν τη δυνατότητα μεγαλύτερων διακοπτικών συχνοτήτων. Η ταχύτητα με την οποία εκδηλώνεται το διακοπτικό φαινόμενο είναι ζωτικής σημασίας. Από τη στιγμή που το στοιχείο είναι σβηστό, μπορεί να δεχτεί πλήρη χάρση αλλά καθόλου ρεύμα και κατά συνέπεια καθόλου ισχύ. Όταν ανάψει, μπορεί να δεχτεί το μέγιστο ρεύμα αλλά ελάχιστο ποσοστό τάσης και συνεπώς ελάχιστη ισχύ. Όπως και να έχει, κατά τη διάρκεια λειτουργίας του, το τρανζίστορ ισχύος θα δεχτεί κάποια στιγμή το μισό της τάσης και το μισό του ρεύματος ταυτόχρονα. Αυτή είναι η περισσότερο επικίνδυνη στιγμή. Όσο πιο

γρήγορο είναι το διακοπτικό φαινόμενο, τόσο λιγότερο χρόνο βρίσκεται το στοιχείο σε μία κατάσταση μεγάλης απώλειας ισχύος.

Αυτή η ικανότητα διακοπτικού φαινομένου σε μεγαλύτερη συχνότητα, επιτρέπει και την χρήση των νέων, πολύς χαμηλής επαγωγιμότητας, κινητήρων δίσκου, οι οποίοι δεν μπορούν να συνδυαστούν με διατάξεις ελέγχου με θυρίστορ, γιατί η πολύ χαμηλή επαγωγιμότητα του κινητήρα δεν επιτρέπει αποτελεσματική μετάβαση των θυρίστορ. Τα τρανζίστορ ισχύος εξυπηρετούν και όσους ερευνητές και κατασκευαστές πειραματίζονται με επαγωγικούς κινητήρες εναλλασσόμενου ρεύματος, αφού επιτρέπουν με σχετικά απλό τρόπο τη μετατροπή του συνεχούς ρεύματος που παρέχουν οι συσσωρευτές σε εναλλασσόμενο μεταβλητής συχνότητας.

Το τρανζίστορ ισχύος παραμένει ακόμα ένα ακριβό στοιχείο και, όπως το θυρίστορ, απαιτεί κάποια συστήματα ψύξης και πολύπλοκα κυκλώματα προστασίας. Όμως η τιμή του έχει μειωθεί σημαντικά τα τελευταία χρόνια και δεν υπάρχει αμφιβολία ότι στο μέλλον οι διατάξεις ελέγχου με τρανζίστορ ισχύος θα υπερισχύσουν αυτών που χρησιμοποιούν θυρίστορ, στις περισσότερες εφαρμογές. Η εξέλιξη αυτή θα επιτρέψει την χρήση κινητήρων που θα διαφέρουν σε πολύ μεγάλο βαθμό από τους κινητήρες που χρησιμοποιούσαν στα πρώτα χρόνια του ηλεκτρικού αυτοκινήτου και θα υπάρχει η δυνατότητα επιλογής κινητήρα δίσκου, συνεχούς ρεύματος ή επαγωγικού εναλλασσόμενου ρεύματος που θα ελέγχονται από ηλεκτρονικές διατάξεις που θα χρησιμοποιούν τρανζίστορ ισχύος.

Μια άλλη διάταξη-συσσκευή που θα συντομεύσει την εμφάνιση μεγάλου αριθμού ηλεκτρικών αυτοκινήτων στους δρόμους, είναι ο μικροϋπολογιστής. Η χρήση του θα επιτρέψει το σχεδιασμό ενός συστήματος ελέγχου που θα παρέχει πάντα τις βέλτιστες τιμές ισχύος στο πεδίο και το τύμπανο, έτσι ώστε να επιτυγχάνεται η βέλτιστη απόδοση κάτω από οποιοσδήποτε συνθήκες, αριθμού στροφών και φορτίου. Αν οι προηγμένες διατάξεις ελέγχου του κινητήρα συνδυαστούν με κινητήρες υψηλού βαθμού απόδοσης και προηγμένα συστήματα συσσωρευτών, σύντομα τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα θα αποτελούν ένα μεγάλο κομμάτι των κυκλοφορούντων αυτοκινήτων.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται διατάξεις και μέθοδοι ελέγχου κινητήρων συνεχούς και εναλλασσόμενου ρεύματος.

12. ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ ΕΛΕΓΧΟΥ ΚΙΝΗΤΗΡΩΝ ΣΥΝΕΧΟΥΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

ΕΛΕΓΧΟΣ ΑΡΙΘΜΟΥ ΣΤΡΟΦΩΝ ΚΙΝΗΤΗΡΩΝ ΣΥΝΕΧΟΥΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

Οι μηχανές συνεχούς ρεύματος, γενικά έχουν καλή συμπεριφορά σε εφαρμογές όπου ο αριθμός στροφών λειτουργίας μεταβάλλεται συνεχώς. Στην πραγματικότητα, ο σχετικά εύκολος έλεγχος του αριθμού στροφών τους με διάφορες μεθόδους, είναι ένας από τους κυριότερους λόγους για την ευρεία εφαρμογή τους τόσο σε βιομηχανικά κινητήρια συστήματα όσο και σε κινητήρια συστήματα προώθησης ή έλξης. Ο έλεγχος του τύμπανου και ο έλεγχος του πεδίου διέγερσης είναι οι δύο βασικές μέθοδοι ελέγχου. Τα χαρακτηριστικά αυτών των δύο μεθόδων είναι τα παρακάτω:

α) Έλεγχος του τύμπανου

Η μέθοδος είναι σχετική με τον έλεγχο του κυκλώματος που τροφοδοτεί το τύμπανο: ελάττωση της τάσης του τύμπανου ή σύνδεση εξωτερικών αντιστάσεων στο κύκλωμα του τύμπανου. Αν το ρεύμα που διαρρέει το τύμπανο και η ροή στο διάκενο διατηρούνται σταθερά, η ροπή που αποδίδει η μηχανή είναι σταθερή. Τότε ο αριθμός των στροφών ελέγχεται μεταβάλλοντας τη διαφορά $(V - I_T \cdot r_T)$ όπου V η εφαρμοζόμενη τάση, I_T το ρεύμα που διαρρέει το τύμπανο και r_T η αντίσταση του τύμπανου. Ο έλεγχος αυτός οδηγεί σε λειτουργία σταθερής ροπής, μεταβλητής ισχύος. Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται για έλεγχο σε αριθμό στροφών μικρότερο του αριθμού στροφών στις οποίες λειτουργεί η μηχανή όταν η τάση του τύμπανου έχει την ονομαστική της τιμή και το πεδίο διέγερσης τη μέγιστη τιμή του.

β) Έλεγχος του πεδίου διέγερσης

Για αριθμό στροφών μεγαλύτερο του αριθμού στροφών που έχει η μηχανή όταν η τάση τύμπανου έχει την ονομαστική της τιμή και το πεδίο διέγερσης είναι μέγιστο, η εφαρμοζόμενη τάση διατηρείται σταθερή όπως και το ρεύμα που διαρρέει το τύμπανο και ο έλεγχος των στροφών γίνεται μεταβάλλοντας τη ροή που διαρρέει τον κάθε πόλο. Μείωση της ροής του πόλου προκαλεί αύξηση του αριθμού των στροφών N , σύμφωνα με τον τύπο:

$$N = (V - I_T \cdot r_T) / (K_e \cdot \Phi)$$

όπου	V	η εφαρμοζόμενη τάση,
	I_T	το ρεύμα του τύμπανου,
	r_T	η αντίσταση του τύμπανου
	K_e	η σταθερά της αντι-ΗΕΔ
	Φ	η ροή ανά πόλο.

Προκαλείται όμως μείωση και της αποδιδόμενης ροπής, με αποτέλεσμα να έχουμε λειτουργία σταθερής ισχύος. Συμπερασματικά, αντίθετα απ' ότι συνέβαινε κατά τη μέθοδο ελέγχου του τύμπανου, η μέθοδος ελέγχου του πεδίου διέγερσης οδηγεί σε λειτουργία μεταβλητής ροπής, σταθερής ισχύος. Για τις συμβατικές μηχανές, το κατώτερο όριο για αξιόπιστη και σταθερή λειτουργία είναι περίπου το 10% του ονομαστικού αριθμού στροφών ενώ το ανώτερο όριο είναι περίπου 4 φορές η ονομαστική ταχύτητα. Το κατώτερο όριο εξηγείται από την περιορισμένη ρύθμιση που επιτυγχάνεται σε χαμηλές στροφές και το ανώτερο όριο εξηγείται από τα δυσμενή αποτελέσματα που έχει η αντίδραση του κάτω από συνθήκες αδύνατου πεδίου διέγερσης.

γ) Πέδηση

Αν η ηλεκτρομαγνητική ροπή που παράγει η μηχανή συνεχούς έχει φορά αντίθετη της φοράς περιστροφής του άξονα, τείνει να φρενάρει τον κινητήρα και ο κινητήρας βρίσκεται σε κατάσταση (λειτουργία) πέδησης. Η πέδηση μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε για να περιορίσει τις στροφές της μηχανής όταν αυτή οδηγείται από το φορτίο, είτε για να ελαττώσει τις στροφές του φορτίου και της μηχανής σε οποιοδήποτε επίπεδο, συμπεριλαμβανομένων των μηδέν στροφών -πλήρης-στάση. Η πέδηση επιτυγχάνεται είτε με αντιστροφή του ρεύματος που διαρρέει το τύμπανο είτε με αντιστροφή του πεδίου διέγερσης, όχι όμως και των δύο ταυτόχρονα. Σε μία μηχανή με διέγερση σε σειρά, οι συνδέσεις του τυλίγματος διέγερσης πρέπει να αντιστραφούν με αντιστροφή των ακροδεκτών αν το ρεύμα του τύμπανου πρόκειται να αντιστραφεί χωρίς αντιστροφή του πεδίου διέγερσης, και το αντίστροφο.

Όταν το φορτίο οδηγεί τη μηχανή, αυτή λειτουργεί σαν γεννήτρια συνεχούς ρεύματος και αν η επαγόμενη τάση E είναι μεγαλύτερη της τάσης της πηγής V , το ρεύμα του τύμπανου αντιστρέφεται και τροφοδοτεί την πηγή που παρέχει τη συνεχή τάση. Έχουμε κατ' αυτόν τον τρόπο μία ροή ενέργειας από το φορτίο προς την πηγή της τάσης και αυτή η μορφή πέδησης ονομάζεται ωφέλιμη πέδηση (regenerative braking). Σε περίπτωση που η επαγόμενη τάση E δεν μπορεί να γίνει μεγαλύτερη της τάσης V της πηγής, η μηχανή αποσυνδέεται από την πηγή συνεχούς τάσης και συνδέεται σε ένα ωμικό φορτίο όπου η ενέργεια του φορτίου διαχέεται στο περιβάλλον ως θερμότητα. Αυτή η μορφή πέδησης ονομάζεται δυναμική πέδηση.

ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΛΕΓΧΟΥ ΤΟΥ ΚΙΝΗΤΗΡΑ ΣΥΝΕΧΟΥΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΣΕ ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΑ

Στα ηλεκτρικά αυτοκίνητα που χρησιμοποιούν κινητήρα συνεχούς ρεύματος, ο έλεγχος μπορεί να γίνει με τρεις τρόπους. Η βηματική ρευματοληψία από τους συσσωρευτές και ο έλεγχος με αντιστάτες, οι δύο πρώτες μέθοδοι, δεν χρησιμοποιούνται τα τελευταία χρόνια. Έχει κυριαρχήσει ο έλεγχος με θυρίστορ (ή τρανζίστορ ισχύος), το λεγόμενο chopper, το οποίο και παρουσιάζει το μεγαλύτερο ενδιαφέρον, και θα το παρουσιάσουμε παρακάτω:

Έλεγχος με κυκλώματα που χρησιμοποιούν θυρίστορ (chopper)

Από τις πρώτες μέρες της ηλεκτροκίνησης, έγινε αντιληπτό ότι μία πηγή συνεχούς ρεύματος μεταβαλλόμενης τάσης μπορεί να ελέγξει αποτελεσματικά τις στροφές μίας μηχανής έλξης συνεχούς ρεύματος. Στην πραγματικότητα, ένα τέτοιο σύστημα -το σύστημα ward Leonard χρησιμοποιείτο ευρύτατα στον έλεγχο μεγάλων μηχανών συνεχούς ρεύματος. Εντούτοις, για εφαρμογές που είχαν μεταφορικό χαρακτήρα, δεν ήταν δυνατή η εξέλιξη ενός τέτοιου συστήματος που να παρέχει μεταβαλλόμενη συνεχής τάση, κυρίως λόγω του υψηλού κόστους. Η ανάπτυξη των ημιαγωγών ισχύος υψηλής τάσης στη δεκαετία του '60 έκανε δυνατή τη δημιουργία ενός τέτοιου συστήματος. Σημαντικό ρόλο έπαιξαν και οι ενεργειακές κρίσεις της δεκαετίας του 170, οπότε τα απαραίτητα Κονδύλια για την έρευνα πάνω στο συγκεκριμένο τομέα ήταν ευκολότερο να εξασφαλιστούν.

Το chopper προσφέρει έναν εξαιρετικό έλεγχο της τάσης του τύμπανου μίας μηχανής έλξης συνεχούς ρεύματος, χωρίς το φαινόμενο των απότομων μεταβολών στην τάση και τις μεγάλες απώλειες που παρουσιάζει ο έλεγχος με αντιστάτες.

Ο έλεγχος με chopper χαρακτηρίζεται από τρεις βασικές ιδιότητες, οι οποίες τον κάνουν να υπερέχει έναντι των μεθόδων που χρησιμοποιούντο στο παρελθόν. Πρώτον είναι η ικανότητα ρύθμισης του αριθμού των τροφών με μία συνεχώς μεταβαλλόμενη μορφή, έχοντας ως αποτέλεσμα την εξάλειψη της απότομης επιτάχυνσης και των τιναγμάτων που παρουσιάζονται με τις άλλες μορφές ελέγχου. Η σταθερή ροπή που αποδίδει η μηχανή βελτιώνει τη συμπεριφορά του οχήματος και συντελεί στην ελάττωση του σπιναρίσματος των τροχών και στη βελτίωση της πρόσφυσης. Δεύτερον, αν και υπάρχει μία σχέση αναλογίας ανάμεσα στο της μηχανής και τη ροπή, η παροχή του ρεύματος από το chopper γίνεται με έλεγχο της τάσης της μηχανής, έτσι ώστε το ρεύμα που μηχανή από την πηγή να είναι ανάλογο με την προωθητική ισχύ. Τέλος, τρίτη σημαντική ιδιότητα του chopper είναι η ικανότητα του για ωφέλιμη πέδηση, όταν το όχημα επιβραδύνει, οπότε έχουμε επιστροφή της κινητικής ενέργειας του οχήματος στην πηγή ενέργειας (στην προκειμένη περίπτωση στους συσσωρευτές). Η υπεροχή του chopper έναντι των άλλων μεθόδων, όπως -έστω και σύντομα- υποστηρίχθηκε παραπάνω, το κάνει την πιο προσηφιλή μέθοδο ελέγχου μηχανών συνεχούς ρεύματος και δη αυτών που χρησιμοποιούνται σε ηλεκτρικά αυτοκίνητα.

Αρχή λειτουργίας του chopper

Το chopper είναι ένας στατικός μετατροπέας συνεχούς-συνεχούς ο οποίος μεταβάλλει τη μέση τιμή της συνεχούς τάσης που εφαρμόζεται σε ένα φορτίο. Γενικά, υπάρχουν δύο κατηγορίες chopper: το chopper μείωσης, στο οποίο η τάση του φορτίου είναι μικρότερη ή ίση της εφαρμοζόμενης (παρεχόμενης) τάσης και το chopper ανύψωσης, στο οποίο η τάση του φορτίου είναι ίση ή μεγαλύτερη της εφαρμοζόμενης (παρεχόμενης) τάσης.

Η αρχή λειτουργίας του chopper μείωσης παριστάνεται στο Το chopper εφαρμόζει στο φορτίο μία συνεχής ακολουθία μονο-κατευθυντικών παλμών τάσης. Το μέγεθος του κάθε παλμού είναι ίσο με αυτό της παρεχόμενης τάσης ενώ το πλάτος

t_{on} του παλμού και η περίοδος T των παλμών ελέγχονται από το κύκλωμα του chopper.

Κάτω από ιδανικές συνθήκες, η μέση τιμή της τάσης v_o που εφαρμόζεται στο φορτίο είναι:

$$V_o = (t_{on} / T) \cdot V$$

Οπότε η μέση τιμή της τάσης του φορτίου v_o μπορεί να μεταβάλλεται ως ακολούθως:

- Με διαμόρφωση παλμών κατά πλάτος (pw_m), όπου το t_{on} μεταβάλλεται ενώ η περίοδος T διατηρείται σταθερή.
- Με διαμόρφωση συχνότητας (f_m), όπου το T διατηρείται σταθερό και μεταβάλλεται η περίοδος T .
- Με συνδυασμό διαμόρφωσης των παλμών κατά πλάτος και κατά

Chopper πολλαπλών φάσεων

Μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε μερικά chopper συνδεδεμένα ώστε να αυξηθεί η συχνότητα των παλμών που δέχεται το Φορτίο. Ένα τέτοιο κύκλωμα είναι γνωστό ως chopper πολλαπλών φάσεων (multiphase chopper). Οι κυματομορφές της τάσης, για ένα τριφασικό τέτοιο chopper, παρουσιάζονται στο ίδιο σχήμα. Η συχνότητα των παλμών τάσης του φορτίου είναι τριπλάσια αυτής του κάθε μεμονωμένου chopper. Επιπλέον, κάθε chopper διαχειρίζεται μόνο το ένα τρίτο της συνολικής ισχύος του φορτίου. Επίσης, τα τρία πηνία είναι τυλιγμένα γύρω από ένα κοινό σιδερένιο πυρήνα έτσι ώστε οι ροές που προκαλούνται από το μέσο ρεύμα αλληλοεξουδετερώνονται και δεν επέρχεται κορεσμός του πυρήνα. Το περιεχόμενο σε αρμονικές του ρεύματος ελαττώνεται επίσης αφού κάποια στοιχεία που προκαλούν τις αρμονικές δεν υφίστανται. Για έλεγχο μηχανών συνεχούς ρεύματος που χρησιμοποιούνται σε ηλεκτρικά αυτοκίνητα, χρησιμοποιούνται δυο φάσεων.

Ενεργειακή θεώρηση της ωφέλιμης πέδησης

Ένα σημαντικό πλεονέκτημα του chopper, είναι η δυνατότητα επιστροφής ενός μέρους της κινητικής ενέργειας του ηλεκτρικού οχήματος στους συσσωρευτές, η δυνατότητα δηλαδή της ωφέλιμης πέδησης, όταν κατά τη στιγμή που το όχημα επιβραδύνει η κινητική ενέργεια δεν χάνεται αλλά μέρος της επιστρέφει στους συσσωρευτές.

Κατά καιρούς έχουν ακουστεί ορισμένα ποσοστά για το μέγεθος της ωφέλιμης πέδησης, της τάξης του 50% της κινητικής ενέργειας του οχήματος. Αν και υπό ιδανικές συνθήκες το ποσοστό αυτό ίσως είναι εφικτό, στην πραγματικότητα το ποσοστό της κινητικής ενέργειας που στους συσσωρευτές είναι πολύ μικρότερο.

Υπάρχουν διάφοροι παράγοντες που περιορίζουν την απόδοση της ωφέλιμης πέδησης. Ο πιο σημαντικός αυτών είναι ό,τι η συνολική ενέργεια, διαθέσιμη για ωφέλιμη πέδηση είναι ίση με την κινητική ενέργεια του οχήματος κατά τη στιγμή που αρχίζει η πέδηση. Το ποσοστό αυτό ελαττώνεται περαιτέρω λόγω της ενέργειας που χρησιμοποιείται για να υπερνικηθούν οι αντιστάσεις του κινητηρίου συστήματος και οι απώλειες της μηχανής και των διαφόρων κυκλωμάτων. Ο δεύτερος παράγοντας είναι ό,τι δεν μπορούμε να έχουμε πλήρη ωφέλιμη πέδηση σε υψηλές στροφές, όταν η τάση που εμφανίζεται στον κινητήρα είναι μεγαλύτερη απ' αυτή που παρέχουν οι συσσωρευτές. Ανάλογα με τις απαιτήσεις κατά την πέδηση, ίσως είναι απαραίτητο να περιοριστεί το ρεύμα με την χρήση εξωτερικών αντιστάσεων και ίσως κάποιο μέρος της ενέργειας χαθεί αναπόφευκτα κατά τη διαδικασία αυτή. Ο τρίτος παράγοντας είναι σχετικός με τις φυσικές και κατασκευαστικές ιδιότητες των σιλ. χορευτών, την ικανότητα τους δηλαδή να απορροφούν κάποιο ποσοστό της διαθέσιμης για απορρόφηση ενέργειας από την ωφέλιμη πέδηση. Θεωρώντας όλο το όχημα ως ένα ενιαίο ηλεκτρικό σύστημα, υπάρχει μία σταθερή ενεργειακή ισορροπία μεταξύ των

διαφόρων συστημάτων που παρέχουν ενέργεια και αυτών που την απορροφούν. Διάφορα μεγέθη όπως η μέγιστη επιτρεπτή τάση, οι απαιτήσεις σε στιγμιαία ισχύ, η ισχύς κατά την ωφέλιμη πέδηση και άλλα, επηρεάζουν την ικανότητα των συσσωρευτών να απορροφούν ενέργεια κατά την ωφέλιμη πέδηση. Όλοι αυτοί οι παράγοντες ποικίλουν και σπάνια βρίσκονται στην ιδανική κατάσταση ταυτόχρονα. Επιπλέον, η πραγματική και αποδοτική διάρκεια της ωφέλιμης πέδησης και η διάρκεια των απαιτήσεων σε μέγιστη ισχύ, εμφανίζονται να έχουν τελείως διαφορετικές -μικρότερες- τιμές στην πράξη.

13. ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ ΕΛΕΓΧΟΥ ΚΙΝΗΤΗΡΩΝ ΕΝΑΛΛΑΣΣΟΜΕΝΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

Οι αναστροφείς είναι μία κατηγορία κυκλωμάτων για μετατροπή ισχύος από συνεχή τάση σε εναλλασσόμενη. Μπορούν να σχεδιαστούν για λειτουργία με μεταβλητή συχνότητα και ο έλεγχος της τάσης μπορεί να γίνεται σε διαφορετικά κυκλώματα. Υπάρχουν διάφοροι τύποι αντιστροφών. Ανάλογα με τη μέθοδο της μετάβασης των θυρίστορ, δηλαδή τον τρόπο που το ρεύμα μεταφέρεται από το ένα θυρίστορ στο άλλο, οι αντιστροφείς μπορούν να ταξινομηθούν στις εξής κατηγορίες:

α) Αντιστροφέας του οποίου η μετάβαση εξαρτάται από την εφαρμοζόμενη τάση.

Η τάση στα άκρα του θυρίστορ αντιστρέφεται λόγω της ύπαρξης μιας εναλλασσόμενης τάσης ή μίας αντιηλεκτρεγερτικής δύναμης προερχόμενης από το φορτίο. Κατά συνέπεια το θυρίστορ σβήνει όταν το ρεύμα πέσει στο μηδέν. Το φαινόμενο αυτό καλείται και φυσική μετάβαση των θυρίστορ.

β) Αντιστροφέας του οποίου η μετάβαση εξαρτάται από το φορτίο.

Το ρεύμα που διαρρέει το θυρίστορ πέφτει στο μηδέν λόγω της φυσικής ροπής του ρεύματος του φορτίου να μηδενίζεται όταν το φορτίο συνδεθεί στα άκρα μίας πηγής συνεχούς ρεύματος. Ένα φορτίο συνδεδεμένο σε σειρά με αντιστάτες και πηνία, το οποίο έχει μία ταλαντευόμενη απόκριση, μπορεί για παράδειγμα να ελεγχθεί με την χρήση ενός αντιστροφέα ελεγχόμενου από το φορτίο. Το φαινόμενο αυτό καλείται επίσης φυσική μετάβαση του θυρίστορ.

γ) Αντιστροφέας εξαναγκασμένης μετάβασης.

Μία βοηθητική πηγή τάσης -συνήθως ένας φορτισμένος πυκνωτής- συνδέεται στα άκρα ενός θυρίστορ κατά τρόπον ώστε η τάση στα άκρα να αντιστραφεί. Το θυρίστορ σβήνει και το ρεύμα του φορτίου συνεχίζει να ρέει μέσα από μία δίοδο ελεύθερης διέλευσης συνδεδεμένη στα άκρα του φορτίου.

Η μετάβαση η ελεγχόμενη από την εφαρμοζόμενη τάση ή το φορτίο δεν είναι δυνατή με φορτία τα οποία έχουν το χαρακτηριστικό της επιβράδυνσης ισχύος. Κατά συνέπεια οι αναστροφείς για έλεγχο επαγωγικών κινητήρων, πρέπει να σχεδιαστούν ως κυκλώματα εξαναγκασμένης μετάβασης. Αν και υπάρχει ένας μεγάλος αριθμός από κυκλώματα αντιστροφών εξαναγκασμένης μετάβασης, τα διάφορα ηλεκτροκίνητα οχήματα χρησιμοποιούν κυρίως δύο τύπους τέτοιων αντιστροφών. Αυτοί είναι:

I) Αντιστροφέας σταθερής τάσης εισόδου, ο οποίος χρησιμοποιεί ένα βοηθητικό κύκλωμα μετάβασης και διαμόρφωσης παλμών κατά πλάτος (PWM) για τον έλεγχο της τάσης εξόδου.

II) Αντιστροφέας ημι-σταθερού ρεύματος, ο οποίος χρησιμοποιεί μετάβαση διαδοχικών φάσεων

II. ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΕΣ

II.1. ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΩΝ

Στα 1786 ένας Ιταλός επιστήμονας, ο Luigi Galvani, παρατήρησε τη σχέση που υπάρχει μεταξύ ηλεκτρισμού και χημείας, η οποία και κατέληξε να είναι η βάση του ηλεκτροχημικού συσσωρευτή. Κατά τη διάρκεια ενός πειράματος, πρόσεξε μία έντονη σπασμωδική σύσπαση του ποδιού ενός βατράχου, όταν το άγγιζε με μία σιδερένια βέργα τη στιγμή που το συγκρατούσε με ένα χάλκινο άγκιστρο. Ηλεκτρισμός παραγόταν από την αλληλεπίδραση των δύο μετάλλων μέσα από τη σάρκα του ποδιού του βατράχου και είχε σαν αποτέλεσμα την αντίδραση των μυώνων.

Ο πρώτος συσσωρευτής εφευρέθηκε το 1798 από έναν Ιταλό επιστήμονα, τον Alessandro Volta. Ο συσσωρευτής του νοiία, ονομάστηκε "Βολταϊκή στήλη" (voltaic pile), αποτελείτο από δίσκους αργύρου και ψευδαργύρου οι οποίοι χωρίζονταν από χαρτόνι εμποτισμένο σε αλμυρό νερό. Ένας περισσότερο αποτελεσματικός συσσωρευτής παρουσιάστηκε στα 1836 από έναν Άγγλο χημικό, τον John F. Daniell, ενώ όταν 1859 εφευρέθηκε ο πρώτος συσσωρευτής με δυνατότητα επαναφόρτισης από ένα Γάλλο φυσικό, τον Gaston Plante. Ήταν ένας συσσωρευτής οξέος μολύβδου (Lead acid).

Ο πρόγονος του σημερινού ξηρού στοιχείου, του στοιχείου ψευδαργύρου-άνθρακα, εφευρέθηκε από τον Georges Leclanche, ένα Γάλλο επιστήμονα, το 1868. Ο όρος leclanche χρησιμοποιείται ακόμα και σήμερα για να περιγράψει αυτόν τον τύπο συσσωρευτή. Για πάνω από εκατό χρόνια, πολλοί επιστήμονες έχουν συνεισφέρει στη σταθερή εξέλιξη των ηλεκτρικών στοιχείων και των συσσωρευτών.

Έτσι ώστε να κατανοήσουμε καλύτερα τους συσσωρευτές, πρέπει να εξετάσουμε πρώτα το απλό ηλεκτρικό στοιχείο, το δομικό στοιχείο όλων iων συσσωρευτών. Κάθε ηλεκτρικό στοιχείο αποτελείται από δύο ανόμοια υλικά που ονομάζονται ηλεκτρόδια, τοποθετημένα χωριστά μέσα σε κάποιο υγρό που ονομάζεται ηλεκτρολύτης. Ο ηλεκτρολύτης είναι ένα διάλυμα το οποίο επενεργεί πάνω στα ηλεκτρόδια. Είναι δυνατό να αποτελείται από οξύ, άλας ή αλκαλικό διάλυμα το οποίο θα μπορεί να άγει ηλεκτρικό ρεύμα, το οποίο παράγεται από την χημική δράση που συντελείται μέσα στο ηλεκτρικό στοιχείο.

Υπάρχουν δύο τύποι ηλεκτρικών στοιχείων ή συσσωρευτών: Τα επανααναφορτιζόμενα (secondary) και τα μη επαναφορτιζόμενα (primary). Ένα ηλεκτρικό στοιχείο ή συσσωρευτής χαρακτηρίζεται ως μη επαναφορτιζόμενος όταν εν γένει δεν μπορεί να επαναφορτιστεί (μίας χρήσης). Αν υπάρχει η δυνατότητα επαναφόρτισης (συνήθως περισσότερες από μία φορές), το στοιχείο ή ο συσσωρευτής ονομάζεται επαναφορτιζόμενος.

Οι συσσωρευτές που χρησιμοποιούνται σε ηλεκτρικά οχήματα γενικά είναι επαναφορτιζόμενοι, δηλαδή με δυνατότητα επαναφόρτισης. Ο αριθμός των δυνατών επαναφορτίσεων είναι συνάρτηση πολλών παραγόντων που έχουν να χάνουν τόσο με τα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά του συσσωρευτή όσο και τον τρόπο χρήσης του.

Κατά καιρούς έχουν παρουσιαστεί πολλοί και διαφορετικοί τύποι συσσωρευτών για ηλεκτρικά οχήματα. Από τους απλούς και πολύ χρησιμοποιημένους οξέος μολύβδου έως τις προηγμένες νατρίου-θείου κλπ. Αναμφισβήτητα όμως τρία είναι τα είδη των συσσωρευτών που έχουν απασχολήσει και απασχολούν τους επιστήμονες και τους ερευνητές την τελευταία δεκαετία. Αυτά είναι οι συσσωρευτές οξέος μολύβδου, οι συσσωρευτές νικελίου-καδμίου και οι συσσωρευτές νατρίου-θείου.

Οι συσσωρευτές οξέος μολύβδου έχουν μία ιστορία σχεδόν 100 χρόνων εφαρμογής σε ηλεκτρικά αυτοκίνητα και έχουν φτάσει στο μέγιστο της

εξέλιξης τους. Παρ' όλα αυτά κάποιες βελτιώσεις επιτυγχάνονται από καιρό σε καιρό.

Οι συσσωρευτές νικελίου-καδμίου αντιπροσωπεύουν το παρόν της εξέλιξης στον τομέα των συσσωρευτών για ηλεκτρικά αυτοκίνητα, με πολύ χαλές προοπτικές για το μέλλον. Με πολύ χαλά τεχνικά χαρακτηριστικά αλλά και κάποια προβλήματα που περιμένουν τη λύση τους.

Οι συσσωρευτές νατρίου-θείου έχουν πάρα πολύ καλά τεχνικά και κατασκευαστικά χαρακτηριστικά ενώ δίνουν και λύσεις σε προβλήματα όπως η αχτίνα δράσης, η πυκνότητα ενέργειας και η ή φόρτιση. Το κόστος όμως παραμένει πολύ υψηλό ενώ υπάρχουν κάποια προβλήματα σχετικά με θέματα ασφαλείας κατά τη λειτουργία.

Οι συσσωρευτές οξέος μολύβδου, νικελίου-καδμίου και νατρίου- για ηλεκτρικά αυτοκίνητα παρουσιάζονται αναλυτικά σε επόμενη ενότητα, Στην παρούσα ενότητα δίνεται βαρύτητα σε ορισμένα στοιχεία με σχετικά με το θεωρητικό σχεδιασμό των συσσωρευτών αυτών.

ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕΤΑΞΥ ΑΕΡΙΖΟΜΕΝΟΥ ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΗ ΟΞΕΟΣ ΜΟΛΥΒΔΟΥ ΚΑΙ ΖΥΣΣΩΡΕΥΤΩΝ ΝΙΚΕΛΙΟΥ- ΚΑΔΜΙΟΥ ΠΑ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΟΣΟ ΣΤΑΤΙΚΕΣ ΟΣΟ ΚΑΙ ΣΕ ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΟΧΗΜΑΤΑ

Ένας συσσωρευτής νικελίου-καδμίου περιέχει μεγάλη ποσότητα ηλεκτρολύτη. Οι πλάκες που αποτελούν τα θετικά και αρνητικά ηλεκτρόδια δεν έρχονται σε επαφή, αφού κρατούνται σε απόσταση από ειδικούς χωριστήρες των οποίων ο μόνος ρόλος είναι να κρατούν τα ηλεκτρόδια ηλεκτρικά μονωμένα, μεταξύ τους. Οι συσσωρευτές οξέος μολύβδου, από την άλλη, έχουν χωριστήρες οι οποίοι επίσης έχουν την αποστολή να συντελούν ώστε να αποφεύγεται η καθίζηση από το ενεργό υλικό και ο σχηματισμός επιστρωμάτων μολύβδου πάνω στις πλάκες, τα οποία μπορούν να οδηγήσουν σε βραχυκυκλώματα. Από τη στιγμή που οι χωριστήρες είναι σε μεγάλο βαθμό υπεύθυνοι για την εσωτερική ηλεκτρική αντίσταση των στοιχείων, ο συσσωρευτής νικελίου-καδμίου έχει χαμηλή εσωτερική αντίσταση χάρη στους σχεδόν τελείως ανοικτούς χωριστήρες με τη μορφή ράβδων ή πλεγμάτων, οπότε και μπορούν να έχουν εξαιρετική ηλεκτρική συμπεριφορά.

Το ενεργό υλικό των περισσότερων σύγχρονων συσσωρευτών νικελίου-καδμίου εμπεριέχεται σε ειδικές θήκες, οι οποίες είναι συνδεδεμένες πάνω στο υλικό των πλακών. Αυτή η διάταξη δημιουργεί μία μεγιστη ενεργή επιφάνεια, η οποία συντελεί στην πολύ καλή συμπεριφορά του υλικού. Αυτό σημαίνει ότι οι συσσωρευτές νικελίου-καδμίου μπορούν να προσφέρουν μέχρι 3 φορές περισσότερο ρεύμα, σε αναλογία με την ονομαστική τους χωρητικότητα, κάτι που δε συμβαίνει με τους συσσωρευτές οξέος μολύβδου.

Εκτος των πάρα πολύ καλών χαρακτηριστικών ισχύος εξόδου, οι συσσωρευτές νικελίου-καδμίου έχουν πολλά πλεονεκτήματα και από ηλεκτρικής άποψης. Σε αντίθεση με τους συσσωρευτές οξέος μολύβδου, ο ηλεκτρολύτης του αλκαλικού συσσωρευτή δε μεταβάλλεται κατά τη διάρκεια της φόρτισης και της εκφόρτισης. Διατηρεί την ικανότητα του να μεταφέρει ιόντα μεταξύ των πλακών του στοιχείου, ανεξάρτητα από το επίπεδο φόρτισης. Οι συσσωρευτές νικελίου-καδμίου μπορούν να παραμείνουν αφόρτιστες ή μερικά φορτισμένες, κάτι που δεν ισχύει για τους συσσωρευτές οξέος μολύβδου.

Όπως και οι πλάκες, οι ρευματοσυλλέκτες και οι μηχανικές συνδέσεις ενός συσσωρευτή νικελίου-καδμίου είναι κατασκευασμένες εξ' ολοκλήρου από ατσάλι. Ο αλκαλικός ηλεκτρολύτης δεν αντιδρά με το ατσάλι, το οποίο σημαίνει ότι η βασική δομική κατασκευή του συσσωρευτή παραμένει ανέπαφη και अपαράλλακτη για όλη τη διάρκεια ζωής του συσσωρευτή. Κάνοντας μία σύγκριση με το

συσσωρευτή οξέος μολύβδου, τα δομικά τμήματα και οι ρευματοσυλλέκτες είναι κατασκευασμένοι από μολύβδο, ο οποίος οξειδώνεται από το θειικό οξύ. Για αυτό το λόγο η ισχύς ενός συσσωρευτή οξέος μολύβδου ελαττώνεται προοδευτικά.

Η οξειδωση σε ένα συσσωρευτή οξέος μολύβδου μπορεί να οδηγήσει στο φαινόμενο που είναι γνωστό σαν ξαφνικός θάνατος του συσσωρευτή. Κάποιο δομικό στοιχείο μίας πλάκας ή κάποιο σημαντικό εξάρτημα φθείρεται από το οξύ, σπάει και προκαλεί βραχυκύκλωμα. Ο συσσωρευτής ξαφνικά σταματά να λειτουργεί ή η απόδοση του πέφτει με πολύ γρήγορο ρυθμό. Η ασάβινη κατασκευή ενός συσσωρευτή νικελίου-καδμίου εγγυάται ότι κάτι τέτοιο δεν πρόκειται να συμβεί ποτέ και αυτό δίνει στο συσσωρευτή νικελίου-καδμίου μία κατασκευαστική αξιοπιστία έναντι του συσσωρευτή οξέος μολύβδου.

Ο αλκαλικός ηλεκτρολύτης στο συσσωρευτή νικελίου-καδμίου διατηρεί την πυκνότητα του και ένα χαμηλό σημείο ψύξης, σταθερό κατά τη διάρκεια της εκφόρτισης. Καθώς ο συσσωρευτής οξέος μολύβδου συνεχίζει τη λειτουργία του, σταδιακά η πυκνότητα του ηλεκτρολύτη ελαττώνεται, που σημαίνει ότι ο ηλεκτρολύτης παγώνει σε χαμηλή θερμοκρασία και ο συσσωρευτής παθαίνει βλάβη ή καταστρέφεται. Συγκριτικά λοιπόν οι συσσωρευτές νικελίου-καδμίου συμπεριφέρονται καλύτερα στις χαμηλές θερμοκρασίες από τους συσσωρευτές οξέος μολύβδου. Πρακτικά, ένας συσσωρευτής νικελίου-καδμίου δεν μπορεί να καταστραφεί από αιτίες σχετικές με τη θερμοκρασία.

Η διάρκεια ζωής ενός συσσωρευτή νικελίου-καδμίου επηρεάζεται επίσης λιγότερο από τις υψηλές θερμοκρασίες. Οι συσσωρευτές αυτοί μπορούν να λειτουργούν σε συνθήκες τόσο τροπικού κλίματος όσο και αρκτικού ψύχους. Λειτουργία των συσσωρευτών νικελίου-καδμίου σε θερμοκρασίες -50C έως +55C είναι απόλυτα εφικτή.

Όλοι οι ανοικτού τύπου συσσωρευτές εκλύουν υδρογόνο και οξυγόνο κατά το τελικό στάδιο της φόρτισης. Στους συσσωρευτές νικελίου-καδμίου : αυτά είναι τα μόνα αέρια που εκλύονται, τη στιγμή που οι συσσωρευτές οξέος μολύβδου εκλύουν επιπρόσθετα και οξειδωτικά αέρια θειικού οξέος.

Οι σύγχρονοι συσσωρευτές οξέος μολύβδου είναι εφοδιασμένες με βαλβίδες διαχωρισμού οξέων, οι οποίες χρειάζονται ταχτική συντήρηση και έλεγχο έτσι ώστε να αποφεύγεται η διαρροή οξειδωτικών αερίων. Οι συσσωρευτές νικελίου-καδμίου μπορούν με ασφάλεια να αποθηκευτούν ή να λειτουργήσουν κοντά σε ευαίσθητο ηλεκτρικό ή μηχανολογικό εξοπλισμό, χωρίς κίνδυνο καταστροφής ή βλάβης του τελευταίου.

Τέλος, οι συσσωρευτές νικελίου-καδμίου δεν επηρεάζονται από καταστάσεις υπερφόρτισης ή υπερεκφόρτισης, κάτι που δεν ισχύει για τους συσσωρευτές οξέος μολύβδου, που εμφανίζουν ευαισθησία στα φαινόμενα αυτά. Οι συσσωρευτές νικελίου-καδμίου δεν απομορφοποιούνται λόγω υπερφόρτισης και μπορούν να εκφορτιστούν τελείως ή ακόμα και να φορτιστούν αρνητικά, χωρίς να τους προξενηθεί καμία βλάβη, ενώ τέλος δεν επηρεάζονται και από βραχυκυκλώματα.

II.2. ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΩΝ

Σε κάθε συσσωρευτή μπορούν να δοθούν διάφοροι χαρακτηρισμοί οι οποίοι να εκφράζουν κάποια ιδιότητα του ή κάποιο κατασκευαστικό χαρακτηριστικό του γνώρισμα. Έτσι, υπάρχουν πάρα πολλές κατηγορίες στις οποίες θα μπορούσε να καταταγεί ένας συσσωρευτής, ανάλογα πάντα με τις προδιαγραφές του. Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται ορισμένες κατηγορίες στις οποίες ταξινομούνται οι συσσωρευτές, με την εμφάνιση να δίνεται σε αυτούς που χρησιμοποιούνται στα ηλεκτρικά αυτοκίνητα.

Ο πρωταρχικός διαχωρισμός των συσσωρευτών είναι σε μη επαναφορτιζόμενους (primary) και επαναφορτιζόμενους (secondary). Οι μη επαναφορτιζόμενοι συσσωρευτές που χρησιμοποιούμε στην καθημερινή μας χρήση, σε διάφορες συσκευές, είναι σωστότερο να χαρακτηρίζονται ως ηλεκτρικά στοιχεία, αφού οι συσσωρευτές είναι ένα σύνολο από διάφορα στοιχεία. Ο συνηθέστερος τύπος μη επαναφορτιζόμενου στοιχείου είναι ο άνθρακα-ψευδαργύρου, ο οποίος παράγει τάση 1,5 Volts, ανεξάρτητα μεγέθους και σχήματος.

Το κυριότερο χαρακτηριστικό των επαναφορτιζόμενων συσσωρευτών είναι ότι το ηλεκτρικό ρεύμα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να αντιστραφεί η χημική διαδικασία που συντελείται σ' αυτούς και να επανακτήσουν τα ηλεκτρόδια και ο ηλεκτρολύτης τις χημικές τους ιδιότητες. Κατ' αυτόν τον τρόπο κατά τη διάρκεια ζωής τους μπορούν να φορτίζονται και να εκφορτίζονται διαδοχικά.

Ένας άλλος τρόπος ταξινόμησης των συσσωρευτών έχει να κάνει με τη φύση του ηλεκτρολύτη και τη θερμοκρασία λειτουργίας του. Έτσι διακρίνουμε:

α) Συσσωρευτές όπου ο ηλεκτρολύτης είναι σε υγρή κατάσταση, όπως πχ. συσσωρευτές οξέος μολύβδου, νικελίου-ψευδαργύρου, νικελίου-καδμίου κλπ. Να σημειωθεί ότι σε πολλούς συσσωρευτές τέτοιου τύπου, σήμερα προτιμάται αντί για υγρός ηλεκτρολύτης να χρησιμοποιείται ηλεκτρολύτης από το ίδιο μεν υλικό, σε ημιστερεή όμως κατάσταση τύπου ζελέ (gel type).

β) Συσσωρευτές όπου ο ηλεκτρολύτης είναι σε στερεά κατάσταση. Πρόκειται για σύγχρονους συσσωρευτές που υπόσχονται πολλά για το μέλλον, απαιτείται όμως αρκετή έρευνα ώστε να ξεπεραστούν διάφορα τεχνικά προβλήματα. Συσσωρευτές τέτοιου τύπου είναι οι ασβεστίου-φθοριούχου νικελίου και άλλες.

γ) Συσσωρευτές που χρησιμοποιούν οργανικό καταλύτη. Αυτοί οι συσσωρευτές έχουν ως υλικό κατασκευής του αρνητικού τους ηλεκτροδίου το λίθιο.

δ) Συσσωρευτές μετάλλου-αέρα. Πρόκειται για μία κατηγορία συσσωρευτών που χρησιμοποιούν κάποιο μέταλλο ως υλικό κατασκευής του αρνητικού τους ηλεκτροδίου και ένα θετικό ηλεκτρόδιο αερίου το οποίο χρησιμοποιεί οξυγόνο από τον ατμοσφαιρικό αέρα. Τέτοιοι συσσωρευτές είναι οι σιδήρου-αέρα, αλουμινίου-αέρα κλπ.

ε) Συσσωρευτές υψηλής θερμοκρασίας. Πρόκειται για συσσωρευτές που αναπτύσσουν πολύ υψηλές θερμοκρασίες στο εσωτερικό τους κατά τη λειτουργία τους. Τέτοιοι συσσωρευτές είναι οι νατρίου-θείου (με θερμοκρασία λειτουργίας 300o C), λιθίου-θείου (με θερμοκρασία λειτουργίας 375 o-425 o C) κλπ.

Οι συσσωρευτές μπορούν να διαχωριστούν ανάλογα και με το είδος της εφαρμογής που χρησιμοποιούνται. Έτσι διακρίνουμε:

α) Τους συσσωρευτές SLI, που παίρνουν το όνομα τους από τα αρχικά των λέξεων starting (εκκίνηση), lighting (φωτισμός), ignition (έναυση). Πρόκειται για τους γνωστούς συσσωρευτές που χρησιμοποιούνται για την εκκίνηση μηχανών εσωτερικής καύσης και ιδιαίτερα στα αυτοκίνητα. Οι συσσωρευτές αυτοί παρέχουν μεγάλο ποσό ενέργειας για μικρά χρονικά διαστήματα.

β) Τους συσσωρευτές τύπου golf-cart. Πρόκειται για συσσωρευτές που χρησιμοποιούνται σε μικρά ηλεκτροκίνητα οχήματα (περονοφόρα, αυτοκίνητα γηπέδων golf κλπ.). Οι συσσωρευτές αυτοί παρέχουν μεγάλα ποσά ενέργειας για μέτρια χρονικά διαστήματα.

γ) Τους συσσωρευτές βιομηχανικού τύπου . Χρησιμοποιούνται σε μεγάλα ηλεκτροκίνητα οχήματα (φορτηγά , λεωφορεία κλπ.) και γενικά σε εφαρμογές όπου το βάρος του συσσωρευτή δεν απασχολεί ιδιαίτερα το μηχανικό . Για το λόγο αυτό και ειδική του ενέργεια δεν είναι πολύ μεγάλη.

δ) Μεταξύ των συσσωρευτών τύπου golf-cart και των συσσωρευτών βιομηχανικού τύπου , υπάρχει μία τέταρτη κατηγορία , οι συσσωρευτές ημι-βιομηχανικού τύπου . Πρόκειται για συσσωρευτές με ειδική ενέργεια μεγαλύτερη των συσσωρευτών βιομηχανικού τύπου , την οποία όμως παρέχουν για χρονικά διαστήματα μεγαλύτερα των συσσωρευτών τύπου golf-cart και μικρότερα των συσσωρευτών βιομηχανικού τύπου .

Οι συσσωρευτές οξέος μολύβδου είναι δυνατό να ταξινομηθούν και με τα εξής κριτήρια :

α) Αν είναι δυνατή η πρόσβαση στον ηλεκτρολύτη τους , οπότε χαρακτηρίζονται ανοικτού τύπου (open type) ή μη στεγανές (unsealed) . Εν η πρόσβαση δεν είναι δυνατή τότε οι συσσωρευτές λέγονται κλειστού τύπου (closed type) ή στεγανοί (sealed) .

β) Οι μη στεγανοί συσσωρευτές χωρίζονται σε συσσωρευτές τύπου non-spill και λόγω μίας συγκεκριμένης τεχνικής που χρησιμοποιείται κατά την κατασκευή τους συμπεριφέρονται ως στεγανοί , επιτρέποντας έτσι , και τη χρήση τους σε φορητές συσκευές , δίνοντας όμως τη δυνατότητα της πρόσβασης στον ηλεκτρολύτη τους , και στους συσσωρευτές τύπου spill .

γ) Οι στεγανοί συσσωρευτές χωρίζονται με τη σειρά τους σε τρεις κατηγορίες . Αυτές που επανασυνθέτουν (fully recombining) νερό , από τα αέρια υδρογόνο και οξυγόνο που εκλύουν στο εσωτερικό τους κατά τη διάρκεια της χημικής αντίδρασης και αυτές που δεν επανασυνθέτουν (non recombining) ή επανασυνθέτουν μερικά (partially recombining) νερό από τα εκλυόμενα υδρογόνο και οξυγόνο .

Οι συσσωρευτές τύπου νικελίου-καδμίου χωρίζονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες , ανάλογα με το είδος των πλακών τους . Έτσι διακρίνουμε τους συσσωρευτές νικελίου-καδμίου με χοντρές πλάκες (bonded) και τους συσσωρευτές με λεπτές πλάκες (sintered) . Στις πρώτες το ενεργό υλικό συμπιέζεται και εναποτίθεται πάνω σε μεταλλικά φύλλα σε μορφή επίπεδη ή κυλινδρική . Στους συσσωρευτές τύπου sintered το ενεργό υλικό εναποτίθεται πάνω σε πολύ πορώδη μεταλλικά φύλλα . Λόγω των διαφορετικών τεχνικών , ο όγκος των πλακών στις δύο περιπτώσεις είναι διαφορετικός . Γενικότερα , η τεχνική sintered έχει μειώσει σημαντικά τον όγκο των πλακών και κατά προέκταση και των συσσωρευτών .

II.3. ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΟΧΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΕΣ

ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ

Ο ρόλος του συσσωρευτή κατά την χρήση του στα ηλεκτρικά οχήματα , είναι να προσφέρει την απαιτούμενη για την κίνηση ενέργεια , στο μέγιστο βαθμό των δυνατοτήτων τους . Για το λόγο αυτό ο συσσωρευτής λειτουργεί σε συνθήκες "βαθείας εκφορτίσεως". Ανάλογα με τις υπηρεσίες που προσφέρουν τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα , διαφέρουν και οι απαιτήσεις από το χρησιμοποιούμενο σύστημα συσσωρευτών . Αναλυτικότερα , διακρίνουμε τις εξής κατηγορίες :

α) Βιομηχανικά- εργοστασιακά ηλεκτρικά οχήματα .

Τα οχήματα αυτά συμπεριλαμβάνουν φορτηγά , περονοφόρα και οχήματα ιδιωτικών δρόμων . Χρησιμοποιούνται για οριζοντίου και καθέτου τύπου μεταφορές φορτίων σε βιομηχανικούς χώρους , σιδηροδρομικούς σταθμούς , αεροδρόμια κλπ . καθώς και σε διανομή αγαθών μέσα σε προκαθορισμένες περιοχές .

Η ημερήσια ακτίνα δράσης αυτών των οχημάτων είναι μικρή και η ενέργεια του συσσωρευτή καλύπτει απόλυτα τις ανάγκες του οχήματος . Η ταχύτητά τους είναι μικρή , αλλά κατά τη λειτουργία τους απαιτείται σημαντικό ποσό ισχύος . Στην ειδική περίπτωση των περονοφόρων , το μεγάλο βάρος των συσσωρευτών είναι πλεονέκτημα , καθώς χρησιμεύει σαν αντίβαρο κατά την ανύψωση του φορτίου . Οι σύγχρονοι συσσωρευτές που χρησιμοποιούνται σε βιομηχανικές – εργοστασιακές εφαρμογές έχουν διάρκεια ζωής 1500-1800 κύκλων , στις περισσότερες των περιπτώσεων , χρησιμοποιούμενες στο 80% της χωρητικότητάς τους . Τα οχήματα που χρησιμοποιούν συσσωρευτές απαιτούν λιγότερη συντήρηση από τα παρόμοιας χρήσης που χρησιμοποιούν για τη κίνηση τους υγρά καύσιμα και μηχανή εσωτερικής καύσης . Αυτά δε που χρησιμοποιούνται σε κλειστούς χώρους , έχουν το πλεονέκτημα ότι δε μολύνουν και δε ρυπαίνουν τον χώρο εργασίας . Τις τελευταίες δύο δεκαετίες , παρατηρείται μία διαρκής αύξηση στην παραγωγή συσσωρευτών για αυτού του είδους τα οχήματα , της τάξης του 3-6 %.

β) Ηλεκτρικά οχήματα περιορισμένης ακτίνας δράσης .

Στην κατηγορία αυτή ανήκουν οχήματα τύπου golf , οχήματα κουρέματος του γκαζόν, αναπηρικά αμαξάκια , οχήματα αγροκτημάτων κλπ . . Ο συσσωρευτής οξέος μολύβδου καλύπτει ικανοποιητικά τις απαιτήσεις αυτών των οχημάτων , τόσο σε ενέργεια (ακτίνα δράσης) όσο και σε ισχύ (επιτάχυνση) . Τα οχήματα αυτά απαιτούν σχετικά μεγάλης διάρκειας ζωής συσσωρευτές , με μεγάλο ειδικό βάρος και ενεργειακές δυνατότητες . Η αγορά γι'αυτούς τους συσσωρευτές είναι περιορισμένη και σχετικά μικρή , όμως παρατηρείται μία σταθερή ετήσια αύξηση της παραγωγής .

γ) Ηλεκτρικά οχήματα δρόμου.

Στην κατηγορία αυτή ανήκουν τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα , τα φορτηγάκια διανομών και τα ηλεκτρικά λεωφορεία . Παρά το ότι τα πρώτα ηλεκτρικά οχήματα δρόμου έκαναν την εμφάνισή τους πριν 100 χρόνια περίπου , συγκριτικά με τις σημερινές ανάγκες βρίσκονται ακόμα στο στάδιο της έρευνας και της εξέλιξης . Μόνο σε μερικές περιπτώσεις και με κρατική ή ιδιωτική οικονομική ενίσχυση , συναντάμε μικρούς στόλους ηλεκτρικών οχημάτων στην κυκλοφορία . Όμως τα σημαντικά προβλήματα ρύπανσης και περιβαντολογικής μόλυνσης , προβλήματα ιδιαίτερα οξυμένα στις πόλεις , οφειλόμενα κυρίως στα βενζινοκίνητα –πετρελαιοκίνητα οχήματα , έχουν οδηγήσει πολλές βιομηχανικές χώρες στη διεξαγωγή ερευνητικών προγραμμάτων σχετικών με τα ηλεκτρικά οχήματα δρόμου . Το βασικό προς επίλυση πρόβλημα είναι η φτωχή απόδοση των συσσωρευτών .

Προς το παρόν ο συσσωρευτής οξέος μολύβδου είναι η μόνη πηγή ενέργειας που κρίνεται πρόσφορη ως προς το κόστος , τις πρώτες ύλες και την τεχνολογία . Από την άλλη , η απόδοση του συσσωρευτή κατά τη λειτουργία , απέχει από το να θεωρείται ικανοποιητική για τη χρήση σε ηλεκτρικά οχήματα δρόμου . Με τους συσσωρευτές οξέος μολύβδου , τα οχήματα αυτά καλύπτουν 70-80 Km από φόρτιση σε φόρτιση , αναπτύσσουν ταχύτητες της τάξης των 70-90 Km/h , ενώ οι

συσσωρευτές έχουν διάρκεια ζωής 500-600 κύκλων και πυκνότητα ενέργειας 22-32 Wh/kg . Αυτή η απόδοση θεωρείται μέτρια , συγκρινόμενη με αυτή των οχημάτων που χρησιμοποιούν μηχανή εσωτερικής καύσης .

Τα οχήματα δρόμου είναι τα κύρια μέσα μαζικής μεταφοράς για ανθρώπους και εμπορεύματα στον δυτικό κόσμο και καταναλώνουν περίπου 25% των πρώτων υλών και των ενεργειακών πόρων της ανθρωπότητας . Σαν αποτέλεσμα , η λειτουργία τους είναι άρρηκτα δεμένη με τη διαθεσιμότητα των πρώτων υλών . Τα αποθέματα πετρελαίου είναι σε κάποιο βαθμό περιορισμένα και δεδομένου ότι μελλοντικά η ηλεκτρική ενέργεια θα είναι πιο φθηνή απ' ό τι σήμερα και σε συνδυασμό με τη διαρκώς αυξανόμενη τιμή του πετρελαίου , τα ηλεκτρικά οχήματα θα βρεθούν σε πλεονεκτική θέση έναντι αυτών που χρησιμοποιούν μηχανή εσωτερικής καύσης , όσον αφορά τα οικονομικά μεγέθη . Στο παρόν στάδιο , η εξέλιξη και ανάπτυξη των συσσωρευτών πρέπει να προωθηθεί ακόμα περισσότερο , στην όλη προσπάθεια εύρεσης μίας εναλλακτικής λύσης στον τομέα των μεταφορών και μετακινήσεων .

ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΕΠΙΛΟΓΗΣ ΤΟΥ ΚΑΤΑΛΛΗΛΟΥ ΤΥΠΟΥ ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΩΝ

Ο μηχανικός που καλείται να επιλέξει τον καταλληλότερο τύπο συσσωρευτή για κάποιο ηλεκτρικό αυτοκίνητο, έχει να επιλέξει μέσα από μία πληθώρα διαφορετικών τύπων συσσωρευτών. Από συσσωρευτές που μπορεί να διαφέρουν μόνο κατά μερικά αμπερώρια έως και όλη κατασκευαστική και δομική φιλοσοφία. Παρ' όλα αυτά υπάρχουν ορισμένα κριτήρια τα οποία παρέχουν κάποιες εγγυήσεις ότι ο συσσωρευτής που επιλέχθηκε είναι ο καταλληλότερος για τη συγκεκριμένη πάντα εφαρμογή. Πιο συγκεκριμένα, τα κριτήρια αυτά είναι σχετικά με:

α) Τα φυσικά χαρακτηριστικά του συσσωρευτή. Εξετάζεται το μέγεθος και το βάρος του συσσωρευτή, το σχήμα, η φυσική αντίσταση του στις δονήσεις και τις μηχανικές καταπονήσεις, η θέση λειτουργίας, το υψόμετρο λειτουργίας και η επιτάχυνση του οχήματος.

β) Την ηλεκτρική συμπεριφορά του συσσωρευτή: Τάση λειτουργίας, αρχικό ρεύμα και ρεύμα λειτουργίας, σταθερές και περιοδικές απαιτήσεις ρεύματος από τον κινητήρα, χρονικό διάγραμμα εκφόρτισης.

γ) Το περιβάλλον λειτουργίας του συσσωρευτή: Στοιχεία που έχουν να κάνουν με το χώρο λειτουργίας και αποθήκευσης του συσσωρευτή όπως θερμοκρασίας, υγρασίας, πίεσης κ.λ.π..

δ) Προβλήματα ειδικής φύσης όπως: κόστος αγοράς, κόστος αντικατάστασης, κόστος φόρτισης, διάρκεια ζωής, χρόνος αποθήκευσης πριν τη χρήση, χρονοδιαγράμματα λειτουργίας, τύπος των τερματικών επαφών, τάση τελικού σημείου (end-point voltage) κ.λ.π.

Το να βρεθεί και να επιλεγεί ένας συσσωρευτής που να καλύπτει όλες τις παραπάνω προδιαγραφές, είναι πολύ δύσκολο, καθώς κάθε συσσωρευτής σε ορισμένα σημεία υπερτερεί ενώ σε άλλα υστερεί έναντι του ανταγωνισμού. Μέσα από την εμπειρία των μηχανικών και τη διαρκή τριβή και έρευνα στον χώρο τον σχετικό με τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα, έχει υιοθετηθεί ένα σύνολο ελαχίστων προδιαγραφών - απαιτήσεων, που πρέπει να καλύπτει ένας υποψήφιος συσσωρευτής, χωρίς και πάλι να είναι δυνατή μία απόλυτη πρόβλεψη για τη συμπεριφορά του συσσωρευτή όταν κληθεί να κινήσει το ηλεκτρικό όχημα. Οι προδιαγραφές αυτές αφορούν:

α) Τον κύκλο ζωής του συσσωρευτή, δηλαδή τον αριθμό κύκλων φόρτισης - εκφόρτισης, που θα πρέπει να είναι όσο το δυνατό μεγαλύτερος.

β) Τον χρόνο που παραμένει ο συσσωρευτής αποθηκευμένος, όντας ενεργοποιημένος, πριν μπει σε λειτουργία.

γ) Την χωρητικότητα του συσσωρευτή ως προς τον κύκλο ζωής του, την χωρητικότητα του συσσωρευτή στον πρώτο κύκλο φόρτισης - εκφόρτισης συγκρινόμενη με την χωρητικότητα του τελευταίου κύκλου (τέλος της διάρκειας ζωής του συσσωρευτή).

δ) Τη δυνατότητα να παραμείνει φορτισμένος για μεγάλο χρονικό διάστημα.

ε) Τη μέθοδο επαναφόρτισης

στ) Τον τρόπο συντήρησης

Όσον αφορά τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα που καλούνται να συναγωνιστούν τα γνωστά μας επιβατικά αυτοκίνητα με μηχανή εσωτερικής καύσης, οι προδιαγραφές για τους συσσωρευτές γίνονται πιο συγκεκριμένες. Έτσι ένας συσσωρευτής που θα χρησιμοποιηθεί σε ένα επιβατηγό ηλεκτρικό αυτοκίνητο με δυνατότητα κίνησης όχι μόνο στην πόλη αλλά και σε ακτίνα 80-100 Km γύρω από αυτή, θα πρέπει:

α) Να έχει μία ενεργειακή πυκνότητα τουλάχιστον 20Wh/lb ή 44Wh/kg, θεωρούμενη σε χρόνο εκφόρτισης (discharge rate) δύο ωρών. Οι τιμές αυτές θεωρούνται αναγκαία προϋπόθεση ώστε το ηλεκτρικό αυτοκίνητο να έχει την απαιτούμενη ενέργεια που θα διασφαλίζει ικανοποιητική αυτονομία.

β) Να είναι σε θέση να δώσει ρεύμα σταθερής έντασης 75 A (εκφόρτιση σταθερής έντασης) για χρονικό διάστημα μεγαλύτερο των 100-120 λεπτών .

ΣΗΜΕΙΩΣΗ:Τα 75 A θεωρούνται μία αντιπροσωπευτική τιμή ρεύματος για ένα ηλεκτρικό αυτοκίνητο εν κινήσει και το να μπορούν να διατηρηθούν για χρονικό διάστημα περίπου 2 ωρών τουλάχιστον , θεωρείται εχέγγυο ικανοποιητικής αυτονομίας .

γ) Να έχει χωρητικότητα μεγαλύτερη των 180 Ah , θεωρούμενη σε χρόνο εκφόρτισης 3 ωρών . Η τιμή αυτή των Ah αποτελεί εχέγγυο για αξιόλογη ικανότητα επιτάχυνσης και κίνησης σε ανηφορικούς δρόμους του ηλεκτρικού αυτοκινήτου

δ) Να έχει μικρό κόστος πρώτων υλών και κατασκευής

ε) Να έχει μεγάλη διάρκεια ζωής με μικρές απαιτήσεις συντήρησης . Ένας συσσωρευτής με διάρκεια ζωής μεγαλύτερη των 500-600 κύκλων φόρτισης – εκφόρτισης που χρειάζεται ελάχιστες ή και καθόλου αντικαταστάσεις ή συμπληρώσεις του ηλεκτρολύτη, θεωρείται ικανοποιητική

στ) Να είναι σε θέση να παραμείνει εκτός χρήσης , πλήρως φορτισμένος , για όσο το δυνατό μεγαλύτερο διάστημα , χωρίς να επηρεάζεται η χωρητικότητά του ή να αυτοεκφορτίζεται .

ζ) Να είναι σε θέση να επαναφορτίζεται εύκολα ,γρήγορα , χωρίς ιδιαίτερο εξοπλισμό και με ικανοποιητικό βαθμό απόδοσης .

η) Να καταλαμβάνει μικρό όγκο.

θ) Να είναι όσο το δυνατόν ασφαλέστερη κατά τη διάρκεια ατυχημάτων και να μην εγκυμονεί κινδύνους για την ασφάλεια των επιβατών (φύση-κατάσταση λειτουργίας του ηλεκτρολύτη ,θερμοκρασία λειτουργίας κλπ.) .

ι) Να μην είναι ευπαθής σε λάθη κατά τη φόρτιση και να επηρεάζεται όσο το δυνατό λιγότερο από την κακή χρήση.

κ) Να είναι εύκολη η αντικατάστασή της .

λ) Να μην χρειάζεται ιδιαίτερο εξοπλισμό ή εξειδικευμένο προσωπικό για τη συντήρησή της .

11.4. ΤΥΠΟΙ ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΩΝ ΓΙΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΑ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το σημείο εκκίνησης στην αναζήτηση πηγών ενέργειας για ηλεκτρικά αυτοκίνητα, οχήματα γενικότερα, ήταν φυσικά ο συσσωρευτής οξέος μολύβδου. Λόγω της σχετικά μικρής του πυκνότητας ενέργειας, συγκρινόμενος με άλλους τύπους συσσωρευτών που έκαναν την εμφάνισή τους τις τελευταίες δεκαετίες, ο συσσωρευτής οξέος μολύβδου έχει πάψει να αποτελεί τη μοναδική λύση για τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα. Η χαμηλή πυκνότητα ενέργειας που τον διακρίνει, θέτει αυστηρούς περιορισμούς σε θέματα αυτονομίας – ακτίνας δράσης μεταξύ δύο φορτίσεων. Και αυτό τη στιγμή που η συμπεριφορά του συγκεκριμένου συσσωρευτή σε τομείς όπως η επιτάχυνση και η μέγιστη ταχύτητα έχει παρουσιάσει τεράστια βήματα προόδου. Θα ήταν λάθος όμως αν ο συσσωρευτής οξέος μολύβδου δε λαμβανόταν σοβαρά υπόψη ως μία πηγή ενέργειας για τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα. Στην πραγματικότητα ο μόνος τύπος συσσωρευτή με τόσο ευρύ πεδίο εφαρμογών και τόσο μεγάλο αριθμό πειραματικών μοντέλων. Αποτελεί ίσως την πιο δοκιμασμένη λύση και η έρευνα που έχει συντελεστεί στο συγκεκριμένο τύπο συσσωρευτή δεν μπορεί να συγκριθεί με καμία άλλη.

Αυτό δε σημαίνει ότι οι έρευνες και οι επιστήμονες δεν προσπαθούν να εξελίξουν άλλους τύπους συσσωρευτών, με στόχο όσο το δυνατόν καλύτερα χαρακτηριστικά και την ιδανική ίσως συμπεριφορά. Σύμφωνα με τις νεώτερες εξελίξεις, τεράστιο ενδιαφέρον παρουσιάζουν οι συσσωρευτές λιθίου – θειούχου σιδήρου, νικελίου – καδμίου, νικελίου – σιδήρου, αργύρου – ψευδαργύρου, νατρίου-θειού και ψευδαργύρου – χλωρίου. Οι συσσωρευτές αυτοί διακρίνονται για την απόδοσή τους, που μπορεί να φτάσει και τρεις φορές αυτή των καλύτερων συσσωρευτών οξέος μολύβδου. Μερικοί απ' αυτούς τους συσσωρευτές (όπως τα συστήματα νικελίου) εμφανίζονται ως λύσεις του παρόντος ή του κοντινού μέλλοντος ενώ άλλες (όπως τα συστήματα λιθίου) θεωρούνται ως μακροπρόθεσμες λύσεις.

Η ανάπτυξη και διάδοση των ηλεκτρικών αυτοκινήτων σήμερα, περιορίζεται από την αδυναμία ανάπτυξης ενός συσσωρευτή που να διακρίνεται για το μικρό του κόστος και να διαθέτει πυκνότητα ενέργειας μεγαλύτερη απ' αυτή των 25 Wh/kg, που διαθέτουμε σήμερα. Το συγκεκριμένο επίπεδο πυκνότητας ενέργειας περιορίζει κατά πολύ τις δυνατότητες αυτονομίας των ηλεκτρικών αυτοκινήτων, υποχρεώνοντας τα σε μικρή ακτίνα δράσης, σχεδόν πάντα στα όρια της πόλης (αστικός κύκλος). Από την άλλη, ηλεκτρικά αυτοκίνητα που να είναι σε θέση να ταξιδεύουν από πόλη σε πόλη, ίσως απαιτούν συσσωρευτές με ενεργειακή πυκνότητα μεγαλύτερη των 200 Wh/kg και, αν και μεγάλα βιομηχανικά συγκροτήματα εξελίσουν από κοινού συσσωρευτές μεγάλης ενεργειακής πυκνότητας, πιστεύεται ότι ένας τέτοιος προηγμένος συσσωρευτής θα εμφανιστεί στην αγορά μετά από πολλά χρόνια. Μέχρι τώρα μόνο τρία είναι τα γνωστά συστήματα επαναφορτιζόμενων συσσωρευτών με πυκνότητα ενέργειας μεγαλύτερη των 200 Wh/kg. Αυτά είναι τα συστήματα νατρίου-θειού, λιθίου-χλωρίου και λιθίου-θειού τα οποία βρίσκονται ακόμα στο στάδιο της εξέλιξης, παρουσιάζοντας κάποια προβλήματα που απαιτούν τη λύση πριν διατεθούν οι συγκεκριμένοι συσσωρευτές στην αγορά. Εντούτοις, κάποιο σύστημα συσσωρευτών με μία ενδιάμεση πυκνότητα ενέργειας, της τάξης των 50-70 Wh/kg, θα μπορούσε να προσφέρει μία λύση για τις απαιτήσεις της δεκαετίας που διανύουμε, για ηλεκτρικά αυτοκίνητα που θα έχουν μεγάλη ακτίνα δράσης, πάντα σε αναμονή ενός ανώτερου ποιοτικού συσσωρευτή. Οι συσσωρευτές των 50-70 Wh/kg, θα μπορούσαν να συνδυαστούν με μηχανές εσωτερικής καύσης σε υβριδικά οχήματα, έτσι ώστε να υπάρξει τελικά εφαρμογή των πλεονεκτημάτων της ηλεκτροκίνησης χωρίς τα σχετικά μειονεκτήματα (στην προκειμένη περίπτωση μικρή εμβέλεια).

Η εταιρία Eagle Picher, μέσα από διεξοδική μελέτη, κατέληξε στο συμπέρασμα ότι αυτή τη στιγμή και για το άμεσο μέλλον, υπάρχουν τρία υποψήφια

συστήματα συσσωρευτών για τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα μέσης ακτίνας δράσης . Αυτά είναι τα συστήματα νικελίου-υδρογόνου , νικελίου – σιδήρου και νικελίου-ψευδαργύρου .

Πρόσφατες εξελίξεις και αποτελέσματα έρευνας σχετικά με τα ηλεκτρόδια οξειδίου του νικελίου , αφήνουν αισιόδοξα μηνύματα και προοπτικές για τα παραπάνω συστήματα και την ικανότητα κάλυψης συγκεκριμένων προδιαγραφών . Ανακαλύφθηκαν νέα υλικά μικρού βάρους που δίνουν τη δυνατότητα κατασκευής ηλεκτροδίων μεγάλης ειδικής επιφάνειας . Έτσι κατασκευάζονται ηλεκτρόδια μεγάλου πάχους και χωρητικότητας , υψηλής ενεργειακής πυκνότητας και χαμηλού κόστους . Αυτή η νέα διαδικασία και μέθοδος κατασκευής δημιουργεί ηλεκτρόδια τα οποία έχουν σταθερές διαστάσεις και κατά συνέπεια μπορούν να αντέξουν χωρίς προβλήματα βαθύτερες εκφορτίσεις . Η Eagle Picher έχει προχωρήσει και στη δημιουργία ενός υπολογιστικού προγράμματος που χρησιμοποιεί στη μελέτη συγκεκριμένων μοντέλων οχημάτων . Οι κύριοι είσοδοι (input) του προγράμματος περιλαμβάνουν ένα υποθετικό πλάνο οδήγησης , τις ταχύτητες ταξιδιού και τους διάφορους περιορισμούς ταχύτητας , τη μετωπική επιφάνεια του οχήματος , την αντίσταση κύλισης και το βαθμό απόδοσης του κινητήριου συστήματος (συσσωρευτής-ηλεκτρονική διάταξη ελέγχου- ηλεκτροκινητήρας . Ο βαθμός αυτός υπολογίστηκε στο 40% περίπου . Για ένα όχημα συγκεκριμένου βάρους που χρησιμοποιεί κάποιο σύστημα συσσωρευτών γνωστής πυκνότητας ενέργειας , το πρόγραμμα θα προβλέψει μέσα από τη δημιουργία και ερμηνεία ανάστροφων καμπυλών ελαχίστου τετραγώνου :

- α) Την απαιτούμενη ενέργεια ανά μονάδα διανυόμενης απόστασης.
- β) Την ενέργεια που απαιτείται για την επιτάχυνση .
- γ) Την ενέργεια που απαιτείται ανά μονάδα διανυόμενης απόστασης , κατά τη διάρκεια ταχύτητας ταξιδιού .
- δ) Το χρονικό διάστημα κατά το οποίο θα απαιτείται το μέγιστο της ισχύος κατά την επιτάχυνση.
- ε) Το μέγιστο ισχύος που απαιτείται κατά την επιτάχυνση .

Για παράδειγμα , ας υποθέσουμε ότι έχουμε κάποιο όχημα 1815 κιλών που χρησιμοποιεί συσσωρευτές πυκνότητας ενέργειας 60 Wh/kg και κινείται με το πρόγραμμα D του S.A.E. Electric Vehicle Test Procedure . Σύμφωνα λοιπόν με τα αποτελέσματα του υπολογιστή , το όχημα αυτό είναι σε θέση να διανύσει απόσταση 160 Km με μέση ταχύτητα 70 Km/h , με ωφέλιμο φορτίο περίπου 363 Kg. Μπορεί να επιταχύνει μέχρι αυτή τη ταχύτητα καταναλώνοντας ενέργεια από τους συσσωρευτές για 25 δευτερόλεπτα περίπου και κατά το διάστημα αυτό η ζητούμενη πυκνότητα ισχύος είναι 59 Wh/kg .

Τα αποτελέσματα που προκύπτουν από το πρόγραμμα αυτό συμφωνούν με μία παρόμοια μελέτη που έχει διεξαχθεί στην Ευρώπη , στην οποία αναφέρεται ότι συσσωρευτές με ενεργειακή πυκνότητα 40-60 Wh/kg (σε θεωρούμενα χρόνο εκφόρτισης 2 ωρών) και πυκνότητας ισχύος 56 Wh/kg μπορούν να ικανοποιήσουν μεγάλο μέρος των απαιτήσεων για οχήματα που θα κινούνται και από πόλη σε πόλη (έχοντας δηλαδή αυξημένες απαιτήσεις σε αυτονομία).

Ένα από τα συμπεράσματα αυτής της μελέτης είναι ότι αν και τα συστήματα νικελίου – καδμίου ή νικελίου – σιδήρου ή νικελίου – ψευδαργύρου θεωρούνται ικανοποιητικά , εντούτοις το σύστημα νικελίου-υδρογόνου είναι πιο ελπιδοφόρο και πολλά υποσχόμενο για τις διάφορες εφαρμογές σε ηλεκτρικά αυτοκίνητα . Συστήματα νικελίου-υδρογόνου χρησιμοποιούνται αυτή τη στιγμή σε αεροδιαστημικές εφαρμογές , προσφέροντας ενεργειακή πυκνότητα 50 Wh/kg και έχουν δοκιμαστεί επιτυχώς για χιλιάδες κύκλους φόρτισης –εκφόρτισης.

Το σύστημα νικελίου – υδρογόνου είναι στεγανό και κατά συνέπεια δεν έχει την παραμικρή ανάγκη συντήρησης . Ταυτόχρονα δεν παρουσιάζει τη γνωστή ευαισθησία κατά τη λειτουργία , όπως διάφορα άλλα επίσης στεγανά συστήματα συσσωρευτών . Το σύστημα αυτό δεν επηρεάζεται από την κακή χρήση , όσον αφορά την υπερφόρτιση ή την υπερεκφόρτιση , κάτι πολύ σημαντικό αν υπολογίσει

κανείς τη μεγάλη σειρά από αλυσίδες στοιχείων που χρειάζονται για την παραγωγή της απαιτούμενης για τη λειτουργία του κινητήριου συστήματος τάσης .

Το κυριότερο πρόβλημα των συσσωρευτών νικελίου-υδρογόνου είναι το κόστος . Αν και χρησιμοποιείται σε πολύ μικρή ποσότητα , ένα από τα συστατικά του αρνητικού ηλεκτροδίου είναι ένας πολύ ακριβός , υψηλής ποιότητας μεταλλικός καταλύτης .

Ένα μικρότερο αλλά σημαντικό μειονέκτημα του συστήματος νικελίου-υδρογόνου είναι ότι ένα από τα αντιδρώντα στοιχεία είναι σε αέρια κατάσταση (υδρογόνο). Αν αυτό αποθηκεύεται υπό πίεση , ο ενεργειακός όγκος του συστήματος μειώνεται και το αέριο είναι πιθανό να δημιουργήσει προβλήματα σε ένα επιβατηγό αυτοκίνητο . Βέβαια το υδρογόνο ως αέριο , έχει μέχρι στιγμής αποθηκευτεί σε διάφορες εφαρμογές με τη μορφή ενός χημικού υδριδίου και αυτή η τεχνική είναι δυνατό να χρησιμοποιηθεί και στην περίπτωση των ηλεκτρικών αυτοκινήτων .

ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΕΣ ΟΞΕΟΣ – ΜΟΛΥΒΔΟΥ

Οι συσσωρευτές οξέος μολύβδου είναι οι περισσότερο χρησιμοποιούμενοι σε ηλεκτρικά οχήματα . Έχουν τάση ανοικτού κυκλώματος 2,05 V ανά στοιχείο και η ενεργειακή τους πυκνότητα μπορεί να φτάσει θεωρητικά και για μεγάλο χρόνο εκφόρτισης τις 167 Wh/kg . Στην πραγματικότητα η πυκνότητα ενέργειας του συσσωρευτή οξέος μολύβδου κυμαίνεται μεταξύ 22 και 52 Wh/kg , σε θεωρούμενο χρόνο εκφόρτισης 5 ωρών , με το σύνολο των συσσωρευτών των διαφόρων εταιριών να βρίσκεται γύρω στις 30-35 Wh/kg . Η τιμή αυτή να μεν είναι κατά πολύ καλύτερη αυτής της προηγούμενης εικοσαετίας, αλλά και πάλι θεωρείται μέτρια για να καλύψει τις απαιτήσεις που υπάρχουν για ένα ηλεκτρικό αυτοκίνητο της σημερινής εποχής . Γι ' αυτό , πέρα από την ,ερευνά που διεξάγεται για την ανάπτυξη ενός πολύ προηγμένου συσσωρευτή , συνεχίζεται η εξέλιξη του συσσωρευτή οξέος μολύβδου με στόχο ακόμα μεγαλύτερη πυκνότητα ενέργειας και κατά προέκταση καλύτερη απόδοση . Θεωρείται ότι ο συσσωρευτής αυτός έχει φτάσει ίσως στο μέγιστο της εξέλιξης και των δυνατοτήτων του , όμως τα πολλά του πλεονεκτήματα τον κάνουν να παραμένει μία ικανοποιητική λύση για πλήθος εφαρμογών . Ο συσσωρευτής οξέος μολύβδου χαρακτηρίζεται από ικανότητα παραγωγής υψηλών ρευμάτων , δυνατότητα λειτουργίας κάτω από ευρύ φάσμα θερμοκρασιών , δυνατότητα διατήρησης της φόρτισης όταν είναι εκτός λειτουργίας , υψηλό βαθμό απόδοσης , μεγάλη διάρκεια ζωής και συγκρινόμενος με τα άλλα συστήματα συσσωρευτών , πολύ χαμηλό κόστος πρώτων υλών και κατασκευής , ενώ και η ενεργειακή του πυκνότητα θεωρείται ότι έχει σημειώσει πρόοδο , υπολειπόμενη όμως πάντα του ανταγωνισμού . Είναι χαρακτηριστικό ότι η ενεργειακή πυκνότητα του συσσωρευτή οξέος μολύβδου επηρεάζεται άμεσα από τον χρόνο εκφόρτισης . Ο μικρός χρόνος εκφόρτισης συνεπάγεται πολύ μεγάλη κινητικότητα και διάχυση ιόντων . Κρύσταλλοι θειικού μολύβδου εναποτίθεται στην επιφάνεια των ηλεκτροδίων κλείνοντας τους πόρους και ελαττώνοντας κατά προέκταση την ενεργό επιφάνεια των ηλεκτροδίων και μη επιτρέποντας στον ηλεκτρολύτη την είσοδο στους πόρους των ηλεκτροδίων . Ο επηρεασμός αυτός της ενεργειακής πυκνότητας από τον χρόνο εκφόρτισης φαίνεται στις τιμές που δίνουν οι κατασκευαστές για τους συσσωρευτές τους . Για παράδειγμα ο συσσωρευτής της Dynasty , της Johnson Controls ,έχει ενεργειακή πυκνότητα 30.2 , 26.75 , 19.2 και 15.4 Wh/kg για χρόνο εκφόρτισης 10 , 5 , 1 και μισής ώρας αντίστοιχα . Περισσότερο αντιπροσωπευτικός θεωρείται ο χρόνος εκφόρτισης των 3 ή των 5 ωρών , που θα υιοθετεί και στη συνέχεια της ενότητας .

Συνήθως οι συσσωρευτές οξέος μολύβδου δεν απασχολούν ιδιαίτερα τους μηχανικούς από άποψη βάρους , μεγέθους , συμπεριφοράς κατά την χρήση κλπ . . Λίγο πολύ οι σημερινοί συσσωρευτές οξέος μολύβδου βρίσκονται στο ίδιο ποιοτικό επίπεδο και οι διαφορές μεταξύ τους δεν είναι ιδιαίτερα σημαντικές . Αν κάποιος όμως ήθελε να αναφέρει κάποιους παράγοντες που θα έπρεπε να ληφθούν υπ όψη κατά την επιλογή του καταλληλότερου μοντέλου συσσωρευτή οξέος μολύβδου για ένα ηλεκτρικό αυτοκίνητο , όχημα εν γένει , αυτοί θα είναι :

α) Η πραγματική τιμή των ρευμάτων που θα κληθεί να δώσει ο συσσωρευτής κατά τη λειτουργία (εκφόρτιση). Όσο μεγαλύτερη είναι η μέση τιμή του ρεύματος εκφόρτισης , τόσο ελαττώνεται η διαθέσιμη χωρητικότητα (μετρούμενη σε Ah).

β) Ο συνολικός χρόνος εκφόρτισης του συσσωρευτή . Όσο μικρότερος είναι ο χρόνος εκφόρτισης , τόσο λιγότερη και η διαθέσιμη χωρητικότητα .

γ) Η καθημερινή ακτίνα δράσης του αυτοκινήτου . Είναι σύνηθες φαινόμενο ένα αυτοκίνητο να πρέπει να καλύπτει ημερησίως απόσταση μεγαλύτερη απ ' ότι είχε αρχικά προβλεφθεί .

δ) Σε θεωρητικά ίδιες συνθήκες λειτουργίας , ένας συσσωρευτής οξέος μολύβδου έχει τόσο καλύτερη απόδοση όσο πιο καινούργιος είναι , ενώ με την πάροδο του χρόνου η απόδοση του μειώνεται (λόγω του φαινομένου "γήρανσης" του μολύβδου).

Οι παραπάνω παράγοντες παίρνουν πιο συγκεκριμένη μορφή, όταν κληθεί ο μηχανικός να υπολογίσει την χωρητικότητα του απαιτούμενου συσσωρευτή οξέος μολύβδου. Γνωρίζοντας τα αμπερώρια που καταναλώνει ο κινητήρας του ηλεκτρικού αυτοκινήτου κατά τη λειτουργία του, υπολογίζεται η απαιτούμενη χωρητικότητα του συσσωρευτή, θεωρούμενη στον χρόνο εκφόρτισης των 5 ωρών. Οι δύο πρώτοι παράγοντες που αναφέρθηκαν παραπάνω, εκφράζονται μέσω ενός συντελεστή ίσου με $1/0,7$. Και αυτό γιατί οι δύο αυτοί παράγοντες ουσιαστικά επιδρούν αρνητικά, μειώνοντας την χωρητικότητα του συσσωρευτή στο 80% της ονομαστικής της τιμής κι αυτό γιατί ένας συσσωρευτής οξέος μολύβδου δε θα πρέπει να εκφορτίζεται περισσότερο από το 80% της χωρητικότητάς του. Οπότε ο συνολικός συντελεστής ισούται με $1/0,7$ επί $1/0,8$, δηλαδή ισούται με $1/0,56$. Αυτό σημαίνει ότι γνωρίζοντας ότι ο κινητήρας καταναλώνει Χ αριθμό αμπερωρίων, πρέπει να επιλεγεί συσσωρευτής ονομαστικής χωρητικότητας (σε θεωρούμενο χρόνο εκφόρτισης 5 ωρών) $C5 = 1/0,56 \cdot X$. Ουσιαστικά δηλαδή η χωρητικότητα του συσσωρευτή είναι περίπου διπλάσια των αμπερωρίων που καταναλώνει ο κινητήρας.

Καταλήγοντας, αν κάποιος ήθελε να αναφέρει συγκεκριμένα ελάχιστα όρια για ένα συσσωρευτή οξέος μολύβδου για χρήση σε ηλεκτρικό αυτοκίνητο, τότε αυτός θα πρέπει:

α) Να έχει πυκνότητα ενέργειας μεγαλύτερη από 44 Wh/kg για χρόνο εκφόρτισης 3 ωρών.

β) Να είναι σε θέση να εκφορτιστεί δίνοντας ρεύμα σταθερής έντασης 75 A για χρονικό διάστημα μεγαλύτερο των 100 λεπτών. Τα 75 A θεωρούνται μία ενδεικτική μέση τιμή ρεύματος εκφόρτισης ενώ τα 100 λεπτά θεωρούνται ένα ικανοποιητικό ελάχιστο όριο.

γ) Να έχει χωρητικότητα μεγαλύτερη των 170-180 Ah για θεωρούμενο χρόνο εκφόρτισης 3 ωρών. Το ελάχιστο αυτό όριο χωρητικότητας εγγυάται ικανοποιητική επιτάχυνση και δυνατότητα κίνησης σε κεκλιμένους δρόμους.

Αν ένας συσσωρευτής συγκεντρώνει τα παραπάνω χαρακτηριστικά και επιπρόσθετα διακρίνεται από μία σχετικά μεγάλη διάρκεια ζωής (τουλάχιστον 500 κύκλοι φόρτισης -εκφόρτισης) τότε μπορεί να κινήσει ικανοποιητικά ένα επιβατηγό ηλεκτρικό αυτοκίνητο.

Στην τεχνολογία και παραγωγή συσσωρευτών οξέος μολύβδου για ηλεκτρικά οχήματα και επιβατικά αυτοκίνητα, σημαντική θέση κατέχουν δύο εταιρίες: η αγγλική Chloride και η αμερικάνικη Trojan. Η Chloride ανάμεσα σε πάρα πολλά μοντέλα για εφαρμογές σε κάθε είδους ηλεκτρικά οχήματα, προσφέρει και πέντε είδη συσσωρευτών που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε ηλεκτρικά αυτοκίνητα (ΠΙΝΑΚΑΣ Γ-1).

Και τα πέντε μοντέλα (ΠΙΝΑΚΑΣ Γ-1) έχουν διάρκεια ζωής μεγαλύτερη των 500 κύκλων φόρτισης - εκφόρτισης. Από τα παραπάνω μοντέλα οι 3EC200 και 3EC240 χαρακτηρίζονται από ικανοποιητική χωρητικότητα, μεγάλο χρόνο εκφόρτισης με σταθερό ρεύμα έντασης 75 A αλλά και μικρή πυκνότητα ενέργειας λόγω μεγάλου βάρους. Οι συσσωρευτές 3ET175 και 3ET184 έχουν ικανοποιητικό χρόνο εκφόρτισης με σταθερό ρεύμα 75 A και ικανοποιητική πυκνότητα ενέργειας, υστερούν όμως από άποψη χωρητικότητας, χωρίς αυτό να σημαίνει ότι σε ορισμένες εφαρμογές (ηλεκτρικά αυτοκίνητα μικρού βάρους και ωφέλιμου φορτίου) δε θα απέδιδαν περισσότερο από ικανοποιητικά. Από τους παραπάνω πέντε συσσωρευτές, ο 3EF192 συγκεντρώνει τα καλύτερα χαρακτηριστικά, χωρίς να υστερεί σε κάποια κατηγορία. Χαρακτηρίζεται από μία γενικότερη ισορροπία και καλύπτει όλες τις προδιαγραφές που τέθηκαν παραπάνω. Θεωρείται ως η καλύτερη λύση που προσφέρει η Chloride στην κατηγορία συσσωρευτών οξέος μολύβδου, για ένα μέσο ηλεκτρικό αυτοκίνητο.

ΤΥΠΟΣ	ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑ	ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑ	ΤΑΣΗ	ΒΑΡΟΣ	ΧΡΟΝΟΣ ΕΚΦΟΡΤΙΣΗΣ	ΠΥΚΝ. ΕΝΕΡΓ.
	ΚΛΙΜΑΚΑ 5h (Ah)	ΚΛΙΜΑΚΑ 3h (Ah)	(V)	(Kg)	ΣΤΑΘΕΡΟ ΡΕΥΜΑ 75A (mins)	ΚΛΙΜΑΚΑ 3h (Wh/Kg)
3ET175	175	155	6	26	Περίπου 100	35,77
3ET184	184	163	6	31	Περίπου 120	31,55
3ET192	192	170	6	34	Περίπου 125	30
3EC200	200	177	6	42	Περίπου 132	25,3
3EC240	240	212.5	6	49	Περίπου 150	26

Πιν . Γ.1 Συσσωρευτές οξέος μολύβδου της Chloride για ηλεκτρικά αυτοκίνητα

Η Trojan είναι από τις μεγαλύτερες εταιρίες κατασκευής συσσωρευτών οξέος μολύβδου στις Η.Π.Α. Διαθέτει μεγάλο πλήθος συσσωρευτών οξέος μολύβδου, ειδικά για ηλεκτρικά οχήματα. Ανάμεσά τους ξεχωρίζουν πέντε μοντέλα συσσωρευτών οι οποίοι μπορούν να κινήσουν ικανοποιητικά ένα μέσο ηλεκτρικό αυτοκίνητο. (ΠΙΝΑΚΑΣ Γ-2)

ΤΥΠΟΣ	ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑ	ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑ	ΤΑΣΗ	ΒΑΡΟΣ	ΧΡΟΝΟΣ ΕΚΦΟΡΤΙΣΗΣ	ΠΥΚΝ. ΕΝΕΡΓ.
	ΚΛΙΜΑΚΑ 5h (Ah)	ΚΛΙΜΑΚΑ 3h (Ah)	(V)	(Kg)	ΣΤΑΘΕΡΟ ΡΕΥΜΑ 75A (mins)	ΚΛΙΜΑΚΑ 3h (Wh/Kg)
T-105	*	*	6	27.7	107	*
T-145	210	190	6	32.7	145	34.5
J250	*	*	6	35.4	149	*
J305	*	*	6	47.2	160	*
L16	*	*	6	58.5	187	*

Πιν . Γ.2 Συσσωρευτές οξέος μολύβδου της Trojan για ηλεκτρικά αυτοκίνητα

Σαν επίλογο στην αναφορά στους συσσωρευτές οξέος μολύβδου, είναι ίσως προτιμότερο να αναφερθεί το πόρισμα μίας έρευνας που διεξήγαγε η ESB Rayvac Corporation κατά τη διάρκεια του 5ου Διεθνούς Συμποσίου Ηλεκτρικών Οχημάτων, το 1978. Η έρευνα αυτή καταλήγει στο συμπέρασμα ότι οι απαιτήσεις του 80% των ημερησίων μετακινήσεων που συνήθως περιορίζονται μέσα στον αστικό κύκλο, μπορούν να καλυφθούν ικανοποιητικά από τους σημερινής τεχνολογίας συσσωρευτές οξέος μολύβδου, οι οποίοι όπως, τονίζεται στο πόρισμα της έρευνας, έχουν φτάσει σε υψηλά επίπεδα απόδοσης.

ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΕΣ ΝΙΚΕΛΙΟΥ – ΚΑΔΜΙΟΥ

Ο συσσωρευτής νικελίου-καδμίου έχει θεωρητική πυκνότητα ενέργειας περίπου 220Wh/Kg και τάση ανοικτού κυκλώματος περίπου 1,35 Volts ενώ η ονομαστική τάση είναι 1,2 Volts ανά στοιχείο. Τα στοιχεία νικελίου - καδμίου επιτρέπουν υψηλή απορρόφηση ισχύος από τον χρήστη, έχουν εντυπωσιακή διάρκεια ζωής και ενεργειακή πυκνότητα αρκετά υψηλή. Συγκρίνοντας τους συσσωρευτές νικελίου - καδμίου με αυτούς του οξέος μολύβδου, παρατηρούμε ό,τι οι συσσωρευτές νικελίου - καδμίου έχουν διπλάσια πυκνότητα ενέργειας, τριπλάσια πυκνότητα ισχύος και τετραπλάσια διάρκεια ζωής, με προοπτική ν' αυξηθούν ακόμα περισσότερο την ποιοτική διαφορά τους με τους συσσωρευτές οξέος μολύβδου. Οι βελτιωμένες διαχωριστικές πλάκες έχουν αυξήσει κατά πολύ τη διάρκεια ζωής ενώ σημαντική πρόοδος έχει συντελεστεί και στην κατασκευή προηγμένων ηλεκτροδίων νικελίου, επιτρέποντας μεγαλύτερη πυκνότητα ενέργειας με μικρότερο κόστος. Για τα αρνητικά ηλεκτρόδια έχει υιοθετηθεί μία τεχνική κατασκευής ηλεκτροδίων σπογγώδους υφής που συντελεί συν τοις άλλοις και στη μείωση του βάρους.

Ο συσσωρευτής νικελίου - καδμίου έχει δώσει λύσεις στα περισσότερα από τα προβλήματα που παρουσίαζαν οι συσσωρευτές οξέος μολύβδου, όμως το κόστος του παραμένει συγκριτικά υψηλό. Ακόμα, τα αποθέματα καδμίου είναι περιορισμένα και δύσκολα θα καλύψουν τη ζήτηση σε περίπτωση που εξαπλωθεί η χρήση των συγκεκριμένου συσσωρευτή σε ηλεκτρικά αυτοκίνητα.. Λύση στο πρόβλημα αυτό θα μπορούσε να δώσει η ανακύκλωση, η οποία στην περίπτωση των συσσωρευτών νικελίου-καδμίου έχει υψηλό βαθμό απόδοσης. Συμπερασματικά, παρά τα σημαντικά προβλήματα κόστους και περιορισμένων αποθεμάτων καδμίου, οι συσσωρευτές νικελίου - καδμίου συγκεντρώνουν την προτίμηση πολλών μηχανικών και ερευνητών, τουλάχιστον για την επόμενη δεκαετία και πριν εξελιχθεί ένα προηγμένο σύστημα συσσωρευτών.

Ίσως η σημαντικότερη εταιρία παραγωγής συσσωρευτών νικελίου-καδμίου στην Ευρώπη από τις μεγαλύτερες στον κόσμο, είναι η γαλλική SAFT, μέλος του C.G.E. Group. Παράγει μία πληθώρα συσσωρευτών νικελίου - καδμίου και έχει εξελίξει ορισμένους τύπους συσσωρευτών ειδικά για ηλεκτρικά οχήματα κάθε χρήσης. Συγκρίνοντας τους συσσωρευτές νικελίου - καδμίου της SAFT με τους πιο προηγμένους συσσωρευτές οξέος μολύβδου, προκύπτουν ορισμένα ενδιαφέροντα στοιχεία (Πιν. Γ-3)

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΟ	ΜΟΝΑΔΕΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ	Ni-Cad	ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΕΣ ΟΞΕΟΣ ΜΟΛΥΒΔΟΥ
Πυκνότητα ενέργειας ως προς το βάρος	Wh/Kg (3h)	52	30
Πυκνότητα ενέργειας ως προς τον όγκο	Wh/dm(3h)	92-100	72
Πυκνότητα ισχύος	W/kg	210	100
Διάρκεια ζωής	κύκλοι	2000	600

Πιν . Γ.3 Σύγκριση συσσωρευτών Ni-Cad της SAFT και οξέος μολύβδου

Αξίζει να παρατεθεί και η εξέλιξη των συσσωρευτών νικελίου-καδμίου την τελευταία 15ετία. Σχετικός ο Πίν. Γ-4.

ΤΥΠΟΣ ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΗ	ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	ΕΙΔΙΚΗ ΙΣΧΥΣ	ΒΑΘΜΟΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ	ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΖΩΗΣ
	Wh/kg (3h)	Wh/dm (3 h)	W/kg	%	
Σωληνοειδής (PbO)	22	40	31	50	2000
Πειραματικό πρωτότυπο του 1980	50	90	125	55	1000
STM 6V monoblock του 1988	56	100	200	70	1600
Προοπτικές για 1992	65	130	200	70	2000

Πιν . Γ.4 Εξέλιξη διαφόρων τύπων συσσωρευτών τα τελευταία χρόνια

Η SAFT έχει αναπτύξει τη σειρά συσσωρευτών νικελίου-καδμίου STM, η οποία θεωρείται ό,τι πιο σύγχρονο και αποδοτικό υπάρχει αυτή τη στιγμή στον χώρο των συσσωρευτών νικελίου-καδμίου για ηλεκτρικά οχήματα. Ειδικότερα, για ένα ηλεκτρικό αυτοκίνητο που δε θα διέφερε σε τίποτα από ένα συμβατικό με μηχανή εσωτερικής καύσης, υπάρχουν 5 τύποι συσσωρευτών STM που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν. Τα κύρια χαρακτηριστικά τους περιγράφονται στον Πιν. Γ-5

ΤΥΠΟΣ	ΕΙΔΟΣ	ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ ΤΑΣΗ	ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑ	RATED ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑ	ΒΑΡΟΣ kg	ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ
		volts	Ah(5h)	Ah(5h)		Wh/kg(5h)
STM1.200	στοιχείο	1.2	200	197	6.3	38.1
STM1.230	στοιχείο	1.2	230	223	7	39.5
STM1.280	στοιχείο	1.2	280	273	8.5	39.5
STM5.140	Μπλοκ 5 στοιχείων	6	140	140	17.5	48
STM5.200	Μπλοκ 5 στοιχείων	6	200	190	23.2	51.8

Πιν . Γ.5 Συσσωρευτές νικελίου-καδμίου STM της SAFT

Ένα μέτρο σύγκρισης μεταξύ των συσσωρευτών νικελίου - καδμίου STM της SAFT και των καλύτερων συσσωρευτών οξέος μολύβδου, φαίνεται και στον Πιν. Γ-6, όπου εμφανίζονται τα αποτελέσματα μίας δοκιμής που πραγματοποίησε η SAFT. Συγκεκριμένα, ένα μικρό φορτηγό μεταφοράς, εμπορευμάτων με συνολικό βάρος 3,2 τόνων και βάρος αμαξώματος (χωρίς ωφέλιμο φορτίο και συσσωρευτές) 1,6 τόνων, χρησιμοποιήθηκαν για μεγάλο χρονικό διάστημα εφοδιασμένο στη μία περίπτωση με συσσωρευτές νικελίου - καδμίου STM της SAFT και στην άλλη με συσσωρευτές οξέος μολύβδου. Με τη λογική της διατήρησης ορισμένων παραμέτρων κοινών και για τους δύο τύπους συσσωρευτών, προέκυψαν τα στοιχεία που παραθέτονται.

ΟΞΕΟΣ ΜΟΛΥΒΔΟΥ (προηγμένες)	ΝΙΚΕΛΙΟΥ ΚΑΔΜΙΟΥ STM ΤΗΣ SAFT			
	Ιδίου βάρους	Ιδίου όγκου	Ιδίας ακτίνας	
	Με τις οξέος μολύβδου			
Χαρακτηριστικά συσσωρευτή				
Βάρος (kg)	882	882	656	465
Όγκος(dm)	368	496	368	257
Διάρκεια ζωής(km)	38,464	268,404	191,835	127,643
Απόδοση οχήματος				
Ημερήσια ακτίνα δράσης (km)	64	134	96	64
Ωφέλιμο φορτίο(kg)	698	698	924	1115
Μέγιστη ταχύτητα (km/h)	90	100	100	100
Επιτάχυνση από 0-50km/h(sec)	12	10	10	10

Πιν . Γ.6 αποτελέσματα της συγκριτικής δοκιμής της SAFT για συσσωρευτές STM νικελίου-καδμίου και προηγμένων οξέος μολύβδου

Όπως προκύπτει από τον παραπάνω πίνακα, για ίδιο ωφέλιμο φορτίο, οι συσσωρευτές νικελίου - καδμίου έχουν διπλάσια ακτίνα δράσης, για ίδιο όγκο συσσωρευτών, στην περίπτωση του νικελίου-καδμίου έχουμε αύξηση τον ωφέλιμου φορτίου κατά 32 % και της ακτίνας δράσης κατά 50%, ενώ για ίδια ακτίνα δράσης με τους συσσωρευτές νικελίου-καδμίου έχουμε αύξηση τον ωφέλιμου φορτίου κατά 60%, συγκριτικά Πάντα με την χρήση των προηγμένων συσσωρευτών οξέος μολύβδου.

Άξια αναφοράς σχετικά με τους συσσωρευτές νικελίου -καδμίου είναι και τα παρακάτω δύο στοιχεία :

α) Η χωρητικότητά τους σε αμπερώρια επηρεάζεται σε πολύ μικρό ποσοστό, από το ρυθμό εκφόρτισης. Αυτό είναι πολύ σημαντικό γιατί για ρυθμούς εκφόρτισης σχετικά μικρούς (1, 2ή 3 ωρών), η χωρητικότητα του συσσωρευτή δεν είναι πολύ μικρότερη της χωρητικότητας της για εκφόρτιση διάρκειας 5 ωρών. Αυτή η διατήρηση των αμπερωρίων του συσσωρευτή σε υψηλά επίπεδα για διάφορους

ρυθμούς εκφόρτισης. εγγυάται πολύ καλές επιδόσεις για το ηλεκτρικό όχημα στο οποίο χρησιμοποιούνται.

β) Η απόδοση του συσσωρευτή, όπως εκφράζεται μέσα από την χωρητικότητά του σε αμπερώρια, ελάχιστα επηρεάζεται από την ηλικία του. Ένας συσσωρευτής νικελίου-καδμίου που έχει ξεπεράσει τους 1500 κύκλους λειτουργίας, διατηρεί περισσότερο από το 90% της χωρητικότητάς του. Ολοκληρώνοντας, ο συσσωρευτής νικελίου-καδμίου χωρίς να δίνει λύσεις σε όλα τα προβλήματα και χωρίς, να καλύπτει όλες τις απαιτήσεις για ένα συσσωρευτή θα χρησιμοποιηθεί σε ηλεκτρικά αυτοκίνητα. παρουσιάζεται ως ο καλύτερος προσιτός συσσωρευτής που έχει να προσφέρει, η τεχνολογία σήμερα. Με μόνο ουσιαστικό μειονέκτημα το σχετικά υψηλό του κόστος, το οποίο να σημειωθεί μειώνεται συνεχώς, είναι ίσως ο μόνος μέχρι τώρα συσσωρευτής μπορεί να δώσει λύσεις σε τόσο μεγάλο βαθμό στα προβλήματα που παρουσιάζονται γύρω από το ηλεκτρικό αυτοκίνητο σήμερα. Στην πραγματικότητα, προβλέπεται μία κυριαρχία του συσσωρευτή νικελίου-καδμίου την επόμενη πενταετία και μέχρι να εξελιχθούν πιο προηγμένα συστήματα είτε συσσωρευτών νικελίου (ο συσσωρευτής νικελίου-υδρογόνου θεωρείται πολλά υποσχόμενος) είτε συσσωρευτών υψηλής θερμοκρασίας λειτουργία. (συστήματα συσσωρευτών νατρίου-θείου, λιθίου-σιδήρου, λιθίου-θείου λιθίου-χλωρίου ως επί το πλείστον).

ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΕΣ ΝΑΤΡΙΟΥ-ΘΕΙΟΥ

Ο συσσωρευτής νατρίου θείου έχει θεωρητική πυκνότητα ενέργειας, 690 Wh/kg και τάση ανοικτοκυκλώματος μεταξύ 2,08 και 1,78 Volts ανά στοιχείο. Χαρακτηριστικό των συσσωρευτή ό,τι τα ηλεκτρόδια είναι σε υγρή κατάσταση κατά τη λειτουργία. Η θερμοκρασία λειτουργίας του συσσωρευτή είναι μεγαλύτερη των 285°C ενώ τυπική τιμή λειτουργίας είναι οι 300°C. Όταν ο συσσωρευτής είναι σε κατάσταση αναμονής (standby) η θερμοκρασία του δεν πρέπει να πέσει κάτω από τους 230°C.

A. ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΕΣ ΝΑΤΡΙΟΥ-ΘΕΙΟΥ ΜΕ ΗΛΕΚΤΡΟΛΥΤΗ ΤΗΝ β -ALLUMINA

Ο συσσωρευτής νατρίου-θείου χρησιμοποιεί δύο είδη ηλεκτρολύτη. Ο πιο γνωστός, αποτελείται από ένα σχετικά καινούριο κεραμικό υλικό, την β -alumina. Συσσωρευτές νατρίου-θείου με ηλεκτρολύτη την (β -alumina έχουν αναπτυχθεί στις Η.Π.Α.. (Ford Aerospace, θυγατρική της Ford Motor Company), στη Μ.Βρετανία (Clonide), στην Ελβετία (A.B.B, στη Γερμανία (A.E.G) στην Ιαπωνία (Toshiba). Στους συσσωρευτές αυτούς, η ροή των ηλεκτρονίων μέσα από το εξωτερικό φορτίο, κατά την εκφόρτιση, είναι αποτέλεσμα της ροής των ιόντων του νατρίου μέσα από τον ηλεκτρολύτη από την πλευρά του νατρίου προς την πλευρά του θείου όπου σχηματίζεται πολυθειούχο νάτριο (sodium polysulphide). Κατά τη φόρτιση, η αντίδραση απλά αντιστρέφεται. Το βασικό πρόβλημα από χημικής άποψης του συσσωρευτή νατρίου θείου, είναι η συσσώρευση μεταλλικού νατρίου στα όρια των τοιχωμάτων της β - alumina, προκαλώντας τοπικά βραχυκυκλώματα (shorts) αδυνατίζοντας το υλικό από το οποίο αποτελούνται οι διαχωριστικές πλάκες. Επίσης υπάρχει η τάση της β -alumina να "καταστρέψει" το νάτριο ύστερα από συνεχή λειτουργία σε υψηλές θερμοκρασίες.

Τα στοιχεία NaS είναι κυλινδρικά και έχουν σαν πρόσθετο στοιχείο, μία επίστρωση άνθρακα στα τοιχώματα που περικλείουν το θείο. Η επίστρωση αυτή άγει το φορτίο μέσα από το ηλεκτρικά μονωμένο θείο προς τα τοιχώματα, τα οποία αποτελούν το θετικό πόλο. Το ηλεκτρόδιο νατρίου -ο αρνητικός πόλος- έχει τέτοιο σχήμα ώστε το ρεύμα συνεχίζει να μεταφέρεται προς το εξωτερικό κύκλωμα (δηλαδή προς το φορτίο) ακόμα και όταν το επίπεδο του νατρίου μειώνεται. Η θέση του κοντά στο σωλήνα του ηλεκτρολύτη εγγυάται ό,τι η εσωτερική επιφάνεια του ηλεκτρολύτη υγραίνεται με νάτριο σε όλη της την έκταση, χάρη στην τριχοειδή συμπεριφορά του υλικού.

Ένα στοιχείο με χωρητικότητα 45Ah έχει διάμετρο 35mm και μήκος 230 m. Ο συσσωρευτής της A.B.B. αποτελείται από 384 στοιχεία αυτού του τύπου τοποθετημένα σε ένα εξωτερικό περίβλημα όγκου 243 dm. Η κύρια αποστολή του εξωτερικού περιβλήματος είναι η θερμική μόνωση που παρέχει. Μία μόνωση που δεν περιορίζεται στο να μην γίνεται επικίνδυνος ο συσσωρευτής, λόγω της υψηλής του θερμοκρασίας, για τον περιβάλλοντα χώρο, αλλά και να μην πέφτει η εσωτερική του θερμοκρασία όταν είναι εκτός λειτουργία, κάτι που πρέπει να αποφεύγεται, όπως έχει αναφερθεί.

Ο συγκεκριμένος συσσωρευτής της A.B.B., έχει τα στοιχεία του συνδεδεμένα ηλεκτρικά σε τέσσερις παράλληλες σειρές, η κάθε μία αποτελούμενη από 96 στοιχεία. Έχει τάση ανοικτού κυκλώματος 170-200Volts, ενώ η χωρητικότητά της είναι 180Ah. Η πτώση τάσης υπό φορτίο είναι προϊόν της εσωτερικής αντίστασης του συσσωρευτή, με την τάση να παραμένει σταθερή ανεξάρτητα του επιπέδου φόρτισης του συσσωρευτή και του αν ο συσσωρευτής βρίσκεται σε κατάσταση φόρτισης ή εκφόρτισης.

Ο συσσωρευτής έχει μία συνολική αποθηκευμένη ενέργεια 32KWh, για χρόνο πλήρους εκφόρτισης 2 ωρών. Η ενέργεια αυτή ισοδυναμεί με μία ενεργειακή πυκνότητα 120Wh/Kg περίπου για τον ίδιο χρόνο εκφόρτισης. Στην περίπτωση αυτή ο βαθμός απόδοσης κατά την εκφόρτιση ξεπερνά το 92%. Μία πλήρης εκφόρτιση με σταθερή και αμετάβλητη ισχύ εξόδου διαρκεί τουλάχιστον 60 λεπτά της ώρας, ενώ μία εκφόρτιση ως το 80% της χωρητικότητας του συσσωρευτή διαρκεί περίπου 45 λεπτά. Ως προς τη φόρτιση, αν αυτή έχει διάρκεια 10 ωρών (τυπική τιμή), ο βαθμός απόδοσης φτάνει το 98%.

Οι θερμικές απώλειες του συσσωρευτή λόγω του φαινομένου Joule δεν εξουδετερώνονται πλήρως από το σύστημα ψύξης του συσσωρευτή. Το ποσό της ενέργειας που παραμένει αποθηκεύεται στα στοιχεία ως θερμότητα, αναπληρώνοντας κατ' αυτόν τον τρόπο τις θερμικές απώλειες μέχρι και για διάστημα 30 ωρών μετά την παύση λειτουργίας του συσσωρευτή (το όχημα εκτός λειτουργίας). Αν όμως ο συσσωρευτής πρόκειται να παραμείνει εκτός λειτουργίας για διάστημα μεγαλύτερο των 30 ωρών, ο συσσωρευτής πρέπει να θερμανθεί με εξωτερική παρέμβαση ώστε, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, η εσωτερική του θερμοκρασία να μην πέσει κάτω από τους 23^oC. Είναι χαρακτηριστικό ότι η απαιτούμενη για τη θέρμανση του συσσωρευτή ενέργεια, μπορεί να προσφερθεί και από το συσσωρευτή τον ίδιο. Να προστεθεί ό,τι η εξωτερική θερμική μόνωση, του συσσωρευτή συντελεί στο να μην ξεπερνούν οι απώλειες θερμότητας τα 80W. Έτσι, όταν ο συσσωρευτής είναι πλήρως φορτισμένος, είναι σε θέση να διατηρήσει την εξωτερική του θερμότητα μεγαλύτερη των 23^oC για διάστημα 16 ημερών. Σε περιπτώσεις που ο συσσωρευτής πρόκειται να μείνει εκτός λειτουργίας για διάστημα μεγαλύτερο των 16 ημερών, λαμβάνεται μέριμνα ώστε να μην στερεοποιηθούν τα σε ρευστή κατάσταση ουσιαστικά του. Ο συσσωρευτής επανέρχεται σε κατάσταση λειτουργίας, έπειτα από μία περίοδο κατά την οποία έχει "κρυώσει" έχει πέσει δηλαδή η εσωτερική του θερμοκρασία κάτω από τους 23^oC), μετά την πάροδο χρονικού διαστήματος 10-20 ωρών. Πάντως, είναι καλό να αποφεύγεται ο συσσωρευτής να βρεθεί με εσωτερική θερμοκρασία 23^oC για περισσότερο από 30 φορές, κατά τη διάρκεια ζωής της.

Το μειονέκτημα της απώλειας Θερμότητας, που προκύπτει από τη μεγάλη θερμοκρασία λειτουργίας, εξισορροπείται από την ικανότητα του συσσωρευτή να λειτουργεί ανεξάρτητα από τη θερμοκρασία περιβάλλοντος και το μικρό ποσό ψυχρού αέρα που απαιτείται για την ψύξη του.

Για εφαρμογές σε οχήματα δρόμου, οι συσσωρευτές πρέπει να είναι ασφαλείς σε δονήσεις και σε περιπτώσεις ατυχημάτων. Ο συσσωρευτής νατρίου θείου της A.B.B. έχει περάσει με επιτυχία τις διάφορες κατά DIN δοκιμασίες ενώ και στην περίπτωση που το περίβλημα του συσσωρευτή συμπιέστηκε κατά 100 mm από μία πρέσα με ακτίνα της κυκλικής επιφανείας πίεσης τα 80mm, κανένα από τα αντιδρώντα στοιχεία του εσωτερικού δε διέφυγε προς τα έξω. Επιπρόσθετα, ο

συσσωρευτής πέρασε με επιτυχία έκθεσή του στη φωτιά για χρονικό διάστημα 5 λεπτών. Παρ' όλα όμως τα θετικά αποτελέσματα κατά τις δοκιμασίες ο συσσωρευτής νατρίου θείου συνεχίζει να δοκιμάζεται σκληρά μέχρι ν' αποδειχθεί 100% ασφαλής.

Η υπολογιζόμενη διάρκεια ζωής του συσσωρευτή είναι 10 χρόνια ή 1000 κύκλοι πλήρους φόρτισης, που αντιστοιχούν σε μία διανυόμενη απόσταση 200000Km περίπου.

1.1.5. ΦΟΡΤΙΣΗ ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΩΝ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η φόρτιση του κάθε επαναφορτιζόμενου συσσωρευτή είναι μία πάρα πολύ σημαντική διαδικασία, αφού καθορίζει σε μεγάλο βαθμό όχι μόνο τη διάρκεια ζωής του αλλά και την απόδοσή του. Γι' αυτό πρέπει να αντιμετωπίζεται με τη δέουσα προσοχή ώστε να ικανοποιούνται όλα εκείνα τα κριτήρια που χαρακτηρίζουν μια επιτυχημένη φόρτιση. Ειδικά για τους συσσωρευτές που χρησιμοποιούνται σε ηλεκτρικά αυτοκίνητα, τα κριτήρια αυτά είναι:

- α) Η διάρκεια της φόρτισης πρέπει να είναι όσο το δυνατό μικρότερη.
- β) Η απόδοση του συσσωρευτή πρέπει να είναι όσο το δυνατό μεγαλύτερη. Η απόδοση του συσσωρευτή εκφράζεται μέσω δύο συντελεστών :
 - βi) Ο συντελεστής απόδοσης των αμπερωρίων (AhE). Πρόκειται για το λόγο της ποσότητας ηλεκτρισμού που αποδίδει ο συσσωρευτής κατά την εκφόρτιση προς την ποσότητα ηλεκτρισμού που δέχεται κατά τη φόρτιση (μετρούμε και στις δύο περιπτώσεις σε αμπερώρια) .
 - βii) Ο συντελεστής απόδοσης των βατωρών (WhE). Εκφράζει το λόγο της ενέργειας που αποδίδεται κατά την εκφόρτιση προς την ενέργεια που καταναλώνεται κατά τη φόρτιση (μετρούμενη και στις δύο περιπτώσεις σε βατώρες (WhE)).Μεγάλες τιμές των συντελεστών AhE και WhE εξασφαλίζουν πολύ αποδοτικό μετασχηματισμό ενέργειας - φόρτιση.
- γ) Θα πρέπει να αποφεύγονται όλες εκείνες οι ενέργειες που προκαλούν μη αντιστρεπτές μεταβολές των ενεργών μαζών και εμπλουτισμό των πλακών των ηλεκτροδίων με ανεπιθύμητες ουσίες, εξασφαλίζοντας κατ' αυτόν τον τρόπο μεγάλη διάρκεια ζωής και ικανοποιητική απόδοση του συσσωρευτή.
- δ) Η συσκευή φόρτισης θα πρέπει να είναι αξιόπιστη, αυτοματοποιημένη και μικρού κόστους.

ΜΕΘΟΔΟΙ ΦΟΡΤΙΣΗΣ

Οι κυριότεροι μέθοδοι φόρτισης είναι δυο. Η φόρτιση με σταθερή τάση και η φόρτιση με σταθερό ρεύμα. Υπάρχουν διάφορες παραλλαγές των μεθόδων αυτών ενώ με διάφορες μορφές παρουσιάζεται μία άλλη μέθοδος φόρτισης, αυτή που βασίζεται στον έλεγχο της διαδικασίας φόρτισης και τους διαφόρους τύπους ελέγχου που υπάρχουν (π.χ. φόρτιση με έλεγχο ως προς την τελική τιμή τάσης, την τελική τιμή ρεύματος, τη θερμοκρασία τον ηλεκτρολύτη, την εσωτερική πίεση του συσσωρευτή κλπ.).

Γενικά, ο χρόνος φόρτισης μπορεί να μειωθεί εφαρμόζοντας μεγάλα ρεύματα, όπως αυτού του είδους η φόρτιση προκαλεί υπερθέρμανση στο συσσωρευτή ή σωστότερα, η εσωτερική θερμοκρασία τον συσσωρευτή φτάνει στο ανώτερο επιτρεπτό όριο πριν ολοκληρωθεί η φόρτιση. Στην περίπτωση αυτή πρέπει η παροχή ρεύματος να διακοπεί και ο συσσωρευτής να αφεθεί να κρυώσει πριν επαναληφθεί η διαδικασία φόρτισης. Συμπερασματικά, η φόρτιση είναι μία διαδικασία κατά την οποία πρέπει να λαμβάνονται σοβαρά υπόψη οι τιμές των εφαρμοζόμενων ρευμάτων έτσι ώστε η θερμοκρασία τον συσσωρευτή να μην αγγίζει το ανώτερο επιτρεπτό όριο πριν ολοκληρωθεί η φόρτιση.

Στη συνέχεια περιγράφονται οι κυριότερες μέθοδοι φόρτισης αναφορικά με τα συστήματα συσσωρευτών που έχουν εξεταστεί διεξοδικά, δηλαδή τα οξέος μολύβδου, νικελίου-καδμίου και νατρίου- θείου.

i) Γαλβανοστατικές μέθοδοι φόρτισης. Χρησιμοποιούνται για φόρτιση συσσωρευτών οξέος μολύβδου. Διακρίνουμε τρία είδη :

α) Γαλβανοστατική φόρτιση ενός σταδίου. Στην περίπτωση αυτή η τάση του συσσωρευτή και η συγκέντρωση του οξέος δεν είναι γραμμική συνάρτηση του χρόνου φόρτισης. Κατά συνέπεια, δεν μπορούμε ν' αποφανθούμε για το επίπεδο

φόρτισης τον συσσωρευτή, κρίνοντας από την τάση τον και τη συγκέντρωση του οξέος, κάποια δεδομένη στιγμή. Η μέθοδος αυτή δε θεωρείται ότι φορτίζει ικανοποιητικά το συσσωρευτή και συν τοις άλλοις είναι χρονοβόρα.

β) Γαλβανοστατική φόρτιση δύο σταδίων. Το αποδοτικό στάδιο φόρτισης διεξάγεται με ένα ρεύμα διπλάσιο αυτού που χρησιμοποιείται κατά το μικτό στάδιο. Η διάρκεια της μεθόδου αυτής είναι μικρότερη της γαλβανοστατικής φόρτισης ενός σταδίου, η απόδοση όμως συνεχίζει να είναι μικρή.

γ) Γαλβανοστατική φόρτιση πολλαπλών σταδίων. Η διαδικασία είναι η εξής : Κατά το αποδοτικό στάδιο φόρτισης το ρεύμα κυμαίνεται μεταξύ των 20-40% της rated χωρητικότητάς του (σε Ah) του συσσωρευτή. Όταν η τάση του στοιχείου φτάσει τα 2,4Volts, το ρεύμα μειώνεται στο μισό.

Η διαδικασία επαναλαμβάνεται 2-3 φορές μέχρι ο συσσωρευτής να φορτιστεί πλήρως. Έχει διαπιστωθεί ό,τι όσο μεγαλύτερο είναι το αρχικό ρεύμα τόσο λιγότερο φορτίζεται ο συσσωρευτής κατά το αποδοτικό στάδιο φόρτισης. Περιστασιακά, το ρεύμα κατά το αποδοτικό στάδιο φόρτισης ξεπερνά το 20% της .

Σε μια άλλη διαδικασία φόρτισης πολλαπλών σταδίων που εφαρμόζεται, το ρεύμα μειώνεται σταδιακά πολλές φορές τόσο κατά τη διάρκεια του αποδοτικού όσο και κατά τη διάρκεια του μικτού σταδίου φόρτισης. Με τη διαδικασία αυτή, ένας συσσωρευτής χωρητικότητας 300Ah θα απαιτούσε ένα αρχικό ρεύμα 500A και περιοδικά κατά τη φόρτιση το ρεύμα αυτό ελαττώνεται ανά 50A. Αυτές οι μειώσεις του ρεύματος είναι αναγκαίες ώστε να περιοριστεί η υπερθέρμανση του συσσωρευτή κατά το αποδοτικό στάδιο φόρτισης και να μειωθεί στο ελάχιστο η ανάπτυξη αερίων κατά το μικτό στάδιο. Με τη διαδικασία αυτή ο παραπάνω συσσωρευτής μπορεί μέσα σε 46 λεπτά της ώρας να φορτιστεί σε ποσοστό 64% ενώ φόρτιση σε ποσοστό 75% επιτυγχάνεται μετά από πάροδο 8 ωρών. Κατ' αυτόν τον τρόπο είναι δυνατή μία γρήγορη φόρτιση τον συσσωρευτή, σε περιορισμένο όμως ποσοστό. Αυτές οι μερικές φορτίσεις πολλές φορές είναι χρήσιμες, επιδρούν όμως αρνητικά στη διάρκεια ζωής του συσσωρευτή.

ii) Φόρτιση με ελεγχόμενο ρεύμα και ελεγχόμενη τάση.

Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται για τη φόρτιση συσσωρευτών οξέος μολύβδου. Αρχικά, έχουμε φόρτιση του συσσωρευτή με συνθήκες σταθερού ρεύματος, κατά τη διάρκεια του αποδοτικού σταδίου φόρτισης. Όταν η τάση του κάθε στοιχείου φτάσει τα 2,4V, η φόρτιση συνεχίζεται με συνθήκες σταθερής τάσης. Έχει επιλεγεί να γίνεται η αλλαγή συνθηκών μόλις επιτευχθεί η τάση των 2,4V γιατί για τη συγκεκριμένη τιμή τάσης έχουμε αφ' ενός το λιγότερο δυνατό σχηματισμό αερίων και αφ'ετέρου η φόρτιση του συσσωρευτή ολοκληρώνεται στο συντομότερο δυνατό διάστημα. Σαν εναλλακτικές τιμές, μπορούν να επιλεγούν τάσεις 2,5 ή 2,55Volts. Η τιμή του ρεύματος κατά τη φόρτιση με σταθερή τάση εξαρτάται από τη θερμοκρασία και την ηλικία του συσσωρευτή. Για παράδειγμα, το ρεύμα που διαρρέει "ζεστούς" συσσωρευτές φροντίζουμε να είναι μεγαλύτερο από το ρεύμα που διαρρέει "κρύους" συσσωρευτές. Για ν' αποφευχθεί η υποφόρτιση ορισμένων μεμονωμένων στοιχείων του συσσωρευτή, εφαρμόζονται ορισμένες εξισοροποιητικές φορτίσεις κατά τακτά διαστήματα, υπό μεγαλύτερη τάση. Το ίδιο αποτέλεσμα επιτυγχάνεται αν η κάθε φόρτιση τελειώνει με μία μικρή περίοδο κατά την οποία η τάση αυξάνεται από τα 2,4V στα 2,6 ή 2,7V ανά στοιχείο.

iii) Φόρτιση με σταθερή τάση.

Η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται για φόρτιση τόσο συσσωρευτών οξέος μολύβδου όσο και νικελίου-καδμίου. Αναλυτικότερα, για τον κάθε από τους παραπάνω τύπους έχουμε :

α) Φόρτιση συσσωρευτών οξέος μολύβδου.

Κατά τη φόρτιση των συσσωρευτών οξέος μολύβδου η τάση διατηρείται σταθερή στα 2,4V ανά στοιχείο. Καθώς η ποσότητα ηλεκτρισμού που διαρρέει το συσσωρευτή αυξάνεται, η ΗΕΔ του στοιχείου αυξάνεται ανάλογα, με συνέπεια τη μείωση του ρεύματος φόρτισης. Το αρχικό ρεύμα φόρτισης είναι συνάρτηση της εκφόρτισης που έχει προηγηθεί. Αν πρόκειται για μια βαθιά εκφόρτιση, το αρχικό

ρεύμα φόρτισης μπορεί να πάρει πολύ μεγάλες τιμές. Αυτό φυσικά απαιτεί πολύ ισχυρή μονάδα φόρτισης, όμως δε συνίσταται επένδυση τόσο υψηλή σε μία συσκευή φόρτισης, που θα χρησιμοποιείται μόνο για μικρά χρονικά διαστήματα.

Συχνά η τάση φόρτισης καθορίζεται στα 2,6 - 2,7Voits ανά στοιχείο.

Για να περιοριστεί το αρχικό ρεύμα στο κύκλωμα φόρτισης χρησιμοποιούνται διάφορες διατάξεις, αποτελούμενες από αντιστάτες ή στραγγαλιστά πηνία συνδεδεμένα εν σειρά. Στην κατασκευή του κυκλώματος πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή έτσι ώστε να είναι βέβαιο ό,τι το ρεύμα φόρτισης δε θα υπερβαίνει τη μέγιστη τιμή που συνιστά ο κατασκευαστής.

β) Φόρτιση συσσωρευτών νικελίου-καδμίου.

Για τη φόρτιση συσσωρευτών νικελίου-καδμίου συνήθως αποφεύγεται η χρήση της μεθόδου σταθερής τάσης. Αν και με τη μέθοδο αυτή μπορούμε να πετύχουμε γρήγορη φόρτιση για στοιχεία νικελίου-καδμίου ανοικτού ή ημι-ανοικτού τύπου, η φόρτιση στεγανών στοιχείων νικελίου-καδμίου με σταθερή τάση, μπορεί να οδηγήσει στην καταστροφή τους αν δε ληφθούν προηγούμενα κάποιες προφυλάξεις. Στην πραγματικότητα, η τάση των στεγανών στοιχείων ελαττώνεται μετά το τέλος της φόρτισης και αυτό οδηγεί σε ρεύματα φόρτισης τιμής τέτοιας που δεν μπορούν ν' αντέξουν τα στοιχεία. Με ειδικά κυκλώματα το φαινόμενο αυτό είναι δυνατό ν' αντιμετωπιστεί, γενικά όμως η μέθοδος δεν χρησιμοποιείται συχνά. Αυτό δε σημαίνει ό,τι δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί η μέθοδος φόρτισης με σταθερή τάση, αν δεν υπάρχει εναλλακτική λύση.

iv) Φόρτιση με σταθερό ρεύμα

Όταν ο χρόνος επαναφόρτισης είναι κρίσιμος και επιθυμούμε να καθορίσουμε το ποσό της χωρητικότητας που έχει εναποθηκευτεί στο συσσωρευτή, συνιστάται η φόρτιση με σταθερό ρεύμα. Η φόρτιση αυτού του είδους είναι κατάλληλη όταν ο αριθμός των αμπερωρίων που έχει χάσει ο συσσωρευτής κατά την προηγούμενη εκφόρτισή του είναι γνωστός. Και αυτό γιατί πρέπει να είναι γνωστό πότε έχει ολοκληρωθεί η φόρτιση του συσσωρευτή ώστε μηχανικά ή αυτόματα να σταματήσει η φόρτιση στο σημείο αυτό

Το να μη συνεχιστεί η διαδικασία της φόρτισης από τη στιγμή που ο συσσωρευτής έχει φορτιστεί, συντελεί στο να διατηρηθεί ο συσσωρευτής σε καλή κατάσταση για μεγάλο διάστημα της διάρκειας ζωής του. Ένας συνηθισμένος χρόνος φόρτισης με σταθερό ρεύμα είναι οι 20 ώρες, όμως το σημαντικότερο είναι να δοθούν στο συσσωρευτή το 110% των αμπερωρίων που πρόσφερε κατά την εκφόρτιση του. Η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται τόσο σε συσσωρευτές οξέος μολύβδου όσο και σε συσσωρευτές νικελίου-καδμίου. Στους συσσωρευτές οξέος μολύβδου δεν είναι πολύ διαδεδομένη ενώ στους συσσωρευτές νικελίου-καδμίου είναι η κύρια μέθοδος φόρτισης.

Όπως αναφέρθηκε, είναι σημαντικό κατά την εφαρμογή της μεθόδου να γνωρίζουμε που βρίσκεται ο συσσωρευτής από άποψη φόρτισης κάθε στιγμή και ειδικότερα πότε έχει ολοκληρωθεί η φόρτιση. Αυτό επιτυγχάνεται με τρεις τρόπους:

α) Με μέτρηση της τάσης του συσσωρευτή. Ένα ειδικό κύκλωμα διακόπτει το ρεύμα φόρτισης του συσσωρευτή μόλις λάβει σήμα από κάποιον αισθητήρα που μετράει την τάση του συσσωρευτή.

β) Με μέτρηση της εσωτερικής πίεσης του συσσωρευτή. Κατά το μεγαλύτερο μέρος της φόρτισης η πίεση βρίσκεται σε χαμηλά επίπεδα και αυξάνεται λίγο πριν ολοκληρωθεί η πλήρης φόρτιση. Στο σημείο αυτό όλη σχεδόν η προσλαμβανόμενη από το συσσωρευτή ενέργεια χρησιμοποιείται για την παραγωγή οξυγόνου. Η πίεση σταθεροποιείται όταν το παραγόμενο οξυγόνο είναι ίσο με το καταναλισκόμενο και είναι μια ένδειξη ό,τι η φόρτιση έχει ολοκληρωθεί. Ο έλεγχος της φόρτισης με τη μέτρηση της πίεσης παρουσιάζει πολλά προβλήματα τεχνικής κυρίως φύσης αλλά και κόστους.

γ) Με μέτρηση της θερμοκρασίας του ηλεκτρολύτη.

Η μέτρηση της θερμοκρασίας είναι μία κατάλληλη ένδειξη για την πορεία της φόρτισης με σταθερό ρεύμα του συσσωρευτή. Η θερμοκρασία πρακτικά παραμένει

σταθερή κατά το μεγαλύτερο διάστημα της φόρτισης και αυξάνεται μόλις ολοκληρωθεί η φόρτιση και ο συσσωρευτής εισέρχεται στο στάδιο της υπερφόρτισης.

Η φόρτιση με σταθερό ρεύμα είναι μία σχετικά σύνθετη διαδικασία και μπορεί να επιτευχθεί με πολλούς διαφορετικούς τρόπους. Ο τρόπος που χρησιμοποιείται κάθε φορά είναι συνάρτηση του τύπου του προς φόρτιση συσσωρευτή. Δε θεωρείται σκόπιμο να περιγραφούν αναλυτικά όλοι αυτοί οι διάφοροι τρόποι. Ιδιαίτερη βαρύτητα θα δοθεί όμως στη φόρτιση με σταθερό ρεύμα των συσσωρευτών νικελίου - καδμίου STM της SAFT, που χρησιμοποιούνται ευρέως σε διάφορα ηλεκτρικά οχήματα. Ειδικότερα, οι τιμές των μεγεθών που αναφέρονται στη συνέχεια, αφορούν τη φόρτιση των συσσωρευτών STM5.200. Κατά τη φόρτιση χρησιμοποιείται ένα ρεύμα έντασης 35-45A και παρέχουμε στο συσσωρευτή τουλάχιστον 1,2 φορές τα αμπερώρια που προσέφερε κατά την προηγούμενη εκφόρτιση (συντελεστής υπερφόρτισης > 1,2). Με τη μέθοδο αυτή είναι δυνατό να φορτίσουμε το συσσωρευτή μέσα σε 2 ώρες σε ποσοστό 80% της χωρητικότητάς του, εφόσον χρησιμοποιούμε ρεύμα έντασης 95A.

vi) Παλμικές μέθοδοι φόρτισης.

Κατά καιρούς έχουν προταθεί διάφορες μέθοδοι που χαρακτηρίστηκαν παλμικές, για φόρτιση συσσωρευτών οξέος μολύβδου, με σκοπό ν' αυξηθεί η απόδοση της φόρτισης. Η φιλοσοφία της μεθόδου είναι η εναλλαγή διαστημάτων φόρτισης και νεκρών διαστημάτων, με ένα σταθερό ρυθμό. Μερικοί ερευνητές έχουν προχωρήσει πιο πέρα, προτείνοντας μέθοδο φόρτισης κατά την οποία η φορά του συνεχούς ρεύματος φόρτισης περιοδικά αντιστρέφεται. Κατά τη μέθοδο αυτή έχουμε περιόδους φόρτισης μεταξύ 0,5 και 20 λεπτών, με διαλείμματα εκφόρτισης μεταξύ 1 και 60 δευτερολέπτων. Έχει διαπιστωθεί ότι τα καλύτερα αποτελέσματα προκύπτουν όταν η περίοδος φόρτισης είναι 10 με 20 φορές μεγαλύτερη του διαλείμματος εκφόρτισης. Συγκεκριμένα, ιδανικά χρονικά διαστήματα θεωρούνται τα 67 λεπτά για τη φόρτιση και τα 20 δευτερόλεπτα για την εκφόρτιση, με λόγο ρευμάτων ίσο, περίπου, με 5. Πειραματικά έχει αποδειχθεί ότι η φόρτιση είναι πιο αποδοτική όταν οι παλμικές περίοδοι δεν είναι πολύ μικρές. Φόρτιση με παλμούς τάσης συχνότητας 60Hz αποδείχθηκε ότι είναι λιγότερο αποδοτική από τη φόρτιση με σταθερή τάση.

Ανακεφαλαιώνοντας και αναφορικά με τα τρία είδη συσσωρευτών που έχουν παρουσιαστεί αναλυτικά σε προηγούμενο κεφάλαιο, οξέος μολύβδου, νικελίου - καδμίου και νατρίου - θείου, μπορούν να γίνουν οι εξής παρατηρήσεις :

α) Οι συσσωρευτές οξέος μολύβδου μπορούν να φορτιστούν με πάρα πολλούς τρόπους, ανάλογα με τις απαιτήσεις τόσο του συσσωρευτή όσο και της συγκεκριμένης εφαρμογής και τις συνθήκες κάτω από τις οποίες διεξάγεται.

β) Οι συσσωρευτές νικελίου -καδμίου φορτίζονται κυρίως με δύο τρόπους : είτε με σταθερή τάση είτε με ρεύμα σταθερής έντασης. Και οι δύο τρόποι έχουν περιγραφεί, όμως μία αναλυτικότερη και διεξοδικότερη παρουσίαση της φόρτισης των συσσωρευτών νικελίου-καδμίου STM5.200 της SAFT ακολουθεί στην επόμενη ενότητα.

γ) Ελάχιστα πράγματα αναφέρθηκαν μέχρι τώρα για τη φόρτιση των συσσωρευτών νατρίου-θείου. Κυριότερος λόγος η έλλειψη σχετικής βιβλιογραφίας, καθώς πρόκειται για καινούριους σχετικά συσσωρευτές, οι οποίοι βρίσκονται ακόμα στο στάδιο της έρευνας. Αντίθετα από τους συσσωρευτές οξέος-μολύβδου, η φόρτιση των συσσωρευτών νατρίου-θείου είναι απλή : Οι συσσωρευτές φορτίζονται με ρεύμα σταθερής έντασης και η διαδικασία φόρτισης τερματίζεται μόλις η τάση των συσσωρευτών φτάσει τη μέγιστη τιμή της.

ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΗ ΜΕΘΟΔΟΣ ΦΟΡΤΙΣΗΣ ΓΙΑ ΤΟΥΣ ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΕΣ ΝΙΚΕΛΙΟΥ - ΚΑΔΜΙΟΥ STM ΤΗΣ SAFT

Η προτεινόμενη μέθοδος φόρτισης για τη σειρά συσσωρευτών νικελίου - καδμίου STM της SAFT, είναι η φόρτιση με σταθερό ρεύμα, που στην προκειμένη περίπτωση διεξάγεται σε δύο στάδια.

Η φόρτιση ξεκινά με ένα ρεύμα ορισμένης έντασης και μόλις η τάση του συσσωρευτή φτάσει σε μία προκαθορισμένη τιμή, το ρεύμα φόρτισης μειώνεται σε μία μικρότερη τιμή. Το σημείο αλλαγής της τιμής του ρεύματος ονομάζεται κατώφλι (threshold) και στο σχήμα σημειώνεται με ένα μικρό κύκλο. Το ρεύμα που χρησιμοποιείται στην πρώτη φάση της φόρτισης είναι ίσο με 0,2 A (στην περίπτωση των STM5.200 είναι ίσο με 40A) και διαρκεί μέχρι τη στιγμή που η τάση του συσσωρευτή φτάσει στην προκαθορισμένη τιμή των 1,6V/ανά στοιχείο. Τότε το ρεύμα φόρτισης μειώνεται στο 0,04 A (για τις STM5.200 μειώνεται στα 8A). Ο χρόνος φόρτισης του δεύτερου σταδίου φόρτισης πρέπει να είναι ίσος με τον χρόνο του πρώτου σταδίου φόρτισης. Ο συντελεστής φόρτισης είναι ίσος με 1,2 (ο συσσωρευτής δηλ. φορτίζεται στο 120% της χωρητικότητάς του, ενώ η πλήρης φόρτιση του συσσωρευτή δε διαρκεί περισσότερο από 12 ώρες).

Είναι ουσιώδες και πρέπει να τονιστεί ότι ο συσσωρευτής θα φτάσει σίγουρα την τάση κατωφλίου πριν φορτιστεί πλήρως. Λόγω του ότι η τάση των συσσωρευτών νικελίου-καδμίου κατά τη φόρτιση έχει την ιδιότητα να ελαττώνεται καθώς αυξάνεται η θερμοκρασία, είναι αναγκαίο να υπάρχει μία αντιστάθμιση της θερμοκρασίας, έτσι ώστε να ρυθμίζεται η τάση κατωφλίου της συσκευής φόρτισης ως προς τη θερμοκρασία του συσσωρευτή. Συνήθως η ρύθμιση είναι τέτοια ώστε να υπάρχει μία γραμμική σχέση μεταξύ της τάσης κατωφλίου και της θερμοκρασίας.

Συνηθίζεται η τάση κατωφλίου να θεωρείται 1,6V/στοιχείο σε θερμοκρασία 20°C ενώ η κλίση της χαρακτηριστικής της θερμοκρασίας δίνεται σε mV/C. Η κλίση αυτή είναι επίσης γνωστή ως ο συντελεστής θερμοκρασίας της χαρακτηριστικής κατωφλίου. Συνηθισμένη τιμή του συντελεστή θερμοκρασίας είναι -2mV/C/στοιχείο (στην περίπτωση των STM5.200 ο συντελεστής θερμοκρασίας είναι -0,01 mV/C/στοιχείο, για όλο το μπλοκ, που υπενθυμίζεται αποτελείται από 5 στοιχεία).

Όλα αυτά όμως γίνονται περισσότερο κατανοητά με το παρακάτω παράδειγμα:

Φόρτιση ενός STM5.200 μπλοκ (σύνολο 5 στοιχείων εν σειρά) στους +35°C.

- I. τάση κατωφλίου στους +20°C = 1,6V * 5 = 8V
- II. θερμοκρασία κατά τη φόρτιση = +35 °C
- III. θερμοκρασιακή διαφορά = +15°C
- IV. διόρθωση τάσης κατωφλίου = +15°C (-0,01)V/C = -0,15 v
- V. τάση κατωφλίου για φόρτιση στους +35°C = 8 - 0,15V = 7,85V

Ενδεικτικές τιμές για το χρόνο φόρτισης : ένας συσσωρευτής εκφορτισμένος σε ποσοστό 50%, επαναφορτίζεται πλήρως σε διάστημα 5 ωρών (2,5 ώρες το πρώτο στάδιο και 2,5 ώρες το δεύτερο στάδιο φόρτισης).

II.6. ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ ΣΤΟΝ ΧΩΡΟ ΤΩΝ ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΩΝ ΤΗΝ ΕΠΟΜΕΝΗ ΕΙΚΟΣΑΕΤΙΑ

Το μέλλον των ηλεκτροκίνητων οχημάτων ως μία πιθανή εναλλακτική λύση έναντι των οχημάτων μηχανής εσωτερικής καύσης, εξαρτάται από την ανάπτυξη και εμπορευματοποίηση ενός προηγμένου επαναφορτιζόμενου συσσωρευτή. Ενός συσσωρευτή που θα αποθηκεύει περισσότερη ενέργεια ανά μονάδα βάρους και όγκου και θα είναι περισσότερο αξιόπιστος και ανθεκτικός από το συμβατικό συσσωρευτή οξέος μολύβδου. Πράγματι, πολλοί άλλοι τύποι συσσωρευτών εμφανίζουν μεγαλύτερη ενεργειακή πυκνότητα ή πυκνότητα ισχύος απ' το σύστημα οξέος μολύβδου, στις περισσότερες όμως περιπτώσεις η διάρκεια ζωής είναι συγκριτικά μικρότερη. Η εφαρμογή ενός από τους αποκαλούμενους "προηγμένους συσσωρευτές" πάνω σε ηλεκτρικά οχήματα, είναι ένας στόχος για πλήθος τεχνολόγων, κατασκευαστών, ερευνητών και επιστημόνων σε όλο τον κόσμο. Το να αποφασιστεί ποιο από τα διάφορα συστήματα συσσωρευτών είναι το περισσότερο ελπιδοφόρο για χρήση σε ηλεκτρικά οχήματα δεν είναι εύκολο. Πιστεύεται ό,τι ακόμα υπάρχει μεγάλος δρόμος να διανυθεί και η έρευνα θεωρείται ό,τι βρίσκεται ακόμα σε όχι τόσο ικανοποιητικό στάδιο και πολλά χρόνια θα περάσουν πριν οι επιστήμονες καταλήξουν οριστικά σε κάποιο συγκεκριμένο τύπο συσσωρευτή. Μάλιστα δεν είναι λίγοι αυτοί που πιστεύουν ό,τι τελικά θα επικρατήσουν περισσότεροι από ένα τύπο συσσωρευτή και το είδος της συγκεκριμένης κάθε φοράς εφαρμογής θα επιβάλλει την χρησιμοποίηση του καταλληλότερου συσσωρευτή από τους πολλούς που θα είναι διαθέσιμοι. Προς το παρόν, όσον αφορά την τεχνολογία των συσσωρευτών όπως εμφανίζεται σήμερα, μπορούν να υποστηριχθούν τα εξής: Οι πλήρως στερεοί και οργανικού ηλεκτρολύτη συσσωρευτές προσφέρουν την προοπτική της υψηλής πυκνότητας ενέργειας όταν χρησιμοποιούνται αλκαλικά μέταλλα και ιδιαίτερα το λίθιο. Αυτοί οι τύποι συσσωρευτών δεν έχουν ξεφύγει ακόμα από το ερευνητικό-πειραματικό στάδιο και αν δεν μπορεί να υπάρξει απόλυτη πρόβλεψη για το μέλλον τους, πιστεύεται ό,τι θα περάσουν πολλά χρόνια πριν την εμπορευματοποίησή τους. Τα συστήματα αυτά έχουν ακόμα αρκετά μικρή ισχύς και το μέλλον τους βασίζεται σε μεγάλο βαθμό στην πρόοδο της έρευνας γύρω από τα υλικά υψηλής αγωγιμότητας (υπεραγωγιμα υλικά).

Στον χώρο των συσσωρευτών τηγμένων αλάτων, ο συσσωρευτής νατρίου θείου θεωρείται ελπιδοφόρος και αυτή τη στιγμή βρίσκεται σε πιο προχωρημένο στάδιο ανάπτυξης και εξέλιξης από τους συσσωρευτές λιθίου. Ο συσσωρευτής νατρίου θείου έχει το πλεονέκτημα ό,τι χρησιμοποιεί ηλεκτρόδια κατασκευασμένα από φθηνές και σε αφθονία πρώτες ύλες, λειτουργεί σε χαμηλότερες θερμοκρασίες και χαρακτηρίζεται γενικότερα από μικρότερο κόστος παραγωγής. Εντούτοις, δεν παύει να λειτουργεί σε μεγάλες θερμοκρασίες (περίπου 300°C) οπότε απαιτούνται ιδιαίτερα μεγάλες επενδύσεις στην ανάπτυξη ανθεκτικών υλικών για την κατασκευή του (ρευματοσυλλέκτες, μονωτικές πλάκες, δοχεία κλπ.), τα οποία θα μπορούν να λειτουργήσουν χωρίς πρόβλημα κάτω από ιδιαίτερα δυσμενείς συνθήκες. Ο ποιοτικός έλεγχος στην παραγωγή των στοιχείων της β-alumina είναι επίσης ένα σοβαρό εμπόδιο. Ακόμα, μέχρι στιγμής τα συστήματα νατρίου- θείου δεν έχουν δοκιμαστεί για μεγάλο χρονικό διάστημα σε πραγματικές συνθήκες κυκλοφορίας και δεν είναι σίγουρο κατά πόσο τα κεραμικά υλικά τα οποία θα περιέχουν τα αντιδρώντα υλικά θα αποδειχθούν ανθεκτικά στις διάφορες δονήσεις και μηχανικές καταπονήσεις. Οι συσσωρευτές τηγμένου αλάτος θεωρείται πιθανότερο να χρησιμοποιηθούν στα μέσα μαζικής μεταφοράς (λεωφορεία, τραμ., τρόλεϊ κ.λ.π.), για να παρέχουν ενέργεια σε οχήματα κινούμενα σε προκαθορισμένες διαδρομές, όταν αυτά δεν τροφοδοτούνται από το δίκτυο.

Από τα δύο συστήματα ψευδαργύρου - αλογόνου που ερευνώνται, το σύστημα ψευδαργύρου-χλωρίου θεωρείται λιγότερο πιθανό να τεθεί σε χρήση σε ηλεκτρικά οχήματα. Ο συσσωρευτής είναι πολύπλοκος, απαιτεί ένα επίσης πολύπλοκο βοηθητικό σύστημα ψύξης-αποθήκευσης και πρέπει να λαμβάνονται αυστηρά μέτρα

ασφαλείας. Όλοι αυτοί οι παράγοντες επιβαρύνουν το σύστημα ψευδαργύρου-χλωρίου σε βάρος και κόστος. Επιπρόσθετα, υπάρχουν ακόμα αμφιβολίες ως προς τη διάρκεια ζωής του συγκεκριμένου συσσωρευτή. Από την άλλη, οι προοπτικές είναι καλές για το συσσωρευτή ψευδαργύρου-βρωμίου, καθώς το βρώμιο μπορεί εύκολα και με ασφάλεια να αποθηκευτεί, αντιδρώντας με κάποιο οργανικό διαλύτη. Η ηλεκτροχημεία του συστήματος είναι πια γνωστή στους ερευνητές και απομένει να λυθούν ορισμένα προβλήματα σχετικά με το μηχανικό σχεδιασμό και τη συναρμολόγηση των επιμέρους στοιχείων μεταξύ τους.

Τα συστήματα μετάλλου - αέρα (αλουμινίου-αέρα, σιδήρου-αέρα, ψευδαργύρου-αέρα) μειονεκτούν λόγω πολύ χαμηλής ενεργειακής απόδοσης η οποία συνδυάζεται και το βασικό πρόβλημα της κατασκευής ενός χαμηλού κόστους, υψηλής απόδοσης, επαναφορτιζόμενου ηλεκτροδίου οξυγόνου. Ακόμα, τα συστήματα αυτά χαρακτηρίζονται και από μεγάλη πολυπλοκότητα. Οι συσσωρευτές σιδήρου-αέρα και ψευδαργύρου-αέρα που χρησιμοποιούν ηλεκτρόδια επίπεδων πλακών, δε θεωρούνται σοβαρά υποψήφιοι για εφαρμογή σε ηλεκτρικά οχήματα, αν και έχουν κατασκευαστεί τα σχετικά μοντέλα και έχουν δοκιμαστεί επιτυχώς. Γενικά, ένας συσσωρευτής που φορτίζεται μηχανικά θεωρείται περισσότερο ελπιδοφόρος, καθώς δεν έχει περιορισμούς σε ακτίνα δράσης.

Ανάμεσα στα συστήματα νικελίου, ξεχωρίζουν οι συσσωρευτές νικελίου-καδμίου, νικελίου-σιδήρου και νικελίου-ψευδαργύρου. Το σύστημα νικελίου-ψευδαργύρου, εφόσον βελτιωθεί η διάρκεια ζωής του, θεωρείται ό,τι μπορεί να προσφέρει περισσότερα από το σύστημα νικελίου-σιδήρου, το οποίο χαρακτηρίζεται από χαμηλή πυκνότητα ενέργειας, ιδίως στις χαμηλές θερμοκρασίες, μικρό βαθμό απόδοσης τόσο κατά τη φόρτιση όσο και κατά την εκφόρτιση και προβλήματα αυτοεκφόρτισης. Όμως το σύστημα νικελίου-ψευδαργύρου παρουσιάζει και άλλα προβλήματα, με κυριότερο τη διάρκεια ζωής των ηλεκτροδίων ψευδαργύρου. Η συμπεριφορά των συσσωρευτών νικελίου-καδμίου είναι παραπάνω από ικανοποιητική, το κόστος τους όμως παραμένει σε σχετικά υψηλά επίπεδα, αν και τα τελευταία χρόνια μειώνεται συνεχώς. Εφόσον μειωθεί περαιτέρω το κόστος και η ανακύκλωση δώσει λύσεις στο δεύτερο μειονέκτημα του συστήματος, τα περιορισμένα παγκόσμια αποθέματα καδμίου, ο συσσωρευτής νικελίου-καδμίου θα μπορούσε να καθιερωθεί ως η ιδανική λύση, τουλάχιστον για την επόμενη πενταετία. Συμπερασματικά, από τα τρία συστήματα νικελίου, ο συσσωρευτής νικελίου-καδμίου θεωρείται ό,τι βρίσκεται πιο κοντά στην εμπορευματοποίηση.

Οι παραπάνω συλλογισμοί δείχνουν έκδηλα ό,τι το σύστημα οξέος μολύβδου, το οποίο έχει χρησιμοποιηθεί περισσότερο μέχρι τώρα απ' όλα τα ανταγωνιστικά του, θα συνεχίσει να είναι η κύρια πηγή ενέργειας για την πλειοψηφία των ηλεκτρικών οχημάτων. Πάντως, πρέπει να βελτιωθεί σημαντικά η απόδοση του, ιδίως όσον αφορά τη διάρκεια ζωής, για να μπορέσει να καλύψει και τις αυστηρές απαιτήσεις των ηλεκτρικών επιβατηγών αυτοκινήτων. Η συγκεκριμένη κατηγορία αυτοκινήτων, μάλλον θα εξυπηρετηθεί από ένα συσσωρευτή που θα αναδειχθεί μέσα από ένα σύνολο 20 περίπου διαφορετικών τύπων συσσωρευτών, οι οποίοι διακρίνονται τόσο από πλεονεκτήματα όσο και μειονεκτήματα. Η επιλογή είναι πολύ δύσκολο να γίνει αυτή τη στιγμή, όπως και κάθε πρόβλεψη είναι παρακινδυνευμένη. Πάντως σε βραχυπρόθεσμο επίπεδο τα συστήματα ψευδαργύρου-βρωμίου, νικελίου-καδμίου νικελίου-ψευδαργύρου δείχνουν πιο ανταγωνιστικά, ενώ μακροπρόθεσμα μάλλον θα επικρατήσουν τα συστήματα νατρίου-θείου και λιθίου.

Δ. ΜΗΧΑΝΙΚΑ ΜΕΡΗ ΚΑΙ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΥ

Σε κάθε ηλεκτρικό αυτοκίνητο, τα κύρια τμήματα της κατασκευής του, είναι χωρίς αμφιβολία ο ηλεκτροκινητήρας, η διάταξη ελέγχου του κινητήρα και οι συσσωρευτές. Τα τρία αυτά τμήματα χαρακτηρίζουν κάθε ηλεκτρικό όχημα γενικά και είναι αυτά που το διαφοροποιούν από τα αντίστοιχα βενζινοκίνητα αυτοκίνητα. Μεγάλο μέρος της έρευνας γίνεται πάνω σ' αυτούς τους τομείς και η προσπάθεια των ερευνητών επικεντρώνεται κύρια στην κατασκευή ηλεκτροκινητήρων και διατάξεων ελέγχου μεγαλύτερου βαθμού απόδοσης και πιο ισχυρών συσσωρευτών. Μέχρι όμως η έρευνα καταλήξει στον επιθυμητό στόχο -και αυτό ίσως απαιτήσει πολλά χρόνια ακόμα - είναι περισσότερο από αναγκαίο να γίνονται όλες οι ενεργειακές θεωρήσεις που έχουν σχέση με την κίνηση τον ηλεκτρικού αυτοκινήτου και τη βέλτιστη εκμετάλλευση της διαθέσιμης ενέργειας των συσσωρευτών. Μιας ενέργειας, που συγκρινόμενη με τα βενζινοκίνητα οχήματα θεωρείται περιορισμένη, μη επιτρέποντας στο ηλεκτρικό αυτοκίνητο να έχει τις επιδόσεις και την αυτονομία που έχουν τα βενζινοκίνητα αυτοκίνητα. Στο πνεύμα της μέγιστης εκμετάλλευσης της ενέργειας που παρέχουν οι συσσωρευτές γίνεται προσπάθεια το ηλεκτρικό αυτοκίνητο, ως ένα ενιαίο σύστημα, να έχει την καλύτερη δυνατή ενεργειακή απόδοση. Έτσι, πέρα από τους ηλεκτροκινητήρες, τις διατάξεις ελέγχου των κινητήρων και τους συσσωρευτές, που περιγράφονται σε άλλα τμήματα της εργασίας, ιδιαίτερη μέριμνα λαμβάνεται και για τα υπόλοιπα τμήματα που αποτελούν το ηλεκτρικό αυτοκίνητο και ένα μεγάλο κομμάτι της έρευνας διεξάγεται προς αυτή την κατεύθυνση.

Ο κύριος στόχος είναι ο εξής: ο σχεδιασμός και η κατασκευή του αυτοκινήτου να είναι τέτοια ώστε η εκμετάλλευση της ενέργειας να είναι η βέλτιστη. Στο πλαίσιο αυτό, όλη η έρευνα γίνεται με σκοπό να κατασκευαστεί ένα αυτοκίνητο που θα παρουσιάζει τα παρακάτω χαρακτηριστικά:

- α) το ελάχιστο δυνατό βάρος,
- β) τις ελάχιστες δυνατές τριβές ως προς την επιφάνεια κύλισης,
- γ) τον ελάχιστο δυνατό συντελεστή αεροδυναμικής αντίστασης.

Στοχεύοντας στη μείωση του βάρους γίνεται έρευνα σε νέους τύπους υλικών για την κατασκευή του αμαξώματος, των διαφόρων εξαρτημάτων, του εσωτερικού εξοπλισμού κλπ.. Υλικά όπως το αλουμίνιο, διάφορα πολυμερή πλαστικά, νέα κράματα μετάλλων, ανθρακονήματα, κέβλαρ, χρησιμοποιούνται για την κατασκευή διαφόρων τμημάτων του αυτοκινήτου. Τα αποτελέσματα πολλές φορές είναι εντυπωσιακά καθώς το βάρος μειώνεται σε μεγάλο βαθμό ενώ τα υλικά που χρησιμοποιούνται πολλές φορές παρουσιάζουν καλύτερη συμπεριφορά (αντοχή, ανθεκτικότητα διάρκεια ζωής, δυνατότητα ανακύκλωσης κλπ.) απ' τα μέχρι τώρα χρησιμοποιούμενα.

Οι τριβές του οχήματος με την επιφάνεια κύλισης και συγκεκριμένα των τροχών με το δρόμο, δεν είναι καθόλου ευκαταφρόνητες. Τα ελαστικά που χρησιμοποιούνται στα συμβατικά βενζινοκίνητα αυτοκίνητα δεν είναι τα καταλληλότερα για τα ηλεκτροκίνητα, έχοντας μία τελείως διαφορετική σχεδιαστική και κατασκευαστική φιλοσοφία. Θεωρήθηκε αναγκαία σε πολλές περιπτώσεις η σχεδίαση από την αρχή νέων ελαστικών για ηλεκτρικά αυτοκίνητα, τα οποία λόγω του ειδικού μίγματος γόμας που χρησιμοποιούν, τη σχεδίαση του πέλματος και την υψηλή εσωτερική πίεση αέρα με την οποία φουσκώνονται, παρουσιάζουν συντελεστή ολίσθησης πολύ μικρότερο απ' αυτόν των συμβατικών ελαστικών, χωρίς να έχει μειωθεί η ικανότητα πρόσφυσής τους κατά το ελάχιστο.

Η τριβή ολίσθησης όμως δεν είναι το μόνο είδος τριβής που απασχολεί τους ερευνητές. Νέοι τύποι λιπαντικών έχουν κατασκευαστεί με προδιαγραφές τέτοιες που να μειώνονται οι τριβές μεταξύ των διαφόρων εξαρτημάτων στο ελάχιστο ενώ σε πολλές περιπτώσεις το πλαστικό σε διάφορες μορφές αντικαθιστά το μέταλλο για

την κατασκευή διαφόρων εξαρτημάτων (γρανάζια κλπ.), πάντα με κριτήριο τη μείωση των τριβών.

Η αεροδυναμική αντίσταση που παρουσιάζει το όχημα είναι υπεύθυνη για ένα μέρος των ενεργειακών απωλειών. Γι' αυτό μέσα από το σχεδιασμό γίνεται προσπάθεια μείωσης του αεροδυναμικού συντελεστή του αυτοκινήτου, έτσι ώστε να παρουσιάζει τη μικρότερη δυνατή αεροδυναμική αντίσταση κατά την κίνηση.

Αν συνδυαστούν τα παραπάνω στοιχεία με κινητήρες και διατάξεις ελέγχου καθώς και με συστήματα μετάδοσης -τα οποία επίσης σχολιάζονται σε άλλο τμήμα της εργασίας - υψηλού βαθμού απόδοσης, έχουμε πολύ καλή εκμετάλλευση της ενέργειας που παρέχουν οι συσσωρευτές. Βελτιώνοντας στο μέγιστο βαθμό τους προαναφερθέντες παράγοντες, απομένει η εξέλιξη ενός προηγμένου συσσωρευτή [ή υπερμπαταρίας (super battery) όπως αποκαλείται] ώστε να αποτελεί το ηλεκτρικό αυτοκίνητο μία ρεαλιστική λύση για τις μετακινήσεις στους σύγχρονους δρόμους.

Ε. ΥΒΡΙΔΙΑ ΟΧΗΜΑΤΑ ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Υβριδικά λέγονται τα οχήματα τα οποία χρησιμοποιούν για την κίνησή τους δύο διαφορετικά συστήματα μετατροπής της απαιτούμενης για την κίνηση ενέργειας σε κινητική.

Πολλές φορές οι ερευνητές έχουν μιλήσει με θέρμη για τα υβριδικά οχήματα που αποτελούνται από ένα συνδυασμό ηλεκτροκινητήρα και μηχανής εσωτερικής καύσης. Από την άλλη, το σημαντικότερο επιχείρημα ενάντια στα υβριδικά οχήματα, είναι η ανάγκη για δύο ενεργειακές πηγές που θα προμηθεύουν την απαιτούμενη για την κίνηση ενέργεια.

Έχουν γίνει πάρα πολλές δοκιμές με πετρελαιοκίνητα λεωφορεία που μέσα στην πόλη λειτουργούν με ηλεκτρισμό, που σχεδόν στο σύνολο των περιπτώσεων παρείχαν συσσωρευτές οξέος μολύβδου. Ακόμα και επιβατηγά αυτοκίνητα ιδιωτικής χρήσης έχουν κατά καιρούς δοκιμαστεί, λειτουργώντας ως υβριδικά, με συνδυασμό ηλεκτροκινητήρα και διάφορους άλλους τύπους μηχανών (Stirling, Wankel, μηχανή εσωτερικής καύσης κλπ.), και πάλι εφοδιασμένα με συσσωρευτές οξέος μολύβδου.

Δεν υπάρχει αμφιβολία ό,τι διάφοροι συνδυασμοί εφαρμοσμένοι σε υβριδικά οχήματα, μπορούν να οδηγήσουν σε βελτιστοποίηση της κατανάλωσης ενέργειας για συγκεκριμένες διαδρομές, μέσα ή έξω από τ' αστικά κέντρα. Από την άλλη, οι δοκιμές, έχουν δείξει ό,τι η γενικής φύσης οδήγηση με υβριδικά οχήματα, χωρίς συγκεκριμένο προγραμματισμό του είδους των διαδρομών, αποβαίνει αρνητική για την κατανάλωση ενέργειας, αν μάλιστα το όχημα προμηθεύεται ηλεκτρική ενέργεια από τους σταθμούς παραγωγής με το συνηθισμένο βαθμό απωλειών, που φτάνει έως και το 60%. Πρέπει να τονιστεί, ό,τι τα διαθέσιμα καύσιμα τη σημερινή εποχή, τα εναλλακτικά καύσιμα και η διαθεσιμότητα της ενέργειας πρέπει να συνδυαστούν κάτω από ένα πρίσμα οικονομικού χαρακτήρα έτσι ώστε να υλοποιηθούν τα διάφορα πλεονεκτήματα των υβριδικών οχημάτων. Είναι αξιοσημείωτο ό,τι η πολύ παλιά ιδέα της χρήσης ενός ηλεκτροκίνητου οχήματος (το οποίο συνήθως διαθέτει συσσωρευτές) σε συνδυασμό με έναν άλλο κινητήρα / γεννήτρια, έχει πια τη δυνατότητα υλοποίησης μέσα από ένα πλήθος δυνατών συνδυασμών. Διάφορα είδη καυσίμων μπορούν να χρησιμοποιηθούν στη μηχανή εσωτερικής καύσης, όπως αλκοόλη, μεθανόλη, πετρέλαιο, υδρογόνο ή βενζίνη.



Υβριδικό αυτοκίνητο Toyota Prius

ΕΙΔΗ ΥΒΡΙΔΙΚΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ

Τα υβριδικά συστήματα θεωρούνται μία από τις περισσότερες ελπιδοφόρες πηγές ενέργειας, για ηλεκτρικά οχήματα. Σύντομα πιστεύεται, θα καλύπτουν όλες τις

τεχνικές απαιτήσεις των ηλεκτρικών οχημάτων, ικανοποιώντας ταυτόχρονα τους ερευνητές και από άποψη κόστους. Τα συστήματα συσσωρευτών που είναι διαθέσιμα σήμερα, μειονεκτούν από άποψη παρεχόμενης ενέργειας και ισχύος, με αποτέλεσμα τα οχήματα να μην έχουν ικανοποιητική μέγιστη ταχύτητα, ακτίνα δράσης και επιτάχυνση, συγκρινόμενα με τα συμβατικά αυτοκίνητα που χρησιμοποιούν μηχανές εσωτερικής καύσης. Και μόνο το γεγονός ό,τι ύστερα από σχεδόν ένα αιώνα τα συστήματα συσσωρευτών οξέος μολύβδου θεωρούνται από πολλούς τα πλέον αξιόπιστα και ολοκληρωμένα συστήματα, αποδεικνύει ό,τι δύσκολα τα αμιγές ηλεκτροκίνητα οχήματα θα κατακτήσουν μεγάλο μέρος της αγοράς. Η μέση λύση της χρησιμοποίησης υβριδικών συστημάτων, φαντάζει περισσότερο ρεαλιστική, για την επόμενη πενταετία τουλάχιστον.

Διακρίνουμε τους ακόλουθους τύπους υβριδικών συστημάτων :

α) Ηλεκτροκίνητο όχημα με συσσωρευτές, υποβοηθούμενο από μία μικρή μηχανή εσωτερικής καύσης που θα επαναφορτίζει κυρίως τους συσσωρευτές και θα αυξάνει κατ' αυτόν τον τρόπο την αυτονομία του οχήματος.

β) Μία μικρή, βελτιστοποιημένη μηχανή εσωτερικής καύσης, πολύ μικρής ισχύος, που κινεί το όχημα σε μέσες ταχύτητες και καλύπτει τις βασικές ανάγκες μετακίνησης, σε συνδυασμό με μία διάταξη ισχύος-αιχμής, π.χ. ένα συσσωρευτή, ένα σφόνδυλο ή ένα υδροστατικό μετατροπέα αποθήκευσης ενέργειας.

γ) Ένα ηλεκτρομηχανικό συνδυασμό, κατά προτίμηση μίας ενεργειακής κυψέλης και του κατάλληλου συστήματος συσσωρευτών.

Στην πρώτη περίπτωση, οι συσσωρευτές παρέχουν την απαιτούμενη ενέργεια σε κίνηση σε αστικά κέντρα, συντελώντας στην ελάττωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και η μηχανή εσωτερικής καύσης κινεί το όχημα σε διαδρομές εκτός πόλης και στους αυτοκινητόδρομους. Ταυτόχρονα, η γεννήτρια φορτίζει τους συσσωρευτές. Όταν το όχημα είναι εκτός λειτουργίας, η επαναφόρτιση των συσσωρευτών μπορεί να γίνει από το δίκτυο.

Το κύριο πλεονέκτημα των υβριδικών συστημάτων, είναι η ικανότητά τους να ελαχιστοποιούν ή και να εξαλείφουν συγκεκριμένα μειονεκτήματα των διαφόρων συστημάτων συσσωρευτών. Για παράδειγμα, ο συσσωρευτής οξέος μολύβδου θα μπορούσε να παρέχει τις αιχμές ισχύος (για ικανοποιητική επιτάχυνση και επίτευξη αξιόλογων ταχυτήτων στους αυτοκινητόδρομους) ενώ μία ενεργειακή κυψέλη θα παρέχει την απαιτούμενη ενέργεια για μεγάλη ακτίνα δράσης και διατήρηση υψηλών ταχυτήτων ταξιδιού. Γίνεται κατανοητό, ό,τι τα υβριδικά συστήματα, αποτέλεσμα της απαραίτητης έρευνας, είναι σε θέση να διατηρήσουν τα πλεονεκτήματα των επιμέρους συστημάτων (που αποτελούν το υβριδικό σύστημα), εξαλείφοντας πολλά από τα μειονεκτηματά τους ως μεμονωμένα συστήματα.

ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΕΝΟΣ ΥΒΡΙΔΙΚΟΥ ΚΑΙ ΕΝΟΣ ΑΜΙΓΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΚΙΝΗΤΟΥ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΥ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΕΙ ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΕΣ ΟΞΕΟΣ ΜΟΛΥΒΔΟΥ

Η χρήση των υβριδικών οχημάτων, αναμένεται να προσφέρει τα ακόλουθα πλεονεκτήματα, σε σύγκριση με τα ηλεκτρικά οχήματα συσσωρευτών οξέος μολύβδου :

α) Η ακτίνα δράσης θα αυξηθεί σημαντικά. Θα οριοθετείται μόνο από την ποσότητα καυσίμου που είναι αποθηκευμένο στο ντεπόζιτο και τη διαθεσιμότητα του.

β) Ένα σημαντικό μέρος της απαιτούμενης ενέργειας, θα παράγεται στο ίδιο το όχημα. Η διακοπτόμενη λειτουργία και οι περίοδοι κατά τις οποίες οι απαιτήσεις σε ενέργεια είναι μικρές, θα επιτρέπουν επαναφόρτιση του συστήματος συσσωρευτών, από την ενεργειακή κυψέλη, για παράδειγμα. Κατ' αυτόν τον τρόπο, ο επαναφορτιζόμενος συσσωρευτής, δεν θα υπόκειται σε βαθιές εκφορτίσεις - όπως θα συνέβαινε συχνά σε ένα αμιγώς ηλεκτροκίνητο αυτοκίνητο - το οποίο θα προκαλούσε σημαντική πτώση της απόδοσης του συσσωρευτή και μείωση της

διάρκειας ζωής του. Συμπερασματικά, η συνολική αξιοπιστία του υβριδικού συστήματος, είναι μεγαλύτερη του μεμονωμένου συστήματος συσσωρευτών.

γ) Τα υβριδικά συστήματα χαρακτηρίζονται από μεγαλύτερους βαθμούς απόδοσης ενώ πολύ υψηλούς βαθμούς απόδοσης έχουν και οι ενεργειακές κυψέλες. Παράλληλα, σε κάποιο βαθμό είναι δυνατό να μειωθούν οι απώλειες στους σταθμούς παραγωγής ενέργειας, στα συστήματα μετάδοσης και κατά τη διαδικασία επαναφόρτισης.

δ) Οι παράγοντες που θα καθορίσουν τη μελλοντική οικονομική κατάσταση, είναι δύσκολο να καθοριστούν επακριβώς. Από την άλλη, η πάροδος του χρόνου αποβαίνει σε όφελος των υβριδικών συστημάτων, αφού το κόστος των συσσωρευτών οξέος μολύβδου μειώνεται συνεχώς, μέσα από τη βελτιστοποίηση και τη μαζικοποίηση της παραγωγής, ενώ και οι ενεργειακές κυψέλες παρουσιάζουν σταδιακή μείωση του κόστους που θα συνεχιστεί και τα επόμενα χρόνια.

ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΥΒΡΙΔΙΚΑ ΟΧΗΜΑΤΑ

Υπάρχουν τέσσερις τύποι ηλεκτροκίνητων υβριδικών οχημάτων :

- συσσωρευτών / δικτύου
- συσσωρευτών / ενεργειακών κυψελών
- συσσωρευτών / συσσωρευτών
- συσσωρευτών / σφονδύλου

Τα οχήματα συσσωρευτών / δικτύου είναι τα γνωστά μας τρόλεϊ και ηλεκτρικά τραίνα. Το γερμανικό "DuoBus", το οποίο έχει δοκιμαστεί στο Esslingen, είναι ένα τρόλεϊ το οποίο λειτουργεί μέσα στην πόλη τροφοδοτούμενο με ρεύμα από υπερκείμενα καλώδια, ενώ όταν κινείται στα προάστια την απαιτούμενη ενέργεια προμηθεύουν οι συσσωρευτές του. Το σύστημα από τεχνικής άποψης, έχει αποδειχθεί επιτυχές, όμως ακόμα δεν είναι έτοιμο να εφαρμοστεί στην αγορά. Τα ηλεκτρικά-υβριδικά τραίνα συσσωρευτών / δικτύου έχουν το ίδιο πλεονέκτημα, επιτρέπουν δηλαδή μία περιορισμένης έκτασης λειτουργία και εκτός του ηλεκτροδοτούμενου δικτύου.



Τρόλεϊ συσσωρευτών που τροφοδοτείται από υπερκείμενα καλώδια

Το υβριδικό σύστημα συσσωρευτών / ενεργειακής κυψέλης, βασίζεται στην χρήση μιας ενεργειακής κυψέλης για το μεγαλύτερο τμήμα της κίνησης και χρησιμοποιεί συσσωρευτές για την παροχή της επιπλέον ποσότητας ενέργειας, που απαιτείται σε διάφορα στάδια της κίνησής του - αιχμές. Καθώς οι ενεργειακές κυψέλες, ειδικά για οδικές μεταφορές, δεν πρόκειται να χρησιμοποιηθούν ευρέως στο άμεσο μέλλον, σε εμπορικό επίπεδο, το υβριδικό σύστημα αυτής της μορφής, δείχνει προς το παρόν, εκτός πραγματικότητας και χρειάζεται περαιτέρω εξέλιξη.

Διάφοροι προηγμένοι συσσωρευτές που βρίσκονται υπό εξέλιξη, για παράδειγμα το σύστημα ψευδαργύρου / αλογόνου, είναι επίσης φτωχοί σε αιχμές ισχύος και ίσως χρειάζεται κάποιος άλλος συσσωρευτής (όπως οξείος μολύβδου), δευτερεύουσας σημασίας, έτσι ώστε να παρέχουν τα μεγάλα ποσά ενέργειας-ισχύος που απαιτούνται κάποιες στιγμές, κατά την κίνηση. Και πάλι όμως, αυτά τα υβριδικά συστήματα συσσωρευτών / συσσωρευτών βρίσκονται στο πρώιμο ερευνητικό στάδιο.

Η ιδέα της χρήσης ενός σφονδύλου για την αποθήκευση της ενέργειας κατά την ωφέλιμη πέδηση και την αύξηση της ισχύος που αποδίδει ο συσσωρευτής, είναι ενδιαφέρουσα από πολλές απόψεις. Όμως προϋποθέτει την επίλυση διαφόρων σοβαρών μηχανικών προβλημάτων, που σχετίζονται με τα συστήματα μετάδοσης συνεχώς μεταβαλλόμενης σχέσης. Πάντως πρωτότυπα μοντέλα αυτής της αρχής λειτουργίας έχουν κατασκευαστεί, ιδιαίτερα στις Η.Π.Α., και βρίσκονται στο στάδιο της έρευνας.

Ίσως το περισσότερο υποσχόμενο υβριδικό σύστημα, δεν είναι ένα καθαρά ηλεκτροκίνητο υβριδικό σύστημα από τα παραπάνω, αλλά ένα υβριδικό σύστημα μικτού τύπου, μηχανής εσωτερικής καύσης / συσσωρευτών. Αυτό το σύστημα χαρακτηρίζεται από το κύριο πλεονέκτημα, της απεριόριστης ακτίνας δράσης όποτε αυτό είναι αναγκαίο. Υπάρχουν δύο βασικοί τύποι τέτοιων υβριδικών συστημάτων :

α) Το υβριδικό σύστημα εν σειρά, το οποίο έχει ηλεκτρικό κινητήριο σύστημα και χρησιμοποιεί μία μικρή μηχανή εσωτερικής καύσης που λειτουργεί με σταθερό αριθμό στροφών και κινεί μία γεννήτρια που φορτίζει τους συσσωρευτές αλλά και παρέχει ρεύμα στον κινητήρα.

β) Το υβριδικό σύστημα εν παραλλήλω, στο οποίο η μηχανή εσωτερικής καύσης και το ηλεκτρικό κινητήριο σύστημα (το οποίο τροφοδοτείται με ενέργεια από τους συσσωρευτές) είναι ανεξάρτητα μεταξύ τους και καταλήγουν σε ένα κοινό σύστημα μετάδοσης.

Κάθε σύστημα έχει τα πλεονεκτήματά και τα μειονεκτήματά του, τα οποία αποκτούν ιδιαίτερη βαρύτητα ανάλογα με την εκάστοτε εφαρμογή. Το υβριδικό σύστημα εν σειρά, έχει το πλεονέκτημα της απλότητας, πρέπει όμως το ρεύμα που παρέχουν οι συσσωρευτές και το ρεύμα της ηλεκτρογεννήτριας να είναι της αυτής τάξης μεγέθους. Υπάρχει επιπλέον το παράδοξο, η θερμική ενέργεια η προερχόμενη από την καύση, να μετατρέπεται σε μηχανική, ηλεκτρική και τέλος πάλι σε μηχανική κατά την κίνηση. Αυξάνονται κατ' αυτόν τον τρόπο οι απώλειες, όμως το όλο σύστημα μπορεί να λειτουργήσει πολύ αποδοτικά, σαν ένα είδος "ηλεκτρικού συστήματος μετάδοσης". Κατ' αυτόν τον τρόπο μπορούμε να έχουμε υψηλούς βαθμούς απόδοσης με τη μηχανή εσωτερικής καύσης να λειτουργεί σε μεγάλο αριθμό στροφών και να αυξομειώνει τις στροφές της, χωρίς να χρειάζεται αλλαγή ταχυτήτων στο μηχανικό σύστημα μετάδοσης.

Το υβριδικό σύστημα εν παραλλήλω, θεωρείται περισσότερο αξιόλογο. Μάλιστα σε κάποιο ομοσπονδιακό ερευνητικό πρόγραμμα των Η.Π.Α., εταιρείες όπως η General Electric και η Ιταλική Fiat, τάχθηκαν υπέρ του, έπειτα από έρευνα πολλών ετών.

Η επιλογή των ερευνητών δεν εξαντλείται στο αν το υβριδικό σύστημα θα είναι εν παραλλήλω ή εν σειρά. Υπάρχουν διάφοροι τρόποι λειτουργίας ενός υβριδικού συστήματος μηχανής εσωτερικής καύσης/ ηλεκτροκινητήρα. Αυτοί ποικιλούν, από το αν η βάση λειτουργίας είναι η ηλεκτρική ενέργεια, με φόρτιση των συσσωρευτών από το δίκτυο, κατά τα χρονικά εκείνα διαστήματα που το όχημα δεν κινείται, με τη μηχανή εσωτερικής καύσης να μπαίνει σε λειτουργία μόνο σε μακρινά ταξίδια, όταν εκφορτίζονται οι συσσωρευτές, έως και αν η βάση λειτουργίας είναι η βενζινοκίνηση-πετρελαιοκίνηση με τους συσσωρευτές να συνεισφέρουν σε ενέργεια μόνο όταν απαιτούνται μεγάλες ποσότητες ισχύος ή σε κίνηση σε ανηφορικούς δρόμους, επιτρέποντας σε τελική ανάλυση την χρησιμοποίηση μίας μικρότερου κυβισμού -λιγότερο ρυπογόνα- μηχανής εσωτερικής καύσης απ' ότι αν το όχημα ήταν αμιγώς βενζινοκίνητο ή πετρελαιοκίνητο. Οι δύο παραπάνω τρόποι λειτουργίας

βρίσκονται σε δύο αντιδιαμετρικά σημεία έχοντας ενδιάμεσα διάφορες άλλες δυνατότητες και ο σχεδιασμός του οχήματος και η χρήση του επιβάλλουν τελικά το ποσοστό συμμετοχής του καθενός συστήματος (ηλεκτροκίνηση ή βενζινοκίνηση-πετρελαιοκίνηση) κατά την κίνησή του. Σημαντικό ρόλο παίζουν ακόμα η ανάγκη εξοικονόμησης καυσίμων, η ελάττωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, αν ο υψηλός βαθμός απόδοσης του οχήματος στο σύνολό του, η ελαχιστοποίηση του κόστους απόκτησης ή κίνησης του, οχήματος κλπ.. Για κάθε εφαρμογή απαιτείται ένα πρόγραμμα δοκιμών, που θα οδηγήσει στη βελτιστοποίηση του συστήματος κατά περίπτωση. Πάντως, η πολυπλοκότητα του συστήματος, είναι ένα μειονέκτημα για τα υβριδικά οχήματα έναντι των ηλεκτροκίνητων ή βενζινοκίνητων, ιδιαίτερης σημασίας.

Το μέλλον των υβριδικών ηλεκτρικών οχημάτων, μόνο με εικασίες μπορεί να καθοριστεί. Παρόλα τα μειονεκτήματά τους, δεν περνά απαρατήρητο ό,τι εξαλείφουν ένα βασικό μειονέκτημα των σημερινών ηλεκτρικών οχημάτων, τη μικρή ακτίνα δράσης. Φαίνεται πολύ πιθανό ό,τι τα τρόλεϊ υβριδικού συστήματος συσσωρευτών / δικτύου θα βρουν εφαρμογή στα αστικά μέσα μαζικής μεταφοράς, τη στιγμή που το υβριδικό σύστημα μηχανής εσωτερικής καύσης / συσσωρευτών έχει ευρύτερο πεδίο εφαρμογών, βρίσκοντας εφαρμογή σε λεωφορεία, μικρά φορτηγά και επιβατηγά αυτοκίνητα ιδιωτικής χρήσης. Και τα δύο αυτά συστήματα θα γίνουν περισσότερο ανταγωνιστικά όσο θα αυξάνεται η τιμή των υγρών καυσίμων. Το μέλλον τους είναι άρρηκτα δεμένο με την επιτυχία ή με άλλα λόγια την αναζήτηση ενός προηγμένου και οικονομικού συστήματος συσσωρευτών. Αν η αναζήτηση αυτή δε στεφθεί τελικά από επιτυχία και ο συσσωρευτής οξέος μολύβδου παραμείνει ο πλέον αξιόπιστος, θα περιορίσει σημαντικά την αγορά των αμιγώς ηλεκτροκίνητων αυτοκινήτων και θα αυξήσει ταυτόχρονα τις προοπτικές των υβριδισμών οχημάτων μηχανής εσωτερικής καύσης/ συσσωρευτών. Από την άλλη, η εμφάνιση ενός πραγματικά προηγμένου και οικονομικού συστήματος συσσωρευτών, θα δώσει ένα μεγάλο προβάδισμα στα αμιγώς ηλεκτροκίνητα οχήματα έναντι των υβριδικών.

ΣΤ. ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΒΙΟΜΗΧΑΝΙΕΣ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Όλες σχεδόν οι αυτοκινητοβιομηχανίες έχουν εντάξει στα ερευνητικά τους προγράμματα και το ηλεκτρικό αυτοκίνητο. Οι περισσότερες μάλιστα έχουν να επιδείξουν μακρόχρονη παρουσία στον χώρο, με αποκορύφωμα τη General Motors και το ηλεκτρικό φορτηγό πόλης που παρουσίασε το 1916. Κατά καιρούς παρουσιάζονται διάφορα πειραματικά ηλεκτρικά αυτοκίνητα, είτε βασισμένα σε μοντέλα παραγωγής (NISSAN Micra), είτε έχοντας μία τελείως δική τους προσωπικότητα. Μερικές εταιρίες έχουν προχωρήσει ακόμα πιο μπροστά, παρουσιάζοντας ηλεκτρικά αυτοκίνητα που είναι σε θέση να κυκλοφορήσουν στο άμεσο μέλλον (GM Impact), ενώ κάποιες άλλες συμπεριλαμβάνουν ήδη ηλεκτρικά αυτοκίνητα στον κατάλογο των προσφερόμενων μοντέλων τους (Peugeot 205 Electrique, Fiat Panda Elettra).

Ας δούμε όμως αναλυτικά τι έχουν να παρουσιάσουν ορισμένες από τις αυτοκινητοβιομηχανίες, στον χώρο του ηλεκτρικού αυτοκινήτου.

B.M.W.

Η γερμανική BMW έχει εξελίξει ένα ηλεκτρικό αυτοκίνητο πάνω στα μηχανικά μέρη και το αμάξωμα της 325i. Προτιμήθηκε το μοντέλο αυτό επειδή κυκλοφορεί αποκλειστικά σε τετραθέσια έκδοση-ενώ οι BMW είναι παραδοσιακά πιασκινητές-και έτσι υπήρχε διαθέσιμο το μηχανικό εκείνο τμήμα μετάδοσης της κίνησης στους μπροστινούς τροχούς, που εξυπηρετούσε τα σχέδια της εταιρίας για ένα προσθιοκίνητο ηλεκτρικό αυτοκίνητο.

Το αυτοκίνητο χρησιμοποιεί κινητήρα συνεχούς ρεύματος, ισχύος 17KW (23 ίππων) με μέγιστο αριθμό στροφών τις 6700 στροφές /λεπτό. Πηγή ενέργειας του αυτοκινήτου είναι ο συσσωρευτής νατρίου-θείου της ABB, 360 στοιχείων, τάσης 170-200V. Πρόκειται για το συσσωρευτή που παρουσιάστηκε αναλυτικά στο σχετικό τμήμα της εργασίας. Το αυτοκίνητο χρησιμοποιεί ένα κιβώτιο 2 ταχυτήτων, έχει μέγιστη ταχύτητα περίπου 100Km/h και επιταχύνει από 0-50Km/h σε 9 δευτερόλεπτα. Η ακτίνα δράσης του αυτοκινήτου είναι 150-200Km ενώ πιστεύεται ότι σύντομα η μέγιστη ταχύτητα θα ξεπεράσει τα 120Km/h και η επιτάχυνση θα είναι 0-50Km/h σε 2 δευτερόλεπτα.

Το αυτοκίνητο δεν έχει να παρουσιάσει κάποια σημαντική καινοτομία, όμως η BMW έχει καταφέρει να έχει το αυτοκίνητο μία απόκριση στο πάτημα του γκαζιού που να θυμίζει περισσότερο αυτοκίνητο με μηχανή εσωτερικής καύσης παρά ηλεκτροκίνητο, έχει δηλαδή, όπως λέγεται χαρακτηριστικά, αρκετό "νεύρο".

FIAT

Η ιταλική FIAT έχει να επιδείξει μία μακρόχρονη ερευνητική δραστηριότητα στον χώρο των ηλεκτρικών αυτοκινήτων. Το 1974 είχε παρουσιάσει το Fiat X1/23 (Σχ. ΣΤ-1), ένα διθέσιο αυτοκίνητο που ανέπτυξε ταχύτητα 75Km/h και ακτίνα δράσης 70Km/h με σταθερή ταχύτητα 50Km/h.

Ένας ηλεκτροκινητήρας συνεχούς ρεύματος εξωτερικής διέγερσης, 13,5 ίππων, κινούσε τους μπροστινούς τροχούς ενώ υπεύθυνη για τον έλεγχο του κινητήρα ήταν μία διάταξη που χρησιμοποιούσε τρανζίστορ. Υπήρχε και η δυνατότητα ωφέλιμης πέδησης, όμως το σημαντικότερο χαρακτηριστικό του αυτοκινήτου ήταν η χρήση συσσωρευτών νικελίου-ψευδαργύρου της Yardney, που είχαν περίπου διπλάσια μέγιστη χωρητικότητα από τους αντίστοιχους συμβατικούς συσσωρευτές οξέος μολύβδου. Το βάρος του οχήματος ήταν 820Kg, από τα οποία 166Kg ήταν το βάρος των συσσωρευτών.



Φωτ.ΣΤ-1. Το FIAT X1/23 του 1974

Ακολούθησαν ηλεκτρικές εκδόσεις του Fiat 850T και του 242 (το 1976) ενώ το 1978 παρουσιάστηκε ένα ηλεκτροκίνητο Iveco Daily (κλειστό φορτηγάκι). Ακολούθησε το 1983 η παρουσίαση ενός ηλεκτρικού λεωφορείου Iveco Daily E3, το οποίο μάλιστα κατασκευάστηκε σε 20 κομμάτια.

Η Fiat συνεργάστηκε και με ανεξάρτητους σχεδιαστικούς οίκους και σε συνεργασία με τον Pininfarina παρουσίασε πριν αρκετά χρόνια ένα ηλεκτρικό αυτοκίνητο πόλης με δυνατότητα μεταφοράς 4 επιβατών. Το Eco όπως λεγόταν, ήταν ένα σεντάν βάρους 1250Kg, τρίπορτο, προσθιοκίνητο, με μέγιστη ταχύτητα 80Km/h και ακτίνα δράσης περίπου 60Km. Χρησιμοποιούσε ένα κινητήρα συνεχούς ρεύματος μικτής διέγερσης, 35 ίππων, για τον έλεγχο του οποίου φρόντιζε μία διάταξη που χρησιμοποιούσε ηλεκτρονικά ισχύος. Την τάση λειτουργίας των 96V προμήθευαν 16 συσσωρευτές οξέος μολύβδου, βάρους 481Kg.

Η πρόταση της Fiat για το ηλεκτρικό αυτοκίνητο του σήμερα, εκφράζεται μέσα από το Panda Elletta. Το Panda Elletta (Φωτ.ΣΤ-2) χρησιμοποιεί το αμάξωμα και τα περισσότερα από τα μηχανικά μέρη του βενζινοκίνητου Panda Larell και του Panda Steyr, δύο ηλεκτροκίνητων αυτοκινήτων που λάνσαρον πριν χρόνια η ελβετική Larag και η αυστριακή Steyr, βασισμένα στα μηχανικά μέρη και το αμάξωμα του Panda. Στην εξέλιξη των αυτοκινήτων αυτών είχε συμβάλει και η Fiat, η οποία χρησιμοποίησε την πείρα που απέκτησε, στην παρουσίαση του Fiat Panda Elletta.



Το Panda Eletta έχει δυνατότητα μεταφοράς δύο ατόμων και χρησιμοποιεί για την κίνηση του έναν ηλεκτροκινητήρα συνεχούς ρεύματος με διέγερση εν σειρά, ισχύος 9,2KW. Για τον έλεγχο του κινητήρα φροντίζει ένα chopper τεχνολογίας MOSFET, με συχνότητα λειτουργίας τα 18KHz και μέγιστο ρεύμα τα 330A. Υπάρχει το χαρακτηριστικό της ωφέλιμης πέδησης ενώ η επιλογή των συσσωρευτών μπορεί να γίνει ανάμεσα σε συσσωρευτές οξέος μολύβδου και νικελίου-καδμίου. Με τους πρώτους η αυτονομία είναι 100Km με σταθερή ταχύτητα 50Km/h ενώ η αυτονομία σε αστικό κύκλο είναι 70Km. Με συσσωρευτές νικελίου-καδμίου η αυτονομία ανεβαίνει στα 180Km και 100Km/h αντίστοιχα.

Έχει διατηρηθεί το σύστημα μετάδοσης του συμβατικού Panda (με το κιβώτιο 4 ταχυτήτων) ενώ η κίνηση στην πόλη είναι δυνατή με την χρήση της 3ης ταχύτητας του κιβωτίου και μόνο, χάρη στα γνωστά χαρακτηριστικά του κινητήρα συνεχούς ρεύματος.

Το βάρος του αυτοκινήτου είναι 1050Kg, το ωφέλιμο βάρος είναι περίπου 250Kg, η μέγιστη ταχύτητα του αυτοκινήτου είναι 70Km/h και η επιτάχυνση από 0-40Km/h είναι 10 δευτερόλεπτα. Το αυτοκίνητο μπορεί να κινηθεί σε δρόμους κλίσης μέχρι και 25%.

FORD

Η Αμερικάνικη Ford έχει μία σημαντική παρουσία στον χώρο, έχοντας παρουσιάσει κατά καιρούς διάφορα πειραματικά μοντέλα, αλλά το κυριότερο, όντας η πρώτη που πειραματίστηκε στον πολλά υποσχόμενο συσσωρευτή νατρίου-θείου, πριν 30 περίπου χρόνια.

Τελευταία, σε συνεργασία με την General Electric, παρουσίασε ένα μικρό φορτηγό πόλης, το ETX-II, που χρησιμοποιεί έναν κινητήρα εναλλασσόμενου ρεύματος και ένα σύστημα μετάδοσης δύο ταχυτήτων, που κινεί τους πίσω τροχούς. Σε πρώτη φάση την απαιτούμενη ενέργεια προμηθεύουν συσσωρευτές οξέος μολύβδου, ήδη όμως πρέπει να έχουν αντικατασταθεί από νατρίου-θείου.

Ο κινητήρας έχει ισχύ 70 ίππων και αποδίδει 81lb/ft στην περιοχή σταθερής ροπής. Πρόκειται για έναν κινητήρα αρκετά εξελιγμένο, που έχει συντελεστή απόδοσης 96%. Συνεργάζεται με έναν αντιστροφέα βάρους 36Kg ενώ οι συσσωρευτές, για τους οποίους η εταιρία δε δίνει περισσότερα στοιχεία, ζυγίζουν περίπου 581Kg και το γεγονός αυτό επηρεάζει το ωφέλιμο βάρος του οχήματος που είναι 250Kg, το μισό του αντίστοιχου βενζινοκίνητου μοντέλου.

Η μέγιστη ταχύτητα του ETX-II είναι 105Km/h, η ακτίνα δράσης περίπου 160Km και μπορεί να κινηθεί σε δρόμους κλίσης μέχρι και 30%. Επιταχύνει από 0-80Km/h σε λιγότερο από 20 δευτερόλεπτα και το κόστος λειτουργίας του είναι ίσο με το κόστος λειτουργίας του βενζινοκίνητου μοντέλου.

Ιδιαίτερη προσπάθεια έχει γίνει από τους μηχανικούς της Ford ώστε το αυτοκίνητο να θυμίζει όσο το δυνατόν περισσότερο το βενζινοκίνητο μοντέλο. Πάντως το αυτοκίνητο χρησιμοποιεί ένα ηλεκτρικά υποβοηθούμενο τιμόνι ενώ ένας υπολογιστής συνδεδεμένος με τον αντιστροφέα, φροντίζει ώστε ο κινητήρας να τροφοδοτείται με ρεύμα διακοπτόμενο κατά τέτοιο τρόπο, ώστε η εντύπωση που προκαλείται να είναι ότι το αυτοκίνητο χρησιμοποιεί μηχανή εσωτερικής καύσης. Όμως η έλλειψη θορύβου και η πολύ ομαλή επιτάχυνση του οχήματος, θυμίζουν ότι πρόκειται για ένα ηλεκτρικό μικρό φορτηγό.

MERCEDES

Η Mercedes έχει πολλά χρόνια έρευνας στον χώρο του ηλεκτρικού αυτοκινήτου. Πριν μερικά χρόνια παρουσίασε μία ηλεκτρική έκδοση του μικρού φορτηγού 307E (Σχ. ΣΤ-3). Η ακτίνα δράσης του ήταν 80Km ενώ η μέγιστη ταχύτητα του 70Km/h. Για την κίνηση του χρησιμοποιούσε έναν ηλεκτροκινητήρα συνεχούς ρεύματος ισχύος 20KW, Σύμφωνα με την εταιρία, το κόστος κίνησης του αυτοκινήτου ήταν σημαντικά μικρότερο από το κόστος κίνησης του αντίστοιχου βενζινοκίνητου μοντέλου.

Η Mercedes τα τελευταία χρόνια διεξάγει έρευνα σε αυτοκίνητα που χρησιμοποιούν διάφορα είδη εναλλακτικών καυσίμων. Διαθέτει ένα στόλο από αυτοκίνητα που χρησιμοποιούν διάφορα είδη εναλλακτικών καυσίμων. Διαθέτει ένα στόλο από αυτοκίνητα που κινούνται με μεθανόλη, μίγμα μεθανόλης-βενζίνης, αιθανόλης, μίγμα υδρογόνου-βενζίνης, υγραέριο, ενώ έχει να παρουσιάσει και διάφορα ηλεκτρονικά αυτοκίνητα, λεωφορεία και υβριδικά τρόλεϊ καθώς και προηγμένα ηλεκτρικά και υβριδικά κινητήρια συστήματα για διαφόρων τύπων οχήματα. Πρόσφατα παρουσιάστηκε μία ηλεκτροκίνητη Mercedes 190, που χρησιμοποιεί τον προηγμένο συσσωρευτή νατρίου-θείου της A.B.B..



Σχ. ΣΤ-3

Το 1974 η ιαπωνική Nissan παρουσίασε δύο επιβατικά ηλεκτρικά αυτοκίνητα. Ένα 200L και ένα Nissan Laurel που πρωτοκατασκευάστηκαν με σκοπό να μεταφέρουν τους επίσημους στον χώρο της Διεθνούς Ωκεανογραφικής Έκθεσης της Οκίναβα, το 1975. Σχεδιασμένα για μικρές αποστάσεις, τα πενταθέσια αυτοκίνητα είχαν ακτίνα δράσης 65Km και μέγιστη ταχύτητα 85Km/h. Διέθεταν ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου με θυρίστορ και αυτόματη μετάδοση δύο ταχυτήτων. Το συνολικό βάρος του καθενός, ήταν περίπου 1919Kg.

Την ίδια χρονιά παρουσιάστηκαν, σε συνεργασία με την ιαπωνική κυβέρνηση, δύο πειραματικά ηλεκτρικά αυτοκίνητα, τα EV-4.

Το πρώτο από αυτά, το EV-4-P, ίσως έχει τη μεγαλύτερη ακτίνα δράσης απ'όλα τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα που χρησιμοποιούν συσσωρευτές οξέος μολύβδου. Με ταχύτητα 40Km/h η ακτίνα δράσης ξεπερνούσε τα 300Km. Η μέγιστη ταχύτητα ήταν 87Km/h και το αυτοκίνητο επιτάχυνε από 0-40Km/h σε 6,9 δευτερόλεπτα.

Το άλλο αυτοκίνητο, EV-4-H, είχε τη μεγαλύτερη ακτίνα δράσης ανάμεσα στα ηλεκτρικά αυτοκίνητα, ανεξάρτητα του τύπου των χρησιμοποιούμενων συσσωρευτών. Το EV-4-H χρησιμοποιούσε ένα συνδυασμό συσσωρευτών ψευδαργύρου-αέρα και οξέος μολύβδου. Με σταθερή ταχύτητα 40Km/h η ακτίνα δράσης έφθασε τα 496Km. Η μέγιστη ταχύτητα ήταν 90Km/h και το αυτοκίνητο επιτάχυνε 0-40Km/h σε 4,9 δευτερόλεπτα. Το όχημα κινούσε ένας ηλεκτροκινητήρας συνεχούς ρεύματος με παράλληλη διέγερση, ισχύος 20KW, ελεγχόμενος μέσω ενός chopper με δυνατότητα ωφέλιμης πέδησης. Η συνολική απόδοση του συστήματος συσσωρευτών-chopper-κινητήρα ήταν 78%, ενώ το βάρος του οχήματος ήταν 2490Kg.

Από τότε η Nissan δεν έπαψε ν'ασχολείται με το ηλεκτρικό αυτοκίνητο. Τα αποτελέσματα των ερευνών της παρουσιάζει κατά καιρούς σε διεθνή συνέδρια. Τελευταία, εξέλιξε έναν κινητήρα εναλλασσομένου ρεύματος μόνιμης μαγνήτισης, ειδικά για ηλεκτρικά οχήματα. Ο κινητήρας αυτός ήταν το αποτέλεσμα της δεύτερης φάσης ενός ερευνητικού προγράμματος της Nissan, που το πρώτο του στάδιο είχε καταλήξει στην παρουσίαση ενός επαγωγικού κινητήριου συστήματος για ηλεκτρικά αυτοκίνητα.

Ο κινητήρας εναλλασσομένου ρεύματος μόνιμης μαγνήτισης, πρωτοπαρουσιάστηκε το 1988. Συνδυάζεται με έναν αντιστροφέα τάσης εισόδου 80-100V ο οποίος χρησιμοποιεί τρανζίστορ ισχύος της Mitsubishi. Η διακοπτική συχνότητα του αντιστροφέα είναι τα 3KHz (pulse width modulation) ενώ η συχνότητα λειτουργίας κυμαίνεται από 0-200Hz. Ο συνδυασμός του συγκεκριμένου κινητήρα με τον παραπάνω αντιστροφέα παρουσιάζει εντυπωσιακό συντελεστή απόδοσης, 89%, τη στιγμή που το επαγωγικό κινητήριο σύστημα της πρώτης φάσης του προγράμματος είχε συντελεστή απόδοσης 82% ενώ τα αντίστοιχα συστήματα συνεχούς ρεύματος κυμαίνονται γύρω στο 75%.

Το παραπάνω κινητήριο σύστημα κινεί πειραματικά ορισμένα Nissan Micra, με τα εξής χαρακτηριστικά:

A. ΟΧΗΜΑ

Μήκος	3785mm
Πλάτος	1560mm
Ύψος	1395mm
Μεταξόνιο	2300mm
Μετατρόχιο	1345mm
	1330mm
Αριθμό επιβατών	2
Απόβαρο	1070Kg
Ελαστικά	155SR 12

B. ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΕΣ

Τύπος	νικελίου-σιδήρου
Χωρητικότητα	160Ah
Τάση λειτουργίας	130V
Βάρος	370Kg

Γ. ΕΠΙΔΟΣΕΙΣ

Μέγιστη ταχύτητα	70Km/h
Επιτάχυνση (0-40 Km/h)	9 δευτερόλεπτα
Ακτίνα δράσης	186Km(με σταθερή ταχύτητα 40Km/h)

PEUGEOT

Η Peugeot έχει πρόσφατα παρουσιάσει μία ηλεκτρική έκδοση του πετυχημένου της μοντέλου 205, το οποίο ονομάζει Peugeot 205 Electrique (ΦΩΤ. ΣΤ-6). Εξωτερικά, το ηλεκτρικό 205 διαφέρει από το συμβατικό 205 σε δύο μόνο σημεία. Χρειάζεται μεγάλη παρατηρητικότητα για να προσέξει κανείς την απουσία εξάτμισης και την άκρη του καλωδίου στο πλάι του αυτοκινήτου, που εκτείνεται για να συνδεθεί το αυτοκίνητο με το κοινό ηλεκτρικό δίκτυο, για να φορτιστούν οι συσσωρευτές του. Το 205 Electrique χρησιμοποιεί έναν ηλεκτροκινητήρα συνεχούς ρεύματος, εξωτερικής διέγερσης, ονομαστικής ισχύος 8KW και βάρους μόλις 60Kg. Η μέγιστη τιμή της αποδιδόμενης ισχύος είναι 17,5KW στις 1450 σ.α.λ., με μέγιστο αριθμό στροφών τις 5500. Η μέγιστη ροπή του κινητήρα είναι 12,75Kgm, αποδιδόμενης στις 0 σ.α.λ.. Την απαιτούμενη ενέργεια παρέχουν 12 β-βολται συσσωρευτές νικελίου-καδμίου χωρητικότητας 230Ah. Η φόρτιση των συσσωρευτών γίνεται μέσω δύο βυσμάτων που διαθέτει το αυτοκίνητο, 16 και 40A το καθένα. Διαρκεί δε, περίπου 10 ώρες ενώ η διάρκεια ζωής τους είναι 200.000Km περίπου.

Η τροφοδοσία του κινητήρα με ρεύμα γίνεται μέσω ενός ηλεκτρονικού συστήματος ελέγχου βάρους 11Kg, που μοιράζεται το ίδιο σύστημα ψύξης (νερού και γλυκόζης) με τους συσσωρευτές. Στην πραγματικότητα τα chopper είναι δύο. Ένα κύριο chopper με ασύμμετρα θυρίστορ είναι υπεύθυνο για τον έλεγχο της μηχανής από 0 στροφές έως και το 1/3 της περιοχής λειτουργίας. Ένα δεύτερο chopper που χρησιμοποιεί τρανζίστορ, ελέγχει τον κινητήρα στη μεσαία και υψηλή περιοχή στροφών. Το σύστημα ελέγχου έχει και τη δυνατότητα ωφέλιμης πέδησης. Στο αρχικό τμήμα της διαδρομής του πεντάλ του φρένου, το σύστημα ελέγχου του ρεύματος αντιστρέφει το πεδίο διέγερσης και ο κινητήρας λειτουργεί

ως γεννήτρια φορτίζοντας τους συσσωρευτές, φρενάροντας ταυτόχρονα το αυτοκίνητο. Στο δεύτερο στάδιο της διαδρομής του πεντάλ του φρένου, μπαίνει σε λειτουργία και το μηχανικό σύστημα φρένων, που δε διαφέρει από το αντίστοιχο σύστημα του συμβατικού 205. Για να κινηθεί προς τα πίσω το αυτοκίνητο, απλά ο οδηγός πατά ένα κουμπί στο ταμπλό του αυτοκινήτου. Κιβώτιο ταχυτήτων δεν υπάρχει, ο κινητήρας είναι συνεζευγμένος στους μπροστινούς τροχούς μέσω ενός μειωτήρα με ένα ζεύγος επικυκλικών γραναζιών. Τα υπόλοιπα μηχανικά μέρη είναι ίδια με του συμβατικού 205, με εξαίρεση τα μπροστινά ελατήρια, που είναι σκληρότερα, αφού το βάρος μπροστά έχει αυξηθεί κατά 250Kg περίπου.



Σχ. ΣΤ-6

Το 205 Electrique έχει ακτίνα δράσης 140Km σε αστικό κύκλο ενώ με σταθερή ταχύτητα 40Km/h η εμβέλεια ανεβαίνει στα 200Km. Η κατανάλωση του σε αστικό κύκλο είναι 107Wh/Km, η μέγιστη ταχύτητα του δε, φτάνει τα 100Km/h ενώ επιταχύνει από 0-50Km/h σε 11,9 δευτερόλεπτα.

Τέλος, το συνολικό βάρος του αυτοκινήτου είναι 1150Kg, με ένα ωφέλιμο βάρος 300Kg περίπου.

Το Peugeot 205 Electrique έχει ήδη κατασκευαστεί σε περιορισμένο αριθμό κομματιών, που κυρίως έχουν διατεθεί σε γαλλικές δημόσιες υπηρεσίες. Το ενδιαφέρον που εκδηλώθηκε ήταν μεγάλο και κατά πληροφορίες η Peugeot έχει έτοιμη γραμμή παραγωγής ειδικά γι' αυτό το μοντέλο, η μαζική παραγωγή του οποίου άρχισε τους πρώτους μήνες του 1992.

Το "Τούλιπ" είναι ένα νέο ηλεκτρικό αυτοκίνητο, δημιούργημα του γκρουπ PSA, στο οποίο ανήκουν η "Πεζό" και η "Σιπροέν".

Με συνολικό μήκος 2,20m και πλάτος 1,4m το "Τούλιπ" θεωρείται ιδανικό για όσους κινούνται μέσα στην πόλη και μπορούν να διαθέτουν για την αγορά του το ποσό των 7000€.

Διαθέτει συσσωρευτές νικελίου-καδμίου που φορτίζονται σε 4 ώρες.

Η αυτονομία του είναι 70χλμ. και η μέγιστη τελική ταχύτητα του φτάνει τα 75Km/h.

OPEL

Η Opel μία από τις μεγαλύτερες αυτοκινητοβιομηχανίες, έχει κάνει αρκετά βήματα προς την ηλεκτροκίνηση. Τα αποτελέσματα των ερευνών της θα λέγαμε αποτελεσματικά.

Τελευταίο δείγμα της δουλειάς της οποίας γίνεται είναι το ηλεκτροκίνητο Astra Impuls 3.

Τα πρώτα πέντε ηλεκτροκίνητα Astra, με τις μπαταρίες νικελίου-καδμίου άρχισαν να δοκιμάζονται τον Μάιο του 1993 και ήδη έχουν διανύσει συνολικά 53.000 χιλιόμετρα. Τα πέντε αυτοκίνητα με τις μπαταρίες Zebra παραδόθηκαν τον Ιούλιο του 1994.

Καθεμία από τις μπαταρίες νικελίου-καδμίου που χρησιμοποιούνται στα Impuls 3 έχει ονομαστική τάση 1,2Volts. Το ηλεκτροκίνητο Opel χρησιμοποιεί μία συστοιχία 176 τέτοιων μπαταριών φτάνοντας έτσι μία συνολική τάση 210Volt. Οι 140 από αυτές τις μπαταρίες βρίσκονται κάτω το πίσω κάθισμα και τον χώρο των αποσκευών ενώ οι υπόλοιπες 36 βρίσκονται κάτω από το καπό μαζί με τον ηλεκτροκινητήρα και το σύστημα μετάδοσης.

Έτσι η κατανομή βάρους εμπρός-πίσω είναι πενήντα-πενήντα, κάτι που ευνοεί την καλή οδική συμπεριφορά του αυτοκινήτου. Η συνολική ενεργειακή χωρητικότητα των 176 μπαταριών νικελίου-καδμίου είναι 15 κιλοβατώρες. Με αυτή τη χωρητικότητα η αυτονομία του αυτοκινήτου φτάνει τα 70 με 80 χιλιόμετρα.

Με τις μπαταρίες Zebra η συνολική τάση φτάνει τα 286Volt. Η ενεργειακή χωρητικότητα φτάνει τις 25,9 κιλοβατώρες και η αυτονομία τα 120 με 130 χιλιόμετρα.

Η ισχύς των αυτοκινήτων φτάνει τους 61 ίππους με τις μπαταρίες Zebra και τους 57 ίππους με τις μπαταρίες νικελίου-καδμίου. Και στις δύο περιπτώσεις η ροπή ξεπερνάει τα 13Kgm και είναι διαθέσιμη σε όλο το φάσμα των στροφών λειτουργίας του κινητήρα. Ο ίδιος ο κινητήρας είναι εναλλασσομένου ρεύματος, τριφασικός ασύγχρονος και μεταδίδει την κίνηση στους μπροστινούς τροχούς μέσω ενός μετατροπέα ροπής και ενός διβάθμιου μειωτήρα στροφών με συνολική σχέση μετάδοσης 10:1. Η όλη διάταξη ελέγχεται από ένα ηλεκτροκίνητο σύστημα ελέγχου. Στα αυτοκίνητα με τις μπαταρίες νικελίου-καδμίου υπάρχει όργανο ένδειξης της θερμοκρασίας του κινητήρα ενώ στα αυτοκίνητα με μπαταρίες Zebra υπάρχει όργανο ένδειξης της κατανάλωσης. Υπάρχουν δύο πεντάλ, όπως στα αυτόματα αυτοκίνητα, και ένας επιλογέας όμοιος με των αυτομάτων. Το ωφέλιμο φορτίο είναι 400 κιλά με τις μπαταρίες νικελίου-καδμίου και 450 κιλά με τις Zebra. Για την θέρμανση του αυτοκινήτου τον χειμώνα φροντίζει ένας μικρός καυστήρας πετρελαίου της Webasto. Η συντήρηση είναι απλούστατη. Ο κινητήρας δεν χρειάζεται καμία συντήρηση. Το ίδιο ισχύει και για τις μπαταρίες που η διάρκεια ζωής τους είναι περίπου 140.000 χιλιόμετρα και για τους δύο τύπους.

Οι επιδόσεις του Impuls 3 είναι βέβαια ασθενικές, αλλά του επιτρέπουν να ενσωματώνεται στην κυκλοφορία της πόλης και να την παρακολουθεί άνετα. Η επιτάχυνση από 0 έως 50 χιλιόμετρα την ώρα είναι 6 δευτερόλεπτα με τις μπαταρίες νικελίου-καδμίου και 7 δευτερόλεπτα με τις μπαταρίες Zebra. Η τελική ταχύτητα και στις δύο περιπτώσεις περιορίζεται στα 120 χιλιόμετρα την ώρα από το σύστημα ελέγχου.

Για τη επαναφόρτιση των μπαταριών τους τα ηλεκτρικά OPEL έχουν μία κοινή πρίζα "σούκο" με αρκετό τυλιγμένο καλώδιο πίσω από το πορτάκι της τάπας της βενζίνης. Η πρίζα μπορεί να συνδεθεί σε οποιοδήποτε οικιακό ρευματοδότη 220-230Volt. Ο χρόνος επαναφόρτισης είναι 6 ώρες για τις μπαταρίες νικελίου-καδμίου και 10 ώρες για τις Zebra. Επίσης η εταιρία Daug έχει κατασκευάσει για τις μπαταρίες νικελίου-καδμίου ένα σταθμό ταχείας επαναφόρτισης ισχύος 30KW που μπορεί να επαναφορτίζει τις μπαταρίες των ηλεκτρικών OPEL σε μισή ώρα.

STEYR

Η αυστριακή Steyr έχει να επιδείξει μία ηλεκτρική έκδοση του Fiat Panda, καθώς και ένα μικρό ηλεκτρικό αυτοκίνητο, κυρίως για κίνηση στην πόλη, το Steyr Diamant, ενώ διαθέτει και ένα ηλεκτρικό λεωφορείο 27 επιβατών, το Steyr Ely. Λόγω των πολλών ομοιοτήτων του Panda Steyr με το Panda Elletra της Fiat, δε θα προχωρήσουν σε αναλυτική παρουσίαση του. Το βάρος θα δοθεί στα Steyr Diamant και Ely.

Το Steyr Diamant είναι ένα διαθέσιμο μικρό αυτοκίνητο που χρησιμοποιεί έναν ασύγχρονο τριφασικό κινητήρα εναλλασσόμενου ρεύματος, τάσης λειτουργίας 3x84V, ρεύματος 55A, ισχύος 6,5KW που αποδίδει 21Nm στις 3000σ.α.λ. Χρησιμοποιεί δεκαέξι 12-βολτους συσσωρευτές χωρητικότητας 55Ah, έχει μέγιστη ταχύτητα 65Km/h και αυτονομία 50-70Km ενώ μπορεί να κινηθεί σε επιφάνειες κλίσης μέχρι 15%. Το συνολικό του βάρος είναι 850Kg, με ωφέλιμο βάρος 190Kg.

Το σημερινό κόστος του Diamant είναι 28.000 ελβετικά φράγκα (χωρίς τους συσσωρευτές) ενώ το κόστος των συσσωρευτών είναι 1.600 ελβετικά φράγκα.

Το Steyr Ely είναι ένα μικρό λεωφορείο 15 καθήμενων και 11 όρθιων επιβατών (+ ένας οδηγός). Κινείται από 2 κινητήρες συνεχούς ρεύματος της A.B.B., ονομαστικής τάσης 120V και ισχύος 62KW. Χρησιμοποιεί 40 6-βολτους συσσωρευτές των 190Ah και έχει μέγιστη ταχύτητα 80Km/h ενώ η αυτονομία του κυμαίνεται μεταξύ 50 και 70Km/h.

VOLKSWAGEN-AUDI GROUP

Το 1969 η Volkswagen παρουσίασε το Electric Commercial, ένα μικρό κλειστό φορτηγό, βασισμένο στο αμάξωμα και τα μηχανικά μέρη του Transporter. Το αυτοκίνητο χρησιμοποιούσε έναν ηλεκτροκινητήρα 33KW ο οποίος απέδιδε συνεχή ισχύ περίπου 14KW. Επιτάχυνε από 0-50Km/h σε 12 δευτερόλεπτα με μέγιστη ταχύτητα 70Km/h. Ο μετατροπέας χρησιμοποιούσε θυρίστορ ενώ οι συσσωρευτές είχαν τάση 144Volt, η χωρητικότητα 180Ah και ζύγιζαν περίπου 860Kg. Η Ακτίνα δράσης του οχήματος ήταν 50-80Km. Τα αυτοκίνητα αυτά βρίσκονταν στην κυκλοφορία και έχουν διανύσει χιλιάδες χιλιομέτρων στους δρόμους της Γερμανίας.

Η Volkswagen έχει εξελίξει στο παρελθόν και ένα ταξί πόλης, υβριδικής τεχνολογίας, βασισμένο επίσης στο αμάξωμα και τα μηχανικά μέρη του Transporter. Χρησιμοποιούσε ένα βενζινοκινητήρα 1600κ.ε., 50 ίππων και έναν ηλεκτροκινητήρα συνεχούς ρεύματος, παράλληλης διέγερσης, της Bosch. Κατά την αμιγή ηλεκτροκίνηση, το αυτοκίνητο είχε μέγιστη ταχύτητα 70Km/h ενώ κατά την υβριδική κίνηση η μέγιστη ταχύτητα ανέβαινε στα 104Km/h και επιτάχυνε από 0-100Km/h σε 31 δευτερόλεπτα.

Η ακτίνα δράσης του οχήματος δε διέφερε από του βενζινοκίνητου Transporter. Το εσωτερικό του αυτοκινήτου ήταν διαρρυθμισμένο έτσι ώστε εκτός του οδηγού να μεταφέρει 4 επιβάτες, με ειδική μέριμνα στην όσο το δυνατόν καλύτερη εκμετάλλευση χώρου.

Η Volkswagen έχει ακόμα παρουσιάσει πρόσφατα μία υβριδική έκδοση του Golf στο οποίο εφαρμόζεται το Diesel/Electric-Hybrid drive, ένα σύστημα που έχουν εξελίξει από κοινού η Volkswagen και η Bosch. Στο σύστημα αυτό, μία ηλεκτρική μηχανή/γεννήτρια παρεμβάλλεται μεταξύ της μηχανής εσωτερικής καύσης και της μετάδοσης. Κανονικά, η μηχανή εσωτερικής καύσης (πρόκειται για έναν πετρελαιοκινητήρα) χρησιμοποιείται για επιτάχυνση σε ταχύτητες μεγαλύτερες των 48Km/h. Για τις χαμηλότερες ταχύτητες αναλαμβάνει ο ηλεκτροκινητήρας. Πρόκειται για τη περιοχή αυτή των ταχυτήτων στις οποίες η μηχανή εσωτερικής καύσης έχει τη μικρότερη απόδοση και τη μεγαλύτερη εκπομπή ρύπων.

Στην περίπτωση του Golf Hybrid drive, χρησιμοποιείται μία μηχανή πετρελαίου των 1600κ.ε. και συνδυάζεται με έναν ασύγχρονο ηλεκτροκινητήρα/γεννήτρια συνεχούς ρεύματος, βάρους 29Kg.

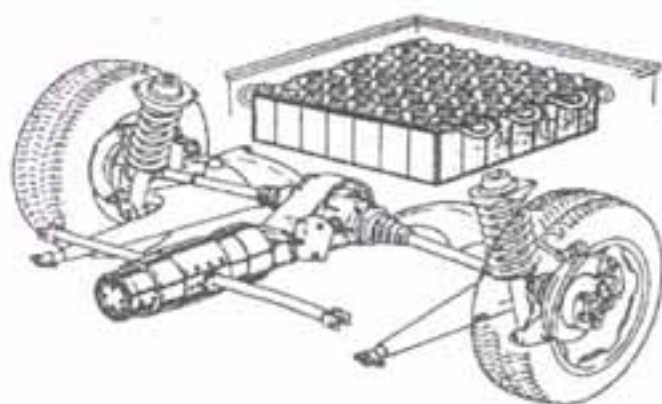


Ο ηλεκτροκινητήρας επιταχύνει εύκολα το αυτοκίνητο μέχρι τα 55Km/h, σε επίπεδο δρόμο. Η επιτάχυνση δεν είναι σημαντική, οι εκπομπές ρύπων όμως είναι μηδενικές. Κατά την κίνηση με τον ηλεκτροκινητήρα δεν χρησιμοποιείται το κιβώτιο 5 ταχυτήτων και η σύμπλεξη του κινητήρα γίνεται αυτόματα. Κατά το φρενάρισμα, ο κινητήρας φορτίζει με ενέργεια τους συσσωρευτές, λειτουργώντας ως γεννήτρια. Το αυτοκίνητο είναι ιδανικό για την πόλη, που οι μέσες ταχύτητες όπως έχουν δείξει οι στατιστικές δεν ξεπερνούν τα 50-60Km/h, ενώ μπορεί να κινηθεί άνετα και εκτός πόλης, όταν αναλαμβάνει ο πετρελαιοκινητήρας.

Και η Audi έχει παρουσιάσει ένα υβριδικό αυτοκίνητο με το όνομα Audi Duo. Είναι βασισμένο στο αμάξωμα και τα μηχανικά μέρη του Audi 100 Avant. Μια μηχανή εσωτερικής καύσης κινεί τους μπροστινούς τροχούς ενώ ένας ηλεκτροκινητήρας δίνει κίνηση στους πίσω.



Η συμβατική έκδοση του Audi 100 Avant είναι τετρακίνητη και αυτό διευκόλυνε τους μηχανικούς. Αφού αφαιρέθηκε ο κεντρικός άξονας μετάδοσης, συνδέθηκε ο ηλεκτροκινητήρας, βάρους 60Kg, απευθείας στο πίσω διαφορικό μέσω ενός ηλεκτρικά κινούμενου συμπλέκτη. Στο χώρο που φιλοξενούσε τον ανταλλακτικό τροχό τοποθετήθηκαν συσσωρευτές νικελίου-καδμίου (49 στοιχεία, βάρους 181Kg, Σχ. ΣΤ-15). Η ισχύς του ηλεκτροκινητήρα συνεχούς ρεύματος που χρησιμοποιείται, είναι 9,3KW/12,6hp και αποδίδει 110Nm ροπής στις 0 σ.α.λ.. Λόγω της μεγάλης ροπής το αυτοκίνητο δεν χρειάζεται κιβώτιο ταχυτήτων για την κίνηση του με τον ηλεκτροκινητήρα.



Σχ. ΣΤ-15. Ο χώρος των συσσωρευτών του υβριδικού Audi-Duo.

Ο βενζινοκινητήρας των 2.300 κ.ε. του Duo είναι συνδεδεμένος στους μπροστινούς τροχούς, έχει ισχύ 136hp/100KW και αποδίδει 190Nm ροπής στις 4.000 σ.α.λ.. Για ταχύτητες μέχρι 50Km/h κινεί το αυτοκίνητο ο ηλεκτροκινητήρας ενώ για μεγαλύτερες ταχύτητες αναλαμβάνει ο βενζινοκινητήρας. Όσο το Duo κινείται με τον ηλεκτροκινητήρα ένας άλλος ηλεκτρικός κινητήρας αναλαμβάνει την υποβοήθηση του τιμονιού, την υποπίεση των φρένων και το σύστημα αντιμπλοκαρίσματος των φρένων.

Το Duo επιταχύνει από 0-30Km/h σε 8 δευτερόλεπτα ενώ στοιχίζει περίπου 25.000 γερμανικά μάρκα περισσότερο απ'το συμβατικό Audi 100.

ΕΛΒΕΤΙΚΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΑ

Θεωρήθηκε σκόπιμο να αφιερωθεί μία ενότητα στα ηλεκτρικά αυτοκίνητα που κατασκευάζονται στην Ελβετία, από μικρούς και μικρομεσαίους κατασκευαστές. Παρόλο που η Ελβετία, θεωρείται μία από τις καλύτερες περιβαλλοντολογικά χώρες του κόσμου, εντούτοις έχει να επιδείξει μία μεγάλη παραγωγή ηλεκτρικών αυτοκινήτων (κυρίως πόλης), δείγμα του μεγάλου ενδιαφέροντος που επιδεικνύουν οι Ελβετοί για το περιβάλλον. Μέσα απ' τις δεκάδες διαφορετικά μοντέλα που κατασκευάζονται στην Ελβετία, επιλέχτηκαν πέντε από αυτά, ίσως τα πλέον αντιπροσωπευτικά και παρουσιάζονται αναλυτικά παρακάτω.

A. LAREL WIL 202 (βασισμένο στο Fiat Panda, Σχ. ΣΤ-16)

Εταιρία κατασκευής	Larag AG, CH 9500 Wil
Κινητήρας	συνεχούς ρεύματος
Ισχύς	14KW
Αριθμός συσσωρευτών	14
Χωρητικότητα συσσωρευτών	50Ah
Χρόνος φόρτισης	6-7h
Μέγιστη ταχύτητα	80Km/h
Αυτονομία	30-60Km
Θέσεις	2
Μήκος	3408mm
Πλάτος	1494mm
Αριθμός τροχών	4
Μέγιστη κλίση κίνησης	15%
Συνολικό βάρος	1150Kg
Ωφέλιμο βάρος	170Kg
Τιμή πώλησης	36.300 ελβετικά φράγκα

B. PINGUIN 6

Εταιρία κατασκευής	Fridez Solar AG, 4142 Munchenstein
Κινητήρας	συνεχούς ρεύματος
Ισχύς	4,7KW
Αριθμός συσσωρευτών	4
Χωρητικότητα συσσωρευτών	110Ah
Χρόνος φόρτισης	9h
Μέγιστη ταχύτητα	50Km/h
Αυτονομία	50Km
Θέσεις	2
Μήκος	2420mm
Πλάτος	1250mm
Αριθμός τροχών	4
Μέγιστη κλίση κίνησης	18%
Συνολικό βάρος	650Kg
Ωφέλιμο βάρος	200Kg
Τιμή πώλησης	14.990 ελβετικά φράγκα

Γ. PINGUIN 7

Εταιρία κατασκευής	Fridez Solar AG,4142 Munchenstein
Κινητήρας	Εναλλασσόμενου ρεύματος, ασύγχρονος
Ισχύς	8KW
Αριθμός συσσωρευτών	12
Χωρητικότητα συσσωρευτών	75Ah
Χρόνος φόρτισης	8h
Μέγιστη ταχύτητα	50Km/h
Αυτονομία	80Km
Θέσεις	2
Μήκος	2445mm
Πλάτος	1410mm
Αριθμός τροχών	4
Μέγιστη κλίση κίνησης	15%
Συνολικό βάρος	910Kg
Ωφέλιμο βάρος	220Kg
Τιμή πώλησης	25.000 ελβετικά φράγκα

Δ. MINI-EL

Εταιρία κατασκευής	Fridez Solar AG,4142 Munchenstein
Κινητήρας	συνεχούς ρεύματος
Ισχύς	1,2KW
Αριθμός συσσωρευτών	3
Χωρητικότητα συσσωρευτών	90Ah
Χρόνος φόρτισης	9h
Μέγιστη ταχύτητα	40Km/h
Αυτονομία	35-70Km
Θέσεις	2
Μήκος	2730mm
Πλάτος	1060mm
Αριθμός τροχών	3
Μέγιστη κλίση κίνησης	15%
Συνολικό βάρος	400Kg
Ωφέλιμο βάρος	115Kg
Τιμή πώλησης	9.900 ελβετικά φράγκα

Ε. SULKY

Εταιρία κατασκευής	Solec AG Bern, 3052 Zollikofen
Κινητήρας	συνεχούς ρεύματος
Ισχύς	4.3KW
Αριθμός συσσωρευτών	4
Χωρητικότητα συσσωρευτών	100Ah
Χρόνος φόρτισης	7h
Μέγιστη ταχύτητα	40Km/h
Αυτονομία	45-75Km
Θέσεις	2
Μήκος	2460mm
Πλάτος	1215mm
Αριθμός τροχών	4

Μέγιστη κλίση κίνησης	18%
Συνολικό βάρος	620Kg
Ωφέλιμο βάρος	165Kg
Τιμή πώλησης	16.900 ελβετικά φράγκα

Κλείνοντας το κεφάλαιο αυτό, πρέπει να σημειωθεί ότι οι αυτοκινητοβιομηχανίες έχουν να παρουσιάσουν ηλεκτρικά αυτοκίνητα, έστω σε πειραματικό στάδιο. Κάποια από αυτά δεν αναφέρθηκαν είτε γιατί δε βρέθηκαν αναλυτικά στοιχεία (πχ. Τα ηλεκτροκίνητα Lancia Y10, Honda CRX 1.5 spec, Renault Master και Express, Peugeot C15 και J5, Neoplan Minibus, Toyota gofcar, Volvo mailcar, Ford Escort electric κ.α.) είτε γιατί παρουσιάζονται αναλυτικά σε άλλο τμήμα της εργασίας (πχ. Το Impact της General Motors).

2. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΟΚΙΝΗΤΟΥ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΥ IMPACT ΤΗΣ GENERAL MOTORS

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η παρουσίαση του Impact από τη General Motors, σηματοδότησε αναμφισβήτητα ένα βήμα της αυτοκίνησης προς το μέλλον. Βασισμένο σε μία σχεδιαστική και κατασκευαστική φιλοσοφία που βασικό της χαρακτηριστικό είναι η αναζήτηση για τη βέλτιστη απόδοση σε κάθε τομέα, το Impact είναι ένα ηλεκτρικό αυτοκίνητο με δυνατότητα επιτάχυνσης ανώτερη από πολλά βενζινοκίνητα αυτοκίνητα και ακτίνα δράσης που κρίνεται ικανοποιητική για τις ανάγκες των περισσότερων σημερινών οδηγών.



Το Impact θεωρείται ο άμεσος απόγονος ενός καθαρά πειραματικού οχήματος, του Sunrayser ήταν ένα πειραματικό ηλιακό αυτοκίνητο που πέτυχε αρκετά ρεκόρ-σταθμούς στην κατηγορία του και ακόμα και σήμερα αποτελεί πρότυπο σύγκρισης για τα διάφορα πειραματικά ηλιακά οχήματα που κατασκευάζονται. Όπως και το Sunrayser, το Impact είναι αποτέλεσμα συντονισμένης έρευνας πολλών εταιριών δορυφόρων ή θυγατρικών της General Motors. Τη γενική ευθύνη της εξέλιξης είχε το Advanced Engineering Staff της General Motors ενώ η AeroVironment Inc., Monrovia, California ήταν ο κύριος εξωτερικός συνεργάτης.

Το Impact θέτει νέα δεδομένα στον τομέα των ηλεκτρονικών αυτοκινήτων, χάρη στις καινοτομίες στον ηλεκτρικό τομέα, το σχεδιασμό των ηλεκτροκινητήρων, τα υλικά κατασκευής, τα ελαστικά και τους συσσωρευτές, με την ιδιαίτερη προσοχή που δόθηκε στο βάρος και τους συντελεστές αεροδυναμικής αντίστασης και ολίσθησης. Περίπου δώδεκα πατέντες κατοχυρώθηκαν μέσα από την εξέλιξη του Impact, εκφράζοντας διάφορες καινοτομίες ως προς το σχεδιασμό και την κατασκευή του.

Αντί να βασίζεται σε μία μετατροπή βενζινοκίνητου αυτοκινήτου σε ηλεκτροκίνητο, το Impact σχεδιάστηκε απ' την αρχή σαν ένα ηλεκτροκίνητο αυτοκίνητο, με ιδιαίτερη προσοχή ώστε να πληρεί όλους τους όρους ασφάλειας για τα επιβατηγά αυτοκίνητα μαζικής παραγωγής.

Το Impact ακόμα χαρακτηρίζεται από έναν απ' τους χαμηλότερους συντελεστές αεροδυναμικής αντίστασης που έχουν καταγραφεί ποτέ στην

αεροδυναμική σήραγγα (wind tunnel) της General Motors. Αυτοί οι παράγοντες επιτρέπουν στο Impact να έχει μία ακτίνα δράσης στον αυτοκινητόδρομο περίπου 193Km (120 mil) με μέση ταχύτητα περίπου 88,5Km (55mil).

Το Impact επιταχύνει από τα 0 έως τα 96,5Km (60mil) σε 8 δευτερόλεπτα και έχει θεωρητική μέγιστη ταχύτητα μεγαλύτερη των 161Km (100mil). Η πραγματική του μέγιστη ταχύτητα περιορίζεται στα 121Km (75mil) από έναν ηλεκτρονικό περιοριστή στροφών. Σε μία επίδειξη των δυνατοτήτων του, το Impact αποδείχτηκε πιο γρήγορο σε επιτάχυνση (0-60 mil/h) από γνωστά σπορ αυτοκίνητα όπως τα Nissan 300 zx και Mazda M-5 Miata. Καταρρίφθηκε με αυτόν τον τρόπο, μερικά έστω, η αντίληψη που θέλει τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα ασθενικά σε επιδόσεις. Το σημαντικότερο όμως, σχετικά με τον τομέα των επιδόσεων, ότι για πρώτη φορά παρουσιάζεται ένα ηλεκτρικό αυτοκίνητο που μπορεί να κινηθεί αξιοπρεπώς και με ασφάλεια στους σύγχρονους αυτοκινητόδρομους.

Όπως αναφέρθηκε και στο τμήμα της ιστορικής αναδρομής των ηλεκτρικών οχημάτων, η General Motors έχει να επιδείξει μία μακρά ιστορία σχετικά με τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα, που ξεκινά από το 1926 με την παραγωγή ενός ηλεκτρικού φορτηγού, συνεχίστηκε στα μέσα της δεκαετίας του '60 με τα Electrovair I και II και τις 512 και τις δύο εκδόσεις του Electrovette στη δεκαετία του '70. Αν όμως τα Electrovette ήταν μία απάντηση στις πετρελαϊκές κρίσεις, η εξέλιξη του Impact εκφράζει την έρευνα της GM σε εναλλακτικά κινητήρια συστήματα και καύσιμα.

Με την υπάρχουσα τεχνολογία συσσωρευτών, το κόστος λειτουργίας του Impact είναι σχεδόν διπλάσιο αυτού των βενζινοκίνητων αυτοκινήτων. Με τις αναμενόμενες όμως εξελίξεις στην τεχνολογία των συσσωρευτών, το κόστος λειτουργίας του Impact θα γίνει πιο ανταγωνιστικό ενώ ίσως τελικά υπερσκελιστεί απ' αυτό των βενζινοκίνητων αυτοκινήτων, καθώς η τιμή της βενζίνης συνεχώς ανεβαίνει.

Είναι χαρακτηριστικό ότι για τη λειτουργία του Impact χρειάζεται λιγότερο από το ένα τρίτο της ενέργειας που χρησιμοποιεί ένα αντιστοίχων επιδόσεων βενζινοκίνητο αυτοκίνητο. Αν όμως οι προοπτικές είναι να κυκλοφορήσουν αρκετά αυτοκίνητα, τότε ένας λιγότερο ρυπογόνος τρόπος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας πρέπει να υιοθετηθεί, ειδάλως τα οφέλη απ' τη μηδενική εκπομπή ρύπων του Impact θα αντισταθμιστούν απ' τη ρύπανση γύρω από τους χώρους παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

ΣΤΟΧΟΙ ΚΑΤΑ ΤΟ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ ΤΟΥ IMPACT

Απ' τα πρώτα βήματα σχεδιασμού του Impact, έγινε φανερό ότι θα έπρεπε να υιοθετηθούν προηγμένες λύσεις ώστε να επιτευχθεί ένας αεροδυναμικός συντελεστής που θα έκανε πραγματικότητα το στόχο των 190-195Km μεταξύ δύο διαδοχικών φορτίσεων.

Μια ομάδα από ειδικευμένους μηχανικούς δούλεψε στον τομέα της αεροδυναμικής, έχοντας κατά νου ότι θα έπρεπε η αεροδυναμική κατασκευή να μην αποβεί εις βάρος της αισθητικής, αλλά να προκύψει ένα αυτοκίνητο με χαμηλό αεροδυναμικό συντελεστή, που να προκαλεί τον οδηγό να το οδηγήσει. Ο στόχος επιτεύχθηκε και το αποτέλεσμα ήταν ένα εντυπωσιακό, φουτουριστικό, όμορφο αυτοκίνητο με ακτίνα δράσης 193Km (120mil) που σε μεγάλο βαθμό οφείλεται στον πολύ εντυπωσιακό αεροδυναμικό συντελεστή 0,19, σχεδόν μισό απ' τον αεροδυναμικό συντελεστή των περισσότερων βενζινοκίνητων αυτοκινήτων. Για να καταλήξει στο συντελεστή αυτό, το αυτοκίνητο δοκιμάστηκε για πολλές ώρες στην αεροδυναμική σήραγγα ενώ πρέπει να σημειωθεί και η χρήση μιας ειδικής "ποδιάς" κατά μήκος του κάτω μέρους του αυτοκινήτου, που συντελεί στην καλύτερη και απρόσκοπτη ροή του αέρα. Η χρήση της ποδιάς αυτής έγινε δυνατή

καθώς το κάτω μέρος του Impact δε φιλοξενεί τον άξονα μετάδοσης ή το σύστημα εξάτμισης των συμβατικών βενζινοκίνητων αυτοκινήτων.

Σίγουρα όμως το αεροδυναμικό σχήμα του πίσω μέρους ήταν το κλειδί για την επίτευξη ενός τόσο χαμηλού συντελεστή. Χάρη στο σχήμα αυτό έχουμε ροή του αέρα χωρίς τη δημιουργία στροβιλισμών και περιδινήσεων. Ακόμα, χρησιμοποιήθηκαν αεροδυναμικά βοηθήματα στους πίσω τροχούς, κάτι που δεν αποδείχθηκε αναγκαίο και για τους μπροστινούς. Χαρακτηριστικό είναι επίσης το μπροστινό τμήμα του Impact, το οποίο πέρα από την ξεχωριστή προσωπικότητα που χαρίζει στο αυτοκίνητο, φιλοξενεί και τις εισόδους των αεραγωγών που αφ'ενός χρησιμεύουν στην ψύξη των ηλεκτρονικών μετατροπέων, αφ'ετέρου συντελούν και αυτοί με τη σειρά τους στη δημιουργία χαμηλού αεροδυναμικού συντελεστή.

Η ίδια ομάδα μηχανικών που εξέλιξε το εξωτερικό του αυτοκινήτου, ασχολήθηκε και με τη σχεδίαση του εσωτερικού του. Ο στόχος ήταν ένας: η δημιουργία ενός άνετου σαλονιού που θα διατηρούσε το βάρος του αυτοκινήτου όσο το δυνατόν χαμηλότερα. Τα καθίσματα είναι κατασκευασμένα από ένα εξαιρετικό ελαφρύ συνθετικό υλικό. Ο πίνακας ελέγχου βρίσκεται ψηλά, στη βάση του παρμπρίζ, για καλύτερη ορατότητα. Το τούνελ που βρίσκεται στο διαμήκη άξονα του αυτοκινήτου φιλοξενεί το σετ των συσσωρευτών, βάρος 395 κιλών. Ακόμα και το εντυπωσιακού όγκου αυτό τούνελ, εκμεταλλεύτηκαν οι μηχανικοί, κάνοντας το να παίζει το ρόλο ενός μπράτσου ξεκούρασης για τους επιβάτες, αντί να τους κάνει να νιώθουν κλειστοφοβικά και τοποθετώντας πάνω του μέρος των οργάνων ελέγχου.

Το σύνολο είναι πραγματικά εντυπωσιακό. Ακόμα και αν κάποιος ξεχάσει ότι πρόκειται για ένα ηλεκτρικό αυτοκίνητο και το αντιμετωπίσει σαν οποιοδήποτε άλλο συμβατικό αυτοκίνητο, σίγουρα θα μείνει τουλάχιστον γοητευμένος μετά από μία σύντομη -έστω- επαφή μαζί του.

ΤΕΧΝΙΚΗ ΤΑΥΤΟΤΗΤΑ ΤΟΥ IMPACT

Όμως αναφέρθηκε, πολλές απ' τις τεχνολογικές καινοτομίες του Impact προέρχονται απ' τον πρόγονο του, το GM Sunrayser. Το Sunrayser δεν ήταν ένα οποιοδήποτε πειραματικό ηλιακό αυτοκίνητο. Αποδείχθηκε πολύτιμο για τις εξελίξεις που προέκυψαν στους συσσωρευτές, τους ηλεκτροκινητήρες και τη βελτίωση της αεροδυναμικής αντίστασης. Πολλές απ' αυτές τις εξελίξεις εφαρμόστηκαν και στο Impact.

A. Γενικές επιδόσεις

Το Impact χρησιμοποιεί δύο επαγωγικούς κινητήρες εναλλασσόμενου ρεύματος, ο καθένας των οποίων δίνει κίνηση σε έναν απ' τους μπροστινούς τροχούς. Συνολικά, αποδίδουν 114 ίππους στις 6600 στροφές/λεπτό και 140Kgm (941bsxft) ροπής από 0-6000 στροφές/λεπτό. Το Impact έχει την ικανότητα να αποδίδει ισχύ οποιαδήποτε στιγμή, άσχετα με το ρυθμό περιστροφής των κινητήρων.

Επιταχύνει από 0-96,5Km/h (60mil/h) σε 8 δευτερόλεπτα και έχει θεωρητική ταχύτητα πάνω από 161Km/h (100mil/h). Μία ηλεκτρονική διάταξη περιορίζει την ανώτατη ταχύτητα στα 120,7Km/h (75mil/h). Στον αυτοκινητόδρομο το Impact επιταχύνει από 48,3-96,5Km/h (30-60mil/h) σε 4,6 δευτερόλεπτα.

Χάρη στο αεροδυναμικό του σχήμα, το μικρό βάρος και την υψηλή απόδοση του κινητήριου συστήματος και των συσσωρευτών, έχει μία ακτίνα δράσης 193Km (120mil).

Συγκρινόμενο με οποιοδήποτε άλλο ηλεκτρικό όχημα, το Impact στέκεται σε μία δική του κατηγορία πολύ πάνω απ' τον ανταγωνισμό, θεσπίζοντας νέα standards στον χώρο.

B. Κινητήρες

Το Impact κινούν δύο επαγωγικοί κινητήρες εναλλασσομένου ρεύματος οι οποίοι συνδέονται σε κάθε μπροστινό τροχό μέσω ενός συμβατικού άξονα και συνδέσμους σταθερής ταχύτητας. Οι συγκεκριμένοι κινητήρες δε διαφέρουν στη βασική τους δομή απ' αυτούς που χρησιμοποιούνται στις περισσότερες οικιακές συσκευές. Δεν είναι απαραίτητοι ούτε μόνιμοι μαγνήτες ούτε ψήκτρες. Ένα μαγνητικό πεδίο επάγεται στο ρότορα του κινητήρα με αυξομείωση του ηλεκτρικού ρεύματος που διαρρέει τα τυλίγματα του στάτη. Με κατάλληλο έλεγχο αυτού του ηλεκτρικού πεδίου, η λειτουργία του κινητήρα μπορεί να βελτιστοποιηθεί σε μία ευρεία περιοχή τόσο στροφών περιστροφής όσο και παραγόμενης ροπής. Κατ' αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται βαθμός απόδοσης που κυμαίνεται από 90-95%. Κανονική περιοχή λειτουργίας είναι μέχρι τις 11900 στροφές/λεπτό (αντιστοιχεί σε ταχύτητα 120,7Km/h) όπου επεμβαίνει η διάταξη που περιορίζει τη μέγιστη ταχύτητα. Θεωρητικά όμως οι κινητήρες μπορούν να στρέφονται μέχρι και με 20000 στροφές/λεπτό χωρίς κανένα πρόβλημα. Είναι εντυπωσιακό δε ότι κινητήρες αυτής της τεχνολογίας και με τόσο μεγάλο αριθμό στροφών/λεπτό μπορούν και, σε συνεργασία με τις ηλεκτρονικές διατάξεις ελέγχου, έχουν τη δυνατότητα ωφέλιμης πέδησης (regenerative braking). Οι κινητήρες δηλαδή λειτουργούν κατά το φρενάρισμα ως γεννήτριες, προμηθεύοντας ενέργεια στους συσσωρευτές, συμβάλλοντας έτσι στην αύξηση της ακτίνας δράσης του αυτοκινήτου, φρενάροντας ταυτόχρονα το αυτοκίνητο.

Γ. Ηλεκτρονικές διατάξεις ελέγχου

Το ηλεκτρονικό τμήμα του κινητήριου συστήματος αντιπροσωπεύει το κεντρικό νευρικό σύστημα του Impact. Σε πλήρη απόκριση στις εντολές του οδηγού, οδηγεί ηλεκτρικό ρεύμα στους δύο ηλεκτροκινητήρες. Πρώτα όμως το συνεχές ρεύμα των συσσωρευτών μετατρέπεται σε εναλλασσόμενο. Δύο αντιστροφείς ισχύος φροντίζουν για τη μετατροπή αυτή. Οι αντιστροφείς βγάζουν στην έξοδο ρεύμα ημιτονοειδώς μεταβαλλόμενο σε συχνότητες από 0 έως 400Hz, ανάλογα με την ταχύτητα του οχήματος και τις εντολές του οδηγού. Κάθε αντιστροφήας αποτελείται από 144 MOSFET (Metal-Oxide-Silicon Field Effect Transistor) διακοπτικά στοιχεία, χωρισμένα σε τρία γκρουπ, σε ξεχωριστούς αλουμινένιους εκδοχείς θερμότητας. Μια ξεχωριστή διάταξη προμηθεύει με ρεύμα τα συστήματα εκείνα του αυτοκινήτου που λειτουργούν με τάση 12Volts. Στο σύνολο του, το ηλεκτρονικό τμήμα του κινητήριου συστήματος ζυγίζει μόλις 27,7Kg ενώ έχει τη δυνατότητα διαχείρισης ενέργειας μεγαλύτερης των 100KW, επιδεικνύοντας έτσι εντυπωσιακό λόγο ισχύος προ βάρους, που δε συναντάμε σε άλλα γνωστά ηλεκτρικά αυτοκίνητα.

Δ. Συσσωρευτές

Το σύστημα αποθήκευσης ενέργειας του Impact βασίζεται σε έναν στεγανό, υψηλής ισχύος συσσωρευτή οξέος μολύβδου της Delco Remy. Παρ' όλο που οι συσσωρευτές οι συσσωρευτές ενέργειας ανά μονάδα βάρους σε σχέση με κάποιους περισσότερο εξωτερικούς τύπους συσσωρευτών, αντιπροσωπεύουν ίσως τη ρεαλιστικότερη βραχυπρόθεσμη λύση. Έχουν εξελιχθεί σε μεγάλο βαθμό και το κόστος τους είναι σχετικά μικρό.

Το βασικό δομικό στοιχείο του συστήματος συσσωρευτών του Impact, είναι ένας 10-βολτος συσσωρευτής, φτιαγμένος ειδικά για το Impact. Οι συσσωρευτές είναι τελείως στεγανοί για όλη τη διάρκεια ζωής τους και δεν χρειάζονται ποτέ συμπλήρωση των υγρών τους. Τριανταδύο 10-βολτοι συσσωρευτές είναι συνδεδεμένοι σε σειρά, παρέχοντας τάση 320Volts. Είναι διαταγμένοι σε δύο επίπεδα των 2x8 συσσωρευτών, σε ένα κεντρικό τούνελ. Το

βάρος τους είναι 395Kg, ο όγκος τους 0,184m³(6,5ft³) και η ενεργειακή χωρητικότητα 13,5KWh για χρόνο εκφόρτισης 2 ωρών. Η απόδοση τους για συσσωρευτές οξέος μολύβδου είναι πολύ υψηλή. Η ειδική ισχύς είναι 230W/Kg στο 83% της τάσης ανοιχτού κυκλώματος ενώ η πυκνότητα ενέργειας είναι 34Wh/Kg σε χρόνο εκφόρτισης 2 ωρών. Λόγω του ότι ο συσσωρευτής είναι ακόμα καινούργιος, η διάρκεια ζωής του δεν είναι γνωστή, πιστεύεται όμως ότι οι δυνατότητες του, ως προς την ακτίνα δράσης, φτάνουν τα 40230Km (25000mil).

Ε. Σύστημα μετάδοσης

Καθένας από τους κινητήρες του Impact έχει ένα κιβώτιο ταχυτήτων ενσωματωμένο στο σώμα του κινητήρα, που οδηγεί τους μπροστινούς τροχούς μέσω ενός 10,5:1 λόγου μετάδοσης. Αυτός ο λόγος μιας και μόνης ταχύτητας δίνει ένα πλεονέκτημα που έχει ο ηλεκτροκινητήρας έναντι της μηχανής εσωτερικής καύσης: απόδοση μεγάλου μέρους της διαθέσιμης ροπής σε ευρεία περιοχή στροφών.

Οι εσωτερικές τριβές του επαγωγικού κινητήρα είναι σχεδόν αμελητέες, συντελώντας στην επίτευξη μεγάλου βαθμού απόδοσης σε περιοχές υψηλής ταχύτητας/χαμηλής ροπής. Στον αυτοκινητόδρομο, με σταθερή ταχύτητα 96,5Km/h, το Impact καταναλώνει μόνο το ένα δέκατο της μέγιστης ισχύος του στην ταχύτητα αυτή και δεκαπλάσια αύξηση ισχύος είναι διαθέσιμη ανά πάσα στιγμή.

Οι απώλειες, λόγω τριβών, του κιβωτίου ταχυτήτων, είναι ελάχιστες. Σε υψηλές ταχύτητες το κιβώτιο παρουσιάζει βαθμό απόδοσης 94% που ανεβαίνει στο 98% για περιοχές υψηλότερης ροπής/χαμηλότερης ταχύτητας.

Αέρας υπό πίεση χρησιμοποιείται για την ψύξη των κινητήρων και του κιβωτίου ταχυτήτων, μόνο όμως σε ακραίες περιπτώσεις αφού κάτω από φυσιολογικές συνθήκες οδήγησης η φυσική ροή του αέρα μέσα από τους αεραγωγούς του μπροστινού τμήματος είναι αρκετή. Όταν το αυτοκίνητο οδηγείται στο όριο ή ανεβαίνει κεκλιμένες επιφάνειες, αρχίζει να λειτουργεί ο ανεμιστήρας, αυξάνοντας τη ροή του αέρα. Η ταχύτητα του ανεμιστήρα ελέγχεται αναλογικά από ένα κύκλωμα που βρίσκεται στο ηλεκτρονικό τμήμα του κινητήριου συστήματος.

ΣΤ. Ελαστικά και τροχοί

Μία καινοτομία του Impact αφορά τα ελαστικά που χρησιμοποιεί. Η Goodyear εξέλιξε ένα ειδικό μίγμα γόμας και κατασκεύασε ελαστικά που παρουσιάζουν 55% λιγότερη αντίσταση κύλισης απ' τα συμβατικά ελαστικά. Με την επιλογή των κατάλληλων σχεδιαστικών παραμέτρων ο συντελεστής αντίστασης κύλισης είναι μόλις 0,0048 ενώ το μέγεθος P165/65R14. Γνωστότερα με τον κωδικό Γ-22, τα ελαστικά αυτά λειτουργούν υπό πίεση 65 lbs/sq.in. περίπου διπλάσιας αυτής των συμβατικών ελαστικών. Οι επιδόσεις τους είναι πολύ καλές, προσφέροντας πολύ καλή πρόσφυση και επιτρέποντας στο Impact να επιταχύνει από 0-96,5Km/h (60mil) σε 8 δευτερόλεπτα. Το πλάτος των ελαστικών- και κατά συνέπεια η επιφάνεια τριβής με το δρόμο- είναι μικρότερο ενώ και τα παραγόμενα dB κατά την περιστροφή των ελαστικών και την τριβή με το δρόμο είναι πολύ λίγα, συγκριτικά με τα συμβατικά ελαστικά.

Οι ζάντες τέλος, είναι φτιαγμένες από ελαφρύ κράμα αλουμινίου.

Z. Φρένα

Ός επί το πλείστον κατά το φρενάρισμα έχουμε ωφέλιμη πέδηση, με τους κινητήρες να λειτουργούν ως γεννήτριες και να φορτίζουν τους συσσωρευτές. Για λόγους βάρους, τα μπροστινά δισκόφρενα έχουν αλουμινένιες δαγκάνες ενώ τα πίσω είναι αλουμινένια ταμπούρα.

Η. Θέρμανση-Ψύξη

Το Impact διαθέτει ένα ηλεκτρικό σύστημα θέρμανσης-ψύξης για τους επιβάτες. Ένας μικρός περιστροφικός συμπιεστής οδηγείται από ένα κινητήρα ενός ίππου σχεδιασμένο από τη General Motors και κατασκευασμένο από τη Delco Remy. Το σύστημα έχει τη δυνατότητα να λειτουργεί και όταν το όχημα έχει σταματήσει, διατηρώντας τη θερμοκρασία στα επιθυμητά επίπεδα.

Θ. Γυάλινες Επιφάνειες

Τα κρύσταλλα που χρησιμοποιούνται στο Impact (παρμπρίζ, παράθυρα) είναι φτιαγμένα από PPG, ένα ειδικό υλικό ευαίσθητο στην ηλιακή ακτινοβολία, έτσι ώστε να διατηρείται η εσωτερική θερμοκρασία στον χώρο των επιβατών σε χαμηλά επίπεδα και να αποφεύγεται η εμφάνιση του φαινομένου του θερμοκηπίου (ΣΗΜΕΙΩΣΗ: Το φαινόμενο εμφάνισης υψηλών θερμοκρασιών στο εσωτερικό του αυτοκινήτου λόγω των κεκλιμένων γυάλινων επιφανειών του αυτοκινήτου).

ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ

A. Γενικά

Απόβαρο (Kg)	998,8
Συνολικό βάρος (Kg)	1158
Κατανομή βάρους (μπρος-πίσω)	53/47
Μεταξόνιο (cm)	241,3
Μετατρόχιο (cm, μπρος-πίσω)	148/123
Μήκος (cm)	414
Πλάτος(cm)	173,2
Ύψος(cm)	120,6
Απόσταση από το έδαφος (cm)	15,24
Αεροδυναμικό συντελεστής	0,19

B. Σύστημα μετάδοσης

Τύπος	μπροστινή κίνηση, ένας κινητήρας σε κάθε τροχή
Μετάδοση	πλανητική
Τελικός όγκος μετάδοσης	10,5:1
Λίπανση	Ψεκασμός λαδιού
Βαθμό απόδοσης	94-98%

Γ. Κινητήρες

Τύπος	επαγωγικός εναλλασσόμενου ρεύματος
Ίπποδύναμη	(57 ίπποι στις 6600 στροφές/λεπτό)×2=114
Ροπή	(70Kgm από 0-6000 στροφές/λεπτό)×2=140
Βαθμό απόδοσης	90-95%

Δ. Ηλεκτρονικό τμήμα

Τύπος	αντιστροφείς με διπλά MOSFET
Μέγιστο ρεύμα (σε κάθε μηχανή)	159A
Μέγιστη τάση συστήματος	400V
Περιοχή συχνοτήτων	0-500Hz
Φορτιστής συσσωρευτών	τμήμα του συστήματος των αντιστροφέων, ελεγχόμενο με υπολογιστή
Μέγιστος ρυθμός φόρτισης	50A, 400V

Ε. Συσσωρευτές

Τύπος	οξέος μολύβδου της Delco Remy
Συνδεσμολογία	32(10V) συσσωρευτές συνδεδεμένοι σε σειρά
Χωρητικότητα	42,5Ah, 13.6KWh
Βάρος	395Kg

ΣΤ. Σασί και αμάξωμα

Τύπος	από ίνες γυαλιού, απομίμηση αλουμινίου
Φρενάρισμα	μπροστά: δίσκοι 272mm με αλουμινένιες δαγκάνες πίσω: αλουμινένια ταμπούρα των 180mm Ωφέλιμη πέδηση
Ελαστικά	ράντιαλ, χαμηλής αντίστασης κύλισης, της Goodyear, P165/65R14, 65psi
Τροχοί	σφυρήλατο αλουμίνιο, 14x4
Σύστημα διεύθυνσης	κρεμαγιέρα (rack and pinion)
Ανάρτηση (μπρος/πίσω)	διπλή ελατηρίων
Κρύσταλλα	PPG "Sungate"

Ζ. Χαρακτηριστικά

κιλά/ίππο (Kg/hp)	10,15
στροφές/λεπτό κινητήρα στα 96,5Km/h	9500

Η. Επιδόσεις

0-96,5Km/h	8sec
0-400m (1/4mil)	16,7sec
Ακτίνα δράσης με ταχύτητα 88,5Km/h	193,1Km
Ακτίνα δράσης στην πόλη	200Km

Η. ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΣ ΣΥΜΒΑΤΙΚΩΝ ΒΕΝΖΙΝΟΚΙΝΗΤΩΝ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΩΝ ΣΕ ΗΛΕΚΤΡΟΚΙΝΗΤΑ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στη δεκαετία του '80, ήταν πολύ διαδεδομένη η μετατροπή συμβατικών αυτοκινήτων σε ηλεκτροκίνητα, ιδιαίτερα στις Η.Π.Α.. Με σχετικά μικρό κόστος και σε σύντομο χρονικό διάστημα, ο μέσος Αμερικάνος που διέθετε στοιχειώδεις γνώσεις μηχανικής και το ανάλογο μεράκι, μετέτρεπε κάποιο συμβατικό αυτοκίνητο σε ηλεκτροκίνητο. Οι περισσότεροι το έκαναν- και ακόμα το κάνουν- από χόμπι, όμως σε πολλές περιπτώσεις το κόστος κίνησης του ηλεκτροκίνητου αυτοκινήτου ήταν σημαντικά μικρότερο από του βενζινοκίνητου και σε τελική ανάλυση, η ηλεκτροκίνηση εξέφραζε και ένα διαφορετικό τρόπο ζωής.

ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΜΕΤΑΤΡΟΠΗΣ

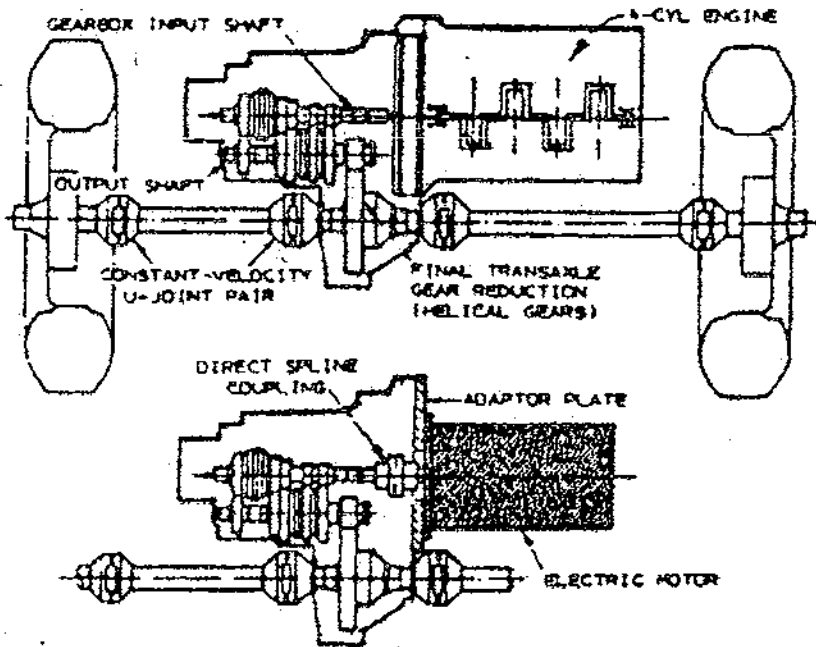
Συνήθως για μετατροπή χρησιμοποιούνται αυτοκίνητα μεταχειρισμένα και σχετικά παλιά, σε καλή όμως κατάσταση, τόσο όσον αφορά το αμάξωμα όσο και το σκελετό και τα μηχανικά μέρη που θα παραμείνουν και κατά τη νέα μορφή του αυτοκινήτου. Η επιλογή του κατάλληλου αυτοκινήτου είναι ένα σημαντικό βήμα για την όλη μετατροπή.

Στη συνέχεια θα γίνει η προμήθεια των απαραίτητων εργαλείων, του κινητήρα, του συστήματος ελέγχου του κινητήρα, των μπαταριών, των οργάνων ελέγχου, των κατάλληλων καλωδίων. Είναι προτιμότερο η παραγγελία όλων των παραπάνω να γίνει πριν ξεκινήσει η μετατροπή, έτσι ώστε να καταστρωθούν συγκεκριμένα σχέδια και να προγραμματιστούν σωστά όλα τα βήματα, έχοντας υπ' όψη τις διαστάσεις, το βάρος, τη συμπεριφορά όλων των εξαρτημάτων που θα χρησιμοποιηθούν.

Αφού γίνει ακολούθως ο κατάλληλος προγραμματισμός, αφαιρούνται απ' το βενζινοκίνητο αυτοκίνητο όλα όσα δεν χρειάζονται κατά την ηλεκτροκίνηση του αυτοκινήτου. Σ' αυτά περιλαμβάνονται η μηχανή εσωτερικής καύσης, το σύστημα εξάτμισης, το σύστημα ψύξης του κινητήρα, το ντεπόζιτο βενζίνης, η μίζα, το δοχείο λίπανσης της μηχανής, το πεντάλ του συμπλέκτη και του γκαζιού και τα παρελκυόμενα όλων των παραπάνω.

Τις περισσότερες φορές στις μετατροπές αυτού του είδους χρησιμοποιούνται συσσωρευτές οξέος μολύβδου, που έχουν τέτοιο βάρος ώστε το βάρος των όλων των αφαιρούμενων τμημάτων και εξαρτημάτων να είναι ίσο περίπου με το βάρος αυτών που πρόκειται να προστεθούν, συμπεριλαμβανομένων και των συσσωρευτών. Κατά συνέπεια το βάρος του οχήματος προ και μετά την μετατροπή παραμένει σχεδόν το ίδιο. Μάλιστα δίνεται ιδιαίτερη προσοχή στην χωροθέτηση των καινούριων τμημάτων που προστίθεται, ιδίως των συσσωρευτών, που έχουν μεγάλο βάρος συγκριτικά με τα υπόλοιπα τμήματα, ώστε και η κατανομή βάρους του οχήματος να παραμείνει αμετάβλητη.

Στη συνέχεια τοποθετείται η βάση στην οποία θα στηριχθεί ο ηλεκτροκινητήρας, ο οποίος και προσαρμόζεται με τη χρήση κάποιων εξαρτημάτων, που χρησιμεύουν στη σωστή σύζευξη κινητήρα-κιβωτίου ταχυτήτων. Να σημειωθεί ό,τι σε όλες αυτές τις μετατροπές, το κιβώτιο ταχυτήτων διατηρείται, αφού είναι απαραίτητο και στη νέα μορφή κίνησης του αυτοκινήτου (Σχ. Η-1). Και αυτό γιατί θα κόστιζε πολύ περισσότερο σε χρόνο και χρήμα αν η μετατροπή περιλάμβανε και αφαίρεση του κιβωτίου ταχυτήτων, χωρίς να λαμβάνονται υπ' όψη και τα διάφορα τεχνικής φύσης προβλήματα που θα προέκυπταν.



Το σύστημα σύμπλεξης πριν και μετά τη μετατροπή

Αφού τοποθετηθεί και ο κινητήρας, στον ίδιο περίπου χώρο, τοποθετούμε και την ηλεκτρική διάταξη ελέγχου του κινητήρα όπως και το ειδικής κατασκευής νέο πεντάλ του γκαζιού. Από τεχνικής άποψης, το νέο αυτό πεντάλ είναι ένα είδος ποτενσιόμετρο, το οποίο κάλλιστα θα μπορούσε να ρυθμίζεται απ' τον οδηγό με τα χέρια και να βρίσκεται στον χώρο των οργάνων ελέγχου των λειτουργιών του οχήματος. Όμως το πνεύμα της όλης μετατροπής είναι το αυτοκίνητο και κατά τη νέα του μορφή, να προσομοιάζεται όσο το δυνατόν περισσότερο με τα συμβατικά βενζινοκίνητα αυτοκίνητα, που έχει συνηθίσει ο κάθε οδηγός. Για το λόγο αυτό, το ποτενσιόμετρο ρύθμισης της διάταξης ελέγχου, έχει τη μορφή πεντάλ γκαζιού όπως και των συμβατικών αυτοκινήτων.

Στη συγκεκριμένη περίπτωση, όπου χρησιμοποιείται κινητήρας συνεχούς ρεύματος με διέγερση εν σειρά, το πεντάλ του συμπλέκτη δεν είναι απαραίτητο γιατί ο ηλεκτροκινητήρας προσφέρει άφθονη ροπή από μηδέν στροφές, γι' αυτό η αλλαγή ταχυτήτων δεν είναι απαραίτητη. Απλά ο οδηγός επιλέγει την κατάλληλη ταχύτητα στο κιβώτιο, με το αυτοκίνητο εν στάση, οπότε οι ταχύτητες συμπλέκονται εύκολα, ανάλογα με το είδος της διαδρομής που πρόκειται να ακολουθήσει. Στα τυπικά αυτά αυτοκίνητα που αναφερόμαστε και που διαθέτουν κιβώτιο τεσσάρων ταχυτήτων. Ισχύει η παρακάτω πρακτική:

ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΙΒΩΤΙΟΥ	ΤΡΟΠΟΣ ΟΔΗΓΗΣΗΣ	ΤΥΠΙΚΟ ΡΕΥΜΑ ΚΙΝΗΤΗΡΑ	ΣΧΟΛΙΑ
1η	ανηφορικές διαδρομές αναβάσεις	0-300Α	σπάνια χρήση
2η	οδήγηση μέχρι 55Km/h	100Α	κέντρο πόλης μεγάλη κίνηση
3η	οδήγηση μέχρι 80Km/h	125Α	οδήγηση στην πόλη
4η	Οδήγηση μέχρι ταχύτητες 80-100Km/h	150Α	οδήγηση στον αυτοκινητόδρομο

Να διευκρινιστεί ό,τι η τέταρτη ταχύτητα για παράδειγμα, είναι δυνατό να χρησιμοποιηθεί και για κίνηση στο κέντρο της πόλης, αφού η ροπή που προσφέρει ο κινητήρας σε όλη την κλίμακα στροφών λειτουργίας του, είναι τόση ώστε να μη χρειάζεται να ληφθεί υπ'όψη η κλιμάκωση της διάταξης των ταχυτήτων του κιβωτίου. Όμως, όπως παρατηρούμε και από τον παραπάνω Πίνακα κάτι τέτοιο θα ήταν άσκοπο και ενεργοβόρο, αφού καταναλώνεται πολύ περισσότερο ρεύμα, επιβαρύνοντας τις μπαταρίες, απ' ό,τι αν είχε προτιμηθεί για παράδειγμα η δεύτερη ταχύτητα. Συμπερασματικά, ανάλογα με τις κυκλοφοριακές συνθήκες, επιλέγεται κάποια ταχύτητα στο κιβώτιο και ακολούθως είναι δυνατή η κίνηση του αυτοκινήτου χωρίς ο οδηγός να είναι υποχρεωμένος να καταφεύγει συνεχώς στην αλλαγή ταχυτήτων.

Στη συνέχεια γίνονται όλες οι απαραίτητες καλωδιώσεις μεταξύ κινητήρα και διάταξης ελέγχου. Μετά είναι η σειρά των συσσωρευτών, οι οποίοι τοποθετούνται αφού πρώτα προηγηθεί η εγκατάσταση της απαραίτητης υποδομής (ειδικές θήκες για τη συγκράτησή τους, πιθανή ενίσχυση του σκελετού του αυτοκινήτου κλπ.). Ακολουθεί η καλωδίωση των μπαταριών και η σύνδεση τους τόσο μεταξύ τους όσο και με τη διάταξη ελέγχου.

Προτελευταίο στάδιο είναι η τοποθέτηση του κλασσικού δωδεκάβολτου συσσωρευτή, για τις ηλεκτρικές λειτουργίες του αυτοκινήτου που δεν έχουν σχέση με την ηλεκτροκίνηση του (φώτα, κόρνα, ραδιοκασετόφωνο κλπ.). Σαν εναλλακτική λύση μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένας DC-DC μετατροπέας που θα μετατρέπει την τάση των συσσωρευτών κίνησης στην απαραίτητη τάση των 12V. Κατ'αυτόν τον τρόπο ο παραπάνω συσσωρευτής δεν είναι απαραίτητος.

Τελευταία ακολουθεί η τοποθέτηση των απαραίτητων οργάνων ελέγχου των διαφόρων λειτουργιών του αυτοκινήτου και των ασφαλειών που θα προστατεύσουν το αυτοκίνητο ή τμήματα του σε περίπτωση βραχυκυκλώματος, κακού χειρισμού κλπ.

ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

Στην ενότητα αυτή θα αναφερθούμε περισσότερο αναλυτικά σε ορισμένα βασικά τμήματα της μετατροπής του βενζινοκίνητου αυτοκινήτου σε ηλεκτροκίνητο, όπως ο ηλεκτροκινητήρας, η διάταξη ελέγχου, οι μπαταρίες, το αμάξωμα και τα διάφορα αξεσουάρ που χρησιμοποιούνται καθώς και διάφορες τεχνικές λεπτομέρειες οι οποίες χρήζουν κάποιας προσοχής.

A. Ηλεκτροκινητήρας

Ως επί το πλείστον στις διάφορες μετατροπές χρησιμοποιούνται κινητήρες συνεχούς ρεύματος με διέγερση εν σειρά ή διέγερση εν παραλλήλω. Στο τμήμα των ηλεκτροκινητήρων περιγράφηκαν λεπτομερώς και άλλα είδη κινητήρων, όμως στις διάφορες μετατροπές χρησιμοποιούνται σχεδόν αποκλειστικά οι παραπάνω δύο τύποι. Τέτοιους κινητήρες κατασκευάζουν αρκετές εταιρίες. Στον αμερικάνικο χώρο σημαντικότεροι κατασκευαστές είναι η General Electric, η Baldor, η Union και η Kaylor.

B. Ηλεκτρονικές διατάξεις ελέγχου

Απ' τη στιγμή που οι κινητήρες που χρησιμοποιούνται είναι κυρίως συνεχούς ρεύματος, οι διατάξεις ελέγχου δε θα μπορούσαν να είναι παρά μετατροπείς τάσης τύπου chopper. Βέβαια αυτές οι διατάξεις είναι πιο σύγχρονες λύσεις, παλαιότερα εφαρμόζονταν άλλοι τρόποι ελέγχου του κινητήρα, όπως μέσω αντιστατών κλπ.. Για τις μεθόδους αυτές υπάρχουν αναλυτικότερα στοιχεία στο τμήμα της εργασίας που αναφέρεται γενικά στον έλεγχο του κινητήρα.

Γ. Συσσωρευτές

Σχεδόν σε όλες τις μετατροπές χρησιμοποιούνται συσσωρευτές οξέος μολύβδου. Κύρια αιτία το χαμηλό τους κόστος συγκριτικά με τα υπόλοιπα συστήματα μπαταριών. Κυριότεροι κατασκευαστές στις Η.Π.Α., όπου και γίνονται οι περισσότερες μετατροπές, η Trojan, η Exide, η Globe-Union και άλλες.

Δ. Αμάξωμα-σκελετός (σασί)

Ένα βενζινοκίνητο αυτοκίνητο που θα μετατραπεί σε ηλεκτροκίνητο, θα πρέπει να έχει το αμάξωμα και το σκελετό του (σασί) σε όσο το δυνατό καλύτερη κατάσταση. Καλό θα είναι να έχει όσο το δυνατό μικρότερο αεροδυναμικό συντελεστή (ή συντελεστή αεροδυναμικής αντίστασης), για καλύτερη εκμετάλλευση της ενέργειας των συσσωρευτών. Μερικά αεροδυναμικά βοηθήματα, σίγουρα βελτιώνουν την κατάσταση.

Ε. Αξεσουάρ-Λιπαντικά

Κατά τη διάρκεια της μετατροπής, διαπιστώνεται ότι πρέπει να γίνουν και κάποιες πρόσθετες εργασίες, οι οποίες ίσως δεν είχαν προβλεφθεί αρχικά. Τα διάφορα εξαρτήματα θα πρέπει να ταιριάζουν μεταξύ τους και αυτό ίσως δεν είναι εφικτό σε πρώτο στάδιο. Πολλές φορές χρειάζεται να κατασκευαστούν διάφορα εξαρτήματα που σκοπό έχουν να δημιουργηθεί ένα ενιαίο κινητήριο σύστημα που θα έχει σαν χαρακτηριστικά του τη λειτουργικότητα και τη βέλτιστη απόδοση.

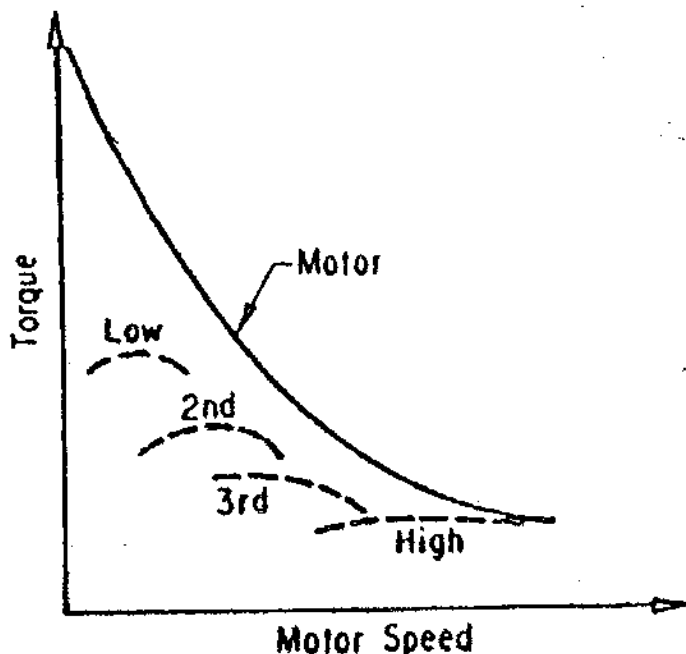
Θα πρέπει ακόμα να εξεταστεί διεξοδικά κάθε τμήμα, κάθε εξάρτημα του αυτοκινήτου, να αναλυθεί η λειτουργία του και να βελτιωθεί όσο το δυνατόν η απόδοση του, αφού αντικειμενικός στόχος είναι η βέλτιστη εκμετάλλευση της ενέργειας. Ενδεικτικά, το κιβώτιο ταχυτήτων και οι άξονες κίνησης θα πρέπει να λιπαίνονται με ένα περισσότερο λεπτόρρευστο λιπαντικό, απ' ότι πριν τη μετατροπή, αφού η φύση των τριβών και των καταπονήσεων κατά την ηλεκτροκίνηση απαιτεί κάτι τέτοιο. Κάποιο λιπαντικό που χρησιμοποιείται και σε αυτόματα κιβώτια ταχυτήτων είναι κατάλληλο, παρ' όλο που το κιβώτιο ταχυτήτων του αυτοκινήτου είναι χειροκίνητο.

Ολοκληρώνοντας, παρατηρεί κανείς ότι κάθε σημείο του αυτοκινήτου πρέπει να προσεχθεί και να αναλυθεί με προσοχή και να βρεθούν οι κατάλληλες λύσεις για τη βέλτιστη απόδοσή του κατά τη νέα μορφή κίνησης.

ΣΤΟ ΔΡΟΜΟ

Υπάρχουν μερικές διαφορές ανάμεσα στην οδήγηση ενός συμβατικού βενζινοκίνητου αυτοκινήτου με χειροκίνητο κιβώτιο ταχυτήτων και στην οδήγηση ενός ηλεκτρικού αυτοκινήτου, προερχόμενου από μετατροπή, με ίδιου τύπου κιβώτιο ταχυτήτων. Η πρώτη και η τέταρτη ταχύτητα χρησιμοποιούνται σπάνια, απ' τη στιγμή που ο ηλεκτρικός κινητήρας έχει πολύ μεγαλύτερη και πλατύτερη καμπύλη ισχύος και απόδοσης από τη μηχανή εσωτερικής καύσης (Σχ. Η-2). Ο ηλεκτροκινητήρας συνεχούς ρεύματος με διέγερση εν σειρά αποδίδει το μέγιστο της ροπής του σε μηδενικές στροφές (σε πολύ μικρό αριθμό στροφών γενικότερα) και μπορεί να λειτουργήσει στο μέγιστο αριθμό στροφών για μεγάλο χρονικό διάστημα χωρίς προβλήματα. Επιπρόσθετα, η αλλαγή ταχυτήτων μπορεί να γίνει και όταν ο κινητήρας λειτουργεί σε μεγάλο αριθμό στροφών, χωρίς να σηκώνει ο οδηγός το πόδι του από το πεντάλ του γκαζιού κατά την αλλαγή. Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει μόνο να δοθεί ώστε να μη παραμείνει για κάποιο χρονικό διάστημα το κιβώτιο ταχυτήτων στο "νεκρό" (δηλαδή να βρεθεί ο κινητήρας να λειτουργεί ουσιαστικά εν κενό, χωρίς φορτίο), γιατί τότε θα ανεβάσει πολύ ψηλά τις στροφές του και ίσως καταστραφεί. Γενικά, ο τρόπος που γίνονται οι αλλαγές ταχυτήτων, που δεν είναι και απαραίτητες, κάνει την οδήγηση ιδιαίτερη άνετη.

Ίσως το πιο έντονα αντιληπτό στοιχείο κατά την οδήγηση του ηλεκτρικού αυτοκινήτου, είναι η έλλειψη θορύβου. Η πρώτη αντίδραση του ηλεκτρικού αυτοκινήτου, είναι η έλλειψη θορύβου. Η πρώτη αντίδραση ενός άπειρου περί την ηλεκτροκίνηση οδηγού, είναι να σιγουρευτεί ότι όντως λειτουργεί ο κινητήρας. Κατά την οδήγηση, αν το αυτοκίνητο κινείται με ταχύτητες από 0-55Km/h η δεύτερη ταχύτητα του κιβωτίου είναι κατάλληλη και αλλαγή στην Τρίτη ταχύτητα χρειάζεται μόνο αν το αυτοκίνητο πρόκειται να κινηθεί με ταχύτητες μεταξύ 55-85Km/h.



Συγκριτική γραφική παράσταση ροπής-στροφών βενζινοκινητήρα (εστιασμένη γραμμή) και ηλεκτροκινητήρα-συνεχούς ρεύματος (συνεχής γραμμή)

Ένα ακόμα χαρακτηριστικό του συγκεκριμένου τύπου ηλεκτρικού αυτοκινήτου, προερχόμενο από το γεγονός της απόδοσης μεγάλου μέρους της ροπής σε μικρό αριθμό στροφών, είναι η μεγάλη ελκτική ικανότητα του. Τέλος, λόγω του ότι τα νέα τμήματα του αυτοκινήτου, τα σχετικά με την ηλεκτροκίνηση (ο ηλεκτροκινητήρας και η διάταξη ελέγχου του αλλά κυρίως οι μεγάλοι βάρους μπαταρίες), είναι τοποθετημένες χαμηλά, έχει χαμηλώσει σημαντικά το κέντρο βάρους του οχήματος.

Σαν αποτέλεσμα, η οδήγηση του αυτοκινήτου είναι άνετη, αθόρυβη, ομαλή και ιδιαίτερα ευχάριστη.

Θ. ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΟΧΗΜΑΤΑ: ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ-ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ-ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΙΣΜΟΙ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ιδέα ενός ηλεκτροκινούμενου οδικού οχήματος δεν είναι καινούργια. Ηλεκτρικά αυτοκίνητα πρωτοεμφανίστηκαν- και μάλιστα σε μεγάλους αριθμούς- στα τέλη του 19^{ου} αιώνα, ακολουθώντας την ανακάλυψη από τον Gaston Plante στα 1860, ενός κατάλληλου συσσωρευτή, του συστήματος οξέος μολύβδου. Για κάποιο χρονικό διάστημα, το μέλλον των ηλεκτρικών μηχανών, διαβλέπεται ρόδινο. Στα 1899, το παγκόσμιο ρεκόρ ταχύτητας στο έδαφος κατείχε ένα όχημα που την απαιτούμενη για την κίνηση του ενέργεια παρείχαν συσσωρευτές και στις Η.Π.Α., η παραγωγή ηλεκτρικών αυτοκινήτων ξεπερνούσε σε αριθμό αυτή των συμβατικών βενζινοκίνητων αυτοκινήτων, του σημαντικότερου τους ανταγωνιστή. Όμως το μεσουράνημα των ηλεκτρικών αυτοκινήτων επρόκειτο να είναι εφήμερο. Σύντομα συνειδητοποιήθηκε ό,τι, συγκριτικά με τα βενζινοκίνητα οχήματα τα ηλεκτροκίνητα είχαν φτωχή απόδοση, μικρή ακτίνα δράσης και υψηλό κόστος κίνησης- οι συσσωρευτές που παρείχαν την απαιτούμενη ενέργεια είχαν χαμηλό λόγο ενέργειας/βάρος, απαιτούσαν πολύ χρόνο για την επαναφόρτιση τους, ήταν ακριβοί και μειονεκτούσαν από άποψη αντοχής σε κυκλοφοριακές συνθήκες (συνεχή σταματήματα-ξεκινήματα). Η εφεύρεση της ηλεκτρικής διάταξης εκκίνησης (μίζας) για τα βενζινοκίνητα αυτοκίνητα (που κατά ειρωνική σύμπτωση βασιζόταν και στη χρήση του συσσωρευτή οξέος μολύβδου), η διαθεσιμότητα φτηνών καυσίμων και η ταχεία τεχνολογική ανάπτυξη στο σχεδιασμό και την τεχνική συναρμολόγηση των βενζινοκίνητων οχημάτων, όλα συνεισέφεραν στην ταχεία παρακμή του ηλεκτρικού αυτοκινήτου στα 1920. Στις αρχές του 1930, η παραγωγή ηλεκτρικών οχημάτων είχε οριστικά διακοπεί. Τα χρόνια που ακολούθησαν τα ηλεκτρικά οδικά οχήματα χρησιμοποιήθηκαν μόνο σε ειδικές εφαρμογές σε ορισμένες χώρες (παράδειγμα, τα ηλεκτρικά οχήματα διανομής γάλακτος στη Μεγάλη Βρετανία).

Γιατί τότε, το ενδιαφέρον για τα ηλεκτρικά οχήματα έχει αναθερμανθεί τα τελευταία χρόνια? Στα 1960, η υπόθεση των ηλεκτρικών οχημάτων είχε επανέλθει στο προσκήνιο, σε μία αντίδραση στα προβλήματα ρύπανσης που οφείλονταν στην χρήση της μηχανής εσωτερικής καύσης. Στα 1970, η πετρελαϊκή κρίση ήταν αυτή που συντήρησε το ενδιαφέρον για τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα.

Όπως θα αναπτυχθεί και παρακάτω, η περιορισμένη ακτίνα δράσης και η διάρκεια ζωής των ηλεκτρικών οχημάτων, βασισμένη στην υπάρχουσα τεχνολογία, είναι ακόμα το κύριο εμπόδιο στην ευρύτερη διάδοση και χρήση τους.

ΤΟ ΕΡΩΤΗΜΑ

Οι αντικειμενικές δυνατότητες των ηλεκτρικών οχημάτων να αντικαταστήσουν τα βενζινοκίνητα συμβατικά οχήματα, είναι το αντικείμενο συζητήσεων και προβληματισμών που έχουν απασχολήσει σε μεγάλο βαθμό τους επιστήμονες, τα τελευταία χρόνια. Μία σύντομη περιγραφή των υπέρ και των κατά των ηλεκτροκίνητων οχημάτων, ακολουθεί στον Πίνακα Θ-1.

A. ΠΕΡΙΒΑΝΤΟΛΛΟΓΙΚΑ ΚΡΙΤΗΡΙΑ

α) Μείωση των εκπεμπόμενων ρύπων (από την εξάτμιση).

Μία μελέτη του 1968 που έγινε στις Η.Π.Α., απέδειξε ό,τι τα μεταφορικά μέσα εν γένει, συνεισφέρουν σε ποσοστό 42% στην ρύπανση της ατμόσφαιρας, με το αυτοκίνητο να είναι ο μεγαλύτερος ρυπαντής της ατμόσφαιρας, σε ποσοστό 39%. Συγκριτικά, το ηλεκτρικό αυτοκίνητο δε ρυπαίνει την ατμόσφαιρα εκπέμποντας ρύπους, κατά τη λειτουργία του. Δεν εκπέμπει καπνό, δε στάζει λάδια, δεν έχει εξάτμιση που συν τοις άλλοις να προκαλεί και ανάδευση της σκόνης στους δρόμους, δεν εκλύει επικίνδυνες χημικές ουσίες και δεν καταναλώνει ποσότητες οξυγόνου κατά τη λειτουργία του. Βέβαια θα πρέπει να αναφερθεί ό,τι οι μεγάλες απαιτήσεις σε ηλεκτρική ενέργεια, εφόσον εξαπλωθεί η χρήση των ηλεκτρικών αυτοκινήτων, θα οδηγήσουν σε αύξηση της ρύπανσης γύρω από τα εργοστάσια παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, η ρύπανση όμως στην περίπτωση αυτή είναι πολύ πιο ελέγξιμη απ' ό,τι αν προερχόταν από ένα μεγάλο πλήθος αυτοκινήτων.

β) Μείωση του θορύβου

Πέρα από την εκπομπή ρύπων χημικής φύσης, τα οχήματα που χρησιμοποιούν μηχανή εσωτερικής καύσης συνεισφέρουν και σε μία γενικότερη ηχητική ρύπανση, η οποία είναι επίσης αρκετά επικίνδυνη για τον άνθρωπο, σχεδόν όσο και η χημική, αν και αυτό δεν είναι αντιληπτό σε πρώτη θεώρηση. Είναι χαρακτηριστικό ό,τι η τεράστια αύξηση στην χρήση μηχανημάτων καθαρισμού/ανανέωσης του αέρα (air conditioning systems) τις τελευταίες δεκαετίες στη Μ.Βρετανία, σχετίζεται άμεσα με την χημική και ακουστική ρύπανση που προέρχεται από τα διάφορα οχήματα που κυκλοφορούν στους δρόμους. Η εξαπλώση των ηλεκτρικών αυτοκινήτων θα μείωνε σημαντικά την ηχητική και χημική ατμοσφαιρική ρύπανση και ο φυσικό αερισμός θα ήταν αρκετός για τη διατήρηση μίας επιθυμητής ατμόσφαιρας στα διάφορα κτίρια.

ΠΑΡΑΓΡΑΦΟΣ	ΥΠΕΡ	ΚΑΤΑ
Α.	Ελάττωση Ρύπανσης	
	-ατμοσφαιρική	-εκπομπές στους χώρους παραγωγής ενέργ.
	-ακουστική	-εκπομπές των ενεργειακών κυψελών
	-δονήσεων	-ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές
Β.	Συντήρηση προστασία καυσίμων	
	-αντεστραμμένη ενεργειακή βάση	-βενζινοκίνητα οχήματα μεγαλύτερου βαθμού απόδοσης
	-ισοστάθμιση φορτίου ³	-εναλλακτικά καύσιμα
Γ.	Βελτιωμένη απόδοση	
	-οδήγηση στην πόλη	-προς το παρόν, δεν είναι ορατή η υπεροχή σε συνολική απόδοση
	-συγκριτικά με τις μεταφορές βασισμένες στην χρήση άνθρακα -με υβριδικά οχήματα που χρησιμοποιούν ενεργειακές κυψέλες	
Δ.	Οικονομικότερη οδήγηση	
	-μεγαλύτερη οικονομία καυσίμου	-μεγαλύτερο αρχικό κόστος
	-φόρτιση εκτός περιόδων αιχμής ³	-διαθεσιμότητα των υλικών
	-λιγότερες απαιτήσεις συντήρησης	-πτώση της απόδοσης του συσσωρευτή

	-μεγαλύτερη διάρκεια ζωής	-προς το παρόν, δεν είναι ορατή η υπεροχή σε κόστος εφ' όλης της διάρκειας ζωής
Ε.	Περισσότερο φιλικό στον χρήστη	
	-οικονομία ηλεκτρισμού ³	-ασφάλεια, αργή επαναφόρτιση ³ , αδυναμία υπολογισμού των διαθέσιμων καυσίμων
	-κατ' οίκον επαναφόρτιση	-θέρμανση/ψύξη του οχήματος ³
	-ομαλή και άνετη λειτουργία	-περιορισμοί σε ταχύτητα, αυτονομία μέγεθος (ωφέλιμο βάρος) ³

Πίν. Θ-1. Υπέρ και κατά των ηλεκτροκίνητων οχημάτων

³ [για αμιγή ηλεκτρικά οχήματα (πηγή ενέργειας σύστημα συσσωρευτή και μόνο)]

γ. Ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές

Είναι γεγονός ό,τι η μεγάλη χρήση ηλεκτρικών αυτοκινήτων θα μπορούσε να οδηγήσει σε ηλεκτρομαγνητικής φύσης ρύπανση. Έχοντας αυτό κατά νου, οι ερευνητές σχεδιάζουν τα ηλεκτρικά οχήματα κατά τέτοιον τρόπο ώστε ο κίνδυνος αυτός να διατηρείται σε επίπεδα ασφαλείας. Ειδικότερα, ειδική μέριμνα έχει ληφθεί και λαμβάνεται ώστε να ελαχιστοποιηθεί η ρύπανση της αστικής ραδιοφωνικής ζώνης και του χώρου στον οποίο αυτή εκτείνεται, με ειδική θωράκιση των ηλεκτρικών κυκλωμάτων ελέγχου των ηλεκτρικών οχημάτων, ενώ ειδικά σχεδιασμένα συστήματα φόρτισης των συσσωρευτών χρησιμοποιούνται, ώστε να μη διαταράσσεται από ανεπιθύμητες παρεμβολές το ηλεκτρικό δίκτυο.

Β. ΜΕΤΑΒΑΛΛΟΜΕΝΗ ΠΕΤΡΕΛΑΪΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ

Σύμφωνα με τις προβλέψεις των ειδικών, τα αποθέματα των κοιτασμάτων πετρελαίου, θα εξαντληθούν περί το έτος 2050, τουλάχιστον στη μορφή που τα γνωρίζουμε σήμερα. Βέβαια, μέχρι τότε είναι πιθανό να έχουν εφευρεθεί τεχνικές σύνθεσης πετρελαίου εργαστηριακά, όμως και πάλι το πετρέλαιο, στη σημερινή του μορφή, είναι απόλυτα απαραίτητο για την παραγωγή πλαστικών και διαφόρων οργανικών υλικών και θεωρείται μη αποδοτική με την χρήση του σε άλλες μορφές (πλαστικά, πολυμερή κλπ.).

Η μηχανή εσωτερικής καύσης και κατά προέκταση η μετακίνηση ανθρώπων και αγαθών στις αναπτυσσόμενες χώρες, στηρίζεται εξ' ολοκλήρου στα προϊόντα του πετρελαίου, ως πηγή ενέργειας. Συνειδητοποίηση αυτής της εξάρτησης, δημιούργησε γύρω στα 1973 την πρώτη πετρελαϊκή κρίση και πυροδότησε μία παγκόσμια προσπάθεια για εύρεση νέων τρόπων συντήρησης των υπαρχόντων αποθεμάτων καυσίμων, περισσότερο αποδοτικών συστημάτων που χρησιμοποιούν το πετρέλαιο ως καύσιμη ύλη και εξέλιξη και ανάπτυξη της εκμετάλλευσης νέων μορφών ενέργειας. Το ηλεκτρικό αυτοκίνητο συμπεριλαμβανόταν στα σχέδια αυτά και η έρευνα γύρω του έχει γνωρίσει σημαντική άνθηση έκτοτε.

Είναι χαρακτηριστικό ό,τι εκτός των διαφόρων αυτοκινητοβιομηχανιών, έρευνα διεξάγουν ακόμα και εταιρίες παραγωγής πετρελαιοειδών, (όπως η Exxon, η Shell, η Gulf and Western κ.α.) διαισθανόμενες πιθανόν τη νέα τάξη πραγμάτων που τείνει να δημιουργηθεί μελλοντικά και θέλοντας να συμμετάσχουν στη νέα μεγάλη αγορά που θα δημιουργηθεί, εκμεταλλευόμενες και το μεγάλο δίκτυο πωλήσεων και πρατηρίων που διαθέτουν. Η έρευνα των εταιριών αυτών διεξάγεται κυρίως στον χώρο των ηλεκτροχημικών πηγών ενέργειας (συσσωρευτές, ενεργειακές κυψέλες κλπ.).

Συνοπτικά, υπάρχει η επιθυμία από τις κυβερνήσεις των χωρών που τυγχάνουν μεγάλοι εισαγωγείς καυσίμων (όπως οι Η.Π.Α. και η Ιαπωνία) να ανεξαρτητοποιηθούν από πετρελαιοπαραγωγικές χώρες, που επιπρόσθετα διακρίνονται από πολιτική αστάθεια και τριτοκοσμική νοοτροπία. Για χώρες όπως οι Η.Π.Α., η εξάρτηση τους από τις χώρες αυτές έχει σημαντική επίπτωση στην κατάστροφη της οικονομικής τους πολιτικής. Και μόνο το γεγονός ό,τι το 55% της συνολικής κατανάλωσης πετρελαίου στις Η.Π.Α. καταναλώνεται στον τομέα των μεταφορών (κατά προέκταση στα πάσης φύσεως οχήματα) δείχνει πόσο άμεσα εξαρτώμενες είναι οι Η.Π.Α. από τις χώρες του Ο.Ρ.Ε.Σ., ιδιαίτερα στον χώρο των μεταφορών.

Η έρευνα που γίνεται στον χώρο των ηλεκτρικών οχημάτων, των βελτιωμένων συμβατικών βενζινοκίνητων αυτοκινήτων και των εναλλακτικών καυσίμων, έχει γίνει μέρος της εθνικής πολιτικής και στρατηγικής πολλών κυβερνήσεων προηγμένων χωρών, με στόχο τη μείωση της χρήσης του πετρελαίου στον χώρο των μεταφορών. Τα αποθέματα-κοιτάσματα υγρών καυσίμων δεν είναι απεριόριστα. Η οικονομία καυσίμων και οι εναλλακτικές μέθοδοι παραγωγής μπορούν απλά και μόνο να καθυστερήσουν τη διαγραφόμενη προοπτική, γι' αυτό τα ηλεκτρικά οχήματα αποτελούν τη μόνη ίσως λύση.

Γ. ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΑΠΟΔΟΤΙΚΟΤΗΤΑΣ

Σύμφωνα με τους σημερινούς βαθμούς απόδοσης των διαφόρων σταδίων, από τη στιγμή που εξορύσσεται το πετρέλαιο έως και την τελική χρήση των άμεσων ή έμμεσων προϊόντων του, το ηλεκτροκίνητο κι το βενζινοκίνητο αυτοκίνητο βρίσκονται στα ίδια επίπεδα, από πλευράς απόδοσης. Οι διάφοροι βαθμοί απόδοσης παρουσιάζονται αναλυτικά στον Πίν. Θ-2.

Παρατηρούμε ό,τι η απόδοση είναι περίπου ίδια. Θα πρέπει όμως να ληφθεί υπ' όψη ό,τι αφενός υπάρχει ήδη μία γραμμή παραγωγής βενζινοκίνητων αυτοκινήτων που απαιτεί τεράστιο κόστος για να δεχθεί και παραγωγή ηλεκτροκίνητων αυτοκινήτων (εμφανές πλεονέκτημα υπέρ των βενζινοκίνητων οχημάτων), αφετέρου το ηλεκτρικό αυτοκίνητο έχει μεγάλα περιθώρια βελτίωσης του συνολικού βαθμού απόδοσης του, κάτι που δεν συμβαίνει με το βενζινοκίνητο, στον ίδιο τουλάχιστον βαθμό (εμφανές πλεονέκτημα υπέρ των ηλεκτροκίνητων οχημάτων).

Πάντως είναι γεγονός ό,τι η ανθρωπότητα βρίσκεται σε μία μεταβατική από ενεργειακής άποψης περίοδο, μερικές δεκάδες χρόνια πριν εξαντληθούν τα κοιτάσματα πετρελαίου, σε μία εποχή που γίνονται προσπάθειες παραγωγής συνθετικού πετρελαίου από άνθρακα και ενώ μορφές ενέργειας όπως η πυρηνική και η ατομική απασχολούν όλο και περισσότερο τους επιστήμονες και τους ερευνητές. Συμπερασματικά, μόνο σε γενικές γραμμές μπορούν να διατυπωθούν ορισμένες προβλέψεις:

i) Για τεχνολογία βασισμένη στο πετρέλαιο, οι συνολικές αποδόσεις των ηλεκτροκίνητων οχημάτων (συσσωρευτή) και των συμβατικών βενζινοκίνητων είναι περίπου ίδιες, ιδιαίτερα κάτω από συνθήκες οδήγησης σε αυτοκινητόδρομο. Σε οδήγηση στα αστικά κέντρα, τα ηλεκτροκίνητα οχήματα υπερέχουν, με τάση η υπεροχή τους αυτή να διευρύνεται.

ii) Ανάμεσα στις τεχνολογίες που αφορούν χρήση εναλλακτικών καυσίμων γενικότερα, τα ηλεκτροκίνητα οχήματα εμφανίζονται να έχουν ένα σημαντικό προβάδισμα, από άποψη βαθμού απόδοσης.

iii) Υπάρχει μία έντονη επιθυμία ανάπτυξης και εξέλιξης του υβριδικού οχήματος συσσωρευτή/ενεργειακής κυψέλης, λόγω της οικονομικότερης λειτουργίας του κάτω απ' όλες τις συνθήκες οδήγησης.

ΒΕΝΖΙΝΟΚΙΝΗΤΟ ΟΧΗΜΑ	ΒΑΘΜΟΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ		ΗΛΕΚΤΡΟΚΙΝΗΤΟ ΟΧΗΜΑ	ΒΑΘΜΟΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ	
	max (%)	min		max (%)	min
Αργό πετρέλαιο			Αργό πετρέλαιο		
↓			↓		
Δύλιση πετρελαίου κίνησης	90	85	Δύλιση πετρελαίου καύσης	97	95
↓			↓		
Διανομή στα τετόζιτο βενζίνης	99	95	Παραγωγή ηλεκτρικής	40	33
↓			↓		
Κινητήρας	22	20	Μέσω δικτύου στην πρίζα	92	90
↓			↓		
Μετάδοση/ άξονας	98	95	Φορτιστής συσσωρευτή	90	85
↓			↓		
Τροχοί			Συσσωρευτής PbO	75	75
			↓		
			Κινητήρας-διάταξη ελέγχου	85	80
			↓		
			Μετάδοση/ άξονας	98	95
			↓		
			Τροχοί		
Συνολική απόδοση (αργό πετρέλαιο - τροχοί)	19	15		20	14

Πίν. Θ-2 Βαθμοί απόδοσης των βενζινοκίνητων και ηλεκτροκίνητων οχημάτων.

Δ. ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟΤΕΡΑ ΚΡΙΤΗΡΙΑ

Το κόστος που αναφέρεται για όλη τη ζωή του ηλεκτροκίνητου οχήματος είναι πολύ σημαντικό. Για κάθε τύπο οχήματος (βενζινοκίνητο ή ηλεκτροκίνητο), το κόστος αυτό αποτελείται από την αρχική τιμή αγοράς του οχήματος, το κόστος κίνησης (κόστος καυσίμου, συντήρησης, ασφάλειας, φόροι κλπ.) και τις αυξομειώσεις που θα παρουσιάσει το κεφάλαιο που έχει επενδυθεί για την αγορά του οχήματος (μείωση της αξίας του, απώλεια τόκων κλπ.). Βέβαια, προς το παρόν, μόνο εικασίες μπορούν να γίνουν για τα οικονομικά μεγέθη των ηλεκτροκίνητων οχημάτων, αφού δεν υπάρχει αυτή τη στιγμή ευρεία χρήση τους η μαζική τους παραγωγή.

Συμπερασματικά, η σύγκριση ανάμεσα στο συνολικό κόστος κτήσης, συντήρησης και λειτουργίας ηλεκτροκίνητου και συμβατικού βενζινοκίνητου οχήματος, οδηγεί στα ακόλουθα συμπεράσματα:

α) Το αρχικό κόστος (απόκτησης) ενός ηλεκτροκίνητου οχήματος θα είναι μεγαλύτερο, οφειλόμενο κυρίως στο υψηλό κόστος του συσσωρευτή και την έλλειψη μαζικής παραγωγής σε πολύ μεγάλες ποσότητες.

β) Το κόστος κίνησης ενός ηλεκτρικού οχήματος (κόστος καυσίμου) θα είναι μικρότερο, λόγω κυρίως της ειδικής φορολογικής μεταχείρισης.

γ) Το κόστος συντήρησης (μη υπολογίζοντας τον συσσωρευτή) για ένα ηλεκτροκίνητο όχημα θα είναι μικρότερο, χάρη στη μηχανική απλότητα και μη πολυπλοκότητα που το διακρίνει.

δ) Το κόστος υποτίμησης-απόσβεσης του συσσωρευτή του ηλεκτροκίνητου οχήματος κατά τη λειτουργία, θα είναι αρκετά υψηλό και θα αντισταθμίζει αρνητικά όλη την οικονομία που θα προκύψει από τη φτηνή τιμή καυσίμου (για τα ηλεκτρονικά οχήματα) και συντήρησης.

ε) Για να επιτευχθεί ένα συνολικό πλεονέκτημα ως προς το κόστος για το ηλεκτροκίνητο όχημα, θα πρέπει να αναπτυχθεί και εξελιχθεί ένας φτηνός, μεγάλης διάρκειας ζωής και απόδοσης συσσωρευτής, που θα είναι άμεσα κατασκευάσιμος από υπάρχουσες πρώτες ύλες.

Ε. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ ΚΡΙΤΗΡΙΑ

Όσο και αν τα ηλεκτρικά οχήματα βελτιώσουν τη θέση τους απέναντι στα συμβατικά βενζινοκίνητα ή πετρελαιοκίνητα, από άποψη κόστους, βαθμού απόδοσης ή περιβαλλοντικής συμπεριφοράς, η απόδοση τους κατά την κίνηση τους, η λειτουργία τους είναι αυτή που θα καθιερώσει ή θα αναβάλλει την εμφάνισή τους για το πιο μακρινό μέλλον. Και αυτή η συμπεριφορά κατά τη λειτουργία, μπορεί να συνοψιστεί στα παρακάτω:

α) Οικονομία στην κατανάλωση ενέργειας. Απ' όποια μορφή ενέργειας (ηλιακή, αιολική, γεωθερμική, πυρηνική, ατομική κλπ.) και αν προέρχεται η ηλεκτρική ενέργεια, η εξοικονόμηση της τελευταίας ενδιαφέρει άμεσα τους ερευνητές, ιδίως τα τελευταία χρόνια που έχει γίνει συνείδηση ό,τι τα ενεργειακά αποθέματα δεν είναι και δεν πρέπει να θεωρούνται ανεξάντλητα.

β) Ασφάλεια. Θα πρέπει να αναθεωρηθούν ορισμένα σημεία της ισχύουσας νομοθεσίας, αφού η θεώρηση των ηλεκτρικών αυτοκινήτων από άποψη ασφάλειας είναι τελείως διαφορετική. Χάρη παραδείγματος, μία σύγκρουση δύο οχημάτων που χρησιμοποιούν διαφορετικού τύπου συσσωρευτή, μπορεί να οδηγήσει σε καταστάσεις πολύ δύσκολα αντιληπτές σε πρώτη σκέψη. Πάντως τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα θα πρέπει να δημιουργούν στον χρήστη αν όχι σε μεγαλύτερο, τουλάχιστον στον ίδιο βαθμό το αίσθημα ασφάλειας με τα συμβατικά βενζινοκίνητα οχήματα που έχει συνηθίσει να οδηγεί.

γ) Χρονική διάρκεια ζωής φόρτισης. Συγκρινόμενο με το βενζινοκίνητο όχημα που εφοδιάζεται με καύσιμα μέσα σε λίγα λεπτά, το ηλεκτροκίνητο υστερεί σημαντικά. Θα πρέπει να μειωθεί δραστικά ο χρόνος φόρτισης των

συσσωρευτών, ώστε το ηλεκτροκίνητο αυτοκίνητο να γίνει ανταγωνιστικό και σε αυτόν τον τομέα.

δ) Ένδειξη αποθηκευμένης ενέργειας. Η ενέργεια που βρίσκεται κάθε στιγμή αποθηκευμένη στους συσσωρευτές ενός ηλεκτρικού αυτοκινήτου, είναι πολύ δύσκολο να υπολογιστεί πόση αυτονομία μπορούν να δώσουν στο όχημα. Αυτό γιατί ο τρόπος οδήγησης του οχήματος επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό την κατανάλωση ενέργειας. Θα πρέπει να εξερευνηθεί ένας τρόπος ώστε ο οδηγός να πληροφορείται γρήγορα και άμεσα ποιες δυνατότητες κίνησης του παρέχει ανά πάσα στιγμή η αποθηκευμένη στους συσσωρευτές ενέργεια.

ε) Έλεγχος της θερμοκρασίας. Στα σημερινά συμβατικά αυτοκίνητα είναι συνηθισμένο φαινόμενο να υπάρχει σύστημα ψύξης/θέρμανσης ή ακόμα και air conditioning. Κάτι τέτοιο δε θα ήταν δυνατό στα ηλεκτρικά αυτοκίνητα, με την υπάρχουσα κατάσταση στον χώρο των συσσωρευτών, αφού θα θεωρείτο μεγάλη σπατάλη ενέργειας να απορροφάται ενέργεια από τους συσσωρευτές για χρησιμοποίηση της σε τομέα άλλο πλην της προώθησης. Πάντως κάποια λύση θα πρέπει να βρεθεί και σ' αυτόν τον τομέα, αφού ο σύγχρονος οδηγός έχει συνηθίσει στη διατήρηση μιας επιθυμητής θερμοκρασίας στον χώρο του αυτοκινήτου και τις ίδιες απαιτήσεις θα έχει και από τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα.

στ) Επιδόσεις και ακτίνα δράσης. Το θέμα των επιδόσεων και της ακτίνας δράσης συζητείται, αλλού λίγο αλλού πολύ, σε όλη σχεδόν την έκταση της εργασίας. Επιγραμματικά και μόνο να τονιστεί, ό,τι στην προσπάθεια για ένα ηλεκτρικό αυτοκίνητο με όσο το δυνατό καλύτερες επιδόσεις και μεγαλύτερη ακτίνα δράσης, τη λύση πιστεύεται ό,τι ίσως προσφέρουν:

- i) Ένας προηγμένης τεχνολογίας συσσωρευτής.
- ii) Η τεχνολογία των υβριδικών οχημάτων.
- iii) Η χρήση των ενεργειακών κυψελών.

Κλείνοντας την ενότητα αυτή, θα πρέπει να σημειωθεί ό,τι όλοι οι παραπάνω τομείς θα πρέπει να "ικανοποιούν" τον χρήστη-οδηγό, έτσι ώστε κάποια στιγμή το ηλεκτρικό αυτοκίνητο να πάρει τη θέση που του αρμόζει στα κυκλοφοριακά πράγματα των σύγχρονων μεγαλουπόλεων.

ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Ως επίλογος, να τονιστεί και πάλι ό,τι τα αμιγώς ηλεκτρικά (συσσωρευτή) και τα υβριδικά (συσσωρευτή/ενεργειακής κυψέλης) οχήματα, διατηρούν τις περισσότερες πιθανότητες να καταλάβουν ένα μέρος της αγοράς στο άμεσο μέλλον, όσον αφορά οχήματα που δεν χρησιμοποιούν μηχανή εσωτερικής καύσης. Στον Πίν. Θ-3 παρουσιάζεται μία σύγκριση των παραπάνω τύπων οχημάτων με τα συμβατικά βενζινοκίνητα οχήματα, σε διάφορους τομείς.

ΤΟΜΕΑΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ	ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΟΧΗΜΑ ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΗΣ	ΥΒΡΙΔΙΚΟ ΟΧΗΜΑ ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΗΣ/ΕΝΕΡΓ.ΚΥΨΕΛΗΣ
Μειωμένη εκπομπή ρύπων	Πολύ καλύτερη	Καλύτερη
Θόρυβος	Καλύτερη	Καλύτερη
Ολικός βαθμός απόδοσης	Παρόμοια	Πολύ καλύτερη
Λόγος ισχύος/βάρος	Πολύ χειρότερη	Χειρότερη
Ευκολία οδήγησης	Καλύτερη	Καλύτερη
Ομαλότητα κίνησης	Καλύτερη	Καλύτερη
Ακτίνα δράσης	Πολύ χειρότερη	Παρόμοια
Ανθεκτικότητα	Καλύτερη	Καλύτερη
Επανατροφοδότηση καυσίμου	Πολύ χειρότερη	Παρόμοια
Αρχικό κόστος	Χειρότερη	Χειρότερη
Κόστος κίνησης	Παρόμοια	Καλύτερη

Πίν. Θ-3. Σύγκριση ηλεκτρικού οχήματος σε διάφορους τομείς.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Καθ. Δρ. Μηχ. Αθ. Σαφάκας : ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΜΗΧΑΝΕΣ, Πανεπιστήμιο Πατρών, Πάτρα, 1985.
- Καθ. Δρ. Μηχ. Αθ. Σαφάκας : ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΑ ΙΣΧΥΟΣ, Πανεπιστήμιο Πατρών, Πάτρα, 1985.
- A. Buonarota, P. Menga, P. Ostano, V. Scarioni : RECENT ENEL-CESI ACTIVITY IN THE FIELD OF LEAD-ACID BATTERIES FOR ELECTRIC VEHICLES, technical issue 85-45 (Δημοσιεύτηκε : CESI Technical Issues, 1985)
- Future Technology Syrneys Inc. : SURVEY ON ELECTRIC VEHICLES - SURVEY REPORT #33, Madison, U.S.A., 1988, ISBN 1-55865-032-6.
- Εταιρία Μπαταριών "Γερμανός" : ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΩΝ NI-CAD ΣΕ ΗΛΕΚΤΡΟΚΙΝΗΤΑ ΟΧΗΜΑΤΑ, Αθήνα, 1990.
- J. Angelis, Cord H. Dustmann : A NEW "PRIME MOVER" FOR ELECTRIC CARS, A.B.B. Review, 2/1988.
- Εταιρία Μπαταριών "Γερμανός" : ΜΠΑΤΑΡΙΕΣ ΝΙΚΕΛΙΟΥ-ΚΑΔΜΙΟΥ STM ΤΗΣ SAFT ΓΙΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΟΧΗΜΑΤΑ, Αθήνα, 1990.
- General Electric: ELECTRIC VEHICLE MOTORS, U.S.A., 11/1990.
- Εταιρία Μπαταριών "Γερμανός" : ΟΔΗΓΙΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΧΡΗΣΗ ΤΩΝ ΜΠΑΤΑΡΙΩΝ ΝΙΚΕΛΙΟΥ-ΚΑΔΜΙΟΥ STM5.200 ΤΗΣ SAFT, Αθήνα, 1990.
- Εταιρία Μπαταριών "Γερμανός" : PROSPECTUS ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ NI-CAD, Αθήνα, 1991.
- Batteries International: PROVING TESTS IN A BRASS FOUNDRY, Johnson Controls, Dr. George Brilmeyer, U.S.A., 7/1990.
- Clarence W. Ellers: ELECTRIC VEHICLE CONVERSION MANUAL, U.S.A.

4 ΤΡΟΧΟΙ : GENERAL MOTORS, Κ. Καβαθάς, Αθήνα, 9/1990.

Πτήση : ΕΠΙΣΤΗΜΗ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ: ΑΘΟΥΡΥΒΗ ΠΡΟΟΔΟΣ, Κ.
Σωφρονάς, Αθήνα, 12/1990.

Αθ. Σαφάκας και Ν. Α. Μαρτίνος : ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ ΚΑΙ
ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΤΟΥ ΠΡΩΤΟΥ ΕΛΛΗΝΙΚΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ
ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΥ, Πανεπιστήμιο Πατρών, 1989.

Εταιρία Μπαταριών "Γερμανός" : ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΒΙΟΜΗΧΑΝΙΕΣ
ΧΡΗΣΤΕΣ ΜΠΑΤΑΡΙΩΝ STM ΤΗΣ SAFT.

Peugeot (PSA): PEUGEOT 205 ELECTRIQUE

Steyr : STEYR DIAMANT

Steyr: STEYR ELY

General Motors : IMPACT (file I)

General Motors : IMPACT (file II)

Περιοδικό αυτοκινήτου : CAR & DRIVER.

Περιοδικό αυτοκινήτου : Auto Motor und Sport.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ - ΓΕΝΙΚΑ

A. ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

ΤΑ ΠΡΩΤΑ ΧΡΟΝΙΑ

Η ΑΠΟΧΩΡΗΣΗ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΥ
ΡΕΚΟΡ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ ΜΕ ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΟΧΗΜΑΤΑ

B. ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΙΣΧΥΣ

I. ΤΜΗΜΑ ΚΙΝΗΤΗΡΑ

I.1. ΕΠΙΛΟΓΗ ΤΟΥ ΚΑΤΑΛΛΗΛΟΥ ΗΛΕΚΤΡΟΚΙΝΗΤΗΡΑ

I.2. ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΗΣ ΙΣΧΥΟΣ ΤΟΥ
ΚΙΝΗΤΗΡΑ

I.3. ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΤΥΠΩΝ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΩΝ
ΓΙΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΑ

A. ΜΗΧΑΝΕΣ ΣΥΝΕΧΟΥΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

ΜΗΧΑΝΗ ΣΥΝΕΧΟΥΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΜΕ ΔΙΕΓΕΡΣΗ
ΕΝ ΣΕΙΡΑ

ΜΗΧΑΝΗ ΣΥΝΕΧΟΥΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΜΕ ΔΙΕΓΕΡΣΗ
ΕΝ ΠΑΡΑΛΛΗΛΩ

ΜΗΧΑΝΗ ΣΥΝΕΧΟΥΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΜΙΚΤΗΣ ΔΙΕΓΕΡΣΗΣ

ΜΗΧΑΝΗ ΣΥΝΕΧΟΥΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΧΩΡΙΣ
ΨΗΚΤΡΕΣ (BRUSHLESS)

B. ΜΗΧΑΝΕΣ ΕΝΑΛΛΑΣΣΟΜΕΝΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

ΓΕΝΙΚΟΤΗΤΕΣ

ΕΠΑΓΩΓΙΚΟΙ ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΗΣ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ

ΓΡΑΜΜΙΚΟΙ ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ

I.4. ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΗΧΑΝΩΝ ΣΥΝΕΧΟΥΣ-ΕΝΑΛΛΑΣΣΟΜΕΝΟΥ
ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΓΙΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΑ

II. ΣΥΣΤΗΜΑ ΣΥΜΠΛΕΞΗΣ - ΚΙΒΩΤΙΟ ΤΑΧΥΤΗΤΩΝ - ΔΙΑΦΟΡΙΚΟ

Γ. ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΙΣΧΥΣ

I. ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ ΕΛΕΓΧΟΥ ΤΟΥ ΚΙΝΗΤΗΡΑ

I.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

I.2. ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ ΕΛΕΓΧΟΥ ΚΙΝΗΤΗΡΩΝ ΣΥΝΕΧΟΥΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ
ΕΛΕΓΧΟΣ ΑΡΙΘΜΟΥ ΣΤΡΟΦΩΝ ΚΙΝΗΤΗΡΩΝ ΣΥΝΕΧΟΥΣ
ΡΕΥΜΑΤΟΣ

α) Έλεγχος του τιμπάνου

β) Έλεγχος του πεδίου διέγερσης

γ) Πέδηση

ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΛΕΓΧΟΥ ΤΟΥ ΚΙΝΗΤΗΡΑ ΣΥΝΕΧΟΥΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ
ΣΕ ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΑ

Έλεγχος με κυκλώματα που χρησιμοποιούν θυρίστορ (chopper)

α) Αρχή λειτουργίας του chopper

- i) Chopper πολλαπλών φάσεων
- ii) Chopper ανήψωσης
- β) Ενεργειακή θεώρηση της ωφέλιμης πέδησης (regenerative braking)

ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ ΕΛΕΓΧΟΥ ΚΙΝΗΤΗΡΩΝ ΕΝΑΛΛΑΣΣΟΜΕΝΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΕΣ

-
- ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΩΝ
- ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕΤΑΞΥ ΑΕΡΙΖΟΜΕΝΟΥ ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΗ ΟΞΕΟΣ ΜΟΛΥΒΔΟΥ ΚΑΙ ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΩΝ ΝΙΚΕΛΙΟΥ - ΚΑΔΜΙΟΥ ΓΙΑ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΟΣΟ ΣΤΑΤΙΚΕΣ ΟΣΟ ΚΑΙ ΣΕ ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΟΧΗΜΑΤΑ
- II.2. ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΩΝ
- II.3. ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΟΧΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΕΣ
ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ
ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΕΠΙΛΟΓΗΣ ΤΟΥ ΚΑΤΑΛΛΗΛΟΥ ΤΥΠΟΥ ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΩΝ
- II.4. ΤΥΠΟΙ ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΩΝ ΓΙΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΟΧΗΜΑΤΑ
ΕΙΣΑΓΩΓΗ
ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΕΣ ΟΞΕΟΣ - ΜΟΛΥΒΔΟΥ
ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΕΣ ΝΙΚΕΛΙΟΥ - ΚΑΔΜΙΟΥ
ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΕΣ ΝΑΤΡΙΟΥ - ΘΕΙΟΥ
Α. ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΕΣ ΝΑΤΡΙΟΥ-ΘΕΙΟΥ ΜΕ ΗΛΕΚΤΡΟΛΥΤΗ ΤΗΝ β-ALUMINA
- II.5. ΦΟΡΤΙΣΗ ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΩΝ
ΕΙΣΑΓΩΓΗ
ΜΕΘΟΔΟΙ ΦΟΡΤΙΣΗΣ
Γαλβανοστατικές μέθοδοι φόρτισης
 - α) Γαλβανοστατική φόρτιση ενός σταδίου
 - β) Γαλβανοστατική φόρτιση δύο σταδίων
 - γ) Γαλβανοστατική φόρτιση πολλαπλών σταδίων
) Φόρτιση με ελαγχόμενο ρεύμα και ελεγχόμενη τάση
 - i) Φόρτιση με σταθερή τάση
 - α) Φόρτιση συσσωρευτών οξέος μολύβδου
 - β) Φόρτιση συσσωρευτών νικελίου-καδμίου
 - γ) Φόρτιση με σταθερό ρεύμα
 - ν) Παλμικές μέθοδοι φόρτισης
- ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΗ ΜΕΘΟΔΟΣ ΦΟΡΤΙΣΗΣ ΓΙΑ ΤΟΥΣ ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΕΣ ΝΙΚΕΛΙΟΥ ΚΑΔΜΙΟΥ ΣΤΜ ΤΗΣ SAFT
- II.6. ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ ΣΤΟΝ ΧΩΡΟ ΤΩΝ ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΩΝ ΤΗΝ ΕΠΟΜΕΝΗ ΕΙΚΟΣΑΕΤΙΑ

Δ. ΜΗΧΑΝΙΚΑ ΜΕΡΗ ΚΑΙ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΥ

Ε. ΥΒΡΙΔΙΚΑ ΟΧΗΜΑΤΑ ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΕΙΔΗ ΥΒΡΙΔΙΚΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ

ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΕΝΟΣ ΥΒΡΙΔΙΚΟΥ ΚΑΙ ΕΝΟΣ ΑΜΙΓΩΣ
ΗΛΕΚΤΡΟΚΙΝΗΤΟΥ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΥ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΕΙ
ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΕΣ ΘΕΟΣ ΜΟΛΥΒΔΟΥ
ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΥΒΡΙΔΙΚΑ ΟΧΗΜΑΤΑ

ΣΤ. ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΒΙΟΜΗΧΑΝΙΕΣ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

B.M.W.

FIAT

FORD

MERCEDES

NISSAN

PEUGEOT

OPEL

STEYR

VOLKSWAGEN - AUDI GROUP

ΕΛΒΕΤΙΚΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΑ

Ζ. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΟΚΙΝΗΤΟΥ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΥ IMPACT ΤΗΣ GENERAL MOTORS

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

ΣΤΟΧΟΙ ΚΑΤΑ ΤΟ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ ΤΟΥ IMPACT

ΤΕΧΝΙΚΗ ΤΑΥΤΟΤΗΤΑ ΤΟΥ IMPACT

- A. Γενικές επιδόσεις
- B. Κινητήρες
- Γ. Ηλεκτρονικές διατάξεις ελέγχου
- Δ. Συσσωρευτές
- Ε. Σύστημα μετάδοσης
- ΣΤ. Ελαστικά και τροχοί
- Ζ. Φρένα
- Η. Θέρμανση - ψύξη
- Θ. Γυάλινες επιφάνειες

ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ

Η. ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΣ ΣΥΜΒΑΤΙΚΩΝ BENZINOKΙΝΗΤΩΝ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΩΝ ΣΕ ΗΛΕΚΤΡΟΚΙΝΗΤΑ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΜΕΤΑΤΡΟΠΗΣ

ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

- A. Ηλεκτροκινητήρας
- B. Ηλεκτρονικές διατάξεις ελέγχου
- Γ. Συσσωρευτές
- Δ. Αμάξωμα - σκελετός (σασί)
- Ε. Αξεσουάρ - Λιπαντικά

ΣΤΟ ΔΡΟΜΟ

**Θ. ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΟΧΗΜΑΤΑ : ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ -
ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ - ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΙΣΜΟΙ**

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

ΤΟ ΕΡΩΤΗΜΑ

A. ΠΕΡΙΒΑΝΤΟΛΛΟΓΙΚΑ ΚΡΙΤΗΡΙΑ

α) Μείωση των εκπεμπόμενων ρύπων

β) Μείωση του θορύβου

γ) Ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές

B. Η ΜΕΤΑΒΑΛΛΟΜΕΝΗ ΠΕΤΡΕΛΑΪΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ

Γ. ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΑΠΟΔΟΤΙΚΟΤΗΤΑΣ

Δ. ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΚΡΙΤΗΡΙΑ

Ε. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ ΚΡΙΤΗΡΙΑ

ΕΠΙΛΟΓΟΣ

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ