

ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΜΕΣΟΓΕΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών

Πτυχιακή Εργασία: Επισκόπηση Τεχνολογίας Ηλεκτρικών Αυτοκινήτων



ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΚΑΡΑΠΙΔΑΚΗΣ ΕΜΜΑΝΟΥΗΛ

ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ: ΛΕΒΕΝΤΑΚΗΣ ΙΩΑΝΝΗΣ ΑΜ:5465

ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2019

Περίληψη

Η παρούσα εργασία εξετάζει τις τεχνολογικές εξελίξεις και την τεχνολογία γενικότερα όσον αφορά στα ηλεκτρικά οχήματα. Εξετάζονται τα βασικά τεχνολογικά τους στοιχεία, οι τρόποι φόρτισης καθώς και οι ανάλογες τεχνολογίες που απαιτούνται για την περαιτέρω ανάπτυξη τους. Επίσης εξετάζονται οι παρούσα κατάσταση του επιπέδου χρήσης των ηλεκτρικών αυτοκινήτων, όσο και οι προβλέψεις για την περαιτέρω ανάπτυξη τους.

Summary

This thesis examines technological developments and technology in general regarding electric vehicles. It examines their basic technological data, the loading modes as well as the corresponding technologies needed for their further development. It also examines the current state of the use of electric cars as well as the forecasts for their further development

Περιεχόμενα

Κεφάλαιο 1°	1
1.1 Ατμοσφαιρική ρύπανση.....	1
1.1.1 Επιδράσεις της Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης.....	1
1.1.2 Πολιτικές και νομοθεσία στην ΕΕ	4
1.1.3 Πηγές ατμοσφαιρικής ρύπανσης.....	6
1.2 Παραγόμενοι ρύποι από τις οδικές μεταφορές	8
1.3 Ιστορική αναδρομή στην εξέλιξη των Ηλεκτρικών Αυτοκινήτων	9
Κεφάλαιο 2° Βασικά Μέρη Αυτοκίνητου.....	17
2.1 Σύστημα Ανάρτησης	18
2.2 Σύστημα πέδησης	21
2.3 Σύστημα διεύθυνσης	23
2.4 Αμάξωμα - πλαίσιο	24
Κεφάλαιο 3° Τεχνολογία Ηλεκτρικών Αυτοκινήτων	28
3.1 Τύποι Ηλεκτρικών Οχημάτων	28
3.1.1 Ηλεκτρικά Οχήματα Μπαταρίας.....	28
3.1.2 Υβριδικά Ηλεκτρικά οχήματα	29
3.1.3 Ηλεκτρικά Οχήματα κελιών καυσίμου	32
3.2 Συσσωρευτές	33
3.3 Ηλεκτρικοί κινητήρες	35
3.3.1 Κινητήρας συνεχούς ρεύματος (DCM)	36
3.3.2 Κινητήρες επαγωγής (IM)	37
3.3.3 Switched Reluctance Motor Drives.....	38
3.3.4 Σύγχρονοι κινητήρες μόνιμου μαγνήτη.....	39
3.3.5 Σύγκριση μεταξύ τεσσάρων τύπων ηλεκτροκινητήρων EV	40
3.4 Σύστημα μετάδοσης	41
3.5 Φόρτιση Ηλεκτρικών Αυτοκινήτων.....	43
3.5.1 Κατηγορίες φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων	43
3.6 Σύγκριση Ηλεκτρικού, Υβριδικού και Οχήματος με Κινητήρα Εσωτερικής Καύσης	44
Κεφάλαιο 4° Αναγκαίες Υποδομές.....	47
4.1 Επίπεδα ισχύος φόρτισης	47

4.2 Καλωδιώσεις φόρτισης.....	48
4.3 Σταθμοί φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων	48
4.4 V2G λειτουργία	50
4.4.1 Ευφυές Δίκτυο	50
4.4.2 Περιγραφή της V2G λειτουργίας	51
4.4.3 Η θέση της V2G λειτουργίας στις αγορές ηλεκτρικής ισχύος και στη παροχή επικουρικών υπηρεσιών	53
4.4.4 Ενσωμάτωση ηλεκτρικών οχημάτων στη πρωτεύουσα ρύθμιση συχνότητας	55
Κεφάλαιο 5° Ένταξη Ηλεκτρικών Οχημάτων στο Ηλεκτρικό Δίκτυο	56
5.1. Φάσεις διείσδυσης	56
5.2. Νέα επιχειρηματικά μοντέλα	58
5.2.1. Διαχειριστής της φόρτισης των ηλεκτρικών οχημάτων ή Διαχειριστής του σημείου φόρτισης (ΔΣΦ).....	58
5.2.2. Προμηθευτής-Συναθροιστής Ηλεκτρικής Ενέργειας Ηλεκτρικών Οχημάτων	58
5.3. Αρχιτεκτονική επικοινωνίας	59
Κεφάλαιο 6° Η αγορά των Ηλεκτρικών Οχημάτων.....	60
6.1 Χρήση Ηλεκτρικών αυτοκινήτων	60
6.1.1 Ηλεκτρικά οχήματα μικρής ταχύτητας	62
6.1.2 Οχήματα Δύο και Τριών Τροχών.....	63
6.1.3 Ηλεκτρικά Λεωφορεία	64
6.2 Διεθνείς Τάσεις στην αγορά οχημάτων.....	65
Κεφάλαιο 7° Περιβαλλοντική Προσέγγιση.....	68
Κεφάλαιο 8° Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα χρήσης Ηλεκτρικών Οχημάτων.....	70
8.1 Πλεονεκτήματα.....	70
8.2 Μειονεκτήματα.....	71
Συμπεράσματα.....	73
Βιβλιογραφία	74

Το ηλεκτρικό αυτοκίνητο ήταν εδώ και πάνω από ένα αιώνα. Από το 1970, το οι μεταφορές επιβατών αυξήθηκαν κατά 70%. Ο σημερινός στόλος χρησιμοποιεί ορυκτά καύσιμα (Trafikverket, 2012). Οι συνολικές εκπομπές τα αέρια του θερμοκηπίου έχουν επίσης αυξηθεί κατά 70 τοις εκατό κατά την ίδια χρονική περίοδο, όπου ο ταχύτερος ρυθμός ανάπτυξης σημειώθηκε μεταξύ 2000 και 2008 (Naturvårdsverket,2012α). Ο συνολικός αριθμός εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα από ένα άτομο είναι 5,6 τόνους (Naturvårdsverket 2011d), όπου περίπου το 19% παράγεται από τους δρόμους κυκλοφορίας (Trafikverket, 2012a).

Οι συζητήσεις για την αειφόρο ανάπτυξη έχουν αυξηθεί σε σχέση με την ανάπτυξη οικονομικών, κοινωνικών και περιβαλλοντικών μέτρων για την εξασφάλιση της συνεχούς βελτίωσης της ποιότητας ζωής για τις σημερινές και τις μελλοντικές γενιές (Regeringen, 2011a). Απαιτούνται λύσεις για τις ανανεώσιμες μεταφορές για την επίτευξη μιας βιώσιμης κοινωνίας και της μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα. Ένας αυξανόμενος αριθμός οχημάτων, φιλικών προς το περιβάλλον είναι το ηλεκτρικό αυτοκίνητο, όπου μπορεί να είναι ένα στοιχείο για τη μείωση των κλιματικών επιπτώσεων.

Εντούτοις, μπορεί να υπάρχει αβεβαιότητα σχετικά με τα πλεονεκτήματα του ηλεκτρικού αυτοκινήτου, λόγω του ότι η χρήση των ηλεκτρικών αυτοκινήτων οδηγεί σε αυξανόμενη χρήση ηλεκτρικής ενέργειας. Μπορεί να παραχθεί ηλεκτρική ενέργεια με διάφορους τρόπους ώστε να μην επηρεάζεται αρνητικά το κλίμα. Η γνώμη ότι τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα θα μειώσουν την έλλειψη πετρελαίου, αλλά θα απαιτήσουν πολλαπλά κίνητρα για να αναπτυχθεί αυτής της μορφής η αγοράς μένει να αποδειχθεί.

Κεφάλαιο 1^ο

1.1 Ατμοσφαιρική ρύπανση

Η ατμοσφαιρική ρύπανση είναι βασικό περιβαλλοντικό και κοινωνικό ζήτημα και, ταυτόχρονα, αποτελεί ένα πολύπλοκο πρόβλημα που δημιουργεί πολλαπλές προκλήσεις όσον αφορά τη διαχείριση και τον μετριασμό των επιβλαβών ρύπων. Οι ατμοσφαιρικοί ρύποι εκπέμπονται από ανθρωπογενείς και φυσικές πηγές, μπορεί να εκπέμπονται είτε απευθείας (πρωτεύοντες ρύποι) είτε να σχηματίζονται στην ατμόσφαιρα (ως δευτερογενείς ρύποι). Έχουν διάφορες επιπτώσεις στην υγεία, στα οικοσυστήματα, στο δομημένο περιβάλλον και στο κλίμα. Μπορούν να μεταφερθούν ή να διαμορφωθούν σε μεγάλες αποστάσεις, και μπορεί να επηρεάσουν μεγάλες περιοχές.

Η αποτελεσματική δράση για τη μείωση των επιπτώσεων της ατμοσφαιρικής ρύπανσης απαιτεί καλή κατανόηση των αιτιών της, του τρόπου μετακίνησης και μετασχηματισμού των ρύπων στην ατμόσφαιρα, του τρόπου μεταβολής της χημικής σύνθεσης της ατμόσφαιρας με την πάροδο του χρόνου και του τρόπου με τον οποίο οι ρύποι επηρεάζουν τους ανθρώπους, τα οικοσυστήματα, την κοινωνία και την οικονομία. Οι αποτελεσματικές πολιτικές για την ποιότητα του ατμοσφαιρικού αέρα απαιτούν δράση και συνεργασία σε παγκόσμιο, ευρωπαϊκό, εθνικό και τοπικό επίπεδο, οι οποίες καλύπτουν τους περισσότερους οικονομικούς τομείς και εμπλέκουν το κοινό. Πρέπει να βρεθούν ολιστικές λύσεις που περιλαμβάνουν την τεχνολογική ανάπτυξη, τις διαρθρωτικές αλλαγές και τις αλλαγές συμπεριφοράς.

1.1.1 Επιδράσεις της Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης

Η ατμοσφαιρική ρύπανση είναι ο μοναδικός μεγαλύτερος περιβαλλοντικός κίνδυνος για την υγεία στην Ευρώπη και η επιβάρυνση της νόσου που προκαλείται από την ατμοσφαιρική ρύπανση είναι σημαντική [1,2]. Οι καρδιακές παθήσεις και τα εγκεφαλικά επεισόδια είναι οι συνηθέστεροι λόγοι πρόωρου θανάτου που οφείλονται στην ατμοσφαιρική ρύπανση και ευθύνονται για το 80% των περιπτώσεων. Ακολουθούν οι πνευμονοπάθειες και ο καρκίνος του πνεύμονα [2]. Εκτός από την πρόκληση πρόωρου θανάτου, η ατμοσφαιρική ρύπανση αυξάνει τη

συχνότητα εμφάνισης ευρέος φάσματος ασθενειών (π.χ. αναπνευστικές και καρδιαγγειακές παθήσεις και καρκίνος), με μακροπρόθεσμες και βραχυπρόθεσμες επιπτώσεις στην υγεία, συμπεριλαμβανομένων των επιπέδων κάτω από τις ισχύουσες κατευθυντήριες τιμές της Παγκόσμιας Οργάνωσης Υγείας (ΠΟΥ) [3]. Ο Διεθνής Οργανισμός Έρευνας για τον Καρκίνο έχει κατατάξει την ατμοσφαιρική ρύπανση γενικά, καθώς και τα PM ως ξεχωριστή συνιστώσα των μιγμάτων ατμοσφαιρικής ρύπανσης, ως καρκινογόνες [4].

Διάφορες εκθέσεις [5,6] δείχνουν ότι η ατμοσφαιρική ρύπανση έχει επίσης συνδεθεί με επιπτώσεις στην υγεία στη γονιμότητα, την εγκυμοσύνη και τα νεογνά και τα παιδιά. Αυτές περιλαμβάνουν αρνητικές επιπτώσεις στην νευρική ανάπτυξη και τις γνωστικές ικανότητες, οι οποίες με τη σειρά τους μπορούν να επηρεάσουν τις επιδόσεις στο σχολείο και αργότερα στη ζωή, οδηγώντας σε χαμηλότερη παραγωγικότητα και ποιότητα ζωής. Υπάρχουν επίσης ενδείξεις ότι η έκθεση στην ατμοσφαιρική ρύπανση συνδέεται με διαβήτη τύπου 2 νέας εμφάνισης σε ενήλικες και μπορεί να συνδέεται με την παχυσαρκία, τη συστηματική φλεγμονή, τη γήρανση, τη νόσο του Alzheimer και την άνοια [7,8].

Η ατμοσφαιρική ρύπανση έχει πολλές σημαντικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις και μπορεί να επηρεάσει άμεσα τη βλάστηση και την πανίδα, καθώς και την ποιότητα του νερού και του εδάφους και τις υπηρεσίες οικοσυστήματος που υποστηρίζουν. Για παράδειγμα, τα οξείδια του αζώτου (NO_x , το άθροισμα των μονοξειδίων του αζώτου (NO) και NO_2) και των εκπομπών NH_3 διαταράσσουν τα χερσαία και υδάτινα οικοσυστήματα εισάγοντας υπερβολικές ποσότητες θρεπτικού αζώτου. Αυτό οδηγεί στον ευτροφισμό, που είναι μια υπερβολική προσφορά θρεπτικών ουσιών που μπορεί να οδηγήσει σε αλλαγές στην ποικιλία των ειδών και σε εισβολές νέων ειδών. Τα NH_3 και NO_x , μαζί με το SO_2 , συμβάλλουν επίσης στην οξίνιση του εδάφους, των λιμνών και των ποταμών, προκαλώντας απώλεια βιοποικιλότητας. Τέλος, το O_3 προκαλεί ζημιές στις γεωργικές καλλιέργειες, τα δάση και τα φυτά, μειώνοντας τους ρυθμούς ανάπτυξής τους.

Η ατμοσφαιρική ρύπανση και η αλλαγή του κλίματος είναι αλληλένδετες. Πολλοί ατμοσφαιρικοί ρύποι είναι επίσης κλιματικοί παράγοντες που έχουν πιθανό αντίκτυπο στο κλίμα και στην υπερθέρμανση του πλανήτη βραχυπρόθεσμα (δηλαδή από λιγότερο από ένα χρόνο σε μερικές δεκαετίες). Το O_3 και ο μαύρος άνθρακας (BC), ένα συστατικό των PM, είναι παραδείγματα ατμοσφαιρικών ρύπων που είναι βραχύβιοι κλιματολογικοί παράγοντες που

συμβάλλουν άμεσα στην υπερθέρμανση του πλανήτη. Άλλα συστατικά PM, όπως ο οργανικός άνθρακας, το αμμώνιο (NH_4^+), το θειικό (SO_4^{2-}) και το νιτρικό (NO_3^-), έχουν αποτέλεσμα ψύξης [9]. Επιπλέον, οι μεταβολές των καιρικών συνθηκών λόγω της αλλαγής του κλίματος μπορεί να αλλάξουν τη μεταφορά, τη διασπορά, την εναπόθεση και τον σχηματισμό ατμοσφαιρικών ρύπων στην ατμόσφαιρα. Τέλος, η αύξηση της θερμοκρασίας, για παράδειγμα, θα αυξήσει τις εκπομπές βιογενών πτητικών οργανικών ενώσεων (ΠΟΕ).

Επομένως, η ποιότητα του αέρα και η κλιματική αλλαγή πρέπει να αντιμετωπιστούν από κοινού χρησιμοποιώντας πολιτικές και μέτρα που έχουν αναπτυχθεί μέσω μιας ολοκληρωμένης προσέγγισης. Αυτές οι ολοκληρωμένες πολιτικές θα αποφεύγουν την αρνητική ανατροφοδότηση του κλίματος στην ποιότητα του αέρα, ή αντίστροφα, που έχει ήδη αποδειχθεί. Παραδείγματα είναι οι αρνητικές επιπτώσεις που έχει στην ποιότητα του αέρα η επιδότηση των πετρελαιοκίνητων οχημάτων (με χαμηλότερο διοξείδιο του άνθρακα (CO_2) αλλά υψηλότερες εκπομπές PM και NO_x) και η αυξημένη χρήση καύσης βιομάζας χωρίς επαρκείς ελέγχους εκπομπών.

Η ατμοσφαιρική ρύπανση μπορεί επίσης να βλάψει τα υλικά, τις ιδιότητες, τα κτίρια και τα έργα τέχνης, συμπεριλαμβανομένων των σημαντικότερων κτιρίων της Ευρώπης. Ο αντίκτυπος της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στα υλικά πολιτιστικής κληρονομιάς αποτελεί σοβαρή ανησυχία, διότι μπορεί να οδηγήσει σε απώλεια μέρους της ιστορίας και του πολιτισμού μας. Οι ζημιές περιλαμβάνουν τη διάβρωση (που προκαλείται από την οξίνιση των ενώσεων), τη βιοαποικοδόμηση και τη ρύπανση (που προκαλούνται από τα σωματίδια), και τη διάβρωση των χρωμάτων (που προκαλούνται από το O_3).

Οι επιπτώσεις της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην υγεία, τις καλλιέργειες και τις δασικές εκτάσεις, τα οικοσυστήματα, το κλίμα και το οικοδομημένο περιβάλλον συνεπάγονται επίσης σημαντικό κόστος αγοράς και μη εμπορίας. Το κόστος αγοράς της ατμοσφαιρικής ρύπανσης περιλαμβάνει τη μειωμένη παραγωγικότητα της εργασίας, τις πρόσθετες δαπάνες για την υγεία και τις απώλειες στις καλλιέργειες και τις δασικές εκτάσεις. Ο Οργανισμός Οικονομικής Συνεργασίας και Ανάπτυξης (ΟΟΣΑ) εκτιμά ότι το κόστος αυτό θα αυξηθεί για να φθάσει το 2% περίπου του Ακαθάριστου Εγχώριου Προϊόντος (ΑΕΠ) το 2060 [10], οδηγώντας σε μείωση της συσσώρευσης κεφαλαίου και επιβράδυνση οικονομική ανάπτυξη.

Το μη εμπορικό κόστος είναι εκείνο που συνδέεται με αυξημένη θνησιμότητα και νοσηρότητα (ασθένειες που προκαλούν, για παράδειγμα, πόνο και ταλαιπωρία), υποβάθμιση της ποιότητας του αέρα και των υδάτων και κατά συνέπεια της υγείας των οικοσυστημάτων, καθώς και της κλιματικής αλλαγής.

Το 2015, περισσότερο από το 80% του συνολικού κόστους (αγοράς και μη) της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην Ευρώπη σχετίζονταν με τη θνησιμότητα, ενώ το κόστος αγοράς ήταν μικρότερο από 10% [10]. Ο ΟΟΣΑ (2016) εκτιμά ότι το συνολικό κόστος για τις χώρες του ΟΟΣΑ ανέρχεται σε 1 280 δολάρια ΗΠΑ ανά κάτοικο για το 2015 και 2 880 έως 2 950 κατά κεφαλή για το 2060, που αντιστοιχεί στο 5% περίπου του εισοδήματος τόσο στο 2015 όσο και στο 2060. Το κόστος αγοράς της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην ατμόσφαιρα ανέρχεται σε 1 200 USD κατά κεφαλήν το 2015 και προβλέπεται να αυξηθεί σε 2 610 USD σε 2 680 USD το 2060 στην περιοχή του ΟΟΣΑ [10].

1.1.2 Πολιτικές και νομοθεσία στην ΕΕ

Το πλαίσιο πολιτικής της ΕΕ για το καθαρό αέρα ορίζει τα πρότυπα ποιότητας της ατμόσφαιρας της ΕΕ, εφαρμόζει τις διεθνείς υποχρεώσεις της ΕΕ στον τομέα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και ενσωματώνει τις απαιτήσεις προστασίας του περιβάλλοντος σε άλλους παραγωγικούς τομείς.

Το έβδομο πρόγραμμα δράσης για το περιβάλλον, με τίτλο «ευημερία εντός των ορίων του πλανήτη μας» ([11] αναγνωρίζει τον μακροπρόθεσμο στόχο εντός της ΕΕ να επιτύχει «επίπεδα ποιότητας του αέρα που δεν προκαλούν σημαντικές αρνητικές επιπτώσεις και κινδύνους για την υγεία του ανθρώπου και το περιβάλλον». Η νομοθεσία της ΕΕ για την ατμοσφαιρική ρύπανση ακολούθησε μια προσέγγιση διπλής κατεύθυνσης για την εφαρμογή τόσο των προτύπων ποιότητας του αέρα, συμπεριλαμβανομένου του στόχου μείωσης έκθεσης για τα PM_{2,5}, όσο και των ελέγχων μετριασμού των εκπομπών. Τα κυριότερα μέσα πολιτικής για την ατμοσφαιρική ρύπανση στην ΕΕ περιλαμβάνουν τις οδηγίες για την ποιότητα του ατμοσφαιρικού αέρα (ΕΕ, 2004, 2008) και την οδηγία για τα εθνικά ανώτατα όρια εκπομπών [12].

Εκτός από την ΕΕ, οι εκπομπές αντιμετωπίζονται επίσης στο πλαίσιο διαφόρων διεθνών συμβάσεων, όπως η σύμβαση της Οικονομικής Επιτροπής για την Ευρώπη των Ηνωμένων Εθνών (UNECE) για τη διαμεθοριακή ατμοσφαιρική ρύπανση μεγάλης εμβέλειας (CLRTAP)

και τα διάφορα πρωτόκολλά της, μεταξύ των οποίων το τροποποιημένο πρωτόκολλο του Γκέτεμποργκ το 2012 στη μείωση των εκπομπών επιλεγμένων ρύπων σε ολόκληρη την πανευρωπαϊκή περιοχή.

Το πακέτο πολιτικής για την καθαρή ατμόσφαιρα για την Ευρώπη, το οποίο δημοσιεύθηκε από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή στα τέλη του 2013, αποσκοπεί στη διασφάλιση της πλήρους συμμόρφωσης με την ισχύουσα νομοθεσία το αργότερο έως το 2020 και στην περαιτέρω βελτίωση της ποιότητας του ατμοσφαιρικού αέρα στην Ευρώπη, έτσι ώστε έως το 2030 να μειωθεί ο αριθμός των πρόωρων θανάτων κατά το ήμισυ σε σύγκριση με το 2005 [11]. Σε αυτό το πλαίσιο, η ΕΕ έχει πρόσφατα συμφωνήσει σε μια αναθεωρημένη οδηγία για τα εθνικά ανώτατα όρια εκπομπών (NEC) [13]. Καθορίζει δεσμεύσεις για τη μείωση των εκπομπών SO₂, NO_x, πτητικών οργανικών ενώσεων εκτός του μεθανίου (NMVOCs), NH₃ και PM_{2.5} για το 2020 και το 2030. Οι πιο φιλόδοξες δεσμεύσεις μείωσης που συμφωνήθηκαν για το 2030 σχεδιάζονται, σύμφωνα με τη δέσμη μέτρων για την καθαρή ατμόσφαιρα, με στόχο τη μείωση κατά περίπου 50% των επιπτώσεων της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην υγεία σε σύγκριση με το 2005. Επιπλέον, η οδηγία απαιτεί από τα κράτη μέλη να καταρτίζουν εθνικά προγράμματα ελέγχου της ατμοσφαιρικής ρύπανσης που θα πρέπει να συμβάλουν στην επιτυχή εφαρμογή των σχεδίων για την ποιότητα του αέρα που έχουν θεσπιστεί βάσει της οδηγίας της ΕΕ για την ποιότητα του αέρα.

Για να μπορέσει η ΕΕ να εφαρμόσει και να επικυρώσει τη σύμβαση Minamata [14] που τέθηκε σε ισχύ στις 18 Μαΐου 2017, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή ενέκρινε στις 2 Φεβρουαρίου 2016 μια δέσμη επικύρωσης Minamata, συμπεριλαμβανομένης της νομοθετικής πρότασης για την επικαιροποίηση της νομοθεσίας της ΕΕ, να συμμορφωθεί πλήρως με τη Σύμβαση [15,16]. Ο κανονισμός για τον υδράργυρο ορίζει κανόνες που στοχεύουν στην υλοποίηση της ΕΕ για να καταστεί η πρώτη οικονομία χωρίς υδράργυρο (Hg). Αυτό περιλαμβάνει τον τερματισμό όλων των χρήσεων του Hg στις βιομηχανικές διεργασίες και την απαγόρευση οποιασδήποτε νέας χρήσης του Hg στα προϊόντα και τη βιομηχανία, εκτός εάν αποδεικνύεται ότι η χρήση Hg είναι απαραίτητη για την προστασία της υγείας και του περιβάλλοντος.

Επιπλέον, οι ευρωπαϊκές πολιτικές που στοχεύουν στην ατμοσφαιρική ρύπανση και τη μείωση των επιπτώσεών της συμβάλλουν άμεσα ή έμμεσα στην επίτευξη πολλών από τους στόχους της αειφόρου ανάπτυξης. Οι στόχοι αυτοί καθορίστηκαν στο Πρόγραμμα των Ηνωμένων Εθνών για

την Αειφόρο Ανάπτυξη [17] του 2030, το οποίο καλύπτει τις διαστάσεις της κοινωνικής, περιβαλλοντικής και οικονομικής ανάπτυξης σε παγκόσμιο επίπεδο [18].

1.1.3 Πηγές ατμοσφαιρικής ρύπανσης

Τα κύρια πρόδρομα αέρια για δευτερογενή PM είναι τα SO₂, NO_x, NH₃ και ΠΟΕ. Τα αέρια NH₃, SO₂ και NO_x αντιδρούν στην ατμόσφαιρα για να σχηματίσουν NH₄⁺, SO₄²⁻ και NO₃⁻ ενώσεις. Αυτές οι ενώσεις σχηματίζουν νέα σωματίδια στον αέρα ή συμπυκνώνονται σε προϋπάρχουσες για να σχηματίσουν δευτερεύουσες σωματιδιακές ύλες (δηλ. Δευτερεύοντα ανόργανα αερολύματα). Ορισμένα NMVOCs οξειδώνονται για να σχηματίσουν λιγότερο πτητικές ενώσεις, οι οποίες σχηματίζουν δευτερογενή οργανικά αερολύματα ή οξειδωμένα NMVOCs.

Τα πρωτογενή PM προέρχονται τόσο από φυσικές όσο και από ανθρωπογενείς πηγές και συνήθως ταξινομούνται σε πρωτεύοντα σωματίδια PM₁₀ και πρωτεύοντα PM_{2.5}. Οι φυσικές πηγές περιλαμβάνουν το θαλάσσιο αλάτι, τη φυσική αιωρούμενη σκόνη, τη γύρη και την ηφαιστειακή τέφρα, ενώ οι ανθρωπογενείς πηγές περιλαμβάνουν την καύση καυσίμων για την παραγωγή ενέργειας, την οικιακή θέρμανση και τη μεταφορά, τη βιομηχανία και την αποτέφρωση αποβλήτων, τη γεωργία, καθώς και τα φρένα, της ανθρωπογενούς σκόνης. Το BC αποτελεί συστατικό του PM_{2.5} που σχηματίζεται από την ατελή καύση καυσίμων, με τις κύριες πηγές, συμπεριλαμβανομένων των μεταφορών και της οικιακής θέρμανσης.

Οι κύριες πηγές NO_x είναι οι διεργασίες καύσης, οι οποίες μπορεί να είναι σταθερές ή κινητές. Το NO στη συνέχεια οξειδώνεται για να σχηματίσει NO₂, αν και εκπέμπεται κάποιο NO₂ κατευθείαν. Η αναλογία του NO₂ (δηλ. Του λόγου NO₂ / NO_x) στα καυσαέρια των οχημάτων είναι σημαντικά υψηλότερη στα οχήματα ντίζελ από ό, τι στη βενζίνη, επειδή τα συστήματα μετεπεξεργασίας των καυσαερίων τους αυξάνουν την οξείδωση του NO που παράγει υψηλότερες άμεσες εκπομπές NO₂.

Το O₃ δεν εκπέμπεται απευθείας στην ατμόσφαιρα. Αντ' αυτού, σχηματίζεται από χημικές αντιδράσεις παρουσία ηλιακού φωτός, μετά από εκπομπές προδρόμων αερίων όπως NO_x και NMVOCs τόσο φυσικής (βιογενής) όσο και ανθρωπογενούς προέλευσης. Τα NO_x εξαλείφουν

επίσης το O₃ εξαιτίας της αντίδρασης τιτλοδότησης με το εκπεμπόμενο NO για να σχηματίσει NO₂ και οξυγόνο.

Τα SO_x εκπέμπονται κατά κύριο λόγο από την καύση καυσίμων με τη μορφή SO₂. Οι κύριες ανθρωπογενείς πηγές είναι η στατική παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, η βιομηχανία και η καύση καυσίμων σε εμπορικούς, θεσμικούς και οικιακούς χώρους. Η μεγαλύτερη φυσική πηγή SO₂ είναι τα ηφαίστεια.

Τα BaP, CO και C₆H₆ είναι αέρια που εκπέμπονται ως αποτέλεσμα της ατελούς καύσης ορυκτών καυσίμων και βιοκαυσίμων, ενώ το C₆H₆ εκπέμπεται επίσης από εκπομπές με εξατμίσεις. Οι κύριες πηγές BaP είναι η οικιακή θέρμανση (ιδίως η καύση ξύλου και άνθρακα), η καύση αποβλήτων, η παραγωγή οπτάνθρακα και η παραγωγή χάλυβα. Άλλες πηγές περιλαμβάνουν εξωτερικές πυρκαγιές, οδική κυκλοφορία και φθορά ελαστικών. Οι οδικές μεταφορές αποτελούσαν κάποτε μια σημαντική πηγή εκπομπών CO, αλλά η εισαγωγή καταλυτικών μετατροπέων μείωσε σημαντικά αυτές τις εκπομπές. Οι περισσότερες εκπομπές C₆H₆ προέρχονται από την κυκλοφορία, διότι χρησιμοποιούνται ως πρόσθετα στη βενζίνη, αν και οι βιομηχανικές εκπομπές ενδέχεται να έχουν επίσης υψηλές τοπικές επιπτώσεις.

Οι ανθρωπογενείς εκπομπές τοξικών μετάλλων προέρχονται κυρίως από την καύση ορυκτών καυσίμων, τις βιομηχανικές διεργασίες και την αποτέφρωση αποβλήτων. Οι εκπομπές του As προέρχονται κυρίως από μεταλλουργικές βιομηχανίες και την καύση καυσίμων. Το Cd εκπέμπεται από την παραγωγή μη σιδηρούχων μετάλλων, την ακίνητη καύση ορυκτών καυσίμων, την αποτέφρωση αποβλήτων, την παραγωγή σιδήρου και χάλυβα και την παραγωγή τσιμέντου. Το Ni εκπέμπεται από την καύση πετρελαίου και άνθρακα, την εξόρυξη Ni και την πρωτογενή παραγωγή, την αποτέφρωση των αποβλήτων και την ιλύ καθαρισμού λυμάτων, την παραγωγή χάλυβα και την ηλεκτρολυτική επίστρωση. Το Pb εκπέμπεται από την καύση ορυκτών καυσίμων, την αποτέφρωση αποβλήτων και την παραγωγή μη σιδηρούχων μετάλλων, σιδήρου, χάλυβα και τσιμέντου. Η μεγαλύτερη ανθρωπογενής πηγή εκπομπών Hg στον αέρα σε παγκόσμια κλίμακα είναι η καύση άνθρακα και άλλων ορυκτών καυσίμων. Άλλες πηγές περιλαμβάνουν την παραγωγή μετάλλων, την παραγωγή τσιμέντου, τη διάθεση αποβλήτων και την αποτέφρωση

1.2 Παραγόμενοι ρύποι από τις οδικές μεταφορές

Τα αυτοκίνητα, τα φορτηγά και τα λεωφορεία προκαλούν ατμοσφαιρική ρύπανση καθώς και πρόσθετες εκπομπές, που σχετίζονται με τον καθαρισμό και τη διανομή καυσίμων και, σε μικρότερο βαθμό, με την κατασκευή και τη διάθεση του οχήματος.

Η ατμοσφαιρική ρύπανση από αυτοκίνητα, φορτηγά και λεωφορεία χωρίζεται σε πρωτογενή και δευτερογενή ρύπανση. Η πρωτογενής ρύπανση εκπέμπεται απευθείας στην ατμόσφαιρα. Η δευτερογενής ρύπανση οφείλεται σε χημικές αντιδράσεις μεταξύ ρύπων στην ατμόσφαιρα. Τα έμβρυα, τα νεογέννητα παιδιά και τα άτομα με χρόνιες ασθένειες είναι ιδιαίτερα ευαίσθητα στις επιπτώσεις των ατμοσφαιρικών ρύπων. Οι κύριοι ρύποι από μηχανοκίνητα οχήματα είναι οι εξής:

1. Σωματίδια (PM). Ένας τύπος σωματιδίων είναι η αιθάλη που παρατηρείται στην εξάτμιση του οχήματος. Τα λεπτά σωματίδια - λιγότερο από το ένα δέκατο της διάμετρος μιας ανθρώπινης τρίχας - αποτελούν σοβαρή απειλή για την ανθρώπινη υγεία, καθώς μπορούν να διεισδύσουν βαθιά στους πνεύμονες. Τα PM μπορεί να είναι κύριος ρύπος ή δευτερογενής ρύπος από υδρογονάνθρακες, οξείδια του αζώτου και διοξείδια του θείου. Η εξάτμιση των καυσίμων ντίζελ αποτελεί μείζονα παράγοντα ρύπανσης από PM.
2. Πτητικές Οργανικές Ενώσεις (ΠΟΕ). Αυτοί οι ρύποι αντιδρούν με οξείδια του αζώτου παρουσία ηλιακού φωτός για να σχηματίσουν όζον σε επίπεδο εδάφους, κύριο συστατικό στο νέφος. Αν και επωφελής στην ανώτερη ατμόσφαιρα, στο επίπεδο του εδάφους αυτό το αέριο ερεθίζει το αναπνευστικό σύστημα, προκαλώντας βήχα, πνιγμό και μειωμένη πνευμονική ικανότητα. Οι πτητικές οργανικές ενώσεις που εκπέμπονται από τα αυτοκίνητα, τα φορτηγά και τα λεωφορεία - τα οποία περιλαμβάνουν τους τοξικούς ατμοσφαιρικούς ρύπους βενζόλιο, ακεταλδεΐδη και 1,3-βουταδιένιο - συνδέονται με διαφορετικούς τύπους καρκίνου.
3. Οξείδια του αζώτου (NO_x). Αυτοί οι ρύποι σχηματίζουν όζον εδάφους και σωματίδια (δευτερογενή). Επίσης επιβλαβές ως κύριος ρύπος, το NO_x μπορεί να προκαλέσει ερεθισμό των πνευμόνων και να αποδυναμώσει την άμυνα του οργανισμού από λοιμώξεις του αναπνευστικού συστήματος, όπως η πνευμονία και η γρίπη.

4. Μονοξειδίο του άνθρακα (CO). Αυτό το άοσμο, άχρωμο και δηλητηριώδες αέριο σχηματίζεται από την καύση ορυκτών καυσίμων όπως η βενζίνη και εκπέμπεται πρωτίστως από αυτοκίνητα και φορτηγά. Όταν εισπνέεται, το CO μπλοκάρει το οξυγόνο από τον εγκέφαλο, την καρδιά και άλλα ζωτικά όργανα.
5. Διοξείδιο του θείου (SO₂). Οι σταθμοί παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και τα μηχανοκίνητα οχήματα δημιουργούν αυτόν τον ρύπο με την καύση καυσίμων που περιέχουν θείο, ιδιαίτερα του ντίζελ και του άνθρακα. Το διοξείδιο του θείου μπορεί να αντιδράσει στην ατμόσφαιρα για να σχηματίσει λεπτά σωματίδια και, όπως και άλλοι ατμοσφαιρικοί ρύποι, αποτελεί τον μεγαλύτερο κίνδυνο για την υγεία για τα μικρά παιδιά και τους ασθματικούς.
6. Αέρια θερμοκηπίου. Τα οχήματα με κινητήρα εκπέμπουν επίσης ρύπους, κυρίως διοξείδιο του άνθρακα, που συμβάλλουν στην παγκόσμια αλλαγή του κλίματος. Στην πραγματικότητα, οι εκπομπές από την εξαγωγή από τα αυτοκίνητα, τα φορτηγά και τα λεωφορεία αντιπροσωπεύουν περισσότερο από το ένα πέμπτο της συνολικής ρύπανσης της παγκόσμιας υπερθέρμανσης των Ηνωμένων Πολιτειών. η οποία περιλαμβάνει και αεροπλάνα, τρένα και πλοία αντιπροσωπεύει περίπου το τριάντα τοις εκατό όλων των εκπομπών θερμότητας που παγιδεύουν τη θερμότητα.

1.3 Ιστορική αναδρομή στην εξέλιξη των Ηλεκτρικών Αυτοκινήτων

Τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα είναι δημοφιλή σήμερα για πολλούς από τους ίδιους λόγους που ήταν δημοφιλή όταν εισήχθησαν πριν από περισσότερα από 100 χρόνια. Η ζήτηση ηλεκτρικών οχημάτων θα συνεχίσει να ανεβαίνει καθώς οι τιμές μειώνονται. Τα σημαντικότερα ιστορικά σημεία στην εξέλιξη τους είναι τα ακόλουθα:

- 1832-1839: Ο σκωτσέζος εφευρέτης Robert Anderson εφηύρε το πρώτο ηλεκτρικό όχημα που τροφοδοτούταν από μη επαναφορτιζόμενους συσσωρευτές
- 1835: Ο Αμερικανός Thomas Davenport πιστώνεται με την κατασκευή του πρώτου ηλεκτρικού οχήματος - μιας μικρής ατμομηχανής.
- 1859: Ο Γάλλος φυσικός Gaston Planté εφηύρε την επαναφορτιζόμενη μπαταρία μολύβδου-οξέος. Το 1881, ο συμπατριώτης του Camille Faure βελτίωσε την ικανότητα

της μπαταρίας να τροφοδοτεί ρεύμα και εφηύρε τη βασική μπαταρία μολύβδου-οξέος που χρησιμοποιείται στα αυτοκίνητα.

- 1891: Ο William Morrison, χημικός από το Des Moines της Αϊόβα, δημιούργησε το πρώτο επιτυχημένο ηλεκτρικό αυτοκίνητο στις Ηνωμένες Πολιτείες.
- 1893: Χιλιάδες διαφορετικές μάρκες και μοντέλα ηλεκτρικών αυτοκινήτων εκτίθενται στο Σικάγο.
- 1897: Τα πρώτα ηλεκτρικά ταξί εισάχθηκαν τους δρόμους της Νέας Υόρκης στις αρχές του έτους. Η εταιρεία παραγωγής Pope του Κονέκτικατ έγινε ο πρώτος αμερικανικός κατασκευαστής ηλεκτρικών αυτοκινήτων μεγάλης κλίμακας.
- 1899: Πιστεύοντας ότι η ηλεκτρική ενέργεια θα κινεί τα αυτοκίνητα στο μέλλον, ο Thomas Alva Edison ξεκίνησε την αποστολή του να δημιουργήσει μια μεγάλης διάρκειας, ισχυρή μπαταρία για εμπορικά αυτοκίνητα. Αν και η έρευνά του έδωσε κάποιες βελτιώσεις στην αλκαλική μπαταρία, τελικά εγκατέλειψε την αποστολή του μια δεκαετία αργότερα.
- 1900: Το ηλεκτρικό αυτοκίνητο ήταν στο αποκορύφωμά του. Από τα 4.192 αυτοκίνητα που παράγονται στις Ηνωμένες Πολιτείες, το 28% τροφοδοτείται με ηλεκτρισμό και τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα αντιπροσωπεύουν περίπου το ένα τρίτο όλων των αυτοκινήτων που βρίσκονται στους δρόμους της Νέας Υόρκης, της Βοστώνης και του Σικάγου.
- 1908: Ο Henry Ford εισήγαγε το μαζικής παραγωγής βενζινοκίνητο μοντέλο T, το οποίο είχε βαθιά επίδραση στην αμερικανική αγορά αυτοκινήτων.
- 1912: Ο Charles Kettering εφηύρε το πρώτο πρακτικό ηλεκτρικό εκκινήτης αυτοκινήτου. Η εφεύρεση του Kettering έκανε τα βενζινοκίνητα αυτοκίνητα πιο δελεαστικά για τους καταναλωτές, εξαλείφοντας τον δύσκαμπτο εκκινήτη μανιβέλας και τελικά βοήθησε να προετοιμάσει ο δρόμος για την εγκατάλειψη του ηλεκτρικού αυτοκινήτου.
- 1920: Κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του 1920, το ηλεκτρικό αυτοκίνητο παύει να είναι ένα βιώσιμο εμπορικό προϊόν. Η πτώση του ηλεκτρικού αυτοκινήτου οφείλεται σε διάφορους παράγοντες, όπως η επιθυμία για οχήματα μεγαλύτερης ακτίνας δράσης, η έλλειψη ιπποδύναμης και η άμεση διαθεσιμότητα βενζίνης.
- 1966: Το Κογκρέσο εισήγαγε τους πρώτους νόμους που συνιστούσαν τη χρήση ηλεκτρικών οχημάτων ως μέσο μείωσης της ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Μια δημοσκόπηση του Gallup έδειξε ότι 33 εκατομμύρια (18%) Αμερικανοί ενδιαφέρονται

για ηλεκτρικά οχήματα (από 179 εκατομμύρια συνολικό πληθυσμό της Αμερικής, 1960 απογραφή).

- 1970: Συγκροτήθηκε ο νόμος περί καθαρού αέρα, ο οποίος υποχρέωνε τις πολιτείες στις ΗΠΑ να ελέγχουν την ποιότητα του αέρα τους και να τηρούν συγκεκριμένα πρότυπα σύμφωνα με τις προθεσμίες. Το εμπόριο πετρελαίου του ΟΠΕΚ του 1973, το οποίο αύξησε τις τιμές βενζίνης, αύξησε επίσης το ενδιαφέρον για εναλλακτικές λύσεις στα οχήματα που τροφοδοτούνται με καύσιμα.
- 1972: Ο Victor Wouk, ο «Νovός του Υβριδικού», δημιούργησε το πρώτο υβριδικό όχημα πλήρους μεγέθους από το Buick Skylark του 1972 που παρήγαγε η General Motors για το Πρόγραμμα Κινήτρων Καθάρων Αυτοκινήτων του 1970. Ο Οργανισμός Προστασίας Περιβάλλοντος των ΗΠΑ πιστοποίησε ότι το όχημα του Wouk πληρούσε τις αυστηρές κατευθυντήριες γραμμές για ένα πρόγραμμα EPA καθαρού αέρα και το απέρριψε.
- 1974: Το CitiCar του Vanguard-Sebring κάνει το ντεμπούτο του στο Συμπόσιο Ηλεκτρικών Οχημάτων στην Ουάσινγκτον. Το CitiCar έχει τελική ταχύτητα πάνω από 30 μίλια / ώρα και αξιόπιστη ακτίνα δράσης 40 μιλίων. Μέχρι το 1975 η εταιρεία είναι η έκτη μεγαλύτερη αυτοκινητοβιομηχανία στις ΗΠΑ, αλλά διαλύεται μόλις λίγα χρόνια αργότερα.
- 1975: Η Αμερικανική Ταχυδρομική Υπηρεσία αγοράζει 350 ηλεκτρικά τζιπ από την AM General, τμήμα της AMC, που θα χρησιμοποιηθεί σε ένα πρόγραμμα δοκιμών.
- 1976: Το Κογκρέσο περνάει τον νόμο περί έρευνας, ανάπτυξης και επίδειξης ηλεκτρικών και υβριδικών οχημάτων. Ο νόμος έχει ως στόχο να προωθήσει την ανάπτυξη νέων τεχνολογιών, συμπεριλαμβανομένων βελτιωμένων μπαταριών, κινητήρων και άλλων υβριδικών-ηλεκτρικών εξαρτημάτων.
- 1988: Ο Roger Smith, Διευθύνων Σύμβουλος της GM, συμφωνεί να χρηματοδοτήσει ερευνητικές προσπάθειες για την κατασκευή ενός πρακτικού καταναλωτικού ηλεκτρικού αυτοκινήτου. Η GM συνεργάζεται με την AeroVironment της Καλιφόρνιας για να σχεδιάσει το EV1, το οποίο ένας υπάλληλος ονομάζεται "το πιο αποδοτικό όχημα παραγωγής στον κόσμο". Ορισμένοι λάτρεις των ηλεκτρικών οχημάτων έχουν υποθέσει ότι το EV1 δεν υλοποιήθηκε ποτέ ως σοβαρή εμπορική επιχείρηση από τη μεγάλη αυτοκινητοβιομηχανία.

- 1990: Η Καλιφόρνια πέρασε την Εντολή Μηδενικής Εκπομπής Οχημάτων (ZEV), η οποία απαιτεί το 2% των οχημάτων του κράτους να μην έχουν εκπομπές μέχρι το 1998 και 10% μέχρι το 2003. Ο νόμος επανειλημμένα εξασθενεί κατά την επόμενη δεκαετία για να μειώσει τον αριθμό των καθαρών ZEV.
- 1997: Η Toyota αποκαλύπτει το Prius. Σχεδόν 18.000 μονάδες πωλήθηκαν κατά τη διάρκεια του πρώτου έτους παραγωγής. Εισηγμένο στην Ιαπωνία το 1997, το Prius έγινε το πρώτο υβριδικό ηλεκτρικό όχημα μαζικής παραγωγής παγκοσμίως.
- 1999: Η Honda κυκλοφόρησε το υβριδικό Insight το 1999, καθιστώντας το πρώτο υβρίδιο που πωλείται στις ΗΠΑ από τις αρχές του 1990.
- 2000: Το Prius κυκλοφόρησε παγκοσμίως και έγινε άμεση επιτυχία με τις διασημότητες, συμβάλλοντας στην προβολή του αυτοκινήτου. Για να γίνει το Prius πραγματικότητα, η Toyota χρησιμοποίησε υβριδική μπαταρία νικελίου - μια τεχνολογία που υποστηρίχθηκε από την έρευνα του Τμήματος Ενέργειας.
- 1997 - 2000: Μερικά χιλιάδες ηλεκτροκίνητα αυτοκίνητα (όπως το EV Plus της Honda, το EV1 της GM, το φορτηγό Ranger της Ford EV, το Altra EV της Nissan, το S-10 EV της Chevy και το RAV4 EV της Toyota) κατασκευάζονται από μεγάλους κατασκευαστές, αλλά είναι διαθέσιμα μόνο για μίσθωση. Όλα τα προηγμένα αντίστοιχα προγράμματα της αυτοκινητοβιομηχανίας θα τερματιστούν στις αρχές της δεκαετίας του 2000.
- 2002: Η GM και η DaimlerChrysler μήνυσαν τη California Air Resources Board (CARB) για την κατάργηση της εντολής των ZEV που πέρασε για πρώτη φορά το 1990. Η κυβέρνηση Μπους εντάσσεται στην μήνυση αυτή.
- 2003: Η GM ανακοινώνει ότι δεν θα ανανεώσει τις μισθώσεις στα αυτοκίνητα της EV1 λέγοντας ότι δεν μπορεί πλέον να προμηθεύει ανταλλακτικά για την επισκευή των οχημάτων και ότι σχεδιάζει να ανακτήσει τα αυτοκίνητα μέχρι το τέλος του 2004.
- 2005: Στις 16 Φεβρουαρίου, οι ενθουσιώδες χρήστες των ηλεκτρικών αυτοκινήτων ξεκινούν δράσεις για να σταματήσει η GM την καταστροφή 78 κατασχεθέντων EV1s στο Burbank της Καλιφόρνια. Η αγρυπνία τελειώνει είκοσι οκτώ ημέρες αργότερα, όταν η GM απομακρύνει τα αυτοκίνητα από την εγκατάσταση. Στην ταινία «Ποιος σκότωσε το ηλεκτρικό αυτοκίνητο» ο εκπρόσωπος της GM, Dave Barthmuss, δηλώνει ότι τα EV1 πρόκειται να ανακυκλωθούν.

- 2006: Η Tesla Motors παρουσιάζει δημοσίως το εξαιρετικό Tesla Roadster στο Διεθνές Auto Show του Σαν Φρανσίσκο το Νοέμβριο. Τα πρώτα Roadsters παραγωγής θα πωληθούν το 2008 με μια λίστα τιμών βάσης \$ 98.950.
- 2008, Ιανουάριος: Η ισραηλινή κυβέρνηση ανακοινώνει την υποστήριξή της για ένα εκτεταμένο σχέδιο για την προώθηση της χρήσης ηλεκτρικών αυτοκινήτων στο Ισραήλ. Η προσπάθεια θα είναι μια κοινοπραξία μεταξύ του Better Place, ενός start-up του Palo Alto που ιδρύθηκε από τον Shai Agassi και τη γαλλική αυτοκινητοβιομηχανία Renault-Nissan. Το σχέδιο του Agassi είναι να δημιουργήσει ένα εκτεταμένο δίκτυο σημείων φόρτισης και να πουλήσει χιλιόμετρα στους χρήστες EV, όπως λεπτά σε ένα πρόγραμμα κινητού τηλεφώνου. Τα πρώτα ηλεκτρικά αυτοκίνητα της Renault προγραμματίζεται να χτυπήσουν τους δρόμους του Τελ Αβίβ και άλλων πόλεων το 2011. Η Better Place ανακοινώνει πλήθος συνεργασιών για την υποστήριξη έργων ηλεκτρικών οχημάτων στη Δανία, τον Καναδά, την Ιαπωνία, την Αυστραλία και τις ΗΠΑ.
- 2008, Ιούλιος: Οι τιμές του φυσικού αερίου φθάνουν ρεκόρ ύψους \$ 4 το γαλόνι και οι πωλήσεις αυτοκινήτων πέφτουν στο χαμηλότερο επίπεδο. Οι αμερικανικές αυτοκινητοβιομηχανίες αρχίζουν να μετακινούν τις γραμμές παραγωγής τους μακριά από τα SUV και άλλα μεγάλα οχήματα σε μικρότερα και πιο αποδοτικά αυτοκίνητα.
- 2008, Αύγουστος: Ο υποψήφιος πρόεδρος Μπαράκ Ομπάμα αναφέρει ότι θα ξεκινήσει ένα σχέδιο για ένα εκατομμύριο plug-in υβρίδια και ηλεκτρικά οχήματα στους δρόμους της Αμερικής έως το 2015.
- 2008, Νοέμβριος: Στελέχη από τις μεγάλες τρεις αμερικανικές αυτοκινητοβιομηχανίες στην Ουάσινγκτον ωθούν την υπόθεση Federal Rescue 25 δισεκατομμυρίων δολαρίων για την αμερικανική αυτοκινητοβιομηχανία.
- 2008, Δεκέμβριος: Η BYD, ένας κινεζικός κατασκευαστής μπαταριών, εισέρχεται στην αυτοκινητοβιομηχανία, και παράγει το F3DM, το πρώτο υβριδικό συμπαγές sedan στον κόσμο που παράγεται μαζικά με υβριδικό plug-in. Παρόλο που αποθηκεύουν λιγότερη ενέργεια από τις συμβατικές μπαταρίες ιόντων λιθίου, η BYD επιλέγει να τροφοδοτήσει το F3DM με μια πιο σταθερή μπαταρία φωσφορικού σιδήρου λιθίου. Η BYD σχεδιάζει να κυκλοφορήσει το F3DM στις ΗΠΑ το 2011, αλλά ειδικοί της βιομηχανίας είχαν αμφιβολίες για το αν το αυτοκίνητο είναι έτοιμο για την αμερικανική αγορά. Αν και οι πωλήσεις αυτοκινήτων παραμένουν υποτονικές, η Berkshire Hathaway της Warren

Buffett αγοράζει το 10% της εταιρείας. Το Εθνικό Γραφείο Οικονομικών Ερευνών δηλώνει επισήμως ότι οι ΗΠΑ βρίσκονται σε ύφεση από τον Δεκέμβριο του 2007. Η οικονομική ύφεση έχει παγκόσμιο πεδίο εφαρμογής και θα συνεχίσει να ασκεί οικονομική πίεση στην ήδη κακοδιαχειριζόμενη αυτοκινητοβιομηχανία των ΗΠΑ.

- 2009, Φεβρουάριος: Ο νόμος περί ανάκτησης και επανεπένδυσης των ΗΠΑ το 2009 δίνει 2 δισεκατομμύρια δολάρια για την ανάπτυξη μπαταριών ηλεκτρικών οχημάτων και σχετικών τεχνολογιών. Το Υπουργείο Ενέργειας προσθέτει άλλα 400 εκατομμύρια δολάρια για τη χρηματοδότηση της κατασκευής της υποδομής που απαιτείται για την υποστήριξη ηλεκτρικών plug-ins.
- 2009, Απρίλιος: Ο πρωθυπουργός Γκόρντον Μπράουν ανακοινώνει ότι η βρετανική κυβέρνηση θα προωθήσει τη χρήση ηλεκτρικών οχημάτων στο Ηνωμένο Βασίλειο προσφέροντας επιχορήγηση £ 2.000 στους αγοραστές. Ένας ανώτερος κυβερνητικός αξιωματούχος εκτιμά ότι το 40% όλων των αυτοκινήτων στο Ηνωμένο Βασίλειο θα πρέπει να είναι ηλεκτρικό ή υβριδικό για να επιτευχθεί ο στόχος του να μειωθεί το 80% των εκπομπών CO₂ μέχρι το 2050.
- 2009, Μάιος: Ο Πρόεδρος Obama ανακοινώνει μια νέα πολιτική που θα απαιτήσει από τους κατασκευαστές αυτοκινήτων να πληρούν ένα ελάχιστο όριο καυσίμων 35,5 μίλια με ένα γαλόνι μέχρι το 2016.
- 2009, Ιούνιος: Το Υπουργείο Ενέργειας απονέμει 8 δισεκατομμύρια δολάρια σε δάνεια προς τη Ford, τη Nissan, και την Tesla Motors για την υποστήριξη της ανάπτυξης οχημάτων υψηλής απόδοσης. Τα δάνεια αυτοκινήτων είναι οι πρώτες διανομές από ένα μεγαλύτερο κεφάλαιο ύψους 25 δισεκατομμυρίων δολαρίων που δημιουργήθηκε βάσει του νόμου του 2007 για την ανεξαρτησία και την ενεργειακή ασφάλεια. Η General Motors, η μεγαλύτερη αυτοκινητοβιομηχανία για τον μεγαλύτερο μέρος του 20ου αιώνα, υπέβαλε αίτηση για πτώχευση. Ενώ ισχυρές μάρκες της GM όπως η Chevrolet, η Cadillac και η GMC πρόκειται να συνεχιστούν, μικρότερα ονόματα όπως η Cronos, η Hummer και η Pontiac θα πωληθούν ή θα κλείσουν. Η ομοσπονδιακή κυβέρνηση θα κατέχει 61 τοις εκατό στην αναγεννημένη General Motors.
- 2009, Αύγουστος: Η Nissan παρουσιάζει το νέο της ηλεκτρικό αυτοκίνητο, το οποίο ονομάζεται LEAF (Leading, Environmentally Friendly, Affordable, Family Car). Το LEAF έχει μέγιστη ταχύτητα πάνω από 90 mph, μπορεί να ταξιδέψει 100 μίλια με πλήρη

φόρτιση και διαθέτει μια μπαταρία που μπορεί να φορτιστεί στο 80% της χωρητικότητάς της σε 30 λεπτά. Παρόμοια με την πρωτοβουλία Better Place στο Ισραήλ, η Nissan σχεδιάζει να συνεργαστεί με την ιαπωνική κυβέρνηση και με ιδιωτικές εταιρείες

- 2010: Η Tesla λαμβάνει δάνειο ύψους 465 εκατομμυρίων δολαρίων από το Γραφείο Προγραμμάτων Δανείων του Υπουργείου Ενέργειας για την ίδρυση μονάδας παραγωγής στην Καλιφόρνια. Η Tesla επέστρεψε το δάνειο εννέα χρόνια νωρίτερα. Σε σύντομο χρονικό διάστημα από τότε, η Tesla έχει κερδίσει μεγάλη αναγνώριση για τα αυτοκίνητά της και έχει γίνει ο μεγαλύτερος εργοδότης της αυτοκινητοβιομηχανίας στην Καλιφόρνια. Στα τέλη του 2010, το Chevy Volt και το Nissan LEAF κυκλοφόρησαν στην αμερικανική αγορά. Το πρώτο υβριδικό plug-in που διατίθεται στο εμπόριο, το Volt διαθέτει βενζινοκινητήρα που συμπληρώνει τον ηλεκτρικό του κινητήρα μόλις εξαντληθεί η μπαταρία, επιτρέποντας στους καταναλωτές να οδηγούν και να επεκτείνουν την εμβέλεια του οχήματος. Το LEAF είναι ένα ηλεκτροκίνητο όχημα, που σημαίνει ότι τροφοδοτείται μόνο από ηλεκτρικό κινητήρα.
- 2012: Ο Πρόεδρος Ομπάμα εγκαινίασε την πρωτοβουλία EV Everywhere Grand Challenge, μια πρωτοβουλία του Υπουργείου Ενέργειας που φέρνει σε επαφή τους καλύτερους και λαμπρότερους Αμερικανούς επιστήμονες, μηχανικούς και επιχειρήσεις για να κατασκευάσουν plug-in ηλεκτρικά οχήματα όσο το δυνατόν πιο προσιτά από τα βενζινοκίνητα οχήματα έως το 2022. Το Κέντρο Έρευνας Αποθήκευσης Ενέργειας στο Εθνικό Εργαστήριο Argonne εργάζεται για να ξεπεράσει τα μεγαλύτερα επιστημονικά και τεχνικά εμπόδια που εμποδίζουν την ευρεία βελτίωση των μπαταριών.
- 2013: Ένας ελαφρώς αναβαθμισμένος εξωτερικός σχεδιασμός, ένα νέο υποβραχιόνιο καθίσματος οδηγού και ενημερωμένες επιλογές επιπέδων ρύθμισης καθώς και η απελευθέρωση της ηλεκτρικής εκδοχής, το Electric Drive, διέθεσε τις αλλαγές του κλειδιού για το 2013 Smart For-Two ED.
- 2016: Η Tesla έχει εξασφαλίσει περίπου 500.000 προκαταρκτικές παραγγελίες για το μοντέλο 3 από τότε που το όχημα παρουσιάστηκε για πρώτη φορά τον Μάρτιο του 2016. Ξεκινώντας από 35.000 δολάρια, το μοντέλο 3 είναι το πρώτο αυτοκίνητο της Tesla που απευθύνεται σε καταναλωτικό κοινό. Το μεγάλο σημείο πώλησης της Tesla για το Μοντέλο 3 είναι η προσιτή τιμή του, με τιμή εκκίνησης \$ 35.000. Το βασικό Μοντέλο 3 μπορεί να οδηγηθεί για 220 μίλια με μία μόνο φόρτιση, να επιταχύνει στα 60 μίλια / ώρα

σε 5,6 δευτερόλεπτα και να φτάσει στην τελική ταχύτητα των 130 μιλίων / ώρα. Η Tesla θα πουλήσει επίσης μια έκδοση Premium του μοντέλου 3 με ακτίνα 310 μιλίων. Με τιμή στα 44.000 δολάρια, το αυτοκίνητο μπορεί να επιταχύνει στα 60 μίλια / ώρα σε 5,1 δευτερόλεπτα και να φτάσει στην τελική ταχύτητα των 140 μιλίων / ώρα.

- 17 Αυγούστου 2017: Η Υπηρεσία Προστασίας του Περιβάλλοντος ανακοίνωσε ότι θα επανεξετάσει τους κανόνες εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και τους κανονισμούς καυσίμων για τις μεγάλες πλατφόρμες και τα ρυμουλκούμενα της κυβέρνησης Obama.
- Σήμερα: Υπάρχουν 23 plug-in ηλεκτρικά και 36 υβριδικά μοντέλα διαθέσιμα σε ποικίλα μεγέθη - από το δύο επιβατών Smart ED έως το μεσαίο Ford C-Max Energi στο πολυτελές Tesla Model S. Καθώς οι τιμές της βενζίνης συνεχίζουν να αυξάνονται και οι τιμές των ηλεκτρικών οχημάτων συνεχίζουν να μειώνονται, τα ηλεκτρικά οχήματα κερδίζουν δημοτικότητα - με περισσότερα από 234.000 ηλεκτρικά αυτοκίνητα και 3,3 εκατομμύρια υβριδικά αυτοκίνητα στις ΗΠΑ σήμερα.

Κεφάλαιο 2^ο Βασικά Μέρη Αυτοκίνητου

Τα πρώτα αυτοκίνητα αποτελούνταν από άμαξες (παρόμοιες με εκείνες που τραβούσαν τα άλογα) στις οποίες προστέθηκαν πρωτόγονοι κινητήρες και χειριστήρια μετάδοσης κίνησης και διεύθυνσης. Συνήθως, τέτοια αυτοκίνητα είχαν ένα ισχυρό χαλύβδινο πλαίσιο που υποστήριζε το σώμα του αυτοκινήτου. Οι τροχοί προσαρτήθηκαν σε αυτό το πλαίσιο με ένα σύνολο ελατηρίων και αμορτισέρ που επέτρεψαν στο αυτοκίνητο να ταξιδέψει πάνω στις ανώμαλες οδικές επιφάνειες ενώ απομόνωνε το σώμα του αυτοκινήτου από πολλές από τις οδικές ανωμαλίες. Η ίδια γενική σχεδίαση συνεχίστηκε στα περισσότερα επιβατικά αυτοκίνητα μέχρι κάποια στιγμή μετά τον Β Παγκόσμιο Πόλεμο, όπου και υπήρξε μια εξέλιξη στο μέγεθος, το σχήμα και τα χαρακτηριστικά των αυτοκινήτων, όπως επέτρεπε η τεχνολογία. Αρχίζοντας στα τέλη της δεκαετίας του 1960, οι κυβερνητικοί κανονισμοί επέβαλαν σοβαρούς περιορισμούς σχεδιασμού στα αυτοκίνητα που οδήγησαν στην εξέλιξη των ηλεκτρονικών συστημάτων στον τομέα της αυτοκινητοβιομηχανίας.

Τα βασικά μέρη ενός αυτοκινήτου είναι:

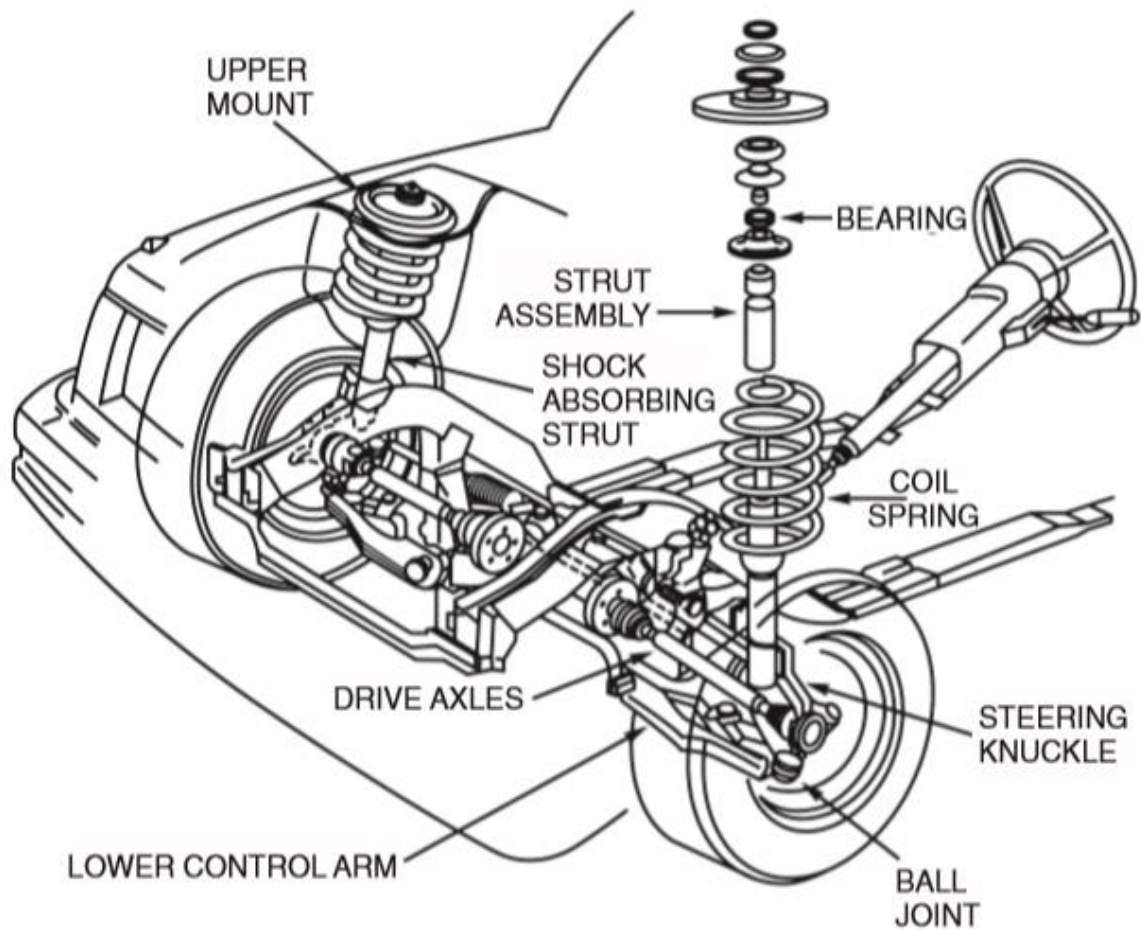
1. Κινητήρας
2. Σύστημα μετάδοσης ισχύος (μετάδοση, διαφορικό, άξονας)
3. Ανάρτηση
4. Σύστημα διεύθυνσης
5. Φρένα
6. Συσκευές
7. Ηλεκτρικά / ηλεκτρονικά
8. Έλεγχος κίνησης
9. Ασφάλεια
10. Άνεση / ευκολία
11. Διασκέδαση / επικοινωνία / πλοήγηση

Το πλαίσιο στο οποίο είναι τοποθετημένο το σώμα υποστηρίζεται από το σύστημα ανάρτησης. Τα φρένα συνδέονται με το αντίθετο άκρο των εξαρτημάτων ανάρτησης. Το σύστημα διεύθυνσης και άλλα μεγάλα μηχανικά συστήματα είναι τοποθετημένα σε ένα από αυτά τα

εξαρτήματα και συνδέονται, εάν είναι απαραίτητο, με μηχανικά εξαρτήματα με άλλα υποσυστήματα. Αυτή η βασική ρύθμιση του οχήματος χρησιμοποιήθηκε από τα παλαιότερα αυτοκίνητα μέχρι τα τέλη της δεκαετίας του 1960 ή του 1970, με ορισμένες αξιοσημείωτες εξαιρέσεις. Η αυξανόμενη σημασία της αποτελεσματικότητας των καυσίμων και των κυβερνητικών κανονισμών ασφαλείας οδήγησε σε σημαντικές αλλαγές στον σχεδιασμό των οχημάτων. Το σώμα και το πλαίσιο εξελίχθηκαν σε μια ολοκληρωμένη δομή στην οποία προσαρτήθηκαν το σύστημα κίνησης, η ανάρτηση, οι τροχοί κλπ [19].

2.1 Σύστημα Ανάρτησης

Ένα σημαντικό υποσύστημα είναι το σύστημα ανάρτησης, το μηχανικό συγκρότημα που συνδέει κάθε τροχό με το σώμα του αυτοκινήτου. Ο πρωταρχικός σκοπός του συστήματος ανάρτησης είναι να απομονώσει το σώμα του αυτοκινήτου από την κατακόρυφη κίνηση των τροχών καθώς ταξιδεύουν πάνω στην τραχιά επιφάνεια του οδοστρώματος. Το σύστημα ανάρτησης μπορεί να γίνει κατανοητό με αναφορά στο Σχήμα 2.1-1, το οποίο απεικονίζει τα κύρια μέρη [19].



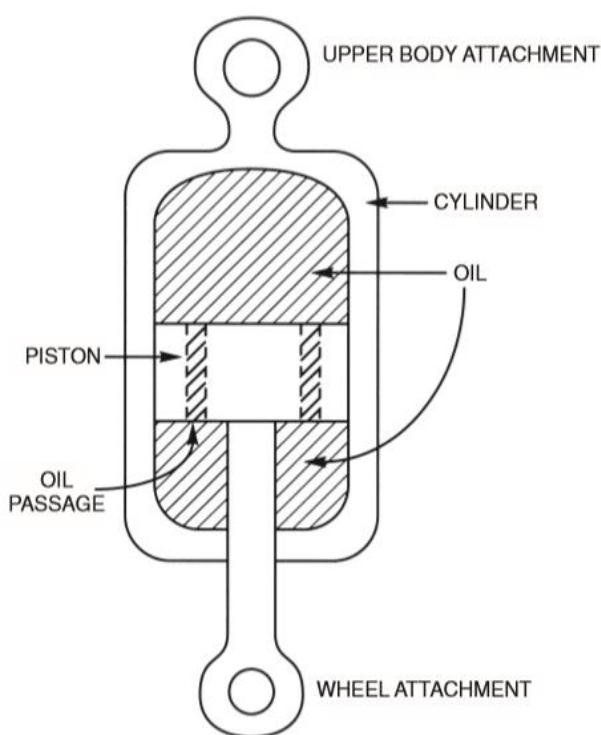
Σχήμα 2.1- 1 Σύστημα ανάρτησης [19]

Το συγκρότημα τροχού συνδέεται μέσω κινητής διάταξης στο σώμα. Το βάρος του αυτοκινήτου υποστηρίζεται από ελατήρια. Επιπλέον, υπάρχει ένας λεγόμενος απορροφητής κραδασμών (μερικές φορές ένας ορθοστάτης), ο οποίος είναι στην πραγματικότητα ένας ιξώδης μηχανισμός απόσβεσης. Υπάρχει μια παρόμοια συναρμολόγηση σε κάθε τροχό, αν και κανονικά υπάρχουν διαφορές στην λεπτομερή ρύθμιση μεταξύ εμπρός και πίσω τροχών.

Η μάζα του σώματος του οχήματος ονομάζεται στηριζόμενη μάζα, δηλαδή η μάζα που στηρίζεται από πηγές. Η μάζα των συγκροτημάτων των τροχών στο άλλο άκρο των ελατηρίων ονομάζεται άκαμπτη μάζα. Όλα τα ελατήρια έχουν την ιδιότητα ότι η εκτροπή τους είναι ανάλογη της εφαρμοζόμενης αξονικής δύναμης. Η σταθερά αναλογίας είναι γνωστή ως σταθερά

ελατηρίου. Τα ελατήρια επιλέγονται για κάθε αυτοκίνητο έτσι ώστε το ύψος του σώματος του αυτοκινήτου να είναι το επιθυμητό για το μη φορτωμένο αυτοκίνητο. Συνήθως, το βάρος στους εμπρός τροχούς είναι μεγαλύτερο από τους πίσω τροχούς, επομένως, τα εμπρός ελατήρια έχουν συνήθως υψηλότερη τιμή σταθεράς ελατηρίου από το πίσω [19].

Παρόμοια με τα ελατήρια, τα αμορτισέρ παράγουν επίσης μια δύναμη που υποστηρίζει το βάρος του αυτοκινήτου. Ωστόσο, σε αντίθεση με τα ελατήρια, τα αμορτισέρ παράγουν μια δύναμη σε απόκριση της κίνησης του συγκροτήματος τροχού σε σχέση με το σώμα του αυτοκινήτου. Το Σχήμα 2.1-2 είναι μια απεικόνιση ενός τυπικού αποσβεστήρα κραδασμών [19].



Σχήμα 2.1-2 Αποσβεστήρας [19]

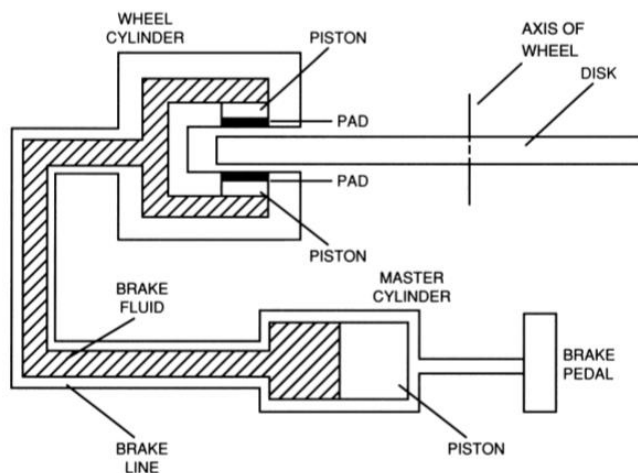
Το αμορτισέρ αποτελείται από ένα συγκρότημα κυλίνδρου και εμβόλου. Ο κύλινδρος είναι γεμισμένος με ιξώδες λάδι. Υπάρχουν μικρά περάσματα μέσα στο έμβολο μέσω του οποίου μπορεί να περάσει το λάδι. Καθώς το συγκρότημα τροχού κινείται πάνω και κάτω, το έμβολο κινείται με τον ίδιο τρόπο μέσω του κυλίνδρου. Το λάδι (το οποίο είναι ουσιαστικά ασυμπίεστο) ρέει μέσω των διόδων λαδιού. Μια δύναμη αναπτύσσεται σε απόκριση της κίνησης του

εμβόλου, η οποία είναι ανάλογη της ταχύτητας του εμβόλου σε σχέση με τον κύλινδρο. Αυτή η δύναμη δρα σε συνδυασμό με τη δύναμη του ελατηρίου για να παρέχει δύναμη απόσβεσης. Το μέγεθος αυτής της δύναμης για οποιαδήποτε δεδομένη ταχύτητα εμβόλου ποικίλει αντίστροφα με το άνοιγμα των περασμάτων λαδιού. Αυτό το άνοιγμα είναι η κύρια παράμετρος απορρόφησης κραδασμών που καθορίζει την επίδραση απόσβεσης και επηρεάζει τη διαδρομή και το χειρισμό του αυτοκινήτου [19].

2.2 Σύστημα πέδησης

Τα φρένα είναι τόσο βασικά για το αυτοκίνητο όσο το σύστημα μετάδοσης κίνησης του κινητήρα και είναι υπεύθυνα για την επιβράδυνση και τη στάση του οχήματος. Το μεγαλύτερο μέρος της κινητικής ενέργειας του αυτοκινήτου διαχέεται από τα φρένα κατά τη διάρκεια της επιβράδυνσης και της στάσης (με τις άλλες συνεισφορές που προέρχονται από την αεροδυναμική αντίσταση και την αντίσταση κύλισης των ελαστικών).

Υπάρχουν δύο κύριοι τύποι φρένων αυτοκινήτου: τύμπανο και δισκόφρενα. Τα φρένα τυμπάνου είναι μια επέκταση των τύπων των φρένων που χρησιμοποιούνταν στα πρώιμα αυτοκίνητα και τις άμαξες. Όλο και περισσότερο, οι κατασκευαστές αυτοκινήτων χρησιμοποιούν δισκόφρενα. Τα δισκόφρενα απεικονίζονται στο Σχήμα 2.2-3 [19].



Σχήμα 2.2-3 Σχηματική αναπαράσταση συστήματος δισκόφρενου [19]

Ένας επίπεδος δίσκος είναι τοποθετημένος σε κάθε τροχό και περιστρέφεται μαζί του καθώς κινείται το αυτοκίνητο. Ένα συγκρότημα κυλίνδρου τροχού (συχνά ονομάζεται δαγκάνα) συνδέεται με το συγκρότημα του άξονα. Ένα ζεύγος εμβόλων (τακάκια) που έχουν υλικό φρένων τοποθετούνται στη διάταξη δαγκάνας και είναι κοντά στο δίσκο. Υπό κανονικές συνθήκες οδήγησης, τα τακάκια δεν έρχονται σε επαφή με το δίσκο και ο δίσκος είναι ελεύθερος να περιστρέφεται. Όταν πιέζεται το πεντάλ του φρένου, εφαρμόζεται πίεση εκ του υδραυλικού συστήματος μέσω του φρένου για να πιέσει τα τακάκια των φρένων στο δίσκο. Η δύναμη πέδησης που επιβραδύνει το αυτοκίνητο προκύπτει από την τριβή μεταξύ του δίσκου και του υλικού των φρένων. Ο ηλεκτρονικός έλεγχος της ασφάλειας του φρεναρίσματος βελτιώνει την απόδοση σταματήματος σε συνθήκες κακής ή οριακής φρεναρίσματος [19].

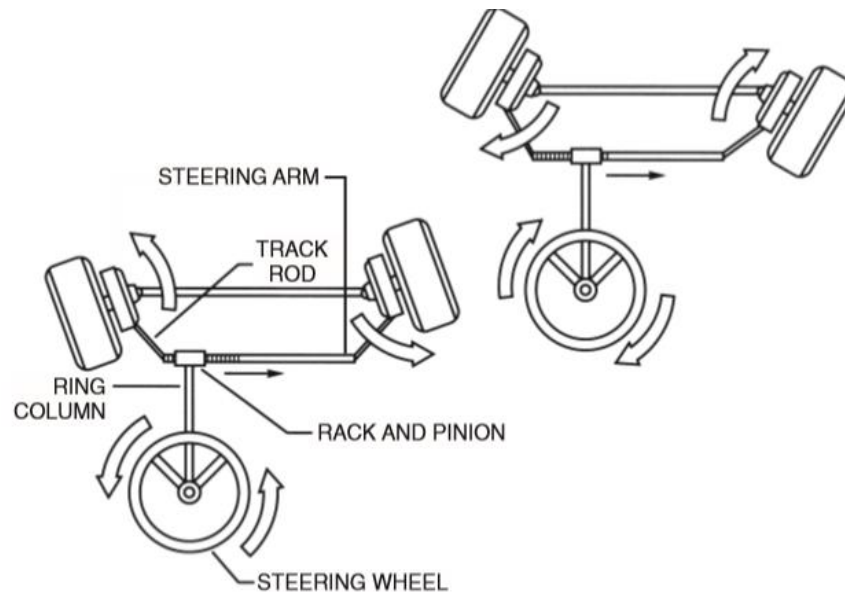
Στα υβριδικά αυτό δεν ισχύει. Όταν πιέζεται το πεντάλ του φρένου ο ηλεκτροκινητήρας μετατρέπεται σε γεννήτρια με αποτέλεσμα η μηχανική ενέργεια των τελικών αξόνων να μετατρέπεται σε ηλεκτρική η οποία και φορτίζει την μπαταρία . Επιπρόσθετα η υπάρχουσα ενέργεια στο σύστημα μετάδοσης μετατρέπεται και αυτή σε μηχανική καθώς φρενάρει τον κινητήρα . Έτσι μέρος της συνολικής ενέργειας δεν χάνεται σε θερμότητα αλλά αποθηκεύεται στην μπαταρία με την μορφή της ηλεκτρικής . Το σύστημα αυτό εμπλέκεται μόνο στους μπροστινούς τροχούς, ενώ υπάρχει και η συμμετοχή από το σύστημα πέδησης για το φρενάρισμα των τροχών .Η αναλογία συμμετοχής του κάθε συστήματος εξαρτάται από πολλούς παράγοντες όπως η ταχύτητα του αυτοκινήτου, η ασκούμενη δύναμη στο πεντάλ του φρένου κ.α. Κυρίως σε συνθήκες όπου το αυτοκίνητο βρίσκετε σε κατάσταση οδήγησης πόλης όπου υπάρχουν επαναλαμβανόμενες αυξομειώσεις μικρών ταχυτήτων και συνεχόμενων φρεναρισμάτων , το ηλεκτρικό σύστημα αναλαμβάνει την πέδηση του αυτοκινήτου .

Κατά την πέδηση του ηλεκτρικού αυτοκινήτου, λόγω του ότι ο αντιστροφέας είναι αμφίπλευρος όσον αφορά στη ροή ισχύος, ένα μέρος της ηλεκτρικής ενέργειας της μηχανής επαγωγής μεταφέρεται στη συστοιχία των συσσωρευτών, στις μπαταρίες. Κατά την πέδηση η μηχανή επαγωγής, η οποία λειτουργεί σαν γεννήτρια, τροφοδοτεί τον αντιστροφέα ισχύος, ο οποίος στη συνέχεια ανορθώνει την τάση της γεννήτριας, με αποτέλεσμα να φορτίζει τους συσσωρευτές.

Στη συνέχεια εφαρμόζεται η μηχανική πέδηση. Άρα από εδώ προκύπτει ότι κατά την πέδηση του ηλεκτρικού αυτοκινήτου αρχικά έχουμε αναγεννητική πέδηση κι έπειτα μηχανική.

2.3 Σύστημα διεύθυνσης

Το σύστημα διεύθυνσης είναι ένα από τα σημαντικότερα υποσυστήματα αυτοκινήτου που απαιτούνται για τη λειτουργία του αυτοκινήτου (βλ. Σχήμα 2.3-4).



Σχήμα 2.3-4 Σύστημα διεύθυνσης [19]

Παρέχει στον οδηγό τον έλεγχο της διαδρομής του αυτοκινήτου. Η γωνία μεταξύ του επιπέδου εμπρός τροχού και του διαμήκου άξονα του αυτοκινήτου είναι γνωστή ως γωνία διεύθυνσης. Αυτή η γωνία είναι ανάλογη με τη γωνία περιστροφής του τιμονιού. Παραδοσιακά, τα συστήματα διεύθυνσης αυτοκινήτων χρησιμοποιούσαν αποκλειστικά μηχανικά μέσα περιστροφής των τροχών γύρω από έναν κατακόρυφο άξονα ως απόκριση στην περιστροφή του τιμονιού. Η κλίση αυτού του άξονα δημιουργούσε μια ροπή αποκατάστασης που τείνει να επαναφέρει τους τροχούς σε επίπεδα που είναι παράλληλα με τον διαμήκη άξονα του οχήματος, έτσι ώστε το αυτοκίνητο να τείνει να κινείται ευθεία μπροστά. Αυτή η ροπή επαναφοράς παρέχει σταθερότητα στο τιμόνι για το αυτοκίνητο.

Ο οδηγός πρέπει να παρέχει επαρκή ροπή για να ξεπεράσει τη ροπή επαναφοράς. Επειδή η ροπή επαναφοράς είναι ανάλογη με το βάρος του οχήματος για οποιαδήποτε δεδομένη γωνία διεύθυνσης, απαιτείται μεγάλη προσπάθεια από τον οδηγό για τα μεγάλα αυτοκίνητα, ιδιαίτερα

σε χαμηλές ταχύτητες και όταν σταθμεύουν. Προκειμένου να ξεπεραστεί αυτή η αδυναμία σε σχετικά μεγάλα αυτοκίνητα, προστέθηκε ένα σύστημα υδραυλικού τιμονιού. Αυτό το σύστημα αποτελείται από μια υδραυλική αντλία με κινητήρα, έναν υδραυλικό ενεργοποιητή και τη βαλβίδα ελέγχου. Κάθε φορά που περιστρέφεται το τιμόνι ανοίγει μια βαλβίδα, επιτρέποντας την υδραυλική πίεση να ενεργοποιήσει τον ενεργοποιητή. Το υδραυλικό υγρό υψηλής πίεσης ωθείται στη μία πλευρά του εμβόλου. Το έμβολο, με τη σειρά του, συνδέεται με το σύστημα διεύθυνσης και παρέχει μηχανική ροπή για να βοηθήσει τον οδηγό στη στροφή. Αυτή η υδραυλική δύναμη αποκαλείται συχνά ενίσχυση ώθησης. Η επιθυμητή ώθηση ποικίλει ανάλογα με την ταχύτητα του οχήματος με τη διαθέσιμη ώθηση από την αντλία να αυξάνεται με τις στροφές του κινητήρα (ή την ταχύτητα του οχήματος), ενώ μειώνεται με την αύξηση της ταχύτητας [19].

2.4 Αμάξωμα - πλαίσιο

Ο σκοπός οποιασδήποτε πλαισίου είναι να υποστηρίξει όλα τα κύρια κατασκευαστικά στοιχεία και τα υποσυγκροτήματα που συνθέτουν το πλήρες όχημα (δηλαδή τον κινητήρα, τη μετάδοση, την ανάρτηση κλπ.) και να φέρει τους επιβάτες και / ή το ωφέλιμο φορτίο με ασφάλεια και άνεση. Στα πρώτα χρόνια των μηχανοκίνητων οχημάτων, τόσο τα επιβατικά αυτοκίνητα όσο και τα εμπορικά οχήματα κατασκευάστηκαν με τον παραδοσιακό τρόπο με ένα ξεχωριστό σκελετό πλαισίου πάνω στο οποίο προσαρμόστηκε ένα μη δομικό περίβλημα σώματος. Αυτή η μορφή κατασκευής έχει επιβιώσει στα εμπορικά οχήματα αλλά και σε εμπορικά σήματα ειδικών αυτοκινήτων όπως η Morgan [20].

Καθώς το πλαίσιο μεταφέρει όλα τα φορτία (δηλαδή τα φορτία λόγω νεκρού βάρους λόγω του αυτοδυνάμου φορτίου του οχήματος και του ωφέλιμου φορτίου καθώς και των "ζωντανών" φορτίων λόγω των αεροδυναμικών και δυναμικών φορτίων ελαστικών), πρέπει να είναι επαρκώς ισχυρό και άκαμπτο. Τα περισσότερα πλαίσια έχουν σχήμα σκάλας, δηλαδή δύο διαμήκη μέλη συνδεδεμένα με έναν αριθμό εγκάρσιων μελών που μπορεί να μην είναι όλα κάθετα προς τα διαμήκη μέλη αλλά μπορεί να έχουν διαγώνιο ή σταυροειδές σχήμα [20].

Το κέλυφος του σώματος χρησιμεύει κυρίως ως προστασία από τα στοιχεία. Είναι γενικά απομονωμένο από το πλαίσιο μέσω εύκαμπτων υποστηριγμάτων (συνήθως καουτσούκ) και

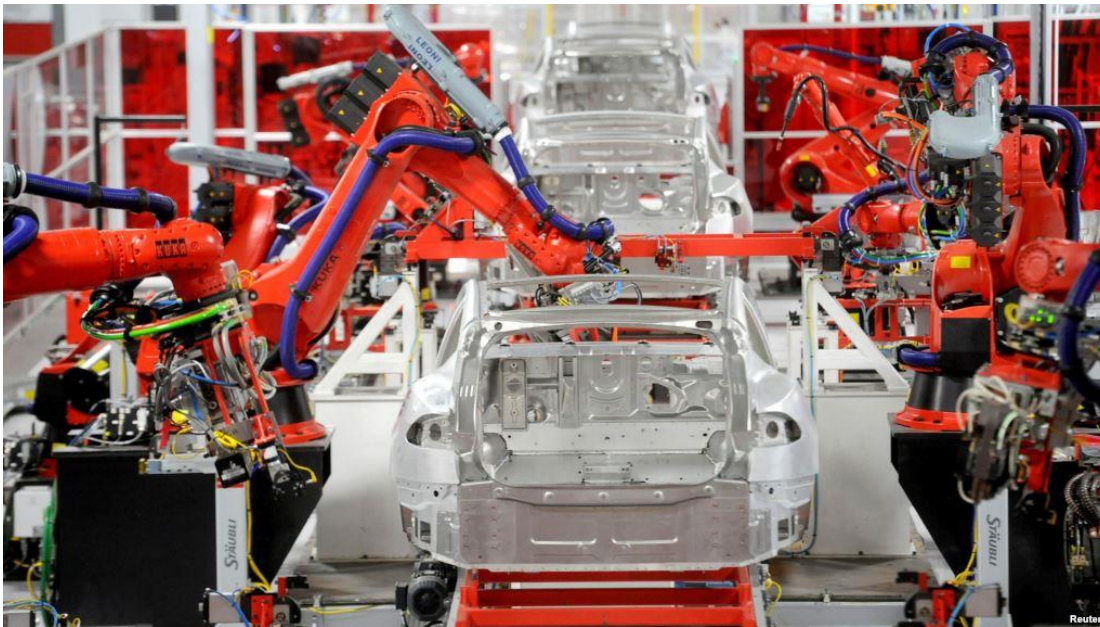
επομένως συμβάλλει ελάχιστα στη συνολική ακαμψία του οχήματος. Το κύριο μειονέκτημα του ξεχωριστού σκελετού-πλαισίου είναι ότι ουσιαστικά είναι μια 2Δ δομή και τα μέλη πρέπει συνεπώς να έχουν συντελεστή μεγάλης διατομής και είναι σχετικά βαριά. Επιπλέον, οδηγεί πάντοτε σε προβλήματα τοποθέτησης λόγω της μεγάλης διαφοράς στην ακαμψία μεταξύ του πλαισίου και του κελύφους του αμαξώματος. Ωστόσο, αυτός ο τύπος κατασκευής εξακολουθεί να είναι μια δημοφιλής μορφή κατασκευής σε επαγγελματικά οχήματα, καθώς μια ποικιλία διαφορετικών μορφών κελύφους σώματος μπορεί συχνά να τοποθετηθεί σε ένα κοινό σκελετό τύπου σκάλας και το βάρος της δομής του οχήματος είναι λιγότερο ανησυχητικό από το συνολικό του ικανότητα φόρτωσης φορτίου [20].

Μετά τον Δεύτερο Παγκόσμιο Πόλεμο, η προσπάθεια να παραχθεί μια πιο αποτελεσματική δομή για τα επιβατικά αυτοκίνητα οδήγησε στην ανάπτυξη ημιολοκληρωμένων μορφών κατασκευής. Αυτά διατηρούν την ισχυρή δομή του πλαισίου αλλά, τοποθετώντας το κέλυφος του σώματος με πιο άκαμπτο τρόπο, το τελευταίο απαιτείται να μεταφέρει ένα μέρος των εφαρμοζόμενων φορτίων. Φυσικά, το κέλυφος του αμαξώματος πρέπει να σχεδιαστεί έτσι ώστε να αντέχει αυτά τα φορτία και πρέπει να δοθεί περισσότερη προσοχή στα σημεία στήριξης μεταξύ του πλαισίου και του σώματος λόγω της σημαντικής μεταδόσεως της δύναμης μεταξύ των δύο δομών. Επιπλέον, τα οχήματα αυτά παραμένουν σχετικά βαριά και πρέπει να συναρμολογηθούν προσεκτικά με αυστηρές ανοχές, καθώς μικρές αποκλίσεις μπορούν να αυξήσουν σημαντικά τις συγκεντρώσεις τάσης κοντά στα σημεία στήριξης [20].

Το τελικό σχήμα στην ανάπτυξη της δομής των μαζικών επιβατικών αυτοκινήτων ήταν η εμφάνιση ενιαίων ή ολοκληρωμένων μορφών κατασκευής. Όπως υποδηλώνει η ονομασία, τέτοια οχήματα δεν έχουν ξεκάθαρο χωριστό πλαίσιο και ολόκληρο το σώμα έχει σχεδιαστεί ως ενιαία μονάδα ικανή να αντιδράσει στα εφαρμοζόμενα φορτία και να παράσχει την απαραίτητη ακαμψία στο όχημα. Αυτή η μορφή κατασκευής παράγει μια δομή που είναι πραγματικά 3D με τον τρόπο που παραμορφώνεται και μεταφέρει φορτίο. Έτσι, μπορεί να σχεδιαστεί ώστε να είναι σημαντικά ελαφρύτερη από τα παραδοσιακά οχήματα με πλαίσιο λόγω του σχετικά μεγάλου βάθους των κατασκευών που χρησιμοποιούνται για να αντισταθούν τα φορτία κάμψης και στρέψης [20].

Ωστόσο, επειδή αυτές οι δομές κατασκευάζονται συμβατικά από σχετικά λεπτό φύλλο χάλυβα ή αλουμίνιο, πολύ συχνά πρέπει να σκληρυνθούν με ενισχύσεις ή να κατασκευαστούν ως τμήματα

κιβωτίων. Αυτό απαιτεί σύνθετες τεχνικές εργασίας και συναρμολόγησης, το κόστος των οποίων μπορεί να δικαιολογηθεί μόνο για τα οχήματα μαζικής παραγωγής. Η εικόνα 4.2-1 δείχνει ένα μοντέρνο κέλυφος σώμα από αλουμίνιο σε ρομποτική γραμμή συναρμολόγησης [46].



Εικόνα 4.2-1 Ολοκληρωμένο πλαίσιο – αμάξωμα Tesla model S [46]

Η πολυπλοκότητα του κελύφους του σώματος καθώς και οι διαδικασίες ρομποτικής κατασκευής που χρησιμοποιούνται στην κατασκευή του είναι προφανείς. Παράλληλα με τα μαζικά ολιγομεταλλουργικά και (πιο πρόσφατα) κατασκευασμένα από αλουμίνιο οχήματα υπάρχουν διάφορες εναλλακτικές μορφές κατασκευής για πιο εξειδικευμένα επιβατικά οχήματα μικρού όγκου. Αυτά κυμαίνονται από το συμβατικό πλαίσιο και το ξεχωριστό σώμα που χρησιμοποιείται στα ηλεκτρικά σπορ αυτοκίνητα, όπως το Tesla model s , μέχρι το υψηλής τεχνολογίας αλουμίνιο σύνθετο υλικό που χρησιμοποιείται στα τελευταία σπορ οχήματα υψηλής απόδοσης όπως κατασκευάζονται από την Tesla motors [46].

Τα σύνθετα υλικά που αποτελούνται από μια ρητίνη εποξειδικής ή πολυεστερικής θερμομόνωσης ενισχυμένη με γυαλί έχουν φυσικά χρησιμοποιηθεί για μεγάλο χρονικό διάστημα στην κατασκευή των εξαρτημάτων του σώματος για εξειδικευμένα σπορ αυτοκίνητα (ή ως αντικαταστάσεις για τα τμήματα από ανοξείδωτο χάλυβα σε οχήματα μαζικής παραγωγής). Πρόσφατα, πιο προηγμένα σύνθετα υλικά που χρησιμοποιούν σκληρότερη θερμοπλαστική

μήτρα και ισχυρότερα, σκληρότερα φύλλα όπως ο άνθρακας ή το Kevlar έχουν εισαχθεί ως φέροντα μέλη σε спор αυτοκίνητα και άλλα εξειδικευμένα οχήματα. Φυσικά, η δομή του αμαξώματος των αυτοκινήτων F1 και παρόμοιων εξαρτάται σχεδόν αποκλειστικά από τη χρήση σύνθετων υλικών άνθρακα για να δώσει την εξαιρετική δυσκαμψία, αντοχή και ελαφρότητα αυτών των οχημάτων [20].

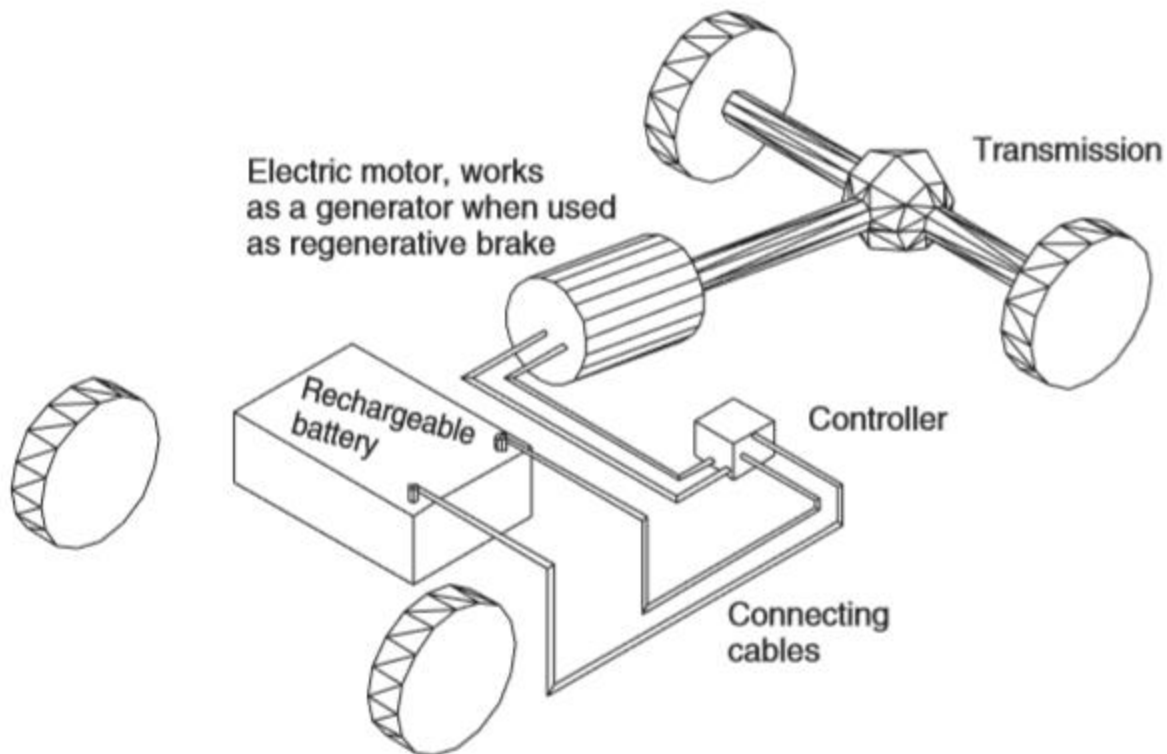
Μια σημαντική κατηγορία οχημάτων στην κατηγορία μικρών αθλητικών αυτοκινήτων χρησιμοποιεί το λεγόμενο σχήμα πλαισίου χωρο-πλαισίου κατασκευής. Ένα πραγματικό χωρό-πλαίσιο είναι μία συλλογή από σωληνωτά μέλη συνήθως συγκολλημένα μεταξύ τους και τριγωνισμένα κατά τέτοιο τρόπο ώστε τα μέλη να φέρουν φορτίο μόνο σε τάση και συμπίεση και να μην υποστούν κάμψη ή στρέψη σε οποιοδήποτε σημαντικό βαθμό. Ένα καλό παράδειγμα αυτής της μορφής κατασκευής είναι το Caterham Super Seven (πρώην Lotus Seven). Τέτοια σασί χώρου-πλαισίου χρησιμοποιούνται ευρέως στην αγορά αυτοκινήτων κιτ καθώς και στην κατασκευή χαμηλού κόστους αγωνιστικών αυτοκινήτων όπως στην Formula Student / SAE λόγω του χαμηλού κόστους των εργαλείων για τέτοια διαστημικά πλαίσια [20].

Κεφάλαιο 3^ο Τεχνολογία Ηλεκτρικών Αυτοκινήτων

3.1 Τύποι Ηλεκτρικών Οχημάτων

3.1.1 Ηλεκτρικά Οχήματα Μπαταρίας

Η ιδέα του ηλεκτρικού οχήματος της μπαταρίας (EV) είναι ουσιαστικά απλή και φαίνεται στο σχήμα 3.1.1-5 [21].



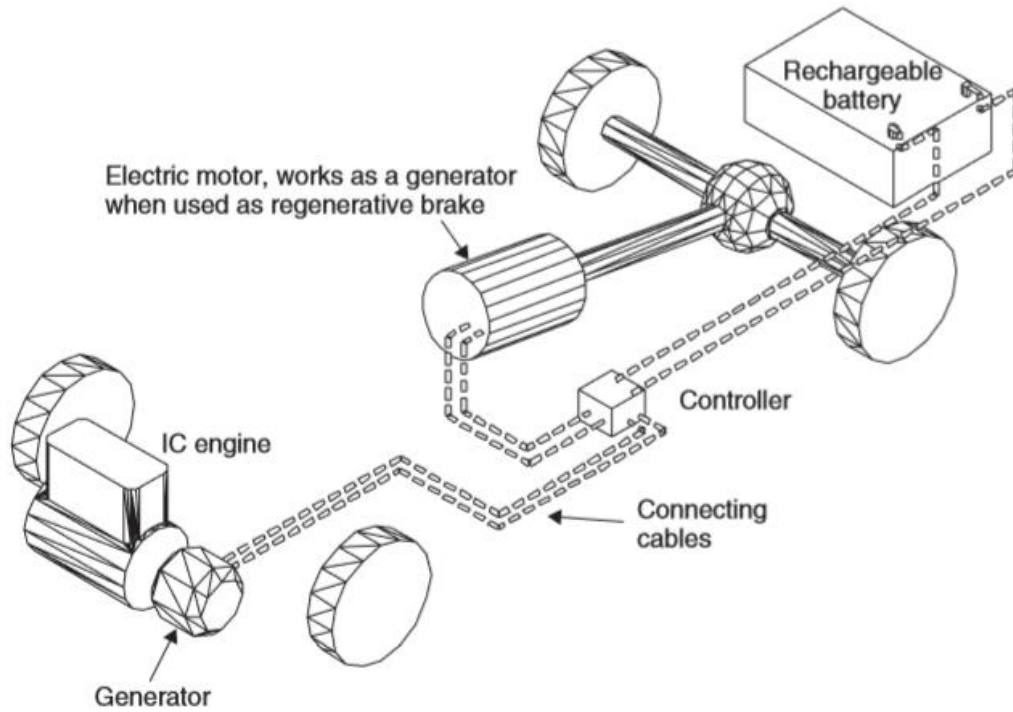
Σχήμα 3.1.1- 5 Ηλεκτρικό όχημα μπαταρίας [21]

Το όχημα αποτελείται από μια ηλεκτρική μπαταρία για την αποθήκευση ενέργειας, έναν ηλεκτροκινητήρα και έναν ελεγκτή. Η μπαταρία κανονικά επαναφορτίζεται από το ηλεκτρικό ρεύμα μέσω ενός βύσματος και μιας μονάδας φόρτισης της μπαταρίας που μπορεί είτε να μεταφέρεται επί του σκάφους είτε να είναι τοποθετημένη στο σημείο φόρτισης. Ο ελεγκτής θα

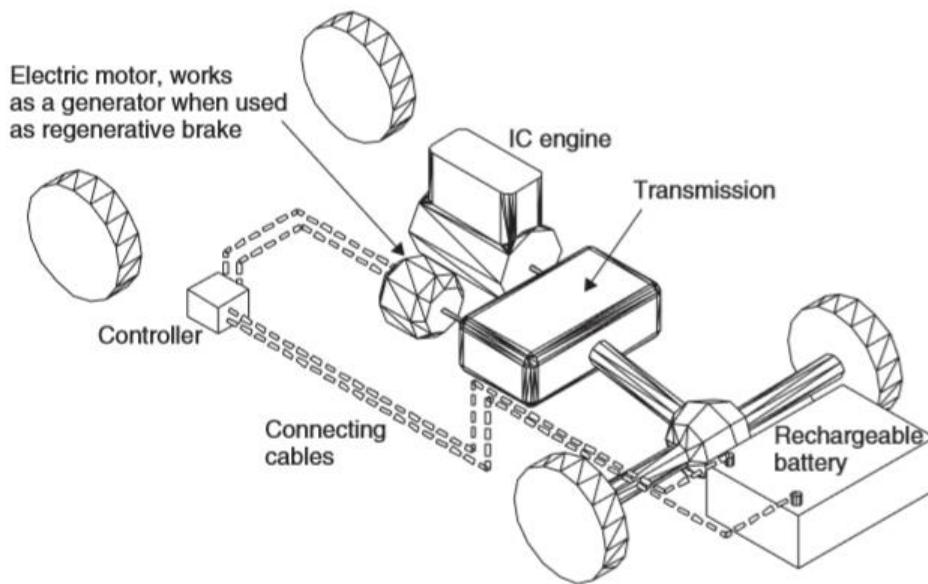
ελέγχει κανονικά την ισχύ που τροφοδοτείται στον κινητήρα και επομένως την ταχύτητα του οχήματος, προς τα εμπρός και προς τα πίσω. Αυτό είναι γνωστό ως «ελεγκτής δύο τεταρτημορίων» - προς τα εμπρός και προς τα πίσω. Συνήθως είναι επιθυμητό να χρησιμοποιείται αναγεννητική πέδηση τόσο για την ανάκτηση ενέργειας όσο και ως βολική μορφή πέδησης χωρίς τριβή. Όταν επιπλέον ο ελεγκτής επιτρέπει την αναγεννητική πέδηση σε εμπρόσθια και αντίστροφη κατεύθυνση, είναι γνωστός ως «ελεγκτής τεσσάρων τεταρτημορίων» . Υπάρχει μια σειρά EVs αυτού του τύπου που διατίθενται επί του παρόντος στην αγορά. Στο απλούστερο υπάρχουν μικρά ηλεκτρικά ποδήλατα και τρικύκλα και μικρά οχήματα για μετακινήσεις. Αρκετοί κατασκευαστές έχουν κυκλοφορήσει εμπορικά EVs μπαταρίας όπως το Nissan Leaf και το Mitsubishi MiEV, καθώς και τα μοντέλα της Tesla [21].

3.1.2 Υβριδικά Ηλεκτρικά οχήματα

Ένα υβριδικό όχημα έχει δύο ή περισσότερες πηγές ενέργειας, οι οποίες δίνουν ένα πολύ μεγάλο αριθμό παραλλαγών. Οι πιο συνηθισμένοι τύποι υβριδικών οχημάτων συνδυάζουν έναν κινητήρα εσωτερικής καύσης με μπαταρία, ηλεκτρικό κινητήρα και γεννήτρια. Υπάρχουν δύο βασικές διαμορφώσεις για υβριδικά οχήματα: το υβριδικό εν σειρά και το παράλληλο υβριδικό, τα οποία απεικονίζονται στα σχήματα 3.1.1-6 και 7.



Σχήμα 3.1.1-6 Υβριδικό εν σειρά [21]



Σχήμα 3.1.1- 7 Παράλληλο υβριδικό [21]

Στον υβριδικό σχεδιασμό σειράς το όχημα κινείται από έναν ή περισσότερους ηλεκτροκινητήρες που τροφοδοτούνται απευθείας είτε από την μπαταρία είτε από μονάδα γεννήτριας με κινητήρα εσωτερικής καύσης - ή και από τα δύο. Στο παράλληλο υβριδικό το όχημα μπορεί να κινείται είτε από τον κινητήρα που λειτουργεί απευθείας μέσω ενός συστήματος μετάδοσης είτε από έναν ή περισσότερους ηλεκτρικούς κινητήρες που λειτουργούν μέσω του κιβωτίου ταχυτήτων ή συνδέονται απευθείας με τους τροχούς - ή και από τον ηλεκτροκινητήρα και τον κινητήρα εσωτερικής καύσης ταυτόχρονα . Υπάρχουν διαφορετικές διαμορφώσεις για το παράλληλο υβριδικό σύστημα.

Μια εναλλακτική λύση είναι η χρήση επαναφορτιζόμενων υβριδίων τα οποία κανονικά έχουν πολύ μεγαλύτερες μπαταρίες για να δίνουν στο όχημα ένα αποτελεσματικό εύρος όταν εργάζεται μόνο από την μπαταρία. Και οι δύο σχεδιασμοί επιτρέπουν την αναγεννητική πέδηση - για να λειτουργεί ο ηλεκτροκινητήρας ως γεννήτρια και ταυτόχρονα επιβραδύνει το όχημα και φορτίζει την μπαταρία.

Η σε σειρά σχεδίαση παραδοσιακά χρησιμοποιείται μόνο σε εξειδικευμένες εφαρμογές. Για παράδειγμα, ο σιδηροδρομικός κινητήρας με κινητήρα ντίζελ είναι σχεδόν πάντα ένα υβριδικό σε σειρά, όπως και μερικά πλοία. Ορισμένα ειδικά οχήματα παντός εδάφους είναι σειράς, με έναν ξεχωριστά ελεγχόμενο ηλεκτροκινητήρα σε κάθε τροχό. Το κύριο μειονέκτημα της σε σειρά σχεδίασης είναι ότι η ισχύς από τον κινητήρα δεν μπορεί να μεταδοθεί μηχανικά στους τροχούς αλλά πρέπει να περάσει τόσο από τη γεννήτρια όσο και από τους κινητήρες.

Η παράλληλη σχεδίαση, από την άλλη πλευρά, έχει περιθώρια για πολύ ευρεία εφαρμογή. Οι ηλεκτρικές μηχανές μπορούν να είναι πολύ μικρότερες και φθηνότερες, επειδή δεν χρειάζεται να μετατρέψουν όλη την ενέργεια. Υπάρχουν διάφοροι τρόποι με τους οποίους μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένα παράλληλο υβριδικό όχημα. Στην απλούστερη περίπτωση, μπορεί να λειτουργεί με ηλεκτρική ενέργεια από τις μπαταρίες, για παράδειγμα σε μια πόλη όπου οι εκπομπές καυσαερίων είναι ανεπιθύμητες ή μπορεί να τροφοδοτείται αποκλειστικά από τον κινητήρα εσωτερικής καύσης, για παράδειγμα έξω από την πόλη. Εναλλακτικά και πιο χρήσιμα, ένα παράλληλο υβριδικό όχημα μπορεί να χρησιμοποιεί τον κινητήρα εσωτερικής καύσης και τις μπαταρίες σε συνδυασμό, βελτιστοποιώντας συνεχώς την αποτελεσματικότητα του κινητήρα εσωτερικής καύσης.

Μια δημοφιλής ρύθμιση είναι να αποκτηθεί η βασική ισχύς για τη λειτουργία του οχήματος, συνήθως γύρω στο 50% των απαιτήσεων ισχύος αιχμής, από τον κινητήρα εσωτερικής καύσης και να ληφθεί πρόσθετη ενέργεια από τον ηλεκτροκινητήρα και την μπαταρία. Χρησιμοποιώντας σύγχρονες τεχνικές ελέγχου, η ταχύτητα και η ροπή του κινητήρα μπορούν να ελεγχθούν για να ελαχιστοποιηθούν οι εκπομπές καυσαερίων και να μεγιστοποιηθεί η οικονομία καυσίμου [21].

Τα υβριδικά οχήματα είναι πιο ακριβά από τα συμβατικά οχήματα. Ωστόσο, υπάρχουν κάποιες οικονομίες που μπορούν να γίνουν. Στη διάταξη σειράς δεν υπάρχει ανάγκη για κιβώτιο ταχυτήτων, η μετάδοση μπορεί να απλουστευθεί και η διαφορά μπορεί να εξαλειφθεί με τη χρήση ενός ζεύγους κινητήρων τοποθετημένων σε αντίθετους τροχούς. Σε αμφότερες τις σειριακές και παράλληλες διατάξεις η συμβατική διάταξη εκκίνησης της μπαταρίας μπορεί να εξαλειφθεί. Υπάρχουν πολλά υβριδικά οχήματα που κυκλοφορούν σήμερα στην αγορά και αυτός είναι ένας τομέας που πρόκειται να αναπτυχθεί γρήγορα τα επόμενα χρόνια [21].

3.1.3 Ηλεκτρικά Οχήματα κελιών καυσίμου

Η βασική αρχή των ηλεκτρικών συσκευών που χρησιμοποιούν κελιά καυσίμων είναι σχεδόν η ίδια με τα EV μπαταρίας, αλλά με μια μπαταρία κελιών καυσίμου ή μεταλλική μπαταρία αέρα αντικαθιστώντας την επαναφορτιζόμενη ηλεκτρική μπαταρία. Αν και εφευρέθηκαν γύρω στο 1840, τα κύτταρα καυσίμου είναι μια άγνωστη τεχνολογία για τους περισσότερους ανθρώπους. Ένα σημαντικό ζήτημα με τα στοιχεία καυσίμου είναι ότι, γενικά, χρειάζονται καύσιμο υδρογόνου. Αυτό μπορεί να αποθηκευτεί στο όχημα, αν και αυτό δεν είναι εύκολο. Μια εναλλακτική λύση είναι να παραχθεί το υδρογόνο από ένα καύσιμο όπως η μεθανόλη. Αυτή είναι η προσέγγιση που υιοθετήθηκε με το Nacar 5, το οποίο έχει ενσωματωμένο μετασχηματιστή. Το αυτοκίνητο μπορεί απλώς να εφοδιάζεται με μεθανόλη με τον ίδιο τρόπο όπως ένα κανονικό όχημα γεμίζεται με βενζίνη. Το αυτοκίνητο έχει μέγιστη ταχύτητα 150 χλμ / ώρα και συνολική κατανάλωση καυσίμου 5 λ. Μεθανόλης / 100 χλμ.. Ένα άλλο όχημα κυψελών καυσίμου που είναι το Honda FCX Clarity,.

Καθώς το όχημα χρησιμοποιεί μια μπαταρία ιόντων λιθίου που λειτουργεί σε συνδυασμό με την κυψέλη καυσίμου, μπορεί επίσης να περιγραφεί ως υβρίδιο ηλεκτρικής μπαταρίας κυψελών

καυσίμου. Τα οχήματα δημόσιας υπηρεσίας, όπως τα λεωφορεία, μπορούν πιο εύκολα να χρησιμοποιούν καινούρια καύσιμα όπως το υδρογόνο, επειδή καταλήγουν σε ένα μόνο σημείο.[21].

3.2 Συσσωρευτές

Οι συσσωρευτές των ηλεκτρικών οχημάτων εκτός από πηγές αποτελούν και αποθήκες ενέργειας. Αυτός είναι ο λόγος άλλωστε που τα ηλεκτρικά οχήματα χαρακτηρίζονται συχνά στη βιβλιογραφία ως κινητές συσκευές αποθήκευσης ενέργειας. Η λειτουργία των συσσωρευτών είναι αμφίδρομη αφού μπορούν να μετατρέψουν την ηλεκτρική ενέργεια σε χημική και αντίστροφα. Τις τελευταίες δεκαετίες οι κατασκευαστές μπαταριών εκμεταλλευόμενοι τις τεχνολογικές εξελίξεις καταβάλουν προσπάθεια ώστε να ξεπεραστούν τα μειονεκτήματα όπως το μεγάλο βάρος, ο όγκος και το υψηλό κόστος κατασκευής των μπαταριών που χρησιμοποιούνται στα ηλεκτρικά οχήματα. Οι κυριότερες τεχνολογίες συσσωρευτών που έχουν αναπτυχθεί μέχρι σήμερα είναι οι εξής [21]:

- Συσσωρευτές μολύβδου οξέος (lead-acid): Πρόκειται για συσσωρευτές με ηλεκτρολύτη σε στερεά μορφή. Τα κυριότερα πλεονεκτήματα τους είναι το χαμηλό κόστος, η μεγάλη αξιοπιστία και η σχετικά χαμηλή αυτοεκφόρτιση. Παρόλα αυτά λόγω του μεγάλου βάρους τους έχουν μικρή πυκνότητα ενέργειας. Δεν θεωρούνται κατάλληλες για τα ηλεκτρικά οχήματα καθώς σε περιπτώσεις ταχείας φόρτισης και σχεδόν πλήρους εκφόρτισης μειώνεται σημαντικά ο χρόνος ζωής τους.
- Συσσωρευτές νικελίου-καδμίου(Ni-Cd): Συγκρίνοντας τους με τους συσσωρευτές μολύβδου οξέος έχουν μεγαλύτερη ενεργειακή πυκνότητα και η διάρκεια ζωής τους δεν επηρεάζεται σε περιπτώσεις ταχείας φόρτισης. Δεν επηρεάζονται σημαντικά από τις μεταβολές θερμοκρασίας και έχουν τη δυνατότητα ανάκτησης της χωρητικότητας τους σε περίπτωση που μείνουν αφόρτιστες για αρκετό χρονικό διάστημα. Σημαντικά μειονεκτήματα αυτών των συσσωρευτών αποτελούν το υψηλό κόστος κατασκευής και η χρήση καδμίου το οποίο πρέπει να περισυλλεχθεί όταν ο κύκλος ζωής της μπαταρίας τελειώσει καθώς μολύνει το περιβάλλον
- Συσσωρευτές νικελίου-υδριδίου μετάλλου(Ni-MH): Διακρίνονται για τη μεγάλη τους ενεργειακή πυκνότητα (70 Wh/Kg) και τη μεγάλη διάρκεια ζωής. Επιπρόσθετα έχουν

χαμηλή εσωτερική αντίσταση και χρησιμοποιούνται κυρίως στα υβριδικά οχήματα όπου σημείωσαν μεγάλη αξιοπιστία και αντοχή. Οι συσσωρευτές Ni-MH έχουν υψηλό κόστος κατασκευής και η απόδοσή τους επηρεάζεται αρνητικά στις υψηλές θερμοκρασίες.

- Συσσωρευτές ιόντων λιθίου μετάλλου(Li-ion): Ίσως οι πιο κατάλληλοι συσσωρευτές για ηλεκτρικά οχήματα λόγω της μεγάλης τους ενεργειακής πυκνότητας και διάρκειας ζωής πάντα σε σύγκριση με τις τεχνολογίες συσσωρευτών που αναφέρθηκαν πιο πάνω. Οι συσσωρευτές ιόντων λιθίου κατηγοριοποιούνται με βάση το υλικό κατασκευής της ανόδου. Οι τέσσερις κατηγορίες αυτού του είδους συσσωρευτών είναι : οι συσσωρευτές λιθίου-οξειδίου κοβαλτίου, λιθίου-οξειδίου μαγγανίου, τριών στοιχείων και λιθίου-φωσφορικού σιδήρου (LiFe-PO₄). Το μειονέκτημα τους είναι ότι η απόδοσή τους επηρεάζεται αρνητικά στις υψηλές θερμοκρασίες.



Εικόνα 3.2-1 Tesla's lithium ion 2170 battery

Στον παρακάτω πίνακα συνοψίζονται τα χαρακτηριστικά των πιο πάνω συσσωρευτών ανά κατηγορία.

Πίνακας 1 χαρακτηριστικά συσσωρευτών ηλεκτρικών οχημάτων [21]

Τύπος Συσσωρευτή	Πυκνότητα Ενέργειας (Wh/Kg)	Ισχύς/Βάρος (W/Kg)	Κόστος Ενέργειας (Wh/\$)	Βάθος εκφόρτισης (%)	Τάση Κυττάρου (V)
Lead-Acid	30-40	180	7-18	50-70	2
NiCd	40-60	150	5-10	70-90	1.2
NiMH	30-80	250-1000	2.75	60-70	1.2
Li-ion	100-160	250-340	1.5	80-90	3.7

3.3 Ηλεκτρικοί κινητήρες

Στα αμιγώς ηλεκτρικά οχήματα, ο ηλεκτροκινητήρας είναι η μονάδα πρόωσης, ενώ στα υβριδικά ηλεκτρικά οχήματα (HEV), ο ηλεκτρικός κινητήρας και ο κινητήρας ΕΚ μαζί σε σειρά ή παράλληλους συνδυασμούς παρέχουν την ισχύ πρόωσης. Σε EV ή HEV, ο ηλεκτρικός κινητήρας έλξης μετατρέπει την ηλεκτρική ενέργεια από τη μονάδα αποθήκευσης ενέργειας σε μηχανική ενέργεια που οδηγεί τους τροχούς του οχήματος. Τα κυριότερα πλεονεκτήματα ενός ηλεκτροκινητήρα από έναν κινητήρα ΕΚ είναι ότι ο κινητήρας παρέχει πλήρη ροπή σε χαμηλές στροφές και η στιγμιαία ισχύς μπορεί να είναι δύο έως τρεις φορές η ονομαστική ισχύ του κινητήρα [22]. Αυτά τα χαρακτηριστικά δίνουν στο όχημα εξαιρετική επιτάχυνση με τα ονομαστικά στοιχεία του κινητήρα. Μέχρι στιγμής, έχουν εφαρμοστεί τέσσερις τύποι κινητήριων μηχανισμών σε ευρωπαϊκές χώρες. Αυτοί είναι οι Direct Current Motor (DCM), Induction Motor (IM), σύγχρονοι κινητήρες μόνιμου μαγνήτη Permanent Magnet Synchronous Motor (PMSM) και μονάδες κινητήρων Switched Reluctance Motor (SRM).

3.3.1 Κινητήρας συνεχούς ρεύματος (DCM)

Μεταξύ των κλασικών κινητήρων που χρησιμοποιούνται στα EV, ο DCM με ανεξάρτητη διέγερση είναι η οικονομικότερη λύση μέσω του μετατροπέα τύπου τεμαχισμού οπλισμού με δύο διακόπτες (ο επαγωγέας τροφοδοτείται επίσης από ένα μικρό ηλεκτρικό τεμαχιστή). Αυτή είναι η τεχνολογία που χρησιμοποιήθηκε από πολλούς κατασκευαστές αυτοκινήτων για την εμπορική προώθηση της πρώτης γενιάς ηλεκτροκινητήρων. Αλλά ο DCM έχει αρκετά καλά γνωστά μειονεκτήματα. Τα θετικά χαρακτηριστικά των μηχανών DC είναι τα εξής:

- Ευκολία ελέγχου λόγω γραμμικότητας.
- Δυνατότητα ανεξάρτητου ελέγχου ροπής και ροής.
- Καθιερωμένη τεχνολογία κατασκευής.

Τα μειονεκτήματα των μηχανών DC περιλαμβάνουν τα ακόλουθα:

- Φθορά που οδηγεί σε υψηλή συντήρηση.
- Χαμηλή μέγιστη ταχύτητα.
- Χαμηλός λόγος ισχύος προς βάρους.

Ο DCM ξένης διέγερσης που χρησιμοποιείται σε EV ή HEV έχει δύο ξεχωριστούς μετατροπείς DC / DC που τροφοδοτούν τις οπές του οπλισμού και του φίλτρου από την ίδια πηγή ενέργειας. Οι μετατροπείς DC / DC διεκπεραιώνουν τη σταθερή τάση τροφοδοσίας της πηγής ενέργειας για να μεταφέρουν ένα μεταβλητό DC στο κυκλώματα οπλισμού και κυκλώματος. Η ονομαστική ισχύς του μετατροπέα που τροφοδοτεί τις περιελίξεις οπλισμού είναι πολύ μεγαλύτερη από εκείνη του μετατροπέα που τροφοδοτεί την περιέλιξη του πεδίου [23]. Οι είσοδοι ελέγχου στα κυκλώματα του μετατροπέα είναι η επιθυμητή ροπή και η ταχύτητα του κινητήρα. Οι έξοδοι ελέγχου των μετατροπέων είναι οι τάσεις που εφαρμόζονται στα κυκλώματα του οπλισμού και του πεδίου του κινητήρα συνεχούς ρεύματος. Η ανάλυση απόδοσης και η μοντελοποίηση του χρησιμοποιημένου DCM στη μελέτη EV θα παρουσιαστεί στο επόμενο κεφάλαιο.

3.3.2 Κινητήρες επαγωγής (IM)

Οι κινητήρες επαγωγής είναι απλής κατασκευής, αξιοπιστίας, ανθεκτικότητας, χαμηλής συντήρησης, χαμηλού κόστους και δυνατότητας λειτουργίας σε εχθρικό περιβάλλον. Η απουσία τριβής επιτρέπει στους κινητήρες να αυξήσουν το όριο για τη μέγιστη ταχύτητα και η υψηλότερη ονομαστική ταχύτητα επιτρέπει σε αυτούς τους κινητήρες να αναπτύξουν υψηλή απόδοση. Οι διακυμάνσεις της ταχύτητας των κινητήρων επαγωγής επιτυγχάνονται με την αλλαγή της συχνότητας τάσης. Ο έλεγχος προσανατολισμού πεδίου (FOC) μπορεί να αποσυνδέσει τον έλεγχο ροπής του από τον έλεγχο του πεδίου. Αυτό επιτρέπει στον κινητήρα να συμπεριφέρεται με τον ίδιο τρόπο όπως ένας ξένης διέγερσης DCM.

Αυτός ο κινητήρας, ωστόσο, δεν ακολουθείται από τα όρια των περιορισμών που ισχύουν στον τομέα της ηλεκτρικής ενέργειας. Οι διευκολύνσεις της ταχείας λειτουργίας επιτυγχάνονται με την εξασθένηση της ροής, μόλις ο κινητήρας φθάσει στην ονομαστική του ισχύ. Ένας σωστά σχεδιασμένος κινητήρας, π.χ. κινητήρας ατράκτου, με φωτοπροστατευμένο έλεγχο, μπορεί να επιτύχει από 3-5 φορές από την ονομαστική του ταχύτητα [24].

Ωστόσο, οι ελεγκτές των διαχειριστών υποδομής είναι υψηλότεροι από αυτούς του DCM. Επιπλέον, η παρουσία ροπής αποσύνθεσης περιορίζει την εκτεταμένη λειτουργία σταθερής ισχύος. Στην κρίσιμη ταχύτητα, επιτυγχάνεται η ροπή διάσχισης. Γενικά, για ένα συμβατικό κινητήρα του τύπου, η κρίσιμη ταχύτητα είναι περίπου δύο φορές η σύγχρονη. Οποιαδήποτε προσπάθεια χειρισμού του κινητήρα στο μέγιστο ρεύμα πέρα από αυτή την ταχύτητα θα σταματήσει τον κινητήρα.

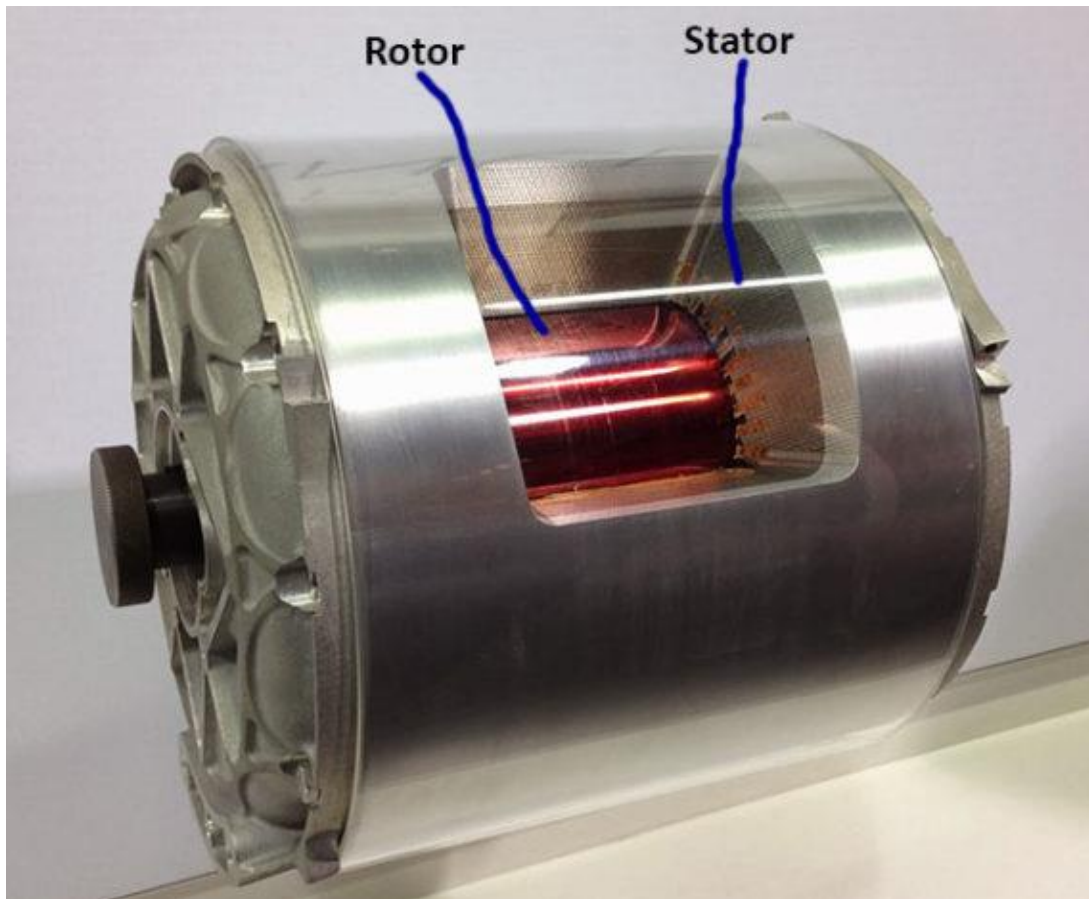
Παρόλο που η FOC μπορεί να επεκτείνει τη λειτουργία συνεχούς ισχύος, έχει ως αποτέλεσμα αυξημένη ροπή διάσχισης, με αποτέλεσμα την υπέρβαση του μεγέθους του κινητήρα. Επιπροσθέτως, η αποτελεσματικότητα σε περιοχή υψηλών ταχυτήτων μπορεί να προστεθεί επιπλέον του γεγονότος ότι η αποτελεσματικότητα του ΔΜ είναι εγγενώς χαμηλότερη από εκείνη των σύγχρονων κινητήρων με συνεχή μαγνήτη (PMSM) και των ηλεκτροκινητήρων διακοπτόμενης αναστροφής (SRMs) εξαιτίας της απουσίας περιελίξεως ρότορα και χαλκού ρότορα απώλειες [23].

3.3.3 Κινητήρας μεταβλητής μαγνητικής αντίδρασης

Οι μονάδες Switched Reluctance Motor Drives (SRM) κερδίζουν μεγάλο ενδιαφέρον και αναγνωρίζονται ότι διαθέτουν δυνατότητες για εφαρμογές σε ηλεκτρικά οχήματα (όπως στα οχήματα της Tesla). Οι κινητήρες αυτοί έχουν καθορισμένα πλεονεκτήματα όπως απλή και ανθεκτική κατασκευή, λειτουργία ανθεκτική σε σφάλματα, απλό χειρισμό και εξαιρετικά χαρακτηριστικά ταχύτητας ροπής. Οι μονάδες SRM μπορούν να λειτουργούν εγγενώς με εξαιρετικά μεγάλη ακτίνα σταθερής ισχύος. Τα χαρακτηριστικά της ταχύτητας ροπής των μονάδων SRM ταιριάζουν πολύ καλά με τα χαρακτηριστικά φορτίου EV.

Ο μηχανισμός SRM έχει δυνατότητα υψηλής ταχύτητας λειτουργίας με ευρεία περιοχή σταθερής ισχύος. Ο κινητήρας έχει υψηλή ροπή εκκίνησης και υψηλή σχέση ροπής-αδράνειας. Η δομή του ρότορα είναι εξαιρετικά απλή χωρίς περιελίξεις, μαγνήτες, μεταλλάκτες ή βούρτσες. Η ανοχή σφάλματος του κινητήρα είναι επίσης εξαιρετικά καλή. Λόγω της απλής κατασκευής και της χαμηλής αδράνειας του ρότορα, το SRM έχει πολύ γρήγορη επιτάχυνση και εξαιρετικά υψηλή ταχύτητα λειτουργίας. Λόγω της μεγάλης ταχύτητας λειτουργίας του, το SRM είναι ιδιαίτερα κατάλληλο για λειτουργία σε EV πρόωσης [24].

Επιπροσθέτως, η απουσία μαγνητικών πηγών (δηλαδή περιελίξεων ή μόνιμων μαγνητών) επί του δρομέα κάνει το SRM σχετικά εύκολο να ψυχθεί και να διατηρείται σε υψηλές θερμοκρασίες. Τα θεμέλια των πρωταρχικών αιτήσεων που απαιτούν λειτουργία σε δύσκολες συνθήκες περιβάλλοντος. Ένα εκτεταμένο εύρος 2-3 φορές της βασικής ταχύτητας είναι συνήθως εφικτό χρησιμοποιώντας έναν κατάλληλο έλεγχο [24]. Τα μειονεκτήματα των ηλεκτροκινητήρων SRM είναι ότι πρέπει να επιτυγχάνουν κυματισμό ροπής και ακουστικό θόρυβο. Ωστόσο, αυτά δεν είναι πιθανά προβλήματα που απαγορεύουν τη χρήση του για εφαρμογή EVs.



Εικόνα 3.3.3-1 Tesla model S "Switched Reluctance Motor" [45]

3.3.4 Σύγχρονοι κινητήρες μόνιμου μαγνήτη

Το PMSM μπορεί να θεωρηθεί ως διασταύρωση μεταξύ ενός AC IM και ενός DCM χωρίς ψήκτες. Έχουν δομές ρότορα παρόμοιες με κινητήρες DCM που περιέχουν μόνιμους μαγνήτες. Τα πλεονεκτήματα του PMSM είναι γνωστά. Το μεγαλύτερο πλεονέκτημα είναι ο μικρός όγκος των PMSM σε αντίθεση με άλλους τύπους κινητήρων, τα καθιστά κατάλληλα για εφαρμογές τροχού. Από την άλλη πλευρά, ο κινητήρας έλξης με PMSM πρέπει να πληροί ειδικές απαιτήσεις που είναι χαρακτηριστικές για τα οχήματα που τροφοδοτούνται με εναέρια γραμμή. Οι κινητήριες άξονες και ειδικά ο έλεγχος τους πρέπει να είναι ανθεκτικοί σε μεγάλη ανοχή τάσης γραμμής (τυπικά από -30% έως +20%), αυξήσεις τάσης και ταλαντώσεις φίλτρου εισόδου [24].

Αυτές οι πτυχές μπορεί να προκαλέσουν προβλήματα κατά τη διάρκεια της λειτουργίας αποδυνάμωσης. Οι κινητήριες μηχανισμοί PMSM έχουν τα μειονεκτήματα λόγω του ότι ο

μαγνήτης είναι δαπανηρός και η μηχανική αντοχή του μαγνήτη το καθιστά απαραίτητο να κατασκευάσει μια μεγάλη ροπή στρέψης στον κινητήρα. Οι κινητήρες PM BLDC δεν έχουν ψήκτρες για να περιορίσουν την ταχύτητα, αλλά εξακολουθούν να υπάρχουν ερωτήματα σχετικά με την ένταση του μαγνήτη επειδή περιορίζουν τη μέγιστη ταχύτητα όταν οι κινητήρες είναι τύπου εσωτερικού ρότορα. Επιπλέον, αυτός ο κινητήρας προέρχεται από μια μάλλον περιορισμένη ικανότητα αποδυναμωσης. Αυτό οφείλεται στην παρουσία του τομέα PM που μπορεί να αποδυναμωθεί μόνο μέσω της παραγωγής ενός στοιχείου του στάτη που αντιτίθεται στη μαγνητική φάση του ρότορα [24]. Παρόλα αυτά, είναι δυνατή η εκτεταμένη λειτουργία σταθερής ισχύος μέσω της προώθησης της γωνίας μεταγωγής

3.3.5 Σύγκριση μεταξύ τεσσάρων τύπων ηλεκτροκινητήρων EV

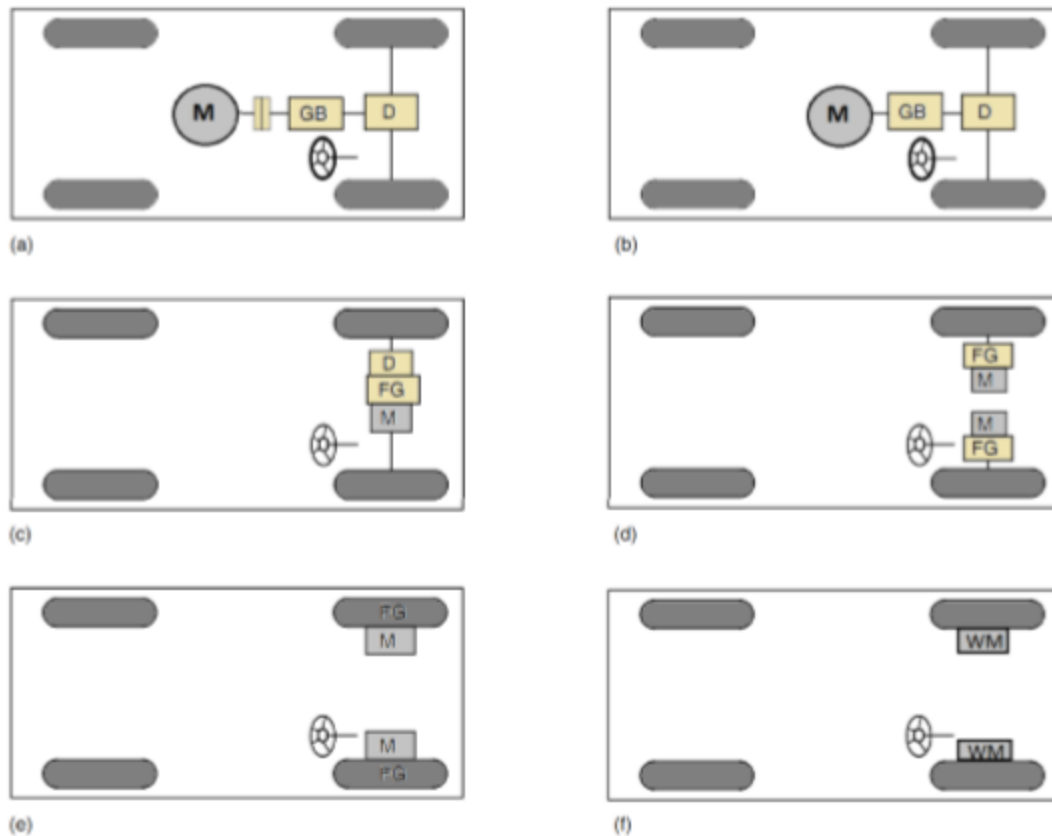
Η καταλληλότερη επιλογή μεταξύ των τεσσάρων τύπων κινητήριων μηχανών καθορίζεται σύμφωνα με τους ακόλουθους παράγοντες: παράγοντες βάρους, την αποτελεσματικότητα, το βάρος και το κόστος. Από τα παραπάνω συνοπτικά χαρακτηριστικά των τεσσάρων τύπων μηχανισμών κίνησης ο Πίνακας 1.2 παραθέτει τους παράγοντες βάρους στην αποτελεσματικότητα, το βάρος και το κόστος τεσσάρων τύπων μηχανισμών κίνησης.

Πίνακας 1.2 Σύγκριση κινητήρων

Παράγοντας	DCM	IM	PMSM	SRM
Αποδοση	Μέση	Υψηλή	Υψηλή	Υψηλή
Βάρος	Μέση	Μέση	Υψηλή	Χαμηλή
Κόστος	Χαμηλή	Μέση	Υψηλή	Υψηλή

3.4 Σύστημα μετάδοσης

Οι απαιτήσεις μετάδοσης ενός οχήματος εξαρτώνται από τα χαρακτηριστικά του σταθμού ηλεκτροπαραγωγής και από τις απαιτήσεις επιδόσεων του οχήματος. Βασικά, μια καλά ελεγχόμενη ηλεκτρική μηχανή, όπως η μονάδα παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος ενός ηλεκτρικού οχήματος, δεν θα χρειαστεί μετάδοση πολλαπλών ταχυτήτων. Ωστόσο, ένας κινητήρας εσωτερικής καύσης πρέπει να έχει πολλαπλές ταχύτητες ή μεταβαλλόμενη μετάδοση για να πολλαπλασιάσει τη ροπή του με χαμηλή ταχύτητα [25]. Ο όρος μετάδοση εδώ περιλαμβάνει όλα εκείνα τα συστήματα που χρησιμοποιούνται για τη μετάδοση ισχύος κινητήρα στους κινητήριους τροχούς. Για εφαρμογές αυτοκινήτων. Υπάρχει μια ποικιλία πιθανών διαμορφώσεων EV λόγω των διακυμάνσεων των χαρακτηριστικών ηλεκτρικής προώθησης και των ενεργειακών πηγών, όπως φαίνεται στο σχήμα 3.1.1-8.



Σχήμα 3.1.1-8 Τρόποι μετάδοσης ισχύος σε ηλ. οχήματα [23]

- (a) δείχνει τη διαμόρφωση, στην οποία η ηλεκτρική πρόωση αντικαθιστά τον κινητήρα ΕΚ. Αποτελείται από ένα ηλεκτρικό κινητήρα, συμπλέκτη, κιβώτιο ταχυτήτων και διαφορικό. Ο συμπλέκτης και το κιβώτιο ταχυτήτων μπορούν να αντικατασταθούν με αυτόματο κιβώτιο ταχυτήτων. Ο συμπλέκτης χρησιμοποιείται για τη σύνδεση ή αποσύνδεση της ηλεκτρικής ισχύος του ηλεκτροκινητήρα από τους κινητήριους τροχούς. Το κιβώτιο ταχυτήτων παρέχει ένα σύνολο σχέσεων μετάδοσης για να τροποποιήσει τις προδιαγραφές ταχύτητας-ροπής (ροπής) ώστε να ταιριάζει με την απαίτηση φορτίου. Το διαφορικό είναι μια μηχανική διάταξη (συνήθως μια ομάδα πλανητικών γραναζιών), η οποία επιτρέπει στους τροχούς και των δύο πλευρών να κινούνται με διαφορετικές ταχύτητες όταν το όχημα κινείται κατά μήκος μιας καμπύλης διαδρομής.
- (b) Με έναν ηλεκτροκινητήρα που έχει σταθερή ισχύ σε μεγάλη κλίμακα στροφών, ένα σταθερό κιβώτιο ταχυτήτων μπορεί να αντικαταστήσει το κιβώτιο ταχυτήτων πολλαπλών ταχυτήτων και να μειώσει την ανάγκη για συμπλέκτη. Αυτή η ρύθμιση όχι μόνο μειώνει το μέγεθος και το βάρος του μηχανικού κιβωτίου ταχυτήτων, αλλά και απλοποιεί τον έλεγχο της μηχανής μετάδοσης κίνησης, διότι δεν απαιτείται αλλαγή ταχυτήτων.
- (c) Παρόμοια με τη μονάδα κίνησης του στοιχείου b, ο ηλεκτροκινητήρας, το σταθερό κιβώτιο ταχυτήτων και το διαφορικό μπορούν να ενσωματωθούν περαιτέρω σε ένα μόνο συγκρότημα, ενώ και οι δύο άξονες δείχνουν και στους δύο κινητήριους τροχούς. Ολόκληρη η μονάδα κίνησης απλοποιείται και συμπιέζεται περαιτέρω.
- (d) η μηχανική διαφορά αντικαθίσταται με τη χρήση δύο κινητήρων έλξης. Καθένα από αυτά οδηγεί έναν πλευρικό τροχό και λειτουργεί με διαφορετική ταχύτητα όταν το όχημα κινείται κατά μήκος μιας καμπύλης διαδρομής.
- (e) Για την περαιτέρω απλοποίηση της κίνησης, ο κινητήρας έλξης μπορεί να τοποθετηθεί μέσα σε έναν τροχό. Αυτή η διάταξη είναι η αποκαλούμενη κίνηση τροχών. Ένα λεπτό σύνολο πλανητικών γραναζιών μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να μειώσει την ταχύτητα του κινητήρα και να αυξήσει τη ροπή του κινητήρα. Το λεπτό πλανητικό κιβώτιο ταχυτήτων προσφέρει το πλεονέκτημα ενός λόγου μείωσης της υψηλής ταχύτητας καθώς και μια διάταξη στη γραμμή του άξονα εισόδου και εξόδου.
- (f) Με την πλήρη εγκατάλειψη οποιουδήποτε μηχανικού γραναζιού μεταξύ του ηλεκτροκινητήρα και του τροχού οδήγησης, ο εξωτερικός ρότορας ενός ηλεκτροκινητήρα χαμηλής ταχύτητας στην κίνηση του τροχού μπορεί να συνδεθεί απευθείας με τον τροχό

οδήγησης. Ο έλεγχος της ταχύτητας του ηλεκτροκινητήρα είναι ισοδύναμος με τον έλεγχο της ταχύτητας του τροχού και επομένως της ταχύτητας του οχήματος.

3.5 Φόρτιση Ηλεκτρικών Αυτοκινήτων

Οι υποδομές φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων αποτελούν ένα σημαντικό ζήτημα για την ένταξη των ηλεκτρικών οχημάτων στην καθημερινή ρουτίνα. Στην συγκεκριμένη ενότητα θα περιγράψουμε τις κατηγορίες φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων, τις καλωδιώσεις φόρτισης καθώς και τους σταθμούς φόρτισης.

3.5.1 Κατηγορίες φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων

Γενικότερα μπορούμε να μπορούμε να διακρίνουμε δύο κατηγορίες φόρτισης ανάλογα με τη σύνδεση των οχημάτων με τη συσκευή φόρτισης (φορτιστή). Οι κατηγορίες αυτές είναι οι εξής:

- **Ενσύρματη φόρτιση:** Αυτό το είδος φόρτισης γίνεται εξ' επαφής (conductive charge) όπου το όχημα συνδέεται με τη πηγή ηλεκτρικής ενέργειας μέσω ειδικού καλωδίου φόρτισης. Ουσιαστικά το όχημα συνδέεται στη παροχή όπως συνδέονται οι περισσότερες συσκευές στο ηλεκτρικό δίκτυο. Για να καταστεί δυνατή η ορθή λειτουργία φόρτισης του οχήματος απαιτείται ένα ειδικό σύστημα ελέγχου (ηλεκτρονικό κύκλωμα) το οποίο βρίσκεται τοποθετημένο εντός του ηλεκτρικού οχήματος. Η τεχνολογία ενσύρματης φόρτισης είναι η πιο διαδεδομένη μέχρι σήμερα λόγω του ότι είναι φθηνή, απλή και αρκετά αποδοτική. Από πλευράς ασφάλειας είναι αρκετά ασφαλής λόγω μεθόδων ανίχνευσης σφάλματος
- **Επαγωγική φόρτιση:** Η επαγωγική φόρτιση (inductive charge) δεν είναι τόσο διαδεδομένη όσο η ενσύρματη σύνδεση κυρίως λόγω του υψηλού κόστους της. Είναι πιο πολύπλοκη και λιγότερο αποδοτική σε σύγκριση με την ενσύρματη φόρτιση. Αποτελεί μια εναλλακτική μέθοδο φόρτισης η οποία στηρίζεται στην ιδιότητα της ηλεκτρομαγνητικής επαγωγής. Η

σύνδεση του οχήματος με την παροχή γίνεται μέσω επαγωγών και όχι εξ' επαφής μέσω ειδικού καλωδίου φόρτισης. Η συσκευή paddle εισάγεται στη θύρα επαναφόρτισης του ηλεκτρικού οχήματος και μαζί δημιουργούν μαγνητική ζεύξη. Το ρεύμα που διαπερνά το πρωτεύον τύλιγμα στο εσωτερικό τη συσκευής paddle δημιουργεί μαγνητική ροή η οποία με τη σειρά της δημιουργεί εναλλασσόμενο ρεύμα στο δευτερεύον τύλιγμα το οποίο βρίσκεται στη θύρα επαναφόρτισης. Ακολούθως μέσω ειδικού μετατροπέα AC/DC που βρίσκεται εντός του οχήματος το εναλλασσόμενο ρεύμα μετατρέπεται σε συνεχές για τη φόρτιση των συσσωρευτών. Στην επαγωγική φόρτιση το μεγαλύτερο μέρος των υποδομών φόρτισης και ελέγχου της βρίσκονται εκτός του ηλεκτρικού οχήματος. Τα πλεονεκτήματα που παρουσιάζει η διάταξη αυτή είναι η ικανότητα λειτουργίας κάτω από οποιεσδήποτε συνθήκες [π.χ. νερό, πάγος, σκόνη] ενώ παράλληλα παρέχει ασφάλεια έναντι ηλεκτροπληξίας.

3.6 Σύγκριση Ηλεκτρικού, Υβριδικού και Οχήματος με Κινητήρα Εσωτερικής Καύσης

Ο Πίνακας 3.6-1 συγκρίνει τους διαφορετικούς τύπους οχημάτων όσον αφορά την κινητήρια συνιστώσα, την πηγή ενέργειας, τα χαρακτηριστικά και τους περιορισμούς.

Πίνακας 3.6-1 Σύγκριση τύπων οχημάτων

Τύπος Οχήματος	Κινητήρας	Πηγή Ενέργειας	Χαρακτηριστικά	Προβλήματα
Ηλεκτρικό με μπαταρία	Ηλεκτρικός Κινητήρας	Μπαταρία	Χωρίς εκπομπές <ul style="list-style-type: none"> Χωρίς απαίτηση για λάδια Ακτίνα που εξαρτάται κυρίως από το τύπο μπαταρίας 	<ul style="list-style-type: none"> Κόστος και χωρητικότητα μπαταρίας Αυτονομία Χρόνος φόρτισης Διαθεσιμότητα σταθμών φόρτισης Υψηλή τιμή
Υβριδικό	Ηλεκτρικός Κινητήρας + MEK	Μπαταρία Υγρά Καύσιμα	<ul style="list-style-type: none"> Πολύ λίγες εκπομπές Μεγάλη ακτίνα Μπορεί να λάβει ισχύ από τα δύο συστήματα Σύνθετη δομή που χρησιμοποιεί διακριτά συστήματα 	<ul style="list-style-type: none"> Διαχείριση πηγών ισχύος Βελτιστοποίηση μεγέθους μπαταρίας και MEK
Με κινητήρες. Καύσης	MEK	Υγρά καύσιμα	<ul style="list-style-type: none"> Δοκιμασμένη λύση Αξιοπιστία Μεγάλη ακτίνα Διαθεσιμότητα σημείων παροχής ενέργειας 	<ul style="list-style-type: none"> Πολλές εκπομπές Ανάγκη για λάδια Κίνδυνος για μειωμένη επάρκεια καυσίμων
Με κελιά καυσίμων	Ηλεκτρικός Κινητήρας	Κελί καυσίμων	<ul style="list-style-type: none"> Πολύ λίγες ή και καθόλου εκπομπές Υψηλή απόδοση Δεν εξαρτάται από παροχή ηλ. ισχύος Υψηλή τιμή 	<ul style="list-style-type: none"> Κόστος κελιού καυσίμου Τρόπος παραγωγής καυσίμου Διαθεσιμότητα σταθμών παροχής καυσίμου

Η απόδοσή τους, η ταχύτητα, η επιτάχυνση, η συντήρηση, η απόσταση και το κόστος συγκρίνονται στον Πίνακα 3.6-2. Χρησιμοποιούνται οι ακόλουθες συντομογραφίες: ICE (κινητήρας εσωτερικής καύσης), HV (υβριδικό όχημα) και EV (ηλεκτρικό όχημα).

Πίνακας 3.6-2 Σύγκριση χαρακτηριστικών τύπων οχημάτων

	ICE	HV	EV
Απόδοση	Μετατρέπει το 20% της ισχύος που περιέχεται στο καύσιμο σε ισχύ του οχήματος	Μετατρέπει το 40% της ισχύος που περιέχεται στο καύσιμο σε ισχύ του οχήματος	Μετατρέπει το 75% της ισχύος που περιέχεται στο καύσιμο σε ισχύ του οχήματος
Ταχύτητα (μέση μέγιστη)	124 mph – 200kph	110 mph – 177kph	30-95 mph – 48-152 kph (Tesla 130 mph – 215 kph)
Επιτάχυνση 0-100kph	8.4s	6-7s	2.1-6s (2.1 για Tesla)
Συντήρηση	<ul style="list-style-type: none"> • Τροχοί/ λάστιχα • Κινητήρας • Καύσιμα • Αμάξωμα • Ηλεκτρικά • Φώτα 	<ul style="list-style-type: none"> • Τροχοί/ λάστιχα • Κινητήρας • Καύσιμα • Αμάξωμα • Ηλεκτρικά • Φώτα 	<ul style="list-style-type: none"> • Τροχοί/ λάστιχα • Κινητήρας • Μπαταρία • Αμάξωμα • Ηλεκτρικά • Φώτα
Αυτονομία	Τουλάχιστον 300 μίλια μέχρι την ανάγκη για καύσιμο. Σχεδόν 8.4 klm/lt	Τυπικά 20-25 klm/lt	100-300 μίλια πριν απαιτηθεί επαναφόρτιση

Κεφάλαιο 4^ο Αναγκαίες Υποδομές

4.1 Επίπεδα ισχύος φόρτισης

Οι σταθμοί φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων διαφέρουν μεταξύ τους ανάλογα με το επίπεδο της ισχύος φόρτισης που παρέχουν. Όπως αναφέρθηκε τεχνολογία ενσύρματης σύνδεσης είναι η επικρατέστερη στους σταθμούς φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων. Υπάρχουν σταθμοί με μονοφασική ή τριφασική AC σύνδεση αλλά και σταθμοί με DC σύνδεση. Τα επίπεδα ισχύος φόρτισης είναι τα πιο κάτω:

- Επίπεδο 1 (slow charging): Περιλαμβάνει τη μονοφασική AC σύνδεση η οποία ουσιαστικά δεν διαφέρει από ένα απλό ρευματοδότη (πρίζα) οικίας. Η φόρτιση από μονοφασική παροχή είναι αργή και η παρεχόμενη ισχύς είναι συνήθως 3 -7,4 KW, όπως φαίνεται στην εικόνα 4.1-1.



Εικόνα 4.1-1 Αυτοκίνητο Tesla Roadster φορτίζει σε ιδιωτικό γκαράζ, ενώ βρίσκεται σταθμευμένο

- Επίπεδο 2 (semi-fast charging): Περιλαμβάνει την τριφασική AC σύνδεση η οποία παρέχει υψηλότερα επίπεδα ισχύος φόρτισης από τη μονοφασική. Η φόρτιση από τριφασική παροχή δίνει τη δυνατότητα μεταφοράς μεγάλης ισχύος χωρίς να απαιτούνται μεγάλες τάσεις και ρεύματα. Η φόρτιση των συσσωρευτών επιτυγχάνεται γρηγορότερα από μια τριφασική παροχή εν συγκρίσει με μια μονοφασική. Η παρεχόμενη ισχύς φόρτισης είναι συνήθως 400V/16A-11 kW - 400V/32A-22 kW.
- Επίπεδο 3 (fast charging): Περιλαμβάνει τις παροχές μέσω των οποίων μπορεί να επιτευχθεί ταχεία φόρτιση. Οι παροχές αυτές μπορεί να είναι μια τριφασική AC σύνδεση ή μια DC σύνδεση. Σε αυτές τις περιπτώσεις απαιτούνται ξεχωριστές εγκαταστάσεις φόρτισης και καλωδίωσης. Η διάρκεια φόρτισης με αυτές τις παροχές είναι λιγότερο από 45 λεπτά με ισχύ φόρτισης συνήθως 40 KW.

4.2 Καλωδιώσεις φόρτισης

Οι μέχρι σήμερα τεχνολογικές εξελίξεις βοήθησαν στη κατασκευή μιας μεγάλης ποικιλίας καλωδίων φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων. Αυτό ίσως να είναι προβληματικό από τη πλευρά των χρηστών των ηλεκτρικών οχημάτων, καθώς αναμένουν να είναι σε θέση να φορτίζουν τα οχήματά τους σε οποιοδήποτε σταθμό φόρτισης. Από την άλλη πλευρά οι σταθμοί φόρτισης πρέπει να έχουν τη δυνατότητα εγκατάστασης διαφόρων διεπαφών φόρτισης ώστε να μπορούν φιλοξενήσουν διαφορετικά οχήματα. Γι' αυτό το λόγο έχουν αρχίσει κοινές προσπάθειες από τους κατασκευαστές αυτοκινήτων, τις εταιρείες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας καθώς και τους παραγωγούς ηλεκτρικού εξοπλισμού για τη σύναψη συμφωνίας με σκοπό τη κατασκευή ενός προτύπου για τις διασυνδέσεις φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων.

4.3 Σταθμοί φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων

Με την ένταξη των ηλεκτρικών οχημάτων στην καθημερινή ρουτίνα απαιτείται η δημιουργία σταθμών φόρτισης ανάλογα με τη τεχνολογία των μπαταριών τους, το διαθέσιμο από το χρήστη χρόνο φόρτισης και τον τρόπο χρήσης των οχημάτων (χρόνος λειτουργίας, διαθέσιμη αυτονομία κ.λ.π). 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. Οι σταθμοί φόρτισης μέχρι στιγμής διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες οι οποίες είναι οι εξής:

- **Ιδιωτικοί σταθμοί φόρτισης με ιδιωτική πρόσβαση:** Αυτή η κατηγορία σταθμών φόρτισης περιλαμβάνει κυρίως τη φόρτιση μέσω οικιακού δικτύου η οποία γίνεται από μονοφασική παροχή με τάση 220 V και η ισχύς φόρτισης είναι επιπέδου 1. Η φόρτιση από ιδιωτικούς χώρους με ιδιωτική πρόσβαση είναι αργή και γίνεται συνήθως τις νυχτερινές ώρες λόγω χαμηλού τιμολογίου κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας. Επίσης οι χρήστες των οχημάτων μπορούν να ανήκουν σε στόλο οχημάτων όπου θα πληρώνει ο καθένας το μερίδιό του.
- **Ιδιωτικοί σταθμοί φόρτισης με δημόσια πρόσβαση:** Η κατηγορία αυτή αφορά. α) τη δημιουργία σταθμών φόρτισης υποκαθιστώντας ουσιαστικά τα πρατήρια συμβατικών καυσίμων που χρησιμοποιούνται σήμερα κατά κόρον από τους οδηγούς. β) τους σταθμούς φόρτισης σε χώρους στάθμευσης μεγάλων εμπορικών κέντρων και γενικότερα στον εργασιακό χώρο. Οι χρήστες των οχημάτων μπορούν να αξιοποιούν τη χρόνο που είναι παρκαρισμένα τα οχήματά τους για να τα φορτίσουν. Και στις δύο περιπτώσεις ανάλογα με το χρόνο και τις απαιτήσεις φόρτισης του οχήματος υπάρχει και η ανάλογη χρέωση. Το επίπεδο φόρτισης εξαρτάται από τη φύση του χώρου και τις απαιτήσεις του πελάτη. Έτσι μπορούν να δημιουργηθούν σταθμοί όλων των επιπέδων 1-3 (slow, semi-fast και fast charging).
- **Δημόσιοι σταθμοί φόρτισης με δημόσια πρόσβαση:** Στις πυκνοκατοικημένες περιοχές των πόλεων είναι δύσκολη πρόσβαση σε σταθμούς φόρτισης με δημόσια πρόσβαση. Για την αντιμετώπιση τέτοιων προβλημάτων ένας τρόπος είναι η δημιουργία σταθμών φόρτισης σε δημόσιους δρόμους. Το επίπεδο ισχύος φόρτισης τέτοιων σταθμών είναι 1 και 2.

Οι κατασκευή σταθμών φόρτισης με χρήση φωτοβολταϊκών κυττάρων αποτελεί μια σημαντική τεχνολογική εξέλιξη η οποία έχει αρχίσει να εφαρμόζεται σε αρκετές πόλεις του κόσμου. Παρόλα αυτά ο χαμηλός βαθμός απόδοσης των φωτοβολταϊκών κυττάρων, το υψηλό κόστος καθώς και ο κίνδυνος της φθοράς που διατρέχουν είναι πολύ σημαντικά μειονεκτήματα τα οποία μελλοντικά πρέπει να αντιμετωπιστούν.

Σε ένα επόμενο στάδιο ανάπτυξης της τεχνολογίας το σύνολο των σταθμών φόρτισης θα πρέπει να ελέγχεται από μια κεντρική μονάδα μέσω ειδικού λογισμικού ασύρματης δικτύωσης έτσι ώστε να προλαμβάνονται τυχόν αυξημένες απαιτήσεις ή δυσλειτουργίες της διαδικασίας. Ακόμα

οι καταναλωτές θα μπορούν να κλείνουν καλύτερες συμφωνίες για V2G(Vehicle to grid) λειτουργία (πώληση ηλεκτρικής ενέργειας στο κεντρικό δίκτυο).

4.4 V2G λειτουργία

4.4.1 Ευφυές Δίκτυο

Η V2G λειτουργία είναι μια τεχνολογία η οποία προκύπτει από τον τρόπο λειτουργίας των ευφυών δικτύων. Έτσι προτού αναλύσουμε τη V2G λειτουργία κρίνεται αναγκαίο να κάνουμε μια αναφορά στα ευφυή δίκτυα. Με τον όρο ευφυές δίκτυο (smart grid) εννοούμε το ηλεκτρικό δίκτυο που ενσωματώνει έξυπνα τη συμπεριφορά και τις δράσεις όλων των χρηστών καταναλωτών ή και παραγωγών ηλεκτρικής ενέργειας στη διεσπαρμένη ανανεώσιμη παραγωγή, με σκοπό να παρέχει ηλεκτρική ενέργεια με υψηλή απόδοση, ασφάλεια και οικονομία. Η ανάγκη υιοθέτησης ευφυών δικτύων προκύπτει λόγω των πολλών προκλήσεων που αντιμετωπίζουν τις τελευταίες δεκαετίες τα Σ.Η.Ε, όπως η απελευθέρωση της αγοράς, η επιτακτική ανάγκη για μεγαλύτερο σεβασμό στο περιβάλλον, η διείσδυση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, η συνεχώς αυξανόμενη ζήτηση ενέργειας και πολλοί άλλοι παράγοντες. Το ευφυές δίκτυο εν συγκρίσει με ένα κλασσικό Σ.Η.Ε έχει τα εξής πλεονεκτήματα:

- χρησιμοποιεί ψηφιακές μεθόδους αντί για ηλεκτρομηχανικές
- επιτρέπει την αμφίδρομη επικοινωνία σε πραγματικό χρόνο μεταξύ παραγωγής και κατανάλωσης
- διαθέτει εξελιγμένα ψηφιακά μετρητικά συστήματα σε πολλά σημεία του
- βελτιστοποιεί την αξιοποίηση των ήδη υπαρχόντων εγκαταστάσεων
- παρέχει στους καταναλωτές δυνατότητες πιο ενεργής συμμετοχής, με διάφορες λειτουργίες διαχείρισης από την πλευρά της κατανάλωσης (demand side management), όπως την κατάθεση προσφορών σε διάφορες αγορές (demand-side bidding/DSB)
- έχει τη δυνατότητα αποθήκευσης ενέργειας
- αποτελείται από πολλά μικρότερα μικροδίκτυα (microgrids) και
- χρησιμοποιεί διεσπαρμένες πηγές ενέργειας (distributed energy resources/DERs)

Συνεπώς, το ευφυές δίκτυο είναι μια αναβάθμιση του ηλεκτρικού δικτύου που αξιοποιεί την τεχνολογία της πληροφορίας, για την άμεση ενημέρωση του διαχειριστή αλλά και των καταναλωτών. Τα ηλεκτρικά οχήματα μπορούν να διαδραματίσουν σημαντικό ρόλο στις πιο πάνω λειτουργίες των smart grids καθώς με τη V2G λειτουργία μπορούν να λειτουργήσουν ως μονάδες διεσπαρμένης παραγωγής, παρέχοντας επικουρικές υπηρεσίες στο δίκτυο. Έτσι οι καταναλωτές μπορούν συμμετάσχουν σοβαρά στη διαχείριση του δικτύου από την πλευρά της κατανάλωσης.

4.4.2 Περιγραφή της V2G λειτουργίας

Τα ηλεκτρικά οχήματα όπως έχει ήδη αναφερθεί αποτελούν κινητές συσκευές αποθήκευσης ενέργειας η οποίες εκφορτίζονται κατά τη διάρκεια των μετακινήσεων και φορτίζονται από το δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας κατά τη διάρκεια της στάθμευσης τους στο σταθμό φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων. Με τον όρο V2G (vehicle to grid) αναφερόμαστε στη διαδικασία μεταφοράς ενέργειας από την πλευρά των οχημάτων προς την αντίστοιχη του ηλεκτρικού δικτύου, όταν τα ηλεκτρικά οχήματα είναι σταθμευμένα. Η V2G λειτουργία γίνεται με δύο τρόπους ανάλογα με τον τρόπο παροχής ενέργειας προς το δίκτυο. Έτσι έχουμε την αμφίδρομη V2G λειτουργία (bidirectional V2G) κατά την οποία γίνεται αποφόρτιση της μπαταρίας του οχήματος προσφέροντας ισχύ από το όχημα προς το δίκτυο μέσω της παροχής αλλά και την μονής κατεύθυνσης V2G λειτουργία (unidirectional V2G) κατά την οποία γίνεται διαμόρφωση του ρυθμού φόρτισης της μπαταρίας κατά φόρτιση αποκλειστικά από το δίκτυο προς το όχημα. Στην μονής κατεύθυνσης V2G λειτουργία δεν υπάρχει η δυνατότητα η ήδη αποθηκευμένη ενέργεια στο συσσωρευτή να ρεύσει προς το δίκτυο με αποτέλεσμα να παρέχονται μικρότερα ποσά ισχύος άρα και ενέργειας προς αυτό σε σύγκριση με την αμφίδρομη. Παρόλα αυτά για να επιτευχθεί η αμφίδρομη V2G λειτουργία απαιτείται επιπρόσθετος εξοπλισμός όπως ηλεκτρονικά ισχύος που να μπορούν να μετατρέπουν τη συνεχή τάση από το όχημα στην εναλλασσόμενη τάση του δικτύου. Ο εξοπλισμός αυτός δεν υφίσταται στα ήδη υπάρχοντα EVs της αγοράς αλλά και ούτε προβλέπεται στα μοντέλα που πρόκειται να κυκλοφορήσουν σύντομα. Επίσης από πλευράς καταναλωτών πιθανόν να υπάρξει επιφυλακτική στάση απέναντι σε αυτό τον τρόπο V2G λειτουργίας καθώς μπορεί να ανησυχούν για τη φθορά του συσσωρευτή τους, μέσω της συχνής φόρτισης και εκφόρτισης του, κατά την αμφίδρομη V2G λειτουργία. Επομένως για την

αντιμετώπιση των πιο πάνω προκλήσεων θεωρείται ότι θα εφαρμοσθεί πρώτα η μονής κατεύθυνσης V2G λειτουργία, έτσι ώστε οι καταναλωτές να αρχίσουν να αποδέχονται την καινούργια ιδέα και τεχνολογία αλλά και οι υπόλοιποι εμπλεκόμενοι φορείς, όπως οι αγορές και οι διαχειριστές των εκάστοτε συστημάτων, να αποκτήσουν την απαραίτητη εμπειρία, ώστε να είναι προετοιμασμένοι για την ευρύτερη διάδοση της αμφίδρομης V2G λειτουργίας.

Με τη διάδοση της V2G λειτουργίας οι κατασκευαστές των ηλεκτρικών οχημάτων θα πρέπει να αντιμετωπίσουν νέες τεχνολογικές προκλήσεις όσον αφορά την αμφίδρομη επικοινωνία των οχημάτων με το δίκτυο, την ανταλλαγή ισχύος με αυτό και την ενημέρωση του χρήστη για τη πορεία φόρτισης του οχήματος. Καταρχήν τα ηλεκτρικά οχήματα που μπορούν να συμμετάσχουν στη V2G λειτουργία είναι όσα έχουν δυνατότητα σύνδεσης με το δίκτυο, δηλαδή μέχρι στιγμής τα Ηλεκτρικά Οχήματα με Συσσωρευτές (BEVs), τα Επαναφορτιζόμενα Υβριδικά οχήματα (PHEVs) και τα ηλεκτρικά οχήματα με χρήση κυψελών καυσίμου (FCEVs) εάν έχουν δυνατότητα σύνδεσης με το δίκτυο. Οι πιο πάνω τύποι ηλεκτρικών οχημάτων για να μπορούν υποστηρίξουν τη V2G λειτουργία πρέπει να πληρούν τις πιο κάτω προϋποθέσεις:

- Τα οχήματα πρέπει να διαθέτουν κατάλληλη σύνδεση με το δίκτυο, που να επιτρέπει τη ροή ενέργειας από το όχημα στο δίκτυο. Στα οχήματα που είναι ικανά να φορτίζονται με AC φόρτιση επαφής και έχουν ήδη ενσωματωμένο (on-board) φορτιστή μπορούν να γίνουν οι απαραίτητες τροποποιήσεις για την υποστήριξη αυτής της λειτουργίας.
- Τα οχήματα πρέπει να μπορούν να δέχονται ένα σήμα ελέγχου από το δίκτυο (το διαχειριστή του δικτύου) και να είναι σε θέση να ανταποκρίνονται σε αυτό σε πραγματικό χρόνο. Το σήμα ελέγχου ISO (Independent System Operator), μπορεί να είναι ένα ραδιοσήμα, ένα σήμα μέσω του δικτύου κινητής τηλεφωνίας, μια απευθείας διαδικτυακή σύνδεση, ή ένα φέρον σήμα στο δίκτυο ισχύος. Σε περίπτωση αυξημένης ζήτησης ο διαχειριστής στέλνει σήμα – αίτηση ταυτόχρονα σε ένα μεγάλο αριθμό οχημάτων ή στον αντίστοιχο διαχειριστή ενός στόλου οχημάτων.
- Σε περίπτωση που το ηλεκτρικό όχημα πουλά υπηρεσίες στο δίκτυο από διαφορετικές θέσεις, πρέπει να είναι εφοδιασμένο με ειδικό ενσωματωμένο μετρητή (έξυπνο μετρητή), ώστε να μπορούν να καθοριστούν οι υπηρεσίες που προσφέρθηκαν και η ισχύς που απορροφήθηκε από κάθε ξεχωριστή θέση φόρτισης. Επίσης ο οδηγός θα πρέπει να γνωρίζει ανά πάσα στιγμή την κατάσταση φόρτισης (State Of Charge/SOC) του συσσωρευτή του,

έχοντας τη δυνατότητα να ορίσει το μέγιστο δυνατό βάθος εκφόρτισης, ώστε να μπορεί να καλύψει τις βασικές ανάγκες μεταφοράς του.

4.4.3 Η θέση της V2G λειτουργίας στις αγορές ηλεκτρικής ισχύος και στη παροχή επικουρικών υπηρεσιών

Ένα σημαντικό κεφάλαιο το οποίο χρήζει μελέτης με τη διάδοση της V2G λειτουργίας είναι σε ποιες αγορές ενέργειας και επικουρικές υπηρεσίες μπορούν να συμμετάσχουν τα ηλεκτρικά οχήματα με σκοπό το οικονομικό όφελος αλλά και τη βελτιστοποίηση της λειτουργίας του δικτύου. Μέχρι στιγμής οι αγορές ενέργειας στα Σ.Η.Ε κατηγοριοποιούνται ως εξής:

- Αγορά ισχύος βασικού φορτίου
- Αγορά ισχύος φορτίου αιχμής
- Αγορά στρεφόμενων εφεδρειών
- Αγορά διευθέτησης παρεχόμενης και λαμβανόμενης ισχύος (Ρύθμιση συχνότητας και τάσης)

Η ισχύς βάσης παρέχεται συνήθως από τους ηλεκτροπαραγωγούς σταθμούς επί 24ώρου βάσεως και η χρέωση της KWh είναι χαμηλή. Η παροχή ενέργειας γίνεται μέσω μακροπρόθεσμων συμβολαίων για σταθερή παραγωγή και διάθεση σε χαμηλή τιμή. Τα ηλεκτρικά οχήματα δεν έχουν ικανότητα παραγωγής ενέργειας για τη κάλυψη του βασικού φορτίου και επίσης έχουν υψηλό κόστος ανά KWh. Άρα δεν μπορούν να συμμετάσχουν σε αυτή την αγορά με ανταγωνιστικό χαρακτήρα. Επίσης τα σημαντικά πλεονεκτήματα της V2G τεχνολογίας όπως ο γρήγορος χρόνος απόκρισης, το χαμηλό κόστος αναμονής και το μικρό εκμεταλλεύσιμο κεφάλαιο δεν μπορούν να αντισταθμίσουν τις βασικές της αδυναμίες που είναι η περιορισμένη δυνατότητα αποθήκευσης και ο μικρός κύκλος ζωής του χρησιμοποιούμενου εξοπλισμού. Τα φορτία αιχμής παρουσιάζονται σε ώρες της ημέρας που υπάρχει υψηλή κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας, όπως οι καλοκαιρινές μέρες με υψηλή θερμοκρασία. Τα φορτία αυτά διαρκούν συνήθως 3-5ώρες και εξυπηρετούνται από μονάδες παραγωγής που μπορούν να είναι ενεργές για σύντομα χρονικά διαστήματα. Ένας στόλος οχημάτων είναι ικανός να υποστηρίξει τις πιο πάνω απαιτήσεις σε αυτό το χρονικό διάστημα μέσω της V2G λειτουργίας.

Οι στρεφόμενες εφεδρείες στα Σ.Η.Ε αφορούν την ικανότητα παραγωγής πρόσθετης ισχύος σε μικρό χρονικό διάστημα (εντός δέκα λεπτών). Αυτό επιτυγχάνεται με τη λειτουργία κάποιων γεννητριών οι οποίες παράγουν χαμηλά επίπεδα ισχύος (π.χ 1 MW) και όταν υπάρξει μεγαλύτερη ανάγκη αυξάνουν τη παραγωγή τους. Με τον τρόπο αυτό απαλείφεται η ανάγκη συγχρονισμού των γεννητριών στο δίκτυο και υπάρχει άμεσα διαθέσιμη ισχύς για την εξυπηρέτηση του φορτίου. Το κόστος των στρεφόμενων εφεδρειών έχει άμεση σχέση με το χρόνο που αυτές είναι διαθέσιμες και σε περίπτωση που χρησιμοποιηθούν υφίσταται επιπρόσθετο κόστος. Η αγορά στρεφόμενων εφεδρειών γίνεται με συμβόλαια και με χρόνο εξυπηρέτησης συνήθως τη 1 h. Τα ηλεκτρικά οχήματα μπορούν να παρέχουν υπηρεσίες στρεφόμενης εφεδρείας μέσω της V2G λειτουργίας, με το να παραμένουν συνδεδεμένα στο δίκτυο, χωρίς ουσιαστικά να παράγουν πραγματική ενέργεια και να αποφορτίζουν τους συσσωρευτές τους. Το κόστος φθοράς των συσσωρευτών είναι πολύ περιορισμένο, ενώ τα κέρδη από τη συμμετοχή στην αγορά μπορεί να είναι αρκετά αυξημένα.

Η διευθέτηση παρεχόμενης και λαμβανόμενης ισχύος αφορά την εξασφάλιση της ισορροπίας μεταξύ της παραγόμενης ισχύος και του φορτίου με αποτέλεσμα η τάση και η συχνότητα του δικτύου να διατηρούνται στην ονομαστική τους τιμή. Όταν το φορτίο υπερνικά τη παραγωγή τότε η συχνότητα και η τάση μειώνονται και την ανάκαμψη τους υφίσταται η ανάγκη αύξησης της ισχύος εξόδου των γεννητριών. Αυτή η κατάσταση λειτουργίας των γεννητριών ονομάζεται regulation up. Αντίθετα όταν η παραγωγή υπερνικά το εξυπηρετούμενο φορτίο τότε η τάση και η συχνότητα ανεβαίνουν σε υψηλότερα επίπεδα από την ονομαστική τους τιμή με αποτέλεσμα την ανάγκη μείωσης της παραγόμενης ισχύος από τις γεννήτριες. Αυτή η κατάσταση λειτουργίας των γεννητριών ονομάζεται regulation down. Οι γεννήτριες που συμπεριλαμβάνονται στα συμβόλαια αυτών των λειτουργιών μπορούν να χρησιμοποιούνται και στις δύο καταστάσεις εφόσον δε συνυπάρχουν. Τα ηλεκτρικά οχήματα είναι σε θέση να συμμετάσχουν στην αγορά ρύθμισης συχνότητας μέσω της V2G λειτουργίας αφού μπορούν να ανταποκριθούν ταχύτατα σε σήματα ρύθμισης και έχουν τη δυνατότητα να πραγματοποιήσουν τόσο άνω ρύθμιση, με την αύξηση της ροής ισχύος προς το δίκτυο ή τη μείωση του ρυθμού φόρτισης των συσσωρευτών τους, όσο και κάτω ρύθμιση, με την αύξηση του ρυθμού φόρτισης των συσσωρευτών τους ή τη μείωση της ροής ισχύος προς το δίκτυο. Ένας συνδυασμός άνω και κάτω ρύθμισης μπορεί να προκαλέσει πολύ μικρή αποφόρτιση του συσσωρευτή, χωρίς να προκαλεί ιδιαίτερα προβλήματα φθοράς όσον αφορά τους κύκλους λειτουργίας του συσσωρευτή.

4.4.4 Ενσωμάτωση ηλεκτρικών οχημάτων στη πρωτεύουσα ρύθμιση συχνότητας

Κατά την πρωτεύουσα ρύθμιση συχνότητας όταν ανιχνευθεί μια μεταβολή στη συχνότητα από τους ρυθμιστές στροφών των γεννητριών, τότε αυτοί ενημερώνουν τους στροβίλους με κατάλληλα σήματα-εντολές , για να μεταβάλουν την ισχύ τους ανάλογα με το σφάλμα συχνότητας το δικτύου. Η ρύθμιση αυτή μπορεί να ενισχυθεί μέσω της V2G λειτουργίας , καθώς τα ηλεκτρικά οχήματα είναι ικανά να παρέχουν υπηρεσίες ‘‘γρήγορης ρύθμισης’’, με αποτέλεσμα το σφάλμα συχνότητας να εξαλείφεται γρηγορότερα και σε μεγαλύτερο βαθμό. Το τελευταίο είναι ιδιαίτερα σημαντικό, καθώς το έργο της δευτερεύουσας ρύθμισης γίνεται ευκολότερο. Τα ηλεκτρικά οχήματα μπορούν να αντιδρούν ταχύτατα σε σήματα ρύθμισης, καθώς το σήμα συχνότητας είναι διαθέσιμο σε οποιοδήποτε σημείο του ηλεκτρικού δικτύου, χωρίς να απαιτείται κάποια πολύπλοκη διαδικασία μετάδοσής του. Έτσι, όταν το σφάλμα συχνότητας είναι αρνητικό τότε σύμφωνα με τη διαδικασία της πρωτεύουσας ρύθμισης η μονάδες παραγωγής θα ξεκινήσουν τη διαδικασία αύξησης της ισχύος εξόδου τους, ταυτόχρονα ο διαχειριστής του συστήματος στέλνει σήμα-εντολή στα ηλεκτρικά οχήματα ,να μειώσουν το ρυθμό φόρτισης τους ή να εκφορτίσουν τους συσσωρευτές τους με σκοπό να υποστηρίξουν το δίκτυο. Το σήμα-εντολή φτάνει στα οχήματα με ελάχιστη καθυστέρηση της τάξεως των δευτερολέπτων. Αντίστοιχη διαδικασία εκτελείται και όταν το σφάλμα συχνότητας είναι θετικό με αύξηση του ρυθμού φόρτισης των οχημάτων. Επομένως, τα ηλεκτρικά οχήματα είναι ικανά να ανταποκριθούν τόσο σε υπηρεσίες άνω όσο και κάτω ρύθμισης σε μικρό χρονικό διάστημα.

Με την αρκετά μεγάλη διείσδυση των ηλεκτρικών οχημάτων στο δίκτυο, είναι αναγκαίο να χρησιμοποιηθεί ένας ενδιάμεσος ελεγκτής για να συντονίζει τα διάφορα συστήματα μεταφοράς ενέργειας των EV, και να λειτουργεί ως μεσάζων μεταξύ του διαχειριστή του συστήματος και των οχημάτων. Ο ελεγκτής αυτός ουσιαστικά θα είναι ένα μοντέλο συναθροιστή (aggregator), που θα διαχειρίζεται ένα στόλο οχημάτων διευκολύνοντας έτσι τη ανταλλαγή πληροφοριών μεταξύ των φορέων εκμετάλλευσης του συστήματος και των ηλεκτρικών οχημάτων.

Κεφάλαιο 5^ο Ένταξη Ηλεκτρικών Οχημάτων στο Ηλεκτρικό Δίκτυο

5.1. Φάσεις διείσδυσης

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

Παρακάτω παρουσιάζονται οι τρεις φάσεις ενσωμάτωσης των ηλεκτρικών οχημάτων στο δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας όπως καθορίστηκαν στα πλαίσια του ερευνητικού προγράμματος MERGE [26,27]. Κάθε μια φάση εξυπηρετεί έναν συγκεκριμένο στόχο και απαιτεί είτε την επέκταση των αρμοδιοτήτων των υπαρχόντων παικτών στο χώρο της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας είτε την ανάπτυξη νέων που εξυπηρετούν συγκεκριμένες διεργασίες για την αποδοτική σύνδεση των ηλεκτρικών οχημάτων στο δίκτυο.

- Καταλυτική Φάση

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

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

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

- Φάση εδραίωσης

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

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

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

- Προχωρημένη Φάση

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

5.2. Νέα επιχειρηματικά μοντέλα

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

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

Παραδείγματα επιχειρηματικών μοντέλων διαχείρισης της φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων παρουσιάζονται παρακάτω:

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

5.2.2. Προμηθευτής-Συναθροιστής Ηλεκτρικής Ενέργειας Ηλεκτρικών Οχημάτων

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

Ο παράγοντας αυτός πουλάει ενέργεια στον ιδιοκτήτη του ηλεκτρικού οχήματος, με σύμβαση που παρέχει πρόσβαση σε συγκεκριμένα σημεία φόρτισης. Η καινοτομία του συγκεκριμένου παράγοντα είναι ότι οι συμβάσεις δεν περιορίζονται σε μία συγκεκριμένη τοποθεσία ή μία

συγκεκριμένη παροχή ηλεκτρισμού, αλλά προσφέρει την ελευθερία επιλογής μεταξύ διαφόρων σημείων φόρτισης. Οι Προμηθευτές Ηλεκτρικών Οχημάτων είναι λιανοπωλητές και επομένως η επιχείρησή τους πρέπει να ορίζεται ως ανταγωνιστική δραστηριότητα αποδεδειγμένη από άλλες λειτουργίες στο σύστημα ηλεκτρικής ισχύος. Οι Προμηθευτές γενικά αναμένεται να συγκεντρώνουν πολλές συμβάσεις με ιδιοκτήτες ηλεκτρικών οχημάτων, ώστε να διεξάγουν μία ενιαία διαχείριση, γεγονός που θα τους δώσει μελλοντικά τη δυνατότητα για παροχή επικουρικών υπηρεσιών στο δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας μέσω της V2G λειτουργίας. Ο Προμηθευτής Ηλεκτρικών Οχημάτων θα θεωρείται ως ανταγωνιστική επιχείρηση όπως και άλλες εμπορικές επιχειρήσεις στην αγορά [28].

5.3. Αρχιτεκτονική επικοινωνίας

Παρακάτω παρουσιάζονται οι απαιτούμενες επικοινωνίες έτσι ώστε να επιτευχθεί η διαχείριση της ζήτησης των ηλεκτρικών οχημάτων.

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

Ο Διαχειριστής του δικτύου διανομής διαθέτει ένα σύστημα τηλε-μέτρησης σε πραγματικό χρόνο για να ελέγχει τη λειτουργία του δικτύου. Για την αποδοτικότερη λειτουργία του δικτύου ο DSO δύναται να δώσει οικονομικά κίνητρα στον EVS/A έτσι ώστε η ζήτηση των ηλεκτρικών οχημάτων να μην επιβαρύνει περαιτέρω το δίκτυο σε ώρες αυξημένης ζήτησης αλλά να κατανέμεται κατά τις ώρες χαμηλής ζήτησης [28].

Κεφάλαιο 6^ο Η αγορά των Ηλεκτρικών Οχημάτων

6.1 Χρήση Ηλεκτρικών αυτοκινήτων

Οι εγγραφές ηλεκτρικών αυτοκινήτων έφτασαν σε νέο ρεκόρ το 2016, με πάνω από 750 χιλιάδες πωλήσεις παγκοσμίως. Ωστόσο, οι πωλήσεις για το 2016 σημείωσαν επιβράδυνση του ρυθμού ανάπτυξης της αγοράς σε σύγκριση με τα προηγούμενα έτη στο 40%, καθιστώντας το 2016 το πρώτο έτος από το 2010, ότι ο ετήσιος ρυθμός αύξησης των πωλήσεων ηλεκτρικών αυτοκινήτων μειώθηκε κάτω από το 50%. Παρά τη μείωση, η διατήρηση του ρυθμού ανάπτυξης του 2016 κατά τα επόμενα χρόνια θα επιτρέψει την επίτευξη των στόχων πωλήσεων και αποθεμάτων του 2DS για το 2025 [29-34].

Η Κίνα ήταν μακράν η μεγαλύτερη αγορά ηλεκτρικών αυτοκινήτων το 2016, ενώ καταγράφηκαν 336.000 νέα ηλεκτρικά αυτοκίνητα. Οι πωλήσεις ηλεκτρικών αυτοκινήτων στην Κίνα ήταν περισσότερο από το διπλάσιο του ποσού στις Ηνωμένες Πολιτείες, όπου οι 2016 εγγραφές ηλεκτρικών αυτοκινήτων ανέκαμψαν σε 160 χιλιάδες μονάδες μετά από ελαφρά πτώση το προηγούμενο έτος [29-34]. Οι ευρωπαϊκές χώρες αντιπροσώπευαν 215 χιλιάδες πωλήσεις ηλεκτρικών αυτοκινήτων.¹¹ Τόσο σε παγκόσμιο επίπεδο όσο και στην Ευρωπαϊκή Ένωση, η αγορά ηλεκτρικών αυτοκινήτων εξακολουθεί να επικεντρώνεται σε περιορισμένο αριθμό χωρών. Στην Ευρώπη, τα περισσότερα από τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα που πωλήθηκαν το 2016 καταγράφηκαν σε έξι χώρες: τη Νορβηγία, το Ηνωμένο Βασίλειο, τη Γαλλία, τη Γερμανία, τις Κάτω Χώρες και τη Σουηδία. Σε παγκόσμιο επίπεδο, το 95% των πωλήσεων ηλεκτρικών αυτοκινήτων πραγματοποιείται σε μόλις δέκα χώρες: την Κίνα, τις Ηνωμένες Πολιτείες, την Ιαπωνία, τον Καναδά και τις έξι μεγάλες ευρωπαϊκές χώρες [29-34].

Το 2016, έξι χώρες πέτυχαν ένα μερίδιο αγοράς ηλεκτρικού αυτοκινήτου άνω του 1% των συνολικών πωλήσεων PLDV. Μεταξύ αυτών, η Νορβηγία ήταν ο αδιαμφισβήτητος παγκόσμιος ηγέτης, με μερίδιο αγοράς 29%, αποτέλεσμα ενός ευνοϊκού περιβάλλοντος πολιτικής τα τελευταία χρόνια που περιλαμβάνει ένα ευρύ φάσμα κινήτρων, από φορολογικές ελαφρύνσεις και εξαιρέσεις σε παραίτηση από οδικά τέλη και τέλη πορθμείων. Στη Νορβηγία ακολούθησαν οι Κάτω Χώρες, με μερίδιο αγοράς ηλεκτρικού αυτοκινήτου 6,4% και η Σουηδία με μερίδιο 3,4%. Η Κίνα, η Γαλλία και το Ηνωμένο Βασίλειο είχαν μερίδιο αγοράς ηλεκτρικού

αυτοκινήτου κοντά στο 1,5%. Η Κίνα και η Γαλλία έχουν επίσης αγορές με προσανατολισμό BEV και περίπου τα τρία τέταρτα των πωλήσεων ηλεκτρικών αυτοκινήτων στο 2016 ήταν BEV και μόνο το ένα τέταρτο ήταν PHEV. Αντίθετα, στην Ολλανδία, τη Σουηδία και το Ηνωμένο Βασίλειο, η πλειοψηφία των ηλεκτρικών αυτοκινήτων που καταχωρήθηκαν το 2016 ήταν PHEVs. Στην Ιαπωνία, τη Νορβηγία και τον υπόλοιπο κόσμο, κατά μέσο όρο, οι πωλήσεις ηλεκτρικών αυτοκινήτων κατανέμονται ισόποσα μεταξύ BEV και PHEV [29-34].

Το παγκόσμιο απόθεμα ηλεκτρικών αυτοκινήτων ξεπέρασε τα 2 εκατομμύρια μονάδες το 2016 μετά τη διέλευση του ορίου του 1 εκατομμυρίου οχημάτων το 2015. Παρά τη συνεχή αύξηση του αποθέματος ηλεκτρικών αυτοκινήτων, οι ετήσιοι ρυθμοί αύξησης μειώνονται σταθερά από το 2011. Το 2016, η αύξηση των αποθεμάτων ήταν 59%, από 76% το 2015 και 84% το 2014. Τα BEV εξακολουθούν να αντιπροσωπεύουν την πλειοψηφία των ηλεκτρικών αυτοκινήτων στο 60%. Το μερίδιό τους δεν άλλαξε σημαντικά από το 2012 και διατηρούσε διακυμάνσεις γύρω από αυτήν την αξία [29-34].

Σε σύγκριση με το παγκόσμιο απόθεμα αυτοκινήτων, το παγκόσμιο απόθεμα ηλεκτρικών αυτοκινήτων που παρακολουθείται σε αυτήν την έκθεση εξακολουθεί να αντιπροσωπεύει ένα μικρό κλάσμα, 0,2%, των συνολικών PLDVs σε κυκλοφορία παγκοσμίως. Η Κίνα ξεπέρασε τις Ηνωμένες Πολιτείες το 2016 στο σύνολο των αποθεμάτων ηλεκτρικών αυτοκινήτων, καθιστώντας τη χώρα με τις περισσότερες ΗΨ στο οδικό της δίκτυο. Η εξέλιξη αυτή οφείλεται κατά κύριο λόγο στην ταχέως αναπτυσσόμενη αγορά BEV της Κίνας, όπου οι BEVs συνέχισαν να κυριαρχούν πάνω από τα PHEV. Από το 2014, οι BEV σταθεροποιήθηκαν στο 75% περίπου του κινεζικού μεριδίου μετοχών ηλεκτρικών αυτοκινήτων. Η Κίνα και οι Ηνωμένες Πολιτείες αποτελούν το 60% του παγκόσμιου αποθέματος ηλεκτρικών αυτοκινήτων. Οι ευρωπαϊκές χώρες, σε συνδυασμό, αντιπροσωπεύουν το μεγαλύτερο μέρος των υπόλοιπων, αντιπροσωπεύοντας το 28% του συνολικού συνόλου. Όπως οι πωλήσεις ηλεκτρικών αυτοκινήτων, το παγκόσμιο απόθεμα εξακολουθεί να επικεντρώνεται σε λίγες αγορές. Οι πέντε πρώτες χώρες αντιπροσωπεύουν το 80% του συνόλου, ενώ οι δέκα πρώτες χώρες αντιπροσωπεύουν το 96% [29-34].

Το παγκόσμιο χρηματιστήριο BEV παρουσίασε υψηλότερο ετήσιο ρυθμό ανάπτυξης από το PHEV από το 2013. Το 2016, οι BEVs αυξήθηκαν κατά 62%, ενώ οι PHEVs αυξήθηκαν κατά 59%. Η αφήγηση αλλάζει αν δεν ληφθεί υπόψη η Κίνα: όταν αποκλείεται η Κίνα, ο ρυθμός

ανάπτυξης του παγκόσμιου αποθέματος PHEV ήταν υψηλότερος από ό, τι για τις BEV από το 2009, με μόνο την εξαίρεση του 2014. Όπως και στην περίπτωση των πωλήσεων, διαφορετικές χώρες έχουν διαφορετικά χαρακτηριστικά. Το απόθεμα ηλεκτρικών αυτοκινήτων στην Κίνα, τη Γαλλία και τη Νορβηγία αποτελείται κυρίως από BEV. Οι Κάτω Χώρες είναι σαφώς η χώρα με το μεγαλύτερο μερίδιο των PHEV στο απόθεμά της, στο 88% του συνόλου. Μια τρίτη ομάδα χωρών, συμπεριλαμβανομένου του Καναδά και των Ηνωμένων Πολιτειών, έχει μια αρκετά ομοιόμορφη κατανομή των PHEV και BEVs στο απόθεμά τους [29-34].

6.1.1 Ηλεκτρικά οχήματα μικρής ταχύτητας

Τα ηλεκτρικά οχήματα χαμηλής ταχύτητας (LSEVs) κερδίζουν τη σημασία τους κυρίως στην Κίνα, όπου έχουν εξελιχθεί ως ανταγωνιστές τόσο σε ηλεκτρικά οχήματα όσο και σε δίκυκλα. Τα LSEV έχουν γενικά μέγιστη ταχύτητα μεταξύ 40 km / h και 70 km / h, έχουν μικρές διακυμάνσεις και, σε ορισμένες περιπτώσεις, χρησιμοποιούν μπαταρίες μολύβδου-οξέος και βασική τεχνολογία κινητήρα. Οι εκτιμήσεις για τις πωλήσεις LSEV το 2016 ήταν μεταξύ 1,2 εκατομμύρια και 1,5 εκατομμύρια, και το έτος σε έτος ρυθμό ανάπτυξης από το 2014 ήταν κοντά στο 50% για το τρίτο συνεχές έτος [35-38]. Δεδομένου ότι τα LSEV άρχισαν να αναπτύσσονται μετά το 2011 [39], το τρέχον απόθεμά τους είναι πιθανό να είναι κοντά σε 3-4 εκατομμύρια μονάδες. Τα κύρια αξιοθέατα των LSEV είναι το χαμηλό κόστος τους, το μικρό τους μέγεθος και η έλλειψη κανονισμών (για παράδειγμα, δεν απαιτούν άδεια οδήγησης ή ασφάλιση για να λειτουργήσουν). Αυτό είναι ιδιαίτερα επωφελές για τους καταναλωτές χαμηλού εισοδήματος που ζουν σε μικρές ή μεσαίες πόλεις, τους ηλικιωμένους και εκείνους σε πόλεις όπου ο αριθμός των νέων πινακίδων κυκλοφορίας είναι περιορισμένος. Στην επαρχία Shandong της Κίνας, η αναπτυσσόμενη βιομηχανία LSEV συνέβαλε επίσης σημαντικά στη δημιουργία θέσεων εργασίας. Η αυξανόμενη χρήση των LSEVs δεν υλοποιήθηκε χωρίς ανησυχίες. Η χρήση μπαταριών μολύβδου-οξέος είχε αρνητικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις και η έλλειψη κανονισμών για τους κατασκευαστές LSEV οδήγησε σε κακές επιδόσεις ασφάλειας. Επίσης διακυβεύεται η ασφάλεια της κυκλοφορίας. Οι δυσκολίες χρήσης LSEV σε μεγάλες πόλεις οφείλονται στην κακή επιτάχυνση και τις χαμηλές τελικές ταχύτητες. Χρησιμοποιούνται συχνά σε λωρίδες ποδηλασίας και, επειδή και οι ίδιοι οι οδηγοί και τα LSEV δεν χρειάζονται συγκεκριμένη τεκμηρίωση για να λειτουργήσουν, είναι δύσκολο να ελεγχθούν. Τέλος, τα LSEV

θα μπορούσαν να θέσουν σε κίνδυνο την αγορά ηλεκτρικών αυτοκινήτων, μία από τις προτεραιότητες της Κίνας για την ανάπτυξη της βιομηχανικής πολιτικής. Η νομοθεσία για τη ρύθμιση και την τυποποίηση των LSEV συζητείται επί του παρόντος από την κινεζική κυβέρνηση [40]. Σύμφωνα με το δίκτυο ηλεκτρικών αυτοκινήτων της Κίνας (CNEV), ορισμένα από τα θέματα που θα αντιμετωπιστούν με τους κανονισμούς περιλαμβάνουν τους τύπους μπαταριών (μπαταρίες μολύβδου-οξέος έναντι των μπαταριών ιόντων λιθίου), τις υποχρεωτικές δοκιμές ασφαλείας και τις διαστάσεις των οχημάτων [41]. Ο στόχος υψηλού επιπέδου είναι η αναβάθμιση του στόλου LSEV σε κυκλοφορία, η ρύθμιση και η τυποποίηση των οχημάτων και η εξάλειψη των LSEV που δεν συμμορφώνονται με αυτά τα πρότυπα.

6.1.2 Οχήματα Δύο και Τριών Τροχών

Η Κίνα εξακολούθησε να κυριαρχεί τόσο στις νέες εγγραφές όσο και στον παγκόσμιο κατάλογο των δίκυκλων ηλεκτρικών το 2016, με εκτιμήσεις πωλήσεων συνεπείς με εκείνες που αναφέρονται στο [39] (περίπου 26 εκατομμύρια, σύμφωνα με την υποβολή δεδομένων EVI από την Κίνα). Δεδομένης της εξέλιξης των πωλήσεων με δύο τροχούς με την πάροδο του χρόνου και της ηλικίας συνταξιοδότησης, η οποία θα πρέπει να είναι λογικά κοντά σε οκτώ έως δέκα χρόνια, το απόθεμα οχημάτων πρέπει να είναι το ίδιο μέγεθος με τις εκτιμώμενες τιμές 2015 μεταξύ 200 και 230 εκατομμυρίων. Ενώ η ποιότητα και η συλλογή δεδομένων παραμένουν ένα ζήτημα, είναι προφανές ότι η Κίνα είναι μακράν ο παγκόσμιος ηγέτης. Ο υψηλός ρυθμός αύξησης των ηλεκτρικών ποδηλάτων οφείλεται εν μέρει στις πολιτικές της χώρας για τη μείωση του κινδύνου ατμοσφαιρικής ρύπανσης, όπως η απαγόρευση των μοτοσικλετών με πετρέλαιο, οι περιορισμοί αδειοδότησης και ο διαχωρισμός των ταινιών [42]. Επιπλέον, τα ποδήλατα έχουν φτάσει στο κόστος των μοντέλων ICE, καθιστώντας τα οικονομικά και ελκυστικά για τους καταναλωτές. Η συλλογή περαιτέρω δεδομένων είναι απαραίτητη για την επικύρωση και σύγκριση περισσότερων χωρών και για τον εξορθολογισμό των διεθνών πληροφοριών σύγκρισης. Τα λίγα διαθέσιμα στοιχεία δείχνουν ότι το Ηνωμένο Βασίλειο παρουσίασε θετική αύξηση του αριθμού των δίκυκλων οχημάτων από το 2015 έως το 2016. Η Σουηδία τα αύξησε επίσης το 2015 από το 2014, αλλά τα δεδομένα δεν ήταν διαθέσιμα για το 2016. Τα τρίκυκλα, ευρέως διαδεδομένα στις ασιατικές χώρες και κυρίως γνωστά ως tuk-tuks, προσελκύουν επίσης την προσοχή των υπευθύνων χάραξης πολιτικής και είναι υποχρεωμένοι να γίνονται ολοένα και

πιο ηλεκτρισμένοι. Για παράδειγμα, η κυβέρνηση της Ταϊλάνδης σχεδιάζει να ξεκινήσει την εκτόξευση του στόλου των οχημάτων της μέσω της αντιμετώπισης των tuk-tuks μέσω ενός προγράμματος επιδοτήσεων με στόχο την υποστήριξη της εισαγωγής 100 από αυτά μέχρι το 2018. Η πολιτική αποσκοπεί στην αντικατάσταση των 22 000 tuk- στους δρόμους εντός πέντε ετών .

6.1.3 Ηλεκτρικά Λεωφορεία

Το παγκόσμιο απόθεμα ηλεκτρικών λεωφορείων με μπαταρίες αυξήθηκε σε περίπου 345.000 οχήματα το 2016, διπλασιάζοντας τον αριθμό το 2015. Παρά τα δυνητικά σημαντικά θέματα ταξινόμησης δεδομένων, η Κίνα αναδεικνύεται ως ο παγκόσμιος ηγέτης στην ηλεκτροδότηση λεωφορείων. Σύμφωνα με διαθέσιμα στατιστικά στοιχεία, το απόθεμα των ηλεκτρικών λεωφορείων στην Κίνα ανήλθε σε 343.500 μονάδες το 2016 και περιλάμβανε περίπου 300.000 BEV. Εντός της Κίνας, το Shenzhen είναι μια από τις πιο φιλόδοξες πόλεις παγκοσμίως όσον αφορά την ηλεκτροδότηση και τον εκσυγχρονισμό των συστημάτων λεωφορείων. Το 2016, είχαν ήδη λειτουργήσει εκατοντάδες ηλεκτρικά λεωφορεία. Το Σεντζέν, πόλη της Κίνας έχει ένα στόλο από 16.359 ηλεκτρικών λεωφορείων τα οποία παραδόθηκαν τον Δεκέμβριο του 2017 [47] . Η Ευρώπη αντιπροσώπευε 1 273 οχήματα παγκοσμίως το 2016, ενώ οι Ηνωμένες Πολιτείες αντιπροσώπευαν 200. Τα ευρωπαϊκά αποθέματα ηλεκτρικών λεωφορείων υπερδιπλασιάστηκαν από το 2015, υποδηλώνοντας ότι η αγορά κινείται πέρα από τη φάση επίδειξης στην εμπορική ανάπτυξη. Για παράδειγμα, ο δημόσιος μεταφορέας της πόλης του Παρισιού άνοιξε την πρώτη του γραμμή ηλεκτρικών λεωφορείων το 2016. Εν τω μεταξύ, ο ίδιος φορέας ετοιμάζεται για ευρεία ηλεκτροδότηση και σχεδιάζει να αντικαταστήσει το 80% του υπάρχοντος στόλου λεωφορείων με ηλεκτρικά λεωφορεία μέχρι το 2025 - αυτό μεταφράζεται σε περίπου 4 000 ηλεκτρικά λεωφορεία που αναπτύσσονται τα επόμενα οκτώ χρόνια [39]. Στις Ηνωμένες Πολιτείες, ο κατασκευαστής ηλεκτρικών λεωφορείων Proterra διπλασίασε τις πωλήσεις του το 2016 σε σύγκριση με το 2015, αλλά έχει πουλήσει μόλις 380 οχήματα από την ίδρυσή της το 2004 [39].

6.2 Διεθνείς Τάσεις στην αγορά οχημάτων

Η επιτάχυνση της χρήσης ηλεκτρικών αυτοκινήτων έως το 2020 και κατά τη δεκαετία 2020-30 θα είναι απαραίτητη για την επίτευξη των παγκόσμιων ποσοστών εγκατάστασης τους συμβατών με τις απαιτήσεις για καθαρή κινητικότητα και απαλλαγή από τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα. Ξεκινώντας από τα 2 εκατομμύρια ηλεκτρικά αυτοκίνητα που κυκλοφορούν παγκοσμίως το 2016, όλα τα σενάρια της IEA σχετικά με την ανάπτυξη της ηλεκτρομαγνητικής συμβατότητας δείχνουν σημαντική αύξηση έως το 2030 [43]:

- Το σενάριο αναφοράς τεχνολογίας αναφοράς (RTS), το οποίο αντανακλά τις προβλέψεις που ανταποκρίνονται στις πολιτικές για την ενέργεια η ενεργειακή διαφοροποίηση, η ποιότητα του αέρα και η μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα που έχουν ανακοινωθεί ή βρίσκονται υπό εξέταση, ήδη σχεδιάζουν να έχουν 56 εκατομμύρια ηλεκτρικά αυτοκίνητα σε κυκλοφορία μέχρι το 2030, 28 φορές το απόθεμα του 2016.
- Το 2DS αυξάνει τη φιλοδοξία για τον αριθμό των ηλεκτρικών αυτοκινήτων σε κυκλοφορία στα 160 εκατομμύρια. Αυτό συμβαίνει σε ένα πλαίσιο που συνάδει με πιθανότητα 50% να περιορίσει την αναμενόμενη παγκόσμια μέση αύξηση της θερμοκρασίας στους 2 ° C.
- Προβλέψεις αποθεμάτων ηλεκτρικών αυτοκινήτων στο B2DS, που στοχεύουν στην επίτευξη εκπομπών αερίων θερμοκηπίου καθαρού μηδέν από τον ενεργειακό τομέα λίγο μετά το 2060 (βλέπε εισαγωγή), φτάνουν τα 25 εκατομμύρια μέχρι το 2020 και υπερβαίνουν τα 200 εκατομμύρια μια δεκαετία αργότερα.

Τόσο στο 2DS όσο και στο B2DS, οι BEVs και PHEVs συμβάλλουν στην αποκεντροποίηση του ενεργειακού συστήματος χάρη στην αυξανόμενη μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα του ηλεκτρικού δικτύου και στις υψηλές ηλεκτρικές ταχύτητες οδήγησης για PHEVs (80% έως το 2030). Η Δήλωση του Παρισιού για την ηλεκτροκινητικότητα και την αλλαγή του κλίματος και η έκκληση για δράση, που ανακοινώθηκε στη COP21, εκφράζει τη φιλοδοξία να υπερβεί παγκοσμίως το όριο των 100 εκατομμυρίων ηλεκτρικών αυτοκινήτων και 400 εκατομμυρίων ηλεκτρικών δικύκλων μέχρι το 2030 [44] κάτω από τον αριθμό των ηλεκτρικών αυτοκινήτων που προβάλλονται στο 2DS και το μισό EV stock του B2DS.

Τα τελευταία χρόνια, ορισμένες κυβερνήσεις - πολλές από τις οποίες συμμετέχουν στις δραστηριότητες EVI - έχουν επίσης θέσει εθνικούς στόχους ανάπτυξης ηλεκτρικών αυτοκινήτων στο πλαίσιο των φιλοδοξιών τους για καθαρή ενέργεια και κινητικότητα. Το 2016, 14 χώρες είχαν στόχους ηλεκτρικών αυτοκινήτων: Αυστρία, Κίνα, Δανία, Γαλλία, Γερμανία, Ινδία, Ιρλανδία, Ιαπωνία, Κάτω Χώρες, Πορτογαλία, Κορέα, Ισπανία, Ηνωμένο Βασίλειο και Ηνωμένες Πολιτείες για οκτώ κράτη). Η Κορέα είναι η μόνη χώρα που αναβάθμισε το στόχο της το 2016, από 200 000 σε 250 000 ηλεκτρικά αυτοκίνητα μέχρι το 2020, σύμφωνα με το Ειδικό Σχέδιο για τη Διαχείριση της Λεπής σκόνης που εκδόθηκε τον Ιούνιο του 2016.

Η Δανία δεν στοχεύει πλέον σε 200 χιλιάδες ηλεκτρικά αυτοκίνητα μέχρι το 2020. Η σωρευτική αξιολόγηση αυτών των στόχων, που αναπτύχθηκε από το [39], υποδεικνύει την ανάπτυξη 13 εκατομμυρίων ηλεκτρικών αυτοκινήτων μεταξύ αυτών των χωρών μέχρι το 2020. Η επίτευξη αυτού του σωρευτικού στόχου σε παγκόσμιο επίπεδο θα απαιτούσε αύξηση του ετήσιου αποθέματος ηλεκτρικών αυτοκινήτων κατά 60%

Το 2020, μια τιμή συγκρίσιμη με το ρυθμό ανάπτυξης που παρατηρήθηκε το 2016. Από την άλλη πλευρά, η επίτευξη στόχων που ευθυγραμμίζονται με μια πορεία 2DS έως το 2020 θα απαιτούσε υψηλότερο ετήσιο ρυθμό αύξησης 85%. Η Ινδία εξετάζει επίσης τον ορίζοντα του 2030 με φιλόδοξους δεσμούς στην ηλεκτροκίνηση οχημάτων, καθώς η χώρα σκέφτεται να έχει "τα περισσότερα, αν όχι όλα, οχήματα στην Ινδία [...] που τροφοδοτούνται με ηλεκτρική ενέργεια". Η δήλωση αυτή υποδηλώνει ότι η Ινδία θα ξεπεράσει τα ηλεκτρικά οχήματα, καθώς η οικονομία οδηγεί σε ταχεία επέκταση της αγοράς PLDV στη χώρα και φέρνει πάνω από 50 εκατομμύρια ηλεκτρικά αυτοκίνητα στους δρόμους της σε λιγότερο από 15 χρόνια, φθάνοντας μόλις το 50% του συνόλου του στόλου PLDV που προβλέπεται να κυκλοφορήσει στη χώρα βάσει του B2DS.

Το έτος 2016 κατέγραψε επίσης σημαντικές ανακοινώσεις σχετικά με στόχους ανάπτυξης ηλεκτρικών αυτοκινήτων από μεγάλους παγκόσμιους OEM. Αυτές περιλάμβαναν ανακοινώσεις της Tesla με στόχο την ανάπτυξη τουλάχιστον 1 εκατομμυρίου πωλήσεων έως το 2020 ή η Volkswagen, η οποία παρουσίασε ένα σχέδιο για σημαντική μεταστροφή προς την παραγωγή ηλεκτρικών κινητήρων και ανακοίνωσε να εισαχθούν στην αγορά μέχρι το 2025 τουλάχιστον 30 ηλεκτρικά μοντέλα. Μεταξύ 2015 και αρχές 2017, εννέα παγκόσμιες OEM ανακοίνωσαν

δημόσια τη βούλησή τους να δημιουργήσουν ή να διευρύνουν σημαντικά την προσφορά ηλεκτρικών μοντέλων τους κατά τα επόμενα πέντε έως δέκα χρόνια.

Στην Κίνα, η οποία αντιπροσωπεύει το ένα τρίτο του παγκόσμιου αποθέματος ηλεκτρικών αυτοκινήτων μέχρι το 2025 στο IEA 2DS, αρκετοί Κινέζοι OEM ανακοίνωσαν επίσης σημαντικά σχέδια παραγωγής ηλεκτρικών αυτοκινήτων.

Συνολικά, λαμβάνοντας υπόψη τις παγκόσμιες ανακοινώσεις OEM και τους στόχους, τα αποθέματα ηλεκτρικών αυτοκινήτων που προέρχονται από τους στόχους OEM θα μπορούσαν να κυμανθούν μεταξύ 9 και 20 εκατομμυρίων έως το 2020. Λαμβάνοντας υπόψη τις ανακοινώσεις έως το 2025 και εφαρμόζοντας ρυθμούς ανάπτυξης βάσει του RTS στους στόχους έως το 2020, οι ανακοινώσεις OEM που απαριθμούνται στον πίνακα 2 θα μπορούσαν να οδηγήσουν σε 40-70 εκατομμύρια ηλεκτρικά αυτοκίνητα στο δρόμο έως το 2025. Το επίπεδο φιλοδοξίας που προκύπτει από τις ανακοινώσεις OEM που αξιολογούνται εδώ δείχνει μια αρκετά καλή ευθυγράμμιση με τους στόχους των χωρών έως το 2020. Το 2025, η εκτιμώμενη περιοχή υποδηλώνει ότι οι φιλοδοξίες των OEM βρίσκονται εντός του εύρους που αντιστοιχεί στις προβλέψεις RTS και 2DS του ΔΟΕ, ευθυγραμμίζοντας σε μεγάλο βαθμό τη Δήλωση του Παρισιού. Προκειμένου να υλοποιηθούν αυτές οι φιλοδοξίες, πρέπει να αυξηθεί η ικανότητα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας (και η μπαταρία). Η κλίμακα αυτής της πρόκλησης μπορεί να παρουσιαστεί με τη σύγκριση των πρόσθετων δυνατοτήτων της μπαταρίας που χρειάζονται κατά των πρόσφατων εξελίξεων: η επίτευξη του μέσου όρου των εκτιμώμενων σειρών για τις ανακοινώσεις OEM το 2025 θα απαιτούσε την κατασκευή περίπου δέκα εγκαταστάσεων παραγωγής μπαταριών με την παραγωγική ικανότητα του Tesla Gigafactory.

Ο πρόσφατος επαναπροσδιορισμός της φιλοδοξίας του EVI να επιτευχθεί μερίδιο συλλογικής αγοράς (σε όλους τους τρόπους εκτός από τα δίτροχα) κατά 30% μέχρι το 2030 (όπως διευκρινίζεται στην εκστρατεία EV30 @ 30), θέτει τη φιλοδοξία των χωρών EVI σε ευθυγράμμιση με το B2DS , Με την προϋπόθεση ότι η ένταση άνθρακα της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας μειώνεται ραγδαία.

Κεφάλαιο 7^ο Περιβαλλοντική Προσέγγιση

Τα ηλεκτρικά οχήματα συνήθως συνδέονται με οφέλη για το περιβάλλον και εξοικονομούν ενέργεια. Αυτά τα οφέλη περιλαμβάνουν τη μείωση της τοπικής ρύπανσης από τα ίδια τα οχήματα, τη μείωση της εξάρτησης από το πετρέλαιο και άλλα ορυκτά καύσιμα και τη μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα. Κατά την εξέταση της εισαγωγής των ηλεκτρικών οχημάτων απαιτείται μια λεπτομερής κατανόηση των επιπτώσεων στο περιβάλλον.

Όταν η χρήση ηλεκτρικών οχημάτων αντικαθιστά μια λιγότερο αποδοτική πηγή ενέργειας, μπορεί να προκύψει σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας. Ένα καλό παράδειγμα είναι η αντικατάσταση του αεροπορικού ταξιδιού με τη μεταφορά με ηλεκτρικό τρένο, το οποίο χρησιμοποιεί ένα κλάσμα της ενέργειας ανά επιβάτη. Η ενθάρρυνση των χρηστών αυτοκινήτων να χρησιμοποιούν ηλεκτρικά τραμ θα ήταν ένα άλλο παράδειγμα. Η αντικατάσταση των οχημάτων ΜΕΚ με ηλεκτρικά οχήματα εξοικονομεί ενέργεια, με την προϋπόθεση ότι η ηλεκτρική ενέργεια παράγεται από ένα αποτελεσματικό σύστημα δικτύου χρησιμοποιώντας σύγχρονους σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής ή ΑΠΕ.

Επίσης, θα μειώσει περαιτέρω τις εκπομπές άνθρακα όταν ένα μέρος της ηλεκτρικής ενέργειας παράγεται από πυρηνικές ή εναλλακτικές πηγές ενέργειας που δεν απελευθερώνουν άνθρακα. Στη Βρετανία, η πυρηνική ενέργεια παρέχει περίπου το 20% της ηλεκτρικής ενέργειας και ένα επιπλέον 10% παράγεται από εναλλακτική ενέργεια όπως η αιολική και η υδροηλεκτρική ενέργεια. Στη Γαλλία, το 90% της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας δεν απελευθερώνει άνθρακα. Το 2003, για παράδειγμα, το 75% περίπου της ηλεκτρικής ενέργειας της Γαλλίας δημιουργήθηκε από την πυρηνική ενέργεια και από άλλα 15% από την υδροηλεκτρική ενέργεια. Μόνο το 10% δημιουργήθηκε από σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής από ορυκτά καύσιμα.

Υπάρχουν αυξανόμενες ανησυχίες σχετικά με τη ρύπανση από τα οχήματα, ιδίως στις πόλεις, και τα ηλεκτρικά οχήματα μπορούν και κάνουν τις πόλεις πιο ευχάριστες για να ζήσουμε. Αυτά τα οχήματα μειώνουν τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα και επίσης την τοπική εκπομπή καυσαερίων. Τα περιβαλλοντικά ζητήματα μπορεί να αποτελέσουν αποφασιστικό παράγοντα για την υιοθέτηση ηλεκτρικών οχημάτων για χρήση σε πόλεις. Η βενζίνη έχει ήδη απαγορευτική τιμή και σε ορισμένες πόλεις έχουν επιχειρηθεί προσπάθειες για την εισαγωγή οχημάτων με

μηδενικές εκπομπές. Η πολιτεία της Καλιφόρνια ενθάρρυνε τους κατασκευαστές αυτοκινήτων να παράγουν ηλεκτρικά οχήματα με το πρόγραμμά τους για χαμηλές εκπομπές οχημάτων. Η πολύ σύνθετη φύση των κανονισμών σε αυτό το κράτος έχει οδηγήσει σε πολύ ενδιαφέρουσες εξελίξεις σε κυψέλες καυσίμου, μπαταρίες και υβριδικά ηλεκτρικά οχήματα. Όχι μόνο τα ηλεκτρικά οχήματα που φορτίζονται από τα σύγχρονα συστήματα πλέγματος μειώνουν τη συνολική ποσότητα ενέργειας που καταναλώνουν, αλλά επίσης απομακρύνονται από τις εκπομπές ρύπων από τα οχήματα ΕΚ. Ένα μεγάλο μέρος του προβλήματος των εκπομπών μεταφέρεται στους σταθμούς παραγωγής ενέργειας, όπου μπορεί να αντιμετωπιστεί υπεύθυνα.

Το πετρέλαιο είναι ένας σταθερός πόρος ο οποίος καθίσταται όλο και περισσότερο δαπανηρός στην παραγωγή. Πολλά από τα μεγάλα "πηγάδια" από τα οποία παίρνουμε πετρέλαιο είναι σχεδόν εξαντλημένα και θα χρειαστεί να πάρουμε πετρέλαιο από γεωτρήσεις τα οποία είναι δυσκολότερα και συνεπώς πιο δαπανηρά για την εκμετάλλευση ή εναλλακτικά θα χρειαστεί να χρησιμοποιηθούν άλλα ορυκτά καύσιμα όπως ο άνθρακας. Αυτοί οι παράγοντες θα επηρεάσουν δραματικά το κόστος της βενζίνης και του ντίζελ στα πρατήρια και αυτό μπορεί να είναι ένας σημαντικός παράγοντας στην ευρύτερη χρήση ηλεκτρικών οχημάτων.

Κεφάλαιο 8^ο Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα χρήσης Ηλεκτρικών Οχημάτων

8.1 Πλεονεκτήματα

Ένα ηλεκτρικό αυτοκίνητο είναι ένας πολύ καλός τρόπος για τους καταναλωτές, να εξοικονομήσουν αρκετά χρήματα με φυσικό τρόπο. Ωστόσο, υπάρχουν πολλοί διαφορετικοί λόγοι για τους οποίους θα πρέπει να επενδύσετε σε ένα ηλεκτρικό αυτοκίνητο και στην σύγχρονη τεχνολογία τους.

1. Δεν απαιτείται καύσιμο: Τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα κινούνται εξ ολοκλήρου από την ηλεκτρική ενέργεια πράγμα που σημαίνει ότι δεν χρειάζεται να αγοραστεί καύσιμο. Η οδήγηση αυτοκινήτων που βασίζονται σε καύσιμα μπορεί να είναι δαπανηρή καθώς οι τιμές των καυσίμων αυξάνονται. Με τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα, αυτό το κόστος μπορεί να αποφευχθεί καθώς ένας μέσος Ευρωπαίος ξοδεύει € 2.000 - € 4.000 για καύσιμα κάθε χρόνο. Αν και η ηλεκτρική ενέργεια δεν είναι ελεύθερη, ένα ηλεκτρικό αυτοκίνητο είναι πολύ οικονομικό.
2. Αποταμιεύσεις: Μπορούν να τροφοδοτηθούν σε πολύ χαμηλές τιμές και πολλά νέα αυτοκίνητα προσφέρουν σημαντικά κίνητρα επιστροφής χρημάτων από την κυβέρνηση λόγω της μεταγωγής στην «πράσινη» αυτοκίνηση. Τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα μπορούν επίσης να είναι ένας πολύ καλός τρόπος εξοικονόμησης.
3. Καμία εκπομπή καυσαερίων και αερίων θερμοκηπίου: Τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα είναι 100% φιλικά προς το περιβάλλον καθώς λειτουργούν σε ηλεκτροκίνητους κινητήρες. Δεν εκπέμπουν τοξικά αέρια ή καπνό στο περιβάλλον καθώς λειτουργούν με καθαρή πηγή ενέργειας. Είναι ακόμα καλύτερα από τα υβριδικά αυτοκίνητα, καθώς τα υβρίδια έχουν κάποιες εκπομπές αερίου.
4. Δημοτικότητα: Τα EV αυξάνονται σε δημοτικότητα. Με τη δημοτικότητα έρχονται όλοι οι νέοι τύποι αυτοκινήτων που κυκλοφορούν στην αγορά και είναι μοναδικά, παρέχοντάς πληθώρα επιλογών.
5. Safe to Drive: Τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα υποβάλλονται στις ίδιες δοκιμές ασφάλειας, όπως τα άλλα αυτοκίνητα με καύσιμα.

6. Οικονομικά αποδοτικά: Με τις περισσότερες τεχνολογικές εξελίξεις στο τομέα, τόσο το κόστος απόκτησης όσο και συντήρησης έχουν μειωθεί. Η μαζική παραγωγή μπαταριών και τα διαθέσιμα φορολογικά κίνητρα έχουν μειώσει περαιτέρω το κόστος, καθιστώντας τα έτσι πολύ πιο αποδοτικά από πλευράς κόστους.
7. Χαμηλή Συντήρηση: Τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα κινούνται σε ηλεκτροκίνητους κινητήρες και επομένως δεν υπάρχει λόγος λίπανσης των κινητήρων. Άλλες δαπανηρές εργασίες στον κινητήρα είναι παρελθόν. Ως εκ τούτου, το κόστος συντήρησης αυτών των αυτοκινήτων έχει μειωθεί.
8. Μειωμένη Ρύπανση Θορύβου: Τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα θέτουν περιορισμό στην ηχορύπανση καθώς είναι πολύ πιο ήσυχα. Οι ηλεκτροκινητήρες είναι σε θέση να παρέχουν ομαλή οδήγηση με μεγαλύτερη επιτάχυνση σε μεγαλύτερες αποστάσεις.

8.2 Μειονεκτήματα

Αν και τα θετικά στοιχεία είναι σημαντικά, υπάρχουν ορισμένα μειονεκτήματα που πρέπει να εξεταστούν πριν κανείς πριν αποφασίσει να κάνει το ηλεκτρικό αυτοκίνητο την επόμενη μεγάλη επένδυσή του. Αυτοί οι λόγοι είναι:

1. Σημεία επαναφόρτισης: Οι ηλεκτρικοί σταθμοί ανεφοδιασμού βρίσκονται ακόμα σε στάδιο ανάπτυξης. Δεν έχουν πολλά μέρη ηλεκτρικούς σταθμούς τροφοδοσίας ακόμα, πράγμα που σημαίνει ότι σε ένα μακρύ ταξίδι υπάρχει κίνδυνος ακινητοποίησης.
2. Η ηλεκτρική ενέργεια δεν είναι ελεύθερη: Τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα μπορεί να αυξήσουν το λογαριασμό ενέργειας. Μερικές φορές τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα χρειάζονται μεγάλα ποσά εωέργειας για να λειτουργούν σωστά.
3. Εύρος μικρής αυτονομίας οδήγησης και ταχύτητα: Τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα περιορίζονται από την εμβέλεια και την ταχύτητα. Τα περισσότερα από αυτά τα αυτοκίνητα έχουν εύρος περίπου 50-100 μιλίων και πρέπει να επαναφορτιστούν ξανά.
4. Αντικατάσταση μπαταρίας: Ανάλογα με τον τύπο και τη χρήση της μπαταρίας, οι μπαταρίες όλων σχεδόν των ηλεκτρικών αυτοκινήτων πρέπει να αλλάζονται κάθε 3-10 χρόνια.

5. Δεν είναι κατάλληλα για πόλεις που αντιμετωπίζουν έλλειψη ισχύος: Καθώς τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα χρειάζονται ενέργεια για να φορτίσουν, οι πόλεις που αντιμετωπίζουν ήδη οξεία έλλειψη ισχύος δεν είναι κατάλληλες για ηλεκτρικά αυτοκίνητα. Η κατανάλωση μεγαλύτερης ισχύος θα παρεμπόδιζε τις καθημερινές τους ανάγκες.
6. Ορισμένες κυβερνήσεις δεν παρέχουν πρωτοβουλίες εξοικονόμησης χρημάτων για την απόκτηση ενός ηλεκτρικού αυτοκινήτου.
7. Ορισμένα βασικά μοντέλα ηλεκτρικών αυτοκινήτων εξακολουθούν να είναι πολύ ακριβά.

Συμπεράσματα

Τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα αποτελούν μια σημαντική τεχνολογική εξέλιξη στον τομέα της αυτοκίνησης και των μεταφορών γενικότερα. Παρουσιάζουν σημαντικά πλεονεκτήματα σε σχέση με τα τυπικά αυτοκίνητα με κινητήρες εσωτερικής καύσης, τόσο ως προς το σύνολο της κοινωνίας (περιβαλλοντικά οφέλη, μείωση θορύβου, καλύτερη ρύθμιση κυκλοφορίας) όσο και προσωπικά (εξοικονόμηση χρημάτων, ασφαλής μεταφορά). Εντούτοις, κάποια από τα μειονεκτήματα ακόμα αποτελούν τροχοπέδη στην περαιτέρω ανάπτυξη τους, αν και οι ραγδαίες τεχνολογικές εξελίξεις μπορούν να οδηγήσουν στο μέλλον (όπως άλλωστε προβλέπεται από τους σχετικούς οργανισμούς) σε σημαντική αύξηση της χρήσης τους.

Βιβλιογραφία

- [1] Lim, Stephen S., et al., 2012, 'A comparative risk assessment of burden of disease and injury attributable to 67 risk factors and risk factor clusters in 21 regions, 1990-2010: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2010', *The Lancet* 380(9859), pp. 2224-2260
- [2] WHO, 2014, Burden of disease from ambient air pollution for 2012 — Summary of results, World Health Organization (http://www.who.int/phe/health_topics/outdoorair/databases/AAP_BoD_results_March2014.pdf)
- [3] WHO, 2017, 'European detailed mortality database', updated August 2016, WHO Regional Office for Europe, Copenhagen (<http://data.euro.who.int/dmdb/>)
- [4] IARC, 2013, Outdoor air pollution a leading environmental cause of cancer deaths, Press Release No 221, International Agency for Research on Cancer (http://www.iarc.fr/en/media-centre/iarcnews/pdf/pr221_E.pdf)
- [5] WHO, 2005, Effects of air pollution on children's health and development — A review of the evidence, World Health Organization, Regional Office for Europe, Copenhagen
- [6] WHO, 2013a, Review of evidence on health aspects of air pollution — REVIHAAP Project, Technical Report, World Health Organization, Regional Office for Europe, Copenhagen
- [7] RCP, 2016, Every breath we take: The lifelong impact of air pollution, Working Party Report, Royal College of Physicians, London, UK (<https://www.rcplondon.ac.uk/projects/outputs/every-breath-we-take-lifelong-impactair-pollution>)
- [8] Smith, P. D., Martino, Z., Cai, D., et al., 2007, 'Agriculture', in *Climate change 2007: Mitigation*, Contribution 26 July 2017
- [9] IPCC, 2013, Assessment report of the intergovernmental panel on climate change, Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- [10] OECD, 2016, The economic consequences of outdoor air pollution, OECD Publishing, Paris (<http://dx.doi.org/10.1787/9789264257474-en>)
- [11] European Commission, 2013, 'The Clean Air Package' (http://ec.europa.eu/environment/air/clean_air_policy.htm)

- [12] European Commission, 2016a, Proposal for a Regulation of the European Parliament and of the Council on mercury, and repealing Regulation (EC) No 1102/2008 (COM/2016/039 final — 2016/023 (COD)) (<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=COM:2016:39:FIN>)
- [13] European Commission, 2016b, Proposal for a Council Decision on the conclusion of the Minamata Convention on Mercury (COM(2016) 42 final), 2016/021 (NLE) (<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=COM:2016:42:FIN>)
- [14] UN, 2015b, Sustainable development goals, 17 goals to transform our world, United Nations (<http://www.un.org/sustainabledevelopment/sustainable-developmentgoals/>)
- [15] European Commission, 2016a, Proposal for a Regulation of the European Parliament and of the Council on mercury, and repealing Regulation (EC) No 1102/2008 (COM/2016/039 final — 2016/023 (COD)) (<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=COM:2016:39:FIN>) accessed July 2017.
- [16] European Commission, 2016b, Proposal for a Council Decision on the conclusion of the Minamata Convention on Mercury (COM(2016) 42 final), 2016/021 (NLE) (<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=COM:2016:42:FIN>) accessed July 2017
- [17] UN, 2015b, Sustainable development goals, 17 goals to transform our world, United Nations (<http://www.un.org/sustainabledevelopment/sustainable-developmentgoals/>)
- [18] UN, 2015c, Sustainable development goals, 17 goals to transform our world, United Nations (<http://www.un.org/sustainabledevelopment/sustainable-developmentgoals/>)
- [19] Erjavec, J., & Thompson, R. (2014). *Automotive technology: a systems approach*. Cengage Learning.
- [20] Reimpell, J., Stoll, H., & Betzler, J. (2001). *The automotive chassis: engineering principles*. Elsevier.
- [21] James Larminie and John Lowry, *Electric Vehicle Technology Explained*, Second Edition.. © 2012 John Wiley & Sons, Ltd. Published 2012 by John Wiley & Sons, Ltd.
- [22] J Beretta. *Le génie électrique automobile: la traction électrique*. Lavoisier, 2005.
- [23] I Husain. *Electric and hybrid vehicles: design fundamentals*. CRC press, 2011

- [24] XD Xue, KWE Cheng, and NC Cheung. Selection of electric motor drives for electric vehicles. In Power Engineering Conference, 2008. AUPEC'08. Australasian Universities, pages 1–6. IEEE, 2008
- [25] B Multon and L Hirsinger. Problème de la motorisation d'un véhicule électrique. Journées de la section électrotechnique du club EEA 1994, 1994
- [26] M. Rivier, T. Gomez, R. Cossent, I. Momber, MERGE Deliverable D5.1: "New actors and business models for the integration of EV in power systems", Φεβρουάριος 2011
- [27] http://www.evmerge.eu/images/stories/uploads/MERGE_WP5_%20D51Final.pdf
- [28] Χαράλαμπος Ε. Μαρμαράς, «Προγραμματισμός, κατανομή και διαχείριση φορτίου ηλεκτρικών οχημάτων βάσει οικονομικών και δικτυακών κριτηρίων», διπλωματική εργασία, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Μάρτιος 2012
- [29] EAFO (European Alternative Fuels Observatory) (2017a), "European Commission initiative to provide alternative fuels statistics and information"
- [30] IHS Polk (2016), Vehicle Registrations and Other Characteristics at Model Level (database), HIS Markit
- [31] Marklines (2017), "Automotive industry portal", www.marklines.com/portal_top_en.html.
- [32] ACEA (European Automobile Manufacturers Association), (2017a), "Alternative fuel vehicle registrations", www.acea.be/statistics/tag/category/electric-and-alternative-vehicle-registrations.
- [33] ACEA (2017b), "Consolidated registration figures", www.acea.be/statistics/tag/category/consolidated-figures.
- [34] EEA (European Environment Agency) (2017), "Monitoring of CO2 emissions from passenger cars - Regulation 443/2009", www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/co2-cars-emission-12.
- [35] Auto Sohu (2017a), "Controversial low-speed electric car will soon become legitimate", <http://auto.sohu.com/20170224/n481661543.shtml>.
- [36] Auto Sohu (2017b), "Explanations regarding issues with the management of low-speed electric vehicles", <http://auto.sohu.com/20161017/n470482712.shtml>.

- [37]Auto Sohu (2016), “The final word: The dashed dream of legalisation of low-speed electric vehicles”, <http://auto.sohu.com/20161227/n477043638.shtml>.
- [38]CIIN (China Information Industry Network) (2016), “2016 China low-speed electric vehicle industry development profile analysis”, www.chyxx.com/industry/201607/430412.html.
- [39]EVI (2016a), “Global EV Outlook 2016: Beyond One Million Electric Cars, OECD/IEA, Paris, www.iea.org/publications/freepublications/publication/Global_EV_Outlook_2016.pdf
- [40]MIIT (Ministry of Industry and Information Technology of the People’s Republic of China) (2016), “Reply to the recommendation of the Fourth Session of the Twelfth National People’s Congress”, www.miit.gov.cn/n1146295/n1146592/n3917132/n4545264/c5281913/content.html.
- [41]Yang, M. (2016), “National committee of the second meeting”, CEVN, http://news.ddc.net.cn/newsview_70658.html.
- [42]Yang, J. et al. (2014), “A review of Beijing’s vehicle registration lottery: Short-term effects on vehicle growth and fuel consumption”, Energy Policy, Vol. 75, pp. 157-166, www.sciencedirect.com/science/article/pii/S030142151400370X.
- [43]IEA (2017b), Energy Technology Perspectives 2017, www.iea.org/etp/.
- [44]UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change) (2015a), “Paris declaration on electro-mobility and climate change & call to action”, <http://newsroom.unfccc.int/media/521376/paris-electro-mobility-declaration.pdf>.
- [45]<https://cleantechnica.com/2018/03/11/tesla-model-3-motor-in-depth/>
- [46]<https://www.voanews.com/a/tesla-model-3-assembly-line-strategy/3823841.html>
- [47]<https://www.naftemporiki.gr/story/1336707/kina-stin-sentzen-o-megaluteros-stolos-ilektrikon-leoforeion-tou-kosmou>