



Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
Ηλεκτρολόγοι Μηχανικοί και Μηχανικοί Υπολογιστών
« Ηλεκτρικά Αυτοκίνητα και Συστήματα Τροφοδοσίας
τους »



Διπλωματική εργασία
του
Αντωνη θανοπουλου

2015–2016

Τομέας :Ηλεκτρικων βιομηχανικων διαταξεων και συστηματων
αποφασεων

Υπεύθυνος καθηγητής:

Μαρία-Παρασκευή Ιωαννίδου

Εξεταστικη επιτροπη :

ΜΕΛΟΣ 1 :Ν.ΘΕΟΔΩΡΟΥ ΜΕΛΟΣ 2 :Π.ΤΣΑΡΑΜΠΑΡΗΣ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Αρχικά θα ήθελα να ευχαριστήσω την Καθηγητρια μου κ.Ιωαννιδου για την καθοδήγηση, τις πολύτιμες συμβουλές, τις υποδείξεις και την γνώση που μου παρείχε κατά την διάρκεια της εκπόνησης της παρούσας διπλωματικής καθώς και για την ευκαιρία που μου έδωσε να ασχοληθώ με ένα τόσο επίκαιρο θέμα γόνιμης δημιουργίας.

Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου για την αμέριστη συμπαράσταση καθ'όλη τη διάρκεια των σπουδών καθώς και όλους τους συμφοιτητές μου που γνώρισα στην διάρκεια των προπτυχιακών μου χρόνων.

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Τα τελευταία χρόνια, σε παγκόσμιο επίπεδο, ο συναγερμός της κλιματικής αλλαγής μα και η πρόκληση από την απελευθέρωση της ηλεκτρικής αγοράς ενέργειας, συντέλεσαν στη μεγαλύτερη διείσδυση ΑΠΕ στην ηλεκτροπαραγωγή, στην προσπάθεια εξοικονόμησης ενέργειας και στη διεσπαρμένη παραγωγή. Αυτό που δεν αλλάζει είναι οι απαιτήσεις σε αξιοπιστία του δικτύου και η παραγωγή τάσης ποιοτικών προδιαγραφών και αυτό εισάγει περιορισμό στο βαθμό διείσδυσης ΑΠΕ.

Το ηλεκτρικό όχημα συσσωρευτή, ως μονάδα διεσπαρμένης παραγωγής, εφόσον καταστεί οικονομικά βιώσιμη και συμφέρουσα τεχνολογία δύναται αφενός να λειτουργήσει ως συνδετικός κρίκος μεταξύ ΑΠΕ και δικτύου και αφετέρου μπορεί να συμβάλλει κατά τρόπο αξιόπιστο στη μείωση της αιχμής ζήτησης και στη μείωση εκπομπών ΑΤΘ, ενισχύοντας παράλληλα και την αξιοπιστία του δικτύου με την παροχή Επικουρικών Υπηρεσιών.

Σκοπός της διπλωματικής αυτής εργασίας είναι η ανάλυση και η εμβάθυνση στα ηλεκτρικά οχήματα και στα συστήματα τροφοδοσίας τους στην σημερινή εποχή.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η ραγδαία και συνεχώς αυξανόμενη εξάπλωση της χρήσης οχημάτων με κινητήρες εσωτερικής καύσεως κατά τις τελευταίες δεκαετίες έχει συντελέσει σε μεγάλο βαθμό σε δύο ιδιαίτερα σημαντικά προβλήματα που απαιτούν οπωσδήποτε λύση. Το πρώτο από αυτά σχετίζεται με τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις, σε τοπικό επίπεδο αλλά και σε ολόκληρο τον πλανήτη. Στα μεγάλα αστικά κέντρα παρατηρούνται πολύ υψηλές συγκεντρώσεις αερίων ρύπων. Οι ίδιοι ρύποι είναι αυτοί που σε παγκόσμιο επίπεδο συντελούν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου και την κλιματική αλλαγή. Το δεύτερο πρόβλημα σχετίζεται με την ενεργειακή κρίση λόγω εξάντλησης των ορυκτών πόρων (βλέπε πετρελαϊκές κρίσεις) και την προσπάθεια που γίνεται ώστε να επέλθει ανεξάρτηση από αυτούς.

Η περιβαλλοντική ευαισθησία, η συνειδητοποίηση της κλιματικής αλλαγής και η εξάντληση των ενεργειακών πόρων οδηγούν ολοένα και περισσότερο στην ανεύρεση εναλλακτικών πηγών ενέργειας, και κυρίως, ανανεώσιμους. Στο πνεύμα των νέων δεδομένων οι κατασκευαστές οχημάτων, οδηγήθηκαν στο σχεδιασμό και την κατασκευή ηλεκτρικών οχημάτων, ενώ τελευταία εντατικοποιούν τις προσπάθειές τους για μαζική παραγωγή και προώθηση των ηλεκτρικών οχημάτων. Το ηλεκτρικό όχημα εξασφαλίζει μηδενική εκπομπή ρύπων, τουλάχιστον κατά τη λειτουργία του οχήματος, και αποδεσμεύει τους χρήστες από την χρήση υγρών καυσίμων. Στο άμεσο μέλλον, αναμένεται ότι η ευρεία χρήση των ηλεκτρικών αυτοκινήτων θα έχει σαν αποτέλεσμα τη βελτίωση της ποιότητας του αέρα στις αστικές περιοχές

Η διπλωματική αυτή έχει ως σκοπό να καταδείξει όλες αυτές τις προϋποθέσεις, να προβάλλει τις ευκαιρίες που παρουσιάζονται από τη χρήση των ηλεκτρικών

αυτοκινήτων και να διαμορφώσει σαφή συμπεράσματα για το μέλλον των ηλεκτρικών αυτοκινήτων στην κοινωνία.

Αναλυτικότερα, στην εργασία αυτή παρουσιάζεται αρχικά οι επιπτώσεις της αυξανόμενης ατμοσφαιρικής ρύπανσης που συνηγορούν στην αναγκαιότητα ύπαρξης και πιο διαδεδομένης χρήσης της τεχνολογίας των ηλεκτρικών αυτοκινήτων. Επιπλέον γίνεται μια ιστορική ανασκόπηση στην ιστορία του ηλεκτρικού αυτοκινήτου. Στη συνέχεια γίνεται μια καταγραφή της υβριδικής τεχνολογίας στην οποία βασίζονται εξολοκλήρου τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα καθώς και μια κατηγοριοποίηση της υβριδικής τεχνολογίας. Ακολουθεί μια τεχνική ανάλυση των ηλεκτρικών αυτοκινήτων και περιγράφεται διεξοδικά η λειτουργία των εξαρτημάτων εκείνων που συνιστούν το ηλεκτρικό αυτοκίνητο. Στο επόμενο κεφάλαιο γίνεται μια διεξοδική αναφορά σε όλα εκείνες τις απαραίτητες υποδομές για την υποστήριξη της τεχνολογίας των ηλεκτρικών αυτοκινήτων, όπως επίσης κατηγοριοποιούνται οι σταθμοί φόρτισης και η ενσωμάτωση των αυτοκινήτων στα <<ευφυή δίκτυα>>. Στην συνέχεια εξετάζεται η ενσωμάτωση των ηλεκτρικών οχημάτων στο ηλεκτρικό δίκτυο και περιγράφονται οι απαιτούμενες επικοινωνίες έτσι ώστε να επιτευχθεί η διαχείριση της ζήτησης των ηλεκτρικών οχημάτων. Ακολούθως γίνεται μια καταγραφή των πιο πρόσφατων δεδομένων στην αγορά του ηλεκτρικού αυτοκινήτου παγκοσμίως και αναλύονται οι Διεθνείς τάσεις στην αγορά ηλεκτροκίνητων οχημάτων V2G. Σε επόμενο κεφάλαιο γίνεται περιβαλλοντική προσέγγιση του θέματος στην Ελλάδα αλλά και γενικότερα στην Ευρώπη έτσι ώστε να κατανοήσουμε τα προβλήματα εκείνα που σχετίζονται με τον τρόπο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και επομένως του βαθμού ρύπανσης που προκαλείται από τους ηλεκτροπαραγωγικούς σταθμούς. Ακολούθως συνοψίζονται τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα από την χρήση των ηλεκτρικών οχημάτων ενώ τέλος καταλήγουμε σε κάποια χρήσιμα συμπεράσματα που προκύπτουν από την παρούσα διπλωματική.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Πρόλογος.....	3
Περίληψη.....	4
Κεφάλαιο 1- Ατμοσφαιρική ρύπανση και αναγκαιότητα χρήσης υβριδικών οχημάτων	8
1.1 Ατμοσφαιρική ρύπανση στην Ευρώπη.....	8
1.2 Τα συστατικά των ρύπων των οχημάτων.....	10
1.3 Χρήση υβριδικών οχημάτων.....	11
1.4 Ιστορία των ηλεκτρικών οχημάτων.....	13
1.4.1 Η πρώτη περίοδος: η ακμή.....	13
1.4.2 Η μεταστροφή στα βενζινοκίνητα οχήματα.....	15
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 - Η υβριδική τεχνολογία στην αυτοκίνηση.....	16
2.1 Ορισμός του υβριδικού οχήματος.....	16
2.2 Συνοπτική παρουσίαση των βασικών υβριδικών τεχνολογιών.....	17
2.3 Κατηγοριοποίηση των υβριδικών ηλεκτρικών οχημάτων ανάλογα με το βαθμό υβριδοποίησης.....	18
2.3.1 Μικροϋβριδικά (micro hybrid).....	19
2.3.2 Ήπια υβριδικά (mild hybrid).....	20
2.3.3 Πλήρως υβριδικά (full hybrid).....	20
2.4 Κατηγοριοποίηση των υβριδικών οχημάτων ανάλογα με τη διάταξη του συστήματος πρόωσης.....	21
2.4.1 Σειριακή διάταξη.....	21
2.4.2 Παράλληλη διάταξη.....	22
2.4.3 Σειριακή – παράλληλη διάταξη.....	23
2.4.4 Complex διάταξη.....	23
2.4.5 Ανεξάρτητη διάταξη.....	23
2.4.6 EREVs	24
2.5 Κατηγοριοποίηση των υβριδικών ηλεκτρικών οχημάτων ανάλογα με τον τρόπο ανεφοδιασμού τους.....	25

2.5.1 Υβριδικά οχήματα ανεφοδιαζόμενα από σταθμούς υγρών καυσίμων.....	25
2.5.2 Υβριδικά οχήματα ανεφοδιαζόμενα από το δίκτυο.....	25
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 - Τεχνική Ανάλυση	26
3.1 Εφαρμοσμένη Τεχνολογία.....	26
3.1.1 Ηλεκτρικός Κινητήρας.....	26
3.1.2 Συσσωρευτές.....	32
3.1.2.1 Μοντελοποίηση της χωρητικότητας της μπαταρίας.....	41
3.1.2.2 Σύστημα ανταλλασσόμενης μπαταρίας.....	42
3.1.3 Τρόποι & διατάξεις φόρτισης συσσωρευτών ηλεκτρικών αυτοκινήτων.....	43
3.1.4 Ηλεκτρονικός Μετατροπέας Ισχύος.....	49
3.1.5 Σύστημα μετάδοσης κίνησης.....	49
3.1.5.1 Κιβώτιο διακριτών σχέσεων.....	50
3.1.5.2 Κιβώτιο συνεχούς λόγου μετάδοσης (CVT).....	51
3.1.6 Συλλογή και Διαχείριση Μετρήσεων-Έλεγχος.....	53
3.1.7 Γενική Σχεδίαση Οχήματος.....	54
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 – Αναγκαίες υποδομές, σταθμοί φόρτισης, σύνδεση με ΑΠΕ & ενσωμάτωση σε «ευφυή δίκτυα».....	54
4.1. Υποδομές - Σταθμοί φόρτισης.....	54
4.2. Η V2G (vehicle to grid) διαδικασία.....	63
4.3. Τύποι οχημάτων στα οποία απευθύνεται.....	66
4.4. «Ευφυή δίκτυα».....	67
4.4.1. Έλεγχος: ασύρματη πρόσβαση, προσδιορισμός θέσης, ενσωματωμένος μετρητής.....	69
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 - Ένταξη ηλεκτρικών οχημάτων στο ηλεκτρικό δίκτυο.....	71
5.1. Φάσεις διείσδυσης	71
5.2. Νέα επιχειρηματικά μοντέλα.....	74
5.2.1. Διαχειριστής της φόρτισης των ηλεκτρικών οχημάτων ή Διαχειριστής του σημείου φόρτισης (ΔΣΦ).....	74
5.2.2. Προμηθευτής-Συναθροιστής Ηλεκτρικής Ενέργειας Ηλεκτρικών Οχημάτων.....	74
5.3. Αρχιτεκτονική επικοινωνία.....	75
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 - Αγορά ηλεκτρικών οχημάτων	76
6.1. Παρούσα κατάσταση και προοπτικές.....	76
6.2. Διεθνείς τάσεις στην αγορά ηλεκτροκίνητων οχημάτων V2G.....	78
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7- Περιβαλλοντική προσέγγιση	81
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8- Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της χρήσης ηλεκτρικών αυτοκινήτων.....	85
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	90

Κεφάλαιο 1: Ατμοσφαιρική ρύπανση και αναγκαιότητα χρήσης υβριδικών οχημάτων

1.1 Ατμοσφαιρική ρύπανση στην Ευρώπη

Η ατμοσφαιρική ρύπανση αποτελεί σημαντική απειλή για την υγεία του ανθρώπου και των οικοσυστημάτων κι έγινε αντιληπτή από νωρίς στην Ευρώπη. Μια συνθήκη της Ευρωπαϊκής Οικονομικής Κομισιόν (ECE) για τη διασυνοριακή ατμοσφαιρική ρύπανση σε μεγάλη απόσταση (CLRTAP) υπογράφηκε το 1979 και τέθηκε σε ισχύ το 1983 για τη μείωση των εκπομπών επιβλαβών ουσιών που προκύπτουν από ανθρωπογενείς παράγοντες.

Οι κύριοι τομείς και δραστηριότητες στους οποίους οφείλεται η ατμοσφαιρική ρύπανση στη Δυτική Ευρώπη κατά τις τελευταίες τρεις δεκαετίες είναι η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, οι μεταφορές, η βιομηχανία, η γεωργία και η αποθήκευση και η διανομή των ορυκτών καυσίμων. Στις χώρες της Κεντρικής και Ανατολικής Ευρώπης (ΚΑΕ), η παραγωγή ενέργειας και η βαριά βιομηχανία ήταν ανέκαθεν οι τομείς που συντελούσαν περισσότερο στη ρύπανση της ατμόσφαιρας, ενώ οι μεταφορές ήταν πάντα ιδιαίτερα ζημιογόνες στις μεγάλες πόλεις. Στις αρχές της δεκαετίας του 1990, η οικονομική ύφεση προκάλεσε εμμέσως και τη μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης αλλά ταυτόχρονα παρατηρήθηκε μια απότομη αύξηση της χρήσης των ΙΧ. Αυτή η ραγδαία αύξηση των ΙΧ μετατρέπει τη μεταφορά σε έναν όλο και σημαντικότερο παράγοντα υποβάθμισης της ποιότητας του αέρα.

Οι εκπομπές των περισσότερων βασικών ατμοσφαιρικών ρύπων έχουν μειωθεί σε ολόκληρη την Ευρώπη από τις αρχές της δεκαετίας του 1980. Μέχρι το τέλος του 2000, οι εκπομπές θειούχων ενώσεων είχαν περιοριστεί σε λιγότερο από το ένα τρίτο των επιπέδων του 1980 στη Δυτική Ευρώπη και στα δύο τρίτα των εν λόγω επιπέδων στα κράτη της ΚΑΕ. Μια σημαντική αποκατάσταση της φυσικής ισορροπίας του επιπέδου οξέων του νερού και του εδάφους έχει παρατηρηθεί στην Ευρώπη, κυρίως λόγω των μείωσης των εκπομπών SO₂ (διοξείδιο του θείου), αν και οι εκπομπές εξακολουθούν να έχουν πολύ υψηλές τιμές με κίνδυνο να προκληθούν σοβαρές επιπτώσεις σε ευαίσθητα οικοσυστήματα.

Είναι σαφές ότι η μείωση των εκπομπών έχει συμβεί, τουλάχιστον εν μέρει λόγω των εθνικών και τοπικών μέτρων που έχουν ληφθεί σύμφωνα με οδηγίες της ΕΕ που συνδέονται με τις εκπομπές ρύπων, όπως τις οδηγίες για τον περιορισμό των εκπομπών συγκεκριμένων ρύπων από μεγάλες εργοστασιακές εγκαταστάσεις το 1988 και λόγω διάφορων οδηγιών για τις εκπομπές των οχημάτων, όπως η αλλαγή στην αμόλυβδη βενζίνη και στο πετρέλαιο ντίζελ υψηλότερης ποιότητας αλλά και η βελτίωση του σχεδιασμού της μηχανής εσωτερικής καύσης (ΜΕΚ). Παρά τη σαφή αυτή πρόοδο, πολλοί στόχοι μείωσης της ατμοσφαιρικής ρύπανσης δεν έχουν ακόμη επιτευχθεί.

Ως αποτέλεσμα της εφαρμογής της Σύμβασης της Βιέννης και του πρωτοκόλλου του Μόντρεαλ, η παραγωγή ODS, ουσιών καταστροφικών για το όζον, στη Δυτική Ευρώπη έχει μειωθεί σχεδόν κατά 90%, ενώ η παραγωγή των υδροχλωροφθορανθράκων (HCFC) έχει αυξηθεί [1]. Η πολιτική και οικονομική μετάβαση στην ΚΑΕ έχει καθυστερήσει τη σταδιακή κατάργηση της παραγωγής ODS, αλλά υπάρχει πρόοδος.

Παρά το γεγονός ότι πολλές ευρωπαϊκές χώρες είναι ενθουσιώδεις υποστηρικτές μιας παγκόσμιας συμφωνίας για την αλλαγή του κλίματος, η ήπειρος εξακολουθεί να αποτελεί σημαντική πηγή εκπομπών των ανθρωπογενών εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Οι περισσότερες εκπομπές CO₂ προέρχονται από την καύση ορυκτών καυσίμων [2]. Ο τομέας της ενέργειας (ηλεκτρικής ενέργειας και θέρμανσης),

αποτελεί τον κύριο συντελεστή (32% των εκπομπών CO₂ της ΕΕ), ενώ οι μεταφορές, η καύση και η βαριά βιομηχανία διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο.

Οι εκπομπές αερίων θερμοκηπίου στην ΕΕ μειώθηκαν κατά 2% μεταξύ 1990 και 1998 (EOX 2001a), κυρίως ως αποτέλεσμα της σταθεροποίησης των εκπομπών CO₂ και τη μείωση των εκπομπών N₂O και μεθανίου. Η μείωση αυτή οφείλεται, ως επί το πλείστον στη Γερμανία ως αποτέλεσμα της αύξησης της αποδοτικότητας των νέων σταθμών παραγωγής ενέργειας, της εξοικονόμησης ενέργειας στα νοικοκυριά και τις βιομηχανίες αλλά και της οικονομικής αναδιάρθρωσης στην πρώην Ανατολική Γερμανία και το Ηνωμένο Βασίλειο (μετά από μία στροφή από τον άνθρακα στο φυσικό αέριο). Στη Δυτική Ευρώπη γενικά, υπάρχει μια σαφής αποσύνδεση των εκπομπών από την οικονομική ανάπτυξη και την κατανάλωση ενέργειας, χάρη σε ένα συνδυασμό της αύξησης της ενεργειακής απόδοσης, και των αποτελεσμάτων των πολιτικών και των μέτρων για τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου (ETC / ΑΕ 2000). Ωστόσο, η επίτευξη των στόχων του Κιότο θα εξακολουθεί να είναι δύσκολη.

1.2 Τα συστατικά των ρύπων των οχημάτων

Η ατμοσφαιρική ρύπανση συνδέεται με τον πλήρη κύκλο ζωής των αυτοκινήτων και φορτηγών. Αυτό περιλαμβάνει την ατμοσφαιρική ρύπανση που εκπέμπεται κατά τη διάρκεια λειτουργίας του οχήματος, στον ανεφοδιασμό καυσίμων, την παραγωγική διαδικασία και τη διαδικασία απόσυρσης τους. Οι πρόσθετες εκπομπές συνδέονται με τη διύλιση και τη διανομή των καυσίμων των οχημάτων. Μηχανοκίνητα οχήματα προκαλούν τόσο πρωτοβάθμια όσο και δευτεροβάθμια ρύπανση. Πρωτοβάθμια ρύπανση προκαλείται από εκπομπές ρύπων κατευθείαν στην ατμόσφαιρα. Δευτεροβάθμια ρύπανση δημιουργείται από χημικές αντιδράσεις μεταξύ των ρύπων στην ατμόσφαιρα. Στην συνέχεια παρατίθενται τα σημαντικότερα συστατικά των ρύπων από μηχανοκίνητα οχήματα:

Μικροσωματίδια: Αυτά τα σωματίδια αιθάλης και μετάλλων δίνουν στο νέφος το σκούρο χρώμα του. Λεπτά σωματίδια, με διάμετρο μικρότερη από το ένα δέκατο της διαμέτρου μιας ανθρώπινης τρίχας, αποτελούν τη σοβαρότερη απειλή για την ανθρώπινη υγεία, καθώς μπορούν να διεισδύσουν βαθιά στους πνεύμονες.

Υδρογονάνθρακες (HC): Αυτοί οι ρύποι αντιδρούν με τα οξείδια του αζώτου με την παρουσία ηλιακού φωτός για το σχηματισμό όζοντος, κύριο συστατικό του νέφους. Στο επίπεδο του εδάφους αυτό το αέριο ερεθίζει το αναπνευστικό σύστημα, προκαλώντας βήχα, πνιγμό και μειωμένη χωρητικότητα των πνευμόνων.

Τα οξείδια του αζώτου (NOx): Οι εν λόγω ρύποι μπορεί να προκαλέσουν ερεθισμό στους πνεύμονες και να αποδυναμώσουν την άμυνα του οργανισμού κατά των λοιμώξεων του αναπνευστικού, όπως την πνευμονία και τη γρίπη.

Το μονοξείδιο του άνθρακα (CO): Αυτό το άοσμο, άχρωμο, δηλητηριώδες αέριο σχηματίζεται από την καύση των ορυκτών καυσίμων όπως η βενζίνη και εκπέμπεται κυρίως από τα αυτοκίνητα και φορτηγά.

Διοξείδιο του θείου (SO₂): Οι εγκαταστάσεις παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και τα μηχανοκίνητα οχήματα δημιουργούν αυτό το είδος του ρύπου με την καύση καυσίμων που περιέχουν θείο, ιδίως ντίζελ.

Επικίνδυνοι ατμοσφαιρικοί ρύποι (τοξικές ουσίες). Αυτές οι χημικές ενώσεις, οιοποιές εκπέμπονται από αυτοκίνητα, φορτηγά, διωλιστήρια, αντλίες βενζίνης και σχετικές πηγές, συνδέονται με συγγενείς ανωμαλίες, όπως καρκίνο και άλλες σοβαρές ασθένειες.

Τα αέρια του θερμοκηπίου: Τα οχήματα με μηχανές εσωτερικής καύσης εκπέμπουν ρύπους, όπως διοξείδιο του άνθρακα, που συμβάλουν στην παγκόσμια αλλαγή του κλίματος.

Είναι προφανές ότι είναι επιτακτική η ανάγκη μείωσης των εκπεμπόμενων ρύπων από τα εκατομμύρια οχήματα που κυκλοφορούν σήμερα.

1.3 Χρήση υβριδικών οχημάτων

Οι ειδικές ανάγκες της ηλεκτροκίνησης, καθώς και η καθιέρωση των κινητήρων εσωτερικής καύσης, αποτελούσαν τροχοπέδη στην εξέλιξη του ηλεκτρικού οχήματος, παρότι η γέννηση του προηγήθηκε των οχημάτων εσωτερικής καύσης. Παρόλα αυτά, τα τελευταία χρόνια, παρατηρείται μια αναθέρμανση του ενδιαφέροντος περί της ηλεκτρικής κίνησης στα πλαίσια μιας γενικότερης προσπάθειας ανεύρεσης

εναλλακτικών πηγών ενέργειας για την αντιμετώπιση της αυξημένης ρύπανσης της ατμόσφαιρας, κυρίως στις μεγάλες πόλεις, από την ευρεία χρήση του βενζινοκίνητου αυτοκινήτου. Αυτή η γενική τάση περί τα θέματα περιβαλλοντικών αναγκών σε συνδυασμό με τη μη κορεσμένη περιοχή έρευνας παγκοσμίως σε σχέση με το ηλεκτρικό αυτοκίνητο πόλης και την ταυτόχρονη εξέλιξη αντίστοιχων προγραμμάτων σε εκπαιδευτικά και ερευνητικά ιδρύματα όχι μόνο στην Ελλάδα μα και ανά τον κόσμο, επέβαλλαν την επιλογή αυτού του τύπου οχήματος.

Γίνεται λοιπόν αντιληπτό ότι η ανάγκη για «καθαρότερα» οχήματα είναι επιτακτική. Οι αυτοκινητοβιομηχανίες παράγουν ή παρουσιάζουν τις ιδέες τους για την προώθηση των υβριδικών ή ακόμη και των ηλεκτρικών οχημάτων. Τα υβριδικά οχήματα έχουν να επιδείξουν μία φιλικότερη στάση προς το περιβάλλον. Επιτυγχάνοντας χαμηλότερη κατανάλωση, περιορίζουν τους εκπεμπόμενους ρύπους και δεν επιβαρύνουν όσο τα συμβατικά οχήματα την ατμόσφαιρα με αέρια του θερμοκηπίου. Επιπροσθέτως, μειώνουν τους ρύπους που είναι επιβλαβείς για τον άνθρωπο. Η μειωμένη κατανάλωση περιορίζει το ρυθμό μείωσης των αποθεμάτων του πετρελαίου. Τα σπουδαιότερα οφέλη ενός υβριδικού ηλεκτρικού οχήματος παρουσιάζονται παρακάτω:

Μειωμένο κόστος μετακίνησης: Η μειωμένη κατανάλωση καυσίμου οδηγεί στον περιορισμό των εξόδων του χρήστη κατά τη μετακίνηση του. Αυτό το σημείο είναι ιδιαίτερα σημαντικό μετά την «εκτόξευση» των τιμών των καυσίμων. Η μείωση στην κατανάλωση επιτυγχάνεται με τη χρήση MEK μικρότερου κυβισμού, με τη βελτίωση της απόδοσης των MEK, με τη συμβολή, βεβαίως, του ηλεκτρικού κινητήρα στην κίνηση αλλά και με διάφορες άλλες βελτιώσεις, που αφορούν την αεροδυναμική του αμαξώματος, την τριβή κύλισης των ελαστικών, την κατανάλωση των συστημάτων του αυτοκινήτου (κλιματισμός, πέδηση, σύστημα διεύθυνσης, ψύξης της MEK).

Μειωμένο κόστος συντήρησης: Ο περιορισμός του κυβισμού της MEK συμβάλλει και στην ελάττωση του κόστους συντήρησης του οχήματος. Ταυτόχρονα, ο ηλεκτροκινητήρας δεν απαιτεί καμία συντήρηση εξαιτίας της πολύ απλής κατασκευής του και της στιβαρότητας του.

Περιορισμένος θόρυβος λειτουργίας: Η κίνηση αποκλειστικά μέσω ηλεκτροκινητήρα περιορίζει στο ελάχιστο το θόρυβο που εισέρχεται στην καμπίνα

του οχήματος. Κατ' αυτόν τον τρόπο, η μεταφορά των επιβατών γίνεται πιο ευχάριστη.

Οικονομικές διευκολύνσεις: Οι κυβερνήσεις αρκετών ανεπτυγμένων χωρών έχουν αντιληφθεί τα πλεονεκτήματα της υβριδικής τεχνολογίας και τα οικονομικά οφέλη στα οποία θα τις οδηγήσουν. Ήδη πολλές κυβερνήσεις, μεταξύ αυτών και η Ελληνική, κάνουν λόγο για ανάγκη αλλαγής των κυβερνητικών οχημάτων από άλλα, υβριδικής τεχνολογίας αλλά και για φορολογικές διευκολύνσεις στους κατόχους υβριδικών αυτοκινήτων. Ήδη, στην Αμερική ισχύουν τέτοιου είδους φοροελαφρύνσεις. Στην Ελλάδα οι κάτοχοι υβριδικών οχημάτων δεν πληρώνουν τέλη κυκλοφορίας και ταξινόμησης και επιτρέπεται να κινούνται συνεχώς στον δακτύλιο. Τα μέτρα αυτά όμως κρίνονται από τους περισσότερους ως ανεπαρκή για να ευαισθητοποιήσουν τους πολίτες.

Τα υβριδικά οχήματα αποτελούν το μεταβατικό στάδιο της αυτοκίνησης για το πέρασμα της στην εξ ολοκλήρου ηλεκτρική κίνηση. Μέσω της υβριδικής τεχνολογίας δοκιμάζονται οι τεχνολογίες που θα εφαρμοστούν στα ηλεκτρικά οχήματα. Τα κύρια σημεία που εμποδίζουν προς το παρόν τη σταδιακή αντικατάσταση του παγκοσμίου στόλου των οχημάτων με αμιγώς ηλεκτρικά είναι η εξέλιξη των μέσων αποθήκευσης ενέργειας και ο ανεφοδιασμός των οχημάτων. Σχετικά με τα μέσα αποθήκευσης κρίνεται αναγκαία η βελτίωση τόσο στον τομέα των τεχνικών χαρακτηριστικών όσο και στο θέμα της αξιοπιστίας και της ασφάλειας. Ο ανεφοδιασμός αφορά τον τρόπο παραγωγής της κατάλληλης ποσότητας ηλεκτρικής ενέργειας, που να καλύπτει τις παγκόσμιες ανάγκες, με τον οικονομικότερο και τον οικολογικότερο τρόπο αλλά και τη μελέτη για τη δημιουργία του δικτύου παροχής ενέργειας σε κάθε σημείο του πλανήτη.

1.4 Ιστορία των ηλεκτρικών οχημάτων

1.4.1 Η πρώτη περίοδος: η ακμή

Αν και τα τελευταία χρόνια γίνεται ιδιαίτερος λόγος για τα «νέα» ηλεκτρικά οχήματα ως μια καινούργια τεχνολογία, εντούτοις η εμφάνισή τους τοποθετείται αρκετά πίσω στο χρόνο. Το ηλεκτρικό όχημα και το συμβατικό, μοιράζονται ένα κοινό παρελθόν. Έτσι, τα ηλεκτροκίνητα οχήματα έχουν μια μακρόχρονη

ιστορία που ξεκινά στα μέσα του 19ου αιώνα, ταυτόχρονα περίπου με την εμφάνιση των συμβατικών οχημάτων (οχήματα ατμοκίνητα και οχήματα με Μ.Ε.Κ.). Από τότε μέχρι την εποχή μας τα ηλεκτροκίνητα οχήματα ήταν κυρίως στην αφάνεια μέχρι να αναζοπωρωθεί πρόσφατα το ενδιαφέρον για αυτά, λόγω της κλιματικής αλλαγής και της πετρελαϊκής κρίσης.

Οι πρώτες προσπάθειες για δημιουργία ενός μηχανοκίνητου οχήματος το οποίο να κινείται με ηλεκτρισμό χρονολογούνται τη δεκαετία του 1830 ως εφευρέσεις με καθαρά δοκιμαστικό-πειραματικό χαρακτήρα. Περισσότερο πρακτικά και επιτυχή οχήματα ήταν αυτά που φτιάχτηκαν από τον αμερικανό Thomas Davenport (1834) και από τον σκωτσέζο Robert Davidson περί το 1842. Το 1847 ο αμερικανός Moses Farmer κατασκεύασε ένα όχημα που μπορούσε να μεταφέρει

δύο άτομα. Την ίδια εποχή ο καθηγητής Charles Page έφτιαξε ένα όχημα με 100 συσσωρευτές και κινητήρα 16 ίππων που μετέφερε 12 άτομα με ταχύτητα μέχρι και 19 μίλια/ώρα. Το 1847 οι Lilly και Colton έφτιαξαν ένα ηλεκτρικό όχημα που τροφοδοτούνταν από κεντρικό σταθμό χάρη σε ηλεκτροφόρες ράγες. Το σημαντικότερο πρόβλημα που αντιμετώπιζαν όλες αυτές οι πρώιμες κατασκευές ήταν οι συσσωρευτές με τα μειονεκτήματά τους, όπως τον χαμηλό λόγο ενέργειας προς όγκο και βάρος αλλά κυρίως τη μη δυνατότητα επαναφόρτισης. Το πρόβλημα επαναφόρτισης επιλύθηκε το 1859, όταν ο Γάλλος Gaston Plante ανακάλυψε για πρώτη φορά το στοιχείο Μολύβδου-Οξέως (Pb-Acid) που έχει δυνατότητα επαναφόρτισης. Αρκετά χρόνια αργότερα έκαναν την εμφάνισή τους διάφοροι βελτιωμένοι τύποι συσσωρευτών μεταξύ των οποίων ξεχώρισε ένας συσσωρευτής Νικελίου-Σιδήρου (Ni-Fe). Η κατασκευή του έγινε το 1910 από τον Thomas Edison και ήταν το πιο προηγμένο στοιχείο τεχνολογικά την εποχή εκείνη. Μάλιστα χρησιμοποιήθηκε σε ένα όχημα που κατασκεύασε ο ίδιος ο Edison.

Στη διάρκεια αυτών των δεκαετιών η ανάπτυξη των ηλεκτρικών οχημάτων είναι αρκετά μεγάλη τόσο στην Ευρώπη όσο και στην Αμερική. Οι τεχνικές επιδόσεις μάλιστα των ηλεκτροκίνητων οχημάτων ήταν αρκετά αξιόλογες. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί το όχημα του Βέλγου Camille Jenatzy το οποίο κατά τη δεκαετία του 1890 έσπασε το φράγμα των 100 χλμ/ώρα.

Μέχρι τη δεκαετία του 1920 η αγορά των ηλεκτροκίνητων οχημάτων ανθούσε. Μάλιστα υπάρχουν στοιχεία που δείχνουν το 1890 ο αριθμός των αυτοκινήτων που πουλήθηκαν στην Αμερική ήταν περίπου 4200 εκ των οποίων το 38% ήταν ηλεκτροκίνητα, το 22% βενζινοκίνητα και το 40 % ατμοκίνητα. Ανάμεσα στις διάφορες χρονολογίες επίσης ξεχωρίζει το έτος 1912 το οποίο στις ΗΠΑ ήταν η πιο γόνιμη χρονιά των ηλεκτρικών οχημάτων, αφού 34000 ηλεκτρικά αυτοκίνητα βρίσκονταν σε κυκλοφορία, αρκετά μεγάλος αριθμός για την εποχή. Οι επιδόσεις ταχύτητας που κυμαίνονταν 32 έως 48 χλμ./ώρα ήταν αρκετά ικανοποιητικές.

Βασικό πλεονέκτημα των ηλεκτρικών οχημάτων σε σχέση με τα βενζινοκίνητα και τα ατμοκίνητα ήταν ότι είχαν πολύ πιο εύκολη εκκίνηση, αφού αρκούσε το “κλείσιμο” ενός διακόπτη για να ξεκινήσει απ’ ευθείας. Αντίθετα, τα βενζινοκίνητα οχήματα απαιτούσαν χειροκίνητη εκκίνηση, ενώ τα ατμοκίνητα απαιτούσαν μια προθέρμανση που διαρκούσε περίπου 3 τέταρτα της ώρας. Συνεπώς τα ηλεκτρικά οχήματα είχαν ευρεία απήχηση στις υψηλά κοινωνικές τάξεις και αποτελούσαν οχήματα πολυτελείας.

Επιπλέον, το οδικό δίκτυο διασύνδεσης των πόλεων δεν ήταν κατάλληλο για υπεραστικές μετακινήσεις. Όντας λοιπόν περιορισμένα για αστική χρήση και μόνο, τα ηλεκτρικά οχήματα επικρατούσαν έναντι των άλλων τύπων μέχρι τη δεκαετία του 1920.

1.4.2 Η μεταστροφή στα βενζινοκίνητα οχήματα

Στη δεκαετία του 1920 έγινε μεταστροφή της αγοράς στα βενζινοκίνητα οχήματα στις ΗΠΑ, κυρίως για τους παρακάτω λόγους:

- Η βελτίωση του υπεραστικού οδικού δικτύου αύξησε την ανάγκη για οχήματα μεγάλης αυτονομίας
- Η ανακάλυψη μεγάλων αποθεμάτων πετρελαίου κατέστησε ιδιαίτερα χαμηλό το κόστος των καυσίμων
- Η εφεύρεση του ηλεκτρικού εκκινητή έδωσε τη δυνατότητα στα βενζινοκίνητα οχήματα για εύκολη εκκίνηση

- Η μαζική παραγωγή των βενζινοκίνητων οχημάτων από τον Henry Ford σε αρκετά χαμηλές τιμές, σε αντίθεση με τις τιμές των ηλεκτρικών οχημάτων που συνεχώς αυξάνονταν

Η μεταστροφή αυτή εμφανίστηκε και στην Ευρώπη. Ως αποτέλεσμα, σταδιακά αποσύρθηκαν τα ηλεκτρικά οχήματα. Αυτή η περίοδος της παρακμής των ηλεκτρικών οχημάτων κράτησε περίπου από το 1930 έως το 1990. Στο διάστημα αυτό ελάχιστες προσπάθειες έγιναν στην έρευνα των ηλεκτρικών οχημάτων.

Μάλιστα, η χρήση των ηλεκτρικών οχημάτων έπαψε εντελώς μέχρι το 1960 όπου άρχισε και πάλι να αναζωπυρώνεται το ενδιαφέρον, διότι το πρόβλημα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης από τα αυτοκίνητα στα αστικά κέντρα είχε αρχίσει να γίνεται ορατό, ενώ παράλληλα έπρεπε να αναζητηθούν εναλλακτικές ενεργειακές λύσεις.

Έτσι, διάφορες εταιρίες όπως η General Motors, η Ford και η American Motors, η Fiat, η Mercedes, η VolksWagen, η Nissan, η Toyota κ.α. κατασκεύασαν ηλεκτροκίνητα μοντέλα.

Ανάμεσα στα διάφορα οχήματα που παρουσιάστηκαν μέσα στην περίοδο αυτή αξίζει να αναφερθεί το όχημα GMC Handivan του 1966, με καινοτομικό σύστημα τροφοδοσίας που αποτελούνταν από κυψέλες καυσίμου (fuel cells) υδρογόνου, ωστόσο με αρκετά μειονεκτήματα, όπως μεγάλο βάρος και κόστος, διαρροές υδρογόνου και πολυπλοκότητα κατασκευής.

Παράλληλα με τα αμιγώς ηλεκτρικά οχήματα την εποχή εκείνη παρουσιάστηκαν από πολλές αυτοκινητοβιομηχανίες και ορισμένα υβριδικά οχήματα, με συνδυασμένη χρήση ηλεκτροκινήτηρα και βενζινοκινήτηρα. Τα οχήματα αυτά ως γνωστόν συνδυάζουν πλεονεκτήματα των ηλεκτρικών και των συμβατικών οχημάτων.

Χάρη σε αυτές τις προσπάθειες υπήρξε μια σημαντική εξέλιξη στην τεχνολογική ανάπτυξη αυτών μέχρι να φτάσουμε στην τρίτη χρονολογική περίοδο της εξέλιξης των ηλεκτρικών οχημάτων που επεκτείνεται μέχρι και σήμερα και κατά τη διάρκεια της οποίας το ενδιαφέρον για τη χρήση τους έχει αλλάξει ριζικά εξ' αιτίας της

κλιματικής αλλαγής και της αύξησης της τιμής και εξάντλησης του πετρελαίου. Σήμερα, το ηλεκτρικό όχημα, μετά από πολύ καιρό είναι για άλλη μια φορά στο προσκήνιο, πλέον σαν βιώσιμο μέσον διατήρησης της ποιότητας του αστικού μας περιβάλλοντος.

Κεφάλαιο 2 : Η υβριδική τεχνολογία στην αυτοκίνηση

2.1 Ορισμός του υβριδικού οχήματος

Ένα υβριδικό όχημα χαρακτηρίζεται από τη δυνατότητα του να συνδυάζει για την κίνηση του δύο, τουλάχιστον, πηγές ενέργειας μία συμβατική πηγή ενέργειας και μία εναλλακτική πηγή ενέργειας, η οποία συντελεί σε κάποιο βαθμό στην πρόωση του. Η συμβατική πηγή ενέργειας είναι τα ορυκτά καύσιμα, ενώ η εναλλακτική πηγή ενέργειας μπορεί να λάβει διάφορες μορφές.

2.2 Συνοπτική παρουσίαση των βασικών υβριδικών τεχνολογιών

Το σύστημα πρόωσης στο υβριδικό όχημα ποικίλει ανάμεσα σε διάφορες τεχνολογίες. Η μηχανή εσωτερικής καύσης, η οποία τροφοδοτείται από την καύση των ορυκτών καυσίμων, μπορεί να συνεργάζεται με έναν ηλεκτροκινητήρα, με ένα σφόνδυλο, δηλαδή μία στρεφόμενη μάζα, με έναν κινητήρα - αντλία, ο οποίος αποτελεί τμήμα ενός υδραυλικού συστήματος πρόωσης, ή, τέλος, με έναν ατμοστρόβιλο. Βεβαίως, παρατηρείται συνεχής εξέλιξη με αποτέλεσμα νέα δευτερεύοντα συστήματα πρόωσης ή συνδυασμό των ήδη υπαρχόντων.

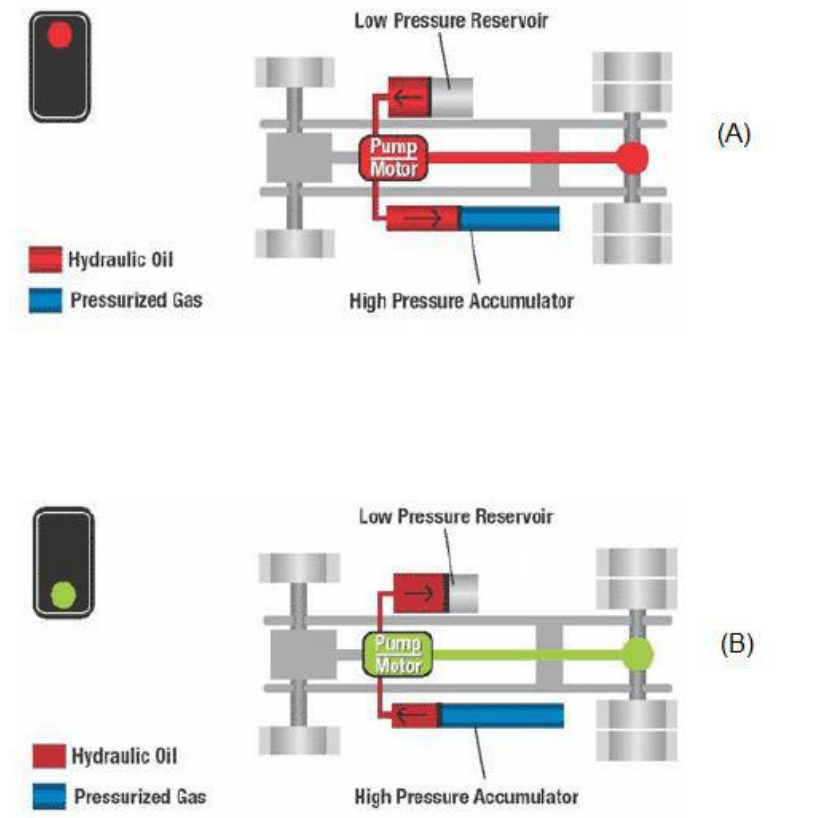
Το συνδυασμό του θερμικού κινητήρα με τον ηλεκτροκινητήρα συναντάμε στο υβριδικό ηλεκτρικό (HEV), το οποίο θα αναλύσουμε παρακάτω. Στην περίπτωση του υβριδικού συστήματος με σφόνδυλο (**Εικόνα 2.2.a**), η κινητική ενέργεια κατά το φρενάρισμα αποθηκεύεται σε αυτόν προσωρινά και προσφέρεται ξανά στο όχημα κατά την επιτάχυνση του. Ιδιαίτερη προσοχή χρειάζεται η ζυγοστάθμιση του σφονδύλου, ώστε να μην υπάρχει κίνδυνος εκτροπής του με δυσάρεστες συνέπειες [3], [4], [5].



Εικόνα 2.2.a.: Σφόνδυλος [5]

Όσο αφορά το θερμικό σύστημα με τον αμοστρόβιλο, γίνεται εκμετάλλευση της θερμικής ενέργειας των καυσαερίων με σκοπό την παραγωγή ατμού. Ο ατμός οδηγείται στον αμοστρόβιλο, ο οποίος με τη σειρά του συντελεί στην κίνηση του οχήματος μέσω ενός κιβωτίου ταχυτήτων.

Τέλος, στο υδραυλικό σύστημα ο κινητήρας – αντλία αναλαμβάνει την κυκλοφορία του λαδιού, του υγρού του συστήματος, ανάμεσα σε δύο δοχεία. Το ένα δοχείο, ουσιαστικά, αποτελεί ένα έμβολο, το οποίο περιέχει ένα αέριο, ενώ το άλλο είναι η αποθήκη του υγρού. Το σύστημα αυτό ανακουφίζει τα φρένα κατά ένα μέρος στην επιβράδυνση (**Εικόνα 2.2.b A**), όταν έχουμε λειτουργία σαν αντλία αλλά και υποβοηθά κατά την επιτάχυνση (**Εικόνα 2.2.b B**), καθώς η αντλία λειτουργεί σαν κινητήρας και κινεί τους τροχούς.



Εικόνα 2.2.b: Υδραυλικό σύστημα [5]

Συναντώνται, ακόμη, μικτά κινητήρια συστήματα, τα οποία συνδυάζουν, τα παραπάνω.

2.3 Κατηγοριοποίηση των υβριδικών ηλεκτρικών οχημάτων ανάλογα με το βαθμό υβριδοποίησης

Τα υβριδικά οχήματα, γενικά, είναι δυνατόν να καταταχθούν σε υποκατηγορίες ανάλογα με το βαθμό υβριδοποίησης τους. Με τον όρο βαθμός υβριδοποίησης εννοούμε το λόγο της ισχύος που προσφέρεται από την εναλλακτική πηγή ενέργειας προς την ισχύ που αποδίδεται από το θερμικό κινητήρα. Στη συγκεκριμένη περίπτωση λόγω ιδιαίτερου ενδιαφέροντος προς τα υβριδικά ηλεκτρικά οχήματα θα αναλύσουμε τις υποκατηγορίες που υπάρχουν σε αυτό το είδος.

2.3.1 Μικροϋβριδικά (micro hybrid)

Σε αυτή την κατηγορία ανήκουν τα οχήματα, τα οποία εφαρμόζουν διάφορες τεχνολογίες για τη μείωση της κατανάλωσης καυσίμου και, συνεπώς, της εκπομπής

ρύπων. Δε διαθέτουν, όμως, ηλεκτρικό κινητήριο σύστημα για την εξ ολοκλήρου ηλεκτρική κίνηση του οχήματος ή έστω την υποβοήθηση του κινητήρα εσωτερικής καύσης. Συμπεραίνουμε ότι τα μικροϋβριδικά διαφέρουν από τον ακριβή ορισμό των υβριδικών οχημάτων, όμως αποτελούν το πεδίο εφαρμογής των τεχνολογιών που χρησιμοποιούνται στα κατεξοχήν υβριδικά. Ως παράδειγμα δίνεται η σειρά 1 της BMW. Πρέπει να διευκρινίσουμε ότι ηλεκτρικό κινητήριο σύστημα στην αυτοκίνηση ονομάζουμε το συνδυασμό ενός ηλεκτρικού κινητήρα, ικανού να συμβάλλει στην κίνηση του οχήματος, με τις μπαταρίες που του παρέχουν την απαραίτητη ενέργεια και με τα ηλεκτρονικά συστήματα, τα οποία διαχειρίζονται αυτήν την ενέργεια. Χαρακτηριστικές τεχνολογίες στα μικροϋβριδικά είναι οι εξής:

- Η τεχνολογία της ανάκτησης ενέργειας κατά την πέδηση (αναγεννησιακή πέδηση – regenerative braking), η οποία επιτυγχάνεται μέσω μιας γεννήτριας που περιστρέφεται κατά το φρενάρισμα. Έτσι, επιστρέφεται ενέργεια, η οποία θα καταναλωνόταν με τη μορφή θερμότητας. Βεβαίως, απαιτούνται κατάλληλοι συσσωρευτές για να αποθηκευθεί το μεγαλύτερο δυνατό ποσό ενέργειας. Η ενέργεια αυτή χρησιμοποιείται σε διάφορα συστήματα του αυτοκινήτου, όπως είναι η ηλεκτρική υποβοήθηση του συστήματος διεύθυνσης ή του συστήματος πέδησης.
- Η ηλεκτροποίηση των υποσυστημάτων του αυτοκινήτου, όπως το σύστημα ψύξης της ΜΕΚ, το σύστημα πέδησης, το σύστημα διεύθυνσης, ώστε να μειωθούν οι απώλειες ισχύος
- Η λειτουργία Start-Stop (idle - off) με την οποία τα υβριδικά οχήματα έχουν τη δυνατότητα να σβήνουν το θερμικό κινητήρα κατά τη στάση και να τον επανεκκινούν όταν ο οδηγός δώσει την εντολή. Αυτό γίνεται μέσω ενός ηλεκτροκινητήρα της τάξεως των 2,5 kW υπό τάση 12 V, ο οποίος αντικαθιστά τα συστήματα της μίζας και του εναλλάκτη των συμβατικών αυτοκινήτων. Η εξοικονόμηση καυσίμου για συνθήκες οδήγησης αστικού περιβάλλοντος, δηλαδή με επαναλαμβανόμενα φρεναρίσματα και εκκινήσεις, είναι 5 με 10%.

2.3.2 Ήπια υβριδικά (mild hybrid)

Τα ήπια υβριδικά είναι πιθανό να υιοθετούν όλες τις προαναφερθείσες τεχνολογίες. Διακρίνονται από την πιο πάνω κατηγορία επειδή διαθέτουν ηλεκτρικό σύστημα πρόωσης, το οποίο δύναται να συμβάλλει στην κίνηση του οχήματος, ακόμη και να

την αναλάβει από μόνο του μέχρι κάποια μικρή ταχύτητα του. Ο ηλεκτρικός κινητήρας, συνήθως, διαθέτει ισχύ της τάξεως των 10 με 20k W υπό τάση 100 με 200 V. Συνδέεται άμεσα με το θερμικό κινητήρα και έχει υψηλό λόγο διαμέτρου προς μήκος ώστε να επιτευχθεί μεγάλη αδράνεια και να αντικαταστήσει το σφόνδυλο των συμβατικών οχημάτων. Η εξοικονόμηση καυσίμου σε οδήγηση μέσα στην πόλη αγγίζει το 20 με 30% με αντίστοιχη αύξηση και στο συνολικό κόστος. Ένα παράδειγμα αυτής της κατηγορίας είναι το HONDA CIVIC IMA.

2.3.3 Πλήρως υβριδικά (full hybrid)

Πρόκειται για τα πιο «ισχυρά» υβριδικά ηλεκτρικά οχήματα, καθώς προσφέρουν όλα τα πλεονεκτήματα των παραπάνω κατηγοριών και, επιπρόσθετα, διαθέτουν ηλεκτρικό κινητήρα με ισχύ που πλησιάζει τα 50 kW υπό τάση 200 V με 300V, για να κινεί από μόνος του το όχημα, και, πιθανόν, ηλεκτρική γεννήτρια. Οι ηλεκτρικές μηχανές μπορεί να συνδέονται με το θερμικό κινητήρα με κάποιο σύστημα κατανομής της ροπής, όπως για παράδειγμα το πλανητικό ή επικυκλικό κιβώτιο. Η κίνηση του οχήματος γίνεται είτε από τον κινητήρα εσωτερικής καύσης είτε από τον ηλεκτρικό κινητήρα είτε και από τους δύο μαζί για αυξημένη ισχύ σε περίπτωση πλήρους επιτάχυνσης. Ο συνδυασμός αυτών των μηχανών μπορεί ακόμη και να κινήσει το όχημα μέσω του θερμικού και του ηλεκτρικού κινητήρα ενώ, ταυτόχρονα, φορτίζονται οι μπαταρίες μέσω της γεννήτριας, η οποία εκμεταλλεύεται μέρος της ισχύος του θερμικού κινητήρα. Κατ' αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνουν υψηλή οικονομία καυσίμου και πολύ «καθαρότερη» μεταφορά των επιβατών συγκριτικά με τα συμβατικά οχήματα, με τυπικές τιμές περίπου 30 - 50% οικονομία καυσίμου, πάντα με αντίστοιχη αύξηση του κόστους ως και 30 - 40%. Ως παράδειγμα μπορούμε να αναφέρουμε το LEXUS RX450h.

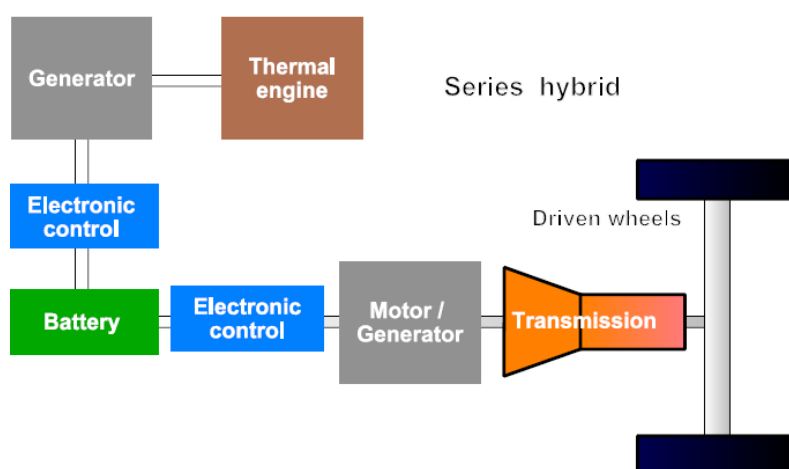
Τόσο στα ήπια υβριδικά όσο και στα πλήρως υβριδικά παρατηρείται η τάση της μείωσης του μεγέθους των μηχανών εσωτερικής καύσης με ευεργετικά αποτελέσματα στην οικονομία καυσίμου. Αυτό οφείλεται στην εξέλιξη των θερμικών κινητήρων και την αύξηση της απόδοσης τους αλλά και στην προσθήκη ενός ηλεκτρικού κινητήρα για την υποβοήθηση του θερμικού.

2.4 Κατηγοριοποίηση των υβριδικών οχημάτων ανάλογα με τη διάταξη του συστήματος πρόωσης

Οι τοπολογίες, οι οποίες χρησιμοποιούνται στα πλήρως υβριδικά οχήματα με σκοπό τη βέλτιστη συνεργασία και απόδοση των δύο πηγών ενέργειας, είναι ποικίλες. Αναλυτικότερα έχουν επικρατήσει οι εξής διατάξεις:

2.4.1 Σειριακή διάταξη

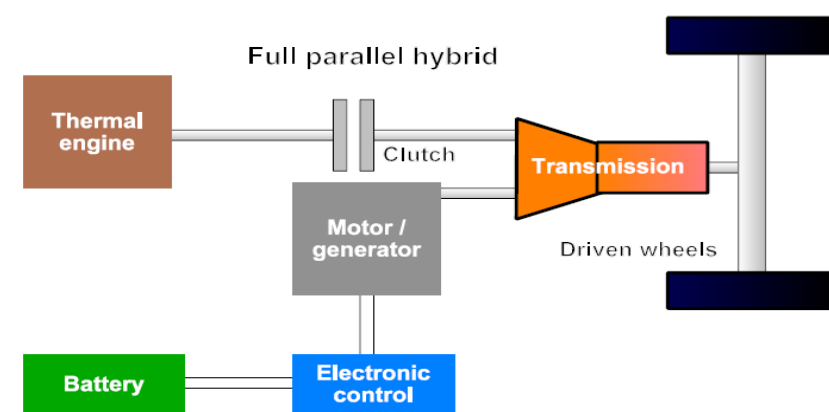
Το βασικότερο σημείο στο είδος αυτό είναι ότι ο ηλεκτροκινητήρας επωμίζεται εξ ολοκλήρου την κίνηση του οχήματος, ενώ ο θερμικός κινητήρας περιορίζεται σε λειτουργία στο πιο αποδοτικό φάσμα στροφών του για να φορτίζει τη γεννήτρια. Η γεννήτρια, με τη σειρά της, φορτίζει τις μπαταρίες από τις οποίες τροφοδοτείται ο ηλεκτρικός κινητήρας. Είναι, λοιπόν, σημαντικό να τονίσουμε ότι ο θερμικός κινητήρας δε συνδέεται με τους τροχούς δίνοντας τη δυνατότητα να μη χρησιμοποιηθεί κιβώτιο ταχυτήτων στο σύστημα, αφού ο ηλεκτροκινητήρας μπορεί να αποδίδει σημαντικές τιμές ροπής σε μεγάλο εύρος στροφών με τον κατάλληλο έλεγχο. Η τοποθέτηση του θερμικού κινητήρα δεν είναι πλέον υποχρεωτικό να γίνει σε συγκεκριμένο σημείο δίνοντας περισσότερες επιλογές από χωροταξική άποψη. Δυστυχώς, είναι αναγκαίο να χρησιμοποιούνται τρεις μηχανές. Επιπλέον, ο συνολικός βαθμός απόδοσης μειώνεται λόγω λειτουργίας σε σειρά των μηχανών αυτών. Η απόδοση είναι βέλτιστη σε μετακινήσεις εντός πόλης, δηλαδή σε μικρές κι όχι απαιτητικές διαδρομές. Θεωρείται δεδομένο για όλες τις διατάξεις ότι προσφέρεται η λειτουργία της ανάκτησης ενέργειας από το φρενάρισμα, μέσω του ηλεκτροκινητήρα ο οποίος λειτουργεί ως γεννήτρια στρεφόμενος από τους τροχούς.



Εικόνα 2.4.1: Σειριακή διάταξη[5]

2.4.2 Παράλληλη διάταξη

Στην παράλληλη διάταξη συμμετέχουν στην κίνηση του οχήματος και τα δύο είδη κινητήρων. Η κίνηση μπορεί να δοθεί μόνο από τον ηλεκτρικό κινητήρα, αποκλειστικά από το θερμικό κινητήρα ή και από τους δύο μαζί. Απαιτείται κιβώτιο ταχυτήτων, εφόσον η ΜΕΚ συνδέεται κι αυτή με τους τροχούς, αλλά και συμπλέκτη που να συνοδεύεται από μία υπολογιστική μονάδα για τον έλεγχο της κατανομής της ισχύος ανά πάσα στιγμή. Όλα αυτά καθιστούν το σύστημα ακριβότερο, βαρύτερο και πολυπλοκότερο. Δεν είναι απαραίτητη η ύπαρξη γεννήτριας και η επιστροφή ενέργειας στους συσσωρευτές γίνεται από τον ηλεκτροκινητήρα είτε κατά την πέδηση, είτε εάν περιστραφεί από το βενζινοκινητήρα, όταν η ισχύς που αποδίδει η ΜΕΚ είναι μεγαλύτερη της απαιτούμενης από το φορτίο. Η αλληλοβοήθεια των δύο μηχανών για την κίνηση επιτρέπει τη μείωση των διαστάσεων τους και, άρα, τη μείωση του κόστους, του βάρους και της κατανάλωσης. Η διάταξη αυτή έχει καλύτερη απόδοση συγκριτικά με τη σειριακή σε μακρινές και πιο απαιτητικές διαδρομές.

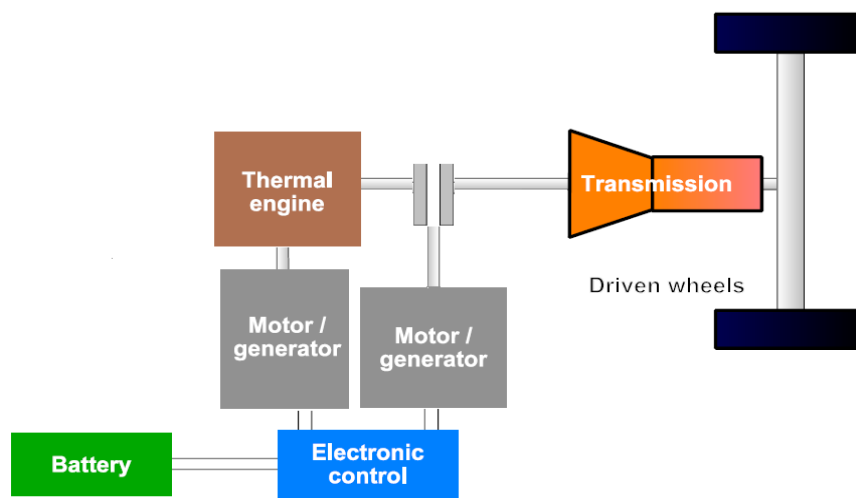


Εικόνα 2.4.2: Παράλληλη διάταξη [5]

2.4.3 Σειριακή – παράλληλη διάταξη

Σε αυτή τη διάταξη παρατηρείται τόσο η ύπαρξη γεννήτριας όσο και η σύνδεση της ΜΕΚ και του ηλεκτρικού κινητήρα με τους τροχούς. Η συνεργασία και των τριών μηχανών επιτάσσει την προσαρμογή πλανητικού κιβωτίου. Αυτή η διάταξη έχει τα πλεονεκτήματα και της σειριακής και της παράλληλης τοπολογίας. Είναι ευρέως διαδεδομένη λύση αν και αρκετά πιο πολύπλοκη και ακριβή. Η κίνηση παρέχεται και από τους δύο κινητήρες ή από καθέναν ξεχωριστά. Ο βενζινοκινητήρας μπορεί να

φορτίζει, απλώς, τις μπαταρίες ή και να συμβάλει συγχρόνως στην κίνηση. Παραδείγματα αποτελούν τα υβριδικά μοντέλα της TOYOTA και της LEXUS.



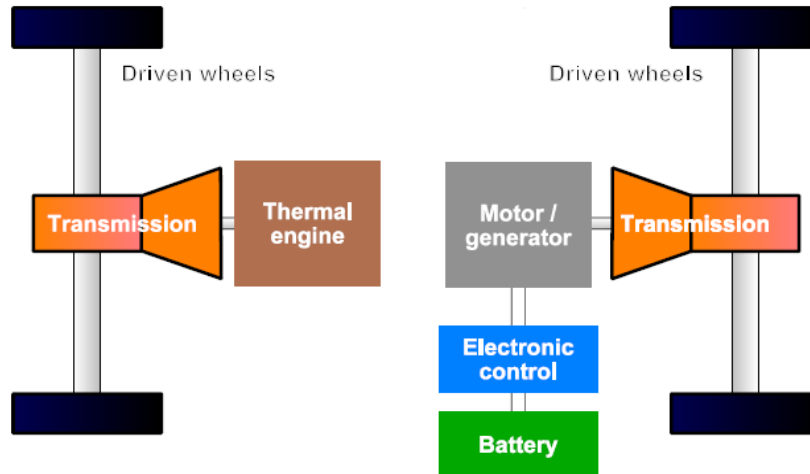
Εικόνα 2.4.3: Τοπολογία για τη σειριακή – παράλληλη και για τη combined διάταξη [5]

2.4.4 Complex διάταξη

Πρόκειται για μία παραλλαγή της σειριακής – παράλληλης διάταξης. Είναι κι αυτή μία πολύπλοκη, ακριβή αλλά αποδοτική λύση. Η μεγάλη διαφορά από τη συγγενή της διάταξη είναι η χρήση της γεννήτριας κι ως κινητήρα όταν υπάρχει ανάγκη για αυξημένη ισχύ. Μπορεί λοιπόν να εφαρμοστεί σε οχήματα που διαθέτουν, για συγκεκριμένες περιπτώσεις, κίνηση και στους δύο άξονες

2.4.5 Ανεξάρτητη διάταξη

Η ανεξάρτητη διάταξη διαθέτει ηλεκτροκινητήρα και ΜΕΚ όπως η παράλληλη διάταξη. Η διαφορά ανάμεσα τους είναι ότι στην ανεξάρτητη τοπολογία οι δύο κινητήρες δεν έχουν καμία σύνδεση μεταξύ τους. Η μηχανή εσωτερικής καύσης κινεί το ένα ζεύγος τροχών και ο ηλεκτροκινητήρας το άλλο. Η σύνδεση μεταξύ τους γίνεται μόνο μέσω του δρόμου. Αυτή η διάταξη μπορεί να βρει εφαρμογή σε τετρακίνητα οχήματα χωρίς να απαιτείται τοποθέτηση άξονα μετάδοσης και διαφορικού, όπως συμβαίνει στα συμβατικά του είδους.



Εικόνα 2.4.5: Ανεξάρτητη διάταξη [5]

2.4.6 EREVs

Μία διάταξη, η οποία προτάθηκε σχετικά πρόσφατα, αποτελείται από έναν βενζινοκινητήρα, έναν ηλεκτρικό κινητήρα και συσσωρευτές. Τα αρχικά EREV σημαίνουν Extended Range Electric Vehicle. Με τη συγκεκριμένη τοπολογία ένα όχημα μπορεί να καλύψει τις, κατά μέσο όρο, καθημερινές ανάγκες του οδηγού αμιγώς ηλεκτρικά. Όμως, σε περίπτωση κατά την οποία εξαντληθούν τα αποθέματα των μπαταριών ενεργοποιείται ο βενζινοκινητήρας και η διαχείριση της ενέργειας γίνεται, πλέον, με τη λογική της σειριακής διάταξης, δίνοντας στο αυτοκίνητο σημαντική αυτονομία. Ο βενζινοκινητήρας κινεί τη γεννήτρια κι αυτή με τη σειρά της φορτίζει τις μπαταρίες. Ο ηλεκτροκινητήρας εκμεταλλεύεται την αποθηκευμένη ενέργεια των μπαταριών για τη μεταφορά του οδηγού. Χαρακτηριστικά παραδείγματα αυτού του είδους της τοπολογίας είναι τα Fisker Karma (Εικόνα 2.4.6a) και Opel Ampera (Εικόνα 2.4.6.b). Το δε πρώτο προσφέρει με καθαρή ηλεκτροκίνηση μία αυτονομία περίπου 80 km, ενώ αν καταναλωθεί η ενέργεια των μπαταριών τίθεται σε λειτουργία ένας υπερτροφοδοτούμενος βενζινοκινητήρας, ο οποίος δίνει τη δυνατότητα στον οδηγό να κινηθεί για ακόμη 483 km. Με την ίδια λογική το δεύτερο αυτοκίνητο έχει αυτονομία 60 km και στη συνέχεια ενεργοποιείται η ΜΕΚ για να προσθέσει 440 km αυτονομίας.



Εικόνα 2.4.6.a: Fisker Karma



Εικόνα 2.4.6.b: Opel Ampera

2.5 Κατηγοριοποίηση των υβριδικών ηλεκτρικών οχημάτων ανάλογα με τον τρόπο ανεφοδιασμού τους

Τα υβριδικά ηλεκτρικά οχήματα μπορούν να διακριθούν ανάλογα με τον τρόπο ανεφοδιασμού τους από εξωτερική πηγή ενέργειας. Είναι πιθανό ένα όχημα να προσφέρεται για ανεφοδιασμό και με τους δύο τρόπους που θα αναφέρουμε.

2.5.1 Υβριδικά οχήματα ανεφοδιαζόμενα από σταθμούς υγρών καυσίμων

Τα οχήματα αυτά ανεφοδιάζονται μόνο από σταθμούς υγρών καυσίμων και αποτελούν την πλειοψηφία των υβριδικών οχημάτων.

2.5.2 Υβριδικά οχήματα ανεφοδιαζόμενα από το δίκτυο

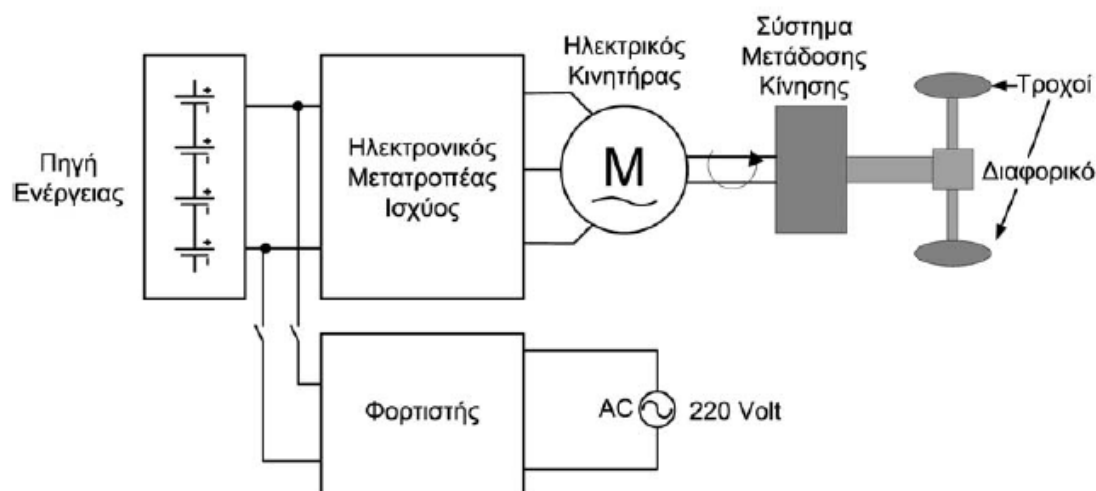
Τα οχήματα αυτά ανεφοδιάζονται και από το δίκτυο χαμηλής τάσης. Βασική προϋπόθεση είναι ένας φορτιστής κατάλληλος για τέτοιου είδους φόρτιση. Τέτοια

μοντέλα είναι γνωστά με το όνομα PHEV (Plug-in HEV) και ήδη παρουσιάζονται από διάφορες εταιρίες, όπως η GENERAL MOTORS. Μία περαιτέρω διάκριση μπορεί να γίνει στα PHEV με βάση την αυτονομία τους αν κινηθούν αμιγώς ηλεκτρικά. Η αυτονομία τους δηλώνεται με τον αριθμό των χιλιομέτρων που μπορούν να διανύσουν. Για παράδειγμα ένα PHEV30 μπορεί να διανύσει ηλεκτρικά 30 χιλιόμετρα. Η αυτονομία τους αγγίζει με βάση τα σημερινά δεδομένα τα 60 χιλιόμετρα, ενώ αυξάνεται συνεχώς χρησιμοποιώντας ολοένα και αποδοτικότερες μπαταρίες.

Κεφάλαιο 3 : Τεχνική Ανάλυση

3.1 Εφαρμοσμένη Τεχνολογία

Ένα ηλεκτροκίνητο όχημα διαφέρει σημαντικά από ένα αντίστοιχο συμβατικό όσον αφορά τη δομή του κινητήριου συστήματος. Θα μπορούσαμε να διακρίνουμε τις παρακάτω επιμέρους κατηγορίες στη δομή ενός ηλεκτρικού αυτοκινήτου: ηλεκτρικός κινητήρας, συσσωρευτές, φορτιστές, ηλεκτρονικοί μετατροπείς ισχύος, σύστημα μετάδοσης κίνησης, συλλογή και διαχείριση μετρήσεων-έλεγχος, γενική σχεδίαση του οχήματος [6]. Καθένα από τα μέρη αυτά θα αναλυθεί με συντομία παρακάτω.



Εικόνα 3.1: Γενικό διάγραμμα ηλεκτροκίνητου οχήματος

3.1.1 Ηλεκτρικός Κινητήρας

Οι ηλεκτρικοί κινητήρες που προορίζονται για ηλεκτρικά αυτοκίνητα διαφέρουν από τους αντίστοιχους βιομηχανικών εφαρμογών κυρίως λόγω των διαφορετικών

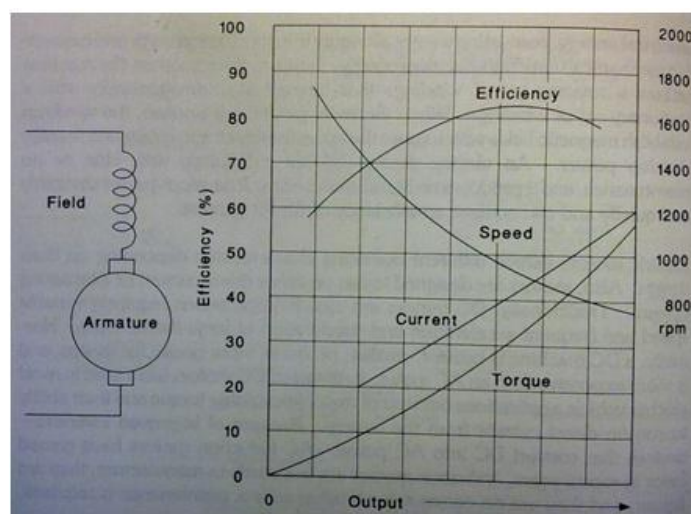
απαιτήσεων που έχουμε από αυτούς κατά την παραγωγή έργου. Οι πρωταρχικές προϋποθέσεις που καλείται να καλύψει ο κινητήρας του οχήματος είναι ποικίλες. Αρχικά, απαιτείται η ονομαστική ισχύς του, η ονομαστική ροπή του, ο ονομαστικός αριθμός στροφών του, η χαρακτηριστική ροπής-ταχύτητας και γενικότερα τα τεχνικά χαρακτηριστικά του να τον καθιστούν ικανό να κινεί ικανοποιητικά το αμάξωμα στο οποίο προσαρμόζεται και να ανταποκρίνεται στη μέγιστη ροπή του φορτίου. Πρέπει, λοιπόν, να επιλεγεί μία μηχανή με τη σωστή ισχύ, αφού σε περίπτωση που προτιμηθεί μικρότερη ισχύς, θα προβούμε σε υπερφόρτιση του κινητήρα, διατρέχοντας τον κίνδυνο να προκαλέσουμε βλάβη. Σε περίπτωση, πάλι, που διαλέξουμε μεγαλύτερη ισχύ από την απαιτούμενη θα τον λειτουργούμε με χαμηλό συντελεστή απόδοσης, λύση διόλου οικονομική. Επιπλέον, κρίνεται αναγκαίο οι διαστάσεις του και η μάζα του να έχουν όσο το δυνατόν μικρότερες τιμές, ώστε να είναι εύκολη η εγκατάσταση του και να μην επιβαρύνεται το όχημα μας με πρόσθετη μάζα. Δεν πρέπει, όμως, να αγνοήσουμε και τον τρόπο ψύξης του, ζωτικής σημασίας για την ασφαλή λειτουργία του και τη βέλτιστη απόδοση του. Είναι σημαντικό στην επιλογή μας να λάβουμε υπόψη την ευκολία ρύθμισης των στροφών του κινητήρα μας, ώστε να προχωρήσουμε στην κατασκευή του μετατροπέα μέσω του οποίου θα τον ελέγχουμε. Αυτό εξαρτάται από το είδος του.

Μέχρι πριν λίγα χρόνια οι κινητήρες συνεχούς ρεύματος και διέγερσης σειράς αποτέλεσαν και αποτελούν μια καλή λύση. Τα θετικά τους σημεία είναι ότι υπάρχουν πολλοί προμηθευτές, δουλεύουν καλά, είναι πολύ εύκολος ο έλεγχός τους, έχουν μικρό μέγεθος, και μπορούν να προσαρμοστούν εύκολα σε οποιοδήποτε όχημα. Από την άλλη είναι βαρύτεροι και πιο ακριβοί από τους AC κινητήρες. Χρησιμοποιούνται κυρίως κινητήρες DC, σειράς, διακλάδωσης και μόνιμου μαγνήτη, ανάλογα με τη μορφή της διέγερσης [6].

DC κινητήρας σειράς

Πρόκειται για τον περισσότερο χρησιμοποιούμενο κινητήρα για EDV. Το τύλιγμα πεδίου συνδέεται σε σειρά με το τύμπανο. Ο κινητήρας σειράς αναπτύσσει υψηλή ροπή επιβράδυνσης. Για δεδομένο επίπεδο τάσης, η ροπή και η ταχύτητα προκύπτουν μεγέθη αντιστρόφως ανάλογα και η ισχύς προκύπτει σταθερή. Για αυτό ο κινητήρας σειράς αναφέρεται και ως κινητήρας σταθερής ισχύος και επικρατεί σε εφαρμογές που απαιτούν υψηλή ροπή επιβράδυνσης και ευρύ φάσμα ροπών. Δεν έχει κάποιο περιορισμό στην ταχύτητα που μπορεί να αναπτύξει, ενώ απουσία φορτίου συνεχίζει

να επιταχύνει έως ότου φέρουν εμπόδιο αντισταθμίσει τη ροπή επιτάχυνσης ή αλλιώς μέχρι την καταστροφή του [7].



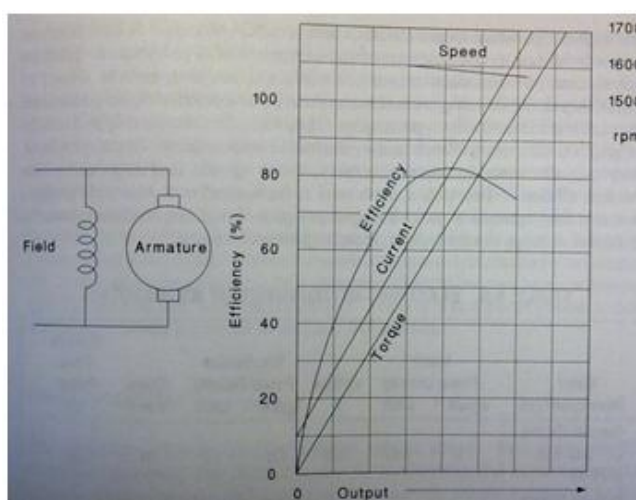
Εικόνα 3.1.1.a: DC κινητήρας σειράς

Μηχανή DC Διακλάδωσης

Η μηχανή διακλάδωσης έχει τυλίγματα πεδίου που συνδέονται παράλληλα με το τύμπανο. Ο κινητήρας είναι απαραίτητα μηχανή σταθερής ταχύτητας, μα μεταβλητής ισχύος εξόδου. Όταν συνδεθεί φορτίο, αποδίδεται ισχύς υπό ελαφρώς χαμηλότερα ΣΑΛ και το ρεύμα αυξάνει κατ' αναλογία με το φορτίο. Σε αντίθεση με τον κινητήρα σειράς, ο εν λόγω κινητήρας αναπτύσσει μικρή ροπή εκκίνησης. Για εφαρμογές που απαιτούν μεγαλύτερη ροπή επιβράδυνσης, ο κινητήρας εφοδιάζεται με τυλίγματα σειράς. Κάθε τέτοιος κινητήρας καλείται σύνθετος κινητήρας.

Στην περίπτωση τόσο του σύνθετου, όσο και του κινητήρα διακλάδωσης, το πεδίο μπορεί να διεγερθεί ανεξάρτητα, ώστε να είναι πιο εύκολος ο έλεγχος του πεδίου και του τυμπάνου. Η σχέση ανάμεσα στο ρεύμα πεδίου και το ρεύμα τυμπάνου καθορίζει την ισχύ βάσης. Όσο αυξάνουμε την τάση του πεδίου ή όσο μειώνουμε την τάση του τυμπάνου, επιτυγχάνουμε αύξηση της βασικής ισχύος. Όταν ο κινητήρας δουλεύει σε χαμηλότερη ισχύ από τη βασική, η ισχύς και το ρεύμα αυξάνονται και ο δρομέας επιταχύνει. Όταν η ταχύτητα του κινητήρα είναι αρκετά μεγαλύτερη από τη βασική ταχύτητα, η αντιηλεκτρομαγνητική δύναμη αντιστρέφει τη ροή του ρεύματος, μέχρι η ταχύτητα του δρομέα να φτάσει τη βασική.

Ο έλεγχος της ταχύτητας του δρομέα γίνεται ευκόλως μέσω του ελέγχου του ρεύματος πεδίου. Ανάλογα με τη σχεδίαση της μηχανής, 3 προς 1 αναλογία ταχύτητας ρεύματος μπορεί να επιτευχθεί με τον έλεγχο του ρεύματος πεδίου. Όμως, με την εξασθένιση του πεδίου, μειώνεται σημαντικά η αποδοτικότητα του δρομέα. Σε εφαρμογές EDV συνήθως ο κινητήρας διακλάδωσης εφοδιάζεται με ανεξάρτητο έλεγχο, τόσο του πεδίου όσο και του τυμπάνου., που συμβάλλουν στο βέλτιστο έλεγχο του κινητήριου μέρους για ένα ευρύ φάσμα ταχυτήτων.



Εικόνα 3.1.1.b: Κινητήρας DC διακλάδωσης

Κινητήρας DC μόνιμου μαγνήτη

Η κατηγορία αυτή κινητήρων, που συναντάμε σε εφαρμογές στην αυτοκινητοβιομηχανία, αποτελούν τις προτιμότερες λύσεις σήμερα.

Οι σύγχρονοι κινητήρες διαθέτουν στο στάτη τριφασικό τύλιγμα, το οποίο τροφοδοτείται με τριφασικό σύστημα τάσεων. Στον δρομέα αντί τυλιγμάτων πεδίου, χρησιμοποιούμε μόνιμους μαγνήτες. Παρουσιάζει έτσι καλύτερη απόδοση του κινητήριου μέρους, όμως έχει λιγότερες δυνατότητες ελέγχου.

Οι μόνιμοι μαγνήτες χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές μικρής ισχύος (μέχρι κάποια kW). Ο δρομέας μπορεί να λάβει δύο μορφές, κυλινδρικός ή με έκτυπους πόλους. Ο κυλινδρικός δρομέας έχει ομοιόμορφο σχήμα, συνεπώς η μαγνητική διαπερατότητα του είναι σταθερή. Αντιθέτως, ο δρομέας με έκτυπους πόλους εξαιτίας της διαφορετικής μαγνητικής διαπερατότητας του, χωρίζεται σε δύο νοητούς, κάθετους μεταξύ τους άξονες, τους d και q για να διευκολυνθεί η μελέτη του μαγνητικού πεδίου στο εσωτερικό της μηχανής. Ο d διατρέχει όλον το δρομέα κατά το μήκος του,

ενώ ο q τον «κόβει» εγκάρσια στο μέσον του. Με βάση αυτούς τους άξονες καταστρώνεται η μαθηματική ανάλυση του μοντέλου. Στο εσωτερικό της μηχανής παράγεται λόγω του στάτη στρεφόμενο μαγνητικό πεδίο. Προϋπόθεση για να δημιουργηθεί τέτοιου είδους πεδίο είναι η τοποθέτηση των τυλιγμάτων του στάτη με 1200 διαφορά μεταξύ τους στο χώρο. Το πεδίο στάτη ασκεί δύναμη στους μαγνήτες του δρομέα. Το πεδίο, όμως, του στάτη περιστρέφεται συνεχώς και, συνεπώς, το πεδίο του δρομέα, άρα και ο δρομέας προσπαθεί να το ακολουθήσει και να συγχρονιστεί μαζί του, όπως, ακριβώς, τείνουν να ευθυγραμμιστούν δύο μαγνητικές ράβδοι. Ο κινητήρας οφείλει το όνομα του στο γεγονός ότι ο δρομέας περιστρέφεται στο σύγχρονο αριθμό στροφών, δηλαδή σε ταχύτητα ίση με τη συχνότητα περιστροφής του μαγνητικού πεδίου (συχνότητα του δικτύου). Καθώς αυξάνεται η γωνία μεταξύ του πεδίου του στάτη και του πεδίου του δρομέα, αυξάνεται και η ροπή που ασκείται στο δρομέα από το μαγνητικό πεδίο. Ο έλεγχος των στροφών της μηχανής πραγματοποιείται με αλλαγή της συχνότητας τροφοδοσίας.

Η εξέλιξη όμως στην τεχνολογία των ηλεκτρονικών ισχύος, κατέστησε και τους AC κινητήρες, επαγωγής και σύγχρονους, κατάλληλους για χρήση στο ηλεκτροκίνητο όχημα πόλης. Πρόκειται για κινητήρες που σε σχέση με τους αντίστοιχους συνεχούς ρεύματος, παρουσιάζουν αρκετά πλεονεκτήματα όπως:

- Έχουν μικρότερο κόστος
- Αποτελούν πιο στιβαρές κατασκευές
- Δεν απαιτούν ψήκτρες και συλλέκτες
- Έχουν μειωμένες απαιτήσεις σε συντήρηση
- Είναι πιο αξιόπιστοι
- Μπορούν να λειτουργούν σε βρώμικο και εκρηκτικό περιβάλλον
- Έχουν μεγαλύτερη απόδοση
- Έχουν μικρότερη αδράνεια

Τεχνικά χαρακτηριστικά κινητήρων εναλλασσόμενου ρεύματος

Ελλείψει συλλέκτη, οι AC κινητήρες επαγωγής, μπορούν να λειτουργήσουν ή και να υπερβούν τα 10.000 ΣΑΛ. Αναφορικά με την ψύξη τους, μπορεί να είναι είτε αερόψυκτοι είτε υδρόψυκτοι, ενώ παρέχουν πολλές ευκολίες σε ό,τι αφορά τη συσκευασία τους. Σχετικά με τη διαστασιολόγησή τους, μπορούν να διαφέρουν

σημαντικά ως προς το λόγο του μήκους ως προς τη διάμετρο, χωρίς σημαντικές επιπτώσεις στη λειτουργία τους. Σε ακραίες υλοποιήσεις, δρομείς πολύ μεγάλου μήκους είναι ασταθείς σε χαμηλές ταχύτητες, ενώ δρομείς μικρού μήκους είναι λιγότερο αποδοτικοί.

Οι διπολικοί κινητήρες παρουσιάζουν καλύτερα χαρακτηριστικά έναντι των τετραπολικών, καθώς επιτυγχάνουν διπλάσια ΣΑΛ γι κάθε επίπεδο συχνότητας.

Σε σχέση με τους DC κινητήρες ο έλεγχος είναι λιγότερο εύκολος. Όμως οι inverters συχνά περιέχουν στοιχεία κυκλωματικά που μπορούν να διευκολύνουν τη φόρτιση, μειώνοντας έτσι το απαιτούμενο hardware και συγκρατώντας έτσι το αυξημένο κόστος.

Ένα άλλο τρωτό σημείο των μηχανών εναλλασσομένου ρεύματος στα πλαίσια της χρήσης τους σε EDV εφαρμογές, έχει να κάνει με το γεγονός πως προκειμένου να μειωθούν οι απώλειες των ηλεκτρονικών ισχύος, επιθυμούμε υψηλά επίπεδα τάσης και χαμηλό ρεύμα. Όμως για την παραγωγή υψηλής τάσης απαιτούνται μεγαλύτερες συστοιχίες συσσωρευτών γεγονός που αυξάνει σημαντικά τόσο το κόστος, όσο και το βάρος.

Επίσης πρέπει να αναφέρουμε πως αυτή τη στιγμή τόσο οι DC κινητήρες, όσο και οι AC κινητήρες αποτελούν καλές επιλογές. Περαιτέρω όμως ανάπτυξη στα ηλεκτρονικά ισχύος θα συμβάλλει στην κυριαρχία των δευτέρων έναντι των πρώτων.

Στον πίνακα που ακολουθεί βλέπουμε μια συγκριτική αξιολόγηση κινητήρων που έχουν χρησιμοποιηθεί μέχρι στιγμής, διαφόρων τύπων, για εφαρμογές σε ηλεκτροκίνητα οχήματα [7].

Motor Developer/Type	Motor Power Density		Voltage V	Electronics Power Density		Trans. Y or N	System Peak Power kW
	kg/kW ⁽¹⁾	L/kW		kg/kW ⁽¹⁾	L/kW		
General Electric DC Sep. Exc. (ETV-1)	3.0	0.97	108	1.5	1.7	N	30
General Electric AC Induction (ETX-1)	1.2	0.13	192	1.3	1.4	Y	40
General Electric AC PM Sychr. (ETX-II)	0.98	0.15	192	0.69	0.91	Y	52
General Electric AC Induction (MEVP)	0.60	0.14	340	0.55	0.45	N	56
Cocconi Eng. AC Induction (Impact)	0.5	0.17	320	0.35	0.66 ⁽²⁾	N	90-100
Pentastar DC Sep Exc. (TEVan)	1.5	0.45	176	0.80	1.8 ⁽²⁾	Y	50

(1) All specific power and volume values based on maximum motor power.
(2) Includes DC-DC converter and battery charger.
Source: Ref. [16]

Εικόνα 3.1.1.c: Τεχνικά χαρακτηριστικά κινητήρων AC

3.1.2 Συσσωρευτές

Η «Πηγή Ηλεκτρικής Ενέργειας» στο σχήμα 3.1 είναι το τμήμα που τροφοδοτεί με ενέργεια το υπόλοιπο σύστημα. Το τμήμα αυτό λειτουργεί είτε ως πηγή είτε ως αποθήκη ηλεκτρικής ενέργειας είτε ως συνδυασμός και των δύο. Για την αποθήκευση ενέργειας χρησιμοποιούνται συσσωρευτές, ενώ η φόρτισή τους συνήθως γίνεται με ηλεκτρονικούς μετατροπείς Ε.Τ./Σ.Τ.

Οι συσσωρευτές, γνωστοί στους περισσότερους με τον κοινό όρο «μπαταρίες», είναι οι ηλεκτροχημικές εκείνες διατάξεις που μετατρέπουν τη χημική ενέργεια σε ηλεκτρική ενέργεια κατά την εκφόρτισή τους και το αντίστροφο κατά τη φόρτισή τους. Οι συσσωρευτές μπορεί να φορτίζονται από διάφορες διατάξεις και με διάφορους τρόπους. Αποτελείται από ηλεκτρικά στοιχεία κατάλληλα συνδεδεμένα μεταξύ τους, τα οποία είναι γνωστά ως cells. Το κάθε cell αποτελείται από ένα θετικό και ένα αρνητικό ηλεκτρόδιο, καθώς και από τον ηλεκτρολύτη, ο οποίος τοποθετείται ανάμεσα τους. Η φύση του ηλεκτρολύτη ποικίλει (στερεά, υγρή, αέρια). Ουσιαστικά, η μπαταρία αποθηκεύει χημική ενέργεια την οποία προσφέρει με τη μορφή ηλεκτρικής ενέργειας στο ηλεκτρικό κύκλωμα. Η παραγωγή του ηλεκτρικού

ρεύματος πραγματοποιείται από τη χημική αντίδραση που συμβαίνει μεταξύ των ηλεκτροδίων και του ηλεκτρολύτη. Οι συντελεστές της χημικής αντίδρασης διαφέρουν σε κάθε τύπο μπαταρίας. Η αντιστρεπτή διαδικασία της μετατροπής χημικής σε ηλεκτρική ενέργεια συναντάται σχεδόν σε όλους τους τύπους μπαταριών. Η πειραματική εξέλιξη αυτού του αποθηκευτικού μέσου είναι διαρκής, για να επιτευχθεί η ικανοποιητικότερη δυνατή εφαρμογή του στα μέσα μεταφοράς.



Εικόνα 3.1.2.a: Τοποθέτηση συσσωρευτή σε όχημα

Από τα πρώτα χρόνια της εμφάνισης των ηλεκτρικών οχημάτων έχουν δοκιμαστεί διάφοροι τύποι συσσωρευτών. Τα μειονεκτήματά τους, που υφίσταται μέχρι και σήμερα, είναι ο χαμηλός λόγος ενέργειας προς βάρος και ο μεγάλος χρόνος φόρτισής τους. Παρόλα αυτά τα τελευταία χρόνια έχουν σημειωθεί σημαντικές βελτιώσεις με την εμφάνιση νέων τύπων συσσωρευτών.

Ειδικότερα για το ηλεκτροκίνητο όχημα η επιλογή του συσσωρευτή είναι ένα θέμα πολύ βασικό, ωστόσο δύσκολο να απαντηθεί εύκολα και κατηγορηματικά, καθώς τα κριτήρια επιλογής είναι συχνά αλληλοσυγκρουόμενα. Ο ιδανικός συσσωρευτής ενός ηλεκτρικού αυτοκινήτου πρέπει να παρουσιάζει όσο το δυνατόν υψηλότερη πυκνότητα ενέργειας και ισχύος. Τα δύο αυτά μεγέθη είναι συνήθως αντιστρόφως ανάλογα, οπότε επιλέγεται συνήθως κάποιος ικανοποιητικός συμβιβασμός. Αναφορικά με τα υλικά κατασκευής των συσσωρευτών αναζητούμε αυτά που υπάρχουν σε αφθονία, είναι φθηνά, έχουν μελετηθεί σε ικανοποιητικό βαθμό και επιπλέον ανακυκλώσιμα ή έστω η εναπόθεση τους στο περιβάλλον να μη δημιουργεί πρόβλημα.

Η συντήρηση και ο χρόνος επαναφόρτισης πρέπει να είναι όσο το δυνατόν πιο μικροί, ενώ η διάρκεια ζωής μεγάλη με την ελπίδα να είναι ίση με τη διάρκεια ζωής του

οχήματος. Δυστυχώς όμως, οι χημικές αντιδράσεις που παράγουν ρεύμα φθείρουν παράλληλα το υλικό της μπαταρίας. Επιπλέον μας ενδιαφέρει η μπαταρία μας να μην υφίσταται υψηλό βαθμό αυτοεκφόρτισης, δεδομένου πως ένα όχημα μπορεί να παραμείνει σταθμευμένο για μεγάλο χρονικό διάστημα και υπάρχει η απαίτηση να είναι σε θέση να εκκινήσει ανά πάσα χρονική στιγμή.

Ακόμα, βασικά κριτήρια είναι το χαμηλό κόστος, το μικρό βάρος και να μην εμφανίζουν το φαινόμενο μνήμης. Το φαινόμενο μνήμης ήταν ένα από τα προβλήματα των συσσωρευτών Νικελίου-Καδμίου (NiCd). Κατά το φαινόμενο αυτό η διαθέσιμη ποσότητα ενέργειας μειώνεται σε κάθε φόρτιση, όταν η μπαταρία δεν είναι εντελώς άδεια.

Στον πίνακα που ακολουθεί, δίνεται ενδεικτικά μια εικόνα των προδιαγραφών που πρέπει να πληροί μια μπαταρία για χρήση σε ηλεκτρικό όχημα.

	Mid-Term	Long-Term
Power Density (W/L)	250	600
Specific Power (W/kg) (80% DOD*/30 s)	150 (200 desired)	400
Energy Density (W-h/L) (C/3 discharge rate)	135	300
Specific Energy (W-h/kg) (C/3 discharge rate)	80 (100 desired)	200
Life (years)	5	10
Cycle Life (cycles) (80% DOD*)	600	1000
Power and Capacity Degradation (% of rate spec.)	20	20
Ultimate Price (\$/kW-h) (10,000 units @ 40 kW-h)	<\$150	<\$100
Operating Environment	30 to 65°C	40 to 85°C
Recharge Time (h)	<6	3-6
Continuous Discharge in 1 h (% of rated energy capacity) (no failure)	75	75

* Depth of Discharge

Εικόνα 3.1.2.b: Προδιαγραφές μπαταριών για χρήση σε ηλεκτρικό όχημα

Μπορούμε να χωρίσουμε τους συσσωρευτές σε τρεις διακριτές κατηγορίες :

- **Υδατοειδείς (aqueous systems):** εδώ ανήκουν οι μπαταρίες μολύβδου/οξέος, νικελίου σε διάφορους συνδυασμούς και οι μπαταρίες ροής με κυρίαρχες αυτές του ψευδαργύρου/βρωμίου .
- **Περιρρέουσας θερμοκρασίας Λιθίου (ambient-temperature lithium systems):** σημαντικότερο προσόν τους είναι το μικρό τους βάρος και η υψηλή τάση κελιού που δύνανται να αναπτύξουν. Την ίδια στιγμή όμως πρόκειται για μπαταρίες μεγάλου κόστους και ταχείας φθοράς του θετικού ηλεκτροδίου.

- **Υψηλής θερμοκρασίας (high temperature systems):** εδώ συγκαταλέγονται μπαταρίες λιθίου / θειικού άλατος, νάτριου/ χλωριδίου μετάλλου και νάτριου/θείου. Πρόκειται για μπαταρίες υψηλής ενεργειακής αποδοτικότητας, μόνο που η υψηλή θερμοκρασία για τη λειτουργία τους σε συνδυασμό με τα απαιτούμενα διαβρωτικά τους διαλύματα δημιουργούν τεχνικές δυσκολίες και εγείρουν θέματα ασφάλειας.

Η επιστημονική έρευνα πάνω στους συσσωρευτές είναι διαρκής και η τεχνολογία τους αναπτύσσεται ταχύτατα, ενώ και το επίπεδο ωρίμανσης της κάθε τεχνολογίας αλλάζει συνεχώς. Επιπλέον, τα τεχνικά γνωρίσματα της μπαταρίας είναι μεταβαλλόμενα κατά το χρόνο ζωής της, αφού η απόδοση μεταβάλλεται σημαντικά με το χρόνο και τη χρήση (φαινόμενο της μνήμης φόρτισης).

Στον επόμενο πίνακα παρουσιάζεται μια σύγκριση των διαφόρων τεχνολογιών συσσωρευτών που έχουν χρησιμοποιηθεί για χρήση σε ηλεκτρικά οχήματα, υπό τις ίδιες συνθήκες φόρτισης.

TABLE 5.7. BATTERY SYSTEM COMPARISON

Battery Type	Energy Density W-h/kg	Power Density W/kg	Cycle Life	Recycle % of Materials	Energy Efficiency
Lead/Acid	40	130	750	97%	65%
Aluminum/Air	200	150		75%	35%
Lithium/Iron Disulfide	>130	>120	1000	50%	
Lithium/Polymer	100	100	400	50%	
Nickel/Cadmium	56	200	2000	99%	65%
Nickel/Iron	55	130	1500	99%	60%
Nickel/Metal-Hydride	80	200	1000	100%	90%
Nickel/Zinc	80	150	200		65%
Sodium/Sulfur	100	120	500	50%	85%
Vanadium Redox	50	110	400	100%	89%
Zinc/Air	120	120	135	75%	60%
Zinc/Bromine	70	100	500		65%

Εικόνα 3.1.2.c: Σύγκριση τεχνολογιών συσσωρευτών ηλεκτρικών οχημάτων

Από τους παραπάνω συσσωρευτές, έχουν χρησιμοποιηθεί αρχικά και σε μεγάλη κλίμακα οι συσσωρευτές Μολύβδου/Οξέος, καθώς αποτελούν δοκιμασμένη τεχνολογία ήδη από το 1859.

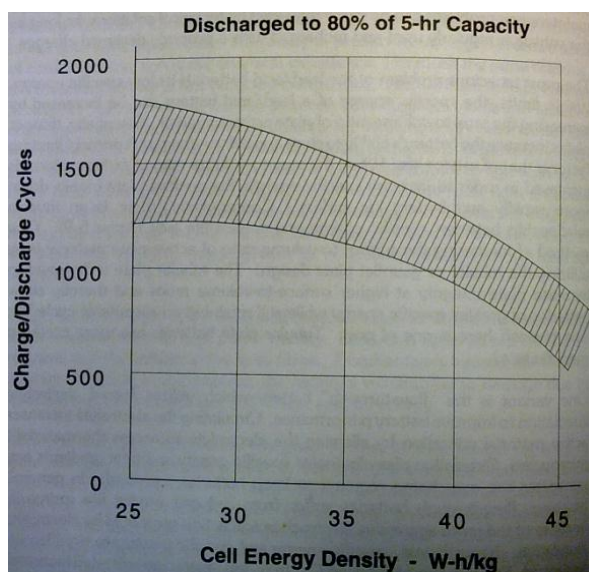
Έχουν μικρό κόστος και είναι εύκολα ανακυκλώσιμοι. Ωστόσο, έχουν μεγάλο βάρος και καταστρέφονται μερικώς σε περίπτωση πλήρους εκκένωσης. Επίσης, όπως

βλέπουμε και στον πίνακα, έχουν την χαμηλότερη πυκνότητα ενέργειας, μόλις 40 W/kg.

Τη μεγαλύτερη χωρητικότητα ενέργειας έχουν οι μπαταρίες Νατρίου/Θείου (~100 W/kg), ωστόσο έχουν το μειονέκτημα της ανάπτυξης υψηλής θερμοκρασίας κατά τη λειτουργία τους (300-350°C) και για αυτό απαιτείται κατάλληλη θερμομόνωση.

Οι συσσωρευτές Νικελίου/Καδμίου, έχουν χρησιμοποιηθεί επίσης σε μεγάλο βαθμό. Έχουν αρκετά μεγαλύτερη πυκνότητα ενέργειας από τους Μολύβδου/Οξέος, ενώ σημαντικό τους πλεονέκτημα είναι η ταχύτητα φόρτισης τους. Συγκεκριμένα, σε χρόνο 20 λεπτών φόρτισης οι συσσωρευτές φτάνουν από το 20% στο 80% της πληρότητάς τους. Μειονεκτήματά τους είναι η μη ικανοποιητική ανακύκλωσή τους και το γεγονός ότι εμφανίζουν το φαινόμενο της μνήμης φόρτισης.

Στο κάτωθι διάγραμμα βλέπουμε την σχέση ανάμεσα στην πυκνότητα ενέργειας προς τον κύκλο ζωής για μια μπαταρία νικελίου/καδμίου.



Εικόνα 3.1.2.d: Σχέση πυκνότητας ενέργειας και κύκλου ζωής μπαταρίας νικελίου/καδμίου

Τα τελευταία χρόνια οι συσσωρευτές Νικελίου/Υδριδίου Μετάλλου και οι συσσωρευτές Λιθίου/Πολυμερών και Λιθίου/Ιόντων τείνουν να κυριαρχήσουν στις εφαρμογές ηλεκτροκίνησης.

Οι μπαταρίες Νικελίου/Υδριδίου μετάλλου διαθέτουν υψηλή πυκνότητα ενέργειας (80 W/kg), πολύ μεγάλη πυκνότητα ισχύος και κύκλο ζωής. Είναι πιο φιλικές στο

περιβάλλον από τις Νικελίου/Καδμίου αλλά έχουν υψηλότερο κόστος. Έχουν μεγαλύτερη διάρκεια ζωής και αυτονομία από τις Μολύβδου/Οξέος. Στα θετικά τους συμπεριλαμβάνεται το γεγονός ότι δεν απαιτούν συντήρηση, ενώ μπορούν να φορτιστούν πολύ γρήγορα (15 λεπτά). Μειονέκτημά τους είναι πως αν δεν φορτιστούν σωστά μπορεί να ελευθερώσουν υδρογόνο.

Οι μπαταρίες Λιθίου έχουν θεωρηθεί ως η καλύτερη λύση για τα ηλεκτρικά οχήματα, καθώς:

- Διαθέτουν μεγάλη πυκνότητα ενέργειας
- Παρέχουν σχετικά μεγάλη ισχύ
- Έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής
- Δεν εμφανίζουν το φαινόμενο μνήμης
- Τα τελευταία μοντέλα επαναφορτίζονται πολύ γρήγορα

Ωστόσο, οι συσσωρευτές λιθίου παρουσιάζουν δύο βασικά μειονεκτήματα, το μεγάλο τους κόστος συγκριτικά με αυτό των συσσωρευτών νικελίου/μετάλλου υδριδίου, καθώς και την ιδιότητα αυτανάφλεξης τους όταν η θερμοκρασία του συσσωρευτή ξεπεράσει μια συγκεκριμένη τιμή [8].

Υπάρχει όμως και άλλη μια κατηγορία και αυτές είναι οι μπαταρίες αέρος- μετάλλου που βασίζονται σε μία εντελώς διαφορετική λογική σε σχέση με τις παραπάνω μπαταρίες. Η φόρτιση του στοιχείου δε μπορεί να διαδεχθεί την εκφόρτιση, απλά αντιστρέφοντας τη φορά του ρεύματος. Η φόρτιση του γίνεται αντικαθιστώντας τα μεταλλικά ηλεκτρόδια του (αλλά και τον ηλεκτρολύτη του) με νέα. Η μπαταρία είναι, πλέον, έτοιμη για εκφόρτιση. Υπάρχουν δύο είδη μπαταριών αέρος μετάλλου: οι αέρος αλουμινίου και οι αέρος ψευδαργύρου.

Στις μπαταρίες αέρος- αλουμινίου το αλουμίνιο του αρνητικού ηλεκτροδίου αντιδρά με το οξυγόνο του αέρα και του νερού έχοντας ως προϊόν υδροξείδιο του αλουμινίου. Το θετικό ηλεκτρόδιο έχει πορώδη μορφή και αποτελείται από ένα μεταλλικό πλέγμα πάνω στο οποίο έχει προσαρμοστεί μία στρώση από καταλυτικό άνθρακα. Ο ηλεκτρολύτης είναι ένα αλκαλικό διάλυμα. Ταυτόχρονα, εκλύεται ηλεκτρική ενέργεια. Η χημική αντίδραση, όπως αναφέραμε, είναι μη αντιστρεπτή:

Το αλουμίνιο στο αρνητικό ηλεκτρόδιο έχει μορφή ελάσματος πάχους περίπου 1cm και κατά την εκφόρτιση συνεχώς συρρικνώνεται. Στο τέλος αντικαθιστούμε αυτά τα ηλεκτρόδια με νέα. Όπως, καταλαβαίνουμε η φόρτιση της γίνεται ιδιαίτερα γρήγορα. Το μεγάλο μειονέκτημα του στοιχείου είναι η εξαιρετικά μικρή ειδική ισχύς. Είναι χαρακτηριστικό ότι για να μας παρέχει στην έξοδο του 20kW ισχύ, απαιτούνται 2 τόνοι μπαταρίας. Αυτό το γεγονός αποκλείει τη μπαταρία από τις περισσότερες εφαρμογές στην αυτοκίνηση.

Η λειτουργία της μπαταρίας αέρος - ψευδαργύρου είναι παρόμοια με αυτή της αέρος-αλουμινίου. Έχει, όμως, το πλεονέκτημα της σχεδόν δεκαπλάσιας ειδικής ισχύος, τιμή που πλησιάζει τα άλλα είδη μπαταριών. Το θετικό ηλεκτρόδιο της έχει πορώδη μορφή και το αρνητικό είναι στερεός ψευδάργυρος.

Ο ηλεκτρολύτης είναι υγρό αλκαλικό διάλυμα. Η ενέργεια εκλύεται συνδυάζοντας τον ψευδάργυρο με το οξυγόνο του αέρα και σχηματίζοντας οξείδιο ψευδαργύρου. Η διαδικασία είναι μη αντιστρεπτή. Η εύρεση του τύπου αυτού για τη ζητούμενη εφαρμογή στο εμπόριο είναι πολύ δύσκολη αλλά η διαρκής εξέλιξη της θα την κάνει πιο προσιτή.

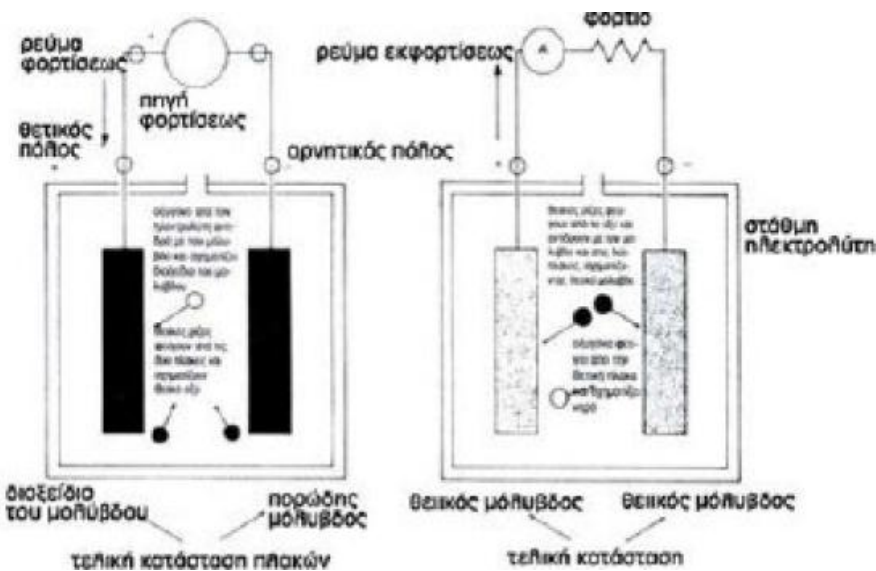
Σημαντική παρατήρηση είναι ότι και στα δύο αυτά είδη μπαταριών τα χρησιμοποιημένα αρνητικά ηλεκτρόδια μπορούν να συλλεχθούν και με κατάλληλη επεξεργασία να χρησιμοποιηθούν ξανά.

Φόρτιση

Η φόρτιση κάθε τύπου μπαταρίας απαιτεί ιδιαίτερη προσοχή και συγκεκριμένη τεχνική. Εκτός εξαιρέσεων, η φόρτιση της γίνεται από πηγή εναλλασσόμενης τάσης, η οποία πρέπει να υποστεί ανόρθωση, ώστε να γίνει συνεχής και να φορτίσει την μπαταρία. Το ανορθωμένο ρεύμα έχει κυμάτωση, γεγονός που πρέπει να αντιμετωπιστεί. Αν η τάση λόγω της κυμάτωσης είναι μικρότερη της ονομαστικής τάσης φόρτισης της μπαταρίας, η μπαταρία δε φορτίζει. Αν, πάλι, η τάση φόρτισης υπερβεί κατά πολύ την ονομαστική τάση φόρτισης, μπορεί να προκληθούν βλάβες στην μπαταρία. Όσο μεγαλύτερο είναι το ρεύμα προς ανόρθωση, τόσο δυσκολότερο είναι να απαλειφθεί η κυμάτωση. Είναι σημαντικό η μπαταρία να συνοδεύεται από κατάλληλο φορτιστή.

Εκφόρτιση

Στην φάση της εκφόρτισης, οι διαδικασίες που γίνονται εντός της μπαταρίας είναι οι εξής: το ρεύμα αντιστρέφεται λόγω της διαφοράς ηλεκτροθετικότητας του θειικού μολύβδου από τον πορώδη μόλυβδο, το θειικό οξύ διασπάται και οι θειικές ρίζες που απελευθερώνονται σχηματίζουν θειικό μόλυβδο και στις δύο πλάκες με αποτέλεσμα να μην υπάρχει διαφορά μεταξύ τους, συνεπώς και ροή ρεύματος. Επίσης το οξυγόνο φεύγει από την θετική πλάκα και επιστρέφει στον ηλεκτρολύτη σχηματίζοντας νερό. Έτσι ο ηλεκτρολύτης αραιώνει. Η πυκνότητα του ηλεκτρολύτη μετριέται με το μπομπόμετρο (πυκνόμετρο του Baume) δίνοντας έτσι πληροφορίες για την κατάσταση φόρτισης της μπαταρίας. Στο παρακάτω σχήμα παρουσιάζονται οι φάσεις της φόρτισης και της εκφόρτισης σε ένα συσσωρευτή μολύβδου αντιμονίου [9].



Εικόνα 3.1.2.e: Φόρτιση και εκφόρτιση συσσωρευτή [9]

Ερμηνεία φαινομένου charge equalization

Κατά την εκφόρτιση παρατηρείται άνιση απώλεια φορτίου μεταξύ των cells. Αυτό, ίσως, φαίνεται λίγο περίεργο αφού τα cells είναι τοποθετημένα σε σειρά και διαρρέονται από το ίδιο ρεύμα. Όμως, τα φαινόμενα αυτοεκφόρτισης εξελίσσονται με διαφορετικούς ρυθμούς σε κάθε cell. Αυτό οφείλεται στον τρόπο κατασκευής που μπορεί να διαφέρει έστω και αμυδρά μεταξύ των cells, καθώς και στη διαφορά θερμοκρασίας που υπάρχει. Πιο συγκεκριμένα, εάν για παράδειγμα η μπαταρία βρίσκεται στο 50% SOC, κάποια cells μπορεί να βρίσκονται στο 52%, ενώ, ίσως,

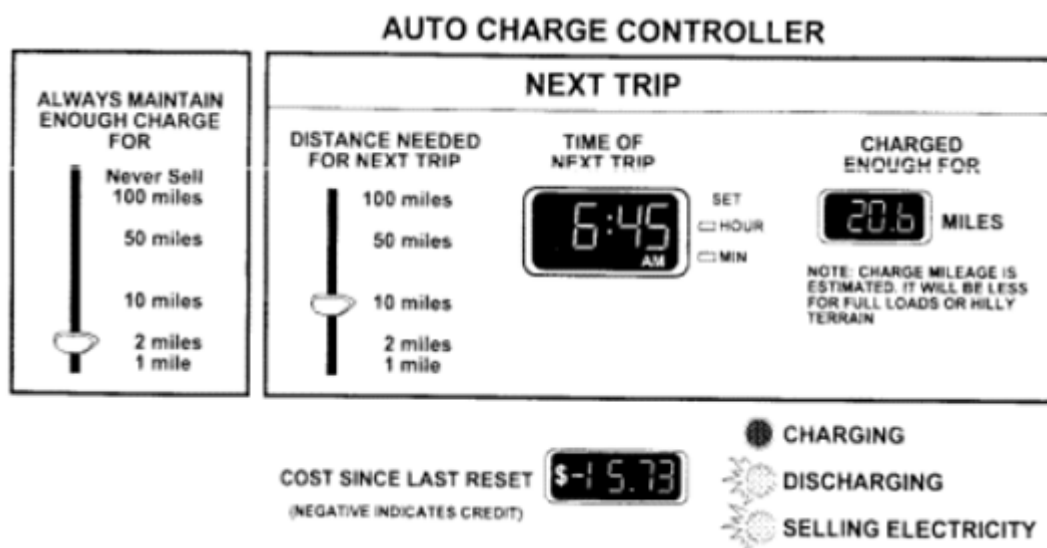
άλλα λίγο χαμηλότερα από το 50%. Ουσιαστικά, το charge equalization είναι η πλήρης φόρτιση όλων, μηδενός εξαιρουμένου, των cells σε τακτά χρονικά διαστήματα, αποφεύγοντας τα σφάλματα που περιγράψαμε. Αυτό συνεπάγεται ότι κάποια cells, ίσως, να βρίσκονται σε κατάσταση υπερφόρτισης για κάποια ώρα. Ακόμη και όταν η πλειοψηφία των cells φορτιστεί, πρέπει να συνεχιστεί η ροή ρεύματος στην μπαταρία, ώστε να εξασφαλιστεί η φόρτιση ακόμη και των cells που εκφορτίζονται γρηγορότερα. Αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο πρέπει ένα cell να αντέχει και την κατάσταση υπερφόρτισης. Στην πραγματικότητα, η τιμή του ρεύματος (ρεύμα υπερφόρτισης που φορτίζει την μπαταρία, όταν κάποια cell βρίσκονται σε κατάσταση πλήρους φόρτισης) περιορίζεται στο C/10. Έτσι εξηγείται ότι η διαδικασία πλήρους φόρτισης όλων των cells δε μπορεί να συμβεί γρήγορα και υπάρχει πάντα καθυστέρηση όταν η μπαταρία βρίσκεται στο τελευταίο στάδιο φόρτισης (λίγο πριν το 100%). Η διαδικασία διακόπτεται πριν τα cells καταστραφούν από την υπερφόρτιση. Στην περίπτωση των HEV πρέπει η μπαταρία να μη βρίσκεται ποτέ στο 100% κατά την κίνηση, ώστε να είναι ασφαλής η φόρτιση της σε περίπτωση πέδησης (regenerative brake). Βεβαίως, υπάρχει η δυνατότητα μέσω συστήματος αυτομάτου ελέγχου να προστατεύεται ο συσσωρευτής αν βρίσκεται στο 100% από λανθασμένη επιπλέον φόρτιση. Αυτό, όμως, έχει ως συνέπεια να χάνεται ανεκμετάλλευτο κάποιο ποσό ενέργειας προερχόμενο από την πέδηση. Η τακτική του charge equalization είναι ιδιαίτερα σημαντική για τις μπαταρίες οξέος μολύβδου, διότι σε αυτές παρατηρείται έντονα το φαινόμενο της αυτοεκφόρτισης.

Θεωρητικά μπορούν να φορτιστούν όλα τα cells εξίσου στο 100%, με διαρροή φορτίου από cell σε cell. Αντιμετωπίζουμε, όμως, πρακτικά προβλήματα καθώς δεν είμαστε σε θέση να γνωρίζουμε το SOC κάθε cell, αφού εξαρτάται και από την θερμοκρασία. Επομένως, η τάση του cell δε μπορεί να μετρηθεί ώστε να ελεγχθεί η ροή φορτίου από cell σε cell. Είναι αναγκαίο, εδώ, να κάνουμε μία παρένθεση ώστε να προσδιορίσουμε τη σχέση μεταξύ SOC και τάσης ενός cell. Ισχύει ότι η τάση παρουσιάζει μικρή πτώση με τη μείωση του φορτίου σε ένα cell, μεταβολή, όμως, που είναι ικανή να δημιουργήσει την απαιτούμενη διαφορά δυναμικού για τη ροή φορτίου από cell σε cell.

Έλεγχος του εύρους τις επιτρεπτής εκφόρτισης

Σε κάποιες περιπτώσεις, είναι δυνατόν η μπαταρία του V2G οχήματος να «στεγνώσει» να εκφορτιστεί δηλαδή σε επιζήμιο βαθμό. Γι' αυτό πρέπει ο οδηγός να έχει τη δυνατότητα να ορίσει το μέγιστο δυνατό βάθος εκφόρτισης, ώστε και η μπαταρία του να μένει «υγιής» και ο χρήστης να μπορεί να καλύψει τις βασικές ανάγκες του μεταφοράς [22].

Παρακάτω βλέπουμε μια τέτοια υλοποίηση , ένα πάνελ ελέγχου που μπορεί να ρυθμίζεται είτε φυσικά, είτε μέσω δικτύου.



Εικόνα 3.1.2.f: Πάνελ ρύθμισης εύρους επιτρεπτής εκφόρτισης [9]

Ο χρήστης θέτει δύο παραμέτρους- το μήκος της επόμενης απόστασης που θα θέλει να διανύσει (πάνω δεξιά : χιλιόμετρα, ώρα,) και ένα όριο ασφάλειας που έχει να κάνει για κάποια έκτακτη ανάγκη (π.χ μεταφορά από και προς το πλησιέστερο νοσοκομείο) και έτσι προκύπτει με κάποιο περιθώριο ασφαλούς εκτίμησης το κατώτατο όριο εκφόρτισης και επομένως και η αντίστοιχη σε χιλιόμετρα(εδώ μίλια) ένδειξη πάνω αριστερά.

3.1.2.1 Μοντελοποίηση της χωρητικότητας της μπαταρίας

Είδαμε λοιπόν ότι εκφορτίζοντας τη μπαταρία με μεγαλύτερο ρεύμα, μειώνεται η χωρητικότητα της. Στην περίπτωση μας, πρόκειται για μία πολλή κρίσιμη παρατήρηση, εφόσον το ρεύμα εκφόρτισης που παρέχεται στο κινητήρα είναι αρκετά

μεγάλο. Το μοντέλο Peukert προσφέρει ένα τρόπο πρόβλεψης της χωρητικότητας της μπαταρίας ανάλογα με το ρεύμα που μας παρέχει. Γνωρίζοντας το απόθεμα της σε ενέργεια σε μία δεδομένη στιγμή, είναι δυνατόν να υπολογίσουμε και την ακριβή τάση στα άκρα της. Το μοντέλο Peukert είναι πιο ακριβές για υψηλές τιμές ρευμάτων.

Στο μοντέλο αυτό υπάρχει μία σταθερά (χωρητικότητα Peukert), για την οποία ισχύει:

$$C_p = I^k * T$$

όπου k η σταθερά Peukert, η οποία εξαρτάται από το είδος της μπαταρίας (1.2 για την οξείος μολύβδου) και I το σταθερό ρεύμα εκφόρτισης για T ώρες

Γνωρίζοντας τη χωρητικότητα της μπαταρίας σε Ah για συγκεκριμένο αριθμό ωρών (T) εκφόρτισης, βρίσκουμε το ρεύμα εκφόρτισης ανά ώρα. Αντικαθιστώντας την τιμή του ρεύματος στην παραπάνω σχέση (έχοντας ως δεδομένα το T και το k), βρίσκουμε το C_p , το οποίο είναι σταθερό για την μπαταρία. Συνεπώς, με δεδομένο το C_p και με τη βοήθεια της σχέσης μπορούμε να βρούμε για κάθε ρεύμα εκφόρτισης το χρόνο για τον οποίο θα «αντέξει» να μας παρέχει ρεύμα η μπαταρία.

3.1.2.2 Σύστημα ανταλλασσόμενης μπαταρίας

Μια ιδιαίτερα ενδιαφέρουσα προοπτική έχει γίνει αντικείμενο συζητήσεων: η ανταλλαγή μπαταρίας, δηλαδή η αντικατάσταση της αποφορτισμένης μπαταρίας από μια καινούρια, μέσα σε λίγα λεπτά. Το σύστημα ανταλλαγής μπαταρίας δύναται να απαλλάξει τους οδηγούς από τη διαδικασία των επαναφορτίσεων σε τακτά χρονικά διαστήματα.

Η αποδοχή αυτού του συστήματος θα παρέχει αρκετά πλεονεκτήματα στον καταναλωτή. Ένα ηλεκτρικό όχημα με το σύστημα ανταλλαγής μπαταρίας έχει αρκετά μικρότερη εμβέλεια μεταξύ δύο αντικαταστάσεων σε σχέση με ένα αντίστοιχο όχημα με ενσωματωμένες μπαταρίες, αλλά τα οφέλη από τη μείωση του βάρους είναι πολλά. Στην κλασική περίπτωση της ενσωματωμένης μπαταρίας το αυτοκίνητο φέρει περίπου οκτώ φορές μεγαλύτερο βάρος σε μπαταρίες από ότι αν ήταν σχεδιασμένο με το σύστημα εναλλασσόμενης μπαταρίας. Η κατασκευή του αμαξώματος επιτρέπεται να είναι λιγότερο ανθεκτική αφού φέρει πλέον μικρότερο βάρος. Επιπροσθέτως όλα τα εξαρτήματα του αυτοκινήτου (αναρτήσεις, ελαστικά,

πέδηση κλπ) γίνονται πιο ελαφριά. Επιπλέον, ο χρήστης θα απαλλάσσεται από το άγχος της αποφόρτισης της μπαταρίας, της εξασθένησής της με τη χρήση και την πάροδο του χρόνου και της συντήρησής της.

Παρά τα σημαντικά αυτά πλεονεκτήματα της ανταλλασσόμενης μπαταρίας, το εν λόγω σύστημα δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως μοντέλο Vehicle to Grid, λόγω της μικρής χωρητικότητας της μπαταρίας και έτσι στερείται ο κάτοχος κάποιων επιπλέον σημαντικών εσόδων [6].

3.1.3 Τρόποι & διατάξεις φόρτισης συσσωρευτών ηλεκτρικών αυτοκινήτων

Για τη φόρτιση των συσσωρευτών απαιτείται ειδική διάταξη που να μετατρέπει κάποιας μορφής ενέργεια σε ηλεκτρική ενέργεια συνεχούς τάσης. Η έρευνα που γίνεται πάνω στο αντικείμενο αυτό έχει καταδείξει διάφορες μεθόδους με τις οποίες μπορούμε να φορτίσουμε όσο το δυνατόν πιο εύκολα και πιο αποδοτικά τους συσσωρευτές. Από τα διάφορα σενάρια-διατάξεις φόρτισης που έχουν προταθεί, βασικότερα είναι τα ακόλουθα [4]:

Οικιακή φόρτιση:

Πρόκειται για τον πιο διαδεδομένο τρόπο φόρτισης, κατά τον οποίο το αυτοκίνητο συνδέεται απ'ευθείας στην πρίζα του σπιτιού του χρήστη. Η διαδικασία αυτή έχει ορισμένα σημαντικά χαρακτηριστικά όπως για παράδειγμα πως η φόρτιση γίνεται από μονοφασική παροχή και συνήθως νυχτερινές ώρες. Έτσι έχουμε χαμηλότερο τιμολόγιο κατανάλωσης. Με τον τρόπο αυτό η φόρτιση διαρκεί περίπου 6 με 8 ώρες ενώ το μέγιστο ρεύμα της φόρτισης δεν ξεπερνάει τα 15Α. Σύμφωνα με το σενάριο αυτό η διάταξη βρίσκεται εντός του οχήματος [on board] και συνεπώς πρέπει να έχει χαμηλό βάρος [<5 kg].

Φόρτιση σε σταθμούς παρκαρίσματος [Park And Charge-PAC]:

Μια εναλλακτική μέθοδος φόρτισης είναι σε σταθμούς παρκαρίσματος όπου το όχημα θα φορτίζεται όταν είναι παρκαρισμένο. Οι προδιαγραφές των συσκευών φόρτισης για την περίπτωση αυτή προβλέπουν τριφασική τροφοδοσία, ενώ ο φορτιστής θα βρίσκεται εκτός οχήματος [off board]. Μέσα στις δυνατότητες της διάταξης φόρτισης παρκαρίσματος περιέχεται και η λειτουργία «ταχυφόρτισης».

Πρόκειται για την περίπτωση που η πλήρης φόρτιση των συσσωρευτών γίνεται με μεγάλο ρεύμα [$>100\text{ A}$] και διαρκεί λίγο [περί τα 20 λεπτά]. Ο τρόπος αυτός συνιστάται κυρίως σε περιπτώσεις εκτάκτου ανάγκης, λόγω της μεγάλης καταπόνησης των συσσωρευτών. Επίσης μια σημαντική δυνατότητα των διατάξεων αυτών είναι η δυνατότητα εξισωτικής φόρτισης, η οποία συνίσταται στο ξεχωριστό έλεγχο της τάσης των εν σειρά συνδεδεμένων στοιχείων. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται μια ισορροπημένη φόρτιση των στοιχείων, με άμεσο αποτέλεσμα την εξασφάλιση μεγαλύτερης διάρκειας ζωής τους.

Ανάκτηση ενέργειας:

Ένα αρκετά σημαντικό σενάριο φόρτισης των συσσωρευτών είναι η φόρτιση κατά την ανάκτηση ενέργειας, που συμβαίνει όταν το όχημα επιβραδύνει ή κινείται σε κατηφόρα. Στην περίπτωση αυτή ο ηλεκτρικός κινητήρας λειτουργεί σαν γεννήτρια, μετατρέποντας μέρος της κινητικής ενέργειας του οχήματος σε ηλεκτρική, φορτίζοντας τους συσσωρευτές. Τα ποσά της ενέργειας που μπορούν να εξοικονομηθούν μέσω της ανάκτησης ενέργειας είναι μεγάλα, αλλά λόγω των μεγάλων ρευμάτων που εμφανίζονται, οι συσσωρευτές υφίστανται σημαντική καταπόνηση [10].

Φόρτιση από ηλιακή ακτινοβολία:

Σύμφωνα με το σενάριο αυτό, η φόρτιση γίνεται μέσω φωτοβολταϊκών κυττάρων τα οποία είναι τοποθετημένα επί της οροφής του οχήματος ή και σε στέγαστρα σε πάρκινγκ. Η φόρτιση είναι πολύ εύκολη αφού δεν χρειάζεται κάποια εξωτερική παρέμβαση, όμως ο χαμηλός βαθμός απόδοσης των φωτοβολταϊκών κυττάρων, το υψηλό κόστος και ο κίνδυνος της φθοράς που διατρέχουν είναι πολύ σημαντικά μειονεκτήματα που εμποδίζουν την εξάπλωσή τους στη χρήση ηλεκτροκίνητων οχημάτων. Ένα πλεονέκτημα της μεθόδου είναι πως η φόρτιση μπορεί να γίνει είτε κατά την κίνηση είτε σε στάση [11].

Νέες τεχνολογίες για τη φόρτιση των συσσωρευτών:

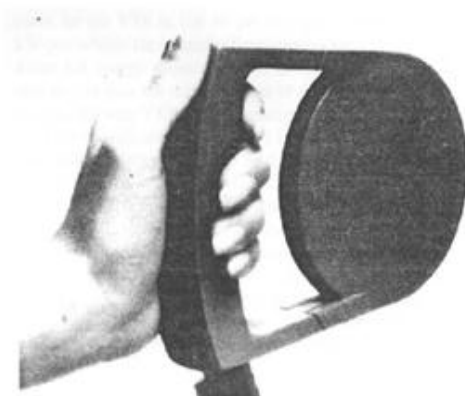
Ανάμεσα στις τεχνολογίες που έχουν αναπτυχθεί για τη φόρτιση των συσσωρευτών ηλεκτρικών οχημάτων διακρίνουμε τρεις σημαντικές καινοτομίες:

A. Φόρτιση κατά την κίνηση [Move And Charge-MAC]

Πρόκειται για ένα σενάριο σύμφωνα με το οποίο τα οχήματα θα κινούνται σε δρόμους που θα έχουν ειδικές ηλεκτροφόρες ράγες επί του εδάφους. Το όχημα μέσω δύο ειδικών ακροδεκτών θα παίρνει ηλεκτρική ενέργεια τόσο για κίνηση όσο και για φόρτιση. Η μεταφορά της ηλεκτρικής ενέργειας από τις ράγες στο όχημα θα γίνεται είτε με γαλβανική σύνδεση είτε επαγωγικά. Τα πλεονεκτήματα αυτής της μεθόδου είναι φυσικά ότι η φόρτιση μπορεί να γίνεται κατά την κίνηση εξοικονομώντας χρόνο, μα από την άλλη απαιτείται ειδική κατασκευή δρόμων [12].

B. Επαγωγική Φόρτιση:

Δεν είναι τίποτα άλλο από την αντικατάσταση της κλασσικής ηλεκτρικής σύνδεσης του φορτιστή με το δίκτυο μέσω πρίζας, με ειδική διάταξη που μεταφέρει την ενέργεια επαγωγικά.



Εικόνα 3.1.3.α: Συσκευή σύνδεσης του οχήματος στο δίκτυο για επαγωγική φόρτιση

Η διάταξη αυτή, που φαίνεται και στο παραπάνω σχήμα, είναι ουσιαστικά το πρωτεύον τύλιγμα ενός μετασχηματιστή το οποίο περιβάλλεται από ειδικό προστατευτικό κάλυμμα. Τα βασικά πλεονεκτήματα που παρουσιάζει η διάταξη αυτή είναι η ικανότητα λειτουργίας κάτω από οποιεσδήποτε συνθήκες [π.χ νερό, πάγος, σκόνη] ενώ παράλληλα παρέχει ασφάλεια έναντι ηλεκτροπληξίας.

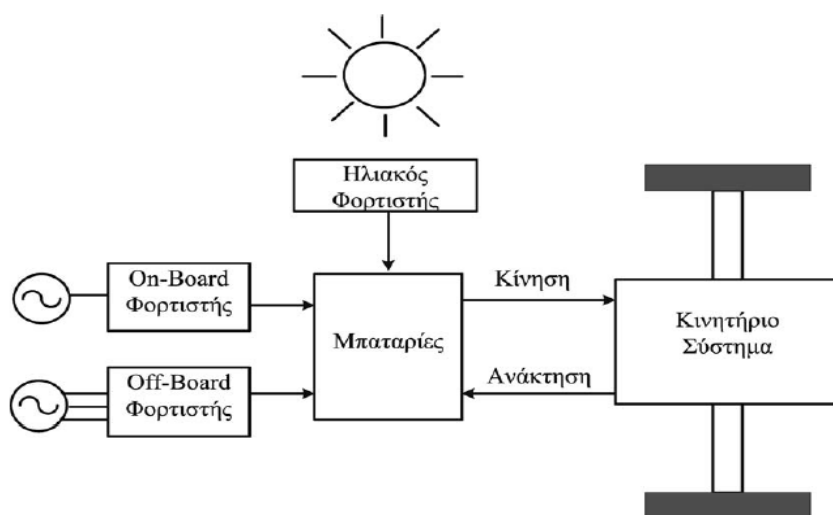
Γ. Υπερπυκνωτές:

Οι υπερπυκνωτές είναι ένα μέσο αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας, το οποίο συμβάλλει στη βελτίωση της αυτονομίας και της λειτουργίας του υβριδικού αυτοκινήτου.

Είναι γεγονός ότι οι μπαταρίες μειονεκτούν σε κάποιους τομείς. Σε χαμηλές θερμοκρασίες, αντιμετωπίζουν προβλήματα λειτουργίας και περιορίζεται ιδιαίτερα η διάρκεια ζωής τους (κύκλοι φόρτισης- εκφόρτισης). Επιπρόσθετα, κάποια από τα υλικά κατασκευής τους δεν ανακυκλώνονται εύκολα και δεν είναι φιλικά προς το περιβάλλον. Χάνεται, λοιπόν, η έννοια της οικολογικής μετακίνησης, όταν το ίδιο το μέσο συνίσταται από μη ανακυκλώσιμα υλικά. Λειτουργικά, οι μπαταρίες δεν έχουν την ικανότητα της ραγδαίας φόρτισης - εκφόρτισης, εμποδίζοντας, κατ' αυτόν τον τρόπο, την άμεση επιτάχυνση και την εκμετάλλευση εξ ολοκλήρου της ανακτώμενης από το φρενάρισμα ενέργειας. Οι υπερπυκνωτές έχουν τις δυνατότητες να καταπολεμήσουν αυτά τα προβλήματα.

Οι διατάξεις αυτές είναι πυκνωτές πολύ μεγάλης χωρητικότητας [μερικών χιλιάδων Farad] και χαμηλής τάσεως. Μια συστοιχία τέτοιων πυκνωτών μπορεί να τοποθετηθεί παράλληλα με τους συσσωρευτές και να αναλαμβάνει τα μεταβατικά ρεύματα των επιταχύνσεων και των επιβραδύνσεων του οχήματος. Με τον τρόπο αυτό οι συσσωρευτές καταπονούνται ελάχιστα από μεγάλα ρεύματα με αποτέλεσμα να αυξάνεται η διάρκεια ζωής τους. Το βασικό μειονέκτημα όμως αυτών των διατάξεων είναι ότι καταλαμβάνουν μεγάλο όγκο και βάρος, καθώς λόγω της χαμηλής τάσης που μπορεί να αντέξει ο κάθε πυκνωτής απαιτείται συνδεσμολογία πολλών πυκνωτών σε σειρά.

Στο κάτωθι σχήμα απεικονίζεται ένα τέτοιο πολλαπλό σύστημα για τη φόρτιση των συσσωρευτών ενός ηλεκτρικού οχήματος.



Εικόνα 3.1.3.b: Πολλαπλό σύστημα φόρτισης ηλεκτρικού οχήματος [13,14]

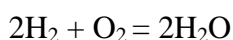
Συμπεραίνουμε ότι χρειάζονται πολλές μονάδες για να καλυφθούν οι ανάγκες μας, γεγονός απαγορευτικό λόγω κόστους και βάρους. Η σύνδεση σε σειρά πολλών υπερπυκνωτών ελλοχεύει τον κίνδυνο του charge equalization, φαινόμενο το οποίο αναλύσαμε προηγουμένως. Οι πυκνωτές όντας μη ιδανικοί παρουσιάζουν κάποια αυτοεκφόρτιση, διαφορετική σε κάθε έναν από αυτούς. Συνεπώς, κάποιος λιγότερο εκφορτισμένος, ίσως, να υπερφορτιστεί κατά την ταχεία φόρτιση τους και να καταστραφεί. Υπάρχουν εξειδικευμένοι φορτιστές για υπερπυκνωτές, οι οποίοι ανεβάζουν το συνολικό κόστος.

Οι υπερπυκνωτές είναι εμπορικά διαθέσιμοι από κάποιες εταιρίες και, ήδη, εξελίσσονται σε κοινή συσκευασία με fuel cells, ώστε να προσφέρουν μία πιο ολοκληρωμένη λύση.

Κυψέλες Καυσίμου

Μια εναλλακτική λύση που προτείνεται για την τροφοδοσία του ηλεκτροκινητήριου συστήματος είναι η χρήση των λεγόμενων Κυψελών Καυσίμου (Fuel Cells). Πρόκειται ως γνωστόν για διατάξεις οι οποίες χρησιμοποιούν ως ‘καύσιμο’ υδρογόνο και οξυγόνο τα οποία αντιδρούν σχηματίζοντας νερό, ενώ χάρη στην ύπαρξη ενός ειδικού καταλύτη, που ονομάζεται “πρωτονική μεμβράνη” (Proton Exchange Membrane-PEM), σχηματίζεται διαφορά δυναμικού. Αξίζει να τονιστεί ότι υπάρχουν πολλοί τύποι κυψελών καυσίμου οι οποίοι λειτουργούν σε υψηλές θερμοκρασίες (300-1200°C). Αυτές οι διατάξεις είναι ακατάλληλες για χρήση σε οχήματα σε αντίθεση με τις κυψέλες τύπου PEM που λειτουργούν σε θερμοκρασίες γύρω στους 80°C.

Η βασική αρχή του fuel cell όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα, είναι ότι χρησιμοποιεί υδρογόνο για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και η διαδικασία αυτή στηρίζεται στη χημική εξίσωση:



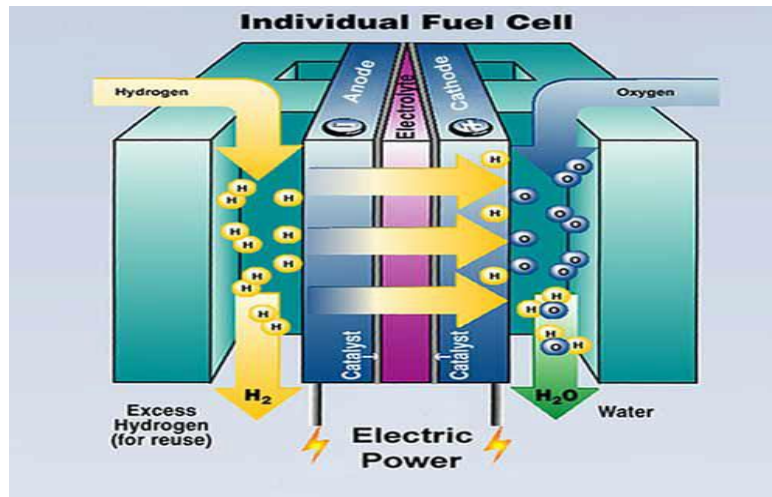
Στα προϊόντα της αντίδρασης, εκτός από τον νερό, περιλαμβάνεται και η έκλυση ηλεκτρικής ενέργειας. Όπως οι μπαταρίες, οι ενεργειακές κυψέλες αποτελούνται από δύο ηλεκτρόδια -την άνοδο και την κάθοδο- και από τον ηλεκτρολύτη. Στην άνοδο το

αέριο υδρογόνο ιονίζεται απελευθερώνοντας ηλεκτρόνια και δημιουργώντας κατιόντα υδρογόνου (πρωτόνια), ενώ στην κάθοδο το οξυγόνο, το οποίο διοχετεύεται μέσω του αέρα, αντιδρά με τα δύο προϊόντα του ιονισμού στην άνοδο δημιουργώντας νερό. Ο ρόλος του ηλεκτρολύτη είναι να εμποδίζει τα ηλεκτρόνια, που αποδεσμεύονται από την άνοδο, να κατευθυνθούν αμέσως στην κάθοδο, επιτρέποντας τη διέλευση μόνο στα πρωτόνια. Τα ηλεκτρόνια οδηγούνται μέσω του ηλεκτρικού κυκλώματος στο προς τροφοδότηση φορτίο (στην περίπτωση μας στον κινητήρα) και επιστρέφουν στην κάθοδο, όπου συντελούν στην παραγωγή νερού.

Τα κυριότερα πλεονεκτήματα των κυψελίδων καυσίμου που καθιστούν ελκυστική την ανάπτυξή τους είναι:

- Καλύτερη εκμετάλλευση της ενέργειας του καυσίμου, σε σύγκριση με τις μηχανές εσωτερικής καύσης, λόγω του υψηλού βαθμού απόδοσης.
- Απλότητα στην κατασκευή, καθώς η κυψελίδα καυσίμου περιλαμβάνει ελάχιστα ή καθόλου κινητά μέρη, γεγονός που μπορεί να οδηγήσει σε συστήματα υψηλής αξιοπιστίας, χαμηλής ηχητικής όχλησης και μεγάλης διάρκειας ζωής.
- Χαμηλές εκπομπές. Τα προϊόντα της κύριας αντίδρασης των κυψελίδων που χρησιμοποιούν ως καύσιμο H_2 είναι το H_2O και αυτό σημαίνει ότι οι εκπομπές τους είναι μηδενικές. Αυτό είναι και το κύριο πλεονέκτημά τους όταν χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές αυτοκίνησης.

Υπάρχουν όμως και βασικά προβλήματα, τα οποία πρέπει να λυθούν για να εισέλθουν οι ενεργειακές κυψέλες στα μελλοντικά συμβατικά αυτοκίνητα. Ένα βασικό εμπόδιο είναι το υψηλό κόστος ενός τέτοιου συστήματος ανά όχημα και η δαπάνη για την ανάπτυξη κατάλληλου δικτύου για την τροφοδοσία των οχημάτων. Μεγάλο θέμα είναι ο τρόπος παραγωγής του υδρογόνου αλλά και η αποθήκευση του στη δεξαμενή του αυτοκινήτου. Το υδρογόνο αποθηκεύεται σε υγρή μορφή σε συνθήκες πολύ υψηλής πίεσης προκαλώντας τον κίνδυνο για έκρηξη σε τυχόν κραδασμούς του οχήματος. Πρέπει να επισημάνουμε ότι η απόδοση ενός τέτοιου συστήματος είναι αρκετά μικρότερη από αυτή μίας μπαταρίας.



Εικόνα 3.1.3.c: Γενική διάταξη ενός fuel cell

3.1.4 Ηλεκτρονικός Μετατροπέας Ισχύος

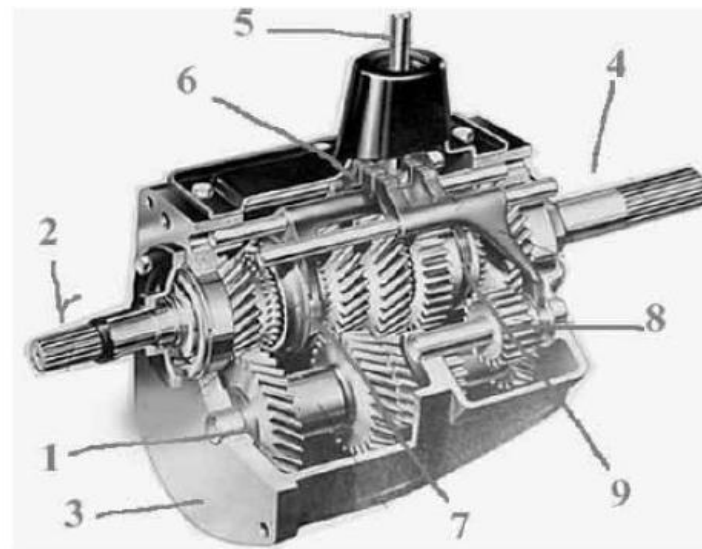
Ο ηλεκτρονικός μετατροπέας είναι το τμήμα εκείνο του συστήματος που παίρνει τη συνεχή τάση των συσσωρευτών και τη μετατρέπει σε κατάλληλη μορφή για την τροφοδότηση του κινητήρα. Επιπλέον μια πολύ σημαντική διεργασία που πραγματοποιείται είναι ο έλεγχος της ροπής και των στροφών του κινητήρα. Η επιλογή του μετατροπέα που θα χρησιμοποιηθεί σε ένα ηλεκτρικό όχημα εξαρτάται καθαρά από τον ηλεκτρικό κινητήρα ο οποίος χρησιμοποιείται. Έτσι με βάση τους κινητήρες που χρησιμοποιούνται (Σ.Ρ. ή Ε.Ρ.) έχουμε μετατροπείς Σ.Τ./Σ.Τ. τύπου chopper και μετατροπείς Σ.Τ./Ε.Τ. τύπου αντιστροφέα (Inverter). Οι διατάξεις αντιστροφέα μπορούν να οδηγούν κινητήρες εναλλασσόμενου ρεύματος που απαιτούν είτε ημιτονοειδή τάση (ασύγχρονος κινητήρας, σύγχρονος κινητήρας) είτε τετραγωνικούς παλμούς (κινητήρας τύπου Brushless, κινητήρας τύπου switched reluctance) [12].

3.1.5 Σύστημα μετάδοσης κίνησης

Το σύστημα μετάδοσης κίνησης είναι απαραίτητο στοιχείο σε ένα κινητήριο σύστημα ενός αυτοκινήτου. Ο λόγος είναι ότι εάν συνδεόταν ο κινητήρας απευθείας στους τροχούς, η ροπή που θα απαιτούνταν κατά την εκκίνηση θα ήταν μεγάλη- και στην περίπτωση του βενζινοκινητήρα- αυτός θα έσβηνε ενώ στην περίπτωση του ηλεκτροκινητήρα, θα απαιτούνταν μεγάλα ρεύματα. Έτσι, χρειαζόμαστε τη μεταβολή του λόγου μετάδοσης ανάλογα με τις συνθήκες. Αυτό επιτυγχάνεται είτε με το κιβώτιο διακριτών σχέσεων, είτε με το κιβώτιο συνεχούς λόγου μετάδοσης [15].

3.1.5.1 Κιβώτιο διακριτών σχέσεων

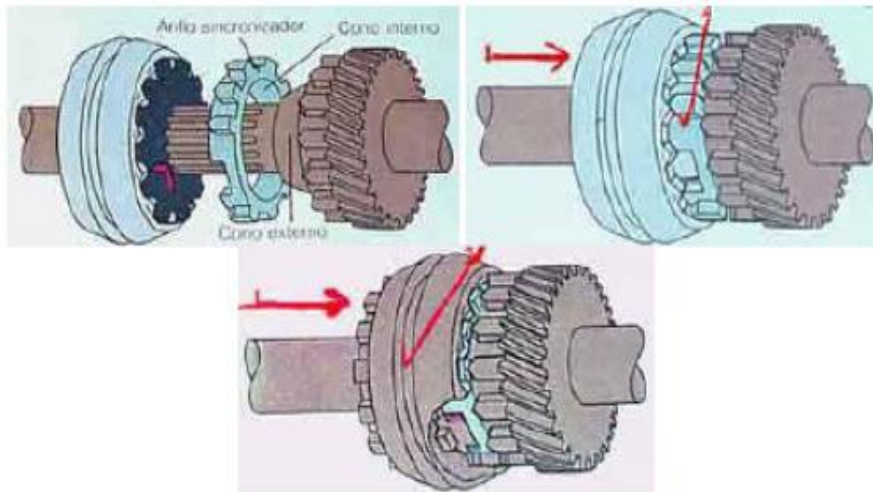
Αυτό το είδος κιβωτίου διαθέτει ένα αριθμό γρاناζιών διαφορετικού μεγέθους που σχηματίζουν ζευγάρια μεταξύ τους καθώς είναι τοποθετημένα σε δύο διαφορετικούς άξονες, έναν που συνδέεται με τον κινητήρα μέσω του συμπλέκτη και ένα που συνδέεται με τους τροχούς μέσω του διαφορικού. Στο παρακάτω σχήμα περιγράφεται η δομή ενός τέτοιου κιβωτίου [16,17].



Εικόνα 3.1.5.1.a: Δομή κιβωτίου ταχυτήτων [16,17]

1) Σταθερός άξονας, 2) Άξονας που συνδέεται με το δίσκο του συμπλέκτη, 3) Κιβώτιο μετάδοσης, 4) Άξονας που δίνει τις σχέσεις στο διαφορικό, 5) Μοχλός ταχυτήτων, 6) Σύστημα μετάδοσης που κινεί τον πείρο ο οποίος κάνει να ολισθαίνουν οι στεφάνες συγχρονισμού, 7) Στεφάνη εμπρός συγχρονισμού, 8) Γρανάζι-τροχός κίνησης όπισθεν, 9) Στεφάνη πίσω συγχρονισμού

Οι σχέσεις είναι καθορισμένες και για να επιλεγεί μια συγκεκριμένη πρέπει το αντίστοιχο γρανάζι του ζευγαριού να συνδεθεί με τον άξονα που πηγαίνει προς το διαφορικό με μια διαδικασία που ονομάζεται συγχρονισμός. Τα γρανάζια στον άξονα εξόδου γυρίζουν ελεύθερα. Όταν επιλέξουμε ένα συγκεκριμένο γρανάζι μέσω του μοχλού ταχυτήτων, τότε ένας πείρος ολισθαίνει το γρανάζι να συνδεθεί στον άξονα, μέσω μιας στεφάνης. Η διαδικασία απεικονίζεται στο παρακάτω σχήμα [16,17] όπου φαίνετε η ολίσθηση του γραναζιού μέσω της στεφάνης (στο κέντρο μεταξύ των δύο γραναζιών) και η σύνδεσή του με τον άξονα που πηγαίνει προς το διαφορικό.

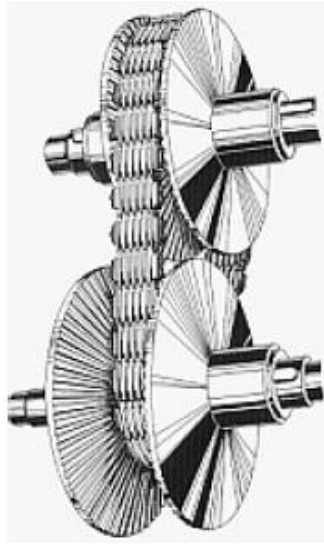


Εικόνα 3.1.5.1.b: Σχηματική αναπαράσταση του συγχρονισμού[16,17]

3.1.5.2 Κιβώτιο συνεχούς λόγου μετάδοσης (CVT) [18,19]

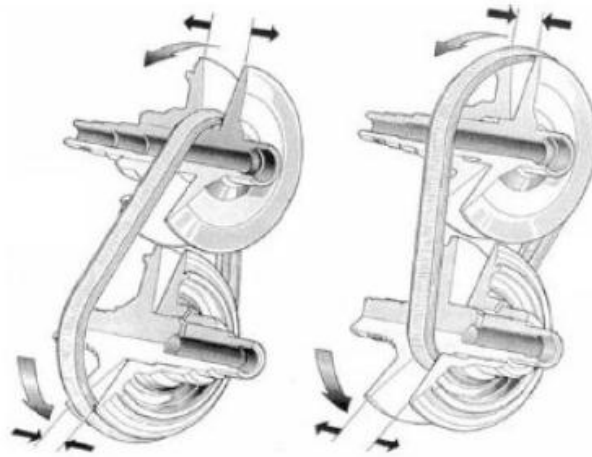
Στην περίπτωση αυτή, οι λόγοι μετάδοσης δεν είναι διακριτοί αλλά παίρνουν τιμή εντός ενός συγκεκριμένου εύρους τιμών. Το πλεονέκτημα αυτού του κιβωτίου είναι το γεγονός ότι για ένα μεγάλο εύρος διαφορετικών γωνιακών ταχυτήτων εξόδου του κιβωτίου μπορεί να διατηρηθεί σταθερή η γωνιακή ταχύτητα του άξονα που οδηγεί το κιβώτιο (ταχύτητα εισόδου) μεταβάλλοντας κατάλληλα το λόγο μετάδοσης. Αυτό μπορεί αν έχει σαν αποτέλεσμα, στην περίπτωση του κινητήρα εσωτερικής καύσης, καλύτερη οικονομία καυσίμου γιατί δίνει στον κινητήρα την δυνατότητα αν δουλεύει στο βέλτιστο αριθμό στροφών (από άποψη απόδοσης). Επίσης μπορεί αν μεγιστοποιήσει την απόδοση του οχήματος δίνοντας την δυνατότητα στο κινητήρα να δουλεύει στον αριθμό στροφών στον οποίο παράγει την μέγιστη ισχύ. Επιπλέον το CVT έχει το μειονέκτημα ότι σε οχήματα χωρίς την παρέμβαση ηλεκτρονικών, πηγαίνει το σύστημα σε υψηλό αριθμό στροφών στην πλήρη επιτάχυνση. Έτσι, προκαλείται μεγάλη αύξηση του θορύβου.

Υπάρχουν διάφορα είδη κιβωτίων συνεχούς λόγου μετάδοσης, όπως το κιβώτιο τροχαλιών μεταβλητής διαμέτρου, το τορροειδές κιβώτιο, το κιβώτιο άπειρα μεταβαλλόμενης μετάδοσης (Infinitely Variable Transmission), το CVT κιβώτιο καστανίας, το υδροστατικό CVT κιβώτιο, το κιβώτιο τροχού μεταβλητής οδόντωσης κ.α.



Εικόνα 3.1.5.2.a: Κιβώτιο τροχαλιών μεταβλητής διαμέτρου[16,17]

Παρακάτω αναλύεται η λειτουργία του κιβωτίου τροχαλιών μεταβλητής διαμέτρου. Το κιβώτιο αυτό αποτελείται από 2 τροχαλίες το εσωτερικό των οποίων έχει κωνοειδές σχήμα (σχήμα V αν το δούμε σε τομή) και έναν ιμάντα ο οποίος πρέπει να είναι αρκετά ανθεκτικός και στιβαρός ώστε να υπόκειται μόνο σε μικρές ακτινικές κινήσεις καθώς ολισθαίνει μέσα και έξω στις τροχαλίες. Η αρχή λειτουργίας είναι η εξής: Για την επίτευξη μικρού λόγου μετάδοσης, η τροχαλία εξόδου <<συμπιέζεται>> έτσι ώστε ο ιμάντας ωθείται προς τα έξω και να μεγαλώσει η ακτίνα του ενώ ταυτόχρονα η τροχαλία εισόδου <<ανοίγει>> ώστε ο ιμάντας να προχωρήσει προς το εσωτερικό της και να μικρύνει η ακτίνα του. Για την επίτευξη μεγάλου λόγου μετάδοσης, η διαδικασία είναι η αντίστροφη. Η ακτίνα του ιμάντα στην είσοδο μεγαλώνει ενώ εκείνη στην έξοδο μικραίνει. Ο λόγος μετάδοσης είναι ο λόγος των δύο ακτινών. Στο παραπάνω σχήμα [16,17] φαίνετε η δομή ενός κιβωτίου τροχαλιών μεταβλητής διαμέτρου ενώ στο παρακάτω σχήμα [16,17] φαίνεται η λειτουργία ενός τέτοιου κιβωτίου ταχυτήτων για την επίτευξη μικρού και μεγάλου λόγου μετάδοσης αντίστοιχα.



Εικόνα 3.1.5.2.b:Λειτουργία του κιβωτίου τροχαλιών μεταβλητής διαμέτρου[16,17]

3.1.6 Συλλογή και Διαχείριση Μετρήσεων-Έλεγχος

Το σύστημα συλλογής δεδομένων καταγράφει κάθε στιγμή σημαντικές παραμέτρους για τη λειτουργία του αυτοκινήτου, όπως την τάση της συστοιχίας των συσσωρευτών, τη θερμοκρασία τους και το ρεύμα που διαρρέει τον ηλεκτρικό κινητήρα.

Τα παραπάνω μεγέθη μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον έλεγχο της κίνησης του οχήματος, τη διαχείριση ενέργειας των συσσωρευτών, τη συνεχή παρακολούθηση των στοιχείων της ηλεκτρομηχανικής διάταξης, όπως και τη διάγνωση πιθανού σφάλματος σε κάποιο σημείο του ηλεκτρικού κυκλώματος. Το σύστημα ελέγχου είναι υπεύθυνο να ορίσει την κατεύθυνση και τον τρόπο παροχής ενέργειας από τους συσσωρευτές προς τον ηλεκτρικό κινητήρα και αντίστροφα. Μετατρέπει τις εντολές του οδηγού σε ηλεκτρικά σήματα ελέγχου, ώστε να επιτευχθεί με επιτυχία ο επιθυμητός χειρισμός, όπως για παράδειγμα η επιτάχυνση ή η επιβράδυνση του οχήματος με πιθανή ανάκτηση ενέργειας.

Η σημερινή τεχνολογία και η έρευνα τόσο στην περιοχή των μετρήσεων και της συλλογής των δεδομένων, όσο και στην περιοχή του ελέγχου είναι εξαιρετικά ανεπτυγμένες. Η πρόοδος στις συσκευές μέτρησης, στα ηλεκτρονικά και στους μικροελεγκτές προσφέρει μεγάλη ακρίβεια στις μετρήσεις, μεγάλη ταχύτητα στην επεξεργασία τους και πολλές δυνατότητες ασφαλούς και ταχείας μετάδοσης των δεδομένων. Από την άλλη, η ανάπτυξη εξελιγμένων τεχνικών ελέγχου καθιστά δυνατή τη βέλτιστη διαχείριση της ηλεκτρικής ενέργειας για οποιοδήποτε σενάριο κίνησης.

3.1.7 Γενική Σχεδίαση Οχήματος

Η σχεδίαση ενός ηλεκτρικού οχήματος μπορεί να γίνει είτε εξαρχής, όπως πλέον έχει καθιερωθεί από τις αυτοκινητοβιομηχανίες, είτε ως ανακατασκευή ενός συμβατού μέσου μεταφοράς. Κατά τη σχεδίαση λαμβάνεται υπόψη η κατανομή και το συνολικό βάρος του οχήματος.

Η επιλογή και κατανομή των συσσωρευτών επηρεάζει σημαντικά λόγω του μεγάλου βάρους τους, τόσο την αυτονομία και την ταχύτητα, όσο και την ευστάθεια του οχήματος. Ακόμα, ο όγκος τους ξεπερνά τον όγκο ενός αντίστοιχου δοχείου καυσίμου για τις αντίστοιχες ενεργειακές απαιτήσεις, παράμετρος που πρέπει να υπολογιστεί κατά τη σχεδίαση.

Η τοποθέτηση του κινητήρα και του ηλεκτρονικού μετατροπέα ισχύος που απαιτείται για την οδήγησή του, δεν αποτελούν πρόβλημα, αφού μπορούν να αντικαταστήσουν τον συμβατικό κινητήρα εσωτερικής καύσης. Ο όγκος δε του ηλεκτροκινητήρα και το βάρος του είναι μικρότερα από τα αντίστοιχα μεγέθη ενός συμβατικού κινητήρα εσωτερικής καύσης.

Κεφάλαιο 4: Αναγκαίες υποδομές, σταθμοί φόρτισης, σύνδεση με ΑΠΕ & ενσωμάτωση σε «ευφυή δίκτυα»

4.1. Υποδομές - Σταθμοί φόρτισης

Είναι φανερό ότι όλες οι κατηγορίες ηλεκτρικών οχημάτων έχουν ένα κοινό χαρακτηριστικό που είναι η απαίτηση της ολικής ή μερικής φόρτισης των συσσωρευτών τους με ηλεκτρική ενέργεια που θα χρησιμοποιείται για την κίνησή τους. Ανάλογα με τον τρόπο χρήσης των αμαξιδίων (χρόνος λειτουργίας, διαθέσιμη αυτονομία κλπ), την τεχνολογία των μπαταριών τους και τον διαθέσιμο χρόνο για τη φόρτιση των μπαταριών θα πρέπει να δημιουργηθούν σταθμοί φόρτισης, οι οποίοι θα διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες [20]:

- Ιδιωτικοί με ιδιωτική πρόσβαση(π.χ. προσωπικά γκαράζ). Η διαδικασία φόρτισης έχει ορισμένα σημαντικά χαρακτηριστικά όπως για παράδειγμα το ότι γίνεται από μονοφασική παροχή και συνήθως νυχτερινές ώρες. Έτσι έχουμε χαμηλότερο τιμολόγιο κατανάλωσης. Με τον τρόπο αυτό η φόρτιση

διαρκεί περίπου 6-8 ώρες ενώ το μέγιστο ρεύμα της φόρτισης δεν ξεπερνάει τα 15 A. Επίσης οι καταναλωτές μπορούν να ανήκουν σε στόλο οχημάτων, όπου θα πληρώνει ο καθένας το μερίδιό του, αλλά θα μπορούν να κλείνουν καλύτερες συμφωνίες με το κεντρικό δίκτυο ακόμα και για V2G(vehicle to grid) λειτουργία(πώληση ηλεκτρικής ενέργειας στο κεντρικό δίκτυο). Εδώ οι απαιτήσεις σε εξοπλισμό είναι ελάχιστες.

- Ιδιωτικοί με δημόσια πρόσβαση(π.χ. μεγάλα παρκινγκ εμπορικών καταστημάτων, εργασιακός χώρος). Εδώ τα EV θα μπορούν να φορτίζουν τις ώρες που παραμένουν παρκαρισμένα, πληρώνοντας το ανάλογο αντίτιμο. Ανάλογα με τη φύση του χώρου και τις απαιτήσεις του πελάτη θα δημιουργηθούν σταθμοί όλων των επιπέδων 1-3(αργή-γρήγορη φόρτιση).
- Δημόσιοι με δημόσια πρόσβαση(π.χ. δημόσιοι δρόμοι). Επίσης οι σταθμοί φόρτισης θα μπορούν να ανήκουν σε φορείς με δημόσιο χαρακτήρα (π.χ. ΟΤΑ). Πολλοί ιδιοκτήτες αυτοκινήτων, ιδίως στις πυκνοκατοικημένες αστικές περιοχές δεν έχουν πρόσβαση σε ιδιωτικά παρκινγκ. Η δημιουργία σταθμών φόρτισης στις λωρίδες παρκαρίσματος των δρόμων αποτελεί έναν έξυπνο και συνάμα αποτελεσματικό τρόπο αντιμετώπισης τέτοιων προβλημάτων. Αυτά τα δίκτυα είναι απαραίτητα για να αυξηθεί η απόσταση αυτονομίας της χρησιμοποίησης των ηλεκτρικών οχημάτων και σε αρκετές χώρες έχει ξεκινήσει ένας μηχανισμός υλοποίησης τέτοιων δικτύων. Οι απαιτήσεις τέτοιων σταθμών είναι επιπέδου 1 και 2.

Η πληρωμή σε περίπτωση χρησιμοποίησης κάποιου σταθμού φόρτισης μπορεί να γίνει είτε εκ των προτέρων ή με ένα συνολικό λογαριασμό στο τέλος μιας προσυμφωνημένης χρονικής περιόδου. Το Διάγραμμα 4.1 δείχνει παραστατικά τις διάφορες ενδεχόμενες θέσεις των σταθμών φόρτισης που μπορούν να χρησιμοποιηθούν μελλοντικά ανάλογα με τις ιδιαιτερότητες των σχετικών περιοχών.



Διάγραμμα 4.1.a: Κατηγοριοποίηση σταθμών φόρτισης ανάλογα με τη τοποθεσία εγκατάστασης [21]

Η ανάπτυξη ενός δικτύου σημείων (σταθμών) φόρτισης με τα παραπάνω χαρακτηριστικά θα προκαλούσε τη μικρότερη μεταβολή στα χαρακτηριστικά οδήγησης του μέσου οδηγού και θα μπορούσε να δράσει καταλυτικά για την επιπρόσθετη στάθμη διείσδυσης των ηλεκτρικών οχημάτων.

Η ένταση φόρτισης των συσσωρευτών καθορίζεται από διεθνή πρότυπα οργανισμών όπως είναι, για παράδειγμα, η International Electrotechnical Committee (IEC). Στο σχετικό πρότυπό της έχουν καθορισθεί οι ακόλουθοι τέσσερις τρόποι φόρτισης (modes):

- Απλή φόρτιση από μία συμβατική πρίζα (μονοφασική ή τριφασική)
- Απλή φόρτιση από μία συμβατική πρίζα που είναι εξοπλισμένη με μία ειδική διάταξη προστασίας των ηλεκτρικών οχημάτων
- Απλή φόρτιση ή ταχεία φόρτιση με χρήση ειδικού βύσματος για φόρτιση ηλεκτρικών οχημάτων με πολλούς ακροδέκτες (Multi pin)
- Ταχεία φόρτιση με χρήση ειδικής τεχνολογίας φόρτισης

Είναι φανερό ότι υπάρχει άμεση συσχέτιση μεταξύ του χρόνου φόρτισης και της απαιτούμενης ισχύος των σταθμών φόρτισης. Οι ακόλουθες απαιτήσεις ισχύουν για την παροχή εναλλασσομένου ρεύματος στις αντίστοιχες συσκευές φόρτισης των συσσωρευτών των ηλεκτρικών οχημάτων που ευρίσκονται τοποθετημένοι σε αυτά:

- Διάρκεια φόρτισης 6 – 8 ώρες με μονοφασική παροχή:

Τάση 230V, Ρεύμα 16A, Ισχύς 3kW

- Διάρκεια φόρτισης 4 – 6 ώρες με μονοφασική παροχή:

Τάση 230V, Ρεύμα 32A, Ισχύς 7kW

- Διάρκεια φόρτισης 2 – 4 ώρες με τριφασική παροχή:

Τάση 400V, Ρεύμα 16A, Ισχύς 11kW

- Διάρκεια φόρτισης 1 – 2 ώρες με τριφασική παροχή:

Τάση 400V, Ρεύμα 32A, Ισχύς 22kW

- Διάρκεια φόρτισης 20 – 30 λεπτά ώρας με τριφασική παροχή:

Τάση 400V, Ρεύμα 63A, Ισχύς 43kW

Έχει αναπτυχθεί μία εναλλακτική μέθοδος φόρτισης με χρήση συνεχούς ρεύματος η οποία είναι ένα σύστημα ταχείας φόρτισης με την ονομασία CHAdeMO (CHArge de MOve). Οι σχετικές συσκευές δεν αποτελούν απλά τερματικά ηλεκτρικής παροχής στα οποία συνδέεται η υπάρχουσα επί του οχήματος συσκευή φόρτισης. Αντίθετα, είναι πλήρεις και αυτόνομες, εκτός των ηλεκτρικών οχημάτων, συσκευές φόρτισης μεγάλης ισχύος οι οποίες παρέχουν συνεχές ρεύμα υψηλής έντασης απευθείας στο συσσωρευτή τους παρακάμπτοντας την υπάρχουσα συσκευή φόρτισης. Είναι αυτονόητο ότι τα για να χρησιμοποιηθεί αυτή τη διαδικασία φόρτισης, τα ηλεκτρικά οχήματα θα πρέπει να διαθέτουν μία κατάλληλη ηλεκτρική σύνδεση με την αναγκαία υποδοχή και το κατάλληλο ηλεκτρικό κύκλωμα. Η σχεδίαση ενός φορτιστή CHAdeMO εμπεριέχει τη χρήση ενός ελεγκτή ο οποίος λαμβάνει εντολές από το ηλεκτρικό όχημα μέσω διαύλου CAN (CAN bus) με συγκεκριμένο πρωτόκολλο επικοινωνίας και ο φορτιστής ρυθμίζει το ρεύμα φόρτισης ώστε να ανταποκρίνεται στην τιμή αναφοράς από το ηλεκτρικό όχημα. Με το μηχανισμό αυτό επιτυγχάνεται ταχεία και βέλτιστη διαδικασία φόρτισης σε συνάρτηση με την κατάσταση λειτουργίας του συσσωρευτή και το περιβάλλον χρήσης του ενώ προλαμβάνονται ενδεχόμενες ζημιές στο συσσωρευτή από υπερθέρμανση ή άλλα αίτια. Το σύστημα CHAdeMO είναι αρκετά διαδεδομένο και έχει προταθεί ως διεθνές βιομηχανικό πρότυπο ενώ η διαδικασία φόρτισης με χρήση συνεχούς ρεύματος αποτελεί αντικείμενο προς προτυποποίηση από διεθνείς οργανισμούς (π.χ. πρότυπο IEC 61296-3).

Οι σταθμοί φόρτισης με φορτιστές τύπου CHAdeMO συνήθως εγκαθίστανται κατά μήκος οδικών αξόνων ή σε άλλα σημεία στα οποία η ανάγκη φόρτισης των ηλεκτρικών οχημάτων πρέπει να ικανοποιηθεί στο συντομότερο χρονικό διάστημα (συνήθως σε 20 έως 30 λεπτά). Κατασκευαστές ηλεκτρικών οχημάτων της Ιαπωνίας έχουν ήδη ιδρύσει μία ανοικτή σύμπραξη ενδιαφερομένων εταιρειών και αρκετά Ιαπωνικά μοντέλα οχημάτων είναι κατασκευασμένα ώστε να χρησιμοποιούν αυτό το σύστημα ταχείας φόρτισης. Τα ηλεκτρικά οχήματα των Ευρωπαίων κατασκευαστών χρησιμοποιούν έως τώρα τη σχετικά ταχεία φόρτιση με παροχή εναλλασσομένου ρεύματος με ισχύ 21 kW, όπως αναφέρεται παραπάνω, η οποία συνδέεται με την υπάρχουσα συσκευή φόρτισης των ηλεκτρικών οχημάτων, αλλά δεν αποκλείεται μελλοντικά να χρησιμοποιήσουν την απευθείας φόρτιση με συνεχές ρεύμα. Ένα τέτοιο σημάδι είναι η αποδοχή του προτύπου IEC 62196 – 3 (Combo-System) το οποίο προβλέπει επαφές στις υποδοχές και τους ακροσυνδέσμους που είναι κατάλληλες για φόρτιση με συνεχές ρεύμα υψηλής έντασης.

Στην παρακάτω εικόνα παρουσιάζεται μία μικτή συσκευή ταχείας φόρτισης η οποία χρησιμοποιεί το σύστημα CHAdeMO με ισχύ 45 kW – 65kW και, εναλλακτικά, τη τριφασική παροχή εναλλασσομένου ρεύματος με ισχύ 21 kW. Με τον τρόπο αυτό, τα Ευρωπαϊκά Η/Ο που δεν διαθέτουν υποδοχή του συστήματος CHAdeMO μπορούν να συνδέονται για τη διαδικασία φόρτισής τους. Αυτές οι συσκευές έχουν τα ακόλουθα τεχνικά χαρακτηριστικά:

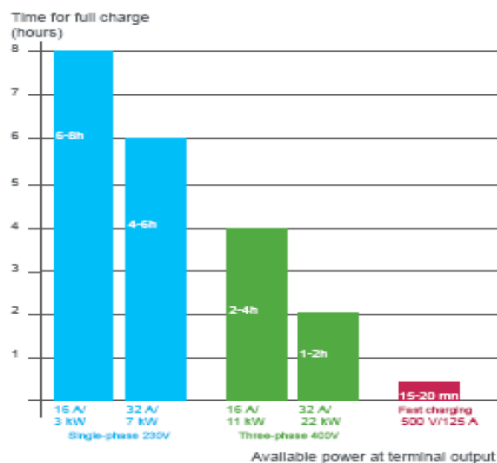
- **Τύποι και υποδοχές ακροσυνδέσμων:** Υπάρχει προσαρτημένο καλώδιο φόρτισης με ακροσύνδεσμο τύπου CHAdeMO για την ταχεία φόρτιση με συνεχές ρεύμα, όσων Η/Ο διαθέτουν την αντίστοιχη υποδοχή, το αντίστοιχο κύκλωμα και το σχετικό πρωτόκολλο επικοινωνίας για τον συνεχή έλεγχο και την αυτόματη ρύθμιση της φόρτισης. Επιπρόσθετα, υπάρχουν δύο υποδοχές (τύπου IEC 62196 – 2) για τη τριφασική σύνδεση εναλλασσομένου ρεύματος με ισχύ 21kW για κάθε μία.
- **Αριθμός αγωγών ανά υποδοχή (τύπου IEC 62196 – 2):** Πέντε αγωγοί ισχύος και δύο αγωγοί δεδομένων.
- **Πρόσβαση:** Με προπληρωμένη κάρτα ή ή οποιοδήποτε άλλο σύστημα ελέγχου της πρόσβασης και αυτόματης χρέωσης.



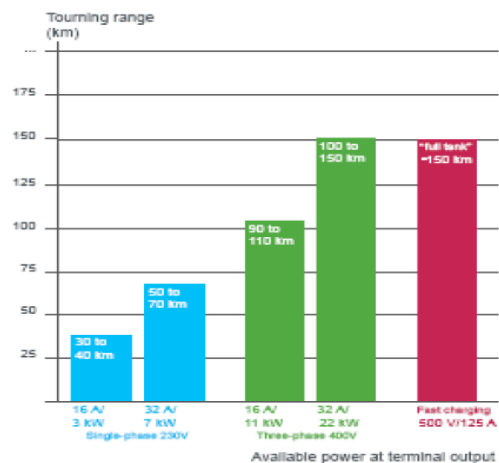
Εικόνα 4.1.b: Μικτή συσκευή ταχείας φόρτισης με εναλλασσόμενο και συνεχές ρεύμα [21]

Τα παραπάνω τεχνικά χαρακτηριστικά των σταθμών φόρτισης φαίνονται παραστατικά στο Διάγραμμα 4.1.a μαζί με τα ραβδογράμματα για τις αντίστοιχες αποστάσεις αυτονομίας των ηλεκτρικών οχημάτων που επιτυγχάνονται υποθέτοντας μία ώρα φόρτισης. Σημειώνεται ότι αυτές οι τιμές αφορούν την πλήρη διαδικασία επαναφόρτισης των συσσωρευτών ενώ μειωμένοι χρόνοι φόρτισης θα απαιτούνται για τη διαδικασία μερικής επαναφόρτισής τους (π.χ. κατά 85%). Από τις παραπάνω αναφερόμενες τιμές και το Διάγραμμα αυτό φαίνεται ότι η μείωση του χρόνου φόρτισης ισοδυναμεί με σημαντικές απαιτήσεις ισχύος που σημαίνει ότι απαιτούνται πιο ακριβές υποδομές (εγκαταστάσεις παροχής, φορτιστές).

How long does it take to charge EV?
(for "all-electric" car)



One hour's recharging for how many km travelled?
(for "all-electric" car)



Διάγραμμα 4.1.a: Τεχνικά χαρακτηριστικά των σταθμών φόρτισης και αντίστοιχες αποστάσεις αυτονομίας των ηλεκτρικών οχημάτων που επιτυγχάνονται υποθέτοντας μία ώρα φόρτισης [21]

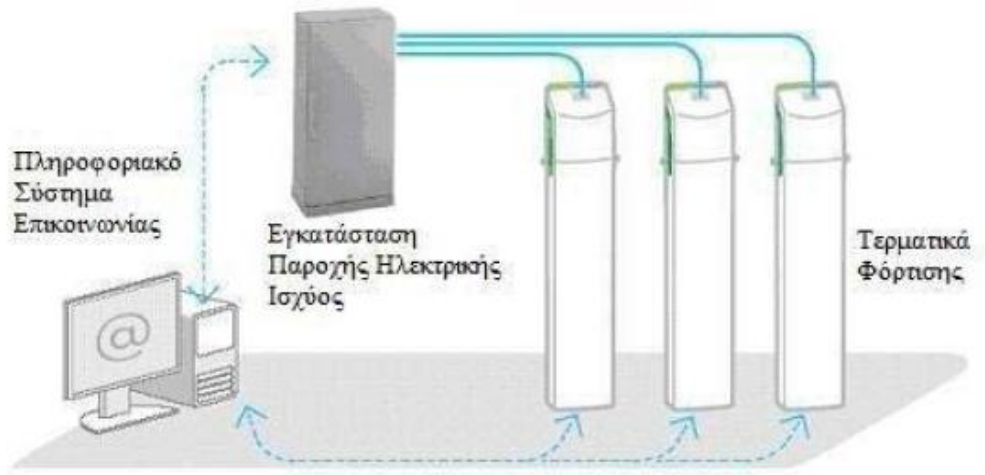
Επίσης, σημειώνεται ότι τα τελευταία χρόνια υπάρχει έντονο ερευνητικό ενδιαφέρον για την ανάπτυξη σταθμών φόρτισης που εφαρμόζουν μία διαφορετική διαδικασία φόρτισης με συνεχές ρεύμα η οποία επιτρέπει τη δυνατότητα άμεσης έγχυσης ηλεκτρικής ενέργειας με σημαντική τιμή ισχύος από εξωτερικό σύστημα συσσωρευτών που φορτίζονται με ξεχωριστό τρόπο. Αυτή η νέα διαδικασία φόρτισης έχει τα ακόλουθα πλεονεκτήματα:

- Δυνατότητα αυτόνομης τροφοδότησης που σημαίνει ότι δεν χρειάζονται υποδομές εναλλασσομένου ρεύματος με παροχές μεγάλων τιμών ηλεκτρικής ισχύος.
- Δυνατότητα χρήσης φωτοβολταϊκών συστημάτων για τη φόρτιση του εξωτερικού συστήματος συσσωρευτών έτσι ώστε να υπάρχει πλήρης αυτονομία του σχετικού σταθμού φόρτισης όσον αφορά την τοποθέτησή του.

Η διαδικασία φόρτισης των συσσωρευτών των ηλεκτρικών οχημάτων μπορεί να υλοποιηθεί με τους ενσωματωμένους φορτιστές τους. Στα πρώτα χρόνια χρησιμοποίησης των ηλεκτρικών οχημάτων, αναμένεται ότι η διαδικασία φόρτισής τους θα πραγματοποιείται από ιδιωτικούς σταθμούς φόρτισης που θα ευρίσκονται στις οικίες των κατόχων τους κατά τη διάρκεια της νύκτας ή στους χώρους εργασίας τους κατά τη διάρκεια της ημερήσιας απασχόλησής τους.

Επομένως, οι ηλεκτρικές εγκαταστάσεις αυτών των χώρων θα πρέπει να βελτιωθούν και να αναβαθμιστούν κατάλληλα έτσι ώστε να επιτρέψουν την ομαλή παροχή της απαιτούμενης ηλεκτρικής ισχύος σε συσχέτιση με τις αντίστοιχες απαιτήσεις ισχύος των υφιστάμενων συσκευών (π.χ. κλιματιστικά, κουζίνα, θερμοσίφωνα, άλλες συσκευές κίνησης, κλπ)

Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται παραστατικά ένα μοντέλο σταθμών φόρτισης με τρία τερματικά φόρτισης στα οποία συνδέονται τα καλώδια σύνδεσης με τα ηλεκτρικά οχήματα, η εγκατάσταση παροχής ηλεκτρικής ισχύος και το πληροφοριακό σύστημα επικοινωνίας με απομακρυσμένο σύστημα επιτήρησης και διαχείρισης της λειτουργίας τους. Για το σκοπό αυτό ένα σχετικό πρότυπο ευρίσκεται σε κατάσταση συγγραφής για τους τρόπους επικοινωνίας μεταξύ των συνδεδεμένων ηλεκτρικών οχημάτων και του δικτύου ηλεκτρικής παροχής.



Εικόνα 4.1.c: Μοντέλο σταθμών φόρτισης με τρία τερματικά φόρτισης, εγκατάσταση παροχής ηλεκτρικής ισχύος και σύστημα επικοινωνίας [21]

Ολοένα και περισσότερες προσπάθειες γίνονται για την αξιοποίηση των ΑΠΕ στους σταθμούς φόρτισης των ηλεκτρικών οχημάτων έτσι ώστε να επιτευχθεί η μείωση των ρύπων [21].



Εικόνα 4.1.d: Skyrump - ο πρώτος σταθμός φόρτισης αυτοκινήτων με ανεμογεννήτρια [21]

Η General Electric και η Urban Green Energy κατασκεύασαν τον πρώτο σταθμό φόρτισης που λειτουργεί με την αιολική ενέργεια στη Βαρκελώνη. Ο σταθμός ονομάζεται Skyrump και χρησιμοποιεί την ανεμογεννήτρια ειδικού τύπου «4K», ύψους 14 μέτρων, η οποία απαιτεί ανέμους ταχύτητας επτά μιλίων ανά ώρα για να αποδώσει. Η εγκατάσταση έγινε στα γραφεία της εταιρείας περιβαλλοντικών υπηρεσιών Cespra, ενώ αναμένονται ακόμα περισσότεροι στις Ηνωμένες Πολιτείες και στην Αυστραλία.

Παράλληλα , αρχιτέκτονες και σχεδιαστές ανά τον κόσμο εργάζονται ήδη για τον σχεδιασμό των πρώτων σταθμών φόρτισης για τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα, που πρόκειται να κυκλοφορήσουν σύντομα και στην ευρωπαϊκή αγορά. Ανάμεσά τους ανήκουν και προτάσεις οι οποίες εκτός από τη χρήση των ΑΠΕ, χαρακτηρίζονται και από ιδιαίτερα καλαίσθητη μορφή όπως φαίνετε στην παρακάτω εικόνα.



Εικόνα 4.1.e: Το «Ηλιακό Δάσος» του σχεδιαστή Νέβιλ Μαρς προφυλάσσει τα οχήματα από τον ήλιο ως χώρος στάθμευσης, ενώ τα φορτίζει παράλληλα[21]

Αυτού του είδους φόρτιση είναι πολύ εύκολη αφού δεν χρειάζεται κάποια εξωτερική παρέμβαση, όμως ο χαμηλός βαθμός απόδοσης των φωτοβολταϊκών κυττάρων, το υψηλό κόστος καθώς και ο κίνδυνος της φθοράς που διατρέχουν είναι πολύ σημαντικά μειονεκτήματα που εμποδίζουν προς το παρόν την εξάπλωσή τους στη χρήση ηλεκτροκίνητων οχημάτων.

Πολλές εταιρείες διεθνώς έχουν αρχίσει την εγκατάσταση σταθμών φόρτισης με δίκτυο χρέωσης. Οι σημαντικότερες από αυτές είναι: Elektromotive, Park and Power, Aerovironment Inc., PEP stations, POD Point, Ville de Paris, CirCarLife, Mobi.e, Better Place και Coulomb Technologies. Δύο από τις σημαντικότερες προκλήσεις που έχουν να συναντήσουν αυτές οι εταιρείες είναι η ιδέα της άμεσης αντικατάστασης της άδειας μπαταρίας με πλήρως φορτισμένης, έτσι ώστε να μην τίθεται θέμα φόρτισης από τη μεριά του πελάτη.

4.2. Η V2G (vehicle to grid) διαδικασία

Στην ενότητα αυτή θα διερευνηθεί το πρότυπο “vehicle to grid” (Εικόνα 4.2.a) ως προς την δομή και την λειτουργία του καθώς και οι τύποι οχημάτων στους οποίους αυτό βρίσκει εφαρμογή [22].



Εικόνα 4.2.a: Plug in όχημα

Τα ηλεκτρικά οχήματα δεν αποτελούν απλά μια τεχνολογική εξέλιξη στο τομέα των μεταφορών και της αυτοκινητοβιομηχανίας αλλά και μια πρόκληση για τα δίκτυα ηλεκτρικής ενέργειας. Τα ηλεκτρικά οχήματα συμπεριφέρονται σαν μπαταρίες που εκφορτίζονται κατά τη διάρκεια των μετακινήσεων, ανάλογα με ανάγκες και την οδηγική συμπεριφορά του χρήστη, και φορτίζονται από το δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας κατά τη διάρκεια της στάθμευσης τους, ανάλογα με τις ανάγκες του χρήστη και την τιμολογιακή πολιτική που επιθυμεί να ακολουθήσει. Τα ηλεκτρικά οχήματα ως παθητικά στοιχεία αποτελούν ένα νέο είδος φορτίου για τα δίκτυα ηλεκτρικής ενέργειας και πιθανή μεγάλη διείσδυση ηλεκτρικών οχημάτων μπορεί να επιβαρύνει αισθητά το ηλεκτρικό δίκτυο και να επηρεάσει αρνητικά τον ενεργειακό και αναπτυξιακό προγραμματισμό τους.

Αναλογιζόμενοι τη λειτουργία των μπαταριών σε ένα μικροδίκτυο με την αμφίδρομη ανταλλαγή ενέργειας μεταξύ μπαταρίας-δικτύου, η στατική θεώρηση των ηλεκτρικών οχημάτων μπορεί να επεκταθεί σε μια πιο δυναμική συμπεριφορά σύμφωνα με την οποία τα ηλεκτρικά οχήματα μπορούν να παρέχουν ενέργεια στο δίκτυο όταν αυτό είναι επιβαρυνμένο, π.χ. απογευματινές ώρες για τα νοικοκυριά ή μεσημεριανές ώρες

στο ωράριο εργασίας, και να φορτίζονται σε ώρες μη αιχμής, πχ το βράδυ (V2G concept).

Με τον όρο V2G (vehicle to grid) αναφερόμαστε στη διαδικασία μεταφοράς ενέργειας από την πλευρά των οχημάτων προς την αντίστοιχη των συστημάτων ενέργειας, όταν τα ηλεκτρικά οχήματα είναι σταθμευμένα. Τα ηλεκτρικά οχήματα που θεωρούμε εδώ μπορεί να είναι μπαταρίας, κυψελών καυσίμου ή υβριδικά οχήματα με δυνατότητα σύνδεσης στο δίκτυο (plug-in hybrid). Ιδίως τα τελευταία είναι γνωστά με το όνομα PHEV (Plug-in HEV). Μία περαιτέρω διάκριση μπορεί να γίνει στα PHEV με βάση την αυτονομία τους αν κινηθούν αμιγώς ηλεκτρικά. Η αυτονομία τους δηλώνεται με τον αριθμό των χιλιομέτρων που μπορούν να διανύσουν. Για παράδειγμα ένα PHEV30 μπορεί να διανύσει ηλεκτρικά 30 χιλιόμετρα. Η αυτονομία τους αγγίζει με βάση τα σημερινά δεδομένα τα 60 χιλιόμετρα, ενώ αυξάνεται συνεχώς χρησιμοποιώντας ολοένα και αποδοτικότερες μπαταρίες. Έχει παρατηρηθεί η προσπάθεια ιδιωτών να μετατρέψουν τα υβριδικά ηλεκτρικά οχήματα τους σε PHEV κατασκευάζοντας φορτιστές για τη φόρτιση από το δίκτυο χωρίς, πάντοτε, τα καλύτερα αποτελέσματα για το αυτοκίνητο τους.

Επίσης διαθέτουν ηλεκτρονικά ισχύος που μετατρέπουν την εναλλασσόμενη τάση του δικτύου σε συνεχή για τη φόρτιση της μπαταρίας του οχήματος ή μπορούν να λειτουργήσουν κι αντίστροφα, μετατρέποντας τη συνεχή τάση από το όχημα στην εναλλασσόμενη τάση του δικτύου και στη συχνότητα του δικτύου.

Σύμφωνα με τη διαδικασία που περιγράφεται παραπάνω, τα ηλεκτρικά οχήματα θα μπορούν να φορτίζουν κατά τη διάρκεια χαμηλής ζήτησης της ισχύος και να εκφορτίζουν όταν η ζήτηση είναι υψηλή. Παράλληλα η δομή των ενεργειακών συστημάτων είναι τέτοια, που θα πρέπει ανά πάσα στιγμή να ισχύει το ισοζύγιο ανάμεσα στην παραγωγή και το φορτίο. Με αυτόν τον τρόπο εξασφαλίζεται η σταθερότητα των τιμών τάσης και συχνότητας που με τη σειρά τους καθορίζουν την ποιότητα της προσφερόμενης ισχύος. Έτσι δημιουργώντας κανείς ένα στόλο οχημάτων και εκμεταλλεύοντας τόσο τη χωρητικότητα όσο και την ταχεία απόκριση των μπαταριών, θα μπορούσε να συγκεντρώσει ένα σημαντικό ποσό ισχύος προς εφεδρεία για τις αιχμές που θα παρουσιάζονται στη ζήτηση ισχύος. Επίσης ο στόλος των οχημάτων μπορεί να συμμετέχει στη ρύθμιση συχνότητας, ενώ μελλοντικές

σκέψεις κάνουν λόγο και για χρησιμοποίηση των οχημάτων προς αποθήκευση ενέργειας η οποία θα προέρχεται από τα εγκατεστημένα συστήματα ανανεώσιμων πηγών (φωτοβολταϊκά και ανεμογεννήτριες).

Για την ‘επικοινωνία’ μεταξύ οχημάτων και δικτύου απαιτούνται δύο συνδέσεις:

- Σύνδεση ισχύος που θα επιτρέπει τη ροή ισχύος και τη σύνδεση ελέγχου, η οποία θα αναλύει το σήμα ενέργειας που θα φτάνει στο όχημα και θα ρυθμίζει και θα καταγράφει τη μεταφερόμενη V2G ενέργεια ανά πάσα στιγμή.
- Σύνδεση ελέγχου μπορεί να είναι εγκατεστημένη σε ειδικό on-board σύστημα κάθε ηλεκτρικού αυτοκινήτου, σε ένα δημόσιο σταθμό φόρτισης ή ακόμα να είναι υπό την επίβλεψη του διαχειριστή στόλου ηλεκτρικών αυτοκινήτων (aggregator). Η σημασία του συστήματος ελέγχου είναι ακόμα μεγαλύτερη αν αναλογιστεί κανείς ότι η V2G ενέργεια συνήθως κοστολογείται πολύ περισσότερο από το κόστος παραγωγής της και άρα θα πρέπει να υπάρχει ακρίβεια στη ζητούμενη ποσότητα ανά πάσα στιγμή συναλλαγής.

Όπως προαναφέρθηκε ο στόλος ηλεκτρικών οχημάτων θα βρίσκεται υπό την επίβλεψη ενός διαχειριστή, ο οποίος θα αποτελεί το διαμεσολαβητή μεταξύ του στόλου και του κεντρικού διαχειριστή του ενεργειακού συστήματος. Ο διαμεσολαβητής (aggregator) θα επικοινωνεί με τον κεντρικό διαχειριστή (στην περίπτωση του ελληνικού ηπειρωτικού συστήματος το ρόλο αυτό έχει το ΔΕΣΜΗΕ, ενώ για τα μη διασυνδεδεμένα νησιά η ΔΕΗ) μέσω σημάτων, τα οποία στη συνέχεια θα διαβιβάζονται σε κάθε όχημα ξεχωριστά. Μάλιστα η αυτοκινητοβιομηχανία έχει μεριμνήσει ώστε το σύστημα επικοινωνίας να αποτελεί βασικό κομμάτι σε κάθε όχημα. Επίσης πρέπει να αναφερθεί ότι το τμήμα αυτό ονομάζεται ‘telematics’ και η βασική λειτουργία που προσφέρει έχει να κάνει με τη δήλωση του οχήματος σε ηλεκτρονική βάση δεδομένων με τη χρήση μοναδικής ηλεκτρονικής ταυτότητας(π.χ. αριθμός διαδικτυακού πρωτοκόλλου, IP), το οποίο θα εξυπηρετεί στην καταγραφή της συνολικής ανταλλαγής ενέργειας μεταξύ οχήματος και κεντρικού δικτύου, που θα αποσκοπεί στην ακριβή χρέωση σε κάθε λογαριασμό. Παράλληλα μέσω του ‘telematics’ θα γίνεται δυνατός ο εντοπισμός θέσης του ηλεκτρικού οχήματος μέσω του Παγκόσμιου Συστήματος Θέσης (GPS) ή ακόμη και του υπάρχοντος συστήματος

κινητής τηλεφωνίας. Οι δύο παραπάνω λειτουργίες του on-board συστήματος ηλεκτρικών, αυτοκινήτων (μέτρηση συναλλασσόμενης ενέργειας, εντοπισμός θέσης) είναι απαραίτητες για τη συμμετοχή τους στα διάφορα μοντέλα αγορών V2G, καθώς ανά πάσα στιγμή ο aggregator θα πρέπει να γνωρίζει τη θέση, τη διαθεσιμότητα και τη στάθμη φόρτισης όλων των οχημάτων που βρίσκονται στο στόλο που διαχειρίζεται. μπορεί να είναι εγκατεστημένη σε ειδικό on-board σύστημα κάθε ηλεκτρικού αυτοκινήτου, σε ένα δημόσιο σταθμό φόρτισης ή ακόμα να είναι υπό την επίβλεψη του διαχειριστή στόλου ηλεκτρικών αυτοκινήτων (aggregator). Η σημασία του συστήματος ελέγχου είναι ακόμα μεγαλύτερη αν αναλογιστεί κανείς ότι η V2G ενέργεια συνήθως κοστολογείται πολύ περισσότερο από το κόστος παραγωγής της και άρα θα πρέπει να υπάρχει ακρίβεια στη ζητούμενη ποσότητα ανά πάσα στιγμή συναλλαγής.

4.3. Τύποι οχημάτων στα οποία απευθύνεται

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως η αρχή λειτουργίας ενός οχήματος Vehicle to Grid είναι ότι αυτό το ηλεκτρικό όχημα είναι σε θέση, πέραν του να απορροφά ενέργεια από το δίκτυο για την λειτουργία του, να αποδίδει και ενέργεια στο δίκτυο. Έχουμε επομένως ένα όχημα που εντελώς απλοϊκά φορτίζει τη μπαταρία του σε ώρες χαμηλής τιμής της κιλοβατώρας και αποδίδει ενέργεια στο δίκτυο σε πιο συμφέρουσες για αυτό ηλεκτρικές αγορές, όπως είναι οι αγορές Αιχμής, Εφεδρείας και Ρύθμισης. Με τον τρόπο αυτό αφενός ο ιδιοκτήτης ενός V2G οχήματος αποκτά επιπλέον κέρδος και αφετέρου προκύπτουν σημαντικά περιβαλλοντικά και γενικότερα οφέλη.

Τόσο τα αμιγώς ηλεκτροκίνητα, όσο και τα αυτοκίνητα υδρογόνου και τα υβριδικά είναι κατάλληλα για το μοντέλο V2G, άλλα σε μεγαλύτερο και άλλα σε μικρότερο βαθμό.

Στον πίνακα που ακολουθεί βλέπουμε για καθένα από τα προαναφερόμενα οχήματα την καταλληλότητα τους στις διάφορες αγορές ηλεκτρικής ενέργειας καθώς και το είδος της διασύνδεσης.

EDV Type	Interconnection	Potential electricity markets			
		Base-load	Peak	Spinning reserves	Regulation up/down
Battery	Two-way electrical (low cost logic modification to conductive charger)	×	√	√	√
Hybrid using storage	Two-way electrical	×	?	?	√
Hybrid using motor-generator	Electric from vehicle to grid; possible natural gas to vehicle	×	?	?	?
Fuel cell	Electric from vehicle; natural gas/H ₂ to vehicle	×	√	√	√

Πίνακας 4.3: Καταλληλότητα EDVs σε διάφορες αγορές ενέργειας

Όπως προκύπτει και από τον παραπάνω πίνακα μεγαλύτερο εύρος εφαρμογής τυγχάνει το ηλεκτρικό όχημα συσσωρευτή και το όχημα κυψελών καυσίμου. Ειδικότερα το ηλεκτρικό όχημα συσσωρευτή, πρόκειται για όχημα που διαθέτει ήδη τον απαιτούμενο εξοπλισμό για σύνδεση στο δίκτυο καθώς και την πύλη φόρτισής του. Η μόνη τροποποίηση που απαιτείται προκύπτει από την ανάγκη αμφίδρομης ροής της ισχύος, ζήτημα που διευθετείται εύκολα με κατάλληλα ηλεκτρονικά ισχύος που επιτρέπουν διπλή ροή. Επιπλέον, η καταλληλότητα του οχήματος κυψελών καυσίμου εξαρτάται σημαντικά από την τιμή του υδρογόνου, για το οποίο βέβαιες εκτιμήσεις είναι δύσκολο να γίνουν.

4.4. «Ευφυή δίκτυα»

Τα υφιστάμενα ηλεκτρικά δίκτυα, και κυρίως τα ευαίσθητα μικρά αυτόνομα ηλεκτρικά δίκτυα των μη διασυνδεδεμένων νησιών δεν είναι σε θέση να δεχθούν διείσδυση ηλεκτρικών αυτοκινήτων χωρίς την αναβάθμισή τους και την ένταξη σε αυτά ειδικών κέντρων ελέγχου και διαχείρισης των φορτίων.

Τα «ευφυή δίκτυα» είναι η αναγκαία συνθήκη ώστε αφενός να καταστεί δυνατή η διείσδυση ηλεκτρικών αυτοκινήτων ειδικά σε μικρά αυτόνομα συστήματα, καθώς επίσης και η βέλτιστη ενσωμάτωση στο δίκτυο των αποκεντρωμένων ενεργειακών πηγών και των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και αφ' ετέρου η συλλογή πληροφοριών για τα χαρακτηριστικά της ζήτησης, με στόχο την ενίσχυση και βελτίωση της διαχείρισης και του ελέγχου των συστημάτων αυτών. Μόνο με τα ευφυή δίκτυα θα γίνει δυνατή η γενικευμένη χρήση ηλεκτρικών αυτοκινήτων νέας γενιάς, τα οποία θα τροφοδοτούνται από ΑΠΕ και θα επικοινωνούν με το δίκτυο ώστε

η αποθήκευση της ενέργειας στους συσσωρευτές να γίνεται εκτός αιχμής, ή/και ώστε οι συσσωρευτές να λειτουργούν προς την αντίθετη κατεύθυνση, αν υπάρχουν εξαιρετικές ανάγκες. Επιπλέον, η ύπαρξη ενός μεγάλου στόλου από ηλεκτροκίνητα οχήματα που παρέχουν υπηρεσίες στο δίκτυο συμβάλλουν στη μεγαλύτερη αξιοπιστία του. Από την άλλη, ένας τέτοιος στόλος οχημάτων V2G αποτελεί εν δυνάμει «αποθήκη» ενέργειας, γεγονός που εξυπηρετεί τη μεγαλύτερη διείσδυση ΑΠΕ.

Σημαντικές παράμετροι της τεχνολογίας των «ευφών Δικτύων» είναι μεταξύ άλλων τα Κέντρα Ελέγχου Ενέργειας και η Διαχείριση Φορτίου:

Κέντρα ελέγχου ενέργειας: Πρόκειται για μια βασική τεχνολογία χάρη στην οποία μπορεί να αυτοματοποιηθεί και να βελτιστοποιηθεί η λειτουργία των τοπικών συστημάτων στα νησιά.

Βασικές λειτουργίες ενός Κέντρου Ελέγχου Ενέργειας είναι οι παρακάτω:

- Πρόβλεψη φορτίου και ισχύος ΑΠΕ (βραχυπρόθεσμη και μακροπρόθεσμη)
- Βελτιστοποίηση της συμβατικής ηλεκτροπαραγωγής
- Καθορισμός του ποσοστού διείσδυσης των ΑΠΕ και κατανομή της ισχύος στους επιμέρους σταθμούς
- Διαχείριση των συστημάτων αποθήκευσης ενέργειας
- Αλγόριθμοι διαχείρισης ζήτησης και εργαλεία για την ενσωμάτωση ειδικών φορτίων όπως οι μονάδες αφαλάτωσης που τροφοδοτούνται από ΑΠΕ
- Δυναμική αξιολόγηση θεμάτων ασφάλειας

Διαχείριση φορτίου: Μπορεί να αποτελέσει πολύτιμο εργαλείο για την αύξηση του βαθμού διείσδυσης των ΑΠΕ, τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης και τη διαχείριση της ανεπάρκειας ισχύος σε συνθήκες φορτίου αιχμής, όταν η αύξηση της εγκατεστημένης ισχύος δε συμβαδίζει με την αύξηση της ζήτησης.

Ο σχεδιασμός και η εφαρμογή τέτοιων μέτρων δεν είναι δυνατά σήμερα, καθώς το φορτίο δεν παρακολουθείται και δεν ελέγχεται, παρά μόνο σε επίπεδο κεντρικού σταθμού παραγωγής σε κάθε νησί. Η εγκατάσταση έξυπνων μετρητών ηλεκτρικού ρεύματος για τους χρήστες των νησιών, σε συνδυασμό με λειτουργίες εξ'

αποστάσεως ανάγνωσης και διαχείρισης των μετρητών, θα αποτελέσει ένα πολύτιμο εργαλείο προς αυτή την κατεύθυνση. Οι έξυπνοι μετρητές ηλεκτρικού ρεύματος με την κατάλληλη τηλεπικοινωνιακή υποδομή θα δώσουν τη δυνατότητα παρακολούθησης και ελέγχου του φορτίου σε πραγματικό χρόνο. Θα παρέχουν επίσης χρήσιμη πληροφορία σχετικά με τους τύπους του φορτίου και τα χαρακτηριστικά αυτού (π.χ. ημερήσια και εποχιακή διακύμανση ανά κατηγορία χρηστών), με στόχο το σχεδιασμό μέτρων αύξησης της ενεργειακής απόδοσης και τη διαμόρφωση σχετικών κινήτρων, την υλοποίηση τεχνικών διαχείρισης της αιχμής κ.α. Επιπλέον, με τους έξυπνους μετρητές θα είναι δυνατή η παρακολούθηση παραμέτρων όπως η συνέχεια του εφοδιασμού καθώς και ορισμένα ποιοτικά χαρακτηριστικά της ισχύος, παράμετροι που συχνά προκαλούν ανησυχία σε περιπτώσεις ασθενών και απομονωμένα δικτύων, όπως αυτά των νησιών, ιδίως όταν η διείσδυση των ΑΠΕ είναι υψηλή.

Το ηλεκτρικό όχημα με συσσωρευτή, ως μονάδα διεσπαρμένης παραγωγής, εφόσον καταστεί οικονομικά βιώσιμη και συμφέρουσα τεχνολογία δύναται αφενός να λειτουργήσει ως συνδετικός κρίκος μεταξύ ΑΠΕ και δικτύου και αφετέρου μπορεί να συμβάλλει κατά τρόπο αξιόπιστο στη μείωση της αιχμής ζήτησης και στη μείωση εκπομπών ΑΤΘ, ενισχύοντας παράλληλα και την αξιοπιστία του δικτύου με την παροχή Επικουρικών Υπηρεσιών.

4.4.1. Έλεγχος: ασύρματη πρόσβαση, προσδιορισμός θέσης, ενσωματωμένος μετρητής

Καθώς η αυτοκινητοβιομηχανία εξελίσσεται, οι πραγματικού χρόνου τηλεπικοινωνίες καθίστανται μέρος του οχήματος. Αυτό ήδη συμβαίνει σε οχήματα πολυτελείας και αναμένεται σύντομα να αποτελεί πραγματικότητα και για κάθε ένα μοντέλο νέου οχήματος, οπότε η διείσδυση της τηλεματικής είναι κάτι που συμβαίνει ανεξάρτητα από το ηλεκτροκίνητο όχημα.

Η τηλεματική προσφέρει στο όχημα δυνατότητες όπως ασύρματη σύνδεση στο δίκτυο, προσδιορισμός θέσης πραγματικού χρόνου, αυτοματοποιημένη διόρθωση μηχανικών βλαβών, προσδιορισμό της εγγύτερης θέσης διάθεσης καυσίμων και πολλές ακόμη δυνατότητες. Οι νέες αυτές δυνατότητες υποδεικνύουν νέα μοντέλα επιχειρήσεων με αθροιστές που θα συγκεντρώνουν μεγάλο αριθμό οχημάτων και θα

πωλούν υπηρεσίες στο δίκτυο. Αυτό καθίσταται ευχερέστερο, καθώς η τηλεματική προσφέρει τη δυνατότητα προσθήκης μοναδικού ανιχνευτή για κάθε όχημα, όπως είναι ο αριθμός IP[Internet Protocol].

Το φυσικό μέσο για την τηλεματική σύνδεση είναι το ραδιόφωνο, μέσω της εκπομπής σημάτων ή της χρήσης του υπάρχοντος δικτύου κινητής τηλεφωνίας. Μεσοπρόθεσμα, το καλύτερο σύστημα φαίνεται να είναι το GPRS[General Packet Radio Service] που επιτρέπει αδιάκοπη ασύρματη σύνδεση.

Ο προσδιορισμός της θέσης του οχήματος μπορεί να γίνει είτε με ένα σύστημα GPS[General Positioning System] είτε μέσω του δικτύου κινητής τηλεφωνίας. Στη δεύτερη περίπτωση, ο προσδιορισμός είναι φθηνός μα όχι ιδιαίτερα ακριβής. Τα 2/3 του χρόνου η εκτίμηση έχει διακύμανση 100 μέτρων, ενώ το 95% του χρόνου η εκτίμηση της θέσης έχει διακύμανση 300 μέτρων, ακρίβεια που δεν αρκεί για κάποια μοντέλα επιχειρήσεων V2G. Με χρήση GPS η αντίστοιχη ακρίβεια είναι 50 μέτρα για τα 2/3 του χρόνου και 150 μέτρα στο 95% των περιπτώσεων. Στην περίπτωση που απλά θέλουμε να προσδιορίσουμε αν το όχημα μας βρίσκεται στο χώρο εργασίας ή στο χώρο στάθμευσης της οικίας, ακόμα και το δίκτυο του κινητού τηλεφώνου επαρκεί. Αδυνατεί όμως να προσδιορίσει τις κοντινότερες θέσεις στάθμευσης σε περίπτωση κίνησης του οχήματος ή την διάκριση δύο γειτονικών αμφότερα ηλεκτροκίνητων οχημάτων. Αυτές οι δυνατότητες μπορούν να υλοποιηθούν μέσω GPS διαφορικού σήματος από το RDS.[Radio Data System]. Υψηλότερη ακρίβεια επιτυγχάνεται με την προϋπόθεση πως το όχημα θα παραμείνει στη θέση του για 5 λεπτά τουλάχιστον, δέσμευση σύμφωνη με το V2G μοντέλο. Φυσικά, καθώς τέτοιες τηλεματικές υπηρεσίες έχουν ένα επιπλέον κόστος, πρέπει να εγκαθίστανται στο όχημα μόνο σε περίπτωση που υπάγεται σε συγκεκριμένο επιχειρηματικό μοντέλο συναθροιστή που δικαιολογεί και «αποπληρώνει» μια τέτοια επένδυση.

Εναλλακτικά, μπορούμε να μεταδώσουμε τον αναγνωριστικό αριθμό του μετρητή της μονάδας φόρτισης στο όχημα, είτε μέσω ασύρματου καναλιού είτε μέσω του υπάρχοντος pilot signal. Το υπαρκτό κανάλι των μονοφασικών και τριφασικών σταθμών φόρτισης είναι ένα σύρμα που φέρει το πιλοτικό σήμα και συνδέεται μαζί με τον αγωγό ισχύος στο όχημα, όταν αυτό είναι συνδεδεμένο. Το πιλοτικό αυτό σήμα μεταφέρει την ικανότητα ρεύματος μέσω τετραγωνικού παλμού συχνότητας ενός kHz, πληροφορία χρήσιμη στο όχημα για τον περιορισμό της ισχύος που μπορεί να

«τραβήξει». Σύμφωνα με τη βιομηχανία σταθμών φόρτισης ένας σειριακός αριθμός θα μπορούσε να προστεθεί σ' αυτό το πιλοτικό σήμα, αλλαγή που είναι συμβατή με τον υπάρχοντα εξοπλισμό. Εναλλακτικά, ο σειριακός αριθμός θα μπορούσε να μεταφερθεί από τον σταθμό φόρτισης στο όχημα και με την τεχνολογία Bluetooth.

Σε περίπτωση που το ηλεκτροκίνητο όχημα πουλά στο δίκτυο υπηρεσίες από διαφορετικές θέσεις, πρέπει να είναι εφοδιασμένο με ειδικό ενσωματωμένο μετρητή (έξυπνο μετρητή), διάφορο από το γενικό μετρητή ώστε να μπορούμε να καθορίσουμε υπηρεσίες που προσφέρθηκαν και ισχύς που απορροφήθηκε από καθεμιά ξεχωριστά θέση φόρτισης. Επομένως, για ένα όχημα που πουλά ενέργεια εκτός του οικιακού χώρου στάθμευσης ο μετρητής εντός του οχήματος και η δυνατότητα ακριβούς προσδιορισμού θέσης είναι αμφότερες απαραίτητες.

Δεδομένων αυτών των τηλεπικοινωνιακών δυνατοτήτων, ένας αθροιστής V2G ισχύος θα γνωρίζει τη θέση και την κατάσταση του διασκορπισμένου στόλου του, όπως την αποθηκευμένη ενέργεια, τη διαθεσιμότητα και τον μετρητή στον οποίο είναι συνδεδεμένος ο χρήστης. Οι παραπάνω δυνατότητες θεωρούνται ήδη εγκατεστημένες σε ένα EDV ή ελάχιστα δαπανηρή η εγκατάστασή τους και έτσι στην ανάλυση που θα ακολουθήσει δεν λαμβάνεται υπόψη κόστος τηλεματικών διασυνδέσεων, δεδομένου πως ένα σύνολο έξυπνων μετρητών δεν θα χρησιμοποιούνται αποκλειστικά για V2G εφαρμογές [22].

Κεφάλαιο 5: Ένταξη ηλεκτρικών οχημάτων στο ηλεκτρικό δίκτυο

5.1. Φάσεις διείσδυσης

Η ενσωμάτωση των ηλεκτρικών οχημάτων στο δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας θα πρέπει να γίνει σταδιακά έτσι ώστε να εξασφαλίζεται η εξυπηρέτηση αυτού του επιπρόσθετου φορτίου χωρίς να διαταράσσεται η ομαλή λειτουργία του δικτύου. Παράλληλα, θα πρέπει να αναπτυχθούν και τα απαραίτητα νομοθετικά πλαίσια που καθορίζουν τα ρυθμιστικά ζητήματα για τη φόρτιση των ηλεκτρικών οχημάτων.

Στο παρακάτω διάγραμμα παρουσιάζονται οι τρεις φάσεις ενσωμάτωσης των ηλεκτρικών οχημάτων στο δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας όπως καθορίστηκαν στα

πλαίσια του ερευνητικού προγράμματος MERGE [23,24]. Κάθε μια φάση εξυπηρετεί έναν συγκεκριμένο στόχο και απαιτεί είτε την επέκταση των αρμοδιοτήτων των υπαρχόντων παικτών στο χώρο της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας είτε την ανάπτυξη νέων που εξυπηρετούν συγκεκριμένες διεργασίες για την αποδοτική σύνδεση των ηλεκτρικών οχημάτων στο δίκτυο.



Διάγραμμα 5.1: Φάσεις ενσωμάτωσης ηλεκτρικών αυτοκινήτων στο δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας

➤ **Καταλυτική Φάση**

Η σημαντικότερη τροχοπέδη στην ενσωμάτωση των ηλεκτρικών οχημάτων στο δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας είναι οι ψυχολογικοί ενδοιασμοί των υποψήφιων ιδιοκτητών ηλεκτρικών οχημάτων σχετικά με την επάρκεια σταθμών φόρτισης σε πολλαπλά σημεία. Αυτό θα επιτρέψει την φόρτιση των οχημάτων και σε ιδιωτικούς ή δημόσιους χώρους, εκτός οικίας, προσφέροντας τη δυνατότητα για μεγαλύτερες διανυόμενες ημερήσιες αποστάσεις. Στόχος της καταλυτικής φάσης είναι η ανάπτυξη επαρκούς δικτύου φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων που θα λειτουργήσει ως κίνητρο για την διευκόλυνση της διείσδυσης των ηλεκτρικών οχημάτων.

Ο διαχειριστής του συστήματος θα πρέπει να εξασφαλίζει την ομαλή παροχή ισχύος προς τα ηλεκτρικά οχήματα χωρίς να γίνεται διάκριση, υπέρ ή κατά, των υπολοίπων καταναλωτών.

Στο συγκεκριμένο στάδιο, δεν αναμένεται να υπάρξουν πολύπλοκοι μηχανισμοί φόρτισης, οπότε δεν θα προσφέρεται η δυνατότητα αυτοματοποιημένου ελέγχου της φόρτισης.

➤ **Φάση εδραίωσης**

Η έναρξη της φάσης εδραίωσης αναμένεται να αρχίσει όταν η διείσδυση των ηλεκτρικών οχημάτων γίνει σχετικά έντονη σε σύγκριση με τα υπόλοιπα φορτία του δικτύου. Εκτιμάται ότι θα ξεκινήσει στο μεσοπρόθεσμο διάστημα και επομένως δεν απαιτεί άμεση μέριμνα. Η φάση εδραίωσης είναι ουσιαστικά η φάση κατά την οποία θα πρέπει να αναπτυχθούν συστήματα ελεγχόμενης φόρτισης του στόλου των ηλεκτρικών οχημάτων, με σκοπό να μην διαταραχθεί η ομαλή λειτουργία του δικτύου.

Ο έλεγχος της φόρτισης των ηλεκτρικών οχημάτων δίνει την δυνατότητα ανάπτυξης νέων επιχειρηματικών μοντέλων, όπως του Προμηθευτή/Συναθροιστή Ηλεκτρικής ενέργειας (EV Supplier/Aggregator - EVS/A), ο οποίος είναι υπεύθυνος για την αγορά της απαιτούμενης ισχύος από την αγορά ηλεκτρικής ενέργειας και τη διαχείριση του φορτίου των ηλεκτρικών οχημάτων.

Ο προγραμματισμός της φόρτισης των ηλεκτρικών οχημάτων από τον EVS/A θα πρέπει να μην επηρεάζει τη λειτουργία του δικτύου. Για το λόγο αυτό, η έγκριση του προγραμματισμού από τον διαχειριστή του συστήματος είναι απαραίτητη.

➤ **Προχωρημένη Φάση**

Η φάση αυτή ανταποκρίνεται σε μακροπρόθεσμα και ιδιαίτερα αισιόδοξα σενάρια. Στη φάση αυτή τα ηλεκτρικά οχήματα είναι σε θέση να προσφέρουν επικουρικές υπηρεσίες (Vehicle-to-Grid, V2G), ωστόσο, μία τέτοια χρήση των οχημάτων βρίσκεται σε πρώιμο στάδιο και δεν είναι γνωστό αν μπορεί να αποδειχθεί κερδοφόρα. Η συμμετοχή των ηλεκτρικών οχημάτων σε επικουρικές υπηρεσίες, όπως ο έλεγχος της τάσης και η ρύθμιση της συχνότητας, μπορεί να αποδειχθεί ωφέλιμη τόσο για την λειτουργία του δικτύου όσο και την για την αύξηση της διείσδυσης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

5.2. Νέα επιχειρηματικά μοντέλα

5.2.1. Διαχειριστής της φόρτισης των ηλεκτρικών οχημάτων ή Διαχειριστής του σημείου φόρτισης (ΔΣΦ)

Ο ρόλος του ΔΣΦ δύναται να είναι διπλός: α) ως τελικός πελάτης ο ΔΣΦ μπορεί να αγοράζει την απαιτούμενη ηλεκτρική ενέργεια για να φορτίσει το ηλεκτρικό όχημα που έχει στη κατοχή του ή β) ως ένα νέο επιχειρηματικό μοντέλο μπορεί να προμηθεύεται από την αγορά ένα ποσό ενέργειας, το οποίο μπορεί να μεταπουλά, μέσω διμερών συμβολαίων, σε άλλους ιδιοκτήτες ηλεκτρικών οχημάτων που συνδέονται σε έναν σταθμό φόρτισης.

Παραδείγματα επιχειρηματικών μοντέλων διαχείρισης της φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων παρουσιάζονται παρακάτω:

- Ένας αστικός πελάτης που εγκαθιστά ένα σημείο φόρτισης στο γκαράζ του σπιτιού του/της για ιδιωτική χρήση.
- Ένας ιδιοκτήτης κτιρίου γραφείων που εγκαθιστά ορισμένα σημεία φόρτισης στο χώρο στάθμευσης για ιδιωτική χρήση από του υπαλλήλους.
- Ένας ιδιοκτήτης εμπορικού κτιρίου που εγκαθιστά ορισμένα σημεία φόρτισης στο χώρο στάθμευσης για χρήση από τους πελάτες του.
- Ένας σταθμός φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων που εγκαθιστά κάποια σημεία φόρτισης με διαφορετικές επιλογές φόρτισης και συγκεκριμένα μεθόδους γρήγορης φόρτισης, ώστε να παρέχει τη συγκεκριμένη υπηρεσία στο κοινό.

5.2.2. Προμηθευτής-Συναθροιστής Ηλεκτρικής Ενέργειας Ηλεκτρικών Οχημάτων

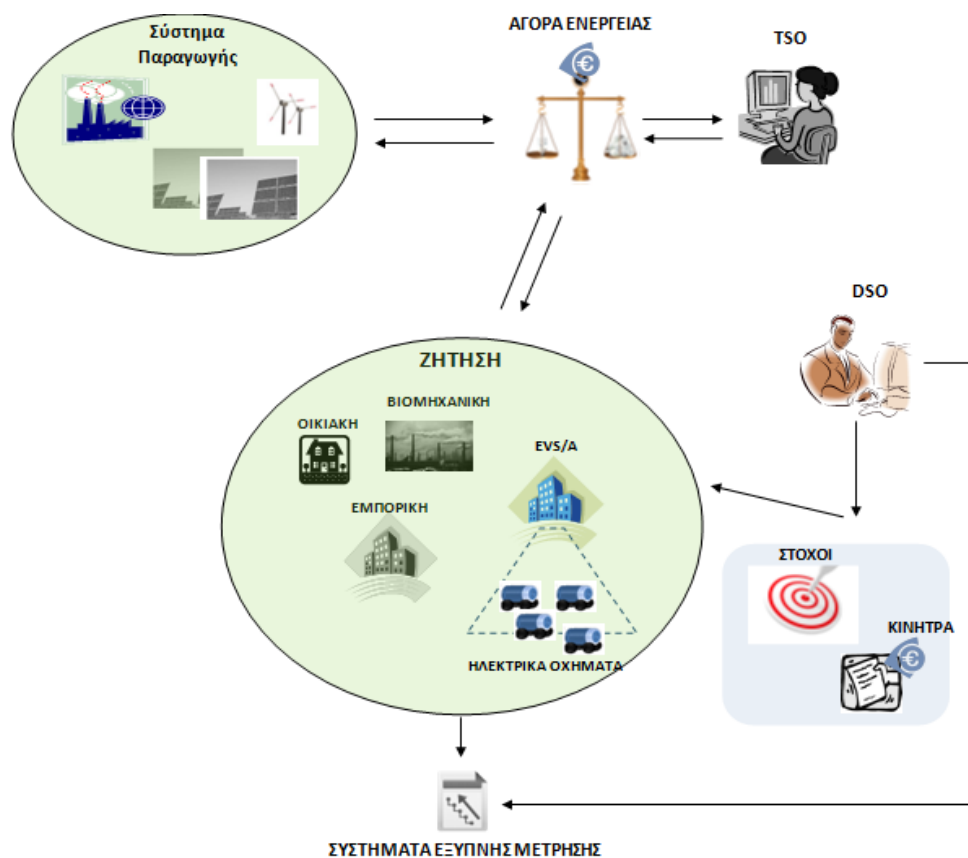
Ο Προμηθευτής - Συναθροιστής ηλεκτρικής ενέργειας αποκλειστικά για ηλεκτρικά οχήματα αναμένεται να εμφανιστεί σε δύο περιπτώσεις: περιοχές φόρτισης ιδιωτικής ιδιοκτησίας με δημόσια ή ιδιωτική πρόσβαση και δημόσιες περιοχές φόρτισης με δημόσια πρόσβαση για τους ιδιοκτήτες ηλεκτρικών οχημάτων.

Ο παράγοντας αυτός πουλάει ενέργεια στον ιδιοκτήτη του ηλεκτρικού οχήματος, με σύμβαση που παρέχει πρόσβαση σε συγκεκριμένα σημεία φόρτισης. Η καινοτομία

του συγκεκριμένου παράγοντα είναι ότι οι συμβάσεις δεν περιορίζονται σε μία συγκεκριμένη τοποθεσία ή μία συγκεκριμένη παροχή ηλεκτρισμού, αλλά προσφέρει την ελευθερία επιλογής μεταξύ διαφόρων σημείων φόρτισης. Οι Προμηθευτές Ηλεκτρικών Οχημάτων είναι λιανοπωλητές και επομένως η επιχείρησή τους πρέπει να ορίζεται ως ανταγωνιστική δραστηριότητα αποδεσμευμένη από άλλες λειτουργίες στο σύστημα ηλεκτρικής ισχύος. Οι Προμηθευτές γενικά αναμένεται να συγκεντρώνουν πολλές συμβάσεις με ιδιοκτήτες ηλεκτρικών οχημάτων, ώστε να διεξάγουν μία ενιαία διαχείριση, γεγονός που θα τους δώσει μελλοντικά τη δυνατότητα για παροχή επικουρικών υπηρεσιών στο δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας μέσω της V2G λειτουργίας. Ο Προμηθευτής Ηλεκτρικών Οχημάτων θα θεωρείται ως ανταγωνιστική επιχείρηση όπως και άλλες εμπορικές επιχειρήσεις στην αγορά [25] .

5.3. Αρχιτεκτονική επικοινωνίας

Στο παρακάτω διάγραμμα απεικονίζονται οι απαιτούμενες επικοινωνίες έτσι ώστε να επιτευχθεί η διαχείριση της ζήτησης των ηλεκτρικών οχημάτων.



Διάγραμμα 5.3: Διάγραμμα επικοινωνιών για τη διαχείριση ηλεκτρικών οχημάτων [24]

Ο Κεντρικός ελεγκτής EVS/A είναι υπεύθυνος για την προμήθεια της απαιτούμενη ισχύος από την αγορά ηλεκτρικής ενέργειας και για τη διαχείριση του φορτίου των ηλεκτρικών οχημάτων. Ο EVS/A προβλέπει την ζήτηση των ηλεκτρικών οχημάτων και κλείνει τις αντίστοιχες συμφωνίες για την προμήθεια της στην «day-ahead» αγορά ηλεκτρικής ενέργειας. Την επόμενη ημέρα και σε πραγματικό χρόνο, ο EVS/A εξυπηρετεί την πραγματική ζήτηση των ηλεκτρικών οχημάτων βάσει του συμφωνηθέντος προγραμματισμού.

Ο Διαχειριστής του δικτύου διανομής διαθέτει ένα σύστημα τηλε-μέτρησης σε πραγματικό χρόνο για να ελέγχει τη λειτουργία του δικτύου. Για την αποδοτικότερη λειτουργία του δικτύου ο DSO δύναται να δώσει οικονομικά κίνητρα στον EVS/A έτσι ώστε η ζήτηση των ηλεκτρικών οχημάτων να μην επιβαρύνει περαιτέρω το δίκτυο σε ώρες αυξημένης ζήτησης αλλά να κατανέμεται κατά τις ώρες χαμηλής ζήτησης [24].

Κεφάλαιο 6: Αγορά ηλεκτρικών οχημάτων

6.1. Παρούσα κατάσταση και προοπτικές

Λόγω των μειονεκτημάτων τους, αλλά και του μεγάλου σχετικά κόστους κατασκευής τους τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα με συσσωρευτές δεν έχουν ακόμα διατεθεί σε μεγάλους αριθμούς και σε ποικιλία μοντέλων στην αγορά.

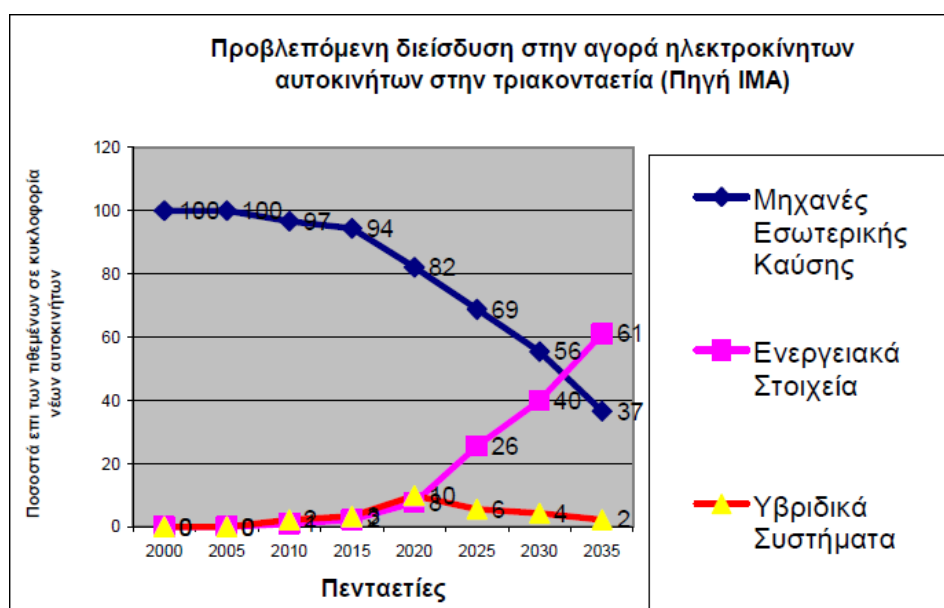
Ωστόσο, στα επόμενα χρόνια οι συσσωρευτές θα βελτιωθούν σημαντικά και θα αποκτήσουν τα χαρακτηριστικά εκείνα που θα επιτρέψουν την μαζική παραγωγή και διείσδυση στην αγορά πρακτικών μικρών αυτοκινήτων πόλης.

Οι τιμές των ηλεκτρικών αυτοκινήτων θα συμπιεσθούν μόλις αρχίσει η μαζική παραγωγή τους. Ήδη σημειώνονται επιτυχημένες επιχειρηματικές δράσεις στον τομέα αυτόν, θα χρειαστεί όμως εντονότερη κοινωνική δράση προς την κατεύθυνση της αλλαγής των συνηθειών των χρηστών και της εξοικείωσής τους με την ιδέα της χρήσης τέτοιων μικρών αυτοκινήτων πόλης.

Θα χρειαστεί επίσης εκτίμηση των τοπικών συνθηκών σε επίπεδα πόλης και χώρας για τη διαπίστωση και ποσοτικοποίηση των ωφελημάτων των χρηστών, της εθνικής

οικονομίας και του κοινωνικού συνόλου προκειμένου να θεσπισθούν ανάλογα κίνητρα διάδοσης της χρήσης τους.

Στο παρακάτω διάγραμμα απεικονίζεται η προβλεπόμενη διείσδυση των ηλεκτροκίνητων αυτοκινήτων στην παγκόσμια αγορά, το οποίο στηρίζεται σε πληθώρα στοιχείων και πηγών. Παρατηρούμε ότι το έτος 2035 θα ταξινομούνται σε ολόκληρο τον κόσμο νέα αυτοκίνητα τα οποία θα είναι σε ποσοστό 63% ηλεκτροκίνητα και σε ποσοστό 37% συμβατικά [26].



Διάγραμμα 6.1: Προβλεπόμενη διείσδυση στην αγορά ηλεκτροκίνητων αυτοκινήτων [26]

Είναι επίσης γεγονός ότι κατά τις επόμενες δύο έως τρεις πενταετίες η υβριδική τεχνολογία θα σημειώνει ολοένα και μεγαλύτερη διείσδυση στην αγορά. Ο συνδυασμός κινητήρα εσωτερικής καύσης, ο οποίος αρχικά θα είναι βενζινοκινητήρας και αργότερα πετρελαιοκινητήρας, με έναν ή περισσότερους ηλεκτροκινητήρες θα δώσει στην κατανάλωση εξαιρετικά αυτοκίνητα, οικονομικότερα σε καύσιμο, ιδιαίτερα μειωμένης ρύπανσης ιδίως υπό συνθήκες αργής κυκλοφορίας και συμφορήσεων εντός των πόλεων και με άριστες προδιαγραφές που θα ικανοποιούν ακόμα και τον απαιτητικότερο χρήστη.

Παράλληλα θα εξελίσσεται και η τεχνολογία παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από κυψέλες καυσίμου (Fuel Cells) επί του αυτοκινήτου. Με τον τρόπο αυτό ξεπερνιέται οριστικά το πρόβλημα της περιορισμένης αποθηκευτικής ικανότητας των

συσσωρευτών και δημιουργείται μια άλλη γενιά ηλεκτροκίνητων αυτοκινήτων, τα οποία θα παράγουν τα ίδια την ηλεκτρική ενέργεια που θα χρειάζονται για την κίνησή τους, χρησιμοποιώντας για το σκοπό αυτό αρχικά ίσως κάποιο καύσιμο και αργότερα καθαρό Υδρογόνο.

Οι εξελίξεις στη τεχνολογία αυτή εκτιμάται ότι θα βραδύνουν κυρίως για δύο λόγους. Ο ένας έχει σχέση με την τεχνολογία των ίδιων των ενεργειακών στοιχείων και το κόστος των πρώτων υλών τους και ο δεύτερος με τον χρησιμοποιούμενο ενεργειακό φορέα (Υδρογόνο), την παραγωγή του και τη διανομή του.

Οι τυχόν άλλες εναλλακτικές καύσιμες ύλες που ίσως χρησιμοποιηθούν στα ενεργειακά στοιχεία σε πρώτη φάση θα επιλέγονται από κάθε χώρα με εθνικά κυρίως δεδομένα.

Τέλος θα πρέπει να τονισθεί ότι το Υδρογόνο αποκτά σημαντικό ενδιαφέρον για το περιβάλλον αλλά και τις εθνικές οικονομίες μόνο αν παράγεται από εναλλακτικές πηγές ενέργειας ή από πυρηνική ενέργεια. Σε κάθε περίπτωση είναι βέβαιο ότι οι ενδεδειγμένες λύσεις θα βρεθούν. Το βέβαιο είναι ότι το μέλλον της αυτοκίνησης θα στηριχθεί στον ηλεκτροκινητήρα [27].

6.2 Διεθνείς τάσεις στην αγορά ηλεκτροκίνητων οχημάτων V2G

Έρευνες που έχουν διεξαχθεί υπολογίζουν αύξηση του στόλου των ηλεκτροκίνητων οχημάτων από 103.900 για το έτος 2015 σε 1.060.000 οχήματα για το έτος 2020, με ρυθμό μέσης ετήσιας αύξησης 59%. Τα στοιχεία που παραθέτουμε ακολούθως, αφορούν σε πωλήσεις που προβλέπονται [28].

Για το έτος 2020 και για τις χώρες όπως Η.Π.Α, Ηνωμένο Βασίλειο, Κίνα, Δανία, Νότιο Κορέα, Ιαπωνία και Γερμανία, βλέπουμε στον κάτωθι πίνακα τις αναμενόμενες πωλήσεις οχημάτων καθώς επίσης και την αξία σε δισεκατομμύρια δολάρια που προκύπτει από τις επενδύσεις για την V2G αγορά, την υποδομή, την V2G τεχνολογία και τέλος τα κέρδη από τις Επικουρικές υπηρεσίες.

Country	Units	Market	Infrastructure	Technology	Revenue
Global	1,056	\$26.6	\$6.7	\$10.5	\$2.9
US	296	\$8.1	\$1.8	\$2.8	\$.654
China	294	\$6.5	\$1.8	\$2.8	\$.521
Japan	188	\$4.4	\$1.2	\$1.8	\$.735
Germany	62	\$1.6	\$.377	\$.587	\$.587
UK	45	\$1.3	\$.277	\$.432	\$.323
South Korea	30	\$.72	\$.175	\$.283	\$.053
Denmark	13	\$.038	\$.081	\$.126	\$.093
	thousands	US billions	US billions	US billions	US billions

Source: Zpryme

Πίνακας 6.2.α: Αξία V2G σε εκατομμύρια δολάρια παγκοσμίως [28]

Ρυθμός διάδοσης ηλεκτροκίνητων οχημάτων σε Η.Π.Α

Μέχρι σήμερα, τα EVs και PHEVs δεν αποτελούν σημαντικό ποσοστό του στόλου των Η.Π.Α, αυτό όμως αναμένεται να αλλάξει γρήγορα, καθώς προωθείται η αγορά τους, με πιλοτικά προγράμματα για τη χρήση τους και γενναία χρηματοδότηση της απαιτούμενης έρευνας και υποδομής. Προβλέπεται πως οι Η.Π.Α θα έχουν το μεγαλύτερο μερίδιο της V2G αγοράς και ο μέσος ετήσιος ρυθμός αύξησης των οχημάτων αυτής της τεχνολογίας θα είναι για την πενταετία 2015-2020 της τάξης του 52,4%.

Ρυθμός διάδοσης ηλεκτροκίνητων οχημάτων σε Κίνα

Η πολιτική της Κίνας στοχεύει μεταξύ των άλλων και στην ανάπτυξη και εκμετάλλευση της καθαρής ενέργειας, με επιχορηγήσεις για τα EVs και τη δημιουργία ευφυούς δικτύου. Συγκεκριμένα έχει προβλεφθεί σχέδιο τριών φάσεων για το διάστημα 2009-2020 προώθησης smart grid τεχνολογίας, EV υποδομής, έξυπνων μετρητών και συστημάτων διαχείρισης πληροφορίας. Για τα έτη 2015 με 2020 αναμένεται μέση ετήσια αύξηση της τάξης του 82,6%.

Ρυθμός διάδοσης ηλεκτροκίνητων οχημάτων σε Ιαπωνία

Η ιαπωνική βιομηχανία κρατά τα σκήπτρα στην τεχνολογία μπαταριών και στην ηλεκτροκίνητη επίσης βιομηχανία, γεγονός που την καθιστά υπολογίσιμη δύναμη για τη V2G αγορά. Τον Απρίλιο του 2010 η Ιαπωνική κυβέρνηση έθεσε σε εφαρμογή το smart grid σχέδιο αρχικής χρηματοδότησης 1,1 δις \$ με τη συμμετοχή εταιριών αυτοκίνησης όπως η Toyota, Panasonic και Toshiba και υπολογίζεται πως μέχρι το 2030 το ποσοστό πωλήσεων ηλεκτρικών οχημάτων θα είναι 50% επί των συνολικών. Επιπλέον έχουν ήδη θεσμοθετηθεί φοροαπαλλαγές και άλλα οικονομικά κίνητρα για την αγορά ηλεκτρικών οχημάτων, κάτι που κάνει την Ιαπωνία τρίτη δύναμη στη V2G αγορά. Ο δε ετήσιος ρυθμός αύξησης υπολογίζεται σε 58,1%.

Ρυθμός διάδοσης ηλεκτροκίνητων οχημάτων σε Γερμανία

Ήδη από το 2009 η Γερμανία έχει θέσει ως στόχο για το 2020 στόλο 1.000.000 ηλεκτροκίνητων οχημάτων μέσω προγράμματος αξίας 705.000.000 \$. Αναμένεται να είναι η τέταρτη δύναμη στην αγορά V2G με μέσο ετήσιο ρυθμό αύξησης του αριθμού οχημάτων 56,7%

Ρυθμός διάδοσης ηλεκτροκίνητων οχημάτων σε Ηνωμένο Βασίλειο

Το Ηνωμένο Βασίλειο το 2010 ανακοίνωσε την επιχορήγηση κατά 25% για την αγορά ηλεκτρικού οχήματος, στοχεύοντας σε 1.700.000 ηλεκτρικά οχήματα μέχρι το 2020 και σε έξυπνους μετρητές ει δυνατόν σε κάθε σπίτι. Στα πλαίσια αυτά προωθεί ρυθμίσεις που θα διευκολύνουν τη στάθμευση για τους οδηγούς των εναλλακτικών οχημάτων καθώς και ταχύτατο Δίκτυο ώστε να είναι εφικτή η επικοινωνία μεταξύ δικτύου και οχήματος.

Ρυθμός διάδοσης ηλεκτροκίνητων οχημάτων σε Νότιο Κορέα

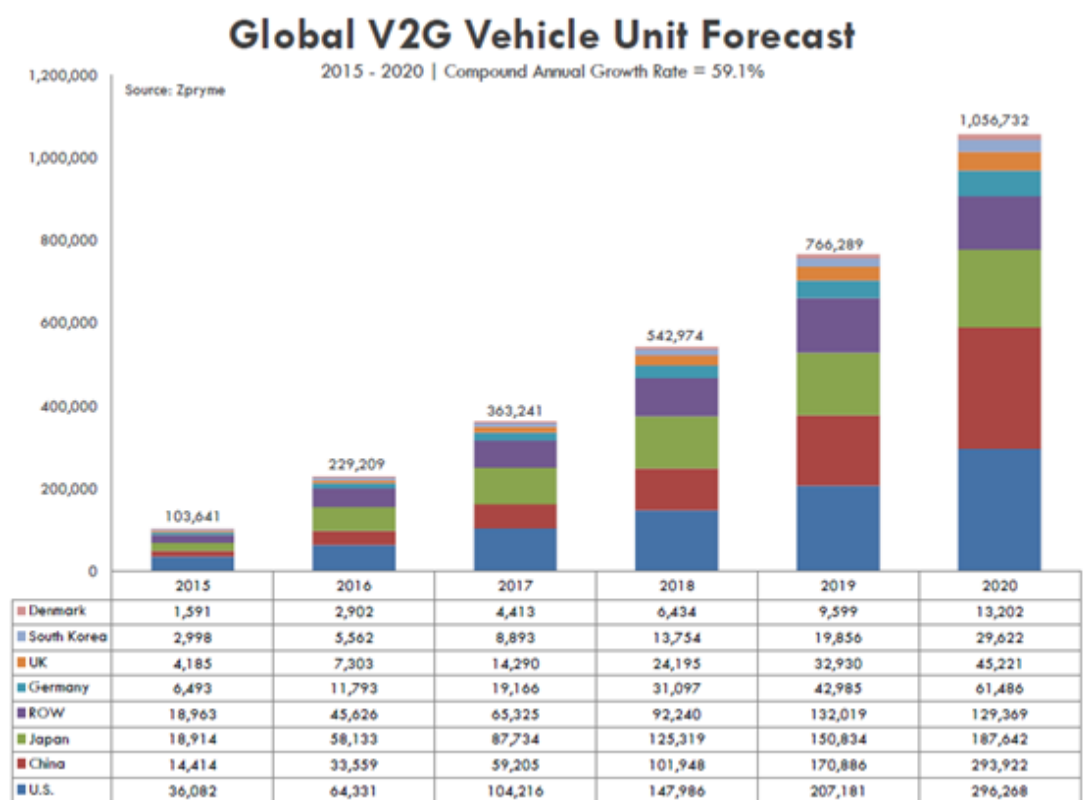
Τον Μάρτιο του 2010 η Κυβέρνηση της χώρας αποφάσισε να διαθέσει 23,3δις \$ στη smart grid τεχνολογία, με στόχο μέχρι το 2030 όλοι οι κάτοικοι της χώρας να χρησιμοποιούν την τεχνολογία αυτή. Στόχος της χώρας είναι να αποτελέσει την τέταρτη μεγαλύτερη EV αγορά μέχρι το 2015 με 10% των συνολικών της οχημάτων να είναι ηλεκτρικά. Ανάμεσα στις χώρες που εξετάζουμε στην ουσία η Νότια Κορέα αναμένεται να είναι έβδομη με ετήσιο ρυθμό αύξησης 58,1%.

Ρυθμός διάδοσης ηλεκτροκίνητων οχημάτων σε Δανία

Το 2009 το 20% της συνολικής παραγωγής ενέργειας γινόταν από ανανεώσιμες πηγές, ενώ στόχος για το 2025 είναι η αύξηση αυτού του ποσοστού σε 30%. Υπολογίζεται δε πως μέχρι το 2020 θα βρίσκονται στην κυκλοφορία 13.300 ηλεκτροκίνητα οχήματα με μέσο ρυθμό ετήσιας αύξησης 52,7%.

Η συνολική εικόνα αναφορικά με τις πωλήσεις ηλεκτροκίνητων οχημάτων δίνεται στο παρακάτω γράφημα.

Ως ROW εννοούνται οι πωλήσεις σε όλο τον υπόλοιπο κόσμο (rest of the world), πλην των χωρών για τις οποίες παραθέτονται στοιχεία λεπτομερώς. Οι υπόλοιπες χώρες αναμένεται να συμμετέχουν στο 18,3% των πωλήσεων [29].

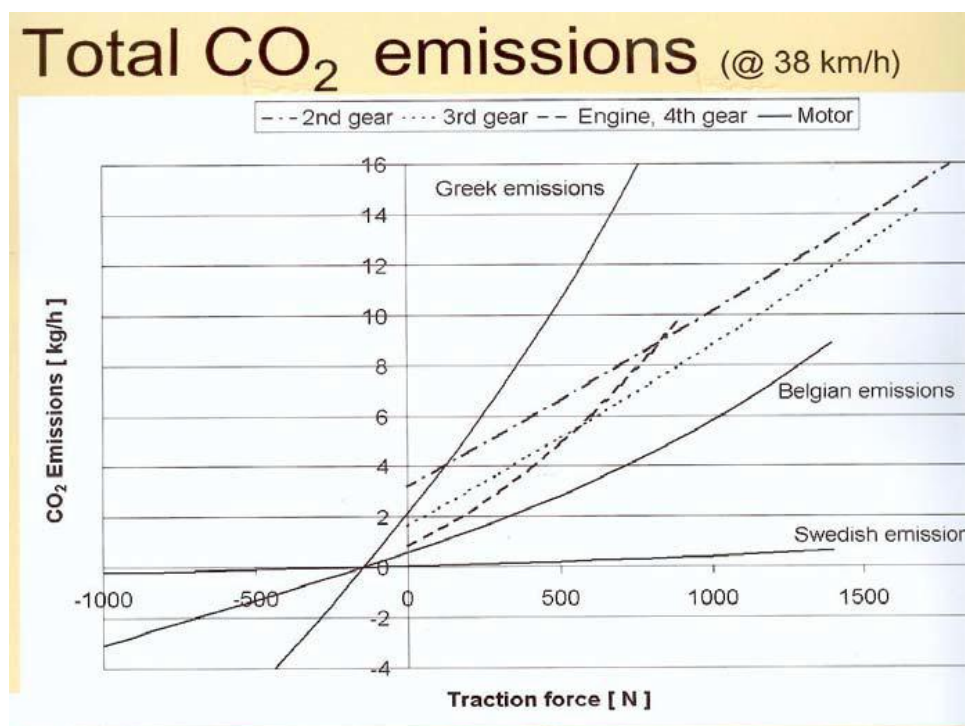


Πίνακας 6.2.b: Ραβδόγραμμα πωλήσεων V2G οχημάτων παγκοσμίως [29]

Κεφάλαιο 7: Περιβαλλοντική προσέγγιση

Σε ορισμένες χώρες, μεταξύ των οποίων και η Ελλάδα, υφίστανται προβλήματα ανεπάρκειας ηλεκτρικής ενέργειας, προβλήματα δικτύων διανομής όπως και προβλήματα που σχετίζονται με τον τρόπο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και

επομένως του βαθμού ρύπανσης που προκαλείται από τους ηλεκτροπαραγωγικούς σταθμούς.



Διάγραμμα 7: Παραγόμενες ποσότητες CO₂ από τη λειτουργία ηλεκτροκινητήρα [27]

Στο παραπάνω διάγραμμα φαίνεται η επίδραση του τρόπου παραγωγής της ηλεκτρικής ενέργειας στον υπολογισμό των παραγομένων ποσοτήτων διοξειδίου του άνθρακα στους σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής λόγω της λειτουργίας του ηλεκτροκινητήρα ενός ηλεκτρικού αυτοκινήτου στις διάφορες λειτουργικές φάσεις του που χαρακτηρίζονται από την παραγόμενη ελκτική δύναμη.

Έτσι βλέπουμε την «Ελληνική» καμπύλη, τη «Βελγική» και τη «Σουηδική» η οποία είναι βέβαια η πλέον «καθαρή» αφού στη Σουηδία αξιοποιούνται στο έπακρο οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας για την ηλεκτροπαραγωγή.

Βλέπουμε επίσης και τις διακεκομμένες καμπύλες παραγωγής διοξειδίου του άνθρακα που αντιστοιχούν στον θερμικό κινητήρα με τη δεύτερη, τρίτη και τέταρτη ταχύτητα. Είναι χαρακτηριστικό το γεγονός ότι οι καμπύλες αυτές βρίσκονται χαμηλότερα από τις καμπύλες του ηλεκτροκινητήρα όταν αυτός τροφοδοτείται με ηλεκτρική ενέργεια από το Ελληνικό δίκτυο διανομής. Θεωρητικά λοιπόν, στην Ελλάδα, η χρήση ηλεκτρικών αυτοκινήτων προκαλεί περισσότερες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου από την χρήση συμβατικών οχημάτων, λόγω του ενεργειακού

μείγματος του ελληνικού ηλεκτρικού συστήματος. Φυσικά η σύγκριση αυτή έχει θεωρητική μόνο αξία αφού στην πράξη παρεμβάλλεται σωρεία άλλων παραγόντων που τελικά μπορούν να καταστήσουν συμφέρουσα από περιβαλλοντικής άποψης τη χρήση της ηλεκτροκίνησης ακόμα και στην Ελλάδα.

Σημειώνεται ότι η παραπάνω διαπίστωση αφορά μόνο στο ηπειρωτικό ηλεκτρικό σύστημα της Ελλάδας και τα διασυνδεδεμένα νησιά. Το αν η χρήση ηλεκτρικών αυτοκινήτων σε αυτόνομα, μη διασυνδεδεμένα νησιά είναι περιβαλλοντικά προτιμότερη από τη χρήση συμβατικών οχημάτων είναι ένα ερώτημα που θα πρέπει να απαντηθεί ξεχωριστά για κάθε σύστημα, αφού αυτά έχουν διαφορετικά χαρακτηριστικά μεταξύ τους. Ωστόσο, το σίγουρο είναι πως η χρήση ΑΠΕ για την φόρτιση των ηλεκτρικών αυτοκινήτων και ακόμα περισσότερο η ένταξή τους ως διεσπαρμένες μονάδες αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας σε «ευφυή» δίκτυα είναι η βέλτιστη λύση.

Επανερχόμενοι στο θέμα του ενεργειακού μείγματος της Ελλάδας, σε σύγκριση με αυτό των άλλων χωρών της Ε.Ε., το IPCC παρέχει δείκτες εκπομπών για όλες τις χώρες της Ε.Ε., στους οποίους φαίνεται κατά πόσο είναι «καθαρή» η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται σε κάθε χώρα. Ωστόσο, οι δείκτες αυτοί δεν αφορούν στην πραγματικότητα όλη την επικράτεια μιας χώρας, καθώς μπορεί να διαφέρουν από περιοχή σε περιοχή μέσα στην ίδια χώρα.

Έτσι λοιπόν, ο δείκτης «εθνικός δείκτης εκπομπών για ηλεκτρική ενέργεια» (national emission factor for electricity-EFE) αντικατοπτρίζει το ενεργειακό μείγμα που χρησιμοποιείται για να παραχθεί η ηλεκτρική ενέργεια σε επίπεδο χώρας.

Οι «εθνικοί δείκτες εκπομπών για ηλεκτρική ενέργεια» των 27 χωρών της Ε.Ε. παρουσιάζονται στον επόμενο πίνακα:

Country	Standard emission factor (t CO ₂ /MWh _e)
Austria	0.192
Belgium	0.288
Germany	0.624
Denmark	0.439
Spain	0.443
Finland	0.233
France	0.044
United Kingdom	0.629
Greece	1.036
Ireland	0.662
Italy	0.516
Netherlands	0.500
Portugal	0.369
Sweden	0.023
Bulgaria	0.561
Cyprus	0.789
Czech Republic	0.714
Estonia	0.908
Hungary	0.575
Lithuania	0.083
Latvia	0.143
Poland	0.982
Romania	0.583
Slovenia	0.557
Slovakia	0.252
EU-27	0.476

Πίνακας 7: Εθνικοί δείκτες εκπομπών για ηλεκτρική ενέργεια των 27 χωρών της Ε.Ε [30]

Είναι αξιοσημείωτο ότι η Ελλάδα παρουσιάζει τον δείκτη από όλες τις χώρες, κάτι που οφείλεται αφενός στην μικρή διείσδυση των ΑΠΕ στον ηλεκτρισμό και αφετέρου στην χρήση του λιγνίτη ως κύριο καύσιμο για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, που προκαλεί πολύ μεγάλες εκπομπές.

Δεν μπορούμε λοιπόν να μιλάμε για πραγματικά "πράσινη" ηλεκτροκίνηση, παρά μόνο αν η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας που θα χρησιμοποιείται για την κίνηση των οχημάτων αυτών γίνεται από ανανεώσιμες πηγές και όχι από λιγνίτη ή φυσικό αέριο, όπως κατά κανόνα συμβαίνει σήμερα στην Ελλάδα [30].

Κεφάλαιο 8: Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της χρήσης ηλεκτρικών αυτοκινήτων

Πλεονεκτήματα

Τα EV παρουσιάζουν πλεονεκτήματα αλλά και ορισμένα μειονεκτήματα έναντι στα συμβατικά οχήματα. Παρακάτω αναφέρονται αυτά αναλυτικά.

Ο ηλεκτρικός κινητήρας (ειδικά όταν η λειτουργία αυτού συνδυάζεται με χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας) σε αντίθεση με τις Μ.Ε.Κ. δεν παράγει καθόλου αέρια κατάλοιπα ενώ παρουσιάζει και πολλά κατασκευαστικά αλλά και λειτουργικά πλεονεκτήματα. Για παράδειγμα, έχει καλύτερο τρόπο λειτουργίας, ελέγχεται καλύτερα, έχει πολύ υψηλό βαθμό απόδοσης, δεν απαιτεί συχνή συντήρηση κλπ.

Το κυριότερο πλεονέκτημα λοιπόν του ηλεκτρικού οχήματος είναι η συνεισφορά του στη μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, το μεγαλύτερο μέρος της οποίας οφείλεται στους ρύπους των συμβατικών οχημάτων. Το ηλεκτρικό όχημα έχει θεωρητικά μηδενικούς ρύπους προκαλώντας ελάχιστη ρύπανση του αέρα και μηδενική ρύπανση του χώρου που κινείται.

Το επόμενο πλεονέκτημά του αφορά στη μείωση της ηχορύπανσης, πρόβλημα που κάνει την ατμόσφαιρα των μοντέρνων πόλεων ανυπόφορη. Το ηλεκτρικό όχημα είναι ουσιαστικά αθόρυβο συγκρινόμενο με τα οχήματα με μηχανές εσωτερικής καύσεως. Μάλιστα, λόγω της μη εκπομπής ρύπων και θορύβου κατά την κίνησή του, επιτρέπει την ενσωμάτωση της κίνησης σε περιοχές «ιστορικά ευαίσθητες» π.χ. ιστορικό κέντρο των πόλεων.

Η ηλεκτρική τεχνολογία προσφέρει τη δυνατότητα χρήσης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην επαναφόρτιση του οχήματος.

Τα ηλεκτρικά οχήματα μπορούν να αποτελέσουν μέρος ενός συστήματος που θα περιλαμβάνει σταθμούς ανεφοδιασμού σε κάθε σπίτι και ένα αναπτυγμένο ηλεκτρικό δίκτυο που θα μπορεί να συνεισφέρει στην κίνηση των οχημάτων.

Ένα ακόμα πλεονέκτημα των EVs είναι η προβλεπόμενη μείωση στις εκπομπές CO₂, εάν βέβαια η χρήση τους εξαπλωθεί και γίνει ευρεία. Αυξημένη απόδοση στο

σύστημα μετάδοσης ισχύος αυτών των οχημάτων, οδηγεί σε σημαντικές μειώσεις των ρύπων που οδηγούν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου, ακόμα και αν ληφθούν υπόψη οι απώλειες ενέργειας κατά την παραγωγή και διανομή της ηλεκτρικής ενέργειας του δικτύου και οι απώλειες κατά τη φόρτιση της μπαταρίας.

Μια μελέτη του Αμερικανικού Συμβουλίου Αποδοτικής Ενεργειακής Οικονομίας (American Council for an Energy Efficient Economy - ACCEDE) προβλέπει ότι κατά μέσο όρο ένας τυπικός Αμερικανός οδηγός αναμένεται να πετύχει περίπου 15% μείωση στις καθαρές εκπομπές CO₂ σχετικά με ένα συμβατικό όχημα.. Επιπρόσθετα, για τα EVs που φορτίζονται σε περιοχές όπου το δίκτυο τροφοδοτείται από πηγές ενέργειας που εκπέμπουν CO₂ σε χαμηλότερα επίπεδα από το μέσο όρο, οι καθαρές εκπομπές CO₂ που σχετίζονται με τα αυτοκίνητα αυτά μειώνονται αντίστοιχα. Αντίθετα, η ίδια μελέτη προβλέπει ότι σε περιοχές όπου πάνω από το 80% της ενέργειας του δικτύου προέρχεται από τον άνθρακα οι τοπικές καθαρές εκπομπές CO₂ θα αυξηθούν με τη χρήση των EVs. Αυτό αποτελεί και το μοναδικό μειονέκτημα των EVs μαζί με το επιπρόσθετο κόστος και βάρος λόγω των συστοιχιών από μπαταρίες.

Τα EVs προσφέρουν τη δυνατότητα αποδοτικής διαχείρισης της ηλεκτρικής ενέργειας. Τα οχήματα αυτά φορτίζονται πρωτίστως σε περιόδους όπου υπάρχει χαμηλή ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας (π.χ τη νύχτα) ή εξοπλίζονται με τεχνολογία διακοπής της φόρτισης στη διάρκεια περιόδων αιχμής της ζήτησης.

Η plug-in τεχνολογία προσφέρει τη δυνατότητα χρήσης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην επαναφόρτιση του οχήματος. Στην περίπτωση αυτή το περιβαλλοντικό αποτύπωμα της χρήσης ενός EV οχήματος είναι σημαντικά μικρότερο απ' ότι ένα συμβατικό όχημα ίδιας κατηγορίας. Ωστόσο, εάν ένα EV χρησιμοποιεί ηλεκτρική ενέργεια προερχόμενη από ένα θερμοηλεκτρικό εργοστάσιο με καύσιμη ύλη άνθρακα ή λιγνίτη, τότε η ρύπανση που προκαλεί μπορεί να είναι μεγαλύτερη από ένα συμβατικό όχημα.

Άλλο, πολύ σημαντικό πλεονέκτημα των plug-in οχημάτων, ιδιαίτερα σε περιπτώσεις αυτόνομων δικτύων όπως π.χ. στα νησιά του Αιγαίου, είναι η ικανότητα τους στην εξισορρόπηση του φορτίου με την παροχή της αποθηκευμένης ενέργειας από αυτά στο δίκτυο σε περιόδους αιχμής. Αυτό επιτυγχάνεται με την τεχνολογία μεταφοράς

ενέργειας από το όχημα στο δίκτυο. Χρησιμοποιώντας πλεονάζουσα ενέργεια από τις μπαταρίες τους, μπορούν να στείλουν ενέργεια πίσω στο δίκτυο και να επαναφορτιστούν αργότερα όταν θα έχει πάψει η αιχμή του δικτύου.

Επιπλέον, τα ηλεκτρικά οχήματα θεωρούνται πιο αξιόπιστα από τα συμβατικά οχήματα.

Είναι πιο εύκολη η κατασκευή του ηλεκτρικού οχήματος γιατί ο ηλεκτροκινητήρας είναι πολύ απλός στη δομή του, σε σχέση με τις μηχανές εσωτερικής καύσεως. Εφόσον τροφοδοτείται μέσω ηλεκτρονικών μετατροπέων ισχύος, οι οποίοι ελέγχονται εύκολα ηλεκτρονικά, δεν απαιτείται συνήθως νερό για την ψύξη τους και δεν χρησιμοποιεί φίλτρα και λάδι, με αποτέλεσμα να μην παρουσιάζει προβλήματα που δημιουργούνται από χαμηλή θερμοκρασία περιβάλλοντος.

Καταναλώνει ενέργεια μόνο όταν κινείται. Όταν δεν κινείται π.χ. στάση σε σηματοδότες ή σε μεγάλη κυκλοφοριακή συμφόρηση, δεν καταναλώνει ενέργεια. Άρα είναι πολύ καλή επιλογή για χρήση σε αστικά κέντρα.

Το κόστος της λειτουργίας του, σύμφωνα με υπολογισμούς των General Motors και Chrysler είναι πολύ μικρότερο από αυτό των συμβατικών οχημάτων.

Η ηλεκτρική μηχανή έχει πολύ μεγαλύτερη διάρκεια ζωής συγκρινόμενη με του συμβατικού. Υπολογίζεται μάλιστα ίση με 1.000.000 μίλια εν αντιθέσει με τα 100.000 μίλια του συμβατικού.

Η εμπορική χρήση ηλεκτρικών οχημάτων προσφέρει επίσης, σύμφωνα με τη «ΔΙΑΚΗΡΥΞΗ ΓΙΑ ΤΟ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟ» που υπεγράφη τον Μάρτιο του 2009 [30], αρκετά οφέλη για τη βιώσιμη κινητικότητα σε επίπεδο Ε.Ε.:

- Προσφέρει ουσιαστική βοήθεια στην επίτευξη των κύριων στόχων της Ε.Ε. για ενέργεια και περιβάλλον: αντικαθιστώντας συμβατικές μηχανές εσωτερικής καύσης με ηλεκτρικά αυτοκίνητα θα εξασφαλισθούν σημαντικές μειώσεις στις εκπομπές CO₂ και βελτίωση της ποιότητας της ατμόσφαιρας, ιδιαίτερα στις πόλεις. Ηλεκτροδοτώντας τις οδικές μεταφορές θα ενισχυθεί η ασφάλεια ενεργειακού εφοδιασμού της Ευρώπης, φρενάροντας την αυξανόμενη εξάρτηση από εισαγωγές ορυκτών καυσίμων.

- Η τεχνολογία ηλεκτρικού αυτοκινήτου προσφέρει μια ευκαιρία να προωθηθεί μια πράσινη οικονομία, η οποία θα ενισχύσει την ανταγωνιστικότητα της Ευρώπης: παρέχεται η δυνατότητα στην Ευρώπη να προηγηθεί στην παραγωγή ηλεκτρικών οχημάτων.
- Τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα είναι περισσότερο αποδοτικά από άλλα που χρησιμοποιούν εναλλακτικές τεχνολογίες. Λαμβάνοντας υπόψη τα υφιστάμενα επίπεδα τεχνολογίας και υποδομών, μπορεί να γίνουν πραγματικότητα οχήματα που θα συνδέονται με δίκτυα διανομής ηλεκτρικής ενέργειας. Επιπλέον, η σε ευρεία κλίμακα προώθηση ηλεκτρικών οχημάτων θα έχει περιορισμένη επίδραση στο σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας, ενώ θα ενθαρρύνει την ανάπτυξη «έξυπνων δικτύων».

Μειονεκτήματα

Παρά τα όποια πλεονεκτήματα όμως, υπάρχουν επίσης και σημαντικά μειονεκτήματα, τα οποία αποτελούν αντικείμενο έρευνας. Τα μειονεκτήματα αυτά προέρχονται κυρίως από τους συσσωρευτές και αυτό γιατί μέχρι σήμερα, παρά τη μακρόχρονη πορεία τους (έχουν ζωή πάνω από δύο αιώνες), παρουσιάζουν δύο αδύνατα σημεία. Το ένα σχετίζεται με την πυκνότητα ενέργειας - δηλαδή το λόγο της αποθηκευμένης ενέργειας του συσσωρευτή προς τον όγκο και το βάρος του - η οποία είναι πολύ χαμηλή σε σχέση με τη βενζίνη. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να περιορίζεται η αυτονομία του οχήματος αφού όσο αυξάνει η ενεργειακή ζήτηση απαιτείται και μεγαλύτερος όγκος και βάρος συσσωρευτών. Για παράδειγμα, 1 χιλιόγραμμο βενζίνης έχει ειδική ενέργεια της τάξεως των 12.000 wh. Αντίθετα 1 χιλιόγραμμο από τον καλύτερο συσσωρευτή Νατρίου – Θείου έχει ειδική ενέργεια της τάξεως των 80-85 wh. Το μέγεθος αυτό διαφοροποιείται ανάλογα με τον τύπο του συσσωρευτή παρουσιάζοντας τις υψηλότερες τιμές για συσσωρευτές Λιθίου- Πολυμερούς και τις χαμηλότερες για συσσωρευτές Μολύβδου-Οξέως.

Σήμερα αν και η πυκνότητα ενέργειας έχει βελτιωθεί σημαντικά σε ορισμένα πειραματικά μοντέλα συσσωρευτών εξακολουθεί να παραμένει ένα από τα βασικά μειονεκτήματα αυτών των στοιχείων αποθήκευσης. Ένα άλλο σημαντικό πρόβλημα είναι η διάρκεια φόρτισης των συσσωρευτών καθώς μια πλήρης επαναφόρτιση με χαμηλό ρεύμα φόρτισης ώστε να υπάρχει εκμετάλλευση του νυχτερινού τιμολογίου

κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας, διαρκεί κάποιες ώρες. Επιπλέον, άλλα προβλήματα όπως η διάρκεια ζωής των συσσωρευτών εμποδίζουν την ευρεία εξάπλωση των οχημάτων. Η έρευνα στον τομέα των ηλεκτρικών οχημάτων εστιάζεται εκτός των άλλων στο αδύνατο αυτό σημείο.

Για την επίλυση των προβλημάτων έχουν προταθεί διάφορες λύσεις όπως νέοι τύποι συσσωρευτών, κατάλληλες κυκλωματικές τοπολογίες φόρτισης, εναλλακτικές μέθοδοι φόρτισης, μέθοδοι διαχείρισης της συστοιχίας των συσσωρευτών.

Επίσης για το μέλλον η επιστημονική κοινότητα συνεχίζει με εντατικό ρυθμό την έρευνα για ανάπτυξη και εναλλακτικών πηγών ενέργειας όπως οι ενεργειακές κυψέλες.

Επίσης, το ηλεκτρικό όχημα έχει μικρότερες επιδόσεις από το συμβατικό, εξαιτίας της ανεπάρκειας των συσσωρευτών, και πολύ μικρότερη αυτονομία σε σχέση με τα συμβατικά.

Ακόμα, το κόστος των συσσωρευτών είναι υψηλό. Μάλιστα, αυτό επηρεάζει αισθητά το συνολικό κόστος του ηλεκτρικού οχήματος, και κάνει δυσκολότερη την αγορά του.

Μια σημαντική δυσκολία στη χρήση του ηλεκτρικού οχήματος είναι η δυσκολία πρόσβασης σε φορτιστή, σε αντίθεση με τους σταθμούς καυσίμων που συναντάμε παντού. Το πρόβλημα αυτό αντιμετωπίζεται με τους φορητούς φορτιστές ή τους σταθμούς φόρτισης, που πλέον συναντάμε όλο και συχνότερα σε κάποιες πόλεις του εξωτερικού.

Παρά τα πλεονεκτήματα που εμφανίζει ο ηλεκτρικός κινητήρας, τα ηλεκτρικά οχήματα δεν είναι ακόμα σε θέση να ανταγωνιστούν τα συμβατικά οχήματα λόγω της ενεργειακής πηγής τους. Η έρευνα λοιπόν εστιάζεται στην επίλυση τέτοιων προβλημάτων ώστε τα ηλεκτρικά οχήματα να καταστούν ικανά να λειτουργούν ανταγωνιστικά με τα συμβατικά οχήματα.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η ραγδαία αύξηση των συμβατικών οχημάτων επιβάρυνε σημαντικά την ατμοσφαιρική ρύπανση και μείωσε αισθητά λόγω της χρήσης καυσίμων τους φυσικούς πόρους. Η απάντηση στα δύο αυτά ζητήματα δόθηκε από το ηλεκτρικό όχημα, πηγή ενέργειας του οποίου είναι ο συσσωρευτής.

Το μέλλον του ηλεκτρικού οχήματος προδιαγράφεται λαμπρό λόγω και της ανάπτυξης της τεχνολογίας τόσο των συσσωρευτών όσο και των ηλεκτροκινητήρων. Εξάλλου, και το συνεχώς αυξανόμενο ενδιαφέρον για το ηλεκτρικό όχημα αποτελεί σημαντική εγγύηση για την πορεία του στο μέλλον. Τυχόν προβλήματα που αφορούν στην περιορισμένη αυτονομία κινήσεως και στους μεγάλους χρόνους φόρτισης των συσσωρευτών του ηλεκτρικού οχήματος αντιμετωπίζονται με τη χρήση του υβριδικού οχήματος, που θεωρείται το ενδιάμεσο βήμα στη μετάβαση από το συμβατικό στο ηλεκτρικό αυτοκίνητο. Όσον αφορά στο υψηλό κόστος κατασκευής και λειτουργίας του ηλεκτρικού οχήματος, το οποίο είναι ένα πρόβλημα στη διείσδυση του στην αγορά, η λύση του βρίσκεται στη ζήτηση, καθώς το κόστος του είναι αντιστρόφως ανάλογο του αριθμού παραγωγής και κυκλοφορίας του.

Ήδη η παγκόσμια αγορά έχει στραφεί στο ηλεκτρικό αυτοκίνητο με όλο και μεγαλύτερο ενδιαφέρον, ενώ οι διεθνείς τάσεις δείχνουν μεγάλη διείσδυση ηλεκτρικών αυτοκινήτων τα προσεχή χρόνια. Στην Ελλάδα αρχίζουν να κυκλοφορούν τα πρώτα εμπορικά μοντέλα και σύντομα θα δούμε τους πρώτους σταθμούς φόρτισης στους δρόμους.

Η ηλεκτροκίνηση είναι περιβαλλοντικά πιο φιλική από την χρήση συμβατικών οχημάτων, ωστόσο αυτό δεν αποτελεί πανάκεια, καθώς εξαρτάται από το ενεργειακό μείγμα του συστήματος από το οποίο απορροφά ενέργεια το ηλεκτρικό αυτοκίνητο. Δυστυχώς, το ενεργειακό μείγμα του ηλεκτρικού συστήματος της Ελλάδας είναι τέτοιο που τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα θα έχουν τελικά χειρότερο ενεργειακό αποτύπωμα από τα συμβατικά. Στην Ελλάδα λοιπόν μπορούμε να επωφεληθούμε τη μείωση των εκπομπών από την ηλεκτροκίνηση μόνο αν η ηλεκτρική ενέργεια που θα φορτίζει τις μπαταρίες των ηλεκτροκίνητων οχημάτων προέρχεται από ΑΠΕ.

Η Πολιτεία είναι αυτή που τώρα θα πρέπει να βοηθήσει προκειμένου να διευκολύνει τη διεύρυνση πράσινων αυτοκινήτων θεσπίζοντας πρόσθετα μέτρα, όπως εφαρμογή προγράμματος απόσυρσης με συνδυασμό επιδοτούμενης αγοράς υβριδικού ή ηλεκτρικού αυτοκινήτου, οργάνωση δημόσιου δικτύου φόρτισης ηλεκτρικών αυτοκινήτων, μετατροπή δημόσιων και δημοτικών οχημάτων σε υβριδικά ή αγορά νέων ηλεκτρικών οχημάτων, καθώς επίσης ειδική τιμολογιακή πολιτική και ελαφρύνσεις για τους κατόχους ηλεκτρικών οχημάτων. Επίσης, θα πρέπει να καλλιεργηθούν συνθήκες ευαισθητοποίησης των πολιτών σε θέματα εξοικονόμησης ενέργειας και προστασίας του περιβάλλοντος και επομένως αναδιάταξης των προτεραιοτήτων τους στον πίνακα των κριτηρίων με τα οποία αποφασίζουν τις αγορές νέων αυτοκινήτων ή τις αποσύρσεις των παλαιών.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ ΚΑΙ ΔΙΚΤΥΑΚΟΙ ΤΟΠΟΙ

- [1] www.unep.org, 25/09/2009
- [2] www.ucsusa.org, 25/09/2009
- [3] www.4troxoi.gr, 15/05/2009
- [4] C. C. Chan, «The State of the Art of Electric, Hybrid, and Fuel Cell Vehicles», Proceedings of the IEEE | Vol. 95, No. 4, April 2007
- [5] Αθανάσιος Ζερβάκος, «Μελέτη και κατασκευή ηλεκτρονικής διάταξης για υβριδικό αυτοκίνητο – ανάκτηση ενέργειας», Διπλωματική εργασία υπ' αριθμόν 270, Εργαστήριο Ηλεκτρομηχανικής Μετατροπής Ενέργειας, Πανεπιστήμιο Πατρών, 2009
- [6] Βελτιώσεις στο σχεδιασμό και την κατασκευή πειραματικού ηλεκτροκίνητου οχήματος, Τσοτουλίδης-Γεωργακόπουλος
- [7] Alternative cars in the 21st century-Robert Q.Riley
- [8] B. D. McNicol, D. A. J. Rand, “Power Sources for Electric Vehicles”, Studies in Electrical and Electronic Engineering, Elsevier Science Publishing Company, New York, 1981
- [9] ΣΥ.ΔΕ.ΣΥ.Σ, <http://www.sydesys.gr/gp/catid03.aspx>, Ιούλιος 2015
- [10] R. B. Inderka, M. Menne, R. W. De Doncker, “Generator Operation of Switched Reluctance Machine Drives for Electric Vehicles”, *EPE Journal*, Vol. 11, No. 3, pp. 35-40, August 2001
- [11] Θ. Ζαχαρίας, “Ηπιες Μορφές Ενέργειας II”, Οργανισμός Εκδόσεων Διδακτικών Βιβλίων, Αθήνα 1986
- [12] C. C. Chan, K. T. Chau, “An Overview of Power Electronics in Electric Vehicles”, *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, February 1997, Vol. 44, no 1, pp. 3-13
- [13] R. A. Dougal, S. Liu, R. E. White, “Power and Life Extension of Battery-Ultracapacitor Hybrids”, *IEEE Transactions on Components and Packaging Technologies*, Vol. 25, No. 1, pp. 120-131, March, 2002.
- [14] J. W. Dixon, M. E. Ortúzar, “Ultracapacitors+DC-DC Converters in Regenerative Braking System”, *IEEE AESS Systems Magazine*, pp. 16-21, August, 2002.
- [15] Λάμπρος Σ. Λαμπρόπουλος « Έλεγχος κινητήρα εναλλασσόμενου ρεύματος για εξοικονόμηση ενέργειας-εφαρμογή στα ηλεκτροκίνητα οχήματα» , διπλωματική εργασία, Πανεπιστήμιο Πατρών, Δεκέμβριος 2010.
- [16] Automecanico website: <http://www.automecanico.com/auto2003/transma.html>
- [17] Ιωάννης Καρατζαφέρης, <<Μελέτη και κατασκευή διάταξης για τον έλεγχο κινητήρα ενός ηλεκτρικού οχήματος με στόχο την εξοικονόμηση ενέργειας>>.

διπλωματική εργασία, Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Τεχνολογίας Υπολογιστών, Πάτρα, 2010

[18] How stuff works website: <http://www.howstuffworks.com>

[19] http://en.wikipedia.org/wiki/Continuously_variable_transmission

[20] <http://www.opengov.gr/minenv/?p=3512>

[21] <http://www.energia.gr>

[22] Vehicle-to-Grid Power: Battery, Hybrid, and Fuel Cell Vehicles as Resources for Distributed Electric Power in California. Willett Kempton (Principal Investigator), Jasna Tomic´ , University of Delaware Steven Letendre, Green Mountain College, Alec Brooks, AC Propulsion, Inc. Timothy Lipman, University of California, Berkeley and Davis June 2001

[23] M. Rivier, T. Gomez, R. Cossent, I. Momber, MERGE Deliverable D5.1:”New actors and business models for the integration of EV in power systems”, Φεβρουάριος 2011

[24]http://www.evmerge.eu/images/stories/uploads/MERGE_WP5_%20D51Final.pdf

[25]Χαράλαμπος Ε. Μαρμαράς, «Προγραμματισμός, κατανομή και διαχείριση φορτίου ηλεκτρικών οχημάτων βάσει οικονομικών και δικτυακών κριτηρίων», διπλωματική εργασία, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Μάρτιος 2012

[26] Robert Q.Riley, “Alternative cars in the 21st century”

[27] Παναγιώτης Σ. Βαμβαράκης, «Ανασκόπηση τεχνολογιών υβριδικών οχημάτων με ηλεκτροκινητήρα και εμβολοφόρο Μ.Ε.Κ.», Διπλωματική εργασία, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, Αθήνα, 2007

[28] «smart grid insights:V2G» ,July 2010 by Zpryme

[29] «Σύγχρονες Τάσεις στο Σχεδιασμό και τη Χάραξη Βιώσιμης Ενεργειακής Πολιτικής για την Προώθηση Καθαρών Τεχνολογιών» Χάρης Δούκας, Καρακώστα, Ιωάννης Ψαρράς, ο Σχεδιασμός και η Χάραξη

[30] “Technical annex to the SEAP template instructions document: THE EMISSION FACTORS”, Covenant of Mayors documents, www.eumayors.eu, 2009