

**ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ
ΙΔΡΥΜΑ Α. Τ. Ε. Ι. ΠΕΙΡΑΙΑ**

ΣΧΟΛΗ: ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

ΤΜΗΜΑ: ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΑΣ

Επιβλέπων: ΕΡΙΕΤΤΑ Ι. ΖΟΥΝΤΟΥΡΙΑΔΟΥ, Εργ. Συνεργάτης

**Τρόποι Φόρτισης Ηλεκτρικών Οχημάτων και Φυσικής Σύνδεσης
αυτών με το Δίκτυο**

**Electric Vehicles Charging Methods and Physical Connection of
them with the Network**

Πτυχιακή Εργασία:

Γεωργίου Σ. Κατσιφή (Α.Μ. 30664)

ΑΙΓΑΛΕΩ, ΑΠΡΙΛΙΟΣ 2013

Copyright © Α. Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Πειραιά

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Α. Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ίδρυματος Πειραιά.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΛΙΣΤΑ ΕΙΚΟΝΩΝ	4
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	5
ABSTRACT	7
ΠΡΟΛΟΓΟΣ-ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	8
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^Ο: ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΟΧΗΜΑΤΑ-ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ	9
1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	9
1.2 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ.....	9
1.3 ΤΥΠΟΙ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ.....	20
1.4 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ-ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ.....	26
1.5 ΕΘΝΙΚΑ ΣΧΕΔΙΑ-ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ.....	28
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^Ο: ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΕΣ	32
2.1 ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΩΝ.....	32
2.2 ΤΥΠΟΙ ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΩΝ.....	33
2.3 ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΣ ΚΙΝΗΤΗΡΑΣ.....	42
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^Ο: ΤΡΟΠΟΙ ΦΟΡΤΙΣΗΣ	45
3.1 ΑΝΕΦΟΔΙΑΣΜΟΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΟΧΗΜΑΤΟΣ.....	45
3.2 ΕΙΔΗ ΦΟΡΤΙΣΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ.....	47
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^Ο: ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΦΟΡΤΙΣΗΣ	55
4.1 ΜΕΛΕΤΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΦΟΡΤΙΣΗΣ.....	55
4.2 ΔΙΕΘΝΗ ΠΡΟΤΥΠΑ ΣΥΝΔΕΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΦΟΡΤΙΣΗ.....	57
4.3 ΕΜΠΟΡΙΚΟΙ ΥΠΟΔΟΧΕΙΣ ΦΟΡΤΙΣΗΣ.....	66
4.4 ΝΟΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ.....	69
4.5 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	74
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^Ο: ΣΤΑΘΜΟΙ ΦΟΡΤΙΣΗΣ-V2G	76
5.1 ΣΤΑΘΜΟΙ ΦΟΡΤΙΣΗΣ.....	76
5.2 V2G ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ.....	79
ΕΠΙΛΟΓΟΣ-ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	83
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	85

ΛΙΣΤΑ ΕΙΚΟΝΩΝ

- Εικόνα 1.1 William Morrison Electric Car
- Εικόνα 1.2 La Jamais Contente
- Εικόνα 1.3 Ford Model T
- Εικόνα 1.4 Moon Rover
- Εικόνα 1.5 Chevrolet EV1
- Εικόνα 1.6 EV1 μετά την ανάκληση
- Εικόνα 1.7 Toyota Prius
- Εικόνα 1.8 Tesla Roadster Batteries
- Εικόνα 1.9 Tesla Roadster
- Εικόνα 1.10 Nissan LEAF
- Εικόνα 1.11 Chevrolet VOLT
- Εικόνα 1.12 Tesla Model S
- Εικόνα 1.13 Ηλεκτρικό Όχημα Μπαταρίας
- Εικόνα 1.14 Ηλεκτρικό Όχημα Κυψέλων Καυσίμου
- Εικόνα 1.15 Υβριδικό Όχημα
- Εικόνα 1.16 Ηλεκτρικό Όχημα με δυνατότητα σύνδεσης με το δίκτυο
- Εικόνα 1.17 Διάγραμμα κυρίως μελών ηλεκτρικού οχήματος
- Εικόνα 1.18 Τάσεις αυτοκινητοβιομηχανιών σε παγκόσμιο επίπεδο
- Εικόνα 2.1 Μπαταρία νικελίου-ιδριδίου Toyota Prius
- Εικόνα 2.2 Πλεονεκτήματα μπαταριών ιόντων λιθίου
- Εικόνα 2.3 Μπαταρία ιόντων-λιθίου της LG
- Εικόνα 2.4 Διάγραμμα πυκνοτήτων ενέργειας μπαταριών
- Εικόνα 2.5 Υπερπυκνωτής
- Εικόνα 2.6 Λειτουργία κυψέλης καυσίμου
- Εικόνα 2.7 Ηλεκτρικός κινητήρας
- Εικόνα 2.8 Είδη ηλεκτρικών κινητήρων στα ηλεκτρικά οχήματα
- Εικόνα 3.1 Καμπύλη φόρτισης ηλεκτρικού οχήματος από οικιακή μονοφασική παροχή
- Εικόνα 4.1 Βύσμα και υποδοχή SAE J1772 κατασκευής Yazaki
- Εικόνα 4.2 Λογότυπο CHAdeMO
- Εικόνα 4.3 Αναπαράσταση ταχείας φόρτισης με φορτιστή τύπου CHAdeMO
- Εικόνα 4.4 Βύσμα CHAdeMO
- Εικόνα 4.5 Συνδεσμολογία βύσματος CHAdeMO
- Εικόνα 4.6 Βύσμα Mennekes
- Εικόνα 4.7 Βύσμα Walther
- Εικόνα 4.8 Elektromotive bay με βύσμα EDF
- Εικόνα 4.9 Βύσμα EV PLUG
- Εικόνα 4.10 CHAdeMO φορτιστές διαφόρων κατασκευαστών
- Εικόνα 4.11 Οχήματα που υποστηρίζουν το σύστημα CHAdeMO
- Εικόνα 5.1 Κατηγοριοποίηση σταθμών φόρτισης ανάλογα με την τοποθεσία της εγκατάστασης
- Εικόνα 5.2 Πιλοτικά προγράμματα σταθμών φόρτισης στην Ευρώπη
- Εικόνα 5.3 Ηλιακό δάσος από τον Neville Mars
- Εικόνα 5.4 Ηλιακό δάσος

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η τάση για τον εξηλεκτρισμό του τομέα των μεταφορών γίνεται ολοένα και πιο έντονη τα τελευταία χρόνια. Ο περιορισμός της εξάρτησης του τομέα μεταφορών από τις ευμετάβλητες τιμές του πετρελαίου καθώς και η έντονη ανησυχία για τους εκπεμπόμενους ρύπους είναι δύο από τους σημαντικότερους παράγοντες της ευρύτερης αποδοχής της ιδέας του εξηλεκτρισμού των μεταφορών.

Η διείσδυση των ηλεκτρικών οχημάτων όμως στην αγορά δεν είναι κάτι το εύκολο ούτε απλό. Παρότι το ηλεκτρικό όχημα δεν είναι κάποιο τεχνολογικό δημιούργημα των τελευταίων ετών η ελάχιστη εξέλιξη των ηλεκτρικών οχημάτων σε σχέση με τα οχήματα που χρησιμοποιούν μηχανές εσωτερικής καύσης είναι ανασταλτικός παράγοντας ώστε να γίνει ένα αποδεκτό μέσο μεταφοράς. Το γεγονός ότι μεγάλες αυτοκινητοβιομηχανίες έχουν πλέον στρέψει σοβαρά την προσοχή τους στην εξέλιξη είτε καθαρά ηλεκτρικών είτε υβριδικών οχημάτων, κ πολλές από αυτές έχουν πλέον στην γκάμα των μοντέλων παραγωγής τους ένα τουλάχιστον τέτοιο μοντέλο, δείχνει ότι το ηλεκτρικό όχημα έχει μέλλον στον τομέα των μεταφορών.

Στη παρούσα πτυχιακή εργασία μελετάται μια από τις σημαντικότερες παραμέτρους ,αν όχι η σημαντικότερη, όσο αναφορά τα ηλεκτρικά οχήματα που είναι η φόρτιση τους. Μελετούνται τόσο οι τρόποι φόρτισης των ηλεκτρικών οχημάτων αλλά και οι μέθοδοι σύνδεσης των οχημάτων αυτών με το δίκτυο, κάτι που στα ηλεκτρικά οχήματα είναι πολύ σημαντικό.

Στο Κεφάλαιο 1^ο της παρούσας πτυχιακής εργασίας αρχικά αναφέρονται οι κυριότερες χρονικά στιγμές της ηλεκτροκίνησης. Γίνεται αναφορά στους τύπους των ηλεκτρικών οχημάτων και στην κατηγοριοποίηση αυτών. Ενώ επιγραμματικά βλέπουμε και τα σχέδια που γίνονται για την αξιοποίηση των ηλεκτρικών οχημάτων ανα τον κόσμο.

Το Κεφάλαιο 2^ο αναφέρεται στις συστοιχίες συσσωρευτών των ηλεκτρικών οχημάτων. Ίσως το βασικότερο κομμάτι του ηλεκτρικού οχήματος. Μελετούνται οι τύποι των συσσωρευτών και συγκρίνονται μεταξύ τους. Επιγραμματικά παρουσιάζεται κ ο ηλεκτροκινητήρας.

Στο Κεφάλαιο 3^ο αρχικά εξηγούμε τα μέρη του ηλεκτρικού οχήματος που συνδέονται με την διαδικασία του ανεφοδιασμού τους και στην συνέχεια αναλύουμε τα τρία είδη φόρτισης ενός ηλεκτρικού οχήματος (αργή, ημιταχεία, ταχεία).

Στο Κεφάλαιο 4^ο αρχικά αναλύονται οι δυο μέθοδοι που μπορεί να ακολουθήσει η διαδικασία φόρτισης ενός ηλεκτρικού οχήματος.(φόρτιση με επαφή, φόρτιση με επαγωγή).Στην συνέχεια αναφερόμαστε στα διεθνή πρότυπα για την φόρτιση, στους υποδοχείς φόρτιση αλλά και στο νομικό πλαίσιο γύρω από τις τεχνολογίες φόρτισης.

Τέλος στο Κεφάλαιο 5 αναφερόμαστε στους σταθμούς φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων που είναι απαραίτητοι για την μελλοντική επιτυχία πώληση ηλεκτρικών αυτοκινήτων. Επίσης αναλύουμε την V2G (vehicle to grid) διαδικασία η οποία είναι η αμφίδρομη ανταλλαγή ενέργειας μεταξύ μπαταρίας-δικτύου.

Λέξεις κλειδιά: Ηλεκτρικά οχήματα , φόρτιση ηλεκτρικών οχημάτων , τρόποι φόρτισης , σύνδεση με το δίκτυο , συσσωρευτές , διαδικασία ανεφοδιασμού , είδη φόρτισης , φόρτιση με επαφή , φόρτιση με επαγωγή , διεθνή πρότυπα , τεχνολογίες φόρτισης , σταθμοί φόρτισης

ABSTRACT

Trend for the electrification of the transport sector is increasingly strong in recent years. Reduction of dependence of the transport sector from the volatile oil prices and a strong concern for the emissions of pollutants are two of the most important factors in the wider acceptance of idea of electrification of transport.

The penetration of electric vehicles on the market but it is not something easy nor simple. Even electric vehicle is not a technological creation of recent years, little development of electric vehicles compared with vehicles using internal combustion engines is a deterrent of them to be an acceptable means of transport. The fact that major automakers have now turned their attention seriously to the development of either pure electric or hybrid vehicles, many of them have in production at least one such model, shows that the electric vehicle has a future transportation.

In this thesis we on one of the most important factors, if not the most important, the electric vehicles charging..We focus both ways of charging electric vehicles and other connectivity methods with the network, which in electric vehicles are very important.

In the first Chapter of this thesis originally listed the key moments of electric vehicles through time. The types of electric vehicles and the plans about them around the world are presented.

The second chapter refers to the batteries of electric vehicles. Maybe the most important part in electric vehicles. Types of batteries are presented and also compared. Electric motor also briefly presented.

In chapter three we present the parts of an electric vehicle that are associated with charging. Also we analyze the three levels of charging in a electric vehicle (slow, semi-fast, fast).

In the fourth Chapter initially analyzed the two methods that can follow charging an electric vehicle. (Charging by contact, charging by induction). Then refer to international standards for charging, charging the receptors and the legal framework surrounding the charging technologies.

Finally in Chapter 5 we refer to electric vehicle charging stations, a very important factor for the electric vehicles success. Also analyze the V2G (vehicle to grid) process which is the interactive exchange of energy between battery-network.

Keywords: Electric vehicles , electric vehicle charging, ways of charging, connection to the grid, batteries, fueling process, types of charging, charging by contact, charging by induction, international standards, charging technologies , charging stations

ΠΡΟΛΟΓΟΣ-ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα εργασία αποτελεί την Πτυχιακή Εργασία στα πλαίσια των σπουδών μου στο τμήμα Ηλεκτρολογίας του τμήματος Τεχνολογικών Εφαρμογών του Ανώτατου Τεχνολογικού Ιδρύματος Πειραιά.

Αντικείμενο της παρούσας εργασίας είναι οι τρόποι φόρτισης ηλεκτρικού οχήματος και η σύνδεση αυτών με το δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας.

Η πτυχιακή αυτή εργασία εκπονήθηκε το ακαδημαϊκό έτος 2012 – 2013 υπό την επίβλεψη της κ. Ζουντουρίδου Εριέττας, εργαστηριακού συνεργάτη του τμήματος Ηλεκτρολογίας του Α.Τ.Ε.Ι Πειραιά, στην οποία οφείλω ιδιαίτερες ευχαριστίες για την ανάθεση της.

Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου και τους φίλους μου για την αμέριστη στήριξη τους καθ' όλη την διάρκεια της φοιτητικής μου σταδιοδρομίας.

Γεώργιος Κατσιφής

Απρίλιος 2013

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο

«ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΟΧΗΜΑΤΑ-ΙΣΤΟΡΙΚΗ

ΑΝΑΔΡΟΜΗ

1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η παγκόσμια ανησυχία για την κατακόρυφη αύξηση των αέριων ρύπων του θερμοκηπίου και ειδικότερα η έντονη επιβάρυνση της ατμόσφαιρας των αστικών πόλεων σε συνδυασμό με την πρόσφατη απότομη αύξηση των τιμών του πετρελαίου και την οικονομική κρίση που επικρατεί στις περισσότερες χώρες του κόσμου έδωσε ώθηση στην υιοθέτηση εναλλακτικών μέσων μεταφοράς φιλικότερων προς το περιβάλλον και με την προοπτική ότι μέσα από την σταδιακή εξέλιξη τους θα είναι και οικονομικότερα ως προς την χρήση. Μια τέτοια λύση στο ζήτημα των μεταφορών θα μπορούσαν να είναι τα ηλεκτρικά οχήματα. Οι πρόσφατες τεχνολογικές εξελίξεις στο χώρο των μπαταριών ενίσχυσαν την ανταγωνιστικότητα των ηλεκτροκίνητων οχημάτων ωθώντας την προσοχή των κυβερνήσεων και των αυτοκινητοβιομηχανιών προς το τομέα αυτό. Ωστόσο, χρειάζονται αρκετές ακόμα προσπάθειες ώστε τα ηλεκτρικά οχήματα να γίνουν μέρος της καθημερινότητάς μας. Η έλλειψη κατάλληλων υποδομών και συγκεκριμένου ρυθμιστικού πλαισίου για την διείσδυση των ηλεκτρικών οχημάτων είναι τα σημαντικότερα εμπόδια.

1.2 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

Κάποιοι πιθανόν να έχουν εσφαλμένα την εντύπωση ότι τα ηλεκτρικά οχήματα είναι ένα τεχνολογικό δημιούργημα των τελευταίων ετών. Στην πραγματικότητα τα ηλεκτρικά οχήματα έχουν μια ιστορία πάνω από 150 έτη κατά τη διάρκεια των οποίων οι τεχνολογίες τους τόσο στα συστήματα οδήγησης των ηλεκτρικών κινητήρων για τη βέλτιστη απόδοσή τους όσο και στις ίδιες τις

συστοιχίες συνεχώς εξελίσσονταν. Παρακάτω παρουσιάζονται τα σημαντικότερα γεγονότα που οδήγησαν στην εξέλιξη του ηλεκτρικού οχήματος στην πάροδο του χρόνου.[1]

- 1831: Ο Joseph Henry, Καθηγητής Μαθηματικών στο Albany NY, εφευρίσκει τον ηλεκτροκινητήρα στην προσπάθειά του να κατανοήσει τους ηλεκτρομαγνήτες.
- 1834: Ο σιδηρουργός Thomas Davenport, εφευρίσκει το πρώτο ηλεκτρικό όχημα κινούμενο το οποίο κινούταν σε ράγες, χωρίς τη δυνατότητα επαναφόρτισης της μπαταρίας του.
- 1847: Ο Moses Farmer από τη Μασαχουσέτη, κατασκεύασε ένα όχημα που τροφοδοτούνταν από 48 ηλεκτρικά στοιχεία και 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.
- 1859: Ο Γάλλος φυσικός Gaston Plante ανακαλύπτει για πρώτη φορά τις μπαταρίες Μολύβδου-Οξέως (Pb-Acid) που έχουν δυνατότητα επαναφόρτισης. Με τον τρόπο αυτό έπαψε να είναι απαραίτητη η συνεχής αντικατάσταση των ηλεκτρικών μπαταριών μετά την εκφόρτιση τους.
- 1890: Ο William Morrison από την Iowa κατασκευάζει το πρώτο επιτυχημένο ηλεκτρικό αυτοκίνητο στις Η.Π.Α. Μπορεί να κινηθεί με 22km/h για 13 ώρες.



Εικόνα 1.1 William Morrison Electric Car

Τα επόμενα χρόνια τα ηλεκτρικά οχήματα κατέχουν τα ρεκόρ ταχύτητας και μέγιστης διανυόμενης απόστασης. Μάλιστα το 1898 το βελγικής κατασκευής αγωνιστικό ηλεκτρικό αυτοκίνητο "La Jamais Contente" φτάνει τα 108km/h.



Εικόνα 1.2 La Jamais Contente

- 1900: Τα ηλεκτρικά οχήματα βρίσκονται στη άνθισή τους. Από τα 4192 αυτοκίνητα που κατασκευάστηκαν στην Αμερική σχεδόν το ένα τρίτο είναι ηλεκτρικά. Αυτό οφείλεται κυρίως στην υπεροχή των ηλεκτρικών οχημάτων έναντι βενζινοκίνητων ανταγωνιστών τους, σε συγκεκριμένους τομείς. Συγκεκριμένα, τους χαρακτήριζε η έλλειψη θορύβου, δονήσεων αλλά και της μυρωδιάς που χαρακτήριζε τα βενζινοκίνητα οχήματα. Επίσης, τα ηλεκτρικά

οχήματα επειδή δεν απαιτούσαν χειρωνακτική προσπάθεια για να ξεκινήσουν, καθώς τα βενζινοκίνητα της εποχής ξεκινούσαν με μανιβέλα, έγιναν ιδιαίτερα δημοφιλή στις γυναίκες οδηγούς λόγω της ευκολότερης λειτουργίας τους.

- 1908: Ο Henry Ford εισάγει το πρώτο βενζινοκίνητο όχημα μαζικής παραγωγής, το Model T, που επιδρά σημαντικά στην αγορά αυτοκινήτων των Η.Π.Α.

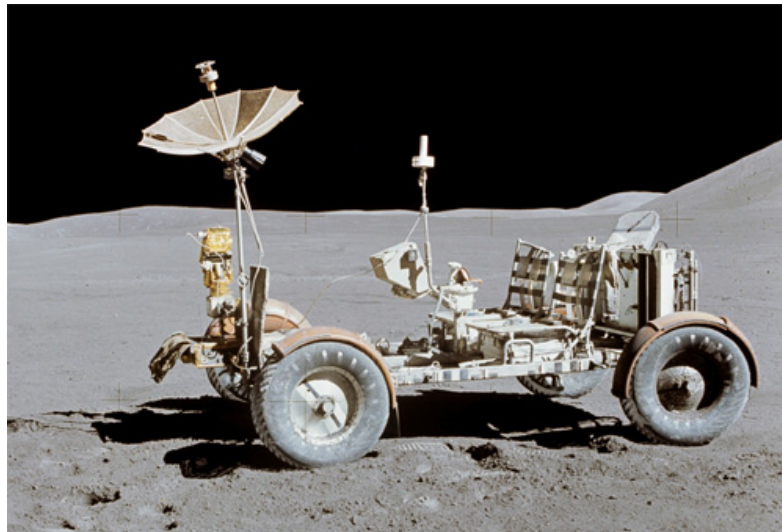


Εικόνα 1.3 Ford Model T

- 1920: Η παραγωγή ηλεκτρικών αυτοκινήτων σταματά να είναι βιώσιμη, η τιμή πώλησής τους συνεχώς αυξάνεται και οι πωλήσεις ελαχιστοποιούνται. Χαρακτηριστικά η Detroit Electric Car Company από 1139 μονάδες το 1918 φτάνει να πουλά μόνο 191 το 1920. Από την άλλη πλευρά η μαζική παραγωγή των βενζινοκίνητων οχημάτων από τον Henry Ford έκανε τα οχήματα αυτά διαθέσιμα σε αρκετά χαμηλές τιμές μεταξύ 500\$ και 1000\$.
- 1920-1970: Τα ηλεκτρικά οχήματα παρακμάζουν καθώς τα βενζινοκίνητα οχήματα προτιμώνται λόγω των μεγαλύτερων αποστάσεων που μπορούν να διανύσουν, της μεγαλύτερης ιπποδύναμης και της χαμηλής τιμής της βενζίνης σε σχέση με τον ηλεκτρισμό. Μόνο η Βρετανία διατηρεί ένα σχετικά μεγάλο αριθμό ηλεκτρικών οχημάτων, χρησιμοποιώντας τα για τη διανομή γάλακτος, ψωμιού και αλληλογραφίας. Η επαναφορά των ηλεκτρικών οχημάτων άρχισε να γίνεται δειλά δειλά πάλι στη δεκαετία του '70 ύστερα από την ανησυχία

την αύξηση των τιμών του πετρελαίου, που κορυφώθηκε με την πετρελαϊκή κρίση του 1973, καθώς και το διαρκώς εντονότερο περιβαλλοντικό κίνημα που συνέδεε την ατμοσφαιρική ρύπανση με τους ρύπους των συμβατικών οχημάτων.

- 1971: Στις 31 Ιουλίου ένα ηλεκτρικό όχημα, γνωστό και ως ‘‘σεληνιακό Rover’’, συμμετέχει στην αποστολή Apollo 15 και αποτελεί το πρώτο όχημα, το οποίο οδηγείται στο Σελήνη. Αναπτύχθηκε από κοινού από την Boeing και την Delco Electronics και χρησιμοποιούσε έναν κινητήρα συνεχούς ρεύματος σε κάθε τροχό.



Εικόνα 1.4 Moon Rover

- 1974: Το ηλεκτρικό όχημα CitiCar, κατασκευασμένο από τον Vanguard Sebring, εμφανίζεται στο Συμπόσιο Ηλεκτρικών Οχημάτων στην Ουάσινγκτον. Έχει μέγιστη ταχύτητα περίπου 50km/h και μπορεί να διανύσει απόσταση 60km.
- 1976: Το Κογκρέσο περνάει νόμο για την προώθηση της έρευνας σχετικής με τα ηλεκτρικά οχήματα με σκοπό κυρίως τη βελτίωση των μπαταριών και των κινητήρων.
- 1990: Η California εκδίδει την εντολή ZEV (Zero Emission Vehicle), σύμφωνα με την οποία μέχρι το 1998, 2% των οχημάτων της πολιτείας και

μέχρι το 2003, 10% των οχημάτων πρέπει να έχουν μηδενικές εκπομπές ρύπων.

- 1996-2003: Καταξιωμένες αυτοκινητοβιομηχανίες όπως η General Motors και η Toyota κατασκευάζουν μερικές χιλιάδες ηλεκτρικά οχήματα προς μαζική πώληση με πολύ ενθαρρυντική ανταπόκριση από το αγοραστικό κοινό. Συγκεκριμένα, η GM το 1996 παρουσιάζει στην αγορά το πρώτο αμιγώς ηλεκτροκίνητο όχημα μαζικής παραγωγής της σύγχρονης ιστορίας, που κατασκευάστηκε από μια μεγάλη αυτοκινητοβιομηχανία. Η παράμετρος που του έδωσε και το όνομά του (EV1=Electric Vehicle 1) , ήταν ότι σχεδιάστηκε εξ' αρχής ως αποκλειστικά ηλεκτροκίνητο. Το αυτοκίνητο αυτό ήταν διαθέσιμο μόνο υπό τη μορφή προσωρινής μίσθωσης (leasing), με μέγιστη περίοδο 3 ετών, αλλά παρ' όλα αυτά έγινε εξαιρετικά δημοφιλές.



Εικόνα 1.5 Chevrolet EV1

Το μοντέλο αυτό έχει συνδεθεί με ένα σκάνδαλο μεγάλης έκτασης, καθώς όλα τα οχήματα σε χρήση ανακλήθηκαν ως το 2003. Η General Motors ισχυρίστηκε ότι δε μπορούσε να πουλήσει αρκετά αντίτυπα, ώστε το EV1 να είναι κερδοφόρο, αλλά η πραγματικότητα ήταν ότι δέχθηκε πιέσεις να σταματήσει το πρόγραμμα από τις μεγάλες πετρελαϊκές εταιρείες. Επιπρόσθετα, τα περισσότερα EV1 μετά την ανάκληση διαλύθηκαν στην πρέσα, αν και ορισμένα η GM τα δώρισε σε μουσεία και πανεπιστήμια. [2]



Εικόνα 1.6 EV1 μετά την ανάκληση

Παράλληλα, εκείνη την εποχή παρουσιάζει μία αμιγώς ηλεκτρική έκδοση του μοντέλου της RAV4. Παρ' ότι αυτή η προσπάθεια είχε την ίδια τύχη με το EV1 η Toyota συνεχίζει να εξελίσσεται και αυτό έχει ως αποτέλεσμα την παρουσίαση στην Ιαπωνία το 1997 του υβριδικού μοντέλου PRIUS, το οποίο ήταν το πρώτο υβριδικό όχημα μαζικής παραγωγής. Η ενεργειακή κρίση που ξέσπασε στις αρχές του 2000 αναζωπύρωσε το ενδιαφέρον τόσο για τα υβριδικά όσο και για τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα. Έτσι, καθώς οι πωλήσεις του Toyota Prius γιγαντώθηκαν, πολλές αυτοκινητοβιομηχανίες ακολούθησαν το παράδειγμα της Toyota εξελίσσοντας δικά τους ηλεκτρικά και υβριδικά μοντέλα, εξαιτίας της καταναλωτικής ζήτησης για αυτοκίνητα που θα τους απαλλάξουν από τις διακυμάνσεις των τιμών του πετρελαίου.



Εικόνα 1.7 Toyota Prius

- 2003: Το μοντέλο tZero της εταιρείας AC Propulsion κερδίζει το υψηλότερο βραβείο στον καταξιωμένο διαγωνισμό Michelin Challenge Bibendum. Είναι εντυπωσιακό ότι το tZero έχει αυτονομία 300 μίλια, 0-60mph σε 3.6 δευτερόλεπτα και τελική ταχύτητα 100 mph.
- 2004: Μετά το Πρωτόκολλο του Kyoto και σε μια προσπάθεια επίτευξης των στόχων που τίθενται απ' αυτό αναζωπυρώνεται το ενδιαφέρον για τα ηλεκτρικά οχήματα. Προς αυτή την κατεύθυνση πολλές χώρες όπως Ισραήλ, Δανία, Καναδάς, Ιαπωνία, Αυστραλία και Η.Π.Α. υιοθετούν προγράμματα υποστήριξης ηλεκτρικών οχημάτων. Το 2004 μια μικρή αμερικάνικη εταιρεία κατασκευής αυτοκινήτων από την California των ΗΠΑ, με την ονομασία Tesla Motors, υλοποιεί μια επανάσταση στο χώρο του ηλεκτρικού αυτοκινήτου παρουσιάζοντας το Tesla Roadster, και δίνει το έναυσμα στις μεγάλες αυτοκινητοβιομηχανίες να εξελίξουν περισσότερο τα ηλεκτρικά οχήματα και να πάρουν τη μορφή που έχουν σήμερα. Η ομοιότητα του παραπάνω μοντέλου με την Lotus Elise δεν ήταν καθόλου τυχαία, καθώς η εταιρεία προκειμένου να κρατήσει το κόστος παραγωγής σε χαμηλά επίπεδα χρησιμοποίησε το σασί, το αμάξωμα καθώς και τα συστήματα ανάρτησης και φρένων της Elise. Το Roadster διέθετε τριφασικό ηλεκτροκινητήρα που τροφοδοτούταν από ένα σύστημα αποθήκευσης που με τη σειρά του αποτελούταν από 6831 κυψέλες ιόντων λιθίου. Το Roadster δε χρησιμοποιούσε την πεπατημένη των υπόλοιπων ηλεκτρικών αυτοκινήτων,

που χρησιμοποιούσαν ‘‘εξωτικές’’ μπαταρίες υβριδίου του νικελίου, αλλά τις κλασικές ιόντων λιθίου, που κυκλοφορούσαν ευρύτατα στο εμπόριο τόσο σε κινητά όσο και σε laptop.



Εικόνα 1.8 Tesla Roadster Batteries

Με αυτόν τον τρόπο παράγαγε διπλάσια ενέργεια ανά μονάδα βάρους. Τα τεχνικά χαρακτηριστικά του Tesla Roadster ήταν, πραγματικά, εξαιρετικά. Ο υψηλής ηλεκτρομαγνητικής απόδοσης αερόψυκτος ηλεκτροκινητήρας του απέδιδε 250 άλογα, η τελική του ταχύτητα ήταν 210km/h, πραγματοποιούσε τη διαδικασία εκκίνησης 0/100 σε 4 δευτερόλεπτα. Ο χρόνος πλήρους φόρτισης του ήταν 6-7 ώρες σε οικιακό δίκτυο, ενώ το κόστος ταξιδιού του ανέρχονταν σε 0,008 ευρώ ανά χιλιόμετρο. Μέχρι τις αρχές του 2012, όταν και διακόπηκε η συνεργασία με την Lotus και σταμάτησε η παραγωγή του, είχαν πωληθεί 2400 τέτοια οχήματα σε 31 χώρες.[3] Το Roadster είναι ένα από τα σημαντικότερα ηλεκτρικά οχήματα της ιστορίας, καθώς ενέπνευσε τις μεγάλες αυτοκινητοβιομηχανίες να αναπτύξουν καλύτερα και αποδοτικότερα ηλεκτρικά αυτοκίνητα.



Εικόνα 1.9 Tesla Roadster

- 2009:Στις ΗΠΑ διατίθενται \$2 δισεκατομμύρια για την ανάπτυξη των μπαταριών και άλλα \$400 εκατομμύρια για την κατασκευή των απαραίτητων υποδομών για την χρήση των ηλεκτρικών οχημάτων. Στο San Francisco εγκαθίστανται σταθμοί φόρτισης στο κέντρο της πόλης. Ο απερχόμενος CEO Rick Wagoner της General Motors ανακοινώνει πως η διακοπή της παραγωγής των EV από την GM ήταν το μεγαλύτερο λάθος της καριέρας του. Η Βρετανική κυβέρνηση προωθεί την χρήση των ηλεκτρικών οχημάτων χορηγώντας 2000 λίρες σε κάθε αγοραστή. Η BMW ξεκινά δοκιμές σε 500 Mini-EV σε Νέα Υόρκη και Λος Άντζελες.
- 2010 : Το κόστος των μπαταριών Ιόντων-Λιθίου πέφτει από τα \$650/kWh στα \$450/kWh σύμφωνα με την Deutsche Bank.. Η Nissan ξεκινά την ευρεία παραγωγή του τελευταίου της επιβατικού ηλεκτρικού οχήματος, του Nissan LEAF (Leading, Environmentally Friendly, Affordable, Family Car).



Εικόνα 1.10 Nissan LEAF

Παράλληλα η Chevrolet ρίχνει στην αγορά το Chevy Volt.



Εικόνα 1.11 Chevrolet VOLT

Σήμερα η αυτοκινητοβιομηχανία έχει μια μεγάλη ποικιλία ηλεκτρικών και υβριδικών οχημάτων να προσφέρει στον καταναλωτή, με τις περισσότερες κατασκευάστριες εταιρίες να έχουν ήδη από ένα ή και περισσότερα μοντέλα, όπως το i MiEV της Mitsubishi, ενώ και η Tesla Motors παρουσίασε μέσα στο 2012 δυο καινούργια μοντέλα, το Model S και το Model X.



Εικόνα 1.12 Tesla Model S

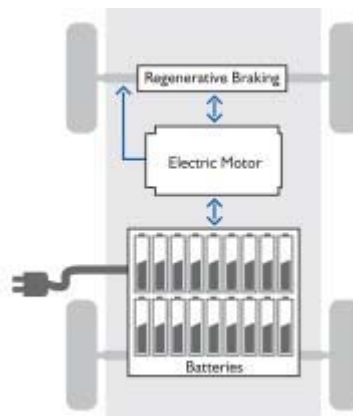
Ολοένα και περισσότεροι οικονομικοί πόροι και χρόνος επενδύονται στην ανάπτυξη της τεχνολογίας αυτής που δεν θα αργήσει να κυριαρχήσει στον χώρο των επιβατικών αυτοκινήτων. Σύμφωνα με τελευταίες μελέτες της Deutsche Bank , το κόστος της μπαταρίας που είναι ένας από τους ανασταλτικούς παράγοντες της διαδικασίας αυτής, μέχρι το 2020 θα έχει πέσει στα \$250/kWh, πράγμα που θα εκτινάξει τις πωλήσεις των ηλεκτρικών οχημάτων στα ύψη. Ωστόσο, τα ηλεκτρικά οχήματα έχουν ακόμα αρκετό δρόμο να διανύσουν προκειμένου να αποτελέσουν μια συμφέρουσα επιλογή για πολλούς οδηγούς. Το υψηλό κόστος κατασκευής, ο περιορισμένος χρόνος ζωής της μπαταρίας, η περιορισμένη διανυόμενη απόσταση, καθώς και η κατασκευή σταθμών φόρτισης κι άλλων υποδομών που απαιτούνται, αποτελούν μερικές από τις προκλήσεις που θα πρέπει να αντιμετωπιστούν ώστε να επιτευχθεί η επικράτηση των ηλεκτρικών οχημάτων.

1.3 ΤΥΠΟΙ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ

Στην ενότητα αυτή περιγράφονται οι διαφορετικές κατηγορίες ηλεκτρικών οχημάτων ανάλογα με τις τεχνολογίες κίνησης που υιοθετούν.

1. Ηλεκτρικά οχήματα μπαταρίας (Battery EVs)

Τα οχήματα μπαταρίας αποθηκεύουν ηλεκτροχημική ενέργεια στις μπαταρίες και εκπέμπουν μηδενικούς ρύπους κατά την κίνησή τους. Αυτή τη στιγμή οι μπαταρίες μολύβδου-οξέος (lead-acid) αποτελούν τη φθηνότερη επιλογή, ωστόσο οι υδριδίου μετάλλων νικελίου (NiMH), ιόντος λιθίου (Li-ion) και λιθίου-ιόντων πολυμερών γίνονται όλο και πιο ανταγωνιστικές λόγω του ότι έχουν μεγαλύτερη διάρκεια ζωής, μικρότερο μέγεθος και είναι πιο ελαφριές. Οι μπαταρίες φορτίζονται με σύνδεση στο δίκτυο καθώς και με το λεγόμενο «αναπαραγωγικό φρενάρισμα», που είναι στην ουσία η χρησιμοποίηση μέρους της θερμότητας που παράγεται κατά το φρενάρισμα για την επαναφόρτιση της μπαταρίας. Σήμερα, ορισμένοι τύποι ηλεκτρικών οχημάτων μπαταρίας που χρησιμοποιούνται ευρέως είναι τα χαμηλής ταχύτητας, τα ηλεκτρικά οχήματα γειτονιάς (NEV's), τα οχήματα που αποτελούν τον εξοπλισμό εδάφους των αεροδρομίων, καθώς και οχήματα βιομηχανικού εξοπλισμού, όπως για παράδειγμα περνοφόροι ανυψωτές.

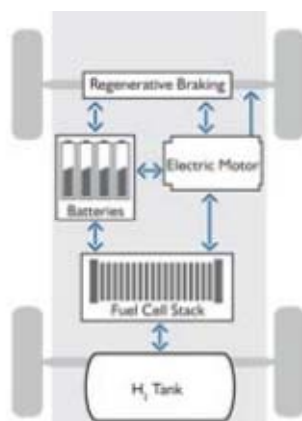


Εικόνα 1.13 Ηλεκτρικό Οχημα Μπαταρίας

2. Ηλεκτρικά οχήματα κυψελών καυσίμου (Fuel Cell EVs)

Τα ηλεκτρικά οχήματα κυψελών καυσίμου αποθηκεύουν ενέργεια με τη μορφή υδρογόνου (H₂), η οποία τροφοδοτεί μια κυψέλη καυσίμου μαζί με ατμοσφαιρικό οξυγόνο (O₂), παράγοντας ηλεκτρισμό με τη διαδικασία της ηλεκτρόλυσης, με μόνα παραπροϊόντα θερμότητα και νερό. Ούτε κι αυτά επομένως εκπέμπουν ρύπους. Διάφοροι τρόποι για την αποθήκευση ή την παραγωγή υδρογόνου πάνω στο ίδιο το όχημα μελετώνται, στους οποίους περιλαμβάνεται η συμπίεση του αερίου H₂, η δέσμευσή του σε μέταλλα, καθώς και η παραγωγή επί του οχήματος από φυσικό αέριο, μεθανόλη, βενζίνη ή άλλο καύσιμο. Σήμερα, ένας αριθμός ηλεκτρικών

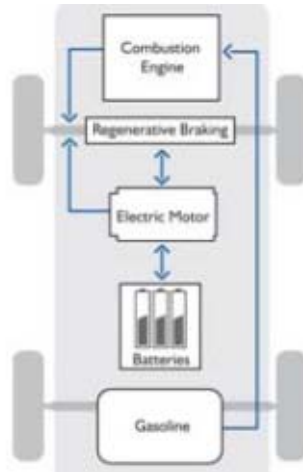
οχημάτων κυψελών καυσίμου κυκλοφορεί στους δρόμους παγκοσμίως, συμπεριλαμβανομένων επιβατικών αυτοκινήτων, φορτηγών διανομής, λεωφορείων και στρατιωτικών οχημάτων. Ωστόσο, η απαιτούμενη υποδομή για τη διανομή του H₂, η επί του οχήματος αποθήκευσή του H₂ και οι απώλειες μετατροπής αποτελούν σημαντικά προβλήματα που αφήνουν ανοιχτό το ερώτημα κατά πόσο τα ηλεκτρικά οχήματα κυψελών καυσίμου θα αποτελέσουν μια πρακτική και συμφέρουσα λύση στο μέλλον.



Εικόνα 1.14 Ηλεκτρικό Όχημα Κυψελών Καυσίμου

3. Υβριδικά οχήματα (Hybrid EVs)

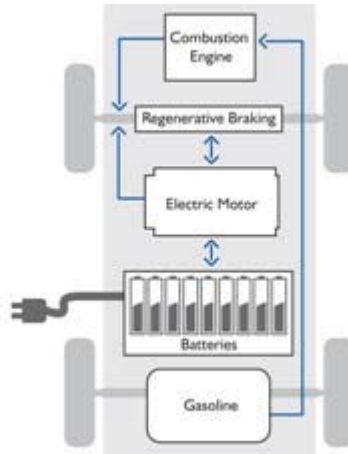
Τα σύγχρονα υβριδικά οχήματα χρησιμοποιούν και ηλεκτροκινητήρα και μηχανή εσωτερικής καύσης για την κίνηση τους. Κάθε υβριδικό όχημα είναι με τρόπο τέτοιο σχεδιασμένο ώστε να φορτίζει τις μπαταρίες του μέσω του «αναπαραγωγικού φρεναρίσματος». Την ενέργεια αυτή τη χρησιμοποιεί στη συνέχεια για τη λειτουργία του ηλεκτροκινητήρα χωρίς να χρειάζεται να συνδεθεί στο δίκτυο. Ένα υβριδικό όχημα «παράλληλης» λειτουργίας χρησιμοποιεί τον ηλεκτροκινητήρα ή τη μηχανή εσωτερικής καύσης για την κίνηση του οχήματος. Ένα υβριδικό «σειριακής» λειτουργίας χρησιμοποιεί τον ηλεκτροκινητήρα για να παράγει την επιπλέον ενέργεια στη μηχανή εσωτερικής καύσης όταν τη χρειάζεται, για παράδειγμα κατά την εκκίνηση ή την επιτάχυνση. Όλα έχουν τη δυνατότητα να πετύχουν μεγαλύτερη οικονομία καυσίμων σε σχέση με τα συμβατικά βενζινοκίνητα οχήματα. Η αγορά υβριδικών οχημάτων μεγαλώνει συνεχώς, με όλο και περισσότερα μοντέλα να διατίθενται στους καταναλωτές. Τα υβριδικά οχήματα που παράγονται μαζικά μέχρι τώρα έχουν μεγαλύτερη μηχανική παρά ηλεκτρική ισχύ κίνησης (περίπου 75-25%), μικρές μπαταρίες (1-2kWh), και δε διαθέτουν τη δυνατότητα σύνδεσης στο δίκτυο.



Εικόνα 1.15 Υβριδικό Όχημα

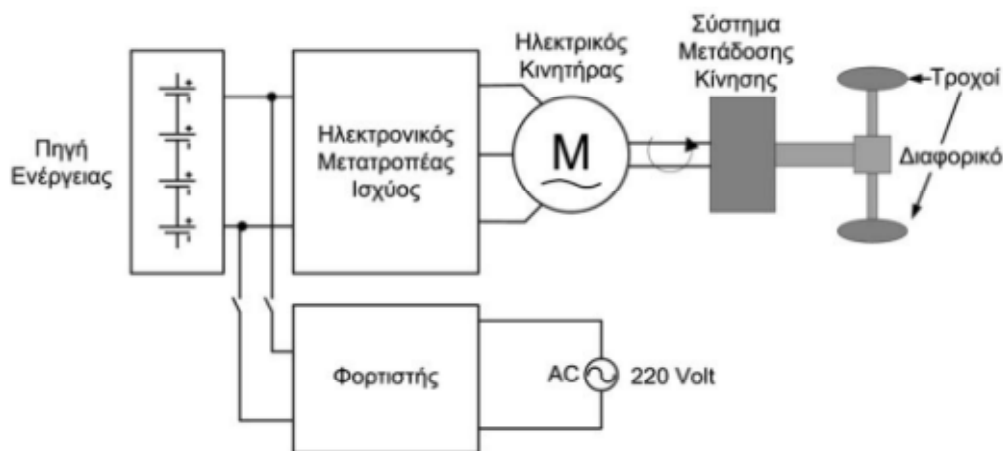
4. Ηλεκτρικά οχήματα με δυνατότητα σύνδεσης στο δίκτυο (Plug-in EVs)

Με τον όρο 'Plug-in EVs' εννοούμε τα ηλεκτρικά οχήματα που έχουν τη δυνατότητα να συνδέονται στο δίκτυο και να ανταλλάσσουν ηλεκτρική ενέργεια με αυτό. Κάθε ένας από τους τύπους οχημάτων που προαναφέρθηκαν μπορεί με την προσθήκη του κατάλληλου εξοπλισμού να αποκτήσει αυτή τη δυνατότητα. Συγκεκριμένα, τα ηλεκτρικά οχήματα μπαταρίας έχουν από κατασκευής τους τον εξοπλισμό που απαιτείται για σύνδεση στο δίκτυο καθώς έτσι φορτίζουν τις μπαταρίες τους (ή τις εκφορτίζουν σε περίπτωση που το δίκτυο έχει ανάγκη την αποθηκευμένη σε αυτές ενέργεια). Τα υβριδικά οχήματα με δυνατότητα σύνδεσης στο δίκτυο έχουν μεγαλύτερη μπαταρία από τα απλά υβριδικά και χρησιμοποιούν ένα συνδυασμό ηλεκτρικής ενέργειας από το δίκτυο, ενέργειας από το «αναπαραγωγικό φρενάρισμα» καθώς και ενέργειας από μηχανή εσωτερικής καύσης ή κυψέλη καυσίμου για να κινηθούν. Στην ουσία, φορτίζουν όσο είναι σταθμευμένα κι έτσι για μικρές διαδρομές δε χρειάζεται να χρησιμοποιήσουν καθόλου καύσιμο. Στην ουσία όμως με τον όρο ηλεκτρικά οχήματα EV αναφερόμαστε αποκλειστικά σε Plug-in EV που χρησιμοποιούν αποκλειστικά μπαταρίες ως μέσο αποθήκευσης της ηλεκτρικής ενέργειας. Στο επόμενο σχήμα παρουσιάζεται ένα διάγραμμα των κύριων τμημάτων, από τα οποία αποτελείται ένα ηλεκτρικό όχημα.



Εικόνα 1.16 Ηλεκτρικό Όχημα με δυνατότητα σύνδεσης με το δίκτυο

Η πηγή ηλεκτρικής ενέργειας 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(μπαταρίες), ενώ η φόρτισή τους συνήθως γίνεται με ηλεκτρονικούς μετατροπείς AC/DC. Ο ηλεκτρονικός μετατροπέας είναι το τμήμα, το οποίο είναι υπεύθυνο για την κατάλληλη μετατροπή της τάσεως της πηγής ώστε να τροφοδοτήσει τον κινητήρα. Επιπλέον ελέγχει και τη λειτουργία του οχήματος ελέγχοντας ουσιαστικά την ταχύτητα και τη ροπή του κινητήρα. Ο ηλεκτρικός κινητήρας μετατρέπει την ηλεκτρική ενέργεια σε μηχανική για την κίνηση του οχήματος. Ενώ τέλος το σύστημα μετάδοσης κίνησης μεταδίδει την κίνηση στους τροχούς προσαρμόζοντας κατάλληλα τη ροπή και την ταχύτητα.[4]



Εικόνα 1.17 Διάγραμμα κυρίως μελών ηλεκτρικού οχήματος

ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ

Τα ηλεκτρικά οχήματα κατηγοριοποιούνται περαιτέρω ανάλογα με το μέγεθος και τη χρήση τους στις εξής κατηγορίες:

- **L7e** : Στην κατηγορία αυτή ανήκουν όλα τα πολύ μικρά αυτοκίνητα με μέγιστο καθαρό βάρος τα 550kg (χωρίς να υπολογίζεται το βάρος του καυσίμου ή των συσσωρευτών), και μέγιστη ισχύ τα 15kW ανεξαρτήτως του κινητήρα.
- **M1** : Ως τύπου M1 μπορούν να χαρακτηριστούν όλα τα επιβατικά οχήματα που περιλαμβάνουν μέχρι 8 θέσεις επιβατών επιπλέον της θέσης του οδηγού.
- **N1** : Η κατηγορία αυτή περιλαμβάνει όλα τα επαγγελματικά οχήματα, με μέγιστο βάρος φορτίου τα 3.500kg.
- **N2** : Τέλος, η τελευταία κατηγορία περιλαμβάνει τα επαγγελματικά οχήματα με βάρος φορτίου μεταξύ 3.500kg και 12.000kg

Οι λόγοι για τους οποίους η κατηγοριοποίηση των οχημάτων έχει περιοριστεί στις παραπάνω 4 κατηγορίες είναι οι εξής:

- Υπάρχει ήδη ένας αριθμός από οχήματα τύπου L7e διαθέσιμος στην αγορά, αλλά το ποσοστό τους επί των συνολικών πωλήσεων των ηλεκτρικών οχημάτων θα μειωθεί δραστικά, καθώς οικονομικότερα, ασφαλέστερα και πρακτικότερα οχήματα τύπου M1 θα εισαχθούν στην αγορά των ηλεκτρικών οχημάτων.
- Η κυρίαρχη τάξη ηλεκτρικών οχημάτων θα είναι ο τύπος M1. Αυτό επιβεβαιώνεται καθημερινά από τις συνεχείς ανακοινώσεις των διάφορων κατασκευαστών αυτοκινήτων περί κυκλοφορίας νέων μοντέλων ηλεκτρικών οχημάτων τύπου M1.
- Πολλά ηλεκτρικά οχήματα τύπου N1 αναμένεται να κυκλοφορήσουν στο μέλλον, καθώς σε πολλές περιπτώσεις τα μοντέλα χρήσης (πχ διανυόμενη απόσταση) καθώς και οι χρόνοι και οι τοποθεσίες φόρτισης (πχ κατά την διάρκεια της νύχτας σε σταθμό φόρτισης) μπορούν να προβλεφθούν με αξιοπιστία και αποδεκτή ακρίβεια.

- Το άνω όριο τέθηκε με τα οχήματα τύπου N2, με μέγιστη δυνατότητα φορτίου τα 12.000kg. Οι μέχρι τώρα πληροφορίες αναφέρουν πως μεγαλύτερα οχήματα είναι απίθανο να χρησιμοποιούν ηλεκτροκίνηση.[5]

1.4 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ-ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

Αν συγκρίνουμε τα ηλεκτρικά οχήματα με τα συμβατικά θα παρατηρήσουμε και πλεονεκτήματα αλλά και μειονεκτήματα. Τα μειονεκτήματα πηγάζουν από το γεγονός ότι η έρευνα στο χώρο της ηλεκτροκίνησης δεν έχει κάνει τόσο σημαντικά βήματα όσο εκείνα στο χώρο των μηχανών εσωτερικής καύσης. Η πληθώρα των κοιτασμάτων πετρελαίου (φθηνά καύσιμα) και οι τεχνολογικές εξελίξεις των μηχανών εσωτερικής καύσης αποτέλεσαν τροχοπέδη για την εξέλιξη των ηλεκτρικών οχημάτων. Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα κυριότερα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των ηλεκτρικών οχημάτων.

ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

- *Είναι φιλικά προς το περιβάλλον*, δηλαδή δεν εκπέμπουν ρύπους κι έτσι δε συμβάλλουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου. Ακόμα και αν προσθέσουμε τις εκπομπές CO₂ της ηλεκτροπαραγωγής για τη φόρτιση των μπαταριών των ηλεκτρικών οχημάτων, οι εκπομπές είναι το ένα τρίτο ή το πολύ ένα δεύτερο από αυτές των συμβατικών οχημάτων. Επίσης τα ηλεκτρικά οχήματα έχουν πολύ λιγότερη ηχορύπανση από ένα όχημα με κινητήρα εσωτερικής καύσης. Τέλος δεν εκπέμπουν ρύπους όπως NO_x, NMHC, CO και PM.
- *Ενεργειακή απόδοση*. Μια μηχανή καύσεως δεν είναι ενεργειακά αποδοτική και καταναλώνει πολλά καύσιμα. Με τα υπάρχοντα δεδομένα οι ηλεκτροκινητήρες αποδίδουν το 75% της χημικής ενέργειας που είναι αποθηκευμένη στις μπαταρίες σε κίνηση των τροχών, ενώ αντίθετα οι μηχανές εσωτερικής καύσης μετατρέπουν μόνο το 20% της ενέργειας που είναι αποθηκευμένη στη βενζίνη.

- *Μειώνουν την ενεργειακή εξάρτηση.* Ο περιορισμός της ζήτησης πετρελαίου για τον τομέα των μεταφορών μειώνει την ενεργειακή εξάρτηση από τις χώρες κυρίως της Μέσης Ανατολής. Σε πολιτικό επίπεδο αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό αν αναλογιστούμε το ασταθές περιβάλλον που έχει δημιουργηθεί τα τελευταία χρόνια στη Μέση Ανατολή. Επιπρόσθετα, οι ανοδικές τάσεις της τιμής του πετρελαίου ιδιαίτερα μετά το πόλεμο στο Ιράκ έχουν μετατρέψει την μετακίνηση με συμβατικό όχημα σε ένα σημαντικό κόστος της καθημερινή ζωής.
- Τέλος, είναι δυνατόν τα ηλεκτρικά οχήματα να προσφέρουν πολύτιμες υπηρεσίες στο ηλεκτρικό δίκτυο και να αυξήσουν την αξιοπιστία και την αποδοτικότητά του..

ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

- *Περιορισμένη απόσταση ταξιδιού* μεταξύ κάθε επαναφόρτισης της μπαταρίας. Στο παρελθόν κάθε 60 χιλιόμετρα χρειάζονταν επαναφόρτιση. Ωστόσο, τα πιο σύγχρονα μοντέλα επιτυγχάνουν αυτονομία που ξεκινάει από 100 έως 120 χιλιόμετρα στα αυτοκίνητα πόλης και φτάνει τα 250-300 χιλιόμετρα σε αυτοκίνητα μεγάλης ισχύος. Αξίζει να σημειωθεί ότι το σημερινό ρεκόρ χιλιομέτρων χωρίς επαναφόρτιση ανήκει σε ένα σπορ ηλεκτροκίνητο όχημα το Tesla Roadster, που κατάφερε να διανύσει 504 χιλιόμετρα με μία μόνο φόρτιση ταξιδεύοντας με μέση ταχύτητα 56 χιλιόμετρα/ώρα. Το ρεκόρ επετεύχθη στις 27 Οκτωβρίου 2009 στον παγκόσμιο διαγωνισμό Global Green Challenge στην Αυστραλία.
- *Μεγάλος χρόνος επαναφόρτισης.* Πλήρης επαναφόρτιση της συστοιχίας μπαταριών μπορεί να διαρκέσει από 4 έως 8 ώρες για μια τυπική φόρτιση. Αυτό σε συνδυασμό με τον περιορισμό στη διανύσιμη απόσταση καθιστά το ηλεκτρικό όχημα απαγορευτικό για μεγάλες αποστάσεις ή ταξίδια. Η προώθηση των ηλεκτρικών οχημάτων προϋποθέτει ικανοποίηση των ιδιοκτητών τους αντίστοιχη με αυτή των συμβατικών οχημάτων.
- *Περιορισμένη διάρκεια ζωής μπαταριών.* Η διάρκεια ζωής μπαταριών είναι συνήθως 3 - 4 χρόνια ή περίπου 1500 κύκλοι λειτουργίας (300-400 κύκλοι

λειτουργίας ανά έτος). Παρ' όλα αυτά, για το Chevrolet Volt η General Motors ανακοίνωσε πως θα δίνει εγγύηση 8 έτη ή 100.000 μίλια (160.000 χιλιόμετρα).

- *Όγκος και βάρος μπαταριών.* Οι συστοιχίες μπαταριών είναι βαριές και καταλαμβάνουν σημαντικό χώρο στο όχημα. Στον όγκο των συσσωρευτών θα πρέπει να προστεθεί και ο όγκος των συστημάτων ασφαλείας για την προστασία από εκδήλωση φωτιάς στις μπαταρίες λόγω υπερθέρμανσης ή βραχυκυκλώματος.
- *Υψηλές δαπάνες κατασκευής, με αποτέλεσμα την υψηλή τιμή πώλησης.* Τα χαμηλά ποσοστά διείσδυσης ηλεκτρικών οχημάτων μέχρι σήμερα, και άρα η χαμηλή ζήτηση, είναι λογικό να διατηρούν τα επίπεδα των τιμών της αγοράς μπαταριών σε υψηλά επίπεδα.

1.5 ΕΘΝΙΚΑ ΣΧΕΔΙΑ-ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Ολοένα και περισσότερες κυβερνήσεις ανά τον κόσμο δίνουν οικονομικά κίνητρα στους πολίτες για να αγοράσουν ηλεκτρικά οχήματα ενώ παράλληλα διάφορα έργα (projects) με θέμα τα ηλεκτρικά οχήματα βρίσκονται σε εξέλιξη ή σχεδιάζονται για το μέλλον. Τα αναμενόμενα οφέλη από τη διείσδυση ηλεκτρικών οχημάτων είναι πολλαπλά, καθώς εκτός από μείωση ρύπων, θα αυξηθεί η διείσδυση των ΑΠΕ για τη φόρτιση των μπαταριών των οχημάτων και αναμένεται να δημιουργηθούν νέες θέσεις εργασίας. Παρακάτω θα γίνει μία συνοπτική παρουσίαση των σημαντικότερων αυτών ενεργειών στην Αμερική και την Ευρώπη.

Στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής ο Πρόεδρος Μπάρακ Ομπάμα πρόσφατα ανακοίνωσε την επιχορήγηση ύψους 2,4 δισεκατομμυρίων δολαρίων για την ανάπτυξη των ηλεκτρικών οχημάτων. Το μεγαλύτερο μερίδιο, συγκεκριμένα 1,5 δις δολάρια αφορά την επιχορήγηση κατασκευαστριών εταιριών με σκοπό την έρευνα και ανάπτυξη νέων πιο αποδοτικών μπαταριών. Ενώ το υπόλοιπο ποσό αφορά την επιχορήγηση έρευνας και ανάπτυξης σε ηλεκτρικούς κινητήρες, κατασκευή σταθμών φόρτισης και την εκπαίδευση τεχνιτών για κατασκευή και επισκευή ηλεκτρικών

οχημάτων. Επίσης στις 21 Μαΐου του 2009 ψηφίστηκε από την επιτροπή Ενέργειας και Εμπορίου το νομοσχέδιο με τίτλο ACES (American Clean Energy and Security Act) το οποίο έχει αναλυτικές διατάξεις για τα ηλεκτρικά οχήματα. Το νομοσχέδιο καλεί όλες τις ηλεκτρικές επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας να αναπτύξουν ένα πλάνο για τη στήριξη της χρήσης ηλεκτρικών οχημάτων μέσα από την έξυπνη ενσωμάτωση των οχημάτων στο δίκτυο και την πιο αποδοτική και αποτελεσματική διανομή ηλεκτρικής ενέργειας στα ηλεκτρικά οχήματα. Παράλληλα η Βουλή των Αντιπροσώπων ψήφισε νόμο στα τέλη του 2008 για φορολογικές απαλλαγές που κυμαίνονται από 2500 έως 7500\$ για την αγορά ηλεκτρικών οχημάτων, ανάλογα με τη χωρητικότητα της μπαταρίας. Συγκεκριμένα η πίστωση φόρου είναι 2500\$ συν 417\$ για κάθε κιλοβατώρα της μπαταρίας πάνω από 5kWh και δεν ξεπερνά το συνολικό ποσό των 7500\$. Επίσης ανάλογα με την εκάστοτε πολιτεία των ΗΠΑ έχουν αρχίσει να δίνονται επιπλέον κίνητρα όπως έκπτωση στην αγορά ηλεκτρικού οχήματος, χαμηλότερα ασφάλιστρα και μειωμένα τέλη κυκλοφορίας. Τέλος έχει αρχίσει να τίθεται σε εφαρμογή σε κάποιες πολιτείες (και στο Οντάριο του Καναδά) η χορήγηση πράσινων πινακίδων στα ηλεκτρικά οχήματα και η αποκλειστική χρήση λωρίδων κυκλοφορίας σε αυτοκινητόδρομους.

Στην Ευρωπαϊκή Ένωση 15 από τα 27 κράτη μέλη της από τον Απρίλιο του 2010 προβλέπουν οικονομικά κίνητρα για την αγορά ηλεκτρικών οχημάτων. Τα κίνητρα έχουν να κάνουν με φορολογική ελάφρυνση και απαλλαγή και οικονομική πριμοδότηση για την αγορά ηλεκτρικών οχημάτων. Στην κίνηση αυτή συμμετέχουν όλα τα κράτη μέλη της δυτικής Ευρώπης (εκτός του Λουξεμβούργου και της Ιταλίας) μαζί με τη Ρουμανία και την Τσεχία. Παρακάτω θα αναφερθούν οι σημαντικότερες δράσεις ανά χώρα της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

Στη Γερμανία το εθνικό σχέδιο NEMP (National Electric Mobility Platform) είναι μία κυβερνητική πρωτοβουλία για την ανάπτυξη της χώρας σε κορυφαία αγορά ηλεκτρικών οχημάτων, στοχεύοντας σε 1 εκατομμύριο ηλεκτρικά οχήματα μέχρι το 2020. Παράλληλα τα ηλεκτρικά οχήματα απαλλάσσονται από ετήσια τέλη κυκλοφορίας για μια περίοδο πέντε ετών από την ημερομηνία αγοράς τους.

Η Πορτογαλία ξεκίνησε στις αρχές του 2008 ένα εθνικό πρόγραμμα για τα ηλεκτρικά οχήματα με τίτλο Mobi.E και είναι από τις πρώτες χώρες παγκοσμίως, οι οποίες έχουν μία ολοκληρωμένη πολιτική για την ηλεκτροκίνηση. Συγκεκριμένα το πρώτο εξάμηνο του 2011 αναμένεται η δημιουργία 1300 σταθμών φόρτισης και 25 γρήγορης φόρτισης σε 25 πόλεις της χώρας. Με αυτόν τον τρόπο θα είναι δυνατή η

χρήση ηλεκτρικών οχημάτων με ασφάλεια και άνεση σε όλη τη χώρα. Τέλος πολλά μέτρα ελήφθησαν για την αύξηση ζήτησης των ηλεκτρικών οχημάτων. Τα σημαντικότερα από αυτά είναι η απαλλαγή από τέλη ταξινόμησης και κυκλοφορίας για αγορά ηλεκτρικού οχήματος, η μείωση του προσωπικού φόρου εισοδήματος κατά 803€, 5000 € έκπτωση για τα πρώτα 5000 ηλεκτρικά οχήματα και 1500€ επιπλέον επιχορήγηση από το πρόγραμμα Cash-for-Clunkers αν κατά την αγορά ηλεκτρικού οχήματος αποσυρθεί βενζινοκίνητο όχημα με άδεια κυκλοφορίας προ του 2000.

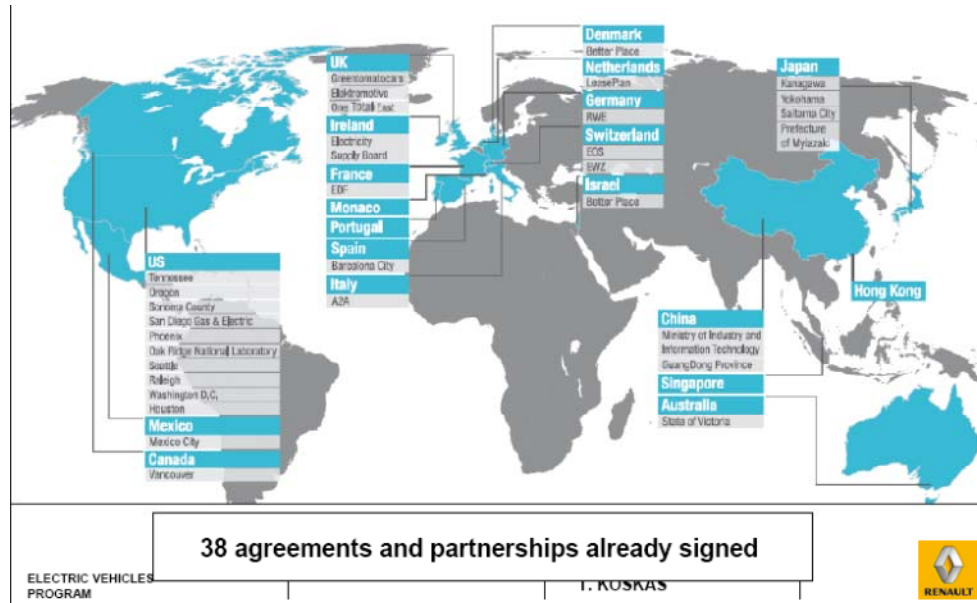
Στο Ηνωμένο Βασίλειο τον Οκτώβριο του 2008 ο τότε βρετανός πρωθυπουργός Γκόρντον Μπράουν ανακοίνωσε τη χρηματοδότηση σχεδίων (projects) ύψους 100 εκατομμυρίων λιρών με σκοπό να καταστήσει τη Βρετανία σε μία περίοδο πέντε ετών την ευρωπαϊκή πρωτεύουσα για τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα. Ένα από αυτά τα projects είναι το Plugged-in-Places , η πρώτη φάση του οποίου προβλέπει τη δημιουργία 11000 σταθμών φόρτισης στο Λονδίνο, το Μίλτον Κέυνς (βιομηχανική περιοχή πλησίον Λονδίνου) και τη βορειοανατολική Αγγλία. Ενώ η δεύτερη φάση του σχεδίου περιλαμβάνει τα Μίντλαντς, το Μάντσεστερ, την ανατολική Αγγλία, τη Σκωτία και τη Βόρεια Ιρλανδία. Τέλος τον Ιούλιο του 2010 η βρετανική κυβέρνηση ανακοίνωσε το πρόγραμμα επιδότησης Plug-in Car, το οποίο προβλέπει έκπτωση υπό όρους μέχρι και 25% ή 5000£ για την αγορά ηλεκτροκίνητου οχήματος.

Στην Ισπανία στόχος είναι να έχουν στους δρόμους ένα εκατομμύριο ηλεκτρικά οχήματα μέχρι το τέλος του 2014, έτσι ώστε να μειώσουν την κατανάλωση ενέργειας και την εξάρτηση από την ακριβή εισαγωγή πετρελαιοειδών. Προς αυτή την κατεύθυνση η ισπανική κυβέρνηση δεσμεύτηκε τον Απρίλιο του 2010 για την καταβολή 590 εκατομμυρίων ευρώ για την προώθηση ηλεκτρικών οχημάτων, η οποία θα περιλαμβάνει επιδότηση έως και 20% ή 6000€ για την αγορά ηλεκτρικού οχήματος.

Από τις υπόλοιπες ευρωπαϊκές χώρες ξεχωρίζουν δράσεις όπως στη Δανία, όπου σχεδιάζεται η αποκλειστική φόρτιση των ηλεκτρικών οχημάτων από τις πολλές ανεμογεννήτριες της χώρας. Ενώ τέλος στη Νορβηγία τα ηλεκτρικά οχήματα εξαιρούνται από ετήσια τέλη κυκλοφορίας, από δημόσια τέλη στάθμευσης και τέλη διοδίων καθώς επίσης είναι σε θέση να χρησιμοποιούν τις λεωφορειολωρίδες.

Στην εικόνα 1.18 παρουσιάζεται μια εποπτική εικόνα των τάσεων της αυτοκινητοβιομηχανίας σε παγκόσμιο επίπεδο. Παρατηρούμε ότι το ενδιαφέρον τους είναι ιδιαίτερα σημαντικό και μάλιστα τα τελευταία χρόνια εντείνεται ακόμα

περισσότερο. Αυτό αποδεικνύεται από τα πιλοτικά προγράμματα που εφαρμόζονται, εικόνα 1.19 για την Ευρωπαϊκή Ένωση, στα οποία συνεργάζονται αυτοκινητοβιομηχανίες, εταιρείες ηλεκτρικής ενέργειας και ερευνητικά κέντρα.



Εικόνα 1.18 Τάσεις αυτοκινητοβιομηχανιών σε παγκόσμιο επίπεδο

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο

«ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΕΣ»

2.1 ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΩΝ

Ένα από τα βασικότερα μέρη του Ηλεκτρικού Οχήματος, αν όχι το βασικότερο, είναι η συστοιχία συσσωρευτών. Τα τελευταία χρόνια επενδύονται σημαντικά κεφάλαια και παρουσιάζεται παγκοσμίως έντονη επιστημονική δραστηριότητα για την βελτίωση των χαρακτηριστικών διαφόρων τύπων συσσωρευτών που θεωρήθηκαν αρχικά ως κατάλληλοι για την ηλεκτροκίνηση των οχημάτων, αλλά και για την επινόηση νέων τύπων συσσωρευτών. Τελικός στόχος είναι η ευρεία παραγωγή συσσωρευτών με μικρότερο κόστος, μεγαλύτερη χωρητικότητα και ισχύ, καθώς και υψηλότερο μέσο όρο ζωής. Η τρέχουσα τεχνολογία στον τομέα των συσσωρευτών, βρίσκεται ήδη σε πολύ υψηλότερα επίπεδα σε σχέση με την τεχνολογία της περασμένης δεκαετίας. Το γεγονός αυτό επέτρεψε να κατασκευαστούν και να διατεθούν στην αγορά ηλεκτρικά και επαναφορτιζόμενα υβριδικά αυτοκίνητα χωρίς βέβαια αυτό να σημαίνει ότι έπαυσε η προσπάθεια για περαιτέρω βελτίωση. Το αντίθετο μάλιστα, όσο η ηλεκτροκίνηση των αυτοκινήτων αρχίζει να διαδίδεται, ολοένα και περισσότερες επενδύσεις γίνονται σε κεφάλαια, ανθρώπινο δυναμικό και υλικά μέσα, προκειμένου να ελαχιστοποιηθούν τα μειονεκτήματα που παρουσιάζει η αποθήκευση ηλεκτρικής ενέργειας, όσο και του χρόνου ανεφοδιασμού από το δίκτυο ή την όποια άλλη πηγή. Το βάρος και ο όγκος της συστοιχίας των συσσωρευτών, η οποία εξασφαλίζει τις επιθυμητές επιδόσεις του ηλεκτρικού αυτοκινήτου και την αναγκαία αυτονομία του, αναδεικνύονται σε καθοριστικούς παράγοντες, δεδομένου ότι ο χώρος και η μάζα αποτελούν μεγέθη αυστηρά ελεγχόμενα, και βέλτιστα αξιοποιούμενα σε κάθε κατασκευή οχήματος. Επιπλέον το αρχικό κόστος αγοράς και η διάρκεια ζωής της συστοιχίας των συσσωρευτών αποτελούν επίσης καθοριστικά στοιχεία για την επιδιωκόμενη εμπορική επιτυχία και διάδοση της ηλεκτροκίνησης.

Για την μέτρηση και σύγκριση των χαρακτηριστικών μεγέθους και βάρους των διαφόρων τύπων συσσωρευτών, χρησιμοποιούνται τα κάτωθι τυποποιημένα μεγέθη :

- **Ογκομετρική Πυκνότητα Ενέργειας (Volumetric Energy Density)** η οποία εκφράζεται σε Wh/l (Βατώρες ανά λίτρο)
- **Ογκομετρική Πυκνότητα Ισχύος (Volumetric Power Density)** η οποία εκφράζεται σε W/l (Βατ ανά λίτρο)
- **Βαρυμετρική Πυκνότητα Ενέργειας (Gravimetric Energy Density)** η οποία εκφράζεται σε Wh/kg (Βατώρες ανά χιλιόγραμμα)
- **Βαρυμετρική Πυκνότητα Ισχύος (Gravimetric Power Density)** η οποία εκφράζεται σε W/kg (Βατ ανά χιλιόγραμμα)
- **Διάρκεια Ζωής**, η οποία εκφράζεται σε κύκλους, και προσδιορίζεται θεωρητικά από τον αριθμό των κύκλων φόρτισης και εκφόρτισης μετά την συμπλήρωση του οποίου η χωρητικότητα των στοιχείων έχει μειωθεί κατά 20% σε σχέση με την αρχική της τιμή. Το υπόλοιπο 80% επαρκεί για την συνέχιση της λειτουργίας του συστήματος με μειωμένο βαθμό απόδοσης, και ο συσσωρευτής θα συνεχίσει να προσφέρει τις υπηρεσίες του για μία ή περισσότερες τέτοιες θεωρητικές διάρκειες ζωής πριν γίνει τελείως ακατάλληλος και πρέπει να αντικατασταθεί .

2.2 ΤΥΠΟΙ ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΩΝ

Οι συσσωρευτές που χρησιμοποιούνται σήμερα μπορούν να χωριστούν σε διάφορους τύπους-οικογένειες κάθε ένας από τους οποίους έχει διαφορετική σύσταση και χαρακτηριστικά. Μια σύντομη περιγραφή των βασικότερων τύπων ακολουθεί παρακάτω :

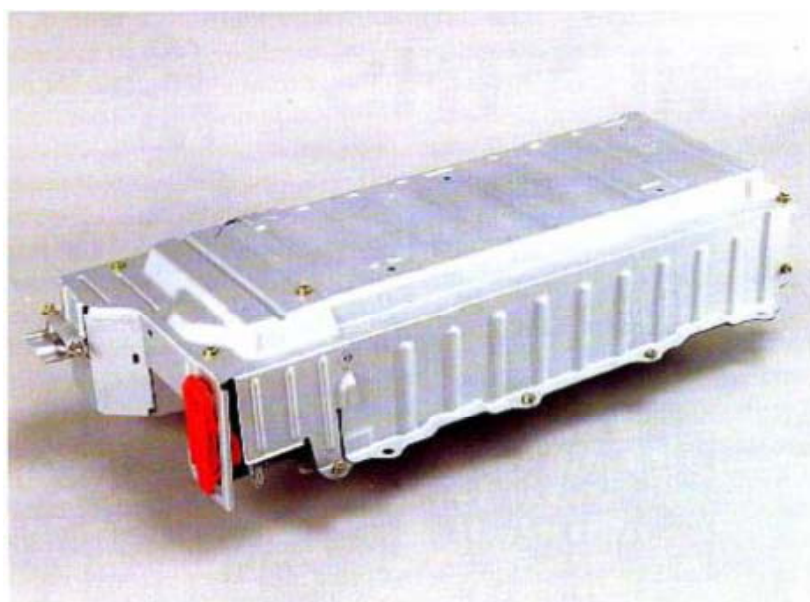
1.Μολύβδου οξέως

Οι συσσωρευτές μολύβδου - εκχυλίσματος οξέος είναι οι φθηνότεροι και πιο συνηθισμένοι. Επιτρέπουν υψηλούς ρυθμούς φόρτισης στην περίπτωση της γρήγορης φόρτισης. Απαιτείται όμως επιθεώρηση του επιπέδου των ηλεκτρολυτών και αντικατάσταση του νερού. Παραδοσιακά, τα περισσότερα ηλεκτρικά οχήματα έχουν χρησιμοποιήσει συσσωρευτές μολύβδου-οξέος εξαιτίας της ώριμης τεχνολογίας τους, της υψηλής διαθεσιμότητάς τους, και του χαμηλού κόστους. Έχουν όμως σχετικά χαμηλή βαρομετρική πυκνότητα ενέργειας περίπου 30-40Wh/kg και καταλήγουν να αποτελούν το 25%-50% της τελικής μάζας του ηλεκτρικού οχήματος. Παρόλο που η διαφορά στο βάρος δεν είναι τόσο μεγάλη, λόγω του ελαφρύτερου αμαξώματος των ηλεκτρικών οχημάτων, ακόμη και οι αποδοτικότεροι συσσωρευτές τείνουν να οδηγήσουν σε υψηλότερες μάζες όταν εφαρμόζονται σε οχήματα με σχετικά υψηλή αυτονομία. Η απόδοση (70-75%) και η ικανότητα αποθήκευσης της σημερινής γενιάς των κοινών συσσωρευτών μολύβδου οξέος μειώνεται σε χαμηλότερες θερμοκρασίες περιβάλλοντος. Σε ακραίες καιρικές συνθήκες είναι απαραίτητη η εκτροπή ενέργειας από τις μπαταρίες για τη λειτουργία του συστήματος θέρμανσης τους, με αποτέλεσμα να μειώνεται η απόδοση τους μέχρι και 40%. Ακόμα έχει παρατηρηθεί πως η διάρκεια ζωής μειώνεται από συνεχόμενες εκφορτίσεις σε επίπεδα κάτω του 20% της ονομαστικής χωρητικότητας. Πρόσφατα επιτεύγματα στην απόδοση, τη χωρητικότητα, το υλικό κατασκευής, την ασφάλεια, την τοξικότητα και την ανθεκτικότητα είναι πιθανόν να επιτρέψουν την εφαρμογή αυτών των εξεχόντων χαρακτηριστικών της μπαταρίας σε κανονικού μεγέθους ηλεκτρικά οχήματα. Η φόρτιση και η λειτουργία των συσσωρευτών αυτών συνήθως έχει ως αποτέλεσμα τις εκπομπές υδρογόνου, οξυγόνου και θείου, οι οποίες είναι αναμενόμενες και αβλαβείς αν εξαερίζονται σωστά.

2.Νικελίου-Ιδριδίου μετάλλου

Οι συσσωρευτές νικελίου-υδριδίου μετάλλου θεωρούνται πλέον μια σχετικά ώριμη τεχνολογία. Ενώ είναι λιγότερο αποδοτικοί (60-70%) σε φόρτιση και εκφόρτιση από ό, τι οι μολύβδου-οξέος, έχουν να καυχώνται για μια ενεργειακή πυκνότητα της τάξης του 60-120Wh/kg, πολύ υψηλότερη από αυτήν του μολύβδου-οξέος. Όταν χρησιμοποιούνται σωστά, οι συσσωρευτές νικελίου-υδριδίου μετάλλου μπορούν να έχουν εξαιρετικά μεγάλη διάρκεια ζωής, όπως έχει αποδειχθεί κατά τη χρήση τους σε υβριδικά αυτοκίνητα, όπως για παράδειγμα στο RAV4 EV όπου

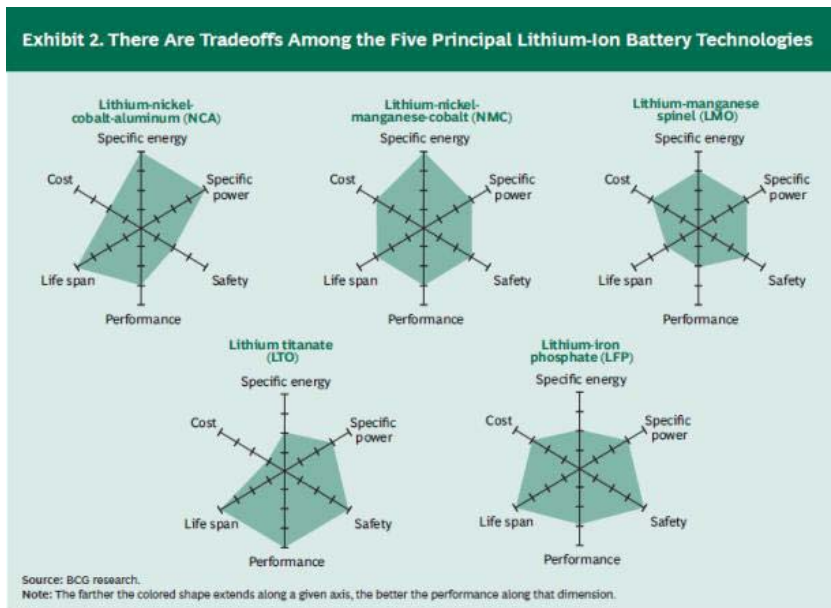
εξακολουθούν να λειτουργούν καλά μετά από 160.000 χιλιόμετρα και πάνω από μια δεκαετία χρήσης. Μειονεκτήματα αποτελούν η χαμηλή απόδοση, η υψηλή αυτό - εκφόρτιση, οι πολύ απαιτητικοί κύκλοι φόρτισης, και η κακή απόδοση σε ψυχρές καιρικές συνθήκες. Η καλύτερη λειτουργία επιτυγχάνεται όταν η εκφόρτιση γίνεται στο 20% - 50% της ονομαστικής χωρητικότητας, μακροπρόθεσμα όμως το SOC (State of Charge) θα μειωθεί κάτω από το 100%. Τα υλικά κατασκευής των συσσωρευτών αυτών δεν είναι βλαβερά για το περιβάλλον, και μάλιστα οι συστοιχίες είναι ανακυκλώσιμες.



Εικόνα 2.1 Μπαταρία νικελίου-ιδριδίου Toyota Prius

3.Ιόντων –λιθίου

Οι συσσωρευτές Ιόντων-Λιθίου αποτελούνται από μια οικογένεια συσσωρευτών που χρησιμοποιούν διάφορους συνδυασμούς υλικών ανόδου και καθόδου. Κάθε συνδυασμός έχει σαφή πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα όσον αφορά την ασφάλεια, τις επιδόσεις, το κόστος, και άλλες παραμέτρους. Οι πιο χαρακτηριστικές τεχνολογίες για εφαρμογή στην αυτοκινητοβιομηχανία είναι η λιθίου-νικελίου-κοβαλτίου-αλουμινίου (NCA), λιθίου-νικελίου-μαγγανίου κοβαλτίου (NMC), λίθιο-μαγγάνιοσπινελίου (ZTO), τιτανικού λιθίου (LTO), και λιθίου-φωσφορικού σιδήρου (LFP) . Τα πλεονεκτήματα των πέντε κύριων τεχνολογιών συσσωρευτών ιόντων λιθίου αντισταθμίζονται, όπως φαίνεται στην εικόνα που ακολουθεί:



Εικόνα 2.2 Πλεονεκτήματα μπαταριών ιόντων λιθίου

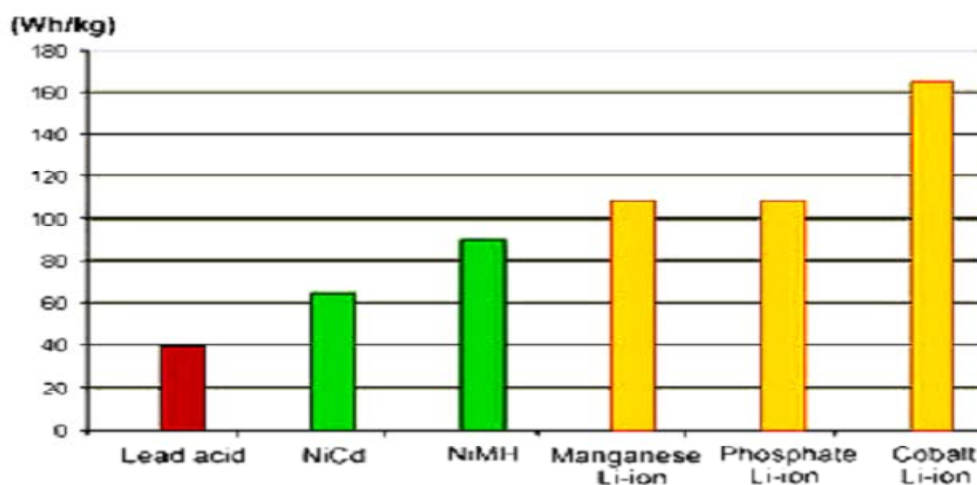
Οι συσσωρευτές ιόντων-λιθίου έχουν αποδείξει την πολύ καλή τους απόδοση σε εφαρμογές φορητών ηλεκτρονικών ή και ιατρικών συσκευών. Έχουν υψηλή πυκνότητα ισχύος, καλή απόδοση σε υψηλές θερμοκρασίες και είναι ανακυκλώσιμες. Το Λίθιο είναι το τρίτο πιο ελαφρύ χημικό στοιχείο, προσφέροντας έτσι ένα συγκριτικό πλεονέκτημα σχετικά με άλλες μπαταρίες που χρησιμοποιούν βαρύτερα μέταλλα. Ένα ακόμα πλεονέκτημα που έχουν οι μπαταρίες Li-ion είναι η υψηλή τάση ανοιχτού κυκλώματος που επιτυγχάνουν σε σχέση με άλλες υδάτινες μπαταρίες όπως οι μπαταρίες μολύβδου οξέος, οι μπαταρίες Νικελίου-Υδριδίου Μετάλλου και οι μπαταρίες Νικελίου-Καδμίου. Οι πυκνότητες ισχύος της τάξης του 300W/kg και ενέργειας της τάξης του 100Wh/kg σε συνδυασμό με την μεγάλη διάρκεια ζωής (1000 κύκλοι) αποτελούν χαρακτηριστικά που δίνουν στους συσσωρευτές ιόντων-λιθίου προοπτικές αντικατάστασης των συσσωρευτών NiMH στα ηλεκτρικά οχήματα της επόμενης γενιάς. Μοναδικό μειονέκτημα, ωστόσο, των μπαταριών Li-ion είναι ότι η διάρκεια ζωής τους εξαρτάται και από το χρόνο που έχει περάσει από τη στιγμή της κατασκευής τους, ανεξάρτητα από το αν αυτές έχουν φορτιστεί και ανεξάρτητα από τον αριθμό των κύκλων φόρτισης/αποφόρτισης. Έτσι, μια παλιότερη χρονολογικά μπαταρία θα διαρκέσει λιγότερο απ' ό,τι μια καινούρια εξαιτίας της ηλικίας της και μόνο, κάτι που δεν συμβαίνει με τις άλλες μπαταρίες.



Εικόνα 2.3 Μπαταρία ιόντων-λιθίου της LG

4.Νικελίου-Καδμίου

Οι συσσωρευτές νικελίου-καδμίου έχουν υψηλή διάρκεια ζωής και μπορούν να εκφορτιστούν πλήρως χωρίς επιπτώσεις. Η πυκνότητα ενέργειας κυμαίνεται από 45 μέχρι 80 Wh/kg. Μπορούν να ανακυκλωθούν, αλλά το κάδμιο ανήκει στα βαρέα μέταλλα και απαιτείται ειδική μεταχείριση ώστε να μην βάνει το περιβάλλον. Ένα άλλο μειονέκτημα των συσσωρευτών νικελίου-καδμίου είναι το κόστος το οποίο είναι το υψηλότερο από όλα τα υπόλοιπα είδη συσσωρευτών. Το παρακάτω διάγραμμα απεικονίζει τις πυκνότητες ενέργειας των μπαταριών μολύβδου, νικελίου και ιόντων-λιθίου στις τρεις εκδοχές του. Παρατηρείται εύκολα ότι οι μπαταρίες ιόντων-λιθίου έχουν το πλεονέκτημα της υψηλότερης πυκνότητας ενέργειας με το κόστος όμως της χαμηλότερης ασφάλειας και του μειωμένου κύκλου ζωής.



Εικόνα 2.4 Διάγραμμα πυκνοτήτων ενέργειας μπαταριών

Ένας συγκεντρωτικός πίνακας με τα χαρακτηριστικά των διαφόρων τύπων συσσωρευτών φαίνεται παρακάτω :

Συγκεντρωτικά χαρακτηριστικά συσσωρευτών.

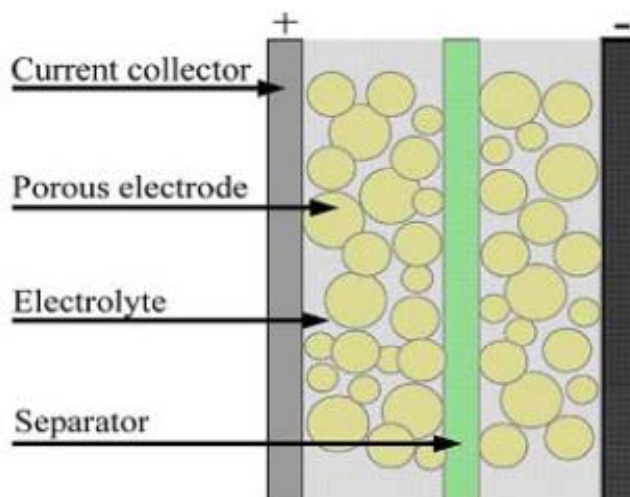
Τύπος Συσσωρευτή	Ενέργεια κατ' όγκο (Wh/l)	Ενέργεια κατά βάρος (Wh/kg)	Ισχύς κατά βάρος (W/kg)	Διάρκεια Ζωής σε Cycles	Κόστος (€/kWh)
Μολύβδου – Θειϊκού Οξέος (LeadAcid)	60 - 75	30 - 40	75 - 180	200 - 400	70 - 110
Μολύβδου – Θειϊκού Οξέος (VLRA Lead Acid)	75 - 100	35 - 42	240 - 412	500 - 800	85 - 140
Νικελίου – Καδμίου (NiCd)	50 - 150	45 - 80	50 - 200	1000 - 2000	280 - 560
Νικελίου – Μεταλλικών Υδριδίων	140 - 300	60 - 120	250 - 1000	600 - 1500	180 - 250
Ιόντων – Λιθίου Κοβάλτιο (Li-ion Cobalt)	220 - 350	150 - 220	300 - 760	500 - 1000	150 - 220
Ιόντων – Λιθίου Μαγγάνιο (Li-ion Manganese)	270	100 - 160	100 - 315	500 - 1800	150 - 220
Ιόντων –	250	90 - 150	150 - 300	1000 - 2000	180 - 250

Λιθίου Φωσφορικού άλατος (Li- ion Phosphate)					
Ψευδαργύρου – Βρωμίου (Zinc – Bromide)	140	90	100	270 - 350	120
Νατρίου – Χλωριούχου Νικελίου (Na-NiCl) - Zebra	160	120	150	500 - 1000	220
Ψευδαργύρου Αέρος (Zinc Air)	220	200	80 - 140	400	65

Από όλα τα πιο πάνω στοιχεία, αλλά και από την ευρύτερη σχετική βιβλιογραφία προκύπτει ότι οι συσσωρευτές Ιόντων-Λιθίου σε διάφορες παραλλαγές επιτυγχάνουν τα μέχρι τώρα καλύτερα χαρακτηριστικά ενεργειακής πυκνότητας, φτάνοντας μέχρι τις 350Wh/l και 220Wh/kg υποσχόμενοι πολλά για το μέλλον της ηλεκτροκίνησης.

5.Υπερπυκνωτές

Μια σχετικά νέα τεχνολογία αποθήκευσης ενέργειας είναι οι υπερπυκνωτές. Σε αυτούς η αποθήκευση της ενέργειας γίνεται μέσα από τον φυσικό διαχωρισμό θετικού και αρνητικού ηλεκτρικού φορτίου. Τα φορτία αποθηκεύονται σε δύο παράλληλες οπλισμούς χωρισμένους με μονωτικό υλικό.

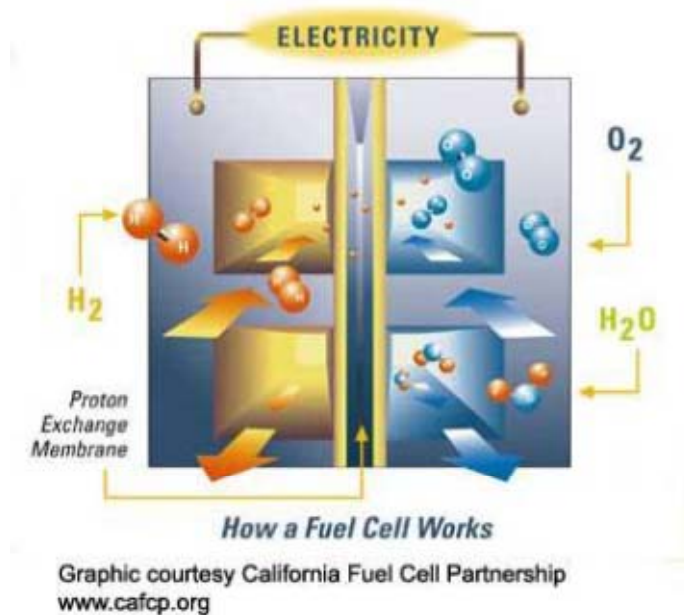


Εικόνα 2.5 Υπερπυκνωτής

Αφού δεν λαμβάνουν χώρα χημικές αντιδράσεις στα ηλεκτρόδια, οι υπερπυκνωτές έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής. Η χαμηλή πυκνότητα ενέργειας σε συνδυασμό με το μεγάλο κόστος κάνει την χρήση των υπερπυκνωτών κυρίως βοηθητική. Μπορούν κάλλιστα να χρησιμοποιηθούν ως βοηθητικές συσκευές αποθήκευσης ενέργειας σε υβριδικά οχήματα ιδίως σε αστικό περιβάλλον, που το συνεχόμενο «σταμάτα-ξεκίνα» στην οδήγηση απαιτεί μικρή ισχύ. Είναι ιδανικοί για φόρτιση μέσω του αναπαραγωγικού φρεναρίσματος και μπορούν γρήγορα να προσφέρουν μεγάλα ποσά ισχύος κατά την επιτάχυνση λόγω των υψηλών ρυθμών φόρτισης/αποφόρτισης και της υψηλής πυκνότητας ισχύος.

6.Κυψέλες Καυσίμου

Η τελευταία δεκαετία χαρακτηρίζεται από αλματώδη ανάπτυξη της ερευνητικής δραστηριότητας στο πεδίο των κυψελών καυσίμου, δημιουργώντας έτσι τις προϋποθέσεις για υιοθέτησή τους στα συστήματα ηλεκτροκίνησης. Η βασική αρχή λειτουργίας των κυψελών καυσίμου είναι γνωστή εδώ και 150 χρόνια, ωστόσο, μια ποικιλία τεχνικών και οικονομικών προβλημάτων τις είχαν κρατήσει στο περιθώριο των τεχνολογικών εφαρμογών. Η διαφορά των κυψελών καυσίμου με τις μπαταρίες μπορεί να συνοψιστεί ως εξής : οι μπαταρίες αποθηκεύουν ενέργεια, ενώ οι κυψέλες καυσίμου μετατρέπουν απευθείας τη χημική ενέργεια του καυσίμου σε ηλεκτρική μέσω ηλεκτροχημικής αντίδρασης.



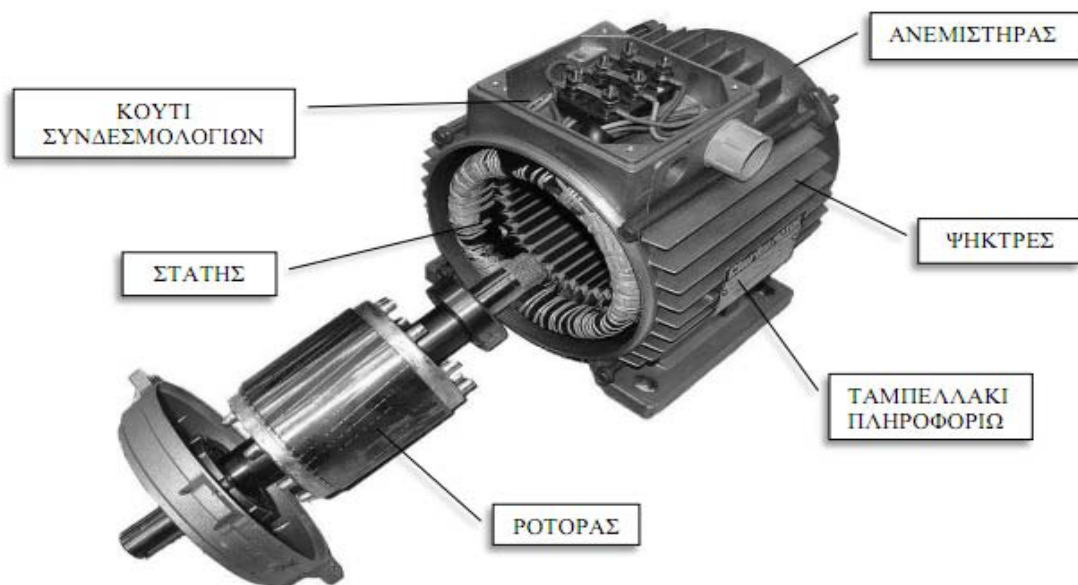
Εικόνα 2.6 Λειτουργία κυψέλης καυσίμου

Μια κυψέλη καυσίμου υδρογόνου παράγει ενέργεια όσο της παρέχεται υδρογόνο και οξυγόνο. Η ίδια η κυψέλη δεν εκφορτίζεται ούτε εξαντλείται η ενέργειά της, όπως συμβαίνει με τις μπαταρίες. Σε ένα ηλεκτρικό όχημα με κυψέλη καυσίμου, η αποθήκευση γίνεται στη δεξαμενή καυσίμου, όπως στα συμβατικά οχήματα. Παρότι το υδρογόνο έχει υψηλή πυκνότητα ενέργειας (περίπου ίση με 42kWh/kg) είναι τόσο ελαφρύ που ένα λίτρο, πεπιεσμένο σε 35 Mpa (περίπου 350 ατμόσφαιρες) ζυγίζει μόνο 31 γραμμάρια και αποδίδει μόνο 1,3kWh. Αντίθετα, η βενζίνη έχει χαμηλότερη πυκνότητα ενέργειας (περίπου ίση με 14kWh/kg), αλλά ένα λίτρο της είναι ισοδύναμο με 8,3kWh. Ομολογουμένως, οι κυψέλες καυσίμου και οι ηλεκτρικοί κινητήρες είναι πιο αποδοτικοί από τις μηχανές εσωτερικής καύσης, ωστόσο, για να παρασχεθεί σε ένα ηλεκτρικό όχημα εύρος απόδοσης 500 km απαιτούνται 6 kg υδρογόνου. Συμπιεσμένο στα 35 Mpa, το υδρογόνο θα καταλάβει 200 λίτρα, ενώ με την προσθήκη των σωληνώσεων, βαλβίδων και συστημάτων ρύθμισης και συμπίεσης, ο απαιτούμενος χώρος αποθήκευσης είναι διπλάσιος. Εταιρείες με μεγάλη τεχνογνωσία σε μπαταρίες νικελίου μετάλλου υβριδίου έχουν χρησιμοποιήσει τη γνώση στα υβρίδια μετάλλου για την ανάπτυξη κραμάτων μετάλλου που μπορούν να αποθηκεύσουν 7% του βάρους τους σε υδρογόνο και σε χαμηλή πίεση των 200 kPa. Με αυτήν την τεχνολογία μπορούν να αποθηκευτούν 6 kg υδρογόνου σε 120 λίτρα, δηλαδή σε περίπου διπλάσιο μέγεθος δεξαμενής από αυτό που χρησιμοποιείται σε συμβατικά οχήματα μέσω μεγέθους.

Ωστόσο, το βάρος αποθήκευσης παραμένει σημαντικό πρόβλημα, ενώ η παραγωγή υδρογόνου είναι ένα ακόμη ζήτημα προς επίλυση, καθώς δεν υπάρχουν αντίστοιχες υποδομές ή προοπτικές εγκατάστασής τους. Μία εναλλακτική λύση για την αποθήκευση υδρογόνου είναι η συνεχής παροχή του, μέσω παραγωγής από πιο εύχρηστα υλικά. Διάφορες αυτοκινητοβιομηχανίες έχουν στραφεί στη δημιουργία συνεπτυγμένων χημικών συστημάτων για την παραγωγή υδρογόνου από κοινά καύσιμα. Η εναλλακτική αυτή εξαλείφει τα προβλήματα υποδομής, δημιουργεί όμως προβλήματα πολυπλοκότητας και κινδύνους ρύπανσης παρόμοιους με αυτούς των συμβατικών οχημάτων. Τέλος, η ασφάλεια του υδρογόνου σε σχέση με τη βενζίνη κατά τη μετακίνηση των οχημάτων παραμένει ακόμη ένα ανοιχτό ζήτημα. [6]

2.3 ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΣ ΚΙΝΗΤΗΡΑΣ

Ο ηλεκτρικός κινητήρας μετατρέπει την ηλεκτρική ενέργεια σε μηχανική. Ένας ηλεκτρικός κινητήρας αποτελείται (Εικόνα 2.7) από το ρότορα που εφαρμόζονται πάνω τα εσωτερικά πηνία ή μόνιμοι μαγνήτες και τον στάτη που εφαρμόζονται τα εξωτερικά πηνία. Αυτά δημιουργούν δύο ή περισσότερα μαγνητικά πεδία τα οποία αλληλεπιδρούν μεταξύ τους περιστρέφοντας τον κεντρικό άξονα (ρότορα). Τα πηνία του ρότορα στους περισσότερους ηλεκτροκινητήρες είναι σχεδόν τα ίδια και αυτά που διαφέρουν είναι του στάτη. Το περίβλημα του κάθε κινητήρα είναι καλυμμένο με ψήκτρες για να αποβάλλει τη θερμότητα καθώς φέρει και έναν ανεμιστήρα στο πίσω μέρος για τον ίδιο λόγο. Όλοι οι κινητήρες έχουν στερεωμένο στο περίβλημά τους ένα καρτελάκι με όλες τις πληροφορίες που αφορούν τον κινητήρα καθώς και ένα κουτί μέσα στο οποίο βρίσκονται οι ηλεκτρικές συνδεσμολογίες τροφοδότησής του.



Εικόνα 2.7 Ηλεκτρικός κινητήρας

Οι ηλεκτροκινητήρες που χρησιμοποιούνται στα ηλεκτρικά οχήματα διακρίνονται σε κινητήρες Συνεχούς και Εναλλασσόμενου Ρεύματος.(Εικόνα 2.8)Οι χρησιμοποιούμενοι τύποι κινητήρων Σ.Ρ. είναι α) Κινητήρας Σ.Ρ. με διέγερση εν σειρά, β) Κινητήρας Σ.Ρ. με παράλληλη διέγερση, γ) Κινητήρας Σ.Ρ. με ξένη διέγερση και δ) Κινητήρας Σ.Ρ. με μόνιμο μαγνήτη. Από τους κινητήρες Ε.Ρ. έχουμε κινητήρες με ημιτονοειδή τάση τροφοδοσίας όπως: α) Ασύγχρονος τριφασικός κινητήρας βραχυκυκλωμένου κλωβού, β) Ασύγχρονος τριφασικός κινητήρας δακτυλιοφόρου δρομέα και γ) Σύγχρονος τριφασικός με ή χωρίς μόνιμο μαγνήτη, ενώ έχουμε και τους κινητήρες που τροφοδοτούνται με τετραγωνικούς παλμούς όπως: α) Κινητήρας τύπου Brushless DC και β) Κινητήρας τύπου Switched Reluctance.



Εικόνα 2.8 Είδη ηλεκτρικών κινητήρων στα ηλεκτρικά οχήματα

Ένα υβριδικό αυτοκίνητο χρειάζεται μεγάλη ροπή αφού το βάρος του είναι μεγάλο. Χρειάζεται επίσης ανάλογα με τις απαιτήσεις του κατασκευαστή ταχύτητα, ακρίβεια και έλεγχο στροφών για τη σωστή λειτουργία και συμπεριφορά του στο δρόμο. Στη βιομηχανία ηλεκτροκίνητων οχημάτων δύο τύποι κινητήρων έχουν επικρατήσει: ο brushless κινητήρας και ο 3Φ ασύγχρονος κινητήρας. Στα υβριδικά οχήματα Prius και Civic έχει επιλεγεί η λύση του brushless κινητήρα, ενώ σε καθαρά ηλεκτροκίνητα οχήματα, όπως το υψηλών επιδόσεων Tesla Roadster, χρησιμοποιείται ο ασύγχρονος. Λιγότερο διαδεδομένη και σε εφαρμογές μικρότερης ισχύος, όπως scooters είναι η χρήση κινητήρων συνεχούς ρεύματος, ξένης ή παράλληλης διέγερσης, ενώ παλιότερα τέτοιοι κινητήρες είχαν χρησιμοποιηθεί σε ηλεκτροκίνητα μέσα μαζικής μεταφοράς.[7]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο

«ΤΡΟΠΟΙ ΦΟΡΤΙΣΗΣ»

3.1 ΑΝΕΦΟΔΙΑΣΜΟΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΟΧΗΜΑΤΟΣ

Τα μέρη του ηλεκτρικού αυτοκινήτου που συνδέονται με τη διαδικασία ανεφοδιασμού τους με ηλεκτρική ενέργεια είναι τα πιο κάτω αναφερόμενα:

- Η συστοιχία των συσσωρευτών τους ή των όποιων άλλων ηλεκτρικών συστημάτων χρησιμοποιούν για την επί του οχήματος αποθήκευση της ηλεκτρικής ενέργειας κίνησης. Αντίστοιχο εξάρτημα των συμβατικών αυτοκινήτων είναι η δεξαμενή καυσίμου.
- Ο τοποθετημένος στην εξωτερική επιφάνεια του οχήματος ηλεκτρικός ακροδέκτης σύνδεσης των συσσωρευτών με το ηλεκτρικό δίκτυο διανομής ή την εξωτερική πηγή παροχής ηλεκτρικής ενέργειας. Αντίστοιχο εξάρτημα των συμβατικών αυτοκινήτων είναι το στόμιο πλήρωσης με καύσιμο
- Η οποία επί του οχήματος ηλεκτρική μονάδα, ή άλλη ηλεκτρική διάταξη μεσολαβεί μεταξύ του εξωτερικού ηλεκτρικού ακροδέκτη και της συστοιχίας των συσσωρευτών και η οποία σκοπό έχει, αφενός μεν, τον μετασχηματισμό των ηλεκτρικών χαρακτηριστικών της παρεχόμενης από την εξωτερική πηγή ηλεκτρικής ενέργειας ώστε αυτά να γίνουν κατάλληλα για τη φόρτιση, αφετέρου δε, τη διαχείριση της διαδικασίας φόρτισης ώστε αυτή να ολοκληρωθεί με ασφάλεια για τον χρήστη, με τον πλέον ενδεδειγμένο τρόπο για την προστασία των συσσωρευτών και με ορθή προσαρμογή και συνεργασία με το δίκτυο παροχής. Αντίστοιχο εξάρτημα δεν υπάρχει στα συμβατικά αυτοκίνητα αφού το καύσιμο παρέχεται σε αυτά αυτούσιο στη μορφή με την οποία αποθηκεύεται και χρησιμοποιείται, με εξαίρεση ίσως κάποιων βοηθητικών φίλτρων, συστημάτων επιστροφής καυσίμου ή ακόμα συστημάτων αερισμού του κυκλώματος ανεφοδιασμού τα οποία μερικές

φορές παρεμβάλλονται μεταξύ του στομίου πλήρωσης και της δεξαμενής καυσίμου.

- Το καλώδιο σύνδεσης του εξωτερικού ακροδέκτη με το δίκτυο διανομής ηλεκτρικής ενέργειας ή την εξωτερική πηγή ηλεκτρικής ενέργειας. Συναντάται σε δύο μορφές. Στη φορητή του έκδοση στην οποία μπορεί να αποτελεί εξάρτημα του αυτοκινήτου παρεχόμενο από τον κατασκευαστή ή να διατίθεται από την επιχείρηση του δικτύου φόρτισης και στη μόνιμη έκδοση η οποία έχει τη μορφή μόνιμης προέκτασης του σημείου φόρτισης. Στη φορητή μορφή διαθέτει κατάλληλους ακροδέκτες και στα δύο του άκρα για την ασφαλή σύνδεση στον εξωτερικό ακροδέκτη του αυτοκινήτου από τη μία άκρη και στην ηλεκτρική παροχή του δικτύου ή της εξωτερικής πηγής ενέργειας από την άλλη. Στη μόνιμη μορφή φέρει ακροδέκτη ασφαλούς ηλεκτρικής σύνδεσης με τον εξωτερικό ακροδέκτη του αυτοκινήτου στην ελεύθερη άκρη του ενώ η άλλη είναι μονίμως συνδεδεμένη εσωτερικώς της συσκευής του σημείου φόρτισης. Στη δεύτερη αυτή μορφή αντιστοιχεί πλήρως με τις γνωστές μάνικες παροχής καυσίμου, για τα συμβατικά αυτοκίνητα, που στο ένα τους άκρο είναι μονίμως συνδεδεμένες με τις αντλίες των πρατηρίων.
- Τα σημεία παροχής ηλεκτρικής ενέργειας φόρτισης από το δίκτυο ή από εξωτερικές πηγές. Τα σημεία αυτά αντιστοιχούν με τις αντλίες καυσίμου των πρατηρίων που ανεφοδιάζουν τα συμβατικά αυτοκίνητα. Σημαντική διαφοροποίηση όμως αποτελεί το γεγονός ότι τέτοια σημεία φόρτισης μπορούν να εγκατασταθούν χωρίς ιδιαίτερη δυσκολία οπουδήποτε υφίσταται δίκτυο παροχής ηλεκτρικής ενέργειας. Έτσι ο ανεφοδιασμός των ηλεκτρικών αυτοκινήτων μπορεί να γίνεται άνετα και με ασφάλεια ακόμα και στο σπίτι κατά τη διάρκεια της νύκτας. Μπορεί επίσης να γίνεται σε απομακρυσμένες και ακατοίκητες περιοχές με την ηλεκτρική ενέργεια που θα προέρχεται από κάποια διερχόμενη γραμμή δικτύου ή ακόμα από τοπικά συστήματα ηλεκτροπαραγωγής από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Τα σημεία παροχής ηλεκτρικής ενέργειας για τη φόρτιση των ηλεκτρικών αυτοκινήτων διαίρουνται σε δύο κύριες κατηγορίες. Στην πρώτη ανήκουν αυτά που προσφέρουν ηλεκτρική ενέργεια με τα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά του δικτύου

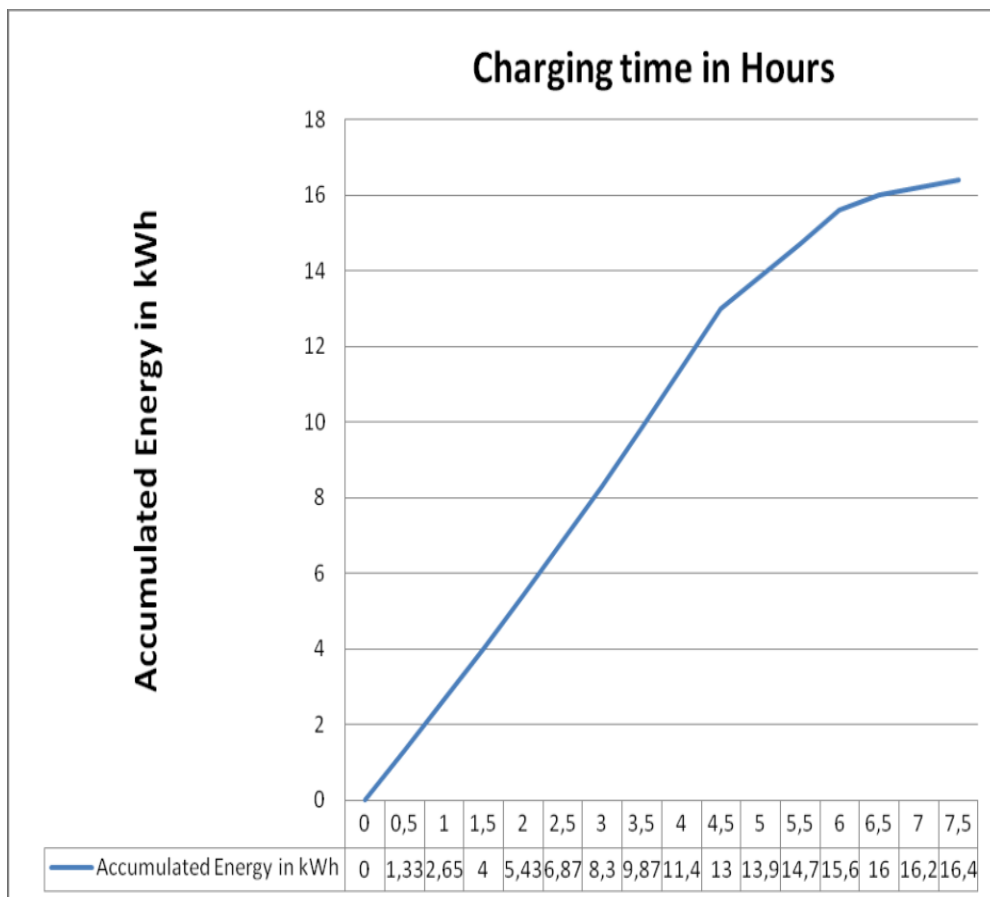
διανομής. Για τη φόρτιση των συσσωρευτών του ηλεκτρικού αυτοκινήτου από τα σημεία αυτά αξιοποιείται η επί του αυτοκινήτου συσκευή φόρτισης και διαχείρισης που προαναφέρθηκε. Ο ρυθμός φόρτισης και επομένως η διάρκειά της εξαρτάται τόσο από τη δυνατότητα παροχής του σημείου φόρτισης όσο και από τα τεχνικά χαρακτηριστικά της επί του οχήματος συσκευής. Η κατηγορία αυτή χρησιμοποιείται κυρίως για ήπιους ρυθμούς φόρτισης όπως είναι η οικιακή φόρτιση ή ακόμα και η φόρτιση από κοινόχρηστα σημεία με σχετικά ταχύτερο ρυθμό. Στη δεύτερη κατηγορία ανήκουν τα σημεία φόρτισης που προσφέρουν ηλεκτρική ενέργεια με ηλεκτρικά χαρακτηριστικά κατάλληλα για την απευθείας τροφοδότηση της συστοιχίας των συσσωρευτών του αυτοκινήτου με παράκαμψη του επί του οχήματος φορτιστή. Με τον τρόπο αυτό γίνεται εφικτή η ταχύτερη φόρτιση των συσσωρευτών επειδή η τροφοδοσία μπορεί να γίνει με μεγάλη ισχύ και με αντίστοιχα μεγάλες ποσότητες ενέργειας. Απαραίτητη προϋπόθεση για κάτι τέτοιο είναι η επί του οχήματος ύπαρξη ηλεκτρονικής διάταξης διαχείρισης του ρυθμού φόρτισης για την αποτροπή κινδύνων καταστροφής των συσσωρευτών λόγω υπερθέρμανσης ή άλλων δυσλειτουργιών που μπορεί να προκύψουν και η συνεργασία αυτής της διάταξης με την πηγή παροχής της ηλεκτρικής ενέργειας με την ανταλλαγή πληροφοριών διαχείρισης της διαδικασίας φόρτισης μέσω τυποποιημένου κώδικα επικοινωνίας. Στην περίπτωση αυτή το ηλεκτρικό αυτοκίνητο θα πρέπει να διαθέτει ιδιαίτερο εξωτερικό ακροδέκτη ταχείας φόρτισης εξοπλισμένο και με την προαναφερθείσα διάταξη διαχείρισης.

3.2 ΕΙΔΗ ΦΟΡΤΙΣΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ

Τα είδη φόρτισης των ηλεκτρικών οχημάτων χωρίζονται σε τρεις βασικές κατηγορίες:

1.Το πρώτο επίπεδο φόρτισης είναι η 1-Φ AC οικιακή φόρτιση (αργή) που μπορεί να πραγματοποιηθεί μέσω των κοινών οικιακών παροχών και δίνει χαμηλή ισχύ συγκριτικά με την χωρητικότητα των συσσωρευτών. Η ισχύς φόρτισης κυμαίνεται περίπου στα 4 KW και ο μέσος χρόνος φόρτισης είναι 8-10 ώρες. Το οικιακό δίκτυο

των 230 Βολτ συνήθως διανέμεται με παροχές ρευματοληπτών προστατευμένες με ασφάλειες από 16 έως 32 Αμπέρ. Ενώ επίσης ξέρουμε ότι ένα μέσο ηλεκτρικό αυτοκίνητο έχει συσσωρευτές χωρητικότητας από 18 kWh έως 33 kWh .Η ισχύς αυτών των παροχών είναι επομένως από $230 \times 16 = 3,6 \text{ kW}$ έως και $230 \times 32 = 7,4 \text{ kW}$ αντιστοίχως. Η φόρτιση των συσσωρευτών ηλεκτρικού αυτοκινήτου κατά 80% (DOD) με ισχύ 3,6 kW θεωρητικά θα απαιτήσει διάρκειες φόρτισης από 4,11 ώρες έως 7,53 ώρες ενώ με ισχύ 7,4 kW από 2,05 έως 3,77 ώρες. Στην πράξη αυτές οι διάρκειες επιμηκύνονται όχι τόσο επειδή υπάρχει κάποιο ποσοστό απωλειών στο σύστημα φόρτισης αλλά κυρίως επειδή ο ρυθμός φόρτισης βαίνει μειούμενος κατά τη διάρκειά της και κυρίως περί το τέλος της. Παρακάτω εικονίζεται η καμπύλη φόρτισης από οικιακή μονοφασική παροχή 230V-16A ηλεκτρικού αυτοκινήτου εφοδιασμένου με συστοιχία συσσωρευτών ονομαστικής χωρητικότητας 20 kWh εκφορτισμένης κατά 80%.



Εικόνα 3.1 Καμπύλη φόρτισης ηλεκτρικού οχήματος από οικιακή μονοφασική παροχή

Όπως φαίνεται η πλήρης επαναφόρτιση χρειάστηκε 7,5 ώρες κατά τη διάρκεια των οποίων απορροφήθηκε από το δίκτυο ενέργεια ίση με 16,4 kWh. Για τους λόγους τους οποίους αναφέραμε ήδη ο μέσος ρυθμός φόρτισης ήταν ίσος με 2,19 kW ανά ώρα και όχι με 3,6 kW, όπως θα μπορούσε να είναι σύμφωνα με τη δυνατότητα της παροχής. Με περαιτέρω διερεύνηση των στοιχείων διαπιστώνεται ότι κατά τις πρώτες 4,5 ώρες συσσωρεύτηκε ενέργεια ίση με 13 kWh δηλαδή η παροχή της ενέργειας γινόταν με μέση ισχύ 2,89 kW. Στη συνέχεια και για τις υπόλοιπες 3 ώρες η μέση ισχύς παροχής μειώθηκε στα 1,13 kW. Έχει ιδιαίτερη σημασία το παράδειγμα της καμπύλης διότι αποδεικνύει ότι η διάρκεια φόρτισης ενός συσσωρευτή δεν εξαρτάται μόνο από τη διαθέσιμη ισχύ της πηγής και την όποια καμπύλης φόρτισης προκύψει αλλά και από την ισχύ που μπορεί να απορροφήσει και να διαχειριστεί η συσκευή του επί του οχήματος φορτιστή ή οποία στην προκειμένη περίπτωση ήταν ρυθμισμένη να επιτρέπει ροή ισχύος μέχρι 3 kW κατά μέγιστο, ανεξαρτήτως από τη δυνατότητα παροχής ισχύος της ηλεκτρικής σύνδεσης η οποία, ακόμα και εάν ήταν μεγαλύτερη από 3,6 kW, σε τίποτα δεν θα άλλαζε την κατάσταση. Η ποσοτικοποίηση της μεταβολής στο ρυθμό ροής της ενέργειας κατά την τελευταία φάση της φόρτισης μπορεί να υπολογισθεί από την καμπύλη ως εξής: Με συσκευή φόρτισης η οποία επιτρέπει ροή ισχύος κατά μέγιστο 3 kW η διάρκεια μεταφοράς 16,4 kWh θεωρητικά θα έπρεπε να είναι ίση με 5,5 ώρες εάν ο ρυθμός παρέμενε σταθερός για όλη αυτή τη διάρκεια. Κατά την εφαρμογή όμως απαιτήθηκαν για την πλήρη φόρτιση 7,5 ώρες δηλαδή χρόνος μεγαλύτερος από τον θεωρητικό κατά 36% περίπου. Με το δεδομένο αυτό, οι υπολογισμοί της σχετικής προαναφερθείσας παραγράφου θα πρέπει να αναπροσαρμοσθούν ως κατωτέρω: Η φόρτιση των συσσωρευτών των ηλεκτρικών αυτοκινήτων μέσω 1Φ AC φόρτισης και οι οποίοι έχουν εκφορτιστεί κατά 80% (DOD), με ισχύ παροχής ηλεκτρικής ενέργειας ίσης με 3,5 kW θεωρητικά θα απαιτήσει διάρκεια φόρτισης ίση με $4,11 \times 1,36 = 5,6$ ώρες για το μικρό αυτοκίνητο και ίση με $7,53 \times 1,36 = 10,24$ ώρες για το μεσαίου μεγέθους αυτοκίνητο ενώ με ισχύ παροχής ηλεκτρικής ενέργειας ίσης με 7 kW από $2,05 \times 1,36 = 2,78$ ώρες για το μικρό αυτοκίνητο έως $3,77 \times 1,36 = 5,12$ ώρες για το μεσαίου μεγέθους αυτοκίνητο. Υπογραμμίζεται ότι:

- Για την περιοχή φόρτισης από 80% DOD μέχρι 15% DOD (δηλαδή για το 65% της χωρητικότητας) οι χρόνοι φόρτισης σχεδόν αντιστοιχούν σε πλήρη εκμετάλλευση της παρεχόμενης ισχύος και επομένως ο συντελεστής

επιμήκυνσης του χρόνου λόγω μεταβολής του ρυθμού φόρτισης δεν θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη. Αυτή η συνθήκη είναι εξαιρετικής σημασίας για τους χρήστες των ηλεκτρικών αυτοκινήτων γιατί τους επιτρέπει φόρτιση μέχρι του 85% της χωρητικότητας σε χρόνους σημαντικά μικρότερους οι οποίοι, με ισχύ παροχής ηλεκτρικής ενέργειας ίσης με 3,5 kW, για το παράδειγμά μας, υπολογίζονται σε διάρκεια φόρτισης ίση με $(17,9 \times 0,65) / 3,5 = 3,32$ ώρες για το μικρό αυτοκίνητο και ίση με $(32,68 \times 0,65) / 3,5 = 6,06$ ώρες για το μεσαίου μεγέθους αυτοκίνητο ενώ με ισχύ παροχής ηλεκτρικής ενέργειας ίσης με 7 kW από $(17,9 \times 0,65) / 7 = 1,66$ ώρες για το μικρό αυτοκίνητο έως $(32,68 \times 0,65) / 7 = 3,03$ ώρες για το μεσαίου μεγέθους αυτοκίνητο.

- Η δυνατότητα κατ' επιλογής εκμετάλλευσης της παρεχόμενης ισχύος από την ηλεκτρική παροχή σε βαθμίδες των 3,5 kW και των 7,4 kW (όπως και σε βαθμίδα 21 kW για τους κοινόχρηστους φορτιστές) πρέπει να αποτελέσει βασικό θέμα τυποποίησης των επί των ηλεκτρικών αυτοκινήτων συσκευών φόρτισης που λειτουργούν με εναλλασσόμενο ρεύμα. Μια τέτοια τυποποίηση αποτελεί απαραίτητη προϋπόθεση για την ευρύτερη δυνατή διάδοση της ηλεκτροκίνησης.

Από τα όσα προαναφέρθηκαν προκύπτει ότι η φόρτιση του ηλεκτρικού αυτοκινήτου, κατά τη διάρκεια της νύκτας ή ακόμα και κατά τη διάρκεια κάποιων ημερήσιων ωραρίων κατά τα οποία προσφέρεται ηλεκτρική ενέργεια από τους παραγωγούς σε χαμηλό τιμολόγιο, είναι απολύτως εφικτή ακόμα και με τη χρήση των κοινών οικιακών μονοφασικών ρευματοδοτών που ασφαλίζονται με ασφάλεια 16 Αμπέρ. Η πλήρης επαναφόρτιση ενός μικρού ηλεκτρικού αυτοκινήτου με αυτονομία 100 χιλιομέτρων μπορεί να γίνει σε 6 ώρες ενώ για ένα μεσαίου μεγέθους ηλεκτρικό αυτοκίνητο με αυτονομία 200 χιλιομέτρων μπορεί να γίνει σε 10 ώρες. Εάν μάλιστα περιορίσουμε την επαναφόρτιση μέχρι το 85% της χωρητικότητας του συσσωρευτή τότε οι διάρκειες αυτές περιορίζονται σε 3,3 ώρες και 6 ώρες αντίστοιχα. Οι απόψεις όλων των ειδικών συγκλίνουν στο ότι κατά τα πρώτα χρόνια της εφαρμογής της ηλεκτροκίνησης των αυτοκινήτων το μεγάλο ποσοστό των ανεφοδιασμών με ηλεκτρική ενέργεια θα γίνεται από τους ιδιοκτήτες τους στα σπίτια, ιδίως κατά τη διάρκεια της νύκτας, ή στις εγκαταστάσεις των επιχειρήσεών τους κατά τη διάρκεια του χρόνου εργασίας τους. Παρόλα αυτά όμως θα είναι πολύ δύσκολο για ένα

καταναλωτικό κοινό που έχει συνηθίσει να ανεφοδιάζει το αυτοκίνητο του με καύσιμα μέσα σε λίγα λεπτά να συνηθίσει μια τέτοια πολύωρη διαδικασία.

2.Το δεύτερο επίπεδο φόρτισης είναι η 3-Φ AC φόρτιση (ημιταχεία), η οποία παρέχει αρκετά μεγαλύτερη ισχύ από εκείνη του πρώτου επιπέδου, όπως είναι αναμενόμενο μετά τη συμβολή των δύο πρόσθετων φάσεων. Για το συγκεκριμένο επίπεδο φόρτισης απαιτείται ειδική κατασκευή και καλωδίωση η ισχύς όμως καλύπτεται από μία κοινή τριφασική παροχή. Τα επίπεδα ισχύος φόρτισης κινούνται από 10 KW έως 20 KW ,περίπου 11 KW στην περίπτωση 3X230V/16A.Ο μέσος χρόνος φόρτισης είναι κυμαίνεται από 2 έως 5 ώρες. Η σημερινή κατάσταση, από πλευράς ενός κατόχου ηλεκτρικού αυτοκινήτου, αντιστοιχεί με την κατάσταση μιας πόλης (η μιας χώρας) χωρίς πρατήρια καυσίμων στην οποία όμως κυκλοφορούν αυτοκίνητα τα οποία ανεφοδιάζονται από βαρέλια στο σπίτι. Η μόνη διαφορά είναι ότι ο κατ' οίκον ανεφοδιασμός του ηλεκτρικού αυτοκινήτου είναι μεν χρονοβόρος αλλά ταυτόχρονα πολύ εύκολος αφού το δίκτυο διανομής ηλεκτρικής ενέργειας βρίσκεται ήδη σε κάθε σπίτι και εξυπηρετεί τις οικιακές συσκευές μία εκ των οποίων θα μπορεί να θεωρηθεί και το ηλεκτρικό αυτοκίνητο. Το κυρίαρχο τεχνικό πρόβλημα ανεφοδιασμού των ηλεκτρικών αυτοκινήτων όσο αναφορά την οικιακή φόρτιση είναι η βραδεία ροή παροχής ηλεκτρικής ενέργειας όσο και ο επίσης βραδύς ρυθμός απορρόφησής της και μετατροπής της σε ηλεκτροχημική ενέργεια στους συσσωρευτές του αυτοκινήτου. Στους κατ' οίκον ανεφοδιασμούς οι δυνατότητες επαύξησης αυτής της ροής είναι συνήθως περιορισμένες αφού οι οικιακές εγκαταστάσεις είναι δεδομένες και υπαρκτές. Στις κοινόχρηστες ηλεκτρικές παροχές φόρτισης ηλεκτρικών αυτοκινήτων οι συνθήκες μπορεί να προβλεφτούν βελτιωμένες αφού αυτές οι εγκαταστάσεις θα γίνουν εξ' υπαρχής. Η αναγκαιότητα δημιουργίας δικτύων κοινόχρηστων σημείων ηλεκτρικής παροχής για τον ανεφοδιασμό των ηλεκτρικών αυτοκινήτων είναι αυτονόητη προκειμένου να ικανοποιούνται οι όποιες άλλες προκύπτουσες λειτουργικές ανάγκες. Όλες οι χώρες οι οποίες προσβλέπουν στην ευρεία διάδοση της ηλεκτροκίνησης έχουν ήδη ενεργοποιήσει μηχανισμούς άμεσης υλοποίησης προγραμμάτων εγκατάστασης τέτοιων δικτύων. Τα δίκτυα αυτά μπορεί να ανήκουν σε φορείς με δημόσιο ή κοινωφελή χαρακτήρα αλλά μπορεί βεβαίως να εγκαθίστανται και από επιχειρηματικούς φορείς, το αντικείμενο εργασιών των οποίων είναι η εμπορία ενέργειας, όπως είναι οι διανομείς ηλεκτρικής ενέργειας, οι εταιρείες εμπορίας καυσίμων ή ακόμα και ειδικευμένοι επιχειρηματίες οι οποίοι θα

θελήσουν να δραστηριοποιηθούν στο συγκεκριμένο πεδίο επιχειρηματικότητας. Με δεδομένη τη δυνατότητα ανεφοδιασμού κατ' οίκον κατά τη διάρκεια της νύκτας ή στις εγκαταστάσεις της εργασίας κατά τη διάρκεια της ημέρας, καθίσταται λιγότερο συχνή η ανάγκη ανεφοδιασμού από κοινόχρηστα σημεία ηλεκτρικής παροχής για τους χρήστες που θα διαθέτουν ιδιωτικούς χώρους στάθμευσης εξοπλισμένους με ρευματοδότες φόρτισης. Η ανάγκη ανεφοδιασμού για τους χρήστες αυτούς, θα περιορίζεται στις έκτακτες περιπτώσεις συμπλήρωσης ενέργειας ή σε προγραμματισμένους πλήρεις ανεφοδιασμούς επέκτασης της αυτονομίας προκειμένου να ταξιδεύσει ο χρήστης σε μακρινό προορισμό. Για όλους όμως τους άλλους χρήστες ο ανεφοδιασμός σε κοινόχρηστα σημεία θα αποτελεί αδήριτη ανάγκη. Οι διαφορετικές ανάγκες ανεφοδιασμού που θα προκύπτουν κατά τη λειτουργία αυτών των σταθμών θα πρέπει να αντιμετωπίζονται και με διαφορετικό τρόπο. Ο ανεφοδιασμός των εκτάκτων περιπτώσεων συνήθως δεν έχει τον χαρακτήρα ενός πλήρους ανεφοδιασμού αλλά αρκείται στη συμπλήρωση ενέργειας προκειμένου να επιστρέψει το αυτοκίνητο στη βάση του. Κοινόχρηστα σημεία ηλεκτρικής παροχής με ισχύ 7 kW και 21 kW μπορούν να εξυπηρετήσουν όλες τις ανάγκες, ανάλογα με τον τύπο του αυτοκινήτου, εξασφαλίζοντας σε μια 30λεπτη στάση αρκετή ηλεκτρική ενέργεια για τα επόμενα 50 - 60 χιλιόμετρα. Ο ανεφοδιασμός από του 20% μέχρι του 85% της χωρητικότητας των συσσωρευτών (από 80% DOD σε 15% DOD) ενός μεσαίου μεγέθους ηλεκτρικού αυτοκινήτου από ένα κοινόχρηστο σημείο ηλεκτρικής παροχής με ισχύ 21 kW, σύμφωνα με τα όσα έχουν προαναφερθεί, θα απαιτήσει περίπου 1 με 1,5 ώρα, όσο δηλαδή διαρκεί συνήθως και ένα γεύμα). Με την ενέργεια που θα προσληφθεί καλύπτεται διαδρομή 120 και πλέον χιλιομέτρων. Το όριο ισχύος των 21 kW θα πρέπει να αποτελεί ίσως και το μέγιστο όριο ισχύος των επί των ηλεκτρικών αυτοκινήτων συσκευών φόρτισης. Οι ρυθμοί φόρτισης από πηγή ισχύος μέχρι 7 kW θεωρούνται ως κανονικοί. Οι ρυθμοί φόρτισης από πηγή ισχύος μέχρι 21 kW θεωρούνται ως ενισχυμένοι.

3.Το τρίτο επίπεδο φόρτισης είναι η DC φόρτιση (ταχεία) Το επίπεδο αυτό προσφέρει εξαιρετικά γρήγορη φόρτιση σε σχέση με τα δύο προηγούμενα λόγω των πολύ υψηλότερων επιπέδων της παρεχόμενης ισχύος. Μπορεί να επιτευχθεί είτε με 3-Φ φόρτιση με ρεύματα αρκετά υψηλότερα της ημιταχείας είτε με απευθείας παροχή DC ρεύματος στο ηλεκτρικό όχημα. Και οι δύο τρόποι αυτοί απαιτούν ιδιαίτερη εγκατάσταση και μελέτη, όμως ειδικά η περίπτωση της DC φόρτισης είναι πολλά

υποσχόμενη και αναμένεται μεγάλη εξέλιξη στο μέλλον. Η τυπική ισχύς της κυμαίνεται από 40 KW και πάνω ενώ ο μέσος χρόνος φόρτισης είναι 45 λεπτά. Στο δεύτερο επίπεδο φόρτισης είδαμε τον ανεφοδιασμό των ηλεκτρικών αυτοκινήτων από σημεία ηλεκτρικής παροχής στα οποία συνδέονται οι ενσωματωμένες συσκευές φόρτισης του ίδιου του αυτοκινήτου με τις οποίες το έχει εξοπλίσει ο κατασκευαστής του. Οι συσκευές αυτές είναι φυσικό για λόγους κόστους, όγκου και βάρους να έχουν περιορισμένη ηλεκτρική ισχύ και επομένως να επιτρέπουν τη φόρτιση των συσσωρευτών με τον αντίστοιχο ρυθμό ο οποίος και προσδιορίζει τη διάρκειά της. Είδαμε επίσης ότι ανάλογα με τον τύπο του ηλεκτρικού αυτοκινήτου, το κόστος του, την αυτονομία του κ.λπ. η συσκευή αυτή συνιστάται να κατασκευάζεται στις βαθμίδες των 3.5kW έως 7 kW ή και 21 kW (μονοφασικές/τριφασικές). Για να επιταχύνουμε ακόμα περισσότερο τους χρόνους ανεφοδιασμού θα πρέπει να αυξήσουμε περαιτέρω την ισχύ της ηλεκτρικής παροχής. Στη συνέχεια θα πρέπει να βγάλουμε εκτός κυκλώματος τη συσκευή φόρτισης που έχει ενσωματώσει ο κατασκευαστής στο αυτοκίνητο αφού αυτή δεν θα μπορεί να διαχειριστεί τη μεγαλύτερη ισχύ που σκοπεύουμε να χρησιμοποιήσουμε. Τελικά θα συνδέσουμε απευθείας τη συστοιχία των συσσωρευτών του αυτοκινήτου με έναν εξωτερικό φορτιστή μεγάλης ισχύος ο οποίος και θα την τροφοδοτήσει με το συνεχές ρεύμα που απαιτείται για τη φόρτισή της. Δεν αρκούν όμως αυτές οι ενέργειες. Η επίσπευση της διαδικασίας της φόρτισης του συσσωρευτή με την παροχή σε αυτόν μεγάλης εντάσεως ηλεκτρικού ρεύματος τον υποβάλλει σε κόπωση η οποία εκδηλώνεται με ανύψωση της θερμοκρασίας των στοιχείων του σε επίπεδα επικίνδυνα για τη διάρκεια της ζωής του αλλά και για την πρόκληση μη αναστρέψιμων ζημιών. Είναι επομένως απόλυτα αναγκαία η εφαρμογή αυτών των υψηλών εντάσεων να ρυθμίζεται αυτόματα από το σύστημα φόρτισης έτσι ώστε να αποφεύγονται αυτοί οι κίνδυνοι. Θα πρέπει δηλαδή η συστοιχία των συσσωρευτών να είναι εφοδιασμένη με σύστημα εντοπισμού των πιθανών προβλημάτων και με ειδικό πρωτόκολλο επικοινωνίας να ειδοποιεί τον εξωτερικό φορτιστή ώστε να μειώνονται αντίστοιχα οι τάσεις φόρτισης και κατά συνέπεια οι παρεχόμενες εντάσεις φόρτισης και να τηρούνται τα επιτρεπόμενα από τον κατασκευαστή των συσσωρευτών όρια της θερμικής ή ηλεκτροχημικής του καταπόνησης. Αυτή η διαδικασία είναι επιβεβλημένη προς αποφυγή ζημιών στο σύστημα αποθήκευσης ενέργειας του ηλεκτρικού αυτοκινήτου το οποίο ίσως και να είναι το ακριβότερο των υποσυστημάτων του. Ενώ τα άλλα συστήματα και εξαρτήματα που αφορούν στη διαδικασία ανεφοδιασμού των ηλεκτρικών

αυτοκινήτων (βύσματα, υποδοχές, καλώδια κ.λπ.) δεν έχουν ακόμα τύχει μιας διεθνούς συμφωνίας τυποποίησης, η διαδικασία ταχυφόρτισης με εξωτερικό φορτιστή έχει σχεδόν «τυποποιηθεί» de Facto χάρις στη πρωτοβουλία που πήραν οι Ιάπωνες κατασκευαστές ηλεκτρικών αυτοκινήτων για την ίδρυση ενός, ανοικτού στη σύμπραξη όποιων ενδιαφέρονται, οργανισμού ο οποίος θέσπισε πρωτόκολλο επικοινωνίας μεταξύ συσσωρευτή και εξωτερικού φορτιστή και προδιέγραψε κάθε εξάρτημα που χρησιμοποιείται για τη διαδικασία ταχείας φόρτισης είτε ανήκει σε εκείνα τα οποία τοποθετεί ο κατασκευαστής στο αυτοκίνητο είτε σε εκείνα του εξωτερικού φορτιστή. Με το σύστημα αυτό αξιοποιούμε παροχές ισχύος 50kW με τις οποίες επιτυγχάνονται ανεφοδιασμοί από 20 έως 30 λεπτά της ώρας.[8]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο

«ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΦΟΡΤΙΣΗΣ»

4.1 ΜΕΛΕΤΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΦΟΡΤΙΣΗΣ

Η φόρτιση των ηλεκτρικών οχημάτων μπορεί να ακολουθήσει δύο μεθόδους οι οποίες παρουσιάζονται παρακάτω:

1.Φόρτιση με επαφή: Στην φόρτιση με επαφή η μετάδοση της ισχύος γίνεται χρησιμοποιούνται ηλεκτρικές επαφές οι οποίες ενώνονται μεταξύ τους, όπως ακριβώς συμβαίνει και με τις καθημερινές ηλεκτρικές συσκευές. Την μέθοδο αυτή ακολουθούν οι περισσότεροι on-board (ενσωματωμένοι στο όχημα) φορτιστές, ή συστήματα που έχουν τα κυκλώματα φόρτισης και ελέγχου πάνω στο όχημα.

2.Φόρτιση με Επαγωγή: Τα συστήματα επαγωγικής φόρτισης μεταφέρουν εναλλασσόμενη ισχύ δημιουργώντας ένα μαγνητικό κύκλωμα μεταξύ ενός πρωτεύοντος τυλίγματος στην μεριά της τροφοδοσίας και ενός δευτερεύοντος τυλίγματος στην μεριά του οχήματος. Έτσι η ισχύς ρέει από το πρωτεύον στο δευτερεύον όπως ακριβώς και σε ένα μετασχηματιστή 2 τυλιγμάτων. Και φυσικά αφού ο συσσωρευτής έχει DC τάση και μπορεί να φορτιστεί μόνο με DC ρεύμα, το AC ρεύμα εξόδου του δευτερεύοντος τυλίγματος ανορθώνεται με την κατάλληλη διάταξη πριν φτάσει σε αυτόν. Οι επαγωγικοί φορτιστές έχουν τα περισσότερα κυκλώματα φόρτισης και ελέγχου εκτός του οχήματος, και επικοινωνούν με αυτό μέσω υπέρυθρων ή ραδιοσυχνοτήτων. Η επαγωγική φόρτιση προσφέρει αρκετά πλεονεκτήματα σε σχέση με την συμβατική φόρτιση (με επαφή) . Επειδή η ισχύς που μεταφέρεται στα διάφορα συστήματα φόρτισης είναι αρκετά μεγάλη. Η μη αυτοματοποιημένη διαδικασία που ακολουθείται στην συμβατική φόρτιση, κατά την οποία ο άνθρωπος πρέπει να συνδέσει και να αποσυνδέσει το όχημα, αφήνει μεγάλα περιθώρια λάθους και ελλοχεύει ο κίνδυνος της ηλεκτροπληξίας, ιδίως σε υγρά περιβάλλοντα (υγρασία, βροχή). Ακόμα το μακρύ καλώδιο μπορεί να αποτελέσει αιτία ατυχήματος ή και τροφή για τυχόν τρωκτικά της περιοχής. Στην δεύτερη περίπτωση η αντικατάσταση επιβάλλεται αυξάνοντας το λειτουργικό κόστος της εγκατάστασης. Τέλος, σε περιοχές που ο πάγος και το χιόνι είναι συνηθισμένο

φαινόμενο, το βύσμα φόρτισης μπορεί να παγώσει πάνω στο όχημα κατά την διάρκεια μιας φόρτισης π.χ. 30 λεπτών σε έναν εξωτερικό σταθμό φόρτισης. Η τεχνολογία της επαγωγικής φόρτισης μπορεί να δώσει λύση σε όλα αυτά τα θέματα καθώς η φόρτιση μπορεί να γίνει απλά και μόνο σταθμεύοντας το όχημα πάνω στο σημείο φόρτισης. Εξελίξεις στην τεχνολογία των υλικών, στα ηλεκτρονικά ισχύος και στους μικροελεγκτές έχουν προσφέρει σημαντική βοήθεια στην ανάπτυξη αυτού του τρόπου φόρτισης. Σημαντικοί παράμετροι που αξίζει να σημειωθούν είναι η απόδοση, το επίπεδο ισχύος, η μέγιστη απόσταση των 2 τυλιγμάτων, η ανεκτικότητα στην ευθυγράμμιση του οχήματος, και οι διαστάσεις του τυλίγματος στην μεριά του ηλεκτρικού οχήματος. Γενικότερα η επαγωγική φόρτιση είναι μια αρκετά νέα τεχνολογία με πολλές προοπτικές εξέλιξης στο μέλλον αν αντιμετωπιστούν θέματα όπως μεγάλο κόστος και σύνθετη υποδομή.

Ο παρακάτω πίνακας παρουσιάζει συνοπτικά τα κύρια χαρακτηριστικά των 2 μεθόδων φόρτισης :

	Φόρτιση με Επαγωγή	Φόρτιση με Επαφή
Κόστος	Πιο ακριβή	Πιο οικονομική
Περιπλοκότητα	Αρκετά σύνθετη	Απλούστερη
Ασφάλεια	Καλύτερη από την Φόρτιση με Επαφή, λόγω της ηλεκτρικής απομόνωσης του οχήματος με την τροφοδοσία	Αρκετά καλή λόγω των αποδοτικών τεχνικών ανίχνευσης σφάλματος που εφαρμόζονται
Ενεργειακή Απόδοση	Όχι τόσο αποδοτική (απώλειες μαγνητικού κυκλώματος κ.λ.π.)	Πιο αποδοτική

Μέχρι τα τέλη της δεκαετίας του 1990 και τα δύο είδη φορτιστών ήταν διαδεδομένα, σταδιακά όμως η απλότητα και το χαμηλό κόστος επικράτησαν και οι συμβατικοί φορτιστές υιοθετήθηκαν από τους περισσότερους κατασκευαστές. Έκτοτε η τεχνολογία των συμβατικών φορτιστών συνέχισε να εξελίσσεται και να ωριμάζει κάνοντας απίθανο για τους επαγωγικούς φορτιστές να μπορέσουν να τους συναγωνιστούν. Σήμερα η πλειοψηφία των φορτιστών που χρησιμοποιούνται και έχουν ελπίδες επιβίωσης και εξέλιξης είναι συμβατικοί.[9]

4.2 ΔΙΕΘΝΗ ΠΡΟΤΥΠΑ ΣΥΝΔΕΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΦΟΡΤΙΣΗ

Η εξέλιξη των ηλεκτρικών οχημάτων, όπως είχε πραγματοποιηθεί τα τελευταία χρόνια χωρίς ενιαίες κατευθυντήριες γραμμές, είχε ως αποτέλεσμα την χρησιμοποίηση ποικίλων διατάξεων, συστημάτων και εξαρτημάτων που υπάκουαν στις κατά περίπτωση συνθήκες και προδιαγραφές που έθετε η εκάστοτε κατασκευάστρια εταιρία. Όσο η διάδοση και εξέλιξη της ηλεκτροκίνησης όμως συνεχίζεται, κάτι τέτοιο δεν μπορεί να είναι αποδεκτό. Σχετικά πρόσφατα προκλήθηκε προβληματισμός, και σημειώθηκε έντονα η ανάγκη ύπαρξης ορισμένων προτύπων ώστε να διασφαλιστεί μια σχετική ομοιομορφία, και να διευκολυνθεί η μαζική παραγωγή των ηλεκτρικών οχημάτων. Ένας από τους πρώτους τομείς που διαπιστώθηκε η ανάγκη αυτή ήταν η τυποποίηση των συστημάτων φόρτισης και των εξαρτημάτων που θα έπρεπε να χρησιμοποιούνται (φορτιστές, καλώδια, υποδοχές κ.ά.) έτσι ώστε οι κατασκευαστές να κατηγοριοποιήσουν τα σχετικά εξαρτήματα και να μειώσουν το κόστος παραγωγής των, αλλά και υποδομές υποστήριξης των ηλεκτρικών οχημάτων να αναπτυχθούν με ομοιογένεια, χαμηλό κόστος και υψηλή λειτουργικότητα. Οι μεγαλύτεροι οργανισμοί τυποποίησης έχουν ξεκινήσει μια τέτοια προσπάθεια συνθέτοντας πρότυπα κάποια από τα οποία παρουσιάζονται ενδεικτικά παρακάτω.

Το πρότυπο SAE J1772

Η Αμερικανική SAE (Society of Automotive Engineers) έχει δημοσιοποιήσει μια σειρά από πρότυπα κάνοντας ένα τεράστιο βήμα προς αυτή την κατεύθυνση. Ένα από τα πιο βασικά είναι το πρότυπο SAE J1772, η τελική μορφή του οποίου δημοσιοποιήθηκε τον Φεβρουάριο του 2010. Το πρότυπο αυτό περιλαμβάνει προδιαγραφές για τις επί των οχημάτων υποδοχές αλλά και για τα αντίστοιχα βύσματα αγωγίμης επαφής για την φόρτιση των ηλεκτρικών και των επαναφορτιζόμενων ηλεκτρικών αυτοκινήτων με AC ρεύμα. Προδιαγραφές για την αντίστοιχη λειτουργία, αλλά με την χρήση συνεχούς (DC) ρεύματος βρίσκονται ακόμα σε επεξεργασία. Οι προδιαγραφές υποδοχής και βύσματος που περιλαμβάνει το πρότυπο SAE J1772 είναι κατάλληλες για 2 επίπεδα φόρτισης με αγωγή επαφή τα οποία προσδιορίζονται και παρακάτω :

α) AC 1^ο Επίπεδο φόρτισης : 1-Φ παροχή, 120V AC με ρεύμα 12-16A

β) AC 2^ο Επίπεδο φόρτισης: : 1-Φ παροχή 208-240V AC με ρεύμα μέχρι 80A

Η σχεδίαση της υποδοχής και του βύσματος είναι 5 ακροδεκτών, με σύστημα ασφάλισης προς αποφυγή της αθέλητης απομάκρυνσης του βύσματος και διακοπής της φόρτισης .

Οι λειτουργίες των 5 ακροδεκτών προσδιορίζονται ως εξής :

Επαφή-1 : Γραμμή τροφοδοσίας L1

Επαφή-2 : Γραμμή τροφοδοσίας L2, ή ο ουδέτερος N

Επαφή-3 : Γείωση (Ground)

Επαφή-4: Επαφή Ελέγχου/Επικοινωνίας (Control Pilot). Επιβεβαιώνει την ορθή λειτουργία όλων των συστημάτων στην αρχή, κατά την διάρκεια, και στο πέρας της φόρτισης.

Επαφή-5: Έλεγχος Διασύνδεσης (Proximity Detection). Επιβεβαίωση παρουσίας του βύσματος φόρτισης ώστε να ακινητοποιηθεί το όχημα για όση ώρα φορτίζει.

Το πρότυπο επίσης περιλαμβάνει τις απαιτήσεις του συστήματος επικοινωνίας δεδομένων, της ηλεκτρομαγνητικής συμβατότητας, της αντοχής και αξιοπιστίας, της εσωτερικής αντίστασης και των περιβαλλοντικών χαρακτηριστικών της υποδοχής και του βύσματος. Σημειώνεται ότι το πρότυπο SAE J1772 καλύπτει μόνο την επί του οχήματος υποδοχή και το αντίστοιχο βύσμα. Δεν ασχολείται με τις υποδοχές και τα βύσματα προς την πλευρά της ηλεκτρικής παροχής για δύο λόγους. Ο ένας είναι ότι για τις φορτίσεις εναλλασσομένου ρεύματος επιπέδου 1 συνήθως χρησιμοποιούνται οι οικιακού τύπου ρευματοδότες και βύσματα τα οποία διαφέρουν από τόπο σε τόπο, ο δε δεύτερος επειδή στις ΗΠΑ συνήθως το καλώδιο που χρησιμοποιείται για τη φόρτιση εναλλασσομένου ρεύματος επιπέδου 2 αποτελεί μόνιμη προέκταση της συσκευής φόρτισης και επομένως δεν συνδέεται με αυτήν μέσω υποδοχής και βύσματος .



Εικόνα 4.1 Βύσμα και υποδοχή SAE J1772 κατασκευής Yazaki

IEC (The International Electrotechnical Commission)

Το πρότυπο IEC 61851 καλύπτει το σύνολο του συστήματος φόρτισης των ηλεκτρικών αυτοκινήτων με αγώγιμη επαφή. Περιλαμβάνει προδιαγραφές εξαρτημάτων για τυποποιημένες τάσεις εναλλασσομένου ρεύματος μέχρι και 690 Βολτ και για τάσεις συνεχούς ρεύματος μέχρι 1000 Βολτ. Το πρότυπο κυκλοφορεί σε Μέρη υπό τον γενικό τίτλο «Σύστημα φόρτισης Ηλεκτρικών Οχημάτων δια αγώγιμης επαφής». Τα κύρια Μέρη του είναι:

Μέρος 1 - Γενικές Απαιτήσεις

Μέρος 2.1 - Απαιτήσεις των ηλεκτρικών αυτοκινήτων προκειμένου να συνδεθούν με παροχή εναλλασσομένου η συνεχούς ρεύματος

Μέρος 2.2 - Σταθμός φόρτισης ηλεκτρικού αυτοκινήτου με εναλλασσόμενο Ρεύμα.

Μέρος 2.3 - Σταθμός φόρτισης ηλεκτρικού αυτοκινήτου με συνεχές ρεύμα.

Τα Μέρη 1, 2.1 και 2.2 έχουν εκδοθεί και κυκλοφορούν. Το Μέρος 2.3 ευρίσκεται υπό διαμόρφωση (προφανώς επιχειρείται σύμπλευση με τα προτεινόμενα από τον οργανισμό CHAdeMO).

Το Μέρος 1 περιλαμβάνει ορολογία και προδιαγραφές των διαφόρων τρόπων φόρτισης όπως και των εφαρμογών αγώγιμης σύνδεσης. Τα στοιχεία αυτά αναφέρονται κατωτέρω:

ΤΡΟΠΟΙ ΦΟΡΤΙΣΗΣ

Τρόπος 1 (Mode 1 Charging) - Αγώγιμη σύνδεση του ηλεκτρικού αυτοκινήτου σε παροχή εναλλασσομένου ρεύματος με χρήση συνήθους οικιακού τύπου ρευματοδότη προς την πλευρά της ηλεκτρικής παροχής για ένταση ρεύματος μέχρι 16 A, μονοφασικής ή τριφασικής σύνδεσης και με αξιοποίηση των αγωγών των φάσεων, του ουδέτερου και της γείωσης προστασίας. Ο τρόπος φόρτισης 1 απαιτεί την παρουσία προστατευτικής διάταξης ισοζυγισμού έντασης RCD (Residual Current Device) προς την πλευρά της παροχής. Όταν η παρουσία μιας τέτοιας διάταξης δεν εξασφαλίζεται από την ισχύουσα σε κάθε χώρα νομοθεσία ο τρόπος φόρτισης 1 δεν συνιστάται.

Τρόπος 2 (Mode 2 Charging) - Αγώγιμη σύνδεση του ηλεκτρικού αυτοκινήτου σε παροχή εναλλασσομένου ρεύματος με χρήση συνήθους οικιακού τύπου ρευματοδότη προς την πλευρά της ηλεκτρικής παροχής μονοφασικής ή τριφασικής σύνδεσης και με αξιοποίηση των αγωγών των φάσεων, του ουδέτερου και της γείωσης προστασίας μαζί όμως με αγωγό μεταβίβασης σημάτων επικοινωνίας από το ηλεκτρικό αυτοκίνητο προς τη συσκευή ελέγχου της φόρτισης η οποία βρίσκεται σε κάποιο ενδιάμεσο σημείο του καλωδίου φόρτισης

Τρόπος 3 (Mode 3 Charging) - Απ' ευθείας αγωγήμη σύνδεση του ηλεκτρικού αυτοκινήτου σε παροχή εναλλασσομένου ρεύματος με αξιοποίηση ειδικής μόνιμης ηλεκτρικής παροχής εφοδιασμένης με μονάδα εποπτείας και διαχείρισης της φόρτισης επί της οποίας και συνδέεται ο αγωγός σημάτων επικοινωνίας.

Τρόπος 4 (Mode 4 Charging) - Έμμεση αγωγήμη σύνδεση του ηλεκτρικού αυτοκινήτου με το δίκτυο ηλεκτρικής παροχής δια μέσου συσκευής φορτιστή ο οποίος δεν είναι τοποθετημένος επί του αυτοκινήτου αλλά ευρίσκεται εκτός αυτού και είναι μόνιμα συνδεδεμένος με το δίκτυο παροχής ηλεκτρικής ενέργειας εναλλασσομένου ρεύματος.

ΤΥΠΟΙ ΚΑΛΩΔΙΩΝ ΦΟΡΤΙΣΗΣ

Περίπτωση Α: Καλώδιο σύνδεσης με την παροχή εναλλασσόμενου ρεύματος το οποίο στη μία του άκρη είναι εφοδιασμένο με κατάλληλο βύσμα για τη διασύνδεσή του με την ηλεκτρική παροχή ενώ η άλλη του άκρη είναι μόνιμα συνδεδεμένη με το ηλεκτρικό αυτοκίνητο

Περίπτωση Β: Καλώδιο σύνδεσης με την παροχή εναλλασσόμενου ρεύματος το οποίο στη μία του άκρη είναι εφοδιασμένο με κατάλληλο βύσμα για την υποδοχή του ηλεκτρικού αυτοκινήτου στη δε άλλη με βύσμα κατάλληλο για τη διασύνδεσή του με την ηλεκτρική παροχή

Περίπτωση Γ: Διασύνδεση του ηλεκτρικού αυτοκινήτου με την παροχή ηλεκτρικής ενέργειας εναλλασσομένου ρεύματος με τη χρήση καλωδίου το οποίο στη μια άκρη φέρει βύσμα κατάλληλο για την υποδοχή του αυτοκινήτου ενώ η άλλη του άκρη είναι μόνιμα συνδεδεμένη και αποτελεί προέκταση της συσκευής παροχής ηλεκτρικής ενέργειας

Οι ειδικότερες απαιτήσεις για τα φια, τους ρευματοδότες, τις υποδοχές των αυτοκινήτων και τα αντίστοιχα βύσματά τους προκειμένου για αγωγήμες συνδέσεις φόρτισης του προτύπου IEC 61851 περιλαμβάνονται σε ένα ιδιαίτερο πρότυπο, το **IEC 62196**. Επίσης το πρότυπο αυτό δημοσιεύεται σε Μέρη υπό τον γενικό τίτλο «Βύσματα, Ρευματοδότες, Βύσματα και υποδοχές των ηλεκτρικών αυτοκινήτων για αγωγήμη διασύνδεση». Τα κύρια μέρη αυτού του προτύπου είναι:

Μέρος 1 - Γενικές Απαιτήσεις

Μέρος 2 - Απαιτήσεις διαστασιολογικής συμβατότητας για τους ακροδέκτες και τις υποδοχές τους, των εξαρτημάτων για εναλλασσόμενο ρεύμα Μέρος 3 - Απαιτήσεις διαστασιολογικής συμβατότητας για τους ακροδέκτες και τις υποδοχές τους, των εξαρτημάτων για συνεχές ρεύμα.

Η πρώτη έκδοση του IEC 62196, Μέρος 1 δημοσιεύτηκε και διατίθεται. Μια δεύτερη έκδοση βρίσκεται στο τελικό στάδιο έγκρισης και επίκειται η δημοσίευση της. Η έκδοση του IEC 62196, Μέρος 2 ευρίσκεται επίσης στο στάδιο της δημοσίευσης. Το IEC 62196, Μέρος 3 ευρίσκεται σε επεξεργασία.

Το IEC 62196, Μέρος 1, καλύπτει εξαρτήματα αγωγίμης σύνδεσης κατάλληλα για τάση μέχρι 690 Βολτ εναλλασσομένου ρεύματος και εντάσεως μέχρι 250 Αμπέρ ή 1500 Βολτ συνεχούς ρεύματος και εντάσεως μέχρι 400 Αμπέρ. Περιλαμβάνει προδιαγραφές για την κατασκευή, ηλεκτρική επίδοση, ασφάλεια, ηλεκτρομαγνητική συμβατότητα, αξιοπιστία, εσωτερική αντίσταση και τα περιβαλλοντικά χαρακτηριστικά αυτών των εξαρτημάτων. Σημειώνεται ότι το πρότυπο IEC 62196, καλύπτει υποδοχές και βύσματα προς την πλευρά του ηλεκτρικού αυτοκινήτου αλλά και ρευματοδότες και ρευματολήπτες προς την πλευρά της ηλεκτρικής παροχής. Αυτό κρίθηκε απαραίτητο γιατί στην Ευρώπη δεν είναι συνήθης η κατασκευή σημείων φόρτισης ή σταθμών φόρτισης με μονίμως συνδεδεμένο καλώδιο με βύσμα για το αυτοκίνητο με τη μορφή προέκτασής τους (Περίπτωση Γ). Οι συνήθεις κατασκευές των σημείων φόρτισης ή των σταθμών φόρτισης είναι αυτές που περιγράφονται στις Περιπτώσεις Α και Β. Το πρότυπο IEC 62196, Μέρος 2 περιλαμβάνει προδιαγραφές και διαστασιολόγιο για τρεις τύπους βυσμάτων και υποδοχών επί των ηλεκτρικών αυτοκινήτων. Τον Τύπο 1, τον Τύπο 2 και τον Τύπο 3.

Ο Τύπος 1, ο οποίος αντιστοιχεί στο πρότυπο SAE J1772 διαθέτει 5 ακροδέκτες και χρησιμοποιείται προς την πλευρά του αυτοκινήτου για αγωγή φόρτιση εναλλασσομένου ρεύματος μονοφασική μέχρι 250 Βολτ με ένταση μέχρι 32 Αμπέρ. Εντούτοις μια σημείωση στο πρότυπο επιτρέπει τη χρήση των εξαρτημάτων Τύπου 1 για εντάσεις μέχρι 80 Αμπέρ για τις ΗΠΑ. Οι λειτουργίες των πέντε ακροδεκτών προσδιορίζονται ως εξής:

Επαφή 1 - Η μία γραμμή τροφοδοσίας L1

Επαφή 2 - Η άλλη γραμμή τροφοδοσίας L2 ή ο ουδέτερος N

Επαφή 3 - Γείωση (Ground)

Επαφή 4 - Σηματοδοσία επικοινωνίας μεταξύ του οχήματος και του συστήματος παροχής της ηλεκτρικής ενέργειας

Επαφή 5 - Διακόπτης διασύνδεσης. Επιβεβαίωση της σύνδεσης του οχήματος με την πηγή της ηλεκτρικής παροχής με σκοπό την ακινητοποίησή του για όσο χρόνο υφίσταται αυτή ή σύνδεση.

Ο Τύπος 2, διαθέτει 7 ακροδέκτες και χρησιμοποιείται τόσο προς την πλευρά του αυτοκινήτου όσο και προς την πλευρά της ηλεκτρικής παροχής για αγωγή φόρτιση εναλλασσομένου ρεύματος μονοφασική μέχρι 250 Βολτ με εντάσεις ρεύματος 20 ή 32 ή 63 ή 70 Αμπέρ, όπως και για τριφασική 380 -480 Βολτ με εντάσεις ρεύματος 20 ή 32 ή 63 Αμπέρ. Οι λειτουργίες των επτά ακροδεκτών προσδιορίζονται ως εξής:

Επαφή 1 - Η πρώτη γραμμή τροφοδοσίας L1

Επαφή 2 - Η δεύτερη γραμμή τροφοδοσίας L2

Επαφή 3 - Η τρίτη γραμμή τροφοδοσίας L3

Επαφή 4 - Ο ουδέτερος N

Επαφή 5 - Γείωση (Ground)

Επαφή 6 - Σηματοδοσία επικοινωνίας μεταξύ του οχήματος και του συστήματος παροχής της ηλεκτρικής ενέργειας

Επαφή 7 - Διακόπτης διασύνδεσης. Επιβεβαίωση της σύνδεσης του οχήματος με την πηγή της ηλεκτρικής παροχής με σκοπό την ακινητοποίησή του για όσο χρόνο υφίσταται αυτή ή σύνδεση.

Ο Τύπος 3, διαθέτει 4 ή 5 ή 7 ακροδέκτες εφοδιασμένους με σύστημα κλείστρου προστασίας για την αποφυγή επαφής με υπό τάση μέρη και χρησιμοποιείται τόσο προς την πλευρά του αυτοκινήτου όσο και προς την πλευρά της ηλεκτρικής παροχής για αγωγή φόρτιση εναλλασσομένου ρεύματος μονοφασική μέχρι 250 Βολτ με εντάσεις ρεύματος 16 ή 32 Αμπέρ, όπως και για τριφασική 380 - 480 Βολτ με εντάσεις ρεύματος μέχρι 32 Αμπέρ. Οι λειτουργίες των ακροδεκτών προσδιορίζονται ως εξής:

Επαφή 1 - Η πρώτη γραμμή τροφοδοσίας L1

Επαφή 2 - Η δεύτερη γραμμή τροφοδοσίας L2 (Προαιρετική)

Επαφή 3 - Η τρίτη γραμμή τροφοδοσίας L3 (Προαιρετική)

Επαφή 4 - Ο ουδέτερος N Επαφή 5 - Γείωση (Ground)

Επαφή 6 - Σηματοδοσία επικοινωνίας μεταξύ του οχήματος και του συστήματος παροχής της ηλεκτρικής ενέργειας

Επαφή 7 - Διακόπτης διασύνδεσης. Επιβεβαίωση της σύνδεσης του οχήματος με την πηγή της ηλεκτρικής παροχής με σκοπό την ακινητοποίησή του για όσο χρόνο υφίσταται αυτή ή σύνδεση.

Όπως προαναφέρθηκε, ο Τύπος 1 είναι ισοδύναμος με την προδιαγραφή SAE J1772.

Ο Τύπος 2 αναπτύχθηκε από μια συνεργασία Γερμανικών εταιρειών κατασκευαστών αυτοκινήτων (Daimler), ηλεκτρικής ενέργειας (RWE), κατασκευαστών ηλεκτρικών εξαρτημάτων (Mennekes) κ.λπ. Ο Τύπος 2 βρήκε σημαντική ανταπόκριση στα προγράμματα εξέλιξης των ηλεκτρικών αυτοκινήτων στη Γερμανία και έγινε επίσης αποδεκτός από πολλούς άλλους Ευρωπαίους κατασκευαστές ηλεκτρικών αυτοκινήτων. Ο κύριος λόγος για τον οποίο δεν κατέστη ακόμα γενικώς αποδεκτό πρότυπο για ολόκληρη την Ευρώπη και για χρήση τόσο προς την πλευρά του αυτοκινήτου όσο και προς την πλευρά της ηλεκτρικής παροχής είναι το ότι σε πολλές Ευρωπαϊκές χώρες οι εθνικές νομοθεσίες απαιτούν οι ρευματοδότες να είναι εφοδιασμένοι με κλείστρα προστασίας. Η IEC βρίσκεται ακόμα στο στάδιο της διαπίστωσης του αριθμού αυτών των χωρών προκειμένου να εκτιμηθεί το μέγεθος αυτού του προβλήματος.

Ο Τύπος 3 αναπτύχθηκε ειδικώς για να αντιμετωπισθεί το πρόβλημα της υποχρεωτικής ύπαρξης κλειστρών ασφαλείας στα εξαρτήματα τόσο προς τη πλευρά του αυτοκινήτου όσο και προς την πλευρά της ηλεκτρικής παροχής. Ο Τύπος 3 υποστηρίζεται από την συνεργασία «EV Plug Alliance» στην οποία αρχικά συνέπραξαν η Schneider Electric, η Legrand και η SCAME και αργότερα προσήλθαν η Gewiss, η Marechal Electric, η Radial, η Vimar, η Weidmuller France και η Yazaki Europe.

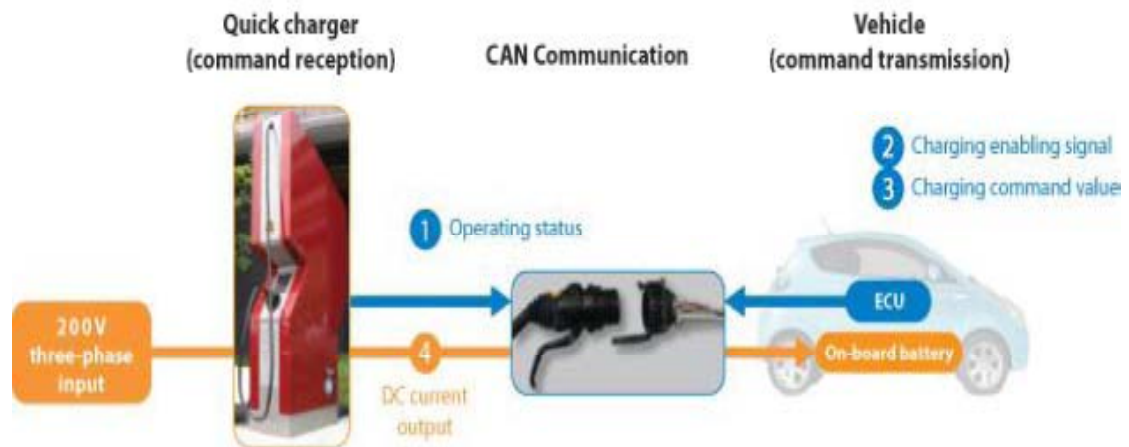
Η DC φόρτιση

Όπως ακριβώς και στα συμβατικά αυτοκίνητα, έτσι και με τα ηλεκτρικά οχήματα η ύπαρξη σταθμών ανεφοδιασμού-φόρτισης σε δημόσιους χώρους είναι αναγκαία προκειμένου να αντιμετωπιστούν τυχόν έκτακτα περιστατικά, και ο κίνδυνος ακινητοποίησης κάποιου οχήματος λόγω έλλειψης ενέργειας. Το πρόβλημα που παρουσιάζεται εδώ είναι η διάρκεια φόρτισης, που αν μιλάμε για επίπεδα ισχύος ημιταχείας φόρτισης μπορεί να κυμανθεί από 2 μέχρι 4 ώρες για πλήρη φόρτιση, και 1 με 1,5 ώρα για τον ανεφοδιασμό μόνο με την απαιτούμενη ενέργεια για να μεταβεί σε σημείο που μπορεί να φορτίσει κανονικά χωρίς την πίεση του χρόνου (πχ στο σπίτι). Τέτοιοι χρόνοι καθιστούν μη πρακτική την δημιουργία σταθμών φόρτισης σε αυτά τα επίπεδα ισχύος. Γι' αυτό ακριβώς τον λόγο, τα επίπεδα ισχύος στους σταθμούς φόρτισης πρέπει να είναι μεγαλύτερα, της τάξης των 50kW (ταχεία φόρτιση), έτσι ώστε η φόρτιση να γίνεται σε συντομότερους χρόνους.[10] Σε αυτή τη βάση, και με τους μεγάλους οργανισμούς τυποποίησης να μην έχουν ακόμα καταλήξει σε μια οριστική λύση, γίνεται μια προσπάθεια τυποποίησης των σταθμών φόρτισης και των εξαρτημάτων που θα χρησιμοποιούνται από έναν οργανισμό ο οποίος ονομάζεται CHAdeMO (Charge and Move) .



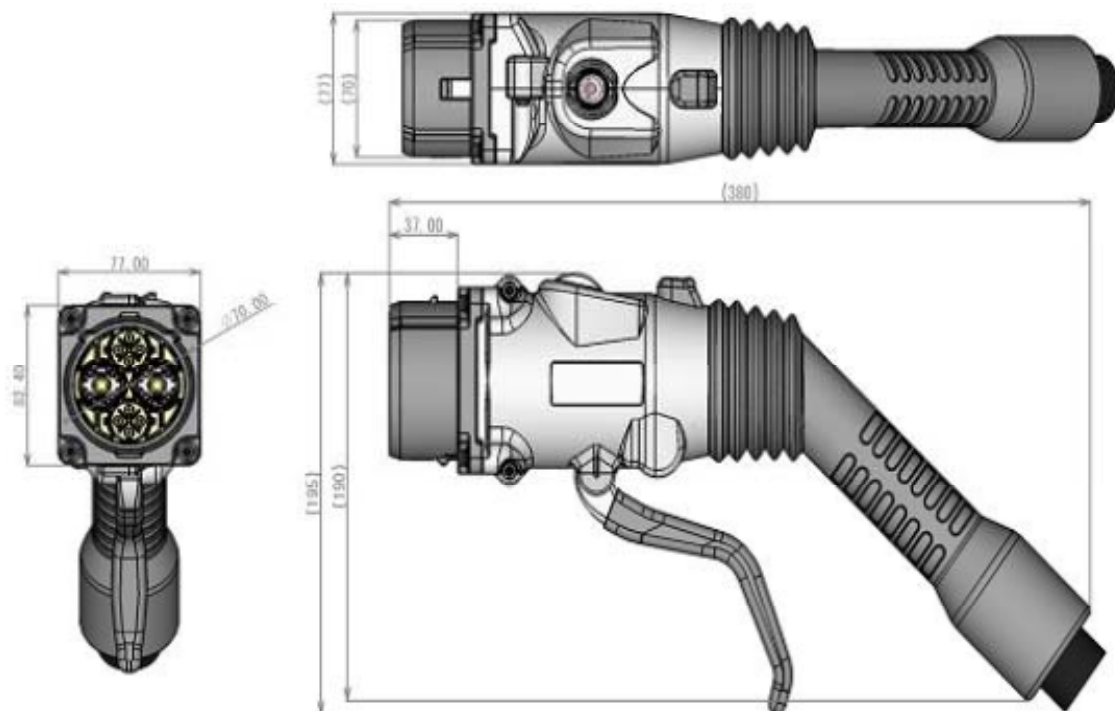
Εικόνα 4.2 Λογότυπο CHAdeMO

Ο οργανισμός αυτός συγκροτήθηκε με την συμβολή των εταιριών Nissan, Mitsubishi, Fuji Heavy Industries (κατασκευαστής Subaru), Toyota και TEPCO (Tokyo Power Electric Company), και έχει αναπτύξει μια πατενταρισμένη τεχνολογία, καθώς και τις προδιαγραφές ταχείας φόρτισης με τάση έως 500V DC και ένταση έως 125A. Προωθεί την διάδοση ενός φορτιστή ο οποίος καθορίζεται με το πρότυπο JEVS (Japan Electric Vehicle Standard) G105-1993 του ινστιτούτου JARI (Japan Automobile Research Institute) . Με μια τυπική ισχύ 50kW, ο φορτιστής τύπου CHAdeMO μπορεί να φορτίσει κατά 80% τους συσσωρευτές ενός μεσαίου μεγέθους ηλεκτρικού αυτοκινήτου σε 30 λεπτά. Μπορεί επίσης με μια φόρτιση 5 λεπτών, σχεδόν ίδια με την στάση ανεφοδιασμού ενός συμβατικού αυτοκινήτου να προσδώσει στους συσσωρευτές ηλεκτρική ενέργεια επαρκή για τα επόμενα 30 – 40 km προκειμένου να καταστεί δυνατή η μετάβαση στο μόνιμο σημείο ανεφοδιασμού, για την κανονική φόρτιση. Το πρόβλημα της αυτονομίας έτσι σχεδόν εξαλείφεται, καθώς τώρα ο κίνδυνος της ακινησίας από πιθανή εξάντληση της αποθηκευμένης στους συσσωρευτές ενέργεια γίνεται ελάχιστος, όσος και αυτός του συμβατικού αυτοκινήτου (με την προϋπόθεση πάντα της αντίστοιχης υποδομής). Το σύστημα φόρτισης CHAdeMO που φαίνεται παρακάτω, κατασκευάστηκε στην Ιαπωνία και είναι ιδιαίτερα διαδεδομένο εκεί, αριθμώντας 801 σταθμούς φόρτισης. Η Ευρώπη ακολουθεί με 157, ενώ άλλοι 7 υπάρχουν σε διάφορες χώρες.[11]

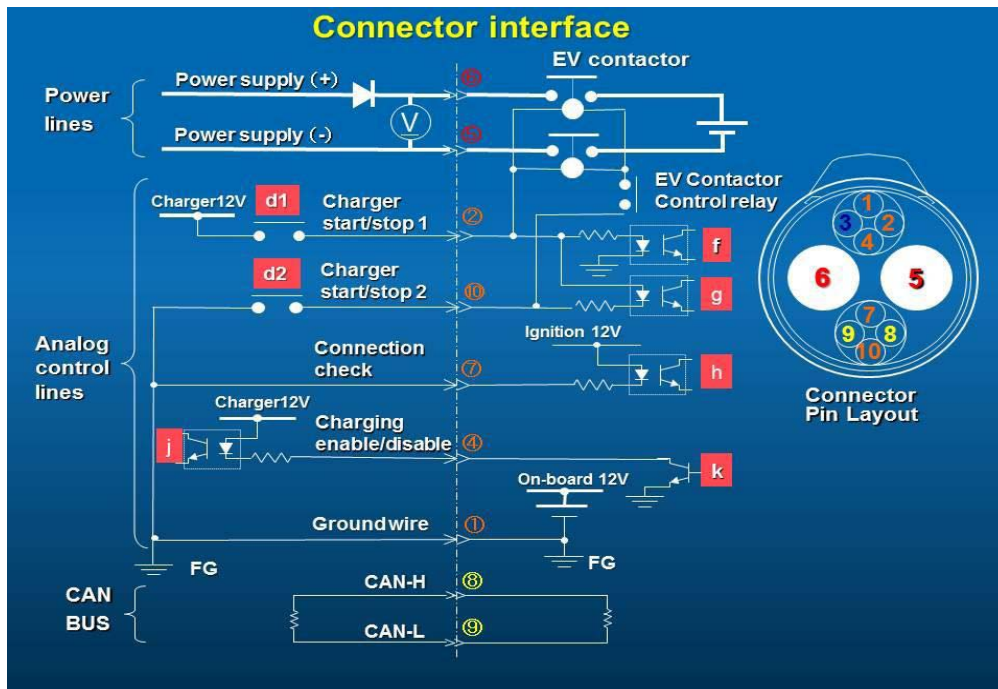


Εικόνα 4.3 Αναπαράσταση ταχείας φόρτισης με φορτιστή τύπου CHAdeMO

Το βύσμα CHAdeMO είναι ένα βύσμα 10 ακροδεκτών, η χρησιμότητα των οποίων παρουσιάζεται παρακάτω :



Εικόνα 4.4 Βύσμα CHAdeMO



Εικόνα 4.5 Συνδεσμολογία βύσματος CHAdeMO

4.3. ΕΜΠΟΡΙΚΟΙ ΥΠΟΔΟΧΕΙΣ ΦΟΡΤΙΣΗΣ

Βύσμα Mennekes

Το βύσμα αυτό συμμορφώνεται πλήρως με τις προδιαγραφές των προτύπων IEC 61851 και 62196 και χαρακτηρίζεται ως Τύπου 2, δηλαδή με 7 ακροδέκτες, αλλά χωρίς προστατευτικά κλείστρα.



Εικόνα 4.6 Βύσμα Mennekes

Βύσμα Walther

Το βύσμα αυτό είναι πανομοιότυπο με το Mennekes, διαφέροντας μόνο στα επίπεδα της παρεχόμενης ισχύος και στο γεγονός ότι το βύσμα Walther είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθεί με ένα κατάλληλο μετατροπέα για χρήση σε κοινό 1-Φ ρευματοδότη, ακυρώνοντας την λειτουργία των επαφών ελέγχου και των 2 επιπλέον φάσεων.



Εικόνα 4.7 Βύσμα Walther

Βύσμα EDF

Η εταιρία παροχής ηλεκτρισμού EDF, υποστηρίζει ένα βιομηχανικό βύσμα 3 ακροδεκτών, για 1-Φ AC παροχή σε ισχείς 3,6kW (240V/16A) και 15kW (240V/63A) . Δεν υποστηρίζεται ο έλεγχος του οχήματος, ούτε και η επικοινωνία με αυτό. Κατασκευάζεται από την Elektromotive Company.



Εικόνα 4.8 Elektromotive bay με βύσμα EDF

Βύσμα EV Plug

Το βύσμα αυτό, όπως και η αντίστοιχη υποδοχή, προέκυψε από την σύμπραξη των εταιριών Scame, Schneider και Legrand, και συμμορφώνεται πλήρως με τις διατάξεις ασφαλείας του Τύπου 3 της IEC περί προστατευτικών κλείστρων . Επιτρέπει διάφορα επίπεδα ισχύος φόρτισης, με μέγιστο τα 27,7kW, χρησιμοποιώντας και τις 3 φάσεις.



Εικόνα 4.9 Βύσμα EV PLUG

CHAdeMO DC Φορτιστές

Αυτή την στιγμή υπάρχουν πολλοί φορτιστές CHAdeMO στην αγορά, όπως φαίνεται και στην παρακάτω εικόνα.

					
SGTE (Γαλλία)	ABB (Σουηδία)	EVTRONIC (Γαλλία)	Efacec (Πορτογαλία)	Aerovironment (Αμερική)	Aker Wade (Αμερική)
					
MAGNUM CAP (Πορτογαλία)	GH Electrotermia (Ισπανία)	Schneider (Γαλλία)	SIGNET Systems (Κορέα)	DBT (Γαλλία)	Delta Electronics (Ταϊβάν)
					
Circontrol (Ισπανία)	Hasetec	Takaoka	Takasago	Tempearl	ULVAC
					
SINFONIA Technology	Nichicon	Nissan	GS Yuasa	JFE Engineering	Kikusui
					
NTT Facilities	Fuji Electric	Kyuki			

Εικόνα 4.10 CHAdeMO φορτιστές διαφόρων κατασκευαστών

Οχήματα όπως τα παρακάτω, υποστηρίζουν εργοστασιακά το σύστημα φόρτισης CHAdeMO, και αποτελούν μια νέα πνοή στον χώρο της ηλεκτροκίνησης, καθώς πλέον μπορούν να φορτίσουν ταχύτατα από εξωτερικούς φορτιστές.



Subaru Plug-in STELLA



Mitsubishi i-MiEV



Nissan LEAF



Protoscar LAMPO2



Peugeot iON



Citroen C-ZERO



TOYOTA iQ-based EV



THINK City



Micro-Vett Fiorino

Εικόνα 4.11 Οχήματα που υποστηρίζουν το σύστημα CHAdeMO

4.4 ΝΟΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

Στην Ευρώπη δεν υπάρχει νομοθετημένο Ευρωπαϊκό πρότυπο που να προδιαγράφει τον τύπο ή τις προδιαγραφές των εξαρτημάτων για την αγωγή φόρτισης των ηλεκτρικών αυτοκινήτων. Εντούτοις η Οικονομική Επιτροπή για την Ευρώπη, των Ηνωμένων Εθνών (United Nations Economic Commission for Europe - ECE) στον Κανονισμό No 100 που αναφέρεται στην κατασκευή, λειτουργική

ασφάλεια και εκπομπές υδρογόνου των ηλεκτρικών αυτοκινήτων προβλέπει ορισμένες προϋποθέσεις, όπως:

- Σε καμιά περίπτωση δεν πρέπει να μπορεί το ηλεκτρικό αυτοκίνητο να κινηθεί όταν βρίσκεται σε αγωγή σύνδεση με το δίκτυο ή με κάποιο εξωτερικό φορτιστή
- Τα εξαρτήματα που χρησιμοποιούνται κατά τη φόρτιση των συσσωρευτών από μια εξωτερική πηγή πρέπει να επιτρέπουν την διακοπή του ρεύματος φόρτισης σε περίπτωση διακοπής της σύνδεσης χωρίς αυτό να επιφέρει οποιασδήποτε μορφής ζημία
- Τα εξαρτήματα τα οποία τίθενται υπό τάση θα πρέπει να είναι προστατευμένα έναντι οποιασδήποτε πιθανότητας επαφής σε όλες τις λειτουργικές φάσεις
- Όλα τα εκτεθειμένα μέρη από αγωγικό υλικό θα πρέπει να είναι ηλεκτρικώς συνδεδεμένα μέσω αγωγού ο οποίος να καταλήγει σε επαφή με τον αγωγό γείωσης της εγκατάστασης.

Η τροποποίηση του κανονισμού αυτού με στοιχείο αναφοράς ECE 100.01 επεκτείνει την εφαρμογή και στα υβριδικά αυτοκίνητα. Προσφάτως η Ευρωπαϊκή Επιτροπή ανέπτυξε το σχέδιο Οδηγίας το οποίο διαβιβάστηκε στην CEN, CENELEC και στην ETSI με το οποίο ζητείται η ταχεία εκπόνηση προτύπων για τη ρύθμιση των θεμάτων φόρτισης των ηλεκτρικών αυτοκινήτων. Το πιθανότερο πάντως είναι ότι εάν θεσπισθεί υποχρεωτικός Ευρωπαϊκός τύπος υποδοχής και βύσματος φόρτισης αυτό θα γίνει με προσθήκη στον Κανονισμό ECE 100 δοθέντος ότι η συμμόρφωση με τον Κανονισμό αυτό αποτελεί και προϋπόθεση για εφαρμογής της διαδικασίας έγκρισης τύπου των αυτοκινήτων ECWVTA (European Whole Vehicle Type Approval).

Στις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής η μόνη απαίτηση του Νόμου που σχετίζεται με τη φόρτιση των ηλεκτρικών αυτοκινήτων είναι εκείνη της Πολιτείας της Καλιφόρνιας CCR (California Code Regulation), Title 13, Division 1962.2 η οποία αναφέρει τα εξής:

«Με έναρξη από τα μοντέλα του 2006, όλα τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα (με εξαίρεση εκείνων τα οποία μπορούν μόνο να φορτισθούν από έναν συνήθη οικιακό ρευματοδότη) πρέπει να είναι εφοδιασμένα με μια υποδοχή ηλεκτρικού βύσματος για τη φόρτισή τους η οποία να πληροί όλες τις προδιαγραφές της SAE Surface Vehicle Recommended Practice SAE J1772 REV NOV 2001, SAE Electric Vehicle Conductive Charger Coupler. Όλα αυτά τα αυτοκίνητα πρέπει επίσης να είναι εφοδιασμένα με επί του οχήματος φορτιστή ισχύος 3,3 kVA κατ' ελάχιστο.»

Αργότερα η CARB (California Air Resources Board) δημοσίευσε σχέδιο

τροποποίησης του κανονισμού αυτού η οποία αναφέρει τα εξής: «Με έναρξη από τα μοντέλα του 2010, όλα τα ηλεκτρικά και υβριδικά αυτοκίνητα πρέπει να είναι εφοδιασμένα με μια υποδοχή ηλεκτρικού βύσματος για τη φόρτισή τους η οποία να πληροί όλες τις προδιαγραφές της SAE Surface Vehicle Recommended Practice SAE J1772 REV JAN 2010, SAE Electric Vehicle Conductive Charger Coupler. Όλα αυτά τα αυτοκίνητα πρέπει επίσης να είναι εφοδιασμένα με επί του οχήματος φορτιστή ισχύος 3,3 kVA ή με φορτιστή ικανό να φορτίσει κατά 95% του επιτρεπόμενου ποσοστού φόρτισης (UDDS) σε τέσσερες ή λιγότερες ώρες». Η τροποποίηση αυτή αναμένεται να τεθεί σε ισχύ συντόμως.

Η θέση των κατασκευαστών αυτοκινήτων έχει ως εξής. Τον Ιούνιο του 2010 η Ευρωπαϊκή Ένωση Κατασκευαστών Αυτοκινήτων ACEA σε Δελτίο Τύπου ανακοίνωσε ότι οι Ευρωπαίοι κατασκευαστές αυτοκινήτων έχουν συμφωνήσει να συστήσουν προδιαγραφές κοινής αποδοχής για την αγωγή σύνδεση των επιδεχόμενων φόρτιση αυτοκινήτων στο δίκτυο κατά τρόπο ασφαλή και φιλικό προς τον χρήστη. Οι συστάσεις αυτές που από κοινού συνέταξαν οι κατασκευαστές έχουν σαν στόχο τους να επιταχύνουν τις διαδικασίες που έχουν δρομολογηθεί από τους Ευρωπαϊκούς Οργανισμούς τυποποίησης για τη σύνταξη και θεσμοθέτηση προδιαγραφών των συσκευών διασύνδεσης των ηλεκτρικών αυτοκινήτων με τις υποδομές διανομής ηλεκτρικής ενέργειας όπως και να χρησιμεύσουν ως κατευθυντήριες οδηγίες για τις Αρχές προκειμένου να σχεδιασθούν και εγκατασταθούν δημόσια δίκτυα φόρτισης ηλεκτρικών αυτοκινήτων. Οι συστάσεις που ανακοινώθηκαν από την ACEA, οι οποίες καλύπτουν πολλά από τα προκύπτοντα θέματα, καλύπτουν μόνο την αγωγή φόρτιση με εναλλασσόμενο ρεύμα των ηλεκτρικών επιβατικών αυτοκινήτων και ελαφρών φορτηγών. Τέτοιες συστάσεις που να αφορούν στα θέματα αγωγίμης φόρτισης με συνεχές ρεύμα και φόρτισης με εναλλασσόμενο ρεύμα για τα βαρέα οχήματα δεν έχουν ακόμα εκδοθεί. Η ACEA έχει διαιρέσει την επερχόμενη χρονική περίοδο σε δύο χρονικές φάσεις. Η Φάση 1 καλύπτει την τρέχουσα κατάσταση μέχρι και τότε που όλες οι προδιαγραφές και τα αναγκαία πρότυπα θα έχουν εκδοθεί και θα έχει διαρρεύσει και κάποιο χρονικό διάστημα για την εφαρμογή τους. Το τέλος αυτής της Φάσης εκτιμάται ότι θα είναι μέσα στο 2017. Η Φάση 2 θα ακολουθήσει και θα έχει σαν στόχο την περαιτέρω ανάπτυξη και βελτίωση προδιαγραφών και συστημάτων όπως αυτή θα προκύψει από την ικανή πλέον σε βάθος χρόνου εφαρμογή.

Για τη Φάση 1 οι συστάσεις εν συντομία είναι οι εξής:

- Να μην επιβληθούν περιορισμοί για τη χρήση συγκεκριμένου τύπου υποδοχής και βύσματος προς την πλευρά του αυτοκινήτου. Εντούτοις οι κατασκευαστές να εφοδιάζουν τα παλούμενα αυτοκίνητα με ένα τουλάχιστο καλώδιο φόρτισης εφοδιασμένο με βύσμα Τύπου 2 για Τρόπο φόρτισης 3 ή με οικιακού τύπου ρευματολήπτη για Τρόπο φόρτισης 2
- Τα δημόσια σημεία φόρτισης να είναι εξοπλισμένα με ρευματοδότη Τύπου 2 για Τρόπο φόρτισης 3. Στις περιπτώσεις που το καλώδιο φόρτισης αποτελεί μόνιμη προέκταση του σημείου φόρτισης τότε θα πρέπει να διατίθεται επίσης και ανεξάρτητος ρευματοδότης Τύπου 2. Εξαρτήματα βιομηχανικής χρήσης (IEC 60309) θα πρέπει να γίνονται αποδεκτά για μια μεταβατική περίοδο.
- Για φόρτιση στο σπίτι οι συνηθισμένοι οικιακοί ρευματοδότες θα μπορούν να χρησιμοποιούνται για Τρόπο φόρτισης 2. Εναλλακτικά θα μπορούν να εγκαθίστανται ρευματοδότες Τύπου 2 για Τρόπο φόρτισης 3 ή ακόμα και βιομηχανικού τύπου ρευματοδότες (IEC 60309) για τρόπο φόρτισης 2.

Οι συστάσεις για τη Φάση 2 επί του παρόντος περιορίζονται στην επίτευξη της ευρύτερης δυνατής εφαρμογής του Τρόπου φόρτισης 3 με ταυτόχρονη χρήση των βυσμάτων και υποδοχών τα οποία θα έχουν πλέον τυποποιηθεί από τους Οργανισμούς τυποποίησης CEN/CENELEC/ETSI. Παρά ταύτα όμως η ACEA εκφράζει την άποψη της κατά τη Φάση αυτή προτίμησης γενίκευσης της χρήσης των συνδέσμων Τύπου 2.

Από έρευνα αγοράς που διενεργήθηκε τον Μάρτιο του 2012 μεταξύ 13 εταιρειών οι οποίες παράγουν 20 διαφορετικά μοντέλα αυτοκινήτων (12 μοντέλα επιβατικών αυτοκινήτων, 6 μοντέλα ελαφρών φορτηγών και 2 μοντέλα βαρέων φορτηγών) προέκυψε ότι :

- Όλα τα αυτοκίνητα παραδίδονται με καλώδιο φόρτισης
- Η πλειονότητα των αυτοκινήτων (55%) είναι σχεδιασμένα να φορτίζουν από μονοφασική παροχή 230 Βολτ 13/16 Αμπέρ
- 35% των αυτοκινήτων είναι σχεδιασμένα να φορτίζουν από τριφασική παροχή
- 40% των αυτοκινήτων είναι σχεδιασμένα να φορτίζουν με ένταση 32 Αμπέρ ή και μεγαλύτερη
- Μόνο τρία μοντέλα είναι σχεδιασμένα να δέχονται και φόρτιση με συνεχές ρεύμα

- 45% των αυτοκινήτων χρησιμοποιούν εξαρτήματα IEC 62196-2 Τύπου 1 ή του αντίστοιχου SAE J1772 προς την πλευρά του αυτοκινήτου. Δύο από αυτά τα αυτοκίνητα πρόκειται να αρχίσουν να χρησιμοποιούν IEC 621962 Τύπου 2 στη καινούργια παραγωγή
- Επί του παρόντος μόνο 10% των αυτοκινήτων χρησιμοποιούν IEC 621962 Τύπου 2 προς την πλευρά του αυτοκινήτου
- 45% των αυτοκινήτων διαθέτουν καλώδιο με ρευματολήπτη IEC 62196-2 Τύπου 2 προς την πλευρά της ηλεκτρικής παροχής

4.5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

- i. Το βύσμα και η υποδοχή αυτοκινήτου SAE J1772 τείνει να γίνει γενικά αποδεκτό στην αγορά των ΗΠΑ και νομοθετημένο στην Πολιτεία της Καλιφόρνια.
- ii. Το βύσμα και η υποδοχή αυτοκινήτου SAE J1772 διατίθεται σήμερα στην αγορά από ένα τουλάχιστο προμηθευτή και πολύ γρήγορα θα αυξηθεί ο αριθμός των εταιρειών που θα το παράγουν.
- iii. Ενώ τα εξαρτήματα SAE J1772 εμφανίζονται ως πολύ καλή λύση για την αγορά των ΗΠΑ, στην οποία τριφασικές παροχές δεν αποτελούν συνηθισμένη εκδοχή και όπου το καλώδιο φόρτισης αποτελεί συνήθως μόνιμο εξάρτημα και προέκταση του σημείου φόρτισης δεν συμβαίνει το ίδιο και για την Ευρωπαϊκή αγορά.
- iv. Τα εξαρτήματα IEC 62196-2 Τύπου 2, τόσο προς την πλευρά του αυτοκινήτου όσο και προς την πλευρά της ηλεκτρικής παροχής προσφέρουν προτιμότερη λύση για την Ευρωπαϊκή αγορά καλύπτοντας τις ανάγκες μονοφασικών και τριφασικών παροχών με εντάσεις μέχρι και 70 Αμπέρ.
- v. Τα εξαρτήματα IEC 62196-2 Τύπου 2, τόσο προς την πλευρά του αυτοκινήτου όσο και προς την πλευρά της ηλεκτρικής παροχής, διατίθενται σήμερα στην αγορά από ένα τουλάχιστο προμηθευτή ενώ πολύ γρήγορα επίκειται αύξηση του αριθμού των εταιρειών που θα τα παράγουν.
- vi. Η Ευρωπαϊκή Ένωση Κατασκευαστών Αυτοκινήτων ACEA έχει εκφράσει την προτίμησή της στα εξαρτήματα IEC 62196-2 Τύπου 2. Το κύριο εμπόδιο για την επικράτηση των εξαρτημάτων IEC 62196-2 Τύπου 2 σε ολόκληρη την Ευρώπη για χρήση τόσο προς την πλευρά του αυτοκινήτου όσο και προς την πλευρά της ηλεκτρικής παροχής είναι το ότι σε πολλές Ευρωπαϊκές χώρες οι εθνικές νομοθεσίες απαιτούν οι ρευματοδότες εφοδιασμένους με κλείστρα προστασίας.
- vii. Τα εξαρτήματα IEC 62196-2 Τύπου 3 για χρήση τόσο προς την πλευρά του αυτοκινήτου όσο και προς την πλευρά της ηλεκτρικής παροχής θα δώσουν λύση στο πρόβλημα αυτό

αφού θα διαθέτουν τα αναγκαία κλείστρα προστασίας και θα είναι κατάλληλα για μονοφασικές και τριφασικές παροχές εντάσεως μέχρι 32 Αμπέρ.

- viii. Επί του παρόντος δεν υπάρχουν προμηθευτές εξαρτημάτων IEC 62196-2 Τύπου 3. Μια εταιρεία όμως έχει ήδη ανακοινώσει την πρόθεση άμεσης έναρξης παραγωγής τους.
- ix. Επειδή ούτε η SAE ούτε η IEC έχουν ολοκληρώσει τις αναγκαίες διαδικασίες τυποποίησης των συστημάτων αγωγίμης φόρτισης με συνεχές ρεύμα υπάρχει η παγκόσμια ευκαιρία συνολικής εναρμόνισης. Οι Ιαπωνικές προδιαγραφές JEVS G 105 (TEPCO) του συστήματος CHAdeMO κερδίζουν συνεχώς έδαφος διεθνούς αναγνώρισης και θα μπορούσαν να αποτελέσουν τη βάση ενός παγκόσμιου προτύπου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο

«ΣΤΑΘΜΟΙ ΦΟΡΤΙΣΗΣ-V2G»

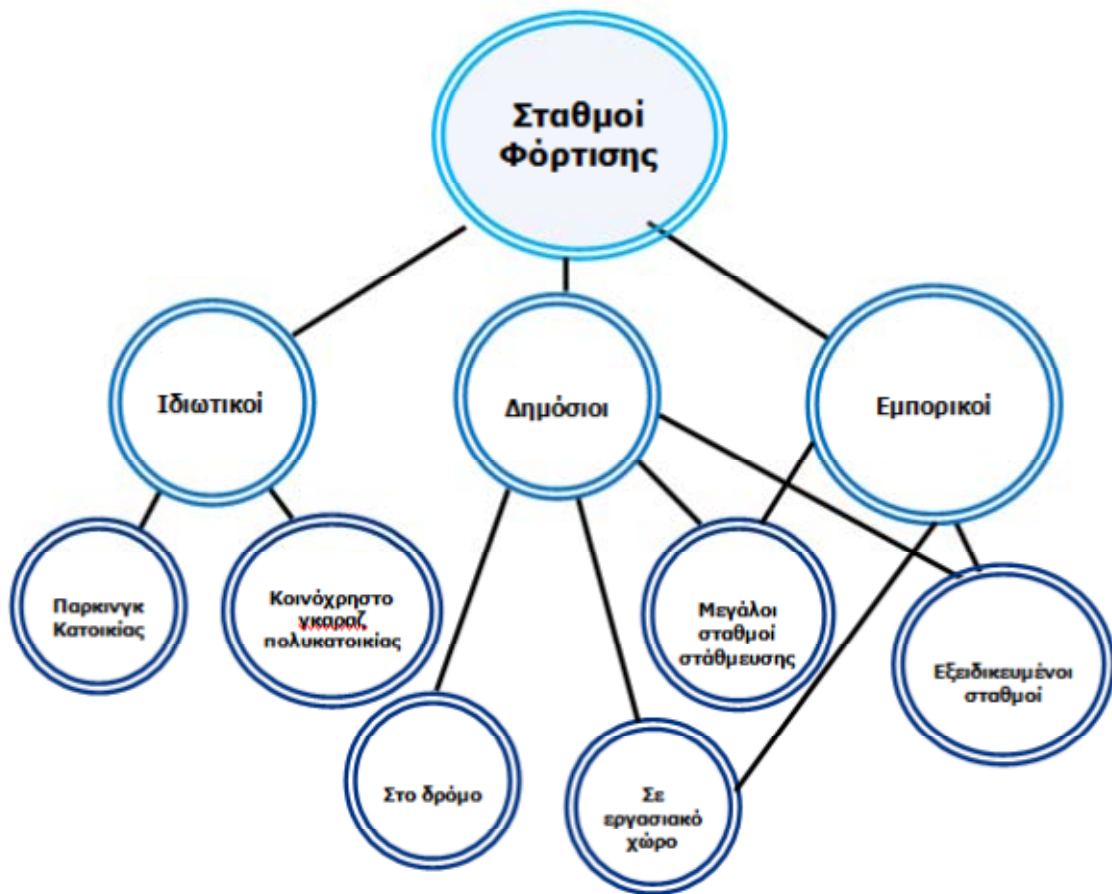
5.1 ΣΤΑΘΜΟΙ ΦΟΡΤΙΣΗΣ

Η μαζική κυκλοφορία των ηλεκτρικών οχημάτων θα φέρει στο προσκήνιο νέες προκλήσεις οι οποίες θα πρέπει να αντιμετωπισθούν. Μία από αυτές είναι ο χώρος φόρτισης των νέων ηλεκτρικών οχημάτων. 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 δημιουργούνται σταθμοί φόρτισης, οι οποίοι θα διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες:

- 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 Α. 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). 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. Οι απαιτήσεις τέτοιων σταθμών είναι επιπέδου 1 και 2.

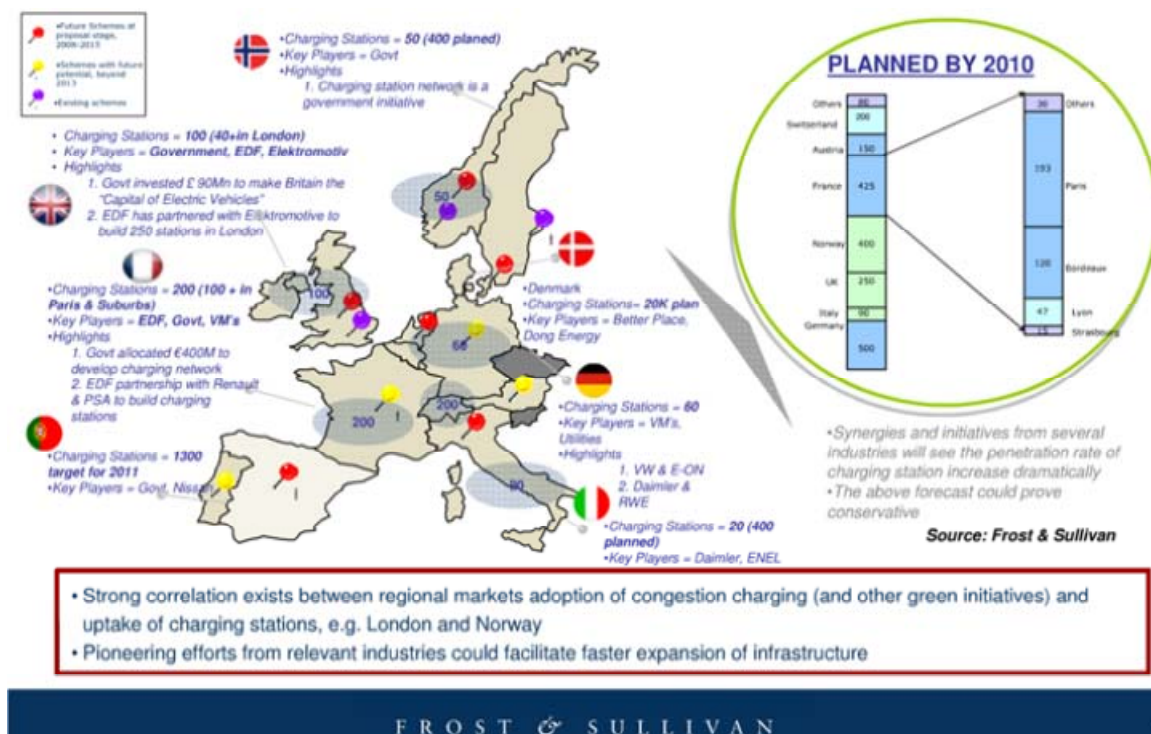
Η πληρωμή σε περίπτωση χρησιμοποίησης κάποιου σταθμού φόρτισης μπορεί να γίνει είτε εκ των προτέρων ή με ένα συνολικό λογαριασμό στο τέλος μιας προσυμφωνημένης χρονικής περιόδου. Στην εικόνα 5.1 παρουσιάζεται η κατηγοριοποίηση των σταθμών φόρτισης ανάλογα με την τοποθεσία εγκατάστασης.



Εικόνα 5.1 Κατηγοριοποίηση σταθμών φόρτισης ανάλογα με την τοποθεσία της εγκατάστασης

Επίσης πολλές εταιρείες 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, καθώς επίσης και η φόρτιση μέσω φωτοβολταϊκών κυττάρων τα οποία είναι τοποθετημένα σε στέγαστρα σε παρκινγκ. 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. [13]



Εικόνα 5.2 Πιλοτικά προγράμματα σταθμών φόρτισης στην Ευρώπη

Το Solar Forest (Ηλιακό Δάσος) του αρχιτέκτονα και σχεδιαστή Neville Mars είναι μια από τις πιο καινοτόμες και έξυπνες ιδέες σε σχέση με τους σταθμούς φόρτισης. Η δομή του θα αποτελείται από τεχνητά δέντρα που θα φέρουν φωτοβολταϊκά πάνελ σε σχήμα φύλλων που ουσιαστικά αντιγράφουν την φύση αφού τα πάνελ αυτά θα ακολουθούν την πορεία του ήλιου κατά την διάρκεια της ημέρας. Ο κορμός του δέντρου θα είναι ο φορτιστής του ηλεκτρικού οχήματος.



Εικόνα 5.3 Ηλιακό δάσος από τον Neville Mars

Έτσι θα προσφέρει στάθμευση και φόρτιση του οχήματος σε πολύ μικρές τιμές είτε δωρεάν αφού η παραγωγή ενέργειας λόγω του ήλιου είναι φθηνότερη και πιο οικολογικά σωστή.[14]



Εικόνα 5.4 Ηλιακό δάσος

5.2 V2G ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

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 τις 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 επιβαρυνόμενο, 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). 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 λαμβάνοντας υπόψη 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 ενεργειακού συστήματος το ρόλο αυτό έχει το ΔΕΣΜΗΕ) 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 Θεσιθεσίας (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.[15]

ΕΠΙΛΟΓΟΣ-ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Το φαινόμενο του θερμοκηπίου και γενικότερα η μόλυνση του περιβάλλοντος όπως επίσης και η ασταθής κατάσταση που έχει δημιουργηθεί στην αγορά του πετρελαίου έχουν συμβάλει στην εξάπλωση της ιδέας του ηλεκτρικού οχήματος. Το ηλεκτρικό όχημα παρότι μετράει παραπάνω από έναν αιώνα ζωής μόλις τις τελευταίες δεκαετίες έχει αρχίσει να μπαίνει στην ζωή μας σαν ένα αξιόπιστο μέσο μεταφοράς. Η σχεδόν μηδενική εξέλιξη του όλα αυτά τα χρόνια όμως είναι ανασταλτικός παράγοντας στην καθιέρωση του στην αγορά. Όπως επίσης και τα μειονεκτήματα του σε σχέση με τα οχήματα που χρησιμοποιούν μηχανές εσωτερικής καύσης. Η περιορισμένη απόσταση που μπορούν να διανύσουν μεταξύ κάθε επαναφόρτισης, ο μεγάλος χρόνος επαναφόρτισης σε ένα καταναλωτικό κοινό που είναι συνηθισμένο να ξοδεύει το πολύ δέκα λεπτά σε κάποιο πρατήριο υγρών καυσίμων για τον ανεφοδιασμό του αυτοκινήτου του. Επίσης η περιορισμένη διάρκεια ζωής των μπαταριών του όπως επίσης και το μεγάλο κόστος κτήσης τους λόγω της χαμηλής ζήτησης είναι μεγάλο μείον σε σχέση με οχήματα που χρησιμοποιούν πετρέλαιο ειδικά στην περίοδο οικονομικής κρίσης που διανύουμε.

Όσον αφορά την φόρτιση ενός ηλεκτρικού οχήματος που είναι και το θέμα που αναλύσαμε στην παρούσα πτυχιακή εργασία, με μια απλή μονοφασικά παροχή ο χρόνος επαναφόρτισης κυμαίνεται από 6 έως 10 ώρες, μεγάλος χρόνος που σημαίνει ότι ο κάτοχος ενός ηλεκτρικού οχήματος θα πρέπει να προγραμματίζει τις επαναφορτίσεις που θα κάνει. Όσον αφορά το δεύτερο (ημιταχεία) και το τρίτο(ταχεία) επίπεδο φόρτισης απαιτούν ειδικές κατασκευές και ειδική καλωδίωση για την επίτευξη τους, κάτι που δεν γίνεται να έχει ο κάθε κάτοχος ηλεκτρικού οχήματος κατ'οίκον. Ειδικά η περίπτωση της DC φόρτισης είναι εξαιρετικά ελπιδοφόρα και αναμένεται και μεγάλη εξέλιξη στο μέλλον όμως για να πετύχει πρέπει να δημιουργηθούν σταθμοί φόρτισης, κάτι αντίστοιχο δηλαδή με τα πρατήρια υγρών καυσίμων, ενώ και το κόστος της επαναφόρτισης πρέπει να μείνει χαμηλά.

Τέλος πρέπει να επικρατήσει ένα κοινό πρότυπο παγκόσμια όσον αφορά την φόρτιση του ηλεκτρικού οχήματος και τα εξαρτήματα που συνδέονται με αυτήν. Όπως είδαμε άλλα πρότυπα ισχύουν στην αγορά της Αμερικής άλλα της Ευρώπης και άλλα της Ιαπωνίας. Οι Ιαπωνικές προδιαγραφές JEVS G 105 (TEPCO) του συστήματος CHAdeMO κερδίζουν συνεχώς έδαφος διεθνούς αναγνώρισης και θα μπορούσαν να αποτελέσουν τη βάση ενός παγκόσμιου προτύπου. Για να γίνει ανταγωνιστικό το ηλεκτρικό όχημα έστω και ως δεύτερο όχημα για κίνηση μόνο μες στην πόλη πρέπει να υπάρχει μια κοινή γραμμή τόσο από τις αυτοκινητοβιομηχανίες όσο και από τις εταιρείες που κατασκευάζουν τα εξαρτήματα. Αυτή την στιγμή παγκοσμίως η κατάσταση είναι σαν κάθε όχημα που χρησιμοποιεί μηχανή εσωτερικής καύσης να χρειάζεται ξεχωριστή μάνικα για να γεμίσει το ρεζερβουάρ του.

Καταλήγοντας μέσα από την εξέλιξη στους τομείς των συσσωρευτών και των εξαρτημάτων του, μειώνοντας το χρόνο επαναφόρτισης και έχοντας ένα παγκόσμιο πρότυπο το ηλεκτρικό όχημα θα μπορέσει να γίνει πραγματικό ανταγωνιστικό. Ειδικά για τις μετακινήσεις μέσα στην πόλη που δεν χρειάζεται να διανυθούν μεγάλες χιλιομετρικές αποστάσεις θα ήταν ιδανικό μέσο μετακίνησης που θα απαιτεί λιγότερα έξοδα κίνησης ενώ θα δώσει και μια μεγάλη ανάσα σε πολλές πόλεις ανά τον κόσμο που έχουν μεγάλα προβλήματα με την ατμοσφαιρική ρύπανση.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Timeline “history of electric car” <http://www.pbs.org/shows/223/electric-car-timeline.html>
- [2] Wikipedia Chevrolet EV1
- [3] Wikipedia Tesla Roadster
- [4] Υπουργείο Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής “Ηλεκτροκίνητα Οχήματα» <http://www.opengov.gr/minenv/?p=3531>
- [5] European Commission mobility transport http://ec.europa.eu/transport/road_safety/vehicles/categories_en.htm
- [6] «ΕΛ.ΙΝ.Η.Ο» <http://www.heliev.gr/index.php/el/library/category/2-events-presentations>
- [7] Wikipedia «Ηλεκτροκινητήρας»
- [8] «ΕΛ.ΙΝ.Η.Ο» <http://www.heliev.gr/index.php/el/library/category/2-events-presentations>
- [9] «A review on inductive charging for electric vehicles» <http://ieeexplore.ieee.org/Xplore/guesthome.jsp>
- [10] Διονύσιος Νέγκας «Τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα και ο ανεφοδιασμός τους με ηλεκτρική ενέργεια» Σεπτέμβριος 2011
- [11] CHA de MO Association <http://www.chademo.com/>
- [12] Διονύσιος Νέγκας «Τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα και ο ανεφοδιασμός τους με ηλεκτρική ενέργεια» Σεπτέμβριος 2011
- [13] Υπουργείο Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής “Ηλεκτροκίνητα Οχήματα» <http://www.opengov.gr/minenv/?p=3512>
- [14] inhabitat.com <http://inhabitat.com/solar-forest-charging-system-for-parking-lots/>
- [15] University of Delaware <http://www.udel.edu/V2G/>

Αθήνα
Απρίλιος 2013