

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ
ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΜΕΛΕΤΗ & ΑΝΑΛΥΣΗ ΦΟΡΤΙΣΤΩΝ
ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ



Της φοιτήτριας
Ζαμπούρ-Χατζηιορδάνου
Εκράμυ Χριστής Γλυκερίας
Αρ. Μητρώου: 516029

Επιβλέπων
Ιορδάνης Κιοσκερίδης
Καθηγητής

Σεπτέμβριος 2023

Τίτλος Δ.Ε.: Μελέτη και ανάλυση φορτιστών ηλεκτρικών αυτοκινήτων

Κωδικός Δ.Ε. 22246

Ονοματεπώνυμο φοιτήτρια: Ζαμπόρ-Χατζηιορδάνου Εκράμυ Χριστή Γλυκερία

Ονοματεπώνυμο εισηγητή: Δρ Ιορδάνης Κιοσκερίδης

Ημερομηνία ανάληψης Δ.Ε.: 05/10/2022

Ημερομηνία περάτωσης Δ.Ε.: 18/09/2023

Βεβαιώνω ότι είμαι ο συγγραφέας αυτής της εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, έχω καταγράψει τις όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών, εικόνων και κειμένων, είτε αυτές αναφέρονται ακριβώς είτε παραφρασμένες. Επιπλέον, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία προετοιμάστηκε από εμένα προσωπικά, ειδικά ως διπλωματική εργασία, στο Τμήμα Μηχανικών Πληροφορικής και Ηλεκτρονικών Συστημάτων του ΔΙ.ΠΑ.Ε. Η παρούσα εργασία αποτελεί πνευματική ιδιοκτησία της φοιτήτριας Ζαμπόρ Χατζηιορδάνου Εκράμυ Χριστής Γλυκερία που την εκπόνησε. Στο πλαίσιο της πολιτικής ανοικτής πρόσβασης, η συγγραφέας εκχωρεί στο Διεθνές Πανεπιστήμιο της Ελλάδος άδεια χρήσης του δικαιώματος αναπαραγωγής, δανεισμού, παρουσίασης στο κοινό και ψηφιακής διάχυσης της εργασίας διεθνώς, σε ηλεκτρονική μορφή και σε οποιοδήποτε μέσο, για διδακτικούς και ερευνητικούς σκοπούς, άνευ ανταλλάγματος. Η ανοικτή πρόσβαση στο πλήρες κείμενο της εργασίας, δεν σημαίνει καθ' οιονδήποτε τρόπο παραχώρηση δικαιωμάτων διανοητικής ιδιοκτησίας της συγγραφέως, ούτε επιτρέπει την αναπαραγωγή, αναδημοσίευση, αντιγραφή, πώληση, εμπορική χρήση, διανομή, έκδοση, μεταφόρτωση (downloading), ανάρτηση (uploading), μετάφραση, τροποποίηση με οποιονδήποτε τρόπο, τμηματικά ή περιληπτικά της εργασίας, χωρίς τη ρητή προηγούμενη έγγραφη συναίνεση της συγγραφέως.

Η έγκριση της διπλωματικής εργασίας από το Τμήμα Μηχανικών Πληροφορικής και Ηλεκτρονικών Συστημάτων του Διεθνούς Πανεπιστημίου της Ελλάδος, δεν υποδηλώνει απαραίτητως και αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα, εκ μέρους του Τμήματος.

Στους γονείς μου Ανθούλα και Ακράμ

Πρόλογος

Οι μεταφορές παίζουν σημαντικό ρόλο τόσο στην οικονομία όσο και στη σύγχρονη κοινωνία, σε σημείο που η ποιότητα της ζωής των κατοίκων μιας περιοχής εξαρτάται από την ύπαρξη ενός προσβάσιμου και αποτελεσματικού συστήματος μεταφορών. Από την άλλη πλευρά, οι μεταφορές προκαλούν περιβαλλοντικές πιέσεις σε παγκόσμιο επίπεδο, συμβάλλοντας στη ρύπανση της ατμόσφαιρας και εν τέλει στην κλιματική αλλαγή. Έχοντας ως δεδομένο την κυκλοφορία 1,4 δισεκατομμυρίων αυτοκινήτων στον κόσμο το 2020, αριθμός υπερδιπλάσιος σε σχέση με το 1996, με την συντριπτική πλειοψηφία τους να κινούνται με προϊόντα καύσης πετρελαίου, τα προβλήματα στο περιβάλλον αλλά και στο παγκόσμιο ενεργειακό σύστημα, μπορούν να αποδοθούν σε μεγάλο βαθμό στην προσωπικά οχήματα μεταφοράς.

Η συλλογική προσπάθεια διατήρησης της ανθρώπινης χρήσης φυσικών πόρων μέσα σε βιώσιμα όρια μπορεί να επιτευχθεί μέσω της μείωσης της χρήσης ορυκτών καυσίμων και των εκπομπών άνθρακα αλλά και μέσω της ανάπτυξης και ευρείας χρήσης των ηλεκτρικών οχημάτων. Τα ηλεκτρικά οχήματα, η παραγωγή των οποίων αυξάνεται πλέον με υψηλούς ρυθμούς, πέρα από τα προφανή πλεονεκτήματα τους στην αειφόρο ανάπτυξη και οικονομία, αντιμετωπίζουν ιδιαίτερες προκλήσεις όπως το υψηλό κόστος απόκτησής τους, το περιορισμένο εύρος οδήγησης και τον μεγάλο χρόνο φόρτισης των μπαταριών τους. Η μπαταρία είναι το πιο ζωτικό στοιχείο ενός ηλεκτρικού αυτοκινήτου και οι διαθέσιμες τεχνολογίες μπαταριών έχουν από τη μία μικρή διάρκεια ζωής και αυτονομία οδήγησης κι από την άλλη μεγάλο όγκο, βάρος και κόστος αγοράς, γεγονότα που αποτελούν τον κύριο περιορισμό για την ευρεία ανάπτυξη των ηλεκτρικών αυτοκινήτων.

Ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα που υπάρχουν ως προς την ανάπτυξη των ηλεκτρικών οχημάτων είναι η έλλειψη υποδομών φόρτισης. Εκτός από την φόρτιση των οχημάτων στις εγκαταστάσεις των ιδιοκτητών, είναι απαραίτητη η εγκατάσταση ενσύρματων ή ασύρματων σταθμών γρήγορης φόρτισης. Το αντικείμενο αυτής της διπλωματικής εργασίας πραγματεύεται την μελέτη και ανάλυση φορτιστών ηλεκτρικών αυτοκινήτων. Πέρα από την παρουσίαση των εταιριών κατασκευής και εμπορίας φορτιστών στην ελληνική αγορά, θα γίνει αναλυτική περιγραφή και μελέτη ενός ενσύρματου φορτιστή ηλεκτρικών αυτοκινήτων σταθερού ρεύματος αλλά και προσομοίωση του στο περιβάλλον γραφικού προγραμματισμού Simulink, βασισμένο στην γλώσσα προγραμματισμού MATLAB

Παρά την εξέλιξη της τεχνολογίας τόσο των φορτιστών μπαταριών όσο και των ίδιων των ηλεκτρικών αυτοκινήτων, η χρήση και η ευρεία διάδοση των ηλεκτρικών οχημάτων απαιτούν όχι μόνο τη πολιτική βούληση σε κάθε κράτος με την εισαγωγή ενός κατάλληλου θεσμικού πλαισίου αλλά και την θέσπιση μίας σειράς από οικονομικά κίνητρα και φοροαπαλλαγές. Επιπλέον, η μελλοντική πλήρης μετάβαση στην ηλεκτροκίνηση θα προϋποθέτει την ανάπτυξη υλικοτεχνικών υποδομών με σταθμούς φόρτισης σε όλη την επικράτεια, την αναβάθμιση του δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας, όπως και την αξιοποίηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

Περίληψη

Ζαμπούρ-Χατζηιορδάνου Εκράμυ Χριστή Γλυκερία: Μελέτη και ανάλυση φορτιστών ηλεκτρικών οχημάτων

(Με την επίβλεψη του Καθηγητή κ. Κιοσκερίδη Ιορδάνη)

Η ηλεκτροκίνηση είναι ένας ταχύτατα αναπτυσσόμενος κλάδος που αναφέρεται στη χρήση ηλεκτρικών οχημάτων και ασκεί μεγάλη επιρροή στο σύστημα των μεταφορών. Ο σκοπός της παρούσας έρευνας είναι η μελέτη και η ανάλυση των φορτιστών στα ηλεκτρικά οχήματα, η διεξοδική παρουσίαση της διαδικασίας φόρτισής τους και η προσομοίωση ενός ενσύρματου φορτιστή σταθερού ρεύματος. Κατά την έρευνα διαπιστώθηκε ανομοιογενής ανάπτυξη των υποδομών φόρτισης ανάμεσα στις χώρες της Ευρωπαϊκής χώρας, γεγονός που δεν διευκολύνει τις διευρωπαϊκές μετακινήσεις με ηλεκτρικά οχήματα, με την υψηλότερη πυκνότητα σταθμών φόρτισης να καταγράφεται στις χώρες της Δυτικής Ευρώπης. Αντιθέτως, 12 κράτη μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης, ανάμεσα στα οποία είναι και η Ελλάδα, υστερούσαν περισσότερο από 50% σε σχέση με τους αρχικούς στόχους. Μέσω δομημένων συνεντεύξεων, αξιολογήθηκε μεγάλο δείγμα ελληνικών εταιριών κατασκευής και εμπορίας σταθμών φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων. Με βάση τα αποτελέσματα της έρευνας αυτής διαπιστώθηκε ότι όλες οι εταιρίες κατασκεύαζαν ή πωλούσαν τουλάχιστον ένα σταθμό φόρτισης από κάθε είδος ηλεκτρικού ρεύματος εναλλασσόμενου και σταθερού ρεύματος, καλύπτοντας και τις τρεις κατηγορίες ταξινόμησης φορτιστών, δηλαδή ιδιωτικούς, εμπορικούς και δημόσιους. Οι φορτιστές που κατασκευάζονται και πωλούνται στην Ελλάδα τηρούν όλα τα πρότυπα ασφαλείας και ποιότητας. Η τιμή τους είναι μεν ανάλογη με τις ισχύ και την ταχύτητα φόρτισης που παρέχουν, είναι όμως δυσανάλογα υψηλή σε σχέση με τον μέσο μισθό των Ελλήνων, γεγονός που τους δυσκολεύει να επενδύσουν σε έναν οικιακό σταθμό φόρτισης. Πραγματοποιήθηκε προσομοίωση ενός φορτιστή DC στην πλατφόρμα προσομοίωσης και σχεδιασμού Simulink, που είναι βασισμένη στη MATLAB Παρουσιάστηκε μια νέα τοπολογία μετατροπής ισχύος που επιτρέπει αμφίδρομη μεταφορά ενέργειας, αξιοποιώντας MOSFET, IGBT και ελεγκτές PI. Οι δοκιμές και οι πειραματισμοί έδειξαν την αποτελεσματικότητα της νέας τοπολογίας στη διαχείριση της ισχύος και της τάσης. Αυτή η προσέγγιση μπορεί να έχει σημαντικές εφαρμογές στον τομέα των ηλεκτρικών κυκλωμάτων και των φορτιστών, επιτρέποντας αποτελεσματικότερη ανταλλαγή ενέργειας και διαχείρισης της ισχύος.

Λέξεις κλειδιά: Ηλεκτρικά οχήματα, μπαταρίες, φορτιστές, σταθμοί φόρτισης, προσομοίωση ενσύρματου φορτιστή.

Abstract

Ekramy Christi Glykeria Zampour-Chatziordanou: Study and analysis of electric vehicle chargers.
(Under the supervision of Professor Iordanis Kioskeridis)

E-mobility is a rapidly growing industry that refers to the use of electric vehicles and has a great influence on the transportation system. The purpose of this research is the study and analysis of electric vehicle chargers, the thorough presentation of their charging process and the simulation of a DC wired charger. During the research, it was found that there is an uneven development of the charging infrastructure among the European countries, which does not facilitate trans-European mobility with electric vehicles, with the highest density of charging stations being recorded in the countries of Western Europe. On the contrary, 12 EU Member States, including Greece, were more than 50% behind the initial targets. Through structured interviews, a large sample of Greek companies manufacturing and marketing electric vehicle charging stations was evaluated. Based on the results of this survey, it was found that all companies manufactured or sold at least one charging station of each type of alternative and direct current, covering all three classifications or segments of EV charging infrastructure: private, commercial and public. Chargers manufactured and sold in Greece comply with all safety and quality standards. Their price is proportional to the power and charging speed they provide, but it is disproportionately high compared to the average salary of Greeks; such a fact makes it difficult for them to invest in a home charging station. A DC charger was simulated in the MATLAB-based Simulink simulation and design platform. Testing and experimentation demonstrated the effectiveness of the new topology in power and voltage management. This approach may have important applications in the field of electrical circuits and chargers, enabling more efficient energy exchange and power management.

Key words: Electric vehicles, batteries, chargers, charging stations, simulation.

Ευχαριστίες

Με την ολοκλήρωση της μεταπτυχιακής μου διατριβής, αισθάνομαι την ανάγκη να απευθύνω ένα ολόψυχο ευχαριστώ σε όσους στάθηκαν δίπλα μου σε αυτή την προσπάθεια και με βοήθησαν να τη φέρω σε πέρας.

Πρώτα απ' όλους θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα μου, Καθηγητή κ. Κιοσκερίδη Ιορδάνη για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε, καθώς και για την υποστήριξη, υπομονή, κατανόηση και ενθάρρυνση που μου παρείχε καθ' όλη τη διάρκεια της συγκεκριμένης διατριβής. Ένα μεγάλο ευχαριστώ επίσης οφείλω στον Καθηγητή κ. Μπάμνιο Γεώργιο για την ιδιαίτερα σημαντική και ανιδιοτελή βοήθεια του, όπως επίσης και για τις πολύτιμες συμβουλές του και τις χρήσιμες επισημάνσεις του. Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Δελημαρά Βασίλειο για την υποστήριξη και ενθάρρυνση του. Επί της ευκαιρίας θα ήθελα να ευχαριστήσω και τους υπολοίπους καθηγητές και καθηγήτριές μου στο τμήμα Μηχανικών Πληροφορικής και Ηλεκτρονικών Συστημάτων για όλα όσα έμαθα κοντά τους.

Επίσης, ευχαριστώ ιδιαίτερα τον Τσεκούρα Δημήτριο για τις πολύτιμες συμβουλές του. Δεν θα πρέπει βέβαια να παραλείψω να ευχαριστήσω όλους τους υπευθύνους και λοιπό προσωπικό από τις ακόλουθες εταιρίες παραγωγής και εμπορίας φορτιστών ηλεκτρικών οχημάτων που συμμετείχαν στην παρούσα έρευνα: MC-Chargers, Novatech, ENERES CPM, Electromotivo, EV Charge Systems, IPEL, Charge Line, Armet Mobility, NRG και Blink Charging Hellas.

Τέλος, αλλά όχι σε μικρότερο βαθμό θα ήθελα να ευχαριστήσω τους γονείς μου και τον φίλο μου Νίκο για την αγάπη, κατανόηση, και υποστήριξη που μου παρείχαν καθ' όλη τη διάρκεια αυτής της προσπάθειας.

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

Πρόλογος	4
Περίληψη	5
Abstract	6
Ευχαριστίες	7
ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ.....	8
Κατάλογος Εικόνων	11
Κεφάλαιο 1 Εισαγωγή.....	15
1.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	15
1.2. ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ.....	15
1.3. ΣΤΟΧΟΙ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ.....	15
1.4. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ	15
1.4.1. Έρευνα και ερευνητικές μέθοδοι.....	15
1.4.2. Δευτερογενής έρευνα.....	16
1.4.3. Πρωτογενής έρευνα – Πληθυσμός / στόχος.....	16
1.4.4. Θεωρητική προσέγγιση των ερευνητικών μεθόδων.....	16
1.5. ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ.....	18
1.6. ΕΠΙΛΟΓΟΣ	19
Κεφάλαιο 2 Ηλεκτρικό Δίκτυο και Ηλεκτροκίνηση	20
2.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	20
2.2. ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ	20
2.2.1. Ιστορία του Ηλεκτρισμού.....	20
2.2.2. Θεωρητικοί Ορισμοί που σχετίζονται με τον Ηλεκτρισμό.....	20
2.2.3. Ηλεκτρικό Δίκτυο.....	22
2.2.4. Ελληνικό Σύστημα Ηλεκτρικής Ενέργειας	23
2.3. ΗΛΕΚΤΡΟΚΙΝΗΣΗ.....	23
2.3.1. Ορισμός της Ηλεκτροκίνησης	23
2.3.2. Τα πρώτα βήματα της Ηλεκτροκίνησης.....	24
2.3.3. Ηλεκτρικά Οχήματα σύμφωνα με την Ελληνική νομοθεσία.....	24
2.3.4. Ηλεκτροκίνηση στα Μέσα Σταθερής Τροχιάς.....	24
2.3.5. Ηλεκτροκίνηση στα Βιομηχανικά Οχήματα.....	27
2.4. ΑΝΑΓΚΗ ΓΙΑ ΗΛΕΚΤΡΟΚΙΝΗΣΗ & ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΑΓΟΡΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ	27
2.5. ΕΠΙΛΟΓΟΣ	30
Κεφάλαιο 3 Ηλεκτρικά Οχήματα.....	31
3.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	31
3.2. ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ	31

3.3. ΤΥΠΟΙ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ.....	36
3.3.1. Αμιγώς ηλεκτρικό όχημα (<i>Battery Electric Vehicle - BEV</i>).	36
3.3.2. Υβριδικό ηλεκτρικό όχημα (<i>Hybrid Electric Vehicle - HEV</i>).....	37
3.3.3. Plug-in Υβριδικά Ηλεκτρικά Οχήματα (<i>Plug-in Hybrid Electric Vehicle - PHEV</i>)	38
3.3.4. Ηλεκτρικά οχήματα με κυψέλες υδρογόνου (<i>Fuel Cell Electric Vehicle - FCEV</i>).....	39
3.4. ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ – ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΧΡΗΣΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ	40
3.4.1. Πλεονεκτήματα των ηλεκτρικών οχημάτων σε σύγκριση με τα συμβατικά οχήματα....	40
3.4.2. Μειονεκτήματα των ηλεκτρικών οχημάτων σε σύγκριση με τα συμβατικά οχήματα....	42
3.5. ΜΗΧΑΝΙΚΑ ΜΕΡΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ.....	43
3.5.1. Κοινά στοιχεία στα μηχανικά μέρη ηλεκτρικών και συμβατικών οχημάτων.....	43
3.5.2. Βασικές δομικές διαφορές μεταξύ ηλεκτρικών και συμβατικών οχημάτων.....	44
3.6. ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΙ ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ.....	45
3.7. ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΑ ΙΣΧΥΟΣ.....	47
3.8. ΕΠΙΛΟΓΟΣ	48
Κεφάλαιο 4 Μπαταρίες Ηλεκτρικών Οχημάτων.....	49
4.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	49
4.2. ΟΡΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΜΠΑΤΑΡΙΩΝ	49
4.2.1. Ορισμός της Μπαταρίας.....	49
4.2.2. Μέρη της Μπαταρίας.....	49
4.2.3. Φόρτιση – Εκφόρτιση Μπαταρίας.....	49
4.2.4. Βασικοί παράμετροι των Μπαταριών.....	50
4.2.5. Ιδιαίτερα Χαρακτηριστικά Μπαταριών Ηλεκτρικών Οχημάτων.....	51
4.2.6. Σύστημα Διαχείρισης Μπαταριών (<i>BMS</i>)	53
4.3. ΤΥΠΟΙ ΜΠΑΤΑΡΙΩΝ	54
4.3.1 Αναγκαιότητα ύπαρξης διαφορετικών τύπων μπαταριών.	54
4.3.2. Μπαταρίες Μολύβδου οξέος (<i>Lead-Acid</i>)	54
4.3.3. Μπαταρίες Νατρίου-Θείου (<i>NaS</i>).....	56
4.3.4. Μπαταρίες Νικελίου-Καδμίου (<i>NiCd</i>)	57
4.3.5. Νικελίου-Υδριδίου Μετάλλου (<i>NiMH</i>)	58
4.3.6. Μπαταρία Λιθίου (<i>Li-ion</i>).....	59
4.4. ΕΠΙΛΟΓΟΣ	60
Κεφάλαιο 5 Φόρτιση Ηλεκτρικών Οχημάτων.....	61
5.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	61
5.2. ΟΡΙΣΜΟΣ, ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΚΑΙ ΕΙΔΗ ΦΟΡΤΙΣΗΣ	61
5.2.1. Ορισμός των Φορτιστών.....	61
5.2.2. Διαδικασία Φόρτισης.....	61

5.3. ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΕΝΣΥΡΜΑΤΩΝ ΣΤΑΘΜΩΝ ΦΟΡΤΙΣΗΣ	62
5.4. ΚΑΛΩΔΙΑ ΚΑΙ ΡΕΥΜΑΤΟΛΗΠΤΕΣ/ ΡΕΥΜΑΤΟΔΟΤΕΣ ΓΙΑ ΕΝΣΥΡΜΑΤΗ ΦΟΡΤΙΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ	62
5.4.1. Ρευματολήπτες/ Ρευματοδότες με προδιαγραφές CHAdEMO	62
5.4.2. Ρευματολήπτες/ Ρευματοδότες με προδιαγραφές CCS	63
5.4.3. Τύπος 1: AC καλώδιο φόρτισης - C-Line για συμβατική φόρτιση (US).....	64
5.4.4. Τύπος 2: AC καλώδιο φόρτισης - C-Line για συμβατική φόρτιση (EU).....	65
5.4.5. GB/T DC καλώδιο φόρτισης για γρήγορη φόρτιση (CN).	65
5.4.6. GB/T AC καλώδιο φόρτισης - C - Line για συμβατική φόρτιση (CN).....	66
5.5. ΜΕΘΟΔΟΙ ΦΟΡΤΙΣΗΣ	67
5.6. ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΦΟΡΤΙΣΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ	69
5.7. ΤΟΠΟΛΟΓΙΑ ΕΝΣΥΡΜΑΤΩΝ ΦΟΡΤΙΣΤΩΝ	70
5.8. ΑΣΥΡΜΑΤΟΙ ΦΟΡΤΙΣΤΕΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ	74
5.9. ΕΠΙΛΟΓΟΣ	76
Κεφάλαιο 6 Σταθμοί Φόρτισης στην ΕΕ και στην Ελλάδα	77
6.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	77
6.2. ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗ ΣΤΑΘΜΩΝ ΦΟΡΤΙΣΗΣ	77
6.3. ΣΤΑΘΜΟΙ ΦΟΡΤΙΣΗΣ ΣΤΗΝ ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΕΝΩΣΗ	80
6.3.1. Θεσμικό πλαίσιο στην Ευρωπαϊκή Ένωση σύμφωνα με την χωροθέτηση των σταθμών φόρτισης.....	80
6.3.2. Χωροθέτηση Σταθμών Φόρτισης από την Ευρωπαϊκή Ένωση	82
6.3.3. Νέος κανονισμός στην Ευρωπαϊκή Ένωση σχετικά με την χωροθέτηση των σταθμών φόρτισης από το 2025.	86
6.4. ΣΤΑΘΜΟΙ ΦΟΡΤΙΣΗΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ	88
6.4.1. Θεσμικό πλαίσιο στην Ελλάδα.....	88
6.4.2. Οργάνωση και Διαχείριση δημοσίων σταθμών φόρτισης στην Ελλάδα.....	91
6.4.3. Χωροθέτηση σταθμών φόρτισης στην Ελλάδα	92
6.5. ΕΤΑΙΡΙΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ & ΕΜΠΟΡΙΑΣ ΦΟΡΤΙΣΤΩΝ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ	94
6.5.1. Πρωτογενής έρευνα στις εταιρίες κατασκευής και εμπορίας φορτιστών.	94
6.5.2. Εταιρίες κατασκευής φορτιστών ηλεκτρικών οχημάτων στην Ελλάδα.....	94
6.5.3. Εταιρίες εμπορίας φορτιστών ηλεκτρικών οχημάτων στην Ελλάδα.....	98
6.6. ΕΠΙΛΟΓΟΣ	110
Κεφάλαιο 7 Προσομοίωση ενός φορτιστή σε Simulink/Matlab	111
7.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	111
7.2. ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΙΣΧΥΟΣ	111
7.3. ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΩΝ ΣΥΝΕΧΟΥΣ ΤΑΣΗΣ – ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΦΟΡΤΙΣΤΗ DC ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΟΧΗΜΑΤΟΣ	114
7.4. ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΙΚΑΤΕΥΘΥΝΤΗΡΙΟΥ ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΑ	119

7.5. ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ	121
7.6. ΕΠΙΛΟΓΟΣ	124
Κεφάλαιο 8 Συμπεράσματα και Προοπτικές	125
Βιβλιογραφία	129
Παράρτημα Α: Ερωτηματολόγιο Συνέντευξης	142
Παράρτημα Β: Δήλωση Συγκατάθεσης για επιστημονική έρευνα	145

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 2.1: Δομή Συστήματος Ηλεκτρικής Ενέργειας [35]	22
Εικόνα 2.2: Ελληνικό Σύστημα Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας [36]	23
Εικόνα 2.3: Το πρώτο ηλεκτρικό τρένο το 1879 στο Βερολίνο (κατασκευή: Siemens & Halske)	25
Εικόνα 2.4: Το πρώτο τρόλεϊ το 1882 στο Βερολίνο (κατασκευή: Siemens)	25
Εικόνα 2.5: Η γραμμή τραμ το 1881 στο Βερολίνο (κατασκευή Siemens)	25
Εικόνα 2.6: Η πρώτη ηλεκτροδοτούμενη γραμμή μετρό στην Ηπειρωτική Ευρώπη, Βουδαπέστη 1896.	26
Εικόνα 2.7 Χάρτης ηλεκτροκίνησης σιδηροδρόμων της Ευρώπης [46].....	26
Εικόνα 2.8: Ηλεκτρικά Βιομηχανικά Οχήματα - Φορτηγά	27
Εικόνα 2.9 Παγκόσμιες εκπομπές διοξειδίου του θείου (SO ₂) ανά ήπειρο [50].	28
Εικόνα 2.10: Πηγές ατμοσφαιρικών ρύπων στην Ε.Ε. κατά το 2017 [51].....	28
Εικόνα 2.11: Εξέλιξη στις εκπομπές αερίων CO ₂ ανά τομέα την περίοδο 1990-2019 στην Ευρωπαϊκή Ένωση (εξαιρουμένου του Η.Β.) [52]	29
Εικόνα 2.12: Κατανομή εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου στις μεταφορές (Ε.Ε.) - 2019 [52].....	29
Εικόνα 3.1: Αριστερά: Ο πρώτος ηλεκτροκινητήρας του Jedlik [56], Δεξιά: το πρώτο ηλεκτρικό όχημα του Davenport [57].....	31
Εικόνα 3.2: Αριστερά: Μπαταρία G. Planté, Δεξιά: Ηλεκτρικό Αυτοκίνητο W. Morrison [58].....	32
Εικόνα 3.3: Αριστερά: Jamais Contente [58], Δεξιά: Το ηλεκτρικό αυτοκίνητο του T. Edison (1910) [61]	32
Εικόνα 3.4: Αριστερά: Lunar Roving Model (NASA) [64], Δεξιά: Enfield 8000 (Ελλάδα) [68].....	34
Εικόνα 3.5: Αριστερά: Zagato Zele 1000 (Ιταλία) [67], Δεξιά: Electrucks (ΗΠΑ) [66]	34
Εικόνα 3.6: Αριστερά: GM EV1 (ΗΠΑ) [73], Δεξιά: Toyota Prius I (Ιαπωνία) [72].....	35
Εικόνα 3.7: Αριστερά: Tesla Roadster (ΗΠΑ) [75], Δεξιά: BMW i3 (Γερμανία) [79].	36
Εικόνα 3.8: Αμιγώς ηλεκτρικό όχημα (BEV) [82].....	37
Εικόνα 3.9: Υβριδικό ηλεκτρικό όχημα (HEV) [82].....	38
Εικόνα 3.10: Plug-in υβριδικό ηλεκτρικό όχημα (PHEV) [82]	39
Εικόνα 3.11: Ηλεκτρικό όχημα με κυψέλες υδρογόνου (FCEV) [82]	40
Εικόνα 3.12: Το σύστημα κίνησης ενός σύγχρονου ηλεκτρικού αυτοκινήτου [97]	43
Εικόνα 3.13: Ηλεκτροκινητήρας TESLA S & Είδη ηλεκτροκινητήρων [104, 105]	46
Εικόνα 3.14: Αντιστροφέας (Inverter) Toyota Prius [106]	47
Εικόνα 3.15: Μετατροπέας (Inverter) AC-DC/DC-DC [107].....	48
Εικόνα 3.16: Συνδυασμένος Αντιστροφέας / Μετατροπέας [108].....	48
Εικόνα 4.1 Κελιά (αριστερά), Μονάδες (κέντρο) και Συστοιχίες (δεξιά) μπαταριών [111]	52

Εικόνα 4.2: Η μπαταρία της BMW i3 [112]	52
Εικόνα 4.3: Σύστημα Διαχείρισης Μπαταριών (BMS) [114]	53
Εικόνα 4.4: Μπαταρίες Μολύβδου οξέος. Τομή (αριστερά) [115], Μπαταρία Τογο 12V (δεξιά).	55
Εικόνα 4.5: Ταξινόμηση Μπαταριών οξέος μολύβδου [116]	56
Εικόνα 4.6: Μπαταρία Νικελίου–Καδμίου. Τομή (αριστερά) [120], μπαταρία για Ηλεκτρικά Οχήματα Παραγωγής Κίνας (δεξιά) [121]	57
Εικόνα 4.7: Μπαταρία Ni-MH. Τομή (αριστερά), μπαταρία ηλεκτρικού οχήματος Honda (δεξιά) [125].	58
Εικόνα 4.8: Μπαταρία Li-ion. Τομή (αριστερά), μπαταρία ηλεκτρικού οχήματος Powertech (δεξιά) [124].	59
Εικόνα 5.1: Βύσμα CHAdeMO. Φωτογραφία (αριστερά) και σχηματική απεικόνιση (δεξιά) [133]. ...	63
Εικόνα 5.2: Υποδοχή CCS - Combo 2. Φωτογραφία (αριστερά) και σχηματική απεικόνιση (δεξιά) [132]	63
Εικόνα 5.3: Τύποι Ρευματοληπτών/Ρευματοδοτών CSS σε Ευρώπη και ΗΠΑ [134]	64
Εικόνα 5.4: AC φόρτιση Τύπος 1. Υποδοχή (αριστερά) και βύσμα (δεξιά) [135].	65
Εικόνα 5.5: AC φόρτιση Τύπος 2. Βύσμα (αριστερά) και υποδοχή (δεξιά) [135].	65
Εικόνα 5.6: DC φόρτιση Τύπος GB/T. Βύσμα (αριστερά) και υποδοχή (δεξιά) [135].	66
Εικόνα 5.7: AC φόρτιση Τύπος GB/T. Βύσμα (αριστερά) και υποδοχή (δεξιά) [135].	66
Εικόνα 5.8: AC/DC φόρτιση Τύπος Tesla Supercharger/NACS Βύσμα (αριστερά) και υποδοχή (δεξιά) [137].	67
Εικόνα 5.9: Μέθοδοι φόρτισης & Ρευματολήπτες [137]	67
Εικόνα 5.10: Τοπολογία φορτιστή Ηλεκτρικών Οχημάτων (140)	71
Εικόνα 5.11: Τοπολογίες DC/DC σταδίου με γαλβανική απομόνωση, Shift Full Bridge (PSFB) [πάνω], (β) Dual Active Bridge (κάτω) [143].	72
Εικόνα 5.12 Εικόνα 5.12: Τοπολογίες DC/DC σταδίου χωρίς γαλβανική απομόνωση (α) Μετατροπέας Buck (b) Πολυφασικός μετατροπέας Buck (c) μονόδρομος μετατροπέας Buck 3ων επιπέδων. (d) αμφίδρομος μετατροπέας Buck 3ων επιπέδων. (e) Μετατροπέας Buck 3ων επιπέδων με αιωρούμενους πυκνωτές [143].	73
Εικόνα 5.13: Τοπολογία σταθμού φόρτισης (α) με AC υποδίκτυο (β) με DC υποδίκτυο [144].	73
Εικόνα 5.14: Λειτουργία ασύρματης φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων [139].	75
Εικόνα 6.1: Ιδιωτική φόρτιση (αριστερά), Εμπορική/ Ημιδημόσια φόρτιση (δεξιά) [149].	79
Εικόνα 6.2: Δημόσιος σταθμός φόρτισης ηλεκτρικών αυτοκινήτων στην περιφέρεια Πελοποννήσου [152]	80
Εικόνα 6.3: Κατανομή δημοσίων σταθμών φόρτισης στην ΕΕ των 27 και Ηνωμένο Βασίλειο ανά ταχύτητα φόρτισης [155].	83
Εικόνα 6.4: Σημεία φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων στην ΕΕ των 27 και Ηνωμένο Βασίλειο [154]. ..	85
Εικόνα 6.5: Αριθμός κοινόχρηστων σημείων φόρτισης και αναλογία των σημείων φόρτισης ανά 100 τ. χλμ στην Ευρωπαϊκή Ένωση των 27 και Ηνωμένο Βασίλειο το 2020 [154].	86
Εικόνα 6.6: Διευρωπαϊκό Δίκτυο Μεταφορών της Ευρωπαϊκής Ένωσης (ΔΕΔ-Μ) [156].	87
Εικόνα 6.7: Χάρτης Διαθέσιμων Δημόσιων Σταθμών Φόρτισης Ηλεκτρικών Οχημάτων [165].	93
Εικόνα 6.8: Κεντρικά Γραφεία MC-Chargers (Αριστερά), Orion Οικιακός Φορτιστής (Κέντρο) Orion DC-60 (Δεξιά) [167].	95
Εικόνα 6.9: Εργοστάσιο Κατασκευής Φορτιστών Eunice στη Μάνδρα Αττικής (αριστερά). Φορτιστής EEG-2S-22P (κέντρο), κυλινδρικός AC φορτιστής (δεξιά).	98
Εικόνα 6.10: Aurora 7 KW (αριστερά), IOCAW05C 22KW (κέντρο), Jupiter 60 KW (δεξιά).	100
Εικόνα 6.11: Legrand Green'Up 7 KW (αριστερά), ABB Terra AC Wallbox (κέντρο), Delta UFC 200KW platform (δεξιά).	101
Εικόνα 6.12: AC Webasto Pure 22 KW	102

Εικόνα 6.13: Wallbe Leo (αριστερά) και Wallbe DC Charger (δεξιά) [173]	104
Εικόνα 6.14: EVBOX Elvi (αριστερά) και Business Line (δεξιά) [174]	106
Εικόνα 6.15: Wallbox Commander 2 (Αριστερά) και Supernova (δεξιά) [175].....	107
Εικόνα 6.16: ALFEN EVE Single Pro-line	108
Εικόνα 6.17: Blink EQ200 (αριστερά) και Blink Mode 4 50 KW (δεξιά) [177].....	109

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 3.1: Είδη ηλεκτροκινητήρων [104].....	46
Πίνακας 5.1: Περίληψη της σύγκρισης AC/DC διασύνδεσης [140]	74
Πίνακας 6.1: Ταξινόμηση σταθμών φόρτισης στην Ευρώπη ανάλογα με τη ισχύ και την χωροθέτηση τους. [153]	81
Πίνακας 6.2: Ταξινόμηση σταθμών φόρτισης στην Ευρώπη ανάλογα με τη μέθοδο φόρτισης, την υποδομή της εγκατάστασης και την χωροθέτηση τους. [153]	82
Πίνακας 6.3: Μοντέλα Σταθμών Φόρτισης MC-Chargers	97
Πίνακας 6.4: Μοντέλα Σταθμών Φόρτισης NRG.....	99
Πίνακας 6.5 Μοντέλα Σταθμών Φόρτισης CharginLine	101
Πίνακας 6.6: Μοντέλα Σταθμών Φόρτισης Electromotivo	104
Πίνακας 6.7: Μοντέλα Σταθμών Φόρτισης Novatech	105
Πίνακας 6.8: Μοντέλα Σταθμών Φόρτισης Armet Mobility	106
Πίνακας 6.9: Μοντέλα Σταθμών Φόρτισης Blink	109

Κατάλογος Σχημάτων

Σχήμα 3.1: Σύστημα ηλεκτρικής προώθησης [100]	45
Σχήμα 4.1 Εκφόρτιση (αριστερά) και φόρτιση (δεξιά) μίας μπαταρίας [110]	50
Σχήμα 4.2 τομή μπαταρίας νατρίου-θείου [118].....	57
Σχήμα 6.1: Διάφορες θέσεις των σταθμών φόρτισης που μπορούν να χρησιμοποιηθούν μελλοντικά [146]	78
Σχήμα 7.1: DC-DC μετατροπείς	111
Σχήμα 7.2: DC/AC Αντιστροφείας.....	112
Σχήμα 7.3: AC/DC ανόρθωση	112
Σχήμα 7.4 AC/AC μετατροπέας	113
Σχήμα 7.5. Κύκλωμα ισχύος μετατροπέα Boost	114
Σχήμα 7.6 Κύκλωμα ισχύος μετατροπέα Buck.....	115
Σχήμα 7.7Μετατροπέας Boost και καταστάσεις λειτουργίας. α) Κύκλωμα ισχύος β) Ισοδύναμο κύκλωμα όταν ο διακόπτης είναι κλειστός. γ) Ισοδύναμο κύκλωμα όταν ο διακόπτης είναι ανοιχτός. δ) Ισοδύναμο κύκλωμα στην ασυνεχή λειτουργία	116
Σχήμα 7.8 Κυματομορφές μετατροπέα όταν το ρεύμα του πηνίου είναι συνεχές. α) Ρεύμα πηνίου. β) Ρεύμα διακόπτη. γ) Ρεύμα διόδου. δ) Τάση πηνίου. ε) Τάση πυκνωτή. ζ) Παλμοί οδήγησης.	117
Σχήμα 7.9 Κυματομορφές μετατροπέα όταν το ρεύμα πηνίου είναι ασυνεχές: α) Ρεύμα πηνίου. β) Ρεύμα διακόπτη. γ) Ρεύμα διόδου. δ) Τάση πηνίου. ε) Τάση πυκνωτή. ζ) Παλμοί οδήγησης.	118
Σχήμα 7.10: Κυκλωματική δομή του αμφίδρομου μετατροπέα συνεχούς ρεύματος.....	119
Σχήμα 7.11: Κύκλωμα ισχύος δικατευθυντήριου μετατροπέα	119
Σχήμα 7.12: Κύκλωμα ελέγχου δικατευθυντήριου μετατροπέα	120
Σχήμα 7.13: PI ελεγκτής	120

Σχήμα 7.14: Μοντελοποίηση της διάταξης παραγωγής των παλμών PWM με συχνότητα 20kHz	121
Σχήμα 7.15: Μοντελοποίηση του κυκλώματος παραγωγής των παλμών στα δύο IGBT, με νεκρό χρόνο 2μs (Pulse).....	121
Σχήμα 7.16 Κυματομορφές των τάσεων u_1 (μπλε γραμμή) και u_2 (πράσινη γραμμή) (α), του κύκλου λειτουργίας D (β) και του ρεύματος i_L στο πηνίο του μετατροπέα (γ), όταν το ρεύμα αναφοράς i_L^* είναι ίσο με 5A (φόρτιση μπαταρίας). Επίσης, στο κάτω σχήμα απεικονίζεται λεπτομέρεια από το ρεύμα στην επαγωγή i_L , το οποίο μεταβάλλεται με συχνότητα 20kHz μέσω των παλμών PWM.	122
Σχήμα 7.17: Κυματομορφές των τάσεων u_1 (μπλε γραμμή) και u_2 (πράσινη γραμμή) (α), του κύκλου λειτουργίας D (β) και του ρεύματος i_L στο πηνίο του μετατροπέα (γ), όταν το ρεύμα αναφοράς i_L^* είναι ίσο με -5A (εκφόρτιση μπαταρίας). Επίσης στο κάτω σχήμα απεικονίζεται λεπτομέρεια από το ρεύμα στην επαγωγή i_L , το οποίο μεταβάλλεται με συχνότητα 20kHz μέσω των παλμών PWM	124

Κεφάλαιο 1 Εισαγωγή

1.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στο πρώτο κεφάλαιο παρατίθενται καταρχήν ο σκοπός και οι στόχοι της διπλωματικής εργασίας αυτής. Στη συνέχεια γίνεται μία εκτενής αναφορά στη μεθοδολογία που χρησιμοποιήθηκε προκειμένου να συλλεχθεί πρωτογενές και δευτερογενές υλικό για την επίτευξη των σκοπών της εργασίας.

1.2. ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

Ο σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η μελέτη και η ανάλυση των φορτιστών στα ηλεκτρικά οχήματα, η διεξοδική παρουσίαση της διαδικασίας φόρτισής τους και η προσομοίωση ενός ενσύρματου φορτιστή σταθερού ρεύματος.

1.3. ΣΤΟΧΟΙ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

Οι στόχοι της εργασίας αυτής είναι οι ακόλουθοι:

A. να παρουσιάσουν την ιστορία, τα είδη, τα μηχανικά και ηλεκτρονικά μέρη αλλά και την αγορά των ηλεκτρικών οχημάτων.

B. να αναφέρουν τα μεγέθη, τους τύπους και το σύστημα διαχείρισης των μπαταριών ηλεκτρικών οχημάτων

Γ. να περιγράψουν τα είδη και τους σταθμούς φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων καθώς και τους φορτιστές ενσύρματης και ασύρματης φόρτισης.

Δ. να ερευνηθούν οι εταιρίες κατασκευής και εμπορίας φορτιστών ηλεκτρικών οχημάτων στην Ελλάδα χρησιμοποιώντας την ερευνητική τεχνική της συνέντευξης και να αναλυθούν τα προϊόντα τους.

Ε. να μελετηθούν και να αναλυθούν τα ηλεκτρονικά και ηλεκτρολογικά μέρη των φορτιστών ηλεκτρικών οχημάτων, κυρίως μέσω της προσομοίωσης ενός ενσύρματου φορτιστή.

ΣΤ. να παρέχουν συμπεράσματα και προτάσεις σχετικά με τους φορτιστές αλλά και τους σταθμούς φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων τόσο στην Ελλάδα όσο και στο εξωτερικό.

1.4. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

1.4.1. Έρευνα και ερευνητικές μέθοδοι.

Η έρευνα [1] είναι η εργασία που έχει σαν σκοπό την προαγωγή της επιστημονικής γνώσης, ή η επεξεργασία νέων θεωριών, ικανών να γίνουν αποδεκτές από τη διεθνή επιστημονική κοινότητα. Προκειμένου να χαρακτηριστεί μία εργασία ως ερευνητική είναι αναγκαίο να είναι πρωτότυπη. Η έρευνα είναι επίσης μια συστηματική και καλά σχεδιασμένη διαδικασία προς την κατεύθυνση της επίλυσης προβλημάτων βάσει της εμπειρικής πραγματικότητας. Τέλος, θεωρείται ως εκείνη η συστηματική εφαρμογή επιστημονικής γνώσης που σκοπό έχει να βελτιώσει τα επιτεύγματα του ανθρώπου». Με πιο απλά λόγια, [2] η έρευνα μπορεί να οριστεί, ως η επιστημονική και συστηματική αναζήτηση κατάλληλων πληροφοριών για ένα συγκεκριμένο θέμα.

Ως μέθοδοι έρευνας μπορούν να θεωρηθούν όλες εκείνες οι μέθοδοι και οι τεχνικές που χρησιμοποιούνται από τον ερευνητή κατά τη διάρκεια της μελέτης ενός ερευνητικού του προβλήματος. Από τα τέλη του 20ου αιώνα μάλιστα, μια σειρά από προσεγγίσεις στη μεθοδολογία της επιστημονικής έρευνας έχουν αναπτυχθεί κι εκτείνονται από τα εργαστηριακά πειράματα στο ένα άκρο μέχρι την επιτόπια έρευνα στο άλλο [3]. Η επιλογή μιας η περισσότερων μεθόδων εξαρτάται από το σκοπό της έρευνας, τις συνθήκες που θα επικρατούν τη στιγμή που αυτή θα διεξαχθεί κι από το αν το δείγμα που θα ληφθεί θα έχει κύρος, θα είναι αξιόπιστο ή αντιπροσωπευτικό του συνόλου.

1.4.2. Δευτερογενής έρευνα

Τα δευτερογενή δεδομένα αποτελούν οπωσδήποτε την αφετηρία για κάθε έρευνα καθώς έχουν τα πλεονεκτήματα του χαμηλού κόστους και της άμεσης διαθεσιμότητάς τους [4]. Προσφέρουν το απαραίτητο υπόβαθρο για την κατανόηση του θέματος [5], διευκόλυνση και προειδοποίηση σε διάφορες περιπτώσεις όπου η ανάλυση δεν οδηγεί πουθενά, προσδιορίζουν τη δομή των διερευνητικών ερωτήσεων με την προσωπική επαφή με τους διαχειριστές ανθρώπινων πόρων, αποτελούν σημαντική βάση πάνω στην οποία μπορεί να θεμελιωθεί η ανάπτυξη της επιστημονικής εργασίας και τέλος βοηθούν στη διερεύνηση ποικίλων παραμέτρων του θέματος.

Πιο συγκεκριμένα, τα δευτερογενή δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν στην έρευνα αυτή ήταν: στατιστικά στοιχεία της Eurostat κι άλλων εγχώριων και διεθνών οργανισμών, χρήσιμα στοιχεία από βιβλία, περιοδικά, εφημερίδες, πανεπιστημιακές παρουσιάσεις καθώς και άρθρα και έρευνες στο διαδίκτυο πάνω στο αντικείμενο των ηλεκτρικών οχημάτων, των μπαταριών και των φορτιστών τους. Παράλληλα, αναζητήθηκαν πληροφορίες σχετικά με τους φορτιστές μπαταριών ηλεκτρικών οχημάτων μέσω του ΕΛ.ΙΝ.Η.Ο – Ελληνικό Ινστιτούτο Ηλεκτροκίνητων Οχημάτων. Τέλος, έγινε μία φιλόδοξη προσπάθεια να αποκτηθεί επίκαιρο πληροφοριακό υλικό από όλες τις εταιρίες που κατασκευάζουν ή εμπορεύονται φορτιστές ηλεκτρικών αυτοκινήτων στην Ελλάδα.

1.4.3. Πρωτογενής έρευνα – Πληθυσμός / στόχος

Παρά τα παραπάνω σημαντικά πλεονεκτήματα της δευτερογενούς έρευνας, είναι πραγματικά αδύνατη η επιτυχής ολοκλήρωση της εργασίας αυτής δίχως την πραγματοποίηση πρωτογενούς έρευνας. Ο πληθυσμός-στόχος της έρευνας αυτής είναι όλες οι εταιρίες κατασκευής και εμπορίας φορτιστών ηλεκτρικών οχημάτων. Με δεδομένο τον πολύ μικρό αριθμό αντίστοιχων επιχειρήσεων (σύνολο 10) που η παρούσα έρευνα σκόπευε να μελετήσει, χρησιμοποιήθηκε κατά πρώτο λόγο ως μέθοδος έρευνας η συνέντευξη. Άρα, πραγματοποιήθηκαν συνεντεύξεις με τους υπευθύνους των επιχειρήσεων προκειμένου να αντληθούν πληροφορίες σχετικά με την αγορά αλλά και με τα ηλεκτρικά και τα ηλεκτρολογικά μέρη των φορτιστών.

Η χρήση των ηλεκτρονικών υπολογιστών για την μοντελοποίηση ενός ιδεατού ή και πραγματικού συστήματος, η εκτέλεση του μοντέλου αλλά και η ανάλυση των αποτελεσμάτων της εκτέλεσης αποτελούν ένα από τα πιο σημαντικά κεφάλαια της σύγχρονης επιστημονικής έρευνας που λέγεται «Προσομοίωση» [6]. Αυτή επιτρέπει την παρακολούθηση της εξέλιξης ενός συστήματος με τη χρήση ειδικών αριθμητικών μεθόδων και προγραμμάτων. Στη συγκεκριμένη εργασία, διεξήχθη προσομοίωση ενός ενσύρματου φορτιστή μπαταριών ηλεκτρονικών οχημάτων μέσω του μαθηματικού πακέτου μοντελοποίησης MATLAB.

1.4.4. Θεωρητική προσέγγιση των ερευνητικών μεθόδων

Συνεντεύξεις

Η συνέντευξη είναι κι αυτή μια βασική ερευνητική μέθοδος. Πρόκειται για την αλληλεπίδραση, την επικοινωνία μεταξύ προσώπων, που καθοδηγείται από τον ερευνητή ή ερωτώντα με στόχο την απόσπαση πληροφοριών σχετιζόμενων με το αντικείμενο της έρευνας [7]. Με άλλα λόγια πρόκειται για την μέθοδο που έχει ως αντικείμενο της να σχηματίσει ένα «νοητικό περιεχόμενο» [8], να αποκαλύψει πτυχές της προσωπικότητας και να αναγνωρίσει συμπεριφορές. Άλλα χαρακτηριστικά των συνεντεύξεων είναι ότι ο διάλογος λαμβάνει χώρα ανάμεσα σε ανθρώπους που κατ' ουσίαν είναι ξένοι μεταξύ τους και ότι οι συνεντεύξεις κατευθύνονται από τον ερευνητή κατά ένα μεγάλο ποσοστό, στοιχείο που βέβαια εξαρτάται και από το είδος της συνέντευξης [9]. Πρέπει να αναφερθεί ότι η

συνέντευξη βασίζεται στη θέση ότι η γνώση επιτυγχάνεται σε μεγάλο βαθμό μέσω καλής ακρόασης, και επίσης ότι τα πρώτα λεπτά της συνέντευξης είναι καθοριστικά [10].

Οι συνεντεύξεις χωρίζονται σε [11]:

A) δομημένες που περιλαμβάνουν προκαθορισμένες ερωτήσεις, οι οποίες έχουν συγκεκριμένο αριθμό και περιεχόμενο και σε μη δομημένες, οι οποίες αφορούν μία ελεύθερη συζήτηση, η οποία βέβαια σχετίζεται με το θέμα που ερευνάται.

B) άμεσες και έμμεσες. Ο διαχωρισμός αφορά στο σκοπό για τον οποίο πραγματοποιείται η συνέντευξη.

Γ) επαναλαμβανόμενες, οι οποίες γίνονται συνήθως σε γκρουπ ανθρώπων και ονομάζονται και «Panel». Ονομάζονται έτσι γιατί χρειάζεται να επαναληφθούν αρκετές φορές μέχρι να καταλήξει η έρευνα στη συλλογή των δεδομένων και στα συμπεράσματά της.

Δ) σε βάθος, οι οποίες αφορούν ένα σύνολο γενικών ερωτήσεων σε θέματα που ο ερευνητής έχει προκαθορίσει, αλλά τα οποία δεν τα θέτει με συγκεκριμένη σειρά, και τον «πρωταγωνιστικό» ρόλο τον κατέχει ο ερωτώμενος, με την παρουσία του ερευνητή ως βοηθητική και διακριτικά καθοδηγητική.

E) σε τυποποιημένη, ή μη τυποποιημένη και σε τηλεφωνική [12].

Βασικό μειονέκτημα των συνεντεύξεων θεωρείται ο κίνδυνος βεβαισμένων ερωτήσεων από τη μεριά του ερευνητή που μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα να δίνονται παραπλανητικές ή ανακριβείς πληροφορίες. Για αυτό το λόγο, ο ερευνητής οφείλει να λαμβάνει υπ' όψη τις επιπτώσεις της συμπεριφοράς του, οι οποίες μπορεί να επηρεάζουν τους ερωτώμενους [13].

Όσον αφορά την παρούσα έρευνα, πραγματοποιήθηκε σειρά συνεντεύξεων με στελέχη εταιριών παραγωγής και εμπορίας φορτιστών ηλεκτρικών οχημάτων. Επειδή ο πληθυσμός της παρούσας έρευνας ως προς τον αριθμό των σχετικών επιχειρήσεων ήταν μικρός, δεν χρειάστηκε να γίνει δειγματοληψία. Έτσι έγινε προσπάθεια να διεξαχθούν δια ζώσης συνεντεύξεις με τους υπευθύνους από ένα μεγάλο αριθμό των εν λόγω επιχειρήσεων, που βρίσκονται στην Αθήνα και στη Θεσσαλονίκη. Οι συνεντεύξεις αυτές ήταν επώνυμες και δομημένες και είχαν διάρκεια 20 λεπτά. Οι συνεντεύξεις ηχογραφήθηκαν για λόγους περαιτέρω ανάλυσης κατά τη διάρκεια της συγγραφής της εργασίας. Ήταν βασισμένες σε ένα ερωτηματολόγιο το οποίο αποτελούνταν από 37 ερωτήσεις στα ελληνικά. Ήταν χωρισμένο σε τρία μέρη, δηλαδή γενικές πληροφορίες για την εταιρία, τεχνικά χαρακτηριστικά φορτιστών και σύστημα πωλήσεων. Κάποιες από τις ερωτήσεις ήταν πολλαπλής επιλογής, άλλες ήταν ναι/όχι ενώ κάποιες άλλες απαιτούσαν εκτεταμένη απάντηση. Οι ερωτήσεις της συνέντευξης είναι αναρτημένες στο Παράρτημα Α.

Προσομοίωση

Η δυσκολία της υλοποίησης κάποιων φαινομένων, σχεδίων ή έργων των Φυσικών Επιστημών σε πραγματικές συνθήκες, η εξέλιξη και η ραγδαία είσοδος της τεχνολογίας στη σύγχρονη ζωή αλλά και η εξ' αποστάσεως εργασία και διδασκαλία δημιούργησαν την ανάγκη ύπαρξης τόσο των εικονικών πειραμάτων όσο και των προσομοιώσεων. Η προσομοίωση λοιπόν (αγγλικά: simulation) είναι η «αναπαράσταση λειτουργίας μιας πραγματικής διαδικασίας ή ενός συστήματος» [14]. Στην περίπτωση των προσομοιώσεων είναι αναγκαία η χρήση μοντέλων, που αποτυπώνουν τα κύρια χαρακτηριστικά και συμπεριφορές ενός επιλεγμένου συστήματος ή διαδικασίας. Προκειμένου να εκτελεστούν σωστά αλλά και με ταχύτητα οι προσομοιώσεις αυτές, χρησιμοποιούνται πολύ συχνά τεχνολογίες πληροφορικής όπως κατά κύριο λόγο το λογισμικό TINA της Texas Instruments και το MATLAB της Mathworks.

Η μέθοδος της προσομοίωσης στην επιστήμη της ηλεκτρονικής θεωρείται ως ένα αναπόσπαστο τμήμα τόσο κατά τη διαδικασία παραγωγής ενός ηλεκτρονικού συστήματος όσο και κατά τη σχεδίαση κυκλωμάτων. Επομένως, η προσομοίωση αναπαριστά την αναμενόμενη λειτουργία των συστημάτων που θα μελετηθούν ή θα σχεδιαστούν και έτσι με τον τρόπο αυτό κατανοούνται καλύτερα οι ιδιότητές τους. Επιπλέον η προσομοίωση βοηθάει στον έλεγχο της συμπεριφορά της διάταξης προτού προχωρήσει η υλοποίησή της. Το MATLAB (συντομογραφία του MATrix LABoratory) αποτελεί ένα περιβάλλον αριθμητικής υπολογιστικής και μία γλώσσα προγραμματισμού 4^{ης} γενιάς και κάνει πράξεις βασιζόμενο στην άλγεβρα μητρών και στους πίνακες. Το MATLAB επιτρέπει να γίνεται χειρισμός συνόλων δεδομένων με ταχύτητα και με μια μεγάλη ποικιλία τρόπων [15]. Πέρα από την καθαρά μαθηματική χρήση του, το MATLAB χρησιμοποιείται συχνά και σε άλλες φυσικές επιστήμες όπως είναι η ηλεκτρονική τόσο για τη δημιουργία υποδειγμάτων και την προσομοίωση μοντέλων όσο και για την ανάλυση και την οπτικοποίηση δεδομένων.

Το Simulink είναι ένα περιβάλλον γραφικού προγραμματισμού, βασισμένο στην γλώσσα προγραμματισμού MATLAB. Πρόκειται για ένα εξαιρετικά χρήσιμο εργαλείο του MATLAB με το οποίο καθίσταται δυνατή η μοντελοποίηση, η προσομοίωση και η ανάλυση πληθώρας δυναμικών συστημάτων και εφαρμογών προερχομένων από πληθώρα επιστημονικών περιοχών. Ένα από τα σημαντικότερα προτερήματα του Simulink είναι η απλότητά του καθώς οι διευκολύνσεις που παρέχει στον χρήστη είναι πολυάριθμες. Σε σχέση με την παρούσα έρευνα, έγινε μία προσομοίωση μέσω του Simulink της τοπολογίας ενός σταθμού φόρτισης σταθερού ρεύματος, καθώς επίσης μια μοντελοποίηση τόσο της διάταξης και του κυκλώματος παραγωγής παλμών, όσο και των κυματομορφών τάσεων κατά τη διάρκεια φόρτισης μίας μπαταρίας όταν το ρεύμα αναφοράς είναι ίσο με 5 A.

Όσον αφορά το σημαντικό ζήτημα της προστασίας των προσωπικών δεδομένων, οι συνεντεύξεις των υπευθύνων των επιχειρήσεων ήταν μεν επώνυμες, υπήρχε δε δήλωση εχεμύθειας με τίτλο «Ενημέρωση για την επεξεργασία προσωπικών δεδομένων σύμφωνα με τον Γενικό Κανονισμό για την Προστασία Δεδομένων Ε.Ε. 679/2016 (GDPR)» όπου αναφέρεται πως τα προσωπικά δεδομένα που θα συλλεχθούν θα αφορούσαν μόνο την παρούσα έρευνα και μετά τη δημοσίευση των αποτελεσμάτων της έρευνας, θα καταστραφούν. Επίσης, το ηχογραφημένο υλικό των συνεντεύξεων θα διαγραφεί. Η δήλωση εχεμύθειας παρατίθεται στο Παράρτημα Β.

Μετά την συλλογή των ποσοτικών και ποιοτικών δεδομένων από την ερευνήτρια, έγινε πλήρης ανάλυσή τους, η οποία παρατίθεται στα παρακάτω κεφάλαια και έγινε εξαγωγή χρήσιμων συμπερασμάτων.

1.5. ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η παρούσα μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία έχει ως θέμα την μελέτη και ανάλυση των φορτιστών μπαταριών ηλεκτρικών οχημάτων και αποτελείται από τα εξής μέρη – κεφάλαια.

Πιο συγκεκριμένα, στο πρώτο κεφάλαιο αναλύονται οι σκοπός και οι στόχοι και η μεθοδολογία της έρευνας. Στο δεύτερο κεφάλαιο αποφασίζονται οι όροι που αφορούν τον ηλεκτρισμό και το ηλεκτρικό δίκτυο. Μετά από μία σύντομη ιστορική αναδρομή που ξεκινά από την βιομηχανική επανάσταση και καταλήγει στην σημερινή εποχή, αναφέρονται οι πιο σημαντικές προσπάθειες στον τομέα της ηλεκτροκίνησης. Επιπλέον, παρατίθενται τα οφέλη της ηλεκτροκίνησης στο περιβάλλον, συγκρινόμενη με τις άλλες μορφές ενέργειας, συμβατικές ή εναλλακτικές

Το τρίτο κεφάλαιο ανήκει αποκλειστικά στα ηλεκτρικά οχήματα. Αρχίζει με την ιστορική αναδρομή τους και στη συνέχεια γίνεται μια ανάλυση των ειδών των ηλεκτρικών οχημάτων. Κατόπιν παρατίθενται τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα της χρήσης των ηλεκτρικών οχημάτων, ενώ σημαντική

αναφορά γίνεται στην αγορά των ηλεκτρονικών αυτοκινήτων τόσο στην Ελλάδα όσο και στο εξωτερικό. Μετά επιχειρείται να γίνει μία ανάλυση των μηχανικών μερών των ηλεκτρικών αυτοκινήτων, με ιδιαίτερη έμφαση να δίνεται στους ηλεκτρικούς κινητήρες και στα ηλεκτρονικά ισχύος. Στο τέταρτο κεφάλαιο προσεγγίζεται το αντικείμενο των μπαταριών των ηλεκτρικών οχημάτων. Πιο συγκεκριμένα, παρουσιάζονται τα μεγέθη και οι τύποι των μπαταριών αλλά γίνεται μία εκτενής αναφορά στο σύστημα διαχείρισης μπαταριών.

Στο πέμπτο κεφάλαιο καταρχήν ορίζονται όλες τα είδη φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων. Εν συνεχεία περιγράφονται οι σταθμοί φόρτισης ενσύρματης σύνδεσης καθώς και οι φορτιστές σε σταθμούς τόσο ενσύρματης όσο και ασύρματης. Στο κεφάλαιο αυτό παρατίθενται επίσης τα διεθνή πρότυπα φορτιστών. Στο έκτο κεφάλαιο πραγματοποιείται μία αναλυτική παρουσίαση των εταιριών κατασκευής και εμπορίας φορτιστών ηλεκτρικών οχημάτων στην Ελλάδα, ενώ στο σημείο αυτό αναλύονται τα αποτελέσματα τις πρωτογενούς έρευνας που διεξήχθη στις προαναφερόμενες επιχειρήσεις. Τέλος, απεικονίζονται οι σταθμοί φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων στην Ελλάδα.

Στο έβδομο κεφάλαιο γίνεται η μελέτη και η ανάλυση των φορτιστών ηλεκτρικών οχημάτων. Η μελέτη ξεκινά από την τροφοδοσία, την κατάσταση φόρτισης, την προβολή των στοιχείων σε οθόνη LCD, τον προγραμματισμό του μικροεπεξεργαστή και την παρουσίαση του ηλεκτρονικού κυκλώματος φορτιστών. Στη συνέχεια, παρουσιάζεται αναλυτικά το μοντέλο της προσομοίωσης που έφτιαξε η ερευνήτρια σε περιβάλλον MATLAB παραθέτοντας διαγράμματα και στιγμιότυπα κώδικα για την καλύτερη κατανόηση του. Η εργασία κλείνει με τα συμπεράσματα, τις προτάσεις και τα παραρτήματα που περιέχει το ερωτηματολόγιο των συνεντεύξεων και την δήλωση εχεμύθειας.

1.6. ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Στο κεφάλαιο αυτό αναφέρθηκε ο σκοπός και οι στόχοι της διπλωματικής εργασίας αυτής. Στη συνέχεια παρατέθηκε εκτενώς η μεθοδολογία που χρησιμοποιήθηκε προκειμένου να συλλεχθεί πρωτογενές και δευτερογενές υλικό προκειμένου να επιτευχθεί ο σκοπός της εργασίας. Τέλος, έγινε μία παρουσίαση της δομής της εργασίας.

Κεφάλαιο 2 Ηλεκτρικό Δίκτυο και Ηλεκτροκίνηση

2.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζεται το θεωρητικό υπόβαθρο που θα είναι χρήσιμο για την κατανόηση της εργασίας αυτής. Καταρχήν γίνεται μία ιστορική αναδρομή στον ηλεκτρισμό και στη συνέχεια παρατίθενται θεωρητικοί ορισμοί που σχετίζονται με τον Ηλεκτρισμό και το ηλεκτρικό δίκτυο ενώ γίνεται μία σύντομη περιγραφή του Ελληνικού Συστήματος Ηλεκτρικής Ενέργειας. Κατόπιν, η εργασία πραγματεύεται το θέμα της ηλεκτροκίνησης, οπότε στην αρχή αναφέρεται ο ορισμός της, τα αρχικά της βήματα, ο ορισμός των Ηλεκτρικών Οχημάτων σύμφωνα με την Ελληνική νομοθεσία, η γενικά στοιχεία για την ηλεκτροκίνηση στα μέσα σταθερής τροχιάς και στα βιομηχανικά οχήματα. Τέλος γίνεται μία ανάλυση της ανάγκης για ηλεκτροκίνηση αντλώντας στοιχεία τόσο από την Ευρωπαϊκή αλλά και από την Ελληνική νομοθεσία.

2.2. ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ

2.2.1. Ιστορία του Ηλεκτρισμού

Ο ηλεκτρισμός ετυμολογικά προέρχεται από το φαινόμενο που παρατηρείται στο ήλεκτρο (κεχριμπάρι) καθώς έχει την ιδιότητα να έλκει από απόσταση ελαφρά αντικείμενα, όταν αυτά τρίβονταν με μάλλινο ύφασμα. Την παρατήρηση αυτή την έκανε ο σπουδαίος μαθηματικός Θαλής ο Μιλήσιος που έζησε στην Ιωνία της Μικράς Ασίας το 585 π.Χ.. Ήταν μάλιστα κι ο πρώτος που περιέγραψε τις ηλεκτρικές αλληλεπιδράσεις [16]. Δεν ήταν όμως παρά το 1600 μ. Χ με τον Gilbert, ο οποίος επινόησε τη λέξη *electricus* [17], το 1663 με τον von Guericke, ο οποίος εφηύρε την πρώτη ηλεκτροστατική γεννήτρια [16] και το 1747 με τον Franklin [18], ο οποίος ερεύνησε τον στατικό ηλεκτρισμό, που έγιναν τα πρώτα ουσιαστικά βήματα της επιστήμης της φυσικής και τα οποία οδήγησαν σταδιακά σε πρακτικές τεχνολογικές καινοτομίες. Καθ' όλη τη διάρκεια του 19ου αιώνα παρατηρήθηκε μεγάλη πρόοδος στην ηλεκτρική επιστήμη, με σπουδαίους φυσικούς επιστήμονες όπως οι Volta, Bell, Faraday, Edison, Parsons, von Siemens, Tesla, Westinghouse και Hertz, οι οποίοι μετέτρεψαν τον ηλεκτρισμό σε μείζονος σημασίας εργαλείο της σύγχρονης ζωής αλλά και σε κινητήρια δύναμη της Δεύτερης Βιομηχανικής Επανάστασης [19]. Η πιο emblematicή μορφή του 20^{ου} αιώνα στον τομέα του ηλεκτρισμού δεν ήταν άλλος από τον Einstein, ο οποίος ανακάλυψε την επίδραση της ενέργειας του φωτός όταν μεταφέρεται σε διακριτά κβαντισμένα πακέτα, ενεργοποιώντας ηλεκτρόνια [20]. Η «κβαντική επανάσταση» που προέκυψε από την ανακάλυψη αυτή αλλά και η εφεύρεση της κρυσταλλοτρίοδου (transistor) το 1947 διευκόλυναν την μετάβαση από τις ηλεκτρονικές λυχνίες στις ημιαγωγικές διόδους, στις κρυσταλλοτρίοδους, στα ολοκληρωμένα κυκλώματα (IC) και στις διόδους εκπομπής φωτός (LED) [21].

2.2.2. Θεωρητικοί Ορισμοί που σχετίζονται με τον Ηλεκτρισμό

Ηλεκτρικό φορτίο: Πρόκειται για μία θεμελιώδη φυσική ποσότητα που περιγράφει την ιδιότητα κάποιων υποατομικών σωματιδίων να αλληλεπιδρούν με ηλεκτρομαγνητικά πεδία. Ο Franklin όρισε τα δύο είδη ηλεκτρονικών φορτίων σε θετικό (+) που εμφανίζεται στο γυαλί και σε αρνητικό (-) που εμφανίζεται στον εβονίτη ή στο πλαστικό. Θετικό φορτίο έχουν τα πρωτόνια του πυρήνα και αρνητικό τα ηλεκτρόνια που περιστρέφονται γύρω από αυτόν. Τα σώματα που έχουν ομώνυμα φορτία απωθούνται ενώ τα σώματα που έχουν ετερόνυμα φορτία έλκονται. Το ηλεκτρικό φορτίο μετριέται σε κουλόμπ (C ή Cb) [22]

Ηλεκτρικό ρεύμα: Ορίζεται ως η κίνηση ηλεκτρικά φορτισμένων σωματιδίων και η έντασή του μετριέται σε αμπέρ (A). Παραδείγματα ηλεκτρικού ρεύματος περιλαμβάνουν καταρχήν την ηλεκτρόλυση, όπου τα ιόντα (φορτισμένα άτομα) ρέουν μέσα από ένα υγρό, ενώ κατά δεύτερο την

αγωγιμότητα των μετάλλων, όπου τα ηλεκτρόνια ρέουν μέσω ενός μεταλλικού καλωδίου. Πρέπει να επισημανθεί ότι το ηλεκτρικό πεδίο ευθύνεται για την ταχεία κίνηση των σωματιδίων. Όσες συσκευές χρησιμοποιούν τις αρχές της ροής ηλεκτρικού φορτίου σε υλικά, ονομάζονται ηλεκτρονικές συσκευές. Η φορά κίνησης των ηλεκτρονίων λέγεται πραγματική φορά του ηλεκτρικού ρεύματος. Ωστόσο, έχει επικρατήσει να θεωρούμε ως φορά του ηλεκτρικού ρεύματος την αντίθετη από τη φορά κίνησης των ηλεκτρονίων, που λέγεται συμβατική φορά του ηλεκτρικού ρεύματος [23]. Υπάρχουν δύο είδη ηλεκτρικού ρεύματος: το Συνεχές Ρεύμα (DC) το οποίο έχει σταθερή κατεύθυνση ροής και το Εναλλασσόμενο Ρεύμα (AC), το οποίο αλλάζει διαρκώς κατεύθυνση. Αξίζει να αναφερθεί η αντιπαλότητα, γνωστή κι ως «πόλεμος των ρευμάτων» το 1888 στις ΗΠΑ, δύο εκ των μεγαλύτερων εφευρετών ηλεκτρισμού, με τον Edison να είναι υπέρμαχος του συνεχούς ρεύματος και τον Tesla να υπερασπίζεται το Εναλλασσόμενο [24].

Ηλεκτρικό πεδίο: Το ηλεκτρικό πεδίο, το οποίο εισάχθηκε ως έννοια από τον Faraday στις αρχές του 19^{ου} αιώνα, είναι ένας απλός τύπος ηλεκτρομαγνητικού πεδίου, που παράγεται από ένα ηλεκτρικό φορτίο ακόμη κι αν αυτό είναι ακίνητο. Το ηλεκτρικό πεδίο παράγει ζεύγη δυνάμεων αλληλεπίδρασης με κάθε άλλο ηλεκτρικό φορτίο που βρίσκεται μέσα στην περιοχή του. Η κίνηση ενός ηλεκτρικού φορτίου παράγει επιπλέον ένα μαγνητικό πεδίο. Το ηλεκτρικό πεδίο είναι ένα διανυσματικό μέγεθος, με μονάδες μέτρησης στο SI τις Νιούτον προς Κουλόμπ (N C-1) ή, ισοδύναμα, Βολτ προς μέτρο (V m-1) [25].

Ηλεκτρικό δυναμικό: Το ηλεκτρικό δυναμικό είναι μια ιδιότητα του χώρου του ηλεκτρικού πεδίου, που για κάθε σημείο του χώρου λαμβάνει μια συγκεκριμένη τιμή, η οποία και καθορίζει την ηλεκτρική δυναμική ενέργεια κάθε φορτίου που θα ευρεθεί στο συγκεκριμένο σημείο. Μετριέται τυπικά σε Βολτ (V) [26].

Ηλεκτρομαγνήτης: Ο ηλεκτρομαγνήτης είναι ένα είδος μαγνήτη στον οποίο ηλεκτρικό ρεύμα παράγει μαγνητικό πεδίο. Αποτελείται από ένα σύρμα (συνήθως από χαλκό) που είναι τυλιγμένο σε ένα πηνίο, στο εσωτερικό του οποίου είναι τοποθετημένος ένας σιδερένιος πυρήνας. Όταν παρέχεται ηλεκτρικό ρεύμα στο πηνίο, ο σίδηρος μαγνητίζεται και συμπεριφέρεται σαν φυσικός μαγνήτης. Ο ηλεκτρομαγνήτης δεν είναι μόνιμος μαγνήτης καθώς το μαγνητικό πεδίο εξαφανίζεται όταν κλείσει το ρεύμα. Η ισχύς του ηλεκτρομαγνήτη εξαρτάται τόσο από την ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος όσο κι από το πλήθος των σπειρών του πηνίου [27].

Ηλεκτρική ενέργεια: Η ηλεκτρική ενέργεια είναι η ενέργεια που προκαλείται από την κίνηση των ηλεκτρονίων από το ένα μέρος στο άλλο. Με άλλα λόγια, είναι το έργο που γίνεται από τα κινούμενα ρεύματα των ηλεκτρονίων ή των ηλεκτρικών φορτίων. Όσο πιο γρήγορη είναι η κίνηση των ηλεκτρικών φορτίων τόσο περισσότερη ενέργεια μεταφέρουν. [28]

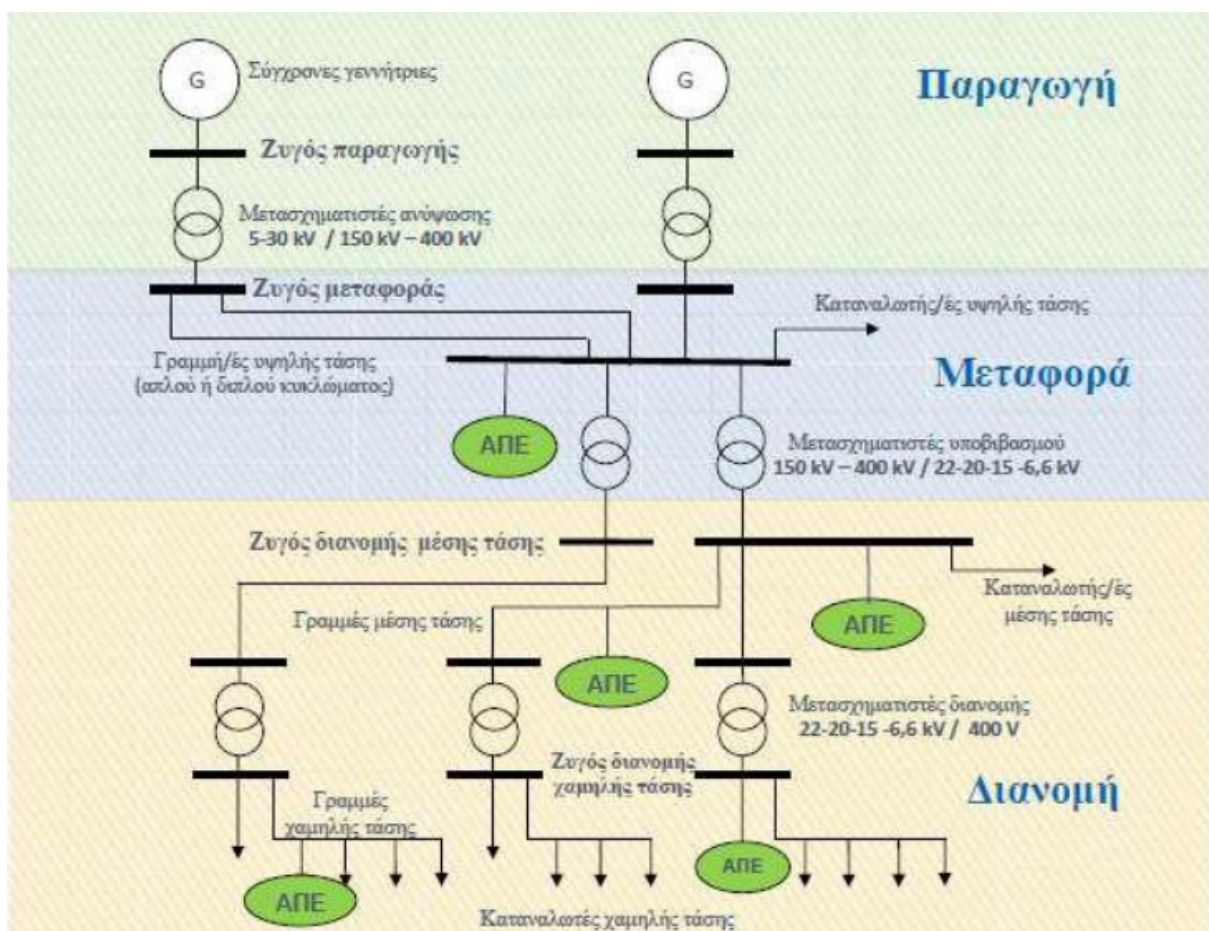
Ηλεκτρική ισχύς: Η ηλεκτρική ισχύς είναι ο ρυθμός με το οποίον ένα ηλεκτρικό κύκλωμα ή μία συσκευή καταναλώνει ηλεκτρική ενέργεια προκειμένου να την μετατρέψει σε άλλη μορφή ενέργειας, όπως θερμότητα, φως, ή ήχο και μετριέται σύμφωνα με το διεθνές σύστημα μονάδων σε Watt (W) [29].

Σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας: Πρόκειται για το σύστημα των μέσων και των εγκαταστάσεων που χρησιμοποιούνται για την παροχή ηλεκτρικής ενέργειας σε εξυπηρετούμενες περιοχές κατανάλωσης. Βασικές προϋποθέσεις ώστε να λειτουργεί ένα σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας ικανοποιητικά είναι να παρέχει ηλεκτρική ενέργεια οπουδήποτε υπάρχει ζήτηση με το ελάχιστο δυνατό κόστος και τις ελάχιστες οικολογικές επιπτώσεις, εξασφαλίζοντας σταθερή συχνότητα, σταθερή τάση και υψηλή αξιοπιστία τροφοδότησης [30].

Ηλεκτρονική: Η ηλεκτρονική είναι ο επιστημονικός κλάδος που ασχολείται με τη μελέτη της ροής και του ελέγχου των ηλεκτρονίων, με τη μελέτη της συμπεριφοράς και των επιπτώσεών τους στο κενό, στα αέρια και στους ημιαγωγούς, καθώς και με τις συσκευές που χρησιμοποιούν αυτά τα ηλεκτρόνια. Ο έλεγχος των ηλεκτρονίων επιτυγχάνεται μέσα από ηλεκτρονικές συσκευές που μεταφέρουν, αποθηκεύουν και χειρίζονται τα ηλεκτρόνια, όπως είναι οι σωλήνες κενού, οι κρυσταλλολυχνίες, οι δίοδοι και τα ολοκληρωμένα κυκλώματα [31].

2.2.3. Ηλεκτρικό Δίκτυο

Το ηλεκτρικό δίκτυο είναι ένα διασυνδεδεμένο δίκτυο το οποίο προορίζεται για τη μεταφορά ηλεκτρικής ενέργειας από τους παραγωγούς προς τους καταναλωτές. Η τροφοδότηση με ηλεκτρική ενέργεια των τελικών καταναλωτών πραγματοποιείται μέσω των τριών σταδίων του Συστήματος Ηλεκτρικής Ενέργειας: την παραγωγή, τη μεταφορά και τη διανομή και απεικονίζεται σχηματικά στην Εικόνα 2.1. Ιδιαίτερο χαρακτηριστικό της ηλεκτρικής ενέργειας είναι ότι δεν μπορεί να αποθηκευτεί και βρίσκεται σε μια συνεχή ροή από τη στιγμή που θα παραχθεί. Ως εκ τούτου, η ηλεκτρική ενέργεια πρέπει να παράγεται στους σταθμούς παραγωγής τη στιγμή ακριβώς τη στιγμή που χρειάζεται να καταναλωθεί. Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στη σύγχρονη εποχή γίνεται με την μετατροπή της θερμικής ενέργειας των ορυκτών καυσίμων [32] και του φυσικού αερίου [33], της μηχανικής ενέργειας των υδάτινων ροών και των υδατοπτώσεων, της αιολικής και ηλιακής ενέργειας



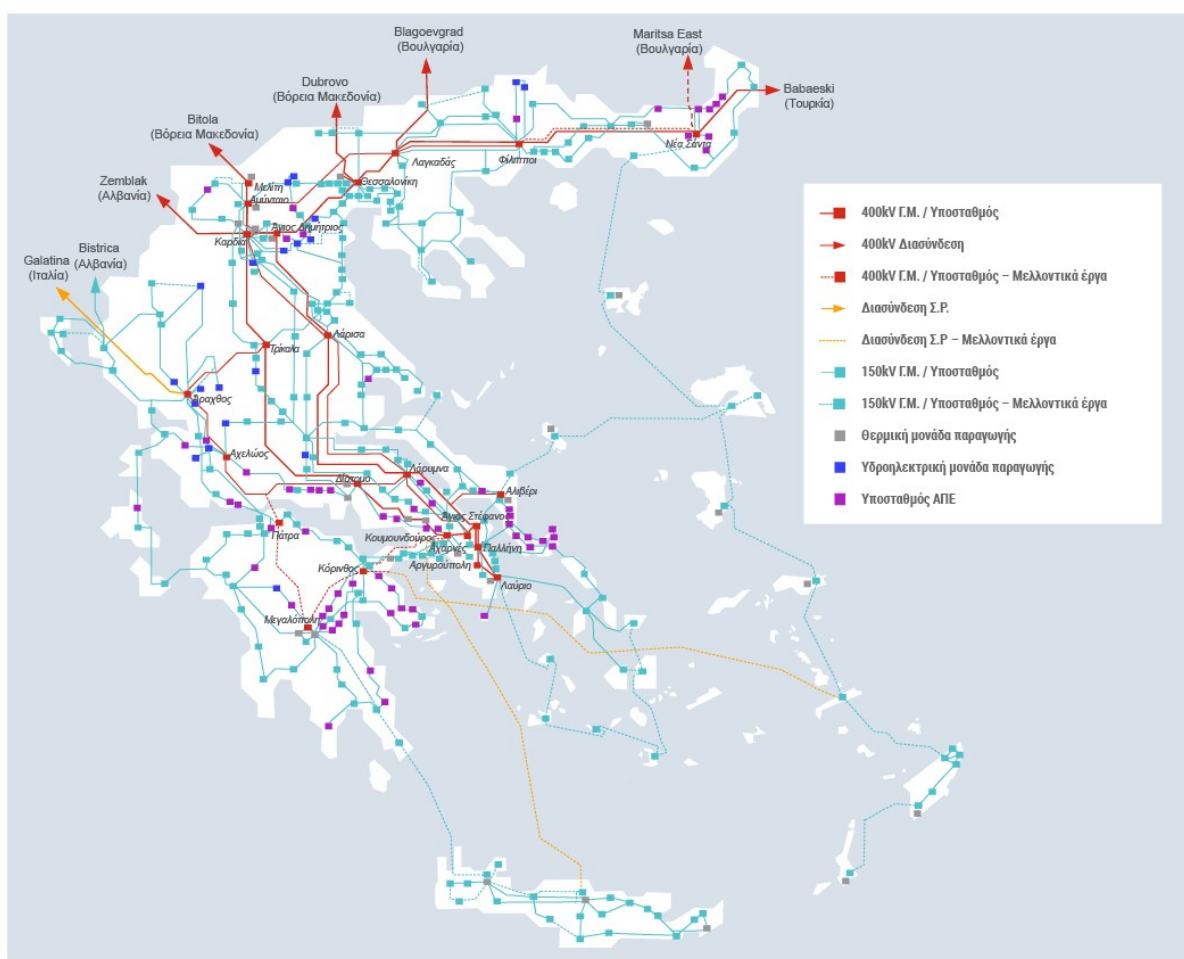
Εικόνα 2.1: Δομή Συστήματος Ηλεκτρικής Ενέργειας [35]

(Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας – ΑΠΕ) [32], και τέλος της πυρηνικής ενέργειας που προκύπτει από την σχάση του πυρήνα του ουρανίου [34] σε ηλεκτρική ενέργεια. Η ηλεκτρική ενέργεια μεταφέρεται με τις γραμμές υψηλής και υπερυψηλής τάσης σε μεγάλες ποσότητες από τα εργοστάσια παραγωγής σε

κεντρικά σημεία του δικτύου, τους υποσταθμούς από όπου ξεκινούν τα δίκτυα διανομής μέσης τάσης που διανέμουν την ηλεκτρική ενέργεια στους καταναλωτές δια μέσου των υποσταθμών διανομής και των γραμμών χαμηλής τάσης [35]. Η δομή συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας απεικονίζεται σχηματικά στην Εικόνα 2.1.

2.2.4. Ελληνικό Σύστημα Ηλεκτρικής Ενέργειας

Το Ελληνικό Σύστημα Ηλεκτρικής Ενέργειας, το οποίο απεικονίζεται σχηματικά στην Εικόνα 2.2, αποτελείται από το Διασυνδεδεμένο Σύστημα του ηπειρωτικού τμήματος της χώρας και των διασυνδεδεμένων με αυτό νησιών στα επίπεδα υψηλής (150kV και 66kV) και υπερυψηλής τάσης (400kV). Ο ΑΔΜΗΕ έχει αναλάβει το ρόλο του Διαχειριστή αλλά και τα καθήκοντα λειτουργίας, ελέγχου, συντήρησης και ανάπτυξης του Ελληνικού Συστήματος Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΕΣΜΗΕ) εξασφαλίζοντας τον αδιάλειπτο εφοδιασμό της χώρας με ηλεκτρική ενέργεια [36].



Εικόνα 2.2: Ελληνικό Σύστημα Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας [36]

2.3. ΗΛΕΚΤΡΟΚΙΝΗΣΗ

2.3.1. Ορισμός της Ηλεκτροκίνησης

Η Ηλεκτροκίνηση ορίζεται ως «το σύνολο των υποδομών και οχημάτων που αποτελούν μέρος των Μέσων Μεταφοράς και τα οποία χρησιμοποιούν ηλεκτρική ενέργεια, αντικαθιστώντας αντίστοιχα συμβατικά, τα οποία χρησιμοποιούν κινητήρες εσωτερικής καύσης» [37].

2.3.2. Τα πρώτα βήματα της Ηλεκτροκίνησης

Οι ρίζες της ηλεκτροκίνησης μπορούν να αναζητηθούν κατά τη διάρκεια της Δεύτερης Βιομηχανικής Επανάστασης, η οποία ήταν μία περίοδος ταχείας επιστημονικής ανακάλυψης, μαζικής παραγωγής, τυποποίησης και εκβιομηχάνισης μεταξύ του 1870 και του 1914 [38]. Οι εφευρέσεις του Faraday για τις ηλεκτρομαγνητικές περιστροφικές συσκευές αποτέλεσαν το θεμέλιο λίθο της πρακτικής χρήσης του ηλεκτρισμού στην τεχνολογία. Από την μία πλευρά, η ηλεκτροδότηση με Εναλλασσόμενο Ρεύμα βασικών υποδομών στα τέλη του 19^{ου} αιώνα και η ανάπτυξη κινητήρων Εναλλασσόμενου Ρεύματος συνέβαλαν στον εξηλεκτισμό των βιομηχανικών μηχανημάτων με την εξέλιξη της γραμμής συναρμολόγησης και της μαζικής παραγωγής. Από την άλλη πλευρά, η ανάπτυξη του πρώτου κινητήρα σταθερού ρεύματος βοήθησε στην ανάπτυξη των ηλεκτροκίνητων συγκοινωνιών όπως ήταν ο ηλεκτρικός σιδηρόδρομος, είτε υπέργειος (κυρίως υπεραστικός) είτε υπόγειος (μετρό) αλλά και το τραμ [39].

2.3.3. Ηλεκτρικά Οχήματα σύμφωνα με την Ελληνική νομοθεσία

Αν και ηλεκτρικά οχήματα μπορεί να είναι οποιαδήποτε οχήματα εδάφους, σιδηροδρομικά και θαλάσσια οχήματα, αεροσκάφη, ακόμα και διαστημόπλοια, εντούτοις σύμφωνα με τον νόμο 4710/2020 του Ελληνικού κράτους ορίζεται επακριβώς ο όρος «Ηλεκτρικό Όχημα» ως ακολούθως [40]:

«Ηλεκτρικό όχημα (Η/Ο): μηχανοκίνητο όχημα εξοπλισμένο με σύστημα μετάδοσης της κίνησης, το οποίο περιέχει μία τουλάχιστον μη περιφερειακή, εξωτερική, βοηθητική, ηλεκτρική μηχανή ως μετατροπέα ενέργειας με ηλεκτρικό επαναφορτιζόμενο σύστημα αποθήκευσης ενέργειας, το οποίο μπορεί να επαναφορτίζεται εξωτερικά. Ειδικότερα, ως ηλεκτρικά οχήματα για τις ανάγκες του παρόντος νοούνται τα αυτοκίνητα, καθώς και οι μοτοσυκλέτες, τα μοτοποδήλατα και τα ποδήλατα με υποβοηθούμενη ποδηλάτηση των κατωτέρω κατηγοριών:

α) Αμιγώς ηλεκτρικό όχημα: όχημα εξοπλισμένο με σύστημα κίνησης, το οποίο περιλαμβάνει αποκλειστικά ηλεκτροκινητήρες ως μετατροπείς ενέργειας προώθησης και αποκλειστικά επαναφορτιζόμενα συστήματα αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας ως συστήματα αποθήκευσης ενέργειας προώθησης, καθώς και το όχημα που έχει σχεδιασθεί για ποδηλάτηση, στο οποίο έχει τοποθετηθεί βοηθητικό ηλεκτρικό σύστημα πρόωσης.

β) Υβριδικό ηλεκτρικό όχημα εξωτερικής φόρτισης: κατηγορία υβριδικού ηλεκτρικού οχήματος που μπορεί να φορτίζεται από εξωτερική πηγή.

γ) Υβριδικό όχημα κυψέλης καυσίμου: όχημα κυψέλης καυσίμου εξοπλισμένο με σύστημα μετάδοσης ισχύος, το οποίο περιλαμβάνει ένα τουλάχιστον σύστημα αποθήκευσης καυσίμου και ένα τουλάχιστον επαναφορτιζόμενο σύστημα αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας, ως συστήματα αποθήκευσης ενέργειας προώθησης.

δ) Ποδήλατο με υποβοηθούμενη ποδηλάτηση (ηλεκτρικό ποδήλατο): ποδήλατο εξοπλισμένο με βοηθητικό ηλεκτροκινητήρα μέγιστης συνεχούς ονομαστικής ισχύος μικρότερης ή ίσης με 250 W, στο οποίο η ισχύς του κινητήρα διακόπτεται όταν σταματήσει η ποδηλάτηση ή, αλλιώς, μειώνεται σταδιακά και τελικά μηδενίζεται πριν η ταχύτητα του οχήματος φθάσει τα 25 χιλιόμετρα την ώρα.»

Στις επόμενες δύο ενότητες θα γίνει μία σύντομη περιγραφή των ηλεκτροκίνητων μέσων σταθερής τροχιάς καθώς και των ηλεκτροκίνητων βιομηχανικών οχημάτων που δεν θα αναλυθούν στα επόμενα κεφάλαια της παρούσας έρευνας.

2.3.4. Ηλεκτροκίνηση στα Μέσα Σταθερής Τροχιάς

Το πρώτο ηλεκτροκίνητο μεταφορικό μέσο σταθερής τροχιάς παρουσιάστηκε στο Βερολίνο το 1879, από τους Siemens και Halske. Επρόκειτο για το πρώτο ηλεκτρικό τρένο στον κόσμο στο οποίο η τροφοδοσία γινόταν με Συνεχές Ρεύμα 150V μέσω μιας μονωμένης επίπεδης σιδερένιας ράβδου (3^η

γραμμή) τοποθετημένης μεταξύ των δύο σιδηροτροχιών (Εικόνα 2.3). Ο Siemens παρουσίασε δύο χρόνια αργότερα στο Βερολίνο ένα συρμό τραμ με ηλεκτρικό κινητήρα (Εικόνα 2.5) που τροφοδοτούνταν στην αρχή από επίγεια ηλεκτροφόρα τροχιά, αλλά δύο χρόνια αργότερα η ηλεκτροδότηση του οχήματος επετεύχθη από εναέριο ηλεκτρικό καλώδιο [41]. Το 1881, ο Siemens και πάλι κατασκεύασε το πρώτο τρόλεϊ, το «Elektromote» (Εικόνα 2.4) το οποίο παρουσιάστηκε και πάλι στο Βερολίνο και εξαρχής ηλεκτροδοτείτο από εναέριο ηλεκτροφόρο καλώδιο [42]



Εικόνα 2.3: Το πρώτο ηλεκτρικό τρένο το 1879 στο Βερολίνο (κατασκευή: Siemens & Halske)



Εικόνα 2.4: Το πρώτο τρόλεϊ το 1882 στο Βερολίνο (κατασκευή: Siemens)



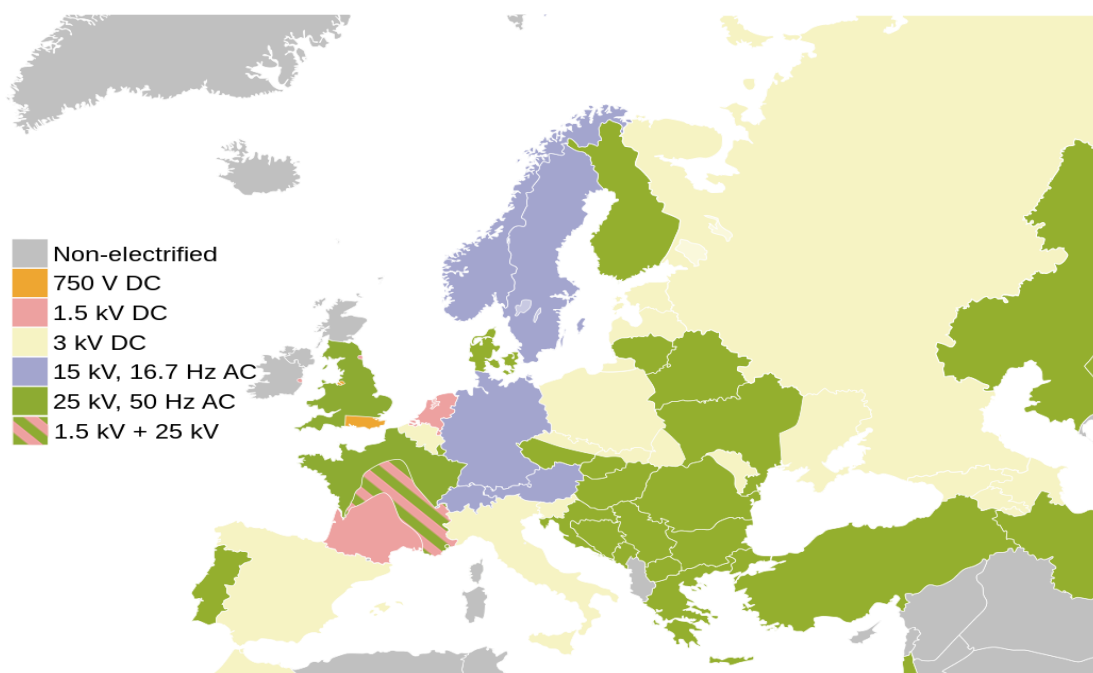
Εικόνα 2.5: Η γραμμή τραμ το 1881 στο Βερολίνο (κατασκευή Siemens)

Η πρώτη ηλεκτροδοτούμενη γραμμή μετρό στον κόσμο λειτούργησε στο Λονδίνο το 1890 με κατασκευάστρια εταιρία την General Electric και με Συνεχές Ρεύμα 500 V [43]. Το 1896 λειτούργησε και η πρώτη ηλεκτροδοτούμενη γραμμή μετρό στην Ηπειρωτική Ευρώπη και πιο συγκεκριμένα στη Βουδαπέστη, με κατασκευάστρια εταιρία την Siemens και Halske (Εικόνα 2.6) και με Συνεχές Ρεύμα 550 V [44].



Εικόνα 2.6: Η πρώτη ηλεκτροδοτούμενη γραμμή μετρό στην Ηπειρωτική Ευρώπη, Βουδαπέστη 1896.

Η ηλεκτροδότηση των σιδηροδρόμων αυξάνεται συνεχώς τις τελευταίες δεκαετίες, και από το 2012, και πλέον οι ηλεκτροκίνητες γραμμές αντιπροσωπεύουν σχεδόν το ένα τρίτο των συνολικών γραμμών παγκοσμίως [45]. Έξι από τις πιο συχνά χρησιμοποιούμενες τάσεις έχουν επιλεγεί για ευρωπαϊκή και διεθνή τυποποίηση και απεικονίζονται στο παρακάτω χάρτη (Εικόνα 2.7). Ορισμένα από αυτά είναι ανεξάρτητα από το σύστημα επαφής που χρησιμοποιείται, έτσι ώστε, για παράδειγμα, τα 750 V DC μπορούν να χρησιμοποιηθούν είτε με τρίτη σιδηροδρομική γραμμή είτε με εναέριες γραμμές [46]



Εικόνα 2.7 Χάρτης ηλεκτροκίνησης σιδηροδρόμων της Ευρώπης [46]

2.3.5. Ηλεκτροκίνηση στα Βιομηχανικά Οχήματα

Η ηλεκτροκίνηση έχει εφαρμογή σε πολλούς τύπους βιομηχανικών οχημάτων όπως επίσης σε φορητά αυτοκίνητα και σε διάφορα άλλα ειδικά οχήματα. Παραδείγματα ηλεκτρικών βιομηχανικών οχημάτων τα οποία πωλούνται ήδη στην Ελλάδα είναι:

Α) εκτός δρόμου ηλεκτρικά οχήματα όπως τα ηλεκτρικά ανυψωτικά παλετοφόρα, περονοφόρα, μηχανήματα στοίβαξης, αναβατόρια.

Β) ηλεκτρικά απορριμματοφόρα [47]

Γ) ηλεκτρικά golf carts & μικρά οχήματα μεταφοράς εμπορευμάτων, εξοπλισμού, προσωπικού, room service 2-7 θέσεων [47]

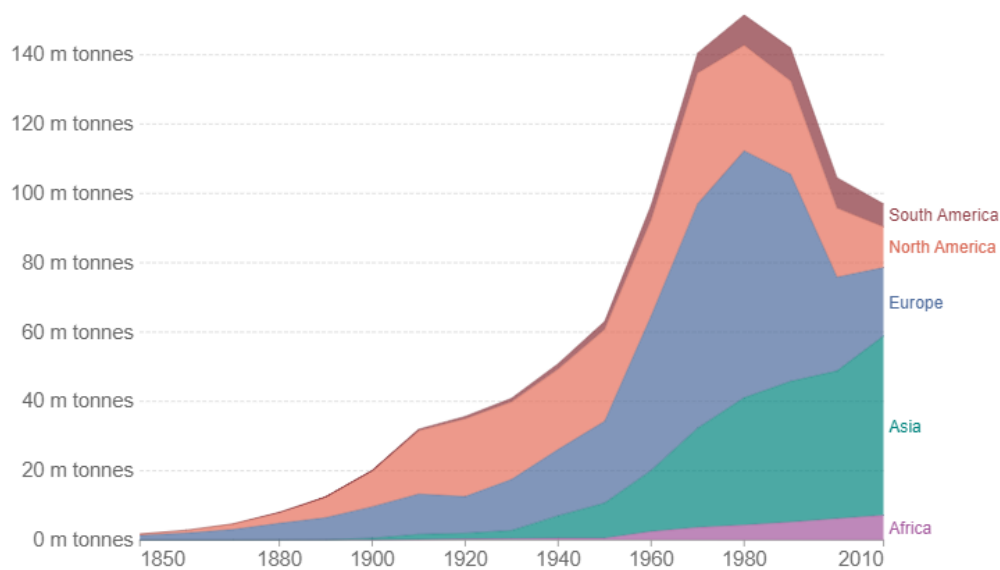
Δ) ηλεκτρικά φορητά – μικρά (vans) και μεγάλα (trucks) [48]



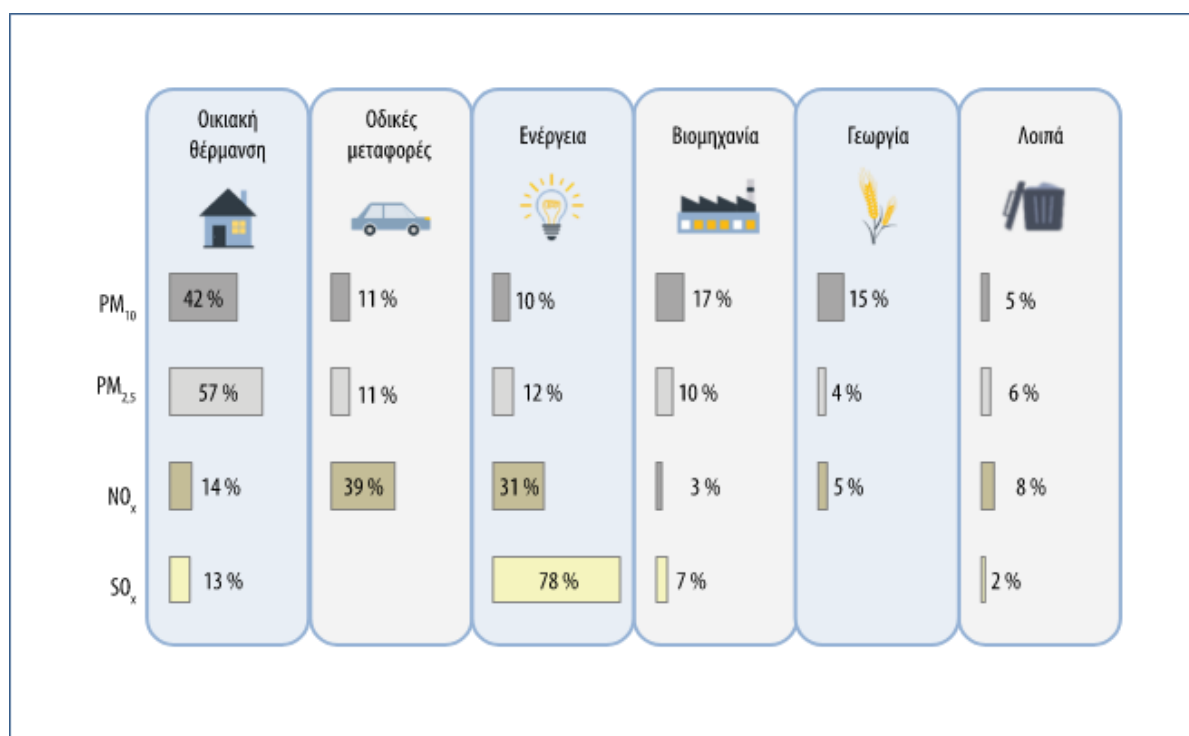
Εικόνα 2.8: Ηλεκτρικά Βιομηχανικά Οχήματα - Φορητά

2.4. ΑΝΑΓΚΗ ΓΙΑ ΗΛΕΚΤΡΟΚΙΝΗΣΗ & ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΑΓΟΡΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ

Η ρύπανση της ατμόσφαιρας σχετίζεται με την προσθήκη βλαβερών ουσιών (ρύπων) όπως είναι το διοξείδιο του άνθρακα, τα οξείδια του θείου και του αζώτου στην ατμόσφαιρα οι οποίες κάτω από φυσιολογικές συνθήκες δε θα υπήρχαν. Από τα μισά του 19^{ου} αιώνα στις μεγαλουπόλεις της Ευρώπης και της Βορείου Αμερικής και σταδιακά μέχρι το τέλος του 20ου αιώνα στον υπόλοιπο κόσμο, η γη αντιμετωπίζει μεγάλο πρόβλημα ατμοσφαιρικής ρύπανσης, που είναι αποτέλεσμα της ανθρώπινης δραστηριότητας και εκδηλώνεται μέσω της καταστροφής του οικοσυστήματος και των ακραίων καιρικών συνθηκών. Η εικόνα 2.9 περιγράφει την πορεία της ατμοσφαιρικής ρύπανσης ανά ήπειρο από το 1850 μέχρι σήμερα. Είναι λοιπόν ορατή η προσπάθεια που καταβλήθηκε από τις κυβερνήσεις των ανεπτυγμένων χωρών της Ευρώπης και της Βορείου Αμερικής από το 1980 και μετά με την επιβολή περιβαλλοντικών μέτρων στις ρυπογόνες ανθρώπινες δραστηριότητες. Αντιθέτως, οι εκπομπές διοξειδίου του θείου στην Ασία και στην Αφρική είναι ολοένα αυξανόμενες μέχρι και σήμερα. [50]

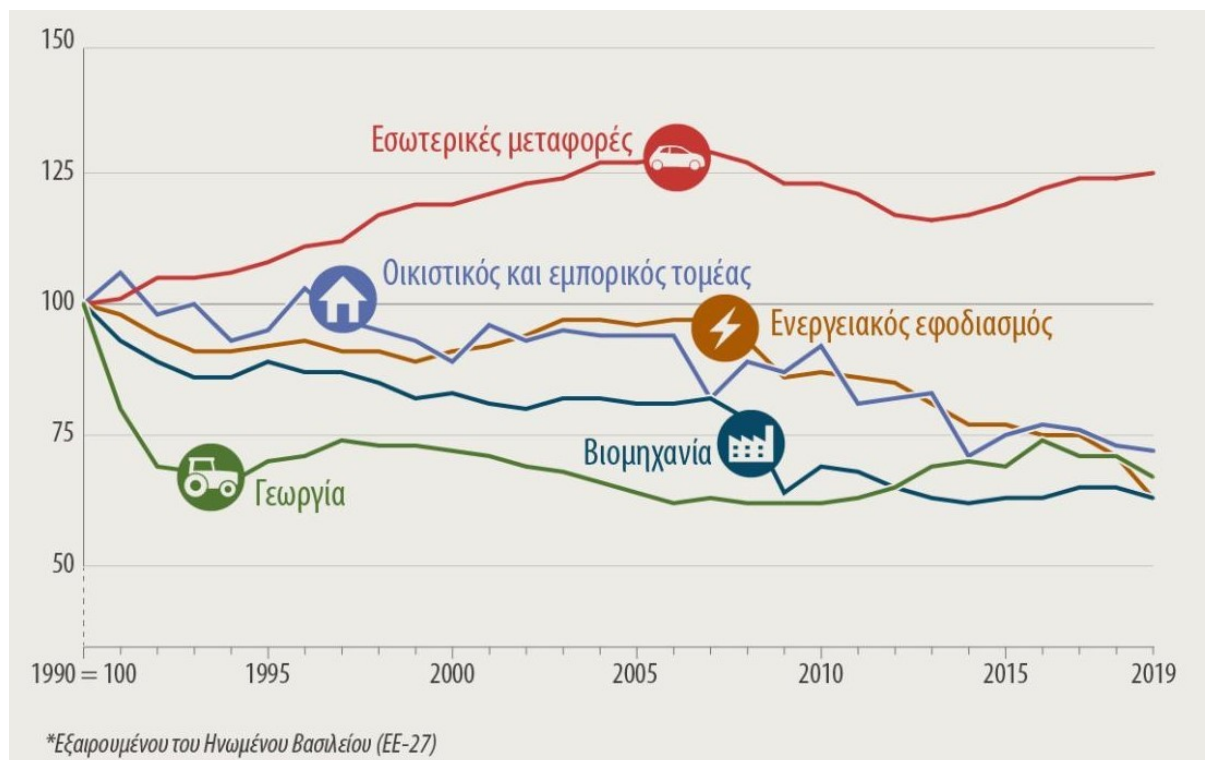


Εικόνα 2.9 Παγκόσμιες εκπομπές διοξειδίου του θείου (SO₂) ανά ήπειρο [50].

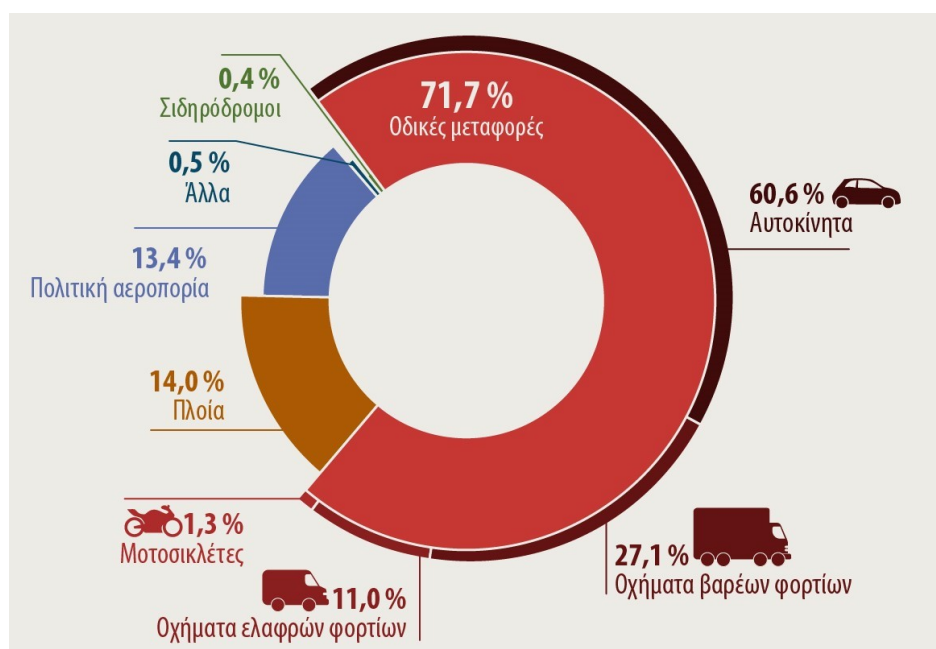


Εικόνα 2.10: Πηγές ατμοσφαιρικών ρύπων στην Ε.Ε. κατά το 2017 [51].

Στην εικόνα 2.10 απεικονίζονται οι εκπομπές ατμοσφαιρικών ρύπων ως προς τα σωματίδια PM₁₀, PM_{2.5}, το διοξείδιο του αζώτου (NO₂) και το διοξείδιο του θείου (SO₂) στην Ευρωπαϊκή Ένωση, χωρισμένες ανά πηγές. Επομένως, η ρύπανση της ατμόσφαιρας προκαλείται κατά κύριο λόγο από πέντε ανθρώπινες δραστηριότητες, τη βιομηχανία, την ενέργεια, τις μεταφορές, τα νοικοκυριά και τη γεωργία. Αξιοσημείωτο είναι το ποσοστό (39%) του διοξειδίου του αζώτου που προέρχεται από τον τομέα των οδικών μεταφορών που χρησιμοποιεί ο άνθρωπος, είτε για την μετακίνησή του, είτε για την μεταφορά προϊόντων, γεγονός που οφείλεται στη ραγδαία αύξηση τέτοιων μετακινήσεων και μεταφορών τα τελευταία χρόνια [51]. Οι εκπομπές διοξειδίου του



Εικόνα 2.11: Εξέλιξη στις εκπομπές αερίων CO₂ ανά τομέα την περίοδο 1990-2019 στην Ευρωπαϊκή Ένωση (εξαιρουμένου του Η.Β.) [52]



Εικόνα 2.12: Κατανομή εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου στις μεταφορές (Ε.Ε.) - 2019 [52]

άνθρακα (CO₂) από τις οδικές μεταφορές αποτέλεσαν το 21% των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου το 2019, έχοντας παράλληλα αυξηθεί κατά 25% το χρονικό διάστημα 1990-2019 (Εικόνα 2.11), καθιστώντας τις ως την δεύτερη μεγαλύτερη πηγή μόλυνσης τις ατμόσφαιρας στην Ευρωπαϊκή Ένωση, κατά τον Ευρωπαϊκό Οργανισμό Περιβάλλοντος [52]. Οι εκπομπές CO₂ που προέρχονται από τις μεταφορές στην Ευρωπαϊκή Ένωση, όπως φαίνεται στην Εικόνα 2.12, διαφέρουν σημαντικά ανάλογα με το μέσο μεταφοράς, με τα ιδιωτικής χρήσης επιβατικά αυτοκίνητα να ευθύνονται για το 60,6%, τα μεγάλα φορτηγά για το 27,1%, τα ημιφορτηγά για το 11% και οι μοτοσυκλέτες μόλις για το 1,3%.

Η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει ως μοναδικό σκοπό τη μείωση της ρύπανσης της ατμόσφαιρας που προέρχεται από τον τομέα των μεταφορών και για αυτό το λόγο προωθεί την μετακίνηση χωρίς κατανάλωση ορυκτών καυσίμων. Υπάρχουν διάφοροι τρόποι μείωσης των εκπομπών CO₂ στις μεταφορές όπως η κοινή χρήση αυτοκινήτων, η αυξανόμενη χρήση δημόσιων μέσων συγκοινωνίας, η ποδηλασία και το περπάτημα. Όμως ο ίδιος σκοπός θα μπορούσε επίσης να επιτευχθεί μέσω της αλλαγής του καυσίμου των οχημάτων, δηλαδή μέσω της ηλεκτροκίνησης ή μέσω της χρήσης υδρογόνου. Τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα, ωστόσο, κερδίζουν όλο και περισσότερο έδαφος, αντιπροσωπεύοντας στην Ευρωπαϊκή Ένωση το 11% όλων των ταξινομημένων αυτοκινήτων το 2020 με τον συνολικό τους αριθμό που κυκλοφορούσαν το 2021 στην Ευρωπαϊκή Ένωση να είναι 1,3 εκατομμύρια. Οι πωλήσεις των ηλεκτρικών οχημάτων αυξήθηκαν σημαντικά από το 2017 και τριπλασιάστηκαν από το 2020 ενώ το 2021 τα ηλεκτρικά ημιφορτηγά αντιπροσώπευαν το 2,3% του μεριδίου της αγοράς των ημιφορτηγών που ταξινομήθηκαν για πρώτη φορά. Ο αριθμός των ηλεκτρικών οχημάτων αυξάνεται ταχύτατα και αναμένεται να φτάσει τα 14 εκατομμύρια το 2025 και τα 44 εκατομμύρια το 2030. Σύμφωνα με την μελέτη της T&E οι κατασκευαστές αυτοκινήτων πρέπει να συμβαδίσουν με τους στόχους της ΕΕ για μείωση εκπομπής CO₂ κατά 15% το 2025 και κατά 37,5% το 2030 και η αναλογία BEV/PHEV πρέπει να φτάσει το 65%/35% το 2025 και 70%/30% το 2030. [52].

Προς την κατεύθυνση αυτή, η Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο υιοθέτησε την πρόταση της Επιτροπής για επίτευξη μηδενικών εκπομπών στις οδικές μεταφορές έως το 2035, ενώ όρισε το 2030 ως ενδιάμεσο στόχο την μείωση κατά 55% των εκπομπών CO₂ για τα αυτοκίνητα και 50% για τα φορτηγά. Επίσης, όλα τα νέα αυτοκίνητα που θα πωλούνται στην Ευρωπαϊκή Ένωση θα πρέπει να έχουν μηδενικές εκπομπές ρύπων μέχρι το 2035. Οι ευρωβουλευτές πρότειναν στα κράτη μέλη μέχρι το 2026 να κατασκευαστούν ολοκληρωμένες υποδομές επαναφόρτισης για ηλεκτρικά αυτοκίνητα κάθε 60 χιλιόμετρα κατά μήκος των αυτοκινητοδρόμων της Ευρωπαϊκής Ένωσης [53].

Στην Ελλάδα κυκλοφορούν ήδη το 2022 8.790 αμιγώς ηλεκτρικά οχήματα, σε αντίθεση με το 2019 οπότε είχαν ταξινομηθεί μόλις 404 οχήματα [54]. Σημαντικό ρόλο βέβαια παίζει ο νόμος 4710/2020 που εναρμονίζει το καθεστώς των μεταφορών στην Ελλάδα με τους στόχους που έθεσε η Ευρωπαϊκή Ένωση. Σύμφωνα με αυτόν τόσο οι ιδιώτες όσο και οι επιχειρήσεις θα έχουν κίνητρα για να αποκτήσουν ηλεκτρικά οχήματα: φορολογικές απαλλαγές (απαλλαγή τελών κυκλοφορίας, απαλλαγή τεκμηρίων, απαλλαγή τελών ταξινόμησης), επιδοτήσεις που διευκολύνουν την αγορά ηλεκτρικού οχήματος (I.X, ταξί, σκούτερ και ποδηλάτου) και ηλεκτρικού οικιακού φορτιστή, αποζημίωση απόσυρσης παλαιότερου οχήματος, κατάργηση της υποχρεωτικής αγοράς ηλεκτρικού οχήματος μετά από 36 μήνες σε περίπτωση leasing, δυνατότητα δανείου για απόκτηση ηλεκτροκίνητων οχημάτων, δωρεάν παρκάρισμα σε ορισμένες περιοχές και ελεύθερη κυκλοφορία στον δακτύλιο της Αθήνας [55].

2.5. ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Στο δεύτερο κεφάλαιο της εργασίας έγινε μια ιστορική αναδρομή στον ηλεκτρισμό ενώ μετά παρατέθηκαν θεωρητικοί ορισμοί που σχετίζονται με τον Ηλεκτρισμό και το ηλεκτρικό δίκτυο και έγινε μία σύντομη περιγραφή του Ελληνικού Συστήματος Ηλεκτρικής Ενέργειας. Στη συνέχεια, παρουσιάστηκε το θέμα της ηλεκτροκίνησης, αναφέροντας τον ορισμό και τα αρχικά της βήματα, τον ορισμό των Ηλεκτρικών Οχημάτων σύμφωνα με την Ελληνική νομοθεσία καθώς και γενικά στοιχεία για την ηλεκτροκίνηση στα μέσα σταθερής τροχιάς και στα βιομηχανικά οχήματα. Τέλος, αναλύθηκε η ανάγκη για ηλεκτροκίνηση σύμφωνα με στοιχεία από την Ευρωπαϊκή και την Ελληνική νομοθεσία.

Κεφάλαιο 3 Ηλεκτρικά Οχήματα

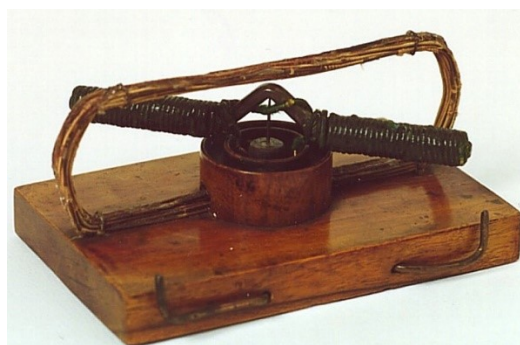
3.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σε αυτό το κεφάλαιο γίνεται μία ιστορική αναδρομή στα ηλεκτρικά οχήματα και ακολουθεί μία παρουσίαση των ειδών ηλεκτρικών οχημάτων. Στη συνέχεια παρατίθενται τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα της χρήσης ηλεκτρικών οχημάτων αλλά και μία συνοπτική ανάλυση της αγοράς των ηλεκτρικών αυτοκινήτων. Κατόπιν, περιγράφονται τα μηχανικά μέρη των ηλεκτρικών αυτοκινήτων αλλά και οι ηλεκτρικοί κινητήρες τους. Τέλος, γίνεται μία αναφορά στα ηλεκτρονικά ισχύος και το πώς σχετίζονται με τα ηλεκτρικά οχήματα.

3.2. ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ

Η αρχή της αυτοκίνησης συνοδεύτηκε κι από την κατασκευή του πρώτου ηλεκτρικού αυτοκινήτου. Το ηλεκτρικό αυτοκίνητο είχε τεράστιες προοπτικές μιας και οι άνθρωποι την εποχή εκείνη το προτιμούσαν καθώς ήταν φιλικό προς το περιβάλλον. Παρόλα αυτά, λόγω της αφθονίας και της χαμηλής τιμής του πετρελαίου, τα αυτοκίνητα που λειτουργούσαν με μηχανές εσωτερικής καύσης κυριάρχησαν καθ' όλη τη διάρκεια του 20^{ου} αιώνα.

Η ιστορία των ηλεκτρικών οχημάτων αρχίζει λοιπόν το 1828 όταν ο Ούγγρος φυσικός και μηχανικός Ányos Jedlik, εφευρέ τον πρώτο ηλεκτροκινητήρα (Εικόνα 3.1) [56]. Μερικά χρόνια αργότερα όμως,



Εικόνα 3.1: Αριστερά: Ο πρώτος ηλεκτροκινητήρας του Jedlik [56], Δεξιά: το πρώτο ηλεκτρικό όχημα του Davenport [57].

το 1834, ο Αμερικανός εφευρέτης Thomas Davenport εγκατέστησε έναν ηλεκτροκινητήρα συνεχούς ρεύματος σε ένα αυτοκίνητο με μπαταρίες που δεν είχαν δυνατότητα φόρτισης (Εικόνα 3.1) [57]. Την πρώιμη αυτή εποχή των ηλεκτρικών οχημάτων, τα ηλεκτρόδια του ψευδάργυρου που χρειάζονταν για την ισχύ της μπαταρίας είχαν υψηλό κόστος, και για αυτό το λόγο οι ηλεκτροκινητήρες δεν προωθήθηκαν στο εμπόριο [58].

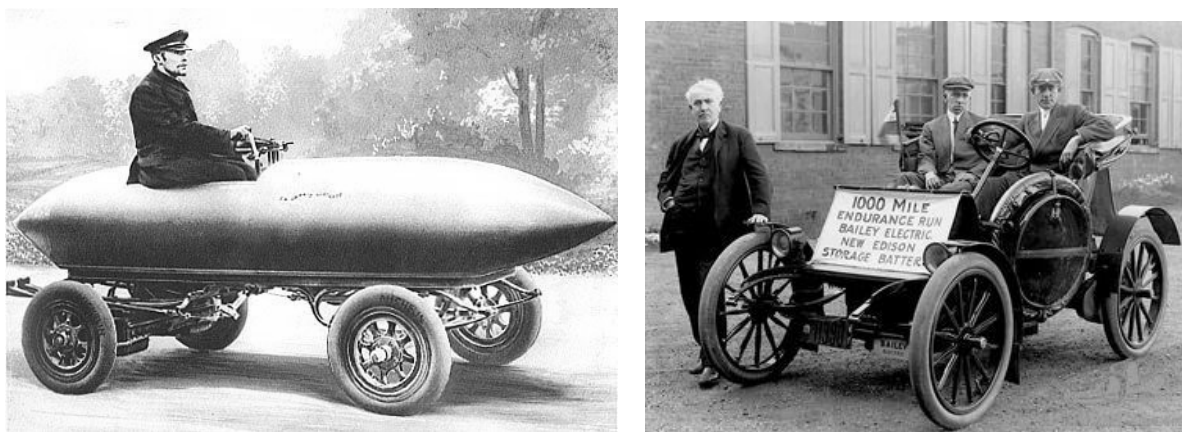
Η πιο σημαντική εφεύρεση όμως που βοήθησε στο να αποκτήσει ενδιαφέρον το ηλεκτρικό αυτοκίνητο ήταν αυτή του Γάλλου φυσικού Gaston Planté. Το 1859 λοιπόν κατασκεύασε τις επαναφορτιζόμενες μπαταρίες μολύβδου - οξέος (Pb – Acid), οι οποίες αποτελούν τη βάση για τις μπαταρίες που χρησιμοποιούνται σήμερα στα ηλεκτρικά αυτοκίνητα (Εικόνα 3.2) [58].

Δεν ήταν παρά το 1891 όμως που κατασκεύασε ο Σκωτσέζος χημικός William Morrison το πρώτο επιτυχημένο ηλεκτρικό αυτοκίνητο στην Iowa των ΗΠΑ. Το ηλεκτρικό αυτό όχημα είχε μέγιστη ταχύτητα 32 χιλιόμετρα την ώρα, ιπποδύναμη 4 ίππους και μπορούσε να μεταφέρει μέχρι 12 επιβάτες. Η τροφοδότηση με ηλεκτρισμό γινόταν μέσω 24 μπαταριών που ήταν αποθηκευμένες κάτω από τα καθίσματα. Είχε αυτονομία 80 χιλιομέτρων [58].



Εικόνα 3.2: Αριστερά: Μπαταρία G. Planté, Δεξιά: Ηλεκτρικό Αυτοκίνητο W. Morrison [58]

Η δεκαετία 1895-1905 θεωρείται, σύμφωνα με τον Wakefield [59], ως η «χρυσή εποχή των ηλεκτρικών οχημάτων», χάρη στις τεχνολογικές βελτιώσεις των μπαταριών που συντελέστηκαν τότε. Ήταν μάλιστα τότε που παρουσιάστηκε το «Jamais Contente», το πιο γρήγορο όμως ηλεκτρικό αυτοκίνητο στον κόσμο κατά τον 19^ο αιώνα, του οποίου η τελική ταχύτητά του έφτανε τα 100 km/h. Κατασκευάστηκε το 1899 από τον Βέλγο Camille Jenatzy από ένα κράμα αλουμινίου, βολφραμίου και μαγνησίου και είχε σχήμα τορπίλης. Διέθετε δύο κινητήρες 25kW, ενώ χρειαζόταν τάση 200V και ένταση 124A προκειμένου να επιτύχει ιπποδύναμη 68 ίπων [58].



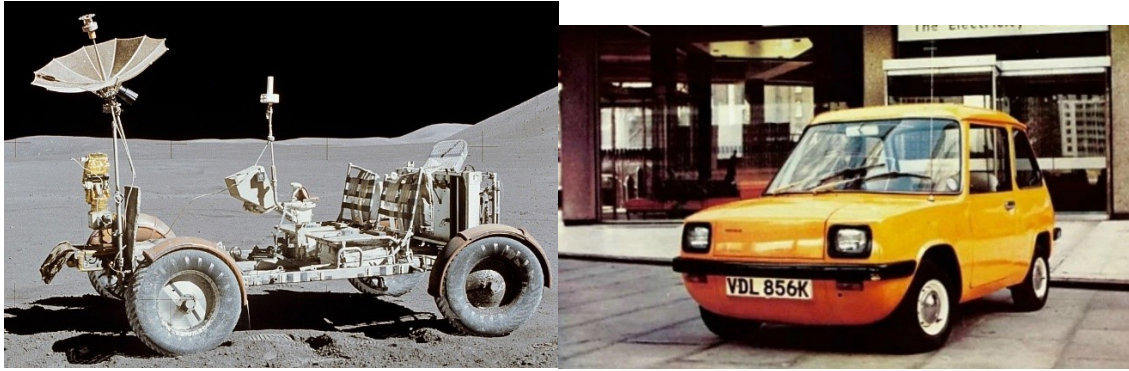
Εικόνα 3.3: Αριστερά: Jamais Contente [58], Δεξιά: Το ηλεκτρικό αυτοκίνητο του T. Edison (1910) [61]

Στα τέλη λοιπόν του 19^{ου} αιώνα, τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα άρχισαν να παράγονται μαζικά για το κοινό με αποτέλεσμα το 28% των αυτοκινήτων που κυκλοφορούσαν στις ΗΠΑ ήταν ηλεκτρικά. Τα πρώτα ηλεκτρικά αυτοκίνητα είχαν σημαντικά πλεονεκτήματα έναντι των αυτοκινήτων με μηχανή εσωτερικής καύσης. Δεν μύριζαν, δεν έκαναν έντονο θόρυβο κατά τη χρήση, ήταν πιο απλά στην λειτουργία τους αλλά και στο ξεκίνημά τους, ενώ είχαν επίσης συγκριτικά μεγαλύτερη εμβέλεια. Η παραγωγή ηλεκτρικών οχημάτων όπως επιβατικά αυτοκίνητα, ταξί και mini-bus έφτασε κατά το 1920 τις εκατοντάδες χιλιάδες, όμως με τη συνεχή πρόοδο των αυτοκινήτων με μηχανή εσωτερικής καύσης αλλά

και με το φτηνό καύσιμο που χρησιμοποιούσαν, το καταναλωτικό κοινό στράφηκε προς τα αυτά. Ένα μάλιστα από τα αυτοκίνητα με μηχανή εσωτερικής καύσης που κατάφερε να κερδίσει την κούρσα του 20^{ου} αιώνα και να αντικαταστήσει το ηλεκτρικό αυτοκίνητο ήταν το μοντέλο T της Ford που πούλησε πάνω από 15 εκατομμύρια οχήματα μεταξύ του 1913 και του 1927. Το χαμηλό κόστος παραγωγής, η αντοχή, η ευελιξία, η ευκολία συντήρησης αλλά και το ιδιαίτερα χαμηλό κόστος των καυσίμων αποτέλεσαν παράγοντες της μεγάλης επιτυχίας του Henry Ford [60]. Το ηλεκτρικό αυτοκίνητο που κατασκεύασε ο Thomas Edison το 1910 (Εικόνα 3.3), που ήταν βασισμένο πάνω στην επαναφορτιζόμενη αλκαλική μπαταρία Νικελίου-Σιδήρου την οποία ανέπτυξε ο ίδιος ήδη από το 1899, ουδέποτε παράχθηκε μαζικά και παρέμεινε πειραματικό [61].

Αποτέλεσμα όλων αυτών ήταν ότι το χρονικό διάστημα από το 1930 μέχρι και το 1966 χαρακτηρίστηκε ως μια «νεκρή περίοδος» για την κατασκευή και κυκλοφορία των ηλεκτρικών αυτοκινήτων [60]. Σταδιακά από το 1930 ο αριθμός των ηλεκτρικών αυτοκινήτων που κυκλοφορούσαν πλησίαζε το μηδέν μιας και ήταν όχι μόνο ακριβότερα αλλά και πιο αργοκίνητα σε σύγκριση με τα βενζινοκίνητα. Ενδεικτικά, μπορεί να γίνει αναφορά για το 1933, οπότε τότε ένα αυτοκίνητο με μηχανή εσωτερικής καύσης κόστιζε 650\$ ενώ ένα ηλεκτρικό αυτοκίνητο είχε 1750\$. Επιπλέον, το βασικό μειονέκτημα των βενζινοκινήτων αυτοκινήτων με την εκκίνησή τους είχε επιλυθεί ενώ αντιθέτως τα μειονεκτήματα των ηλεκτρικών αυτοκινήτων της εποχής ήταν αρκετά και δυσεπίλυτα, με πιο βασικό το μέγεθος των μπαταριών που χρησιμοποιούσαν. Πιο συγκεκριμένα για να διανυθεί απόσταση 50 χιλιομέτρων από ένα βενζινοκίνητο αυτοκίνητο χρειαζόνταν 4,5 λίτρα πετρελαίου που είναι ισοδύναμο με βάρος περίπου 4 κιλών. Από την άλλη πλευρά, για την ίδια απόσταση ένα ηλεκτρικό αυτοκίνητο χρειαζόταν μια μπαταρία μολύβδου-οξέος βάρους 270 κιλών. Ένα επιπλέον μειονέκτημα που αντιμετώπιζαν τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα εκείνης της εποχής ήταν ο χρόνος επαναφόρτισης των μπαταριών που κυμαινόταν από 1 ώρα μέχρι και κάποιες ώρες, σε αντίθεση με ένα βενζινοκίνητο όχημα που χρειαζόταν το πολύ ένα λεπτό της ώρας για να εφοδιαστεί πλήρως με καύσιμο [62].

Ο κανονισμός που εκδόθηκε στην Καλιφόρνια των ΗΠΑ το 1967 και αφορούσε τις εκπομπές αερίων στην Καλιφόρνια των Ηνωμένων Πολιτειών και στην συνέχεια σταδιακά και στις υπόλοιπες πολιτείες, με κορύφωση την θέσπιση του Clean Air Act (1970) σε ολόκληρες τις ΗΠΑ [63], όπως και η πετρελαϊκή κρίση της δεκαετίας του 1970 ενόησαν την επαναφορά του ηλεκτρικού αυτοκινήτου στο προσκήνιο [60]. Η NASA κατασκεύασε το πρώτο επανδρωμένο όχημα που οδηγήθηκε στη Σελήνη στις αποστολές Apollo κατά τη διάρκεια των ετών 1971-1972, έχοντας ένα τετρακύλινδρο κινητήρα και μπαταρίες αργύρου ψευδαργύρου 36 V (Εικόνα 3.4) [64]. Χαρακτηριστικά μοντέλα της εποχής αυτής ήταν το «CitiCar» της Αμερικάνικης Sebring-Vanguard, το ES-512 της Αμερικάνικης General Motors (αυτονομία: 93 χλμ, τελική ταχύτητα: 40 χλμ/ώρα, μπαταρία ισχύος 84V με 7 ώρες φόρτιση) [65], το ταχυδρομικό όχημα τύπου τζιπ Electrucks της Αμερικάνικης AM General Corporation (αυτονομία: 47 χλμ, τελική ταχύτητα: 53 χλμ/ώρα, μπαταρία ισχύος 54V με 8 ώρες φόρτιση) (Εικόνα 17) [66] καθώς και το «Zelee» της ιταλικής εταιρίας Zagato (αυτονομία: 80 χλμ, τελική ταχύτητα: 48 χλμ/ώρα, 4 μπαταρίες ισχύος των 12V με 8 ώρες φόρτιση) (Εικόνα 3.5) [67]. Ξεχωριστή μνεία βέβαια πρέπει να γίνει για το Enfield 8000, το μοναδικό ηλεκτρικό αυτοκίνητο που κατασκευάστηκε στην Ελλάδα και πιο συγκεκριμένα στα ναυπηγεία του Νεωρίου στη Σύρο κατά την περίοδο 1973-1976. Το αυτοκίνητο αυτό είχε τελική ταχύτητα 65 χλμ./ώρα, ισχύ 8,2 ίππους, αυτονομία 64 χιλιόμετρα. Η αποθήκευση της ηλεκτρικής ενέργειας γινόταν σε 8 μπαταρίες μολύβδου των 12V και χωρητικότητας 120 Ah, οι οποίες ήταν μοιρασμένες στο εμπρός και το πίσω μέρος του αμαξώματος, ο δε χρόνος φόρτισής τους έφτανε τις 8 ώρες. Συνολικά κατασκευάστηκαν 120 αυτοκίνητα, αλλά η προσπάθεια έληξε άδοξα λόγω του ανταγωνισμού με τις εταιρίες πετρελαίου (Εικόνα 3.4) [68]. Τη δεκαετία του 1970, δημιουργήθηκαν και άλλα μοντέλα ηλεκτρικών αυτοκινήτων, όμως κανένα δεν ευδοκίμησε εξαιτίας των περιορισμών που είχαν τόσο στην αυτονομία όσο και στην τελική ταχύτητα. Επομένως, από το 1979 και μετά χάθηκε ξανά το ενδιαφέρον για τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα [60].



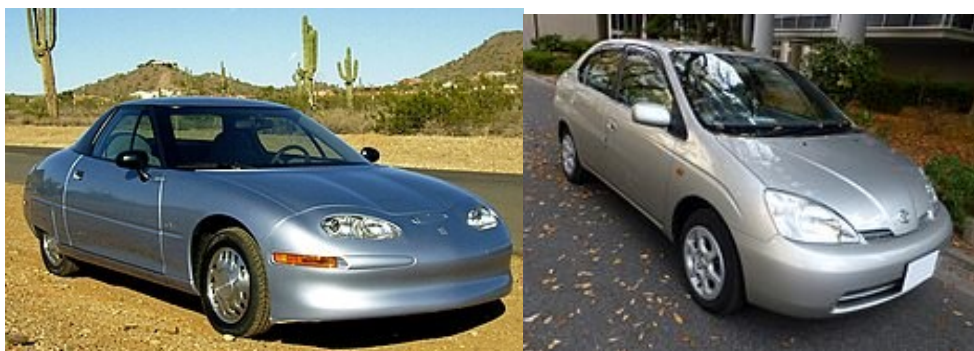
Εικόνα 3.4: Αριστερά: Lunar Roving Model (NASA) [64], Δεξιά: Enfield 8000 (Ελλάδα) [68]



Εικόνα 3.5: Αριστερά: Zagato Zele 1000 (Ιταλία) [67], Δεξιά: Electrucks (ΗΠΑ) [66]

Τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα άρχισαν να γίνονται δημοφιλή σταδιακά κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του 1990. Ο κύριος λόγος ήταν η μόλυνση του περιβάλλοντος από τα βενζινοκίνητα και πετρελαιοκίνητα οχήματα εξαιτίας των υψηλών εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (CO_2) αλλά των καυσαερίων τα οποία δημιουργούσαν μία αποπνικτική ατμόσφαιρα για τους κατοίκους των μεγαλουπόλεων. Αυτό είχε σαν αποτέλεσμα να θεσπιστούν αυστηροί νόμοι στην Ευρωπαϊκή Ένωση αλλά και στις ΗΠΑ και τον Καναδά που στόχο θα είχαν την μείωση των εκπομπών ρύπων από τα οχήματα, όπως για παράδειγμα οι συμφωνίες: California Air Resources Board (1990), U.S.-Canada Air Quality Agreement (1991) [69], Euro I Standards (1992) και Euro I Standards (1993) [70]. Κατά συνέπεια, οι αυτοκινητοβιομηχανίες σε όλο τον κόσμο άρχισαν να τροποποιούν υπάρχοντα μοντέλα βενζινοκίνητων οχημάτων σε ηλεκτρικά οχήματα. Επιδίωξή τους ήταν τα ηλεκτρικά οχήματα να έχουν απόδοση αλλά και να επιτυγχάνουν ταχύτητες που να πλησιάζουν τα βενζινοκίνητα οχήματα [71].

Κι ενώ οι στόχοι τέθηκαν στην Αμερική και την Ευρώπη, εντούτοις το πρώτο αξιόλογο και εμπορικά βιώσιμο βήμα το έκανε η Ιαπωνία λανσάροντας το 1997 το πρώτο σύγχρονο υβριδικό ηλεκτρικό αυτοκίνητο το Toyota Prius. (Εικόνα 3.6) [72] Η αντίστοιχη προσπάθεια της General Motors την ίδια χρονιά με το ηλεκτρικό αυτοκίνητο EV1, το οποίο θεωρείται ως το πρώτο εξ ολοκλήρου ηλεκτρικό αυτοκίνητο της σύγχρονης εποχής, δεν είχε ποτέ ανάλογη εμπορική επιτυχία λόγω του υψηλού κόστους παραγωγής του. Η αρχική έκδοση είχε μπαταρίες μολύβδου-οξέος με ισχύ 137 ίππους, αυτονομία 89 χλμ. και τελική ταχύτητα 130 χλμ/ώρα, η δε πλήρης φόρτιση των μπαταριών διαρκούσε 7 ώρες. Παρά την αναβάθμιση των μπαταριών το 1999 που έδιναν αυτονομία στο αυτοκίνητο περίπου 250 χιλιόμετρα, η παραγωγή του σταμάτησε το 2003 και η General Motors ανακάλεσε όλα τα μοντέλα, τα οποία και κατέστρεψε (Εικόνα 3.6) [73].



Εικόνα 3.6: Αριστερά: GM EV1 (ΗΠΑ) [73], Δεξιά: Toyota Prius I (Ιαπωνία) [72]

Την πρώτη δεκαετία της νέας χιλιετίας δόθηκε μεγάλη έμφαση στη βελτίωση των ηλεκτρικών οχημάτων αλλά και στην εξέλιξη των μπαταριών και των συστημάτων ελέγχου τους. Παρόλα αυτά, το υβριδικό Toyota Prius αποτέλεσε το μόνο επιτυχημένο ηλεκτρικό αυτοκίνητο της δεκαετίας αυτής. Πέρα από την μεγάλη απήχηση που είχε η πρώτη έκδοση του (Prius I) στην αγορά της Ιαπωνίας, οι επόμενες εκδόσεις Prius II (στην California από το 2000) και Prius III (σε όλο τον κόσμο από το 2004) σημείωσαν εξαιρετικές πωλήσεις που στα τέλη του 2010 είχαν ξεπεράσει τα 2 εκατομμύρια οχήματα σε πάνω από 70 χώρες [74]. Η αμερικάνικη Tesla του Elon Mask απέσπασε την προσοχή του κοινού καθώς το Tesla Roadster, το οποίο κυκλοφόρησε το 2008, ήταν το πρώτο στην ιστορία πλήρως ηλεκτρικό спор αυτοκίνητο. Χρησιμοποιούσε μπαταρίες ιόντων λιθίου που μπορούσαν να φορτιστούν πλήρως μόλις σε 3,5 ώρες, ισχύ 248 ίππους, τελική ταχύτητα 201 χλμ/ώρα και είχε αυτονομία 320 χλμ., γεγονός που έδωσε μεγάλο κύρος στα ηλεκτρικά αυτοκίνητα γενικότερα με αποτέλεσμα πολλές αυτοκινητοβιομηχανίες να εισέρθουν πλέον στον κλάδο των ηλεκτρικών αυτοκινήτων [75]. Μεγάλο ρόλο βέβαια έπαιξε και η υιοθέτηση των σύγχρονων μπαταριών πολυμερούς λιθίου που αποδείχθηκαν ως η πιο αποδοτική μπαταρία της εποχής μιας και έχει χωρητικότητα περίπου τριπλάσια από αυτήν της μολύβδου-οξέος [76].

Χρονιά ορόσημο για τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα για την δεκαετία 2000-2009 αποτέλεσε το 2005 καθώς τον Φεβρουάριο της ίδιας χρονιάς τέθηκε σε ισχύ το πρωτόκολλο του Kyoto, σύμφωνα με το οποίο οι κυβερνήσεις από πολλές χώρες ανά τον κόσμο απαίτησαν από τις αυτοκινητοβιομηχανίες την μείωση των εκπομπών των ρύπων διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) ακόμα περισσότερο, μιας και οδηγούν στην υπερθέρμανση της Γης. Το γεγονός αυτό μαζί με την σημαντική αύξηση της τιμής του πετρελαίου οδήγησε κυβερνήσεις ανεπτυγμένων κρατών στο να δώσουν επιπλέον κονδύλια στην ανάπτυξη εναλλακτικών τεχνολογιών για ηλεκτρικούς κινητήρες (Ευρωπαϊκή Ένωση) και της βιομηχανίας των μπαταριών (ΗΠΑ) [77]. Εκτός αυτού, τα κράτη αυτή έδωσαν ποικίλα κίνητρα στους πολίτες τους προκειμένου να αποκτήσουν ηλεκτρικά αυτοκίνητα όπως για παράδειγμα επιδοτήσεις ή εξαιρέσεις από τη φορολογία [55]. Χαρακτηριστικό παράδειγμα του έντονου ανταγωνισμού που αναπτύχθηκε στην αγορά των ηλεκτρικών αυτοκινήτων ήταν ότι για πρώτη φορά το 2009, στην έκθεση αυτοκινήτου της Φρανκφούρτης (Frankfurt Motor Show), παρουσιάστηκαν πολλά πρωτότυπα μοντέλα ηλεκτρικών οχημάτων από το σύνολο σχεδόν των αυτοκινητοβιομηχανιών διεθνώς [77].

Από το 2010 μέχρι και σήμερα οι περισσότερες αυτοκινητοβιομηχανίες ανά τον κόσμο εστιάζουν το ενδιαφέρον τους στην ανάπτυξη των ηλεκτρικών οχημάτων. Επιπλέον κίνητρα αποτελούν όχι μόνο η σταδιακή μείωση του ορυκτού πλούτου του πλανήτη αλλά επίσης η επίτευξη των στόχων που θέτουν πολλές κυβερνήσεις για να απαγορεύσουν τις πωλήσεις οχημάτων (αυτοκινήτων και μοτοσικλετών) με βενζίνη και πετρέλαιο στο μέλλον. Για παράδειγμα, η Νορβηγία δεσμεύεται να τις καταργήσει μέχρι το 2025, η Κίνα, η Ινδία, και η Γερμανία μέχρι το 2030, ενώ η Βρετανία και η Γαλλία μέχρι το 2040 [78]. Παρά το γεγονός βέβαια ότι η πλειοψηφία των κατασκευαστών αυτοκινήτου έχουν έτοιμα ηλεκτρικά αυτοκίνητα, εντούτοις τα οχήματα βενζίνης και πετρελαίου κυριαρχούν ακόμα στις πωλήσεις

παγκοσμίως. Παρόλα αυτά, τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα αναμένεται να φέρουν κέρδη στις αυτοκινητοβιομηχανίες μέσα στα επόμενα 15 – 20 χρόνια, μέχρι το υδρογόνο τελικά να έχει τον τελευταίο λόγο. Η ποιότητα των μπαταριών των ηλεκτρικών οχημάτων βελτιώνεται σημαντικά και παράλληλα αποκτούν αρκετά μεγαλύτερη αυτονομία. Επίσης, τα σύγχρονα ηλεκτρικά αυτοκίνητα είναι άρτια σχεδιασμένα κι έχουν μεγαλύτερη απόδοση από αυτά τις προηγούμενης δεκαετίας [77].

Δύο πολύ επιτυχημένα μοντέλα ηλεκτρικών αυτοκινήτων που έχουν κυριαρχήσει από το 2010 μέχρι και σήμερα είναι το γερμανικό BMW i3 και το ιαπωνικό Nissan Leaf. Το BMW i3 πρόκειται για το πρώτο ηλεκτρικό μοντέλο το οποίο παράχθηκε μαζικά στην ιστορία της BMW, καθώς κατασκευάστηκαν συνολικά 250000 αυτοκίνητα. Η πρώτη έκδοση του μοντέλου διαθέτει μια μπαταρία χωρητικότητας 60 Ah, που του προσέφερε αυτονομία γύρω στα 160 χιλιόμετρα. Επίσης, έχει ισχύ 170 ίππους, τελική ταχύτητα 161 χλμ/ώρα και δυνατότητα επιτάχυνσης 0-97 χλμ/ώρα σε 7 δευτερόλεπτα [79]. Το Nissan-Leaf διαθέτει μπαταρία ιόντων λιθίου 40 kWh που του προσφέρει αυτονομία 243 χιλιόμετρα, έχει ισχύ 148 ίππους, τελική ταχύτητα 159 χλμ/ώρα ενώ η πλήρη φόρτισή του διαρκεί 5 ώρες [80].



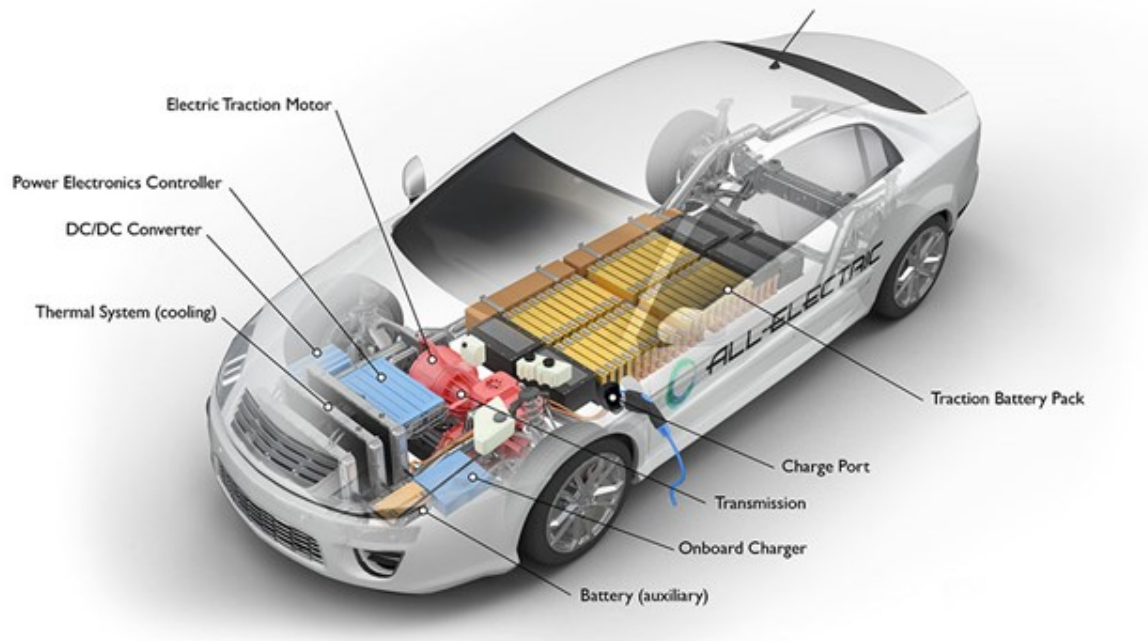
Εικόνα 3.7: Αριστερά: Tesla Roadster (ΗΠΑ) [75], Δεξιά: BMW i3 (Γερμανία) [79].

3.3. ΤΥΠΟΙ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ

Το ηλεκτρικό όχημα είναι στην πραγματικότητα ένας γενικός όρος. Στην πραγματικότητα, υπάρχουν διάφοροι τύποι ηλεκτρικών οχημάτων και η ομοιότητά τους είναι ότι όλα χρησιμοποιούν ηλεκτρική ενέργεια για τουλάχιστον ένα μέρος της λειτουργίας τους. Υπάρχουν σήμερα τέσσερις κύριοι τύποι ηλεκτρικών οχημάτων, οι οποίοι διακρίνονται τόσο σε σχέση με την αρχιτεκτονική τους όσο και με το βαθμό εξάρτησής τους από την μπαταρία [81]:

3.3.1. Αμιγώς ηλεκτρικό όχημα (Battery Electric Vehicle - BEV).

Πρόκειται για ένα όχημα που είναι εξοπλισμένο μόνο με ηλεκτρικό σύστημα μετάδοσης κίνησης (ηλεκτροκινητήρες) και λειτουργεί αποκλειστικά με μπαταρία, καθώς με το σύστημα αυτό καλύπτονται πλήρως όλες οι ανάγκες του. Η αποθήκευση της ηλεκτρικής ενέργειας γίνεται σε μια μεγάλη μπαταρία η οποία φορτίζεται συνδεδεμένη στο ηλεκτρικό ρεύμα μέσω ενός καλωδίου και κατόπιν η μπαταρία παρέχει ισχύ στους ηλεκτροκινητήρες [82].



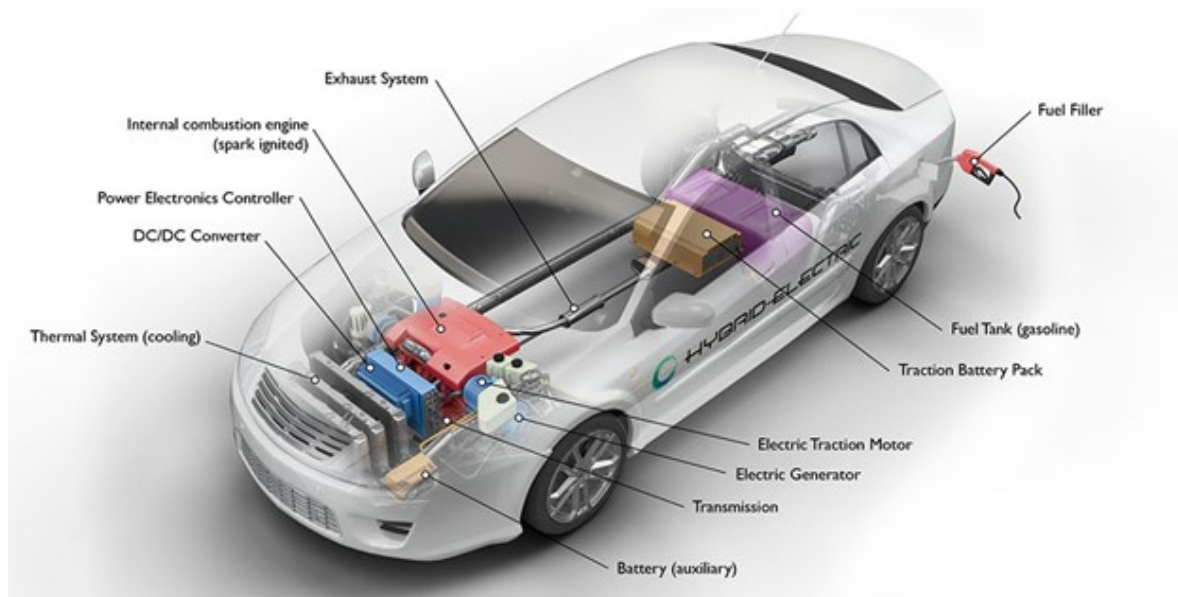
Εικόνα 3.8: Αμιγώς ηλεκτρικό όχημα (BEV) [82]

Το κύριο πλεονέκτημα των αμιγώς ηλεκτρικών οχημάτων είναι η παντελής απουσία κινητήρων εσωτερικής καύσης που σημαίνει ότι υπάρχουν μηδενικές εκπομπές ρύπων. Σαν αποτέλεσμα, στην Ελλάδα τα οχήματα αυτά απαλλάσσονται από περιορισμούς (είσοδος στο Δακτύλιο στο κέντρο της Αθήνας) και τελών κυκλοφορίας. Αντιθέτως, το κύριο μειονέκτημα τους είναι ότι η κίνησή τους στηρίζεται αποκλειστικά στις μπαταρίες και έτσι η αυτονομία του οχήματος εξαρτάται από αυτές. Πρακτικά αυτό σημαίνει πως αν ένας οδηγός ενός αμιγώς ηλεκτρικού οχήματος σκοπεύει να ταξιδέψει με αυτό, πέρα από την πλήρη φόρτισή του που πρέπει να έχει εξασφαλίσει πριν ξεκινήσει, θα πρέπει να εξετάσει αν υπάρχει τουλάχιστον ένας φορτιστής μπαταριών ηλεκτρικών οχημάτων σε κάποιο σημείο της διαδρομής [82].

3.3.2. Υβριδικό ηλεκτρικό όχημα (Hybrid Electric Vehicle - HEV)

Πρόκειται για ένα όχημα το οποίο διαθέτει όχι μόνο έναν ηλεκτροκινητήρα αλλά κι έναν κινητήρα εσωτερικής καύσης. Η ηλεκτροκινητήρας λαμβάνει ηλεκτρική ενέργεια από τις μπαταρίες ενώ ο κινητήρας εσωτερικής καύσης παίρνει ενέργεια από το καύσιμο είτε βενζίνη είτε πετρέλαιο. Τόσο ο ηλεκτροκινητήρας όσο και ο κινητήρας εσωτερικής καύσης λειτουργούν ταυτόχρονα και συνδυάζονται με το κιβώτιο ταχυτήτων, το οποίο με τη σειρά του παρέχει κίνηση στους τροχούς. Στα υβριδικά ηλεκτρικά οχήματα οι μπαταρίες μπορούν να φορτιστούν μόνο μέσω του κινητήρα εσωτερικής καύσης αλλά και της κίνησης των τροχών. Με άλλα λόγια, η μπαταρία δεν δύναται να επαναφορτιστεί εξωτερικά μέσω του ηλεκτρικού δικτύου μιας και το όχημα δεν διαθέτει θύρα φόρτισης.

Το κύριο πλεονέκτημα των υβριδικών ηλεκτρικών οχημάτων είναι ότι η κίνηση παράγεται συνδυαστικά. Πρακτικά αυτό σημαίνει ότι ο οδηγός δεν χρειάζεται να έχει στο νου του να φορτίζει το



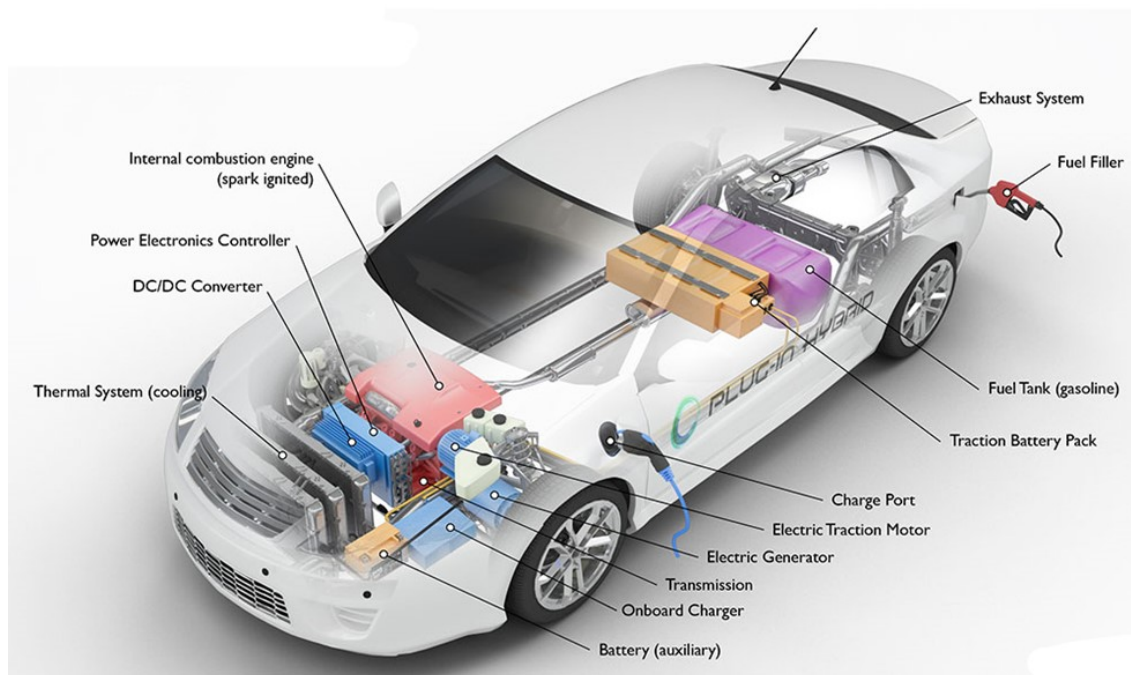
Εικόνα 3.9: Υβριδικό ηλεκτρικό όχημα (HEV) [82]

όχημα, ή να ξεμείνει από καύσιμο ή αυτονομία, μίας και οι μπαταρίες φορτίζονται ταυτόχρονα με την κίνηση. Αντιθέτως, βασικό μειονέκτημα των υβριδικών ηλεκτρικών οχημάτων αποτελεί το κόστος των μπαταριών, καθώς σε περίπτωση βλάβης θα χρειαστεί πολυέξοδη επισκευή. Επίσης, τα HEV στην ουσία πρόκειται για ήπια βενζινοκίνητα ή πετρελαιοκίνητα οχήματα κι έτσι εξακολουθούν να υφίστανται, αν και μειωμένες σε σχέση με τα συμβατικά οχήματα, οι εκπομπές ρύπων. Αυτό σημαίνει ότι δεν απαλλάσσονται ολοκληρωτικά από περιορισμούς και τέλη κυκλοφορίας. Κάποια ενδεικτικά HEV αυτοκίνητα είναι τα Toyota Prius/Yaris και το Lexus RX 450h [82].

3.3.3. Plug-in Υβριδικά Ηλεκτρικά Οχήματα (Plug-in Hybrid Electric Vehicle - PHEV)

Πρόκειται για ένα όχημα το οποίο διαθέτει τόσο έναν ηλεκτροκινητήρα όσο κι έναν κινητήρα εσωτερικής καύσης. Τα plug-in υβριδικά ηλεκτρικά οχήματα από τη μία πλευρά φορτίζουν τους ηλεκτροκινητήρες τους με τον ίδιο τρόπο όπως στα HEV, από την άλλη πλευρά όμως, σε αντίθεση με τα HEV, διαθέτουν θύρα φόρτισης κι έτσι η φόρτιση των μπαταριών τους γίνεται και εξωτερικά με καλώδιο μέσω του ηλεκτρικού δικτύου. Στην πραγματικότητα, τα PHEV είναι οχήματα που είναι κάτι στη μέση μεταξύ ηλεκτρικών, υβριδικών και συμβατικών αυτοκινήτων, μιας και διαθέτουν δύο λειτουργίες: μία υβριδική λειτουργία, στην οποία γίνεται χρήση της ηλεκτρικής ενέργειας αλλά και της βενζίνης ή του πετρελαίου, καθώς και μία πλήρως ηλεκτρική, στην οποία η μπαταρία και ο κινητήρας παρέχουν όλη την ενέργεια του αυτοκινήτου.

Το κύριο πλεονέκτημα των plug-in υβριδικών ηλεκτρικών οχημάτων είναι αυτή ακριβώς η διττή τους λειτουργία, μιας και παρέχει τα πλεονεκτήματα των αμιγώς ηλεκτρικών οχημάτων χωρίς τα αντίστοιχα μειονεκτήματά τους. Πρακτικά αυτό σημαίνει ότι ένας οδηγός μπορεί να το κινεί αποκλειστικά ηλεκτρικά και σε περίπτωση που τελειώσουν οι μπαταρίες να το «γυρίσουν» στη βενζίνη ή στο πετρέλαιο. Στην ουσία δεν περιορίζει το όχημα η αυτονομία των μπαταριών [82]. Το κύριο μειονέκτημα των PHEV είναι ότι η μέση λύση που μόλις αναφέρθηκε αποτελεί ταυτόχρονα και μειονέκτημα. Στα PHEV, η αυτονομία της ηλεκτρικής λειτουργίας είναι πολύ περιορισμένη και δεν μπορεί ένας οδηγός να βασιστεί σε αυτή. Επιπλέον, πέρα από το υψηλό κόστος αγοράς τους, τα PHEV έχουν επιπλέον βάρος αλλά και δυσχέρεια στην εύρεση ανταλλακτικών, τα οποία είναι και ιδιαίτερα ακριβά. Κάποια ενδεικτικά PHEV αυτοκίνητα είναι τα: BMW i8, Kia Optima, Audi A3 E-Tron, Volvo XC90 T8 [83].

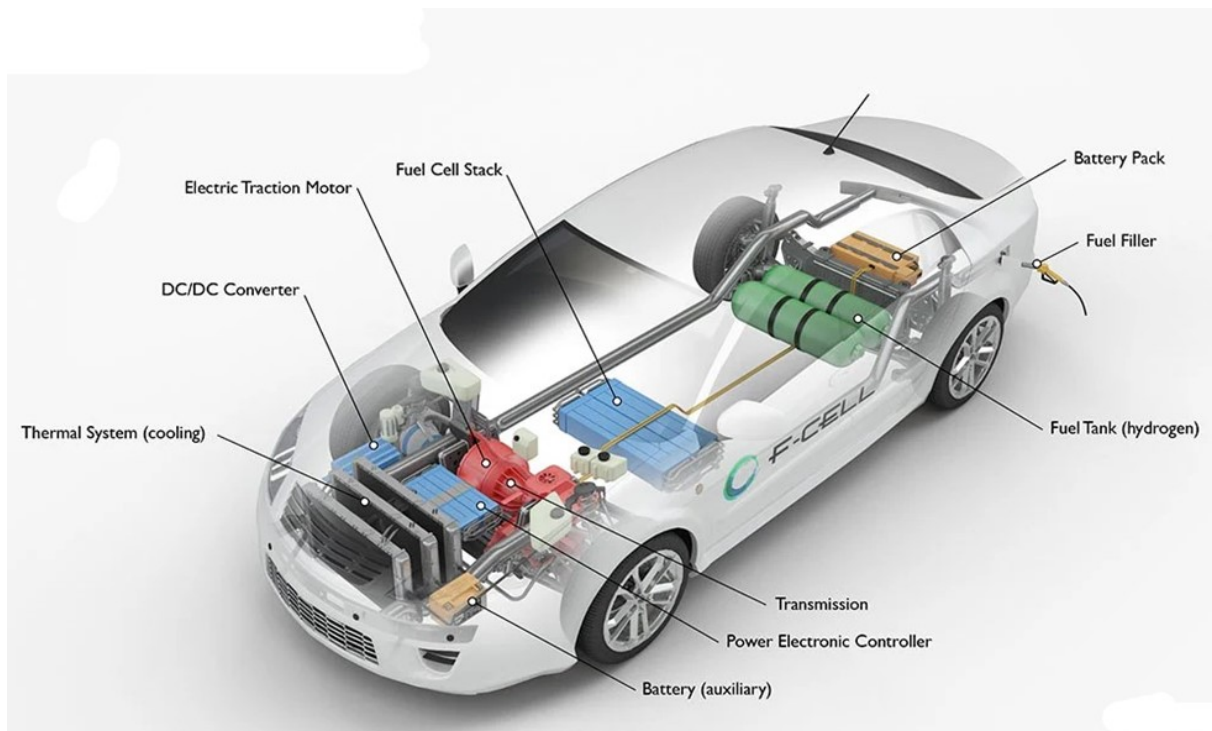


Εικόνα 3.10: Plug-in υβριδικό ηλεκτρικό όχημα (PHEV) [82]

3.3.4. Ηλεκτρικά οχήματα με κυψέλες υδρογόνου (Fuel Cell Electric Vehicle - FCEV)

Πρόκειται για ένα όχημα που κινείται με την ηλεκτρική ενέργεια που παράγει η μονάδα των ενεργειακών στοιχείων του που είναι οι κυψέλες καυσίμου (Fuel Cells). Οι κυψέλες αυτές αποτελούν μία συσκευή που μετατρέπει μέσα από μία χημική αντίδραση την χημική ενέργεια που παράγεται από το καύσιμο σε ηλεκτρική. Πιο συγκεκριμένα, οι κυψέλες καυσίμου, που αποτελούνται από έναν ηλεκτρολύτη, μια άνοδο, και μια κάθοδο, χρησιμοποιούν το υδρογόνο και το οξυγόνο από τον αέρα ή από την διάσπαση του νερού. Με τον τρόπο αυτό δεν γίνεται εκπομπή ρύπων και έτσι από την εξάτμιση βγαίνει καθαρό νερό. Οι ηλεκτροκινητήρες που χρησιμοποιούν τα FCEV (αποκαλούνται και αυτοκίνητα υδρογόνου) είναι παρόμοιοι με αυτούς των αμιγώς ηλεκτρικών αυτοκινήτων, με την διαφορά ότι, στα αυτοκίνητα υδρογόνου η ενέργεια προέρχεται από γεννήτρια που χρησιμοποιεί υδρογόνο και μόνο η επιπλέον ενέργεια αποθηκεύεται στην μπαταρία. Ο οδηγός ενός FCEV προκειμένου να το κινήσει πρέπει να γεμίσει τη δεξαμενή του με υδρογόνο. Τα FCEV δεν πρέπει να συγχέονται με τα αυτοκίνητα υγραερίου LPG (ή CNG) και η λειτουργία τους είναι πολύ διαφορετική από αυτήν [82]

Το κύριο πλεονέκτημα των αυτοκινήτων υδρογόνου είναι ότι το καύσιμο που χρησιμοποιεί, δηλαδή το υδρογόνο, βρίσκεται παντού στη γη και υπάρχουν εξασφαλισμένα αποθέματα. Επιπλέον, οι εκπομπές ρύπων είναι μηδενικές και για τον λόγο αυτό υπάρχουν τα ίδια οφέλη με τα αμιγώς ηλεκτρικά αυτοκίνητα. Το κύριο μειονέκτημά τους όμως είναι ότι παρόλο που λειτουργεί με βάση μία πολύ σύγχρονη και υποσχόμενη τεχνολογία, τα FCEV εντούτοις είναι δυσεύρετα και ακριβά. Άλλα μειονεκτήματα είναι ότι το υδρογόνο τυγχάνει να είναι ιδιαίτερα εύφλεκτο υπάρχει μεγάλο κόστος εξαγωγής και αποθήκευσής του σε δεξαμενές [83] Κάποια ενδεικτικά FCEV αυτοκίνητα είναι τα: Hyundai Nexa, Hyundai Tucson FCEV και Honda Clarity Fuel Cell [82].



Εικόνα 3.11: Ηλεκτρικό όχημα με κυψέλες υδρογόνου (FCEV) [82]

3.4. ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ – ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΧΡΗΣΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ

3.4.1. Πλεονεκτήματα των ηλεκτρικών οχημάτων σε σύγκριση με τα συμβατικά οχήματα

Τα ηλεκτρικά οχήματα χρησιμοποιούνται ήδη από τα τέλη της δεκαετίας του 2010 ολοένα και πιο πολύ στις ανεπτυγμένες χώρες και οι χρήστες τους τείνουν να υποβαθμίζουν τα μειονεκτήματά τους και να υποστηρίζουν ότι είναι αρκετά καλύτερα από τα οχήματα με κινητήρες εσωτερικής καύσεως. Τα πλεονεκτήματα που προκύπτουν από την απόκτηση ενός ηλεκτρικού οχήματος είναι τα εξής:

α) Το κόστος κίνησης: Το κόστος κίνησης στα ηλεκτρικά αυτοκίνητα είναι πολύ χαμηλότερο σε σχέση με τα οχήματα με κινητήρες εσωτερικής καύσεως καθώς οι ηλεκτροκινητήρες θεωρείται ότι έχουν αρκετά μεγαλύτερο βαθμό απόδοσης καθώς και άμεση και υψηλή ροπή. Αυτό αποδείχθηκε μάλιστα σε μία έρευνα του University of Michigan's Transportation Research Institute που πραγματοποιήθηκε το 2018, σύμφωνα με την οποία η μέση κατανάλωση ενός ηλεκτρικού οχήματος ανερχόταν σε \$485/έτος σε σύγκριση με τα \$1,117/έτος ενός οχήματος με συμβατικό κινητήρα [84]. Οι τιμές αυτές αλλάζουν βέβαια ανάλογα με τα κυβικά του οχήματος και την τιμή του καυσίμου ανά χώρα. Όσον αφορά την Ελλάδα, με βάση τις τιμές των παρόχων ηλεκτρικής ενέργειας που ίσχυαν μέχρι το τέλος του 2021 (πριν ξεσπάσει η ενεργειακή κρίση λόγω της εμπόλεμης κατάστασης στην Ουκρανία), το κόστος φόρτισης στο 100% μίας άδειας μπαταρίας ηλεκτρικού οχήματος διαμορφωνόταν με βάση το οικιακό τιμολόγιο στα 5,96 ευρώ για το Opel Corsa-e με μπαταρία 50 KWh, 4,78 ευρώ για το Nissan LEAF με μπαταρία 40 KWh και 11,2 ευρώ για το Audi e-tron 55 quattro με μπαταρία 95 KWh. Οι τιμές αυτές ήταν περίπου 13-15% φθηνότερες αν χρησιμοποιούταν το νυχτερινό οικιακό τιμολόγιο της ΔΕΗ [85]

β) Το κόστος συντήρησης: Το κόστος συντήρησής των ηλεκτρικών οχημάτων είναι αρκετά χαμηλότερο σε σχέση με τα οχήματα με κινητήρες εσωτερικής καύσεως. Οι ηλεκτροκινητήρες έχουν λιγότερα κινούμενα μέρη, δεν απαιτούνται ενέργειες όπως αλλαγή λαδιών, μπουζί ή αντιμετώπιση της σκουριάς καυσαερίων και έτσι υπάρχουν λιγότερες μηχανικές βλάβες και τριβές. Κατά συνέπεια δεν χρειάζονται

σέρβις ανά τακτά χρονικά διαστήματα, ούτε βέβαια συχνή αντικατάσταση κάποιων ανταλλακτικών [86].

γ) Χαμηλά επίπεδα ηχορύπανσης: Σε ένα όχημα με κινητήρα εσωτερικής καύσης, ο βασικός θόρυβος που ακούγεται είναι ο κινητήρας. Με λίγα λόγια, όταν η θερμική ενέργεια μετατρέπεται σε μηχανική προκειμένου να προωθήσει το αυτοκίνητο, οι κύλινδροι του κινητήρα παράγουν ήχους που εκπέμπονται μέσω της βαλβίδας εξαγωγής. Αντιθέτως ο ηλεκτροκινητήρας των ηλεκτρικών οχημάτων βασίζεται στον ηλεκτρομαγνητισμό, ο οποίος όμως δεν προκαλεί εκπομπές θορύβου. Τα ηλεκτρικά οχήματα σε ταχύτητες μέχρι 30 χλμ/ώρα είναι τόσο αθόρυβα που για να μειωθεί ο κίνδυνος ατυχημάτων για τους πεζούς, η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει θεσπίσει κανονισμό σύμφωνα με τον οποίο τα ηλεκτρικά οχήματα, οφείλουν να παράγουν θόρυβο τουλάχιστον 56 ντεσιμπέλ στις χαμηλές ταχύτητες (Εικονικός ήχος κινητήρα) [87].

δ) Φορολογικές ελαφρύνσεις: Στην Ελλάδα αλλά και στις περισσότερες Ευρωπαϊκές χώρες, οι χρήστες ηλεκτρικών οχημάτων έχουν φορολογικές ελαφρύνσεις, δωρεάν σταθμούς φόρτισης και ελεύθερη διέλευση διοδίων. Επίσης, όλα τα ηλεκτρικά οχήματα δεν πληρώνουν ετήσια τέλη κυκλοφορίας, με αποτέλεσμα να μειώνεται περισσότερο το ετήσιο κόστος του οχήματος [55].

ε) Μέσο αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας: Καταρχήν ο οδηγός εξοικονομεί χρόνο με την εγκατάσταση ενός οικιακού σταθμού φόρτισης, μιας και έτσι η φόρτιση μπορεί να ολοκληρωθεί κατά τη διάρκεια της νύχτας, κι έτσι δεν χρειάζεται να βιαστεί και να περιμένει στα παραδοσιακά πρατήρια καυσίμων προκειμένου να γεμίσει το δεξαμενή καυσίμων του οχήματός του [88]. Με την καινοτόμα τεχνολογία που ονομάζεται αμφίδρομη φόρτιση (Vehicle to Grid -V2G), τα ηλεκτρικά οχήματα έχουν την ικανότητα να χρησιμοποιηθούν ως μέσο αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας και στη συνέχεια να την παρέχουν στον δίκτυο ανάλογα με της ανάγκες που κατόχου του. Έτσι, οι μπαταρίες των ηλεκτρικών οχημάτων δεν αποθηκεύουν μόνο ενέργεια για κίνηση, αλλά μπορούν ταυτόχρονα να προσφέρουν την αποθηκευμένη ενέργεια σε άλλη εμπορική ή οικιακή εγκατάσταση ή ακόμα και να την επιστρέψουν πίσω στο δίκτυο, ενισχύοντας με την τρόπο αυτό την πράσινη ενέργεια [89].

στ) Βελτίωση της ποιότητας του αέρα: Επειδή τα ηλεκτρικά οχήματα δεν έχουν εξάτμιση και δεν εκπέμπουν ρύπους, βελτιώνεται κατά πολύ η ποιότητα του αέρα, ιδιαίτερα στις αστικές περιοχές όπου κυκλοφορούν πολλά οχήματα. [90]

ζ) Μείωση της ενεργειακής εξάρτησης: Με δεδομένο ότι κάποια στιγμή τα ορυκτά καύσιμα θα εξαντληθούν και με δεδομένη την συνεχή βελτίωση των τεχνολογιών των μπαταριών αλλά και την ανάπτυξη καινοτομιών που σχετίζονται με τη διαχείριση της ενέργειας, τα ηλεκτρικά οχήματα μοιάζουν ως μοναδική εφικτή λύση προς την κατεύθυνση της απεξάρτησης από τα ορυκτά καύσιμα και της βελτίωσης της ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Από την άλλη, έρευνα του Reuters έδειξε ότι για να θεωρηθεί ένα ηλεκτρικό αυτοκίνητο πιο οικολογικό από ένα συμβατικό, θα πρέπει να διανύσει τουλάχιστον 20.000 χιλιόμετρα ώστε να εξαλειφθεί το αρνητικό περιβαλλοντικό αποτύπωμα που προκύπτει από την κατασκευή του ή των μπαταριών του [91].

η) Ενίσχυση ασφάλειας:

Σύμφωνα με πρόσφατες έρευνες πολλά χαρακτηριστικά των ηλεκτρικών οχημάτων μπορούν να βελτιώσουν την ασφάλεια. Ένα από αυτά είναι το κέντρο βάρους τους. Οι μπαταρίες είναι καλά θωρακισμένες και βρίσκονται σε μια ιδιαίτερα άκαμπτη δομή στο πάτωμα του οχήματος. Επομένως, έχει θετική επίπτωση το γεγονός ότι το κέντρο βάρους των ηλεκτρικών αυτοκινήτων είναι εξαιρετικά χαμηλό μιας και έτσι μειώνεται η πολική αδράνεια. Το αποτέλεσμα είναι αυξημένη ευστάθεια στις περισσότερες των καταστάσεων και ευκολότερη οδική συμπεριφορά. Η ασφαλιστική εταιρία AutoinsuranceEZ έθιξε ένα άλλο μείζον θέμα ασφάλειας των ηλεκτρικών οχημάτων κι αυτό αφορά την πιθανότητα ανάφλεξης. Σύμφωνα λοιπόν με την έρευνα αυτή, η πιθανότητα να πιάσει φωτιά ένα ηλεκτρικό όχημα μετά από σύγκρουση είναι μόλις 0,03%, ενώ το αντίστοιχο ποσοστό για ένα συμβατικό αυτοκίνητο είναι 1,5% [92]

3.4.2. Μειονεκτήματα των ηλεκτρικών οχημάτων σε σύγκριση με τα συμβατικά οχήματα

Παρά τα πολλά πλεονεκτήματα της χρήσης ηλεκτρικών οχημάτων, υπάρχουν αντίστοιχα και σημαντικά μειονεκτήματα, που συνεχίζουν να αποτελούν αντικείμενο έρευνας προς επίλυση:

α) Υψηλή τιμή πώλησης: Λόγο των υψηλών δαπανών κατασκευής τους και ειδικότερα των μπαταριών τους, τα ηλεκτρικά οχήματα έχουν υψηλή τιμή πώλησης και αυτό έχει ως συνέπεια να μην είναι οικονομικά προσιτά από τους χρήστες. Στην Ελλάδα, οι τιμές πώλησης μικρών οικογενειακών αυτοκινήτων ξεκινούν από τις 25000 ευρώ (τιμές τέλους 2021), χωρίς να έχουν υπολογιστεί οι τυχόν κρατικές επιδοτήσεις [93]. Οι τιμές αυτές όμως είναι απαγορευτικές για την πλειοψηφία των Ελλήνων πολιτών αν ληφθεί υπόψη ότι το μέσο ετήσιο διαθέσιμο εισόδημα των νοικοκυριών στην Ελλάδα για το 2021 (εισοδήματα του 2020) εκτιμήθηκε στα 17.089 ευρώ [94]. Άλλο σημαντικό ζήτημα που προκύπτει είναι το κόστος αντικατάστασης των μπαταριών, οι οποίες διαρκούν μεταξύ 7 και 10 ετών ή μια απόσταση περίπου 200 χιλιάδων χιλιομέτρων [95].

β) Μικρότερη Αυτονομία: Τα ηλεκτρικά οχήματα έχουν συχνά σημαντικά μικρότερη αυτονομία σε σύγκριση με τα συμβατικά οχήματα. Παρά το γεγονός ότι υπάρχουν στην ηλεκτρικά οχήματα με αυτονομία 600 χιλιομέτρων, όπως το Tesla Model 3, αυτά τείνουν να έχουν υψηλό κόστος [95]. Αντιθέτως, η τυπική αυτονομία ενός συμβατικού αυτοκινήτου είναι περίπου 480 χιλιόμετρα, ενώ ενός προσιτά οικονομικού ηλεκτρικού αυτοκινήτου είναι κατά μέσο όρο 250 χιλιόμετρα. Επομένως, τα ηλεκτρικά οχήματα τείνουν να είναι πιο ακατάλληλα για μεγάλα ταξίδια παρά για σύντομα ή εντός πόλεων [88]. Αυτό προκύπτει εξαιτίας της πολύ χαμηλής σχέσης πυκνότητας ενέργειας των μπαταριών των ηλεκτρικών οχημάτων, άρα όσο αυξάνετε η ζήτηση ενέργειας αυξάνεται και ο όγκος και το βάρος των μπαταριών [96].

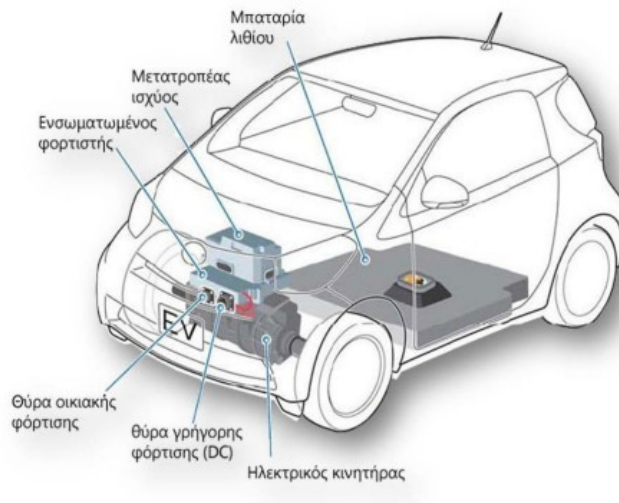
γ) Μεγάλος χρόνος επαναφόρτισης: Ο σημαντικός χρόνος επαναφόρτισης των συσσωρευτών παραμένει ένα σοβαρό πρόβλημα που έχουν τα ηλεκτρικά οχήματα, καθώς απαιτούνται 5 έως 7 ώρες σύνδεσης όταν η μπαταρία είναι άδεια, σε σύγκριση με τα 1-2 λεπτά που απαιτούνται για το πλήρες γέμισμα της δεξαμενής καυσίμων ενός συμβατικού αυτοκινήτου. Αυτός είναι κι ο λόγος που πολλοί οδηγοί χρήστες ηλεκτρικών οχημάτων προτιμούν να εγκαθιστούν οικιακούς σταθμούς φόρτισης, είτε σε γκαράζ είτε σε χώρους στάθμευσης. Έτσι τα ηλεκτρικά οχήματα έχουν ολονύκτια φόρτιση σε κατάσταση ηρεμίας, αν και το κόστος των οικιακών τιμολογίων παρόχων ηλεκτρικής ενέργειας παραμένει ιδιαίτερα υψηλό. Προκειμένου να επιλυθούν αυτά τα προβλήματα, όλες οι εταιρίες παραγωγής συσσωρευτών αλλά και φορτιστών ηλεκτρικών οχημάτων έχουν στραμμένο το βλέμμα τους τόσο στις νέες τεχνολογίες μπαταριών και φόρτισης, όσο και στους έξυπνους τρόπους διαχείρισης της συστοιχίας των συσσωρευτών [95].

δ) Ανεπάρκεια δημόσιων σταθμών φόρτισης & εξειδικευμένων συνεργείων: Οι σταθμοί φόρτισης αποτελούν άλλο υποδομή που είναι απαραίτητη για την απρόσκοπτη μετακίνηση των ηλεκτρικών αυτοκινήτων. Δυστυχώς στην Ελλάδα δεν είναι αρκετοί και ειδικότερα στο υπεραστικό οδικό δίκτυο, με αποτέλεσμα αυτό να δημιουργεί το αίσθημα της ανασφάλειας από τους καταναλωτές, και δεν υπάρχει το αίσθημα της εμπιστοσύνης για μεγάλες αποστάσεις. Επίσης, τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα όπως και κάθε μηχανή είναι πιθανό να χαλάσει. Σε μία τέτοια περίπτωση, δεν υπάρχει μεγάλη διαθεσιμότητα εξειδικευμένων συνεργείων, κι έτσι μια επισκευή μπορεί να έχει όχι μόνο υψηλό κόστος αλλά και σημαντικές καθυστερήσεις [95].

3.5. ΜΗΧΑΝΙΚΑ ΜΕΡΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ

3.5.1. Κοινά στοιχεία στα μηχανικά μέρη ηλεκτρικών και συμβατικών οχημάτων

Δεν παρατηρούνται μεγάλες διαφορές σχετικά με την δομή των ηλεκτρικών και των συμβατικών αυτοκινήτων, καθώς η πλειοψηφία των αυτοκινητοβιομηχανιών είτε ακολουθεί στα ηλεκτρικά αυτοκίνητα την ίδια σχεδίαση όπως στα συμβατικά είτε χρησιμοποιεί τη σχεδίαση συμβατικών και σε έκδοση ηλεκτρικών αυτοκινήτων. Υπάρχουν κάποιες εταιρείες βέβαια οι οποίες αποδίδουν στα ηλεκτροκίνητα μοντέλα έναν πιο φουτουριστικό και αεροδυναμικό σχεδιασμό έναντι των συμβατικών. Μάλιστα, ο αεροδυναμικός σχεδιασμός των ηλεκτροκινήτων, παίζει σημαντικό ρόλο στην αύξηση της αυτονομίας [98]. Τα βασικά στοιχεία των ηλεκτρικών αυτοκινήτων τα οποία είναι κοινά με αυτά των συμβατικών αυτοκινήτων είναι τα παρακάτω [99]:



Εικόνα 3.12: Το σύστημα κίνησης ενός σύγχρονου ηλεκτρικού αυτοκινήτου [97]

- 1) το αμάξωμα, στο οποίο περιλαμβάνονται όλα τα εξωτερικά μέρη του αυτοκινήτου όπως οι πόρτες, τα παράθυρα και η οροφή. Ανάλογα με τον τύπο του αμαξώματος, τα αυτοκίνητα διαχωρίζονται σε διάφορες κατηγορίες όπως κουπέ, σεντάν, λίφτπακ και στέϊσον βάγκον.
- 2) το πλαίσιο, στο οποίο έχουν τοποθετηθεί όλα τα μηχανικά μέρη του αυτοκινήτου, όπως ο κινητήρας και οι αναρτήσεις και γενικά όλο το αμάξωμα.
- 3) τα φρένα, τα οποία αποκαλούνται αλλιώς σύστημα πέδησης, αποτελούν απαραίτητο στοιχείο όλων των αυτοκινήτων καθώς και βασικός παράγοντας οδικής ασφάλειας. Η απόσταση ακινητοποίησης ενός αυτοκινήτου μπορεί να εξαρτάται από διάφορες παράγοντες, όπως το υλικό και ο τύπος των φρένων, η κατάσταση, η ποιότητα και η πίεση των ελαστικών, οι εξωτερικές συνθήκες περιβάλλοντος και η κατάσταση του οδοστρώματος αλλά και η αντοχή στην έντονη και συνεχή καταπόνηση.
- 4) η ανάρτηση, η οποία ορίζει την συμπεριφορά του αυτοκινήτου στο δρόμο και προσφέρει άνεση και ασφάλεια στους επιβαίνοντες όταν έχει ρυθμιστεί σωστά. Η ανάρτηση επιτρέπει στους τροχούς τις κατακόρυφες κινήσεις ώστε να ακολουθούν τα εμπόδια που συναντάνε στο δρόμο τους χωρίς να μεταβάλλεται η γεωμετρία τους ενώ επιπλέον εξασφαλίζει τη συνεχή επαφή των τροχών με το δρόμο, επιτρέποντας τους να στρίβουν.

5) το σύστημα διεύθυνσης, το οποίο μεταφέρει την εντολή που δίνει ο οδηγός από το τιμόνι στους τροχούς έτσι ώστε να επιτυγχάνεται η επιθυμητή πορεία. Η δύναμη που ασκεί ο οδηγός για να στρίψει το τιμόνι αλλά και η αίσθηση που φτάνει στα χέρια του εξαρτώνται καταρχήν από τον τύπο του μηχανισμού του συστήματος, όπως ο μηχανικός, ο υδραυλικός και ο ηλεκτρικός, αλλά και από άλλους παράγοντες, όπως η ρύθμιση στην ανάρτηση και η διάσταση των ελαστικών.

6) το σύστημα μετάδοσης κίνησης, το οποίο μεταφέρει την απαιτούμενη ενέργεια από τον κινητήρα στους τροχούς έτσι ώστε να κινηθεί το αυτοκίνητο. Περιλαμβάνει το κιβώτιο ταχυτήτων (αυτόματο ή χειροκίνητο), το συμπλέκτη (αν είναι χειροκίνητο), το διαφορικό σύστημα, τους άξονες των τροχών και τα ημιαξόνια [101].

3.5.2. Βασικές δομικές διαφορές μεταξύ ηλεκτρικών και συμβατικών οχημάτων

Οι βασικές διαφορές ανάμεσα στα ηλεκτρικά οχήματα και τα οχήματα με κινητήρα εσωτερικής καύσεως παρουσιάζονται κάτω από το αμάξωμα. Επισημαίνεται [102] ότι η διαφορετική δομή των ηλεκτρικών οχημάτων από τα συμβατικά οχήματα, έγκειται στο ότι η μπαταρία αντικαθιστά την δεξαμενή καυσίμων ενώ ο ηλεκτροκινητήρας αντικαθιστά την μηχανή εσωτερικής καύσης. Πιο συγκεκριμένα, τα ηλεκτρικά οχήματα αποτελούνται από (το σύστημα κίνησης απεικονίζεται στην Εικόνα 3.12):

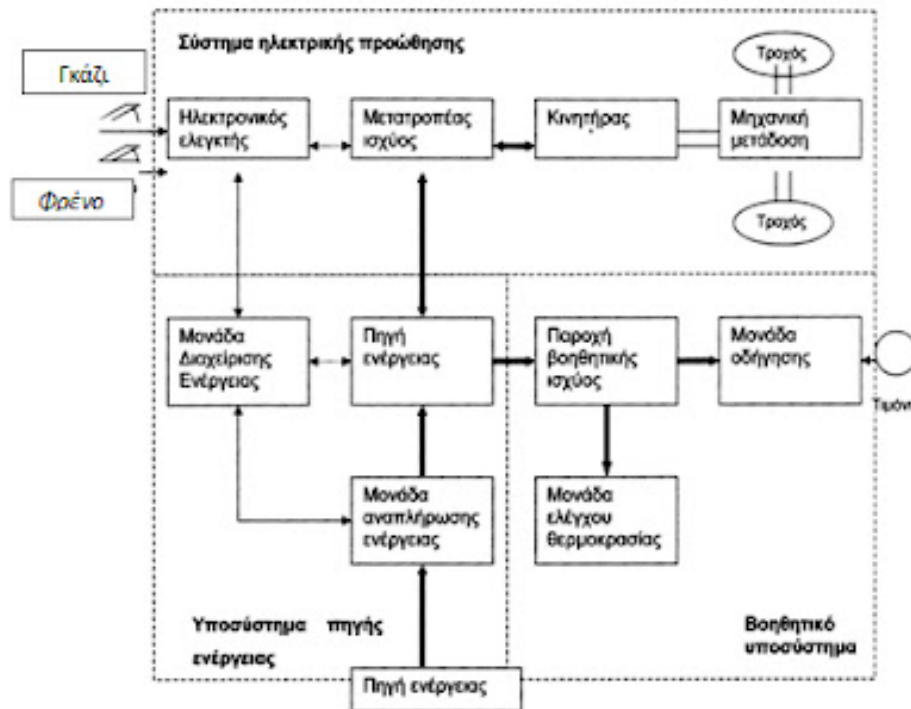
- 1) έναν ηλεκτροκινητήρα, ο οποίος είναι υπεύθυνος για την κίνηση του οχήματος, αφού μετατρέπει την ηλεκτρική ενέργεια σε μηχανική.
- 2) μία μπαταρία (συσσωρευτή), η οποία αποθηκεύει την ενέργεια από το δίκτυο, που χρειάζεται το όχημα για να κινηθεί και
- 3) έναν ηλεκτρονικό μετατροπέα ισχύος (ελεγκτής), ο οποίος ελέγχει και διαμορφώνει τη τάση σε κατάλληλα επίπεδα για την ομαλή τροφοδότηση του ηλεκτροκινητήρα
- 4) ένας ηλεκτρικός Ρευματολήπτης που είναι τοποθετημένος στην εξωτερική επιφάνεια του οχήματος και συνδέει την μπαταρία με το ηλεκτρικό δίκτυο διανομής ή την εξωτερική πηγή παροχής ηλεκτρικής ενέργειας. Επίσης υπάρχει μία ηλεκτρική διάταξη που μεσολαβεί μεταξύ του εξωτερικού ηλεκτρικού ακροδέκτη και της μπαταρίας που έχει ως σκοπό τον μετασχηματισμό των ηλεκτρικών χαρακτηριστικών της παρεχόμενης από την εξωτερική πηγή ηλεκτρικής ενέργειας ώστε αυτά να γίνουν κατάλληλα για τη φόρτιση, Στα συμβατικά οχήματα το αντίστοιχο εξάρτημα είναι το στόμιο πλήρωσης με καύσιμο [101]

Η διαδικασία λειτουργίας των ηλεκτρικών οχημάτων όχι μόνο δεν διαφέρει πολύ από αυτή ενός συμβατικού αλλά μάλιστα είναι πολύ πιο απλή. Ονομάζεται «σύστημα ηλεκτρικής προώθησης» και αποτελεί την καρδιά ενός ηλεκτρικού οχήματος. Το σχήμα 3.1 δείχνει το σύστημα ηλεκτρικής προώθησης όπου τα βέλη σε κάθε γραμμή δηλώνουν την κατεύθυνση της ροής της ηλεκτρικής ισχύος. Ο γενικός σχεδιασμός ενός ηλεκτρικού αυτοκινήτου έχει τρία βασικά υποσυστήματα:

- α) το υποσύστημα της ηλεκτρικής προώθησης – αποτελείται από τον ηλεκτρονικό ελεγκτή, τον μετατροπέα ισχύος, το σύστημα μετάδοσης και τους τροχούς
- β) το υποσύστημα της πηγής ενέργειας – αποτελείται από την πηγή ενέργειας, την μονάδα διαχείρισης ενέργειας και την μονάδα αναπλήρωσης ενέργειας.
- γ) το υποσύστημα των βοηθητικών συστημάτων – αποτελείται από την μονάδα οδήγησης, την μονάδα ελέγχου θερμοκρασίας και την μονάδα παροχής ηλεκτρικής ισχύος [100].

Το πρώτο βήμα για την λειτουργία ενός ηλεκτρικού οχήματος είναι η ενεργοποίηση της ηλεκτρονικής μονάδας ελέγχου με τα σχετικά όργανα πατώντας το σχετικό κουμπί ή χρησιμοποιώντας το έξυπνο κλειδί. Με την ενεργοποίηση του οχήματος, και καθώς ο οδηγός πατάει το πεντάλ επιτάχυνσης (γκάζι),

ο ηλεκτρονικός ελεγκτής λαμβάνει σήμα (δέχεται τα στοιχεία από το ποτενσιόμετρο) και ξεκινά να αντλεί ρεύμα και τάση από την μπαταρία. Στη συνέχεια τροφοδοτεί τον ηλεκτροκινητήρα, ο



Σχήμα 3.1: Σύστημα ηλεκτρικής προώθησης [100]

οποίος με τη σειρά του εφαρμόζει ροπή στους τροχούς, μετατρέποντας την ενέργεια σε μηχανική [101].

Καθ' όλη τη διάρκεια της πορείας του ηλεκτρικού οχήματος, ο ηλεκτρονικός ελεγκτής δέχεται σήματα ελέγχου από το γκάζι και το φρένο και μετά παρέχει τα κατάλληλα σήματα ελέγχου είτε για την ενεργοποίηση είτε για την απενεργοποίηση των κυκλωμάτων του μετατροπέα ισχύος ο οποίος ρυθμίζει τη ροή ισχύος από την μπαταρία στον κινητήρα και αντιστρόφως. Η μονάδα διαχείρισης ενέργειας συνεργάζεται με τον ηλεκτρονικό ελεγκτή για τον έλεγχο της αναγεννητικής πέδης και της αναπλήρωσης της ενέργειας που του παρέχει. Συνεργάζεται και ελέγχει τη ροή ενέργειας από την μονάδα αναπλήρωσης ενέργειας. Η μονάδα παροχής βοηθητικής ισχύος παρέχει την απαιτούμενη ισχύ σε διαφορετικά ύψη τάσης για όλες της βοηθητικές συσκευές του ηλεκτρικού οχήματος. Ο έλεγχος του κινητήρα μπορεί να παραδώσει μηδενική ισχύ στην περίπτωση που το αυτοκίνητο είναι σταματημένο, πλήρη ισχύ όταν ο οδηγός πατά το πεντάλ του γκαζιού ή σε οποιοδήποτε επίπεδο ισχύος στο ενδιάμεσό τους [100].

3.6. ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΙ ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ

Αποτελούν το πλέον βασικό συστατικό του συστήματος κίνησης του ηλεκτρικού αυτοκινήτου και όλα τα υπόλοιπα δομικά στοιχεία του ηλεκτρικού οχήματος προσαρμόζονται πάνω στα χαρακτηριστικά του ηλεκτρικού κινητήρα. Τόσο η κινητική ενέργεια που παρέχεται στους τροχούς του οχήματος όσο και η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας που αποθηκεύεται από τις μπαταρίες, βασίζονται στον ηλεκτρομαγνητισμό. Ο ηλεκτροκινητήρας πρόκειται για μια ηλεκτρομαγνητική συσκευή λειτουργεί ως μαγνήτης αλλά ταυτόχρονα η μαγνητική δύναμη προκύπτει και ελέγχεται από τον ηλεκτρισμό. Η αρχή λειτουργίας του ηλεκτροκινητήρα βασίζεται στην ύπαρξη της δύναμη Lorenz, η οποία δημιουργεί δυνάμεις μεταξύ αγωγών που διαρρέονται από ρεύμα. Στις περισσότερες μηχανές οι αγωγοί είναι σε

κυκλική μορφή και όταν τροφοδοτούνται με ρεύμα δημιουργείται περιστροφική κίνηση, η οποία είναι εκμεταλλεύσιμη ανάλογα με τον σκοπό της εκάστοτε εφαρμογής.

Στην αυτοκινητοβιομηχανία υπάρχουν τόσο ηλεκτροκινητήρες Συνεχούς Ρεύματος (DC) όσο και Εναλλασσόμενου Ρεύματος (AC), με τις απόψεις των κατασκευαστών να δίστανται σχετικά με το καταλληλότερο είδος κινητήρα. Αν και αρχικά οι ηλεκτροκινητήρες Συνεχούς Ρεύματος ήταν οι πρώτοι κινητήρες που χρησιμοποιήθηκαν στην ηλεκτρικά οχήματα εξαιτίας της αδυναμίας μετατροπής του Συνεχούς Ρεύματος της μπαταρίας σε Εναλλασσόμενο, στη σημερινή εποχή τα ηλεκτρικά ισχύος επιτρέπουν μία τέτοια μετατροπή. Έτσι λοιπόν, οι ηλεκτροκινητήρες συνεχούς ρεύματος έχουν ως πλεονέκτημα την εύκολη ρύθμιση της ταχύτητας καθώς και της σταθερής ροπής και ισχύος για ένα μεγάλο εύρος ταχυτήτων. Μειονεκτούν όμως στο γεγονός ότι χρειάζονται τακτική συντήρηση και καλύτερη ψύξη λόγω του συλλέκτη, έχουν μεγάλο βάρος και όγκο και αυξημένο κόστος. Αντιθέτως, οι ηλεκτροκινητήρες Εναλλασσόμενου Ρεύματος έχουν συγκριτικά όχι μόνο μεγαλύτερη απόδοση σε σχέση με τους κινητήρες Συνεχούς, αλλά παρουσιάζουν επιπλέον και καλύτερη προσαρμογή με το σύστημα μετάδοσης κίνησης [103].

Οι βιομηχανίες ηλεκτρικών οχημάτων έχουν θέσει μία σειρά από κριτήρια τα οποία οφείλουν οι ηλεκτροκινητήρες να τηρούν. Αυτά είναι: η ευρεία περιοχή ταχυτήτων λειτουργίας υπό σταθερή ισχύ, η υψηλή ροπή, η υψηλή απόδοση, η υψηλή πυκνότητα ισχύος, το χαμηλό κόστος, το μικρό βάρος, η μεγάλη διάρκεια ζωής με την ελάχιστη δυνατή ανάγκη για συντήρηση και η αξιοπιστία. Εφόσον ικανοποιούνται οι ανωτέρω απαιτήσεις είναι στην ευχέρεια του εκάστοτε κατασκευαστή ποιο είδος κινητήρα θα επιλέξει. Τα είδη που έχουν επικρατήσει κατά κύριο λόγο στην αγορά των ηλεκτρικών αυτοκινήτων είναι τα εξής [104]:

ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ ΣΥΝΕΧΟΥΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ	ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ ΕΝΑΛΛΑΣΣΟΜΕΝΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ
1. Ξένης διέγερσης	1. Σύγχρονοι τριφασικοί ή μόνιμου μαγνήτη
2. Διέγερσης σειράς	2. Ασύγχρονοι τριφασικοί ή επαγωγικοί
3. Παράλληλης διέγερσης	3. Κινητήρες με συλλέκτη
4. Σύνθετης διέγερσης	

Πίνακας 3.1: Είδη ηλεκτροκινητήρων [104]



Εικόνα 3.13: Ηλεκτροκινητήρας TESLA S & Είδη ηλεκτροκινητήρων [104, 105]

3.7. ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΑ ΙΣΧΥΟΣ

Ο ρόλος των ηλεκτρονικών ισχύος στα ηλεκτρικά οχήματα, τα οποία τοποθετούνται μεταξύ του ηλεκτροκινητήρα και των μπαταριών, είναι να μετασχηματίζουν την ισχύ εισόδου που προέρχεται από τις μπαταρίες σε τάση και ρεύμα με το επιθυμητό πλάτος και μορφή. Υπάρχουν τρία είδη ηλεκτρονικών ισχύος, και το ποιο από αυτά θα χρησιμοποιηθεί εξαρτάται τόσο από το είδος της μηχανής όσο και της μπαταρίας [101, 105]:

A) Αντιστροφέας (Inverter)

Πρόκειται για μία ηλεκτρική συσκευή που δέχεται Συνεχές Ρεύμα (DC) και το μετασχηματίζει σε Εναλλασσόμενο Ρεύμα (AC). Στα ηλεκτρικά οχήματα το Συνεχές Ρεύμα προέρχεται από την μπαταρία και δίδεται στην πρωτεύον περιέλιξη του μετασχηματιστή εντός του περιβλήματος του μετατροπέα. Στο σημείο εκείνο υπάρχει ένας ηλεκτρονικός διακόπτης, αποτελούμενος από ένα σύνολο ημιαγωγών, μέσω του οποίου υπάρχει συνεχής ροή ρεύματος η οποία ανά τακτά χρονικά διαστήματα αναστρέφεται και ρέει προς τα πίσω. Έτσι δημιουργείται το Εναλλασσόμενο Ρεύμα στο κύκλωμα του δευτερεύοντος τυλίγματος.



Εικόνα 3.14: Αντιστροφέας (Inverter) Toyota Prius [106]

B) Μετατροπέας (Converter)

Πρόκειται για μία ηλεκτρική συσκευή που παίρνει τη συνεχή τάση των μπαταριών και τη μετατρέπει σε κατάλληλη μορφή για την τροφοδότηση του κινητήρα. Μια επιπλέον σημαντική διεργασία που πραγματοποιεί ένας μετατροπέας είναι ο έλεγχος όχι μόνο της ροπής αλλά και των στροφών του κινητήρα. Η επιλογή του μετατροπέα που θα χρησιμοποιηθεί σε ένα ηλεκτρικό όχημα εξαρτάται καθαρά από τον ηλεκτρικό κινητήρα ο οποίος χρησιμοποιείται. Επομένως, έχει την ικανότητα να δέχεται σαν είσοδο είτε Συνεχές Ρεύμα είτε Εναλλασσόμενο Ρεύμα και να του αλλάζει την τάση στην έξοδο. Με βάση τη λειτουργία τους διαχωρίζονται σε:

α) ανυψωτές τάσης οι οποίοι αυξάνουν την τάση στην έξοδο.

β) υποβιβαστές τάσης οι οποίοι μειώνουν την τάση στην έξοδο

Στα ηλεκτρικά οχήματα οι ανυψωτές τάσης απαντώνται περισσότερο μιας και ο ηλεκτροκινητήρας τους χρειάζεται υψηλότερη τάση για να λειτουργήσει από αυτή που εξέρχεται από την μπαταρία.



Εικόνα 3.15: Μετατροπέας (Inverter) AC-DC/DC-DC [107]

Γ) Συνδυασμένος Αντιστροφέας / Μετατροπέας (Combined Inverter / Converter). Στα ηλεκτρικά οχήματα τα οποία εφαρμόζουν το σύστημα της αναγεννητικής πέδησης προκειμένου να επαναφορτίσουν την μπαταρία τους, χρησιμοποιείται συχνά ο συνδυασμένος αντιστροφέας / μετατροπέας. Λειτουργεί μαζί με έναν ενσωματωμένο ρυθμιστή φορτίου καθώς και με ένα σύστημα ψύξης, ανεξάρτητο από το σύστημα ψύξης της μηχανής, λόγω των υψηλών θερμοκρασιών που αναπτύσσονται από τους ημιαγωγούς. Η κύρια χρήση του είναι να παρέχει ηλεκτρικό φορτίο στην κατάλληλη τάση για την επαναφόρτιση της μπαταρίας αλλά και να παρέχει ηλεκτρικό φορτίο στον κινητήρα στην κατάλληλη τάση λειτουργίας του. Το βασικό πλεονέκτημά του έναντι των μεμονωμένων συσκευών αντιστροφέα και μετατροπέα είναι ότι παρέχει μέγιστη ευελιξία συσκευασίας και εξοικονόμηση χώρου μετακινώντας τη μονάδα DC/DC από την τυπική της θέση στο πίσω μέρος στο μπροστινό μέρος του οχήματος. Επίσης, επιτρέπει καλύτερο εύρος ισχύος και ελαχιστοποιεί τις απώλειες ισχύος μέσω της εξάλειψης των καλωδίων, των εύκαμπτων σωλήνων ψύξης, των συνδέσεων και των περιβλημάτων, ενώ όλα αυτά απλοποιούν τη συντήρηση και την επισκευή.



Εικόνα 3.16: Συνδυασμένος Αντιστροφέας / Μετατροπέας [108]

3.8. ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Στο τρίτο κεφάλαιο της εργασίας έγινε μια ιστορική αναδρομή στα ηλεκτρικά οχήματα ενώ μετά παρουσιάστηκαν τα είδη των ηλεκτρικών οχημάτων. Στη συνέχεια, παρατέθηκαν τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα της χρήσης των ηλεκτρικών οχημάτων καθώς και μία συνοπτική ανάλυση της αγοράς των ηλεκτρικών αυτοκινήτων. Κατόπιν, έγινε περιγραφή των μηχανικών μερών των ηλεκτρικών οχημάτων αλλά και των ηλεκτροκινητήρων τους. Τέλος, το θέμα της ηλεκτροκίνησης, αναφέροντας τον ορισμό και τα αρχικά της βήματα, τον ορισμό των Ηλεκτρικών Οχημάτων σύμφωνα με την Ελληνική νομοθεσία καθώς και γενικά στοιχεία για την ηλεκτροκίνηση στα μέσα σταθερής τροχιάς και στα βιομηχανικά οχήματα. Τέλος, πραγματοποιήθηκε μία αναφορά στα ηλεκτρονικά ισχύος και εξηγήθηκε η συσχέτιση τους με τα ηλεκτρικά οχήματα.

Κεφάλαιο 4 Μπαταρίες Ηλεκτρικών Οχημάτων

4.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σε αυτό το κεφάλαιο γίνεται μία αναλυτική παρουσίαση των συσσωρευτών ή αλλιώς των μπαταριών, που αποτελούν ένα από τα βασικότερα στοιχεία ενός ηλεκτρικού οχήματος. Καταρχήν, παρατίθεται ο ορισμός της μπαταρίας και ακολουθεί η ανάλυση των μερών της μπαταρίας, όπως και η διαδικασία φόρτισης και εκφόρτισής της. Στη συνέχεια, αναφέρονται οι βασικοί παράμετροι και τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά των μπαταριών ηλεκτρικών οχημάτων. Τέλος, περιγράφονται τόσο το σύστημα διαχείρισης μπαταριών όσο και οι πιο σημαντικοί τύποι μπαταριών.

4.2. ΟΡΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΜΠΑΤΑΡΙΩΝ

4.2.1. Ορισμός της Μπαταρίας

Ως πηγές ενέργειας στα ηλεκτρικά αυτοκίνητα θεωρούνται εκείνες οι συσκευές που αποθηκεύουν ενέργεια, παρέχουν ενέργεια όταν εκφορτίζονται και δέχονται ενέργεια από εξωτερική πηγή όταν φορτίζονται [108]. Οι μπαταρίες έλξης (traction batteries), όπως ονομάζονται στο χώρο του ηλεκτρικού αυτοκινήτου, ή οι ηλεκτρικοί συσσωρευτές ή απλά μπαταρίες ορίζονται ως οι συσκευές οι οποίες παίρνουν την ηλεκτρική ενέργεια και την αποθηκεύουν αφού πρώτα την μετατρέψουν σε χημική ενέργεια ενώ για την αποδέσμευση ακολουθούν την αντίστροφη διαδικασία [109].

4.2.2. Μέρη της Μπαταρίας

Οι μπαταρίες αποτελούνται από ένα πλήθος μικρότερων ηλεκτρικών μονάδων, τα οποία αποκαλούνται κελιά (cells) ή στοιχεία. Στο κάθε κελί περιλαμβάνονται δύο αγώγιμα υλικά, τα οποία ονομάζονται «άνοδος ή θετικό ηλεκτρόδιο», και «κάθοδος ή αρνητικό ηλεκτρόδιο», καθώς επίσης ένας ηλεκτρολύτης κι ένας μονωτής ή διαχωριστικό [109].

Οι ιδιότητες των παραπάνω μερών είναι οι ακόλουθες:

Α) Η Άνοδος ή αρνητικό ηλεκτρόδιο είναι αγώγιμο υλικό το οποίο οξειδώνεται κατά την εκφόρτιση καθώς απελευθερώνει ηλεκτρόνια στο εξωτερικό κύκλωμα. Η διαδικασία αυτή αποκαλείται «οξείδωση».

Β) Η Κάθοδος ή θετικό ηλεκτρόδιο είναι αγώγιμο υλικό το οποίο κατά την εκφόρτιση συγκεντρώνει τα ηλεκτρόνια από το εξωτερικό κύκλωμα. Η διαδικασία αυτή αποκαλείται «αναγωγή».

Γ) Ο Ηλεκτρολύτης είναι το υλικό που διαχωρίζει την άνοδο από την κάθοδο και χρησιμεύει ως μεταφορικό μέσο ιόντων μεταξύ των ηλεκτροδίων μέσα σε ένα κελί. Ο κάθε κατασκευαστής ανάλογα με το που δίνει μεγαλύτερη σημασία χρησιμοποιεί και διαφορετικό υλικό για τον ηλεκτρολύτη.

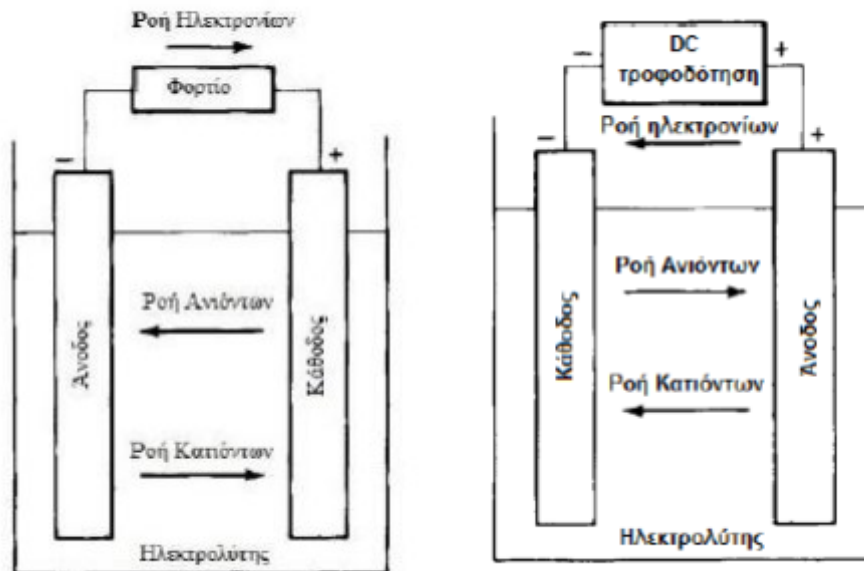
Δ) Ο Μονωτής ή διαχωριστικό διαχωρίζει και αποτρέπει από το να έρθουν τα ηλεκτρόδια σε επαφή μεταξύ τους προκειμένου να αποφεύγονται βραχυκυκλώματα [109].

4.2.3. Φόρτιση – Εκφόρτιση Μπαταρίας

Κατά τη διαδικασία της εκφόρτισης ενός κελιού μπαταρίας, κι όταν το εξωτερικό φορτίο είναι συνδεδεμένο με το ηλεκτροχημικό στοιχείο, τα ηλεκτρόνια ρέουν μέσα από το εξωτερικό φορτίο από την άνοδο που οξειδώνεται με κατεύθυνση προς την κάθοδο, η οποία δέχεται και τα ηλεκτρόνια. Προκειμένου να ολοκληρωθεί το ηλεκτρικό κύκλωμα χρησιμοποιείται ο ηλεκτρολύτης και η ροή των ανιόντων και των κατιόντων προς την άνοδο και την κάθοδο αντίστοιχα.

Κατά τη διαδικασία φόρτισης ενός κελιού, η ροή του ρεύματος αντιστρέφεται και η οξείδωση πραγματοποιείται στο θετικό ηλεκτρόδιο, δηλαδή στην άνοδο και τελικά αυτό που ανάγεται είναι το

αρνητικό ηλεκτρόδιο, δηλαδή η κάθοδος. Εφόσον η άνοδος είναι το ηλεκτρόδιο στο οποίο γίνεται η αναγωγή, το θετικό ηλεκτρόδιο τώρα είναι η άνοδος και το αρνητικό είναι η κάθοδος. Οι δύο διαφορετικές διαδικασίες εκφόρτισης και φόρτισης απεικονίζονται σχηματικά στο σχήμα 4.1 [110].



Σχήμα 4.1 Εκφόρτιση (αριστερά) και φόρτιση (δεξιά) μίας μπαταρίας [110]

4.2.4. Βασικοί παράμετροι των Μπαταριών

Οι βασικές παράμετροι που χαρακτηρίζουν την ποιότητα μιας μπαταρίας αναφέρονται συνοπτικά παρακάτω:

Κατάσταση φόρτισης (State of Charge)

Η κατάσταση (SoC) είναι το ποσοστό (%) της τρέχουσας χωρητικότητας της μπαταρίας σε σχέση με τη μέγιστη. Με άλλα λόγια, πρόκειται για την ποσότητα φορτίου που απομένει μετά την εκφόρτιση από την πλήρη φόρτιση.

Βάθος εκφόρτισης (Depth of Discharge)

Το βάθος εκφόρτισης (DoD) είναι το ποσοστό (%) της χωρητικότητας της μπαταρίας που έχει εκφορτιστεί κατά τη χρήση της. Επίσης, η «βαθιά εκφόρτιση» υποδηλώνει εκφόρτιση ενός συσσωρευτή σε ποσοστό μεγαλύτερο από 80%.

Χωρητικότητα (Capacity)

Πρόκειται για το ηλεκτρικό φορτίο που μπορεί να παρέχει μια μπαταρία και εκφράζεται σε Ah (το φορτίο που μεταφέρεται από ρεύμα έντασης 1 Ampere σε 1 ώρα (h)).

Τάση Ρευματοληπτών (Terminal voltage) - Τάση ανοικτού κυκλώματος (Open circuit voltage)

Πρόκειται για την τάση που βρίσκεται στα άκρα της μπαταρίας όταν εφαρμοστεί φορτίο. Αντιθέτως, η τάση ανοικτού κυκλώματος αναφέρεται στην τάση στα άκρα της μπαταρίας όταν δεν εφαρμόζεται φορτίο.

Εσωτερική αντίσταση (Internal resistance)

Η εσωτερική αντίσταση σχετίζεται με την ικανότητα της μπαταρίας να ανταποκριθεί σε συγκεκριμένο φορτίο. Επειδή εξαρτάται από τη στάθμη φόρτισης, η εσωτερική αντίσταση είναι διαφορετική ανάλογα τη χρήση (φόρτιση, αποφόρτιση), ενώ όσο αυξάνεται μειώνεται η αποτελεσματικότητα της μπαταρίας.

Ειδική ενέργεια (Specific energy)

Ως ειδική ενέργεια μιας μπαταρίας ορίζεται η ενεργειακή χωρητικότητα ανά μονάδα βάρους της μπαταρίας (Wh/kg).

Ειδική ισχύς (Specific power)

Η ειδική ισχύς (W/kg) ορίζεται ως η μέγιστη διαθέσιμη ισχύς που μπορεί να παραχθεί ανά μονάδα μάζας της μπαταρίας σε ένα μικρό χρονικό διάστημα. Η ειδική ισχύς μιας μπαταρίας εξαρτάται κυρίως από την εσωτερική αντίσταση της μπαταρίας.

Ενεργειακή πυκνότητα (Energy density)

Η ενεργειακή πυκνότητα (Wh/L) είναι η αποθηκευμένη ενέργεια ανά μονάδα όγκου της μπαταρίας

Πυκνότητα ισχύος (Power density)

Η πυκνότητα ισχύος είναι η μέγιστη ισχύς που αποδίδει η μπαταρία ανά μονάδα όγκου και εκφράζεται σε W/L

Τάσεις κελιών και μπαταρίας

Πρόκειται για την διαφορά δυναμικού που αναπτύσσεται ανάμεσα στις θετικές και τις αρνητικές πλάκες μέσα στον ηλεκτρολύτη. Εξαρτάται από τα υλικά των πλακών, τον ηλεκτρολύτη και τη συγκέντρωσή του. Η τάση του κελιού ή στοιχείου δεν παραμένει πάντα σταθερή αλλά εξαρτάται από την κατάσταση φόρτισης και τη θερμοκρασία του ηλεκτρολύτη. Η ονομαστική τάση ενός κελιού έχει οριστεί στα 2V. Η ονομαστική τάση της μπαταρίας είναι η τάση που προκύπτει από τον πολλαπλασιασμό της ονομαστικής τάσης ενός κελιού με τον αριθμό των κελιών που απαρτίζουν το σύνολο της μπαταρίας. Οι τάσεις των μπαταριών YT στα μεν ηλεκτρικά οχήματα κυμαίνονται από 100V μέχρι 600V ενώ στα υβριδικά ηλεκτρικά οχήματα κυμαίνεται από 200V περίπου μέχρι 350V περίπου.

Ενεργειακή απόδοση

Οι απώλειες ενέργειας και ισχύος κατά την φόρτιση ή την εκφόρτιση εμφανίζονται με τη μορφή απώλειας τάσης. Η απόδοση της μπαταρίας κατά τη φόρτιση ή την εκφόρτιση ορίζεται ως ο λόγος της τάσης λειτουργίας του κελιού προς τη θερμοδυναμική τάση που ορίζεται η τάση ανοιχτού κυκλώματος του στοιχείου μιας μπαταρίας σε θερμοκρασία 25°C και πίεση 1 atm. Η τάση των πόλων, ως συνάρτηση του ρεύματος και της ενέργειας που αποθηκεύεται στη μπαταρία ή την κατάσταση φόρτισης, είναι χαμηλότερη στην εκφόρτιση και υψηλότερη στη φόρτιση από το ηλεκτρικό δυναμικό που αναπτύσσεται από μια χημική αντίδραση [111]

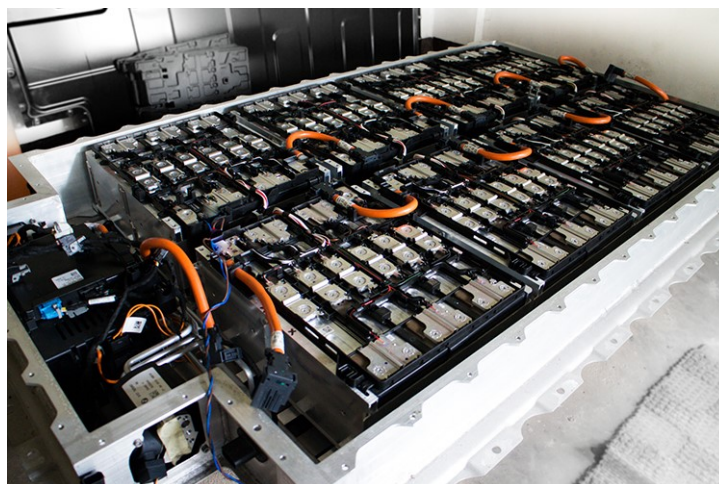
4.2.5. Ιδιαίτερα Χαρακτηριστικά Μπαταριών Ηλεκτρικών Οχημάτων

Προκειμένου να λειτουργήσουν τα ηλεκτρικά οχήματα, απαιτείται μια τεράστια ποσότητα ενέργειας που μπορεί να είναι ακόμα και 1000 φορές ισχυρότερη από εκείνη που θα χρειαζόνταν τα smartphones. Για αυτό τον λόγο λοιπόν τα ηλεκτρικά οχήματα χρειάζονται από δεκάδες έως και χιλιάδες κελιά μπαταρίας. Η σύνθεση μιας μπαταρίας ηλεκτρικού οχήματος μπορεί να διαφέρει ελαφρώς ανάλογα με τους τύπους των ηλεκτρικών οχημάτων. Σε κάθε περίπτωση όμως οι μπαταρίες ηλεκτρικών οχημάτων αποτελούνται από κελιά ή στοιχεία, μονάδες και μια συστοιχία (Εικόνα 4.1).



Εικόνα 4.1 Κελιά (αριστερά), Μονάδες (κέντρο) και Συστοιχίες (δεξιά) μπαταριών [111]

Στην πραγματικότητα, προκειμένου να υπάρχει ασφαλή και αποτελεσματική διαχείριση των αμέτρητων κελιών της μπαταρίας που τοποθετούνται σε ένα ηλεκτρικό όχημα, τα κελιά ή στοιχεία εγκαθίστανται σε μορφές μονάδων και συστοιχιών. Ένα σύμπλεγμα κελιών αποτελούν μια μονάδα και ένα σύμπλεγμα μονάδων συνθέτουν μια συστοιχία. Σε ένα ηλεκτρικό όχημα όμως εγκαθίσταται μια συστοιχία. Στην εικόνα 4.2 απεικονίζεται η μπαταρία της BMW i3. Πρόκειται για μία συστοιχία, στην οποία έχουν εγκατασταθεί συνολικά 8 μονάδες και 96 συνολικά κελιά μπαταρίας.



Εικόνα 4.2: Η μπαταρία της BMW i3 [112]

Τα κελιά ή στοιχεία, που συνιστούν τη βάση μιας μπαταρίας, είναι τοποθετημένα σε μία ορθογώνια θήκη αλουμινίου. Πρέπει να έχουν υψηλή χωρητικότητα ή «υψηλή ενεργειακή πυκνότητα», έτσι ώστε να δίνουν τη μέγιστη απόδοση σε μια περιορισμένη περιοχή μέσα σε ένα ηλεκτρικό όχημα. Η βιομηχανία μπαταριών κινείται προς την κατεύθυνση της ανάπτυξης κελιών που εστιάζει στην εξασφάλιση της ασφάλειας ενισχύοντας την ενεργειακή πυκνότητα. Επιπλέον, τα κελιά των ηλεκτρικών οχημάτων πρέπει να έχουν πολύ μεγαλύτερη διάρκεια ζωής αν συγκριθούν με τις μπαταρίες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε άλλες κινητές συσκευές. Άλλη ιδιαιτερότητα των κελιών αυτών είναι ότι πρέπει να αντέχουν τους κραδασμούς που μεταδίδονται κατά τη διάρκεια της κίνησης και επίσης να έχουν υψηλή αξιοπιστία, σταθερότητα και ικανότητα στο να αντέχουν τις υψηλές και χαμηλές θερμοκρασίες. Μονάδα αποκαλείται το σύνολο των κελιών τα οποία τοποθετούνται σε ένα πλαίσιο προκειμένου να προστατευτούν καλύτερα από την θερμότητα και τις δονήσεις. Τέλος, η συστοιχία αποτελείται από μονάδες που έρχονται μαζί με ένα Σύστημα Διαχείρισης Μπαταριών (BMS) καθώς και μια συσκευή ψύξης που κύριο μέλημα έχουν τον έλεγχο και την διαχείριση της θερμοκρασίας και της

τάσης της μπαταρίας. Η συστοιχία αποτελεί το τελικό σχήμα του συστήματος μπαταριών που είναι εγκατεστημένο σε ένα ηλεκτρικό όχημα [112].

Σε ένα ηλεκτρικό αυτοκίνητο υπάρχει μία συστοιχία μπαταριών που αποτελείται κατά βάση από 4 έως 40 μονάδες, που είναι συνδεδεμένες σε σειρά μεταξύ τους. Πρόκειται για μπαταρίες μεγάλου μεγέθους που κατασκευάζονται προκειμένου να καλύπτουν όλα τα συστήματα του οχήματος, όπως ο κινητήρας έλξης και τα διάφορα αξεσουάρ. Αν και ο πιο γνωστός τύπος θεωρούνται οι μπαταρίες μολύβδου-οξέος με μόνο 6 κυψέλες, οι σύγχρονες μπαταρίες ηλεκτρικών αυτοκινήτων προσφέρουν μεταξύ 20 και 130 kWh ενέργειας έχοντας τη δυνατότητα να χρησιμοποιήσουν το 90 – 95% αυτής της ενέργειας.

Τα ηλεκτρικά οχήματα χρειάζονται εκτός από μπαταρίες υψηλής ενέργειας και ισχύος, μπαταρίες που έχουν δυνατότητα συχνής πλήρους φόρτισης και εκφόρτισης. Αυτή η απαίτηση ονομάζεται βαθιά εκφόρτιση (deep cycling) και όσες μπαταρίες έχουν αυτό το χαρακτηριστικό ονομάζονται μπαταρίες βαθιάς εκφόρτισης. Αυτές οι μπαταρίες έχουν μεν την τάση να έχουν μικρότερη στιγμιαία ισχύ σε σχέση τις μπαταρίες εκκίνησης, μπορούν δε να προσδώσουν ηλεκτρική ενέργεια για πιο μεγάλα χρονικά διαστήματα καθώς και να υποστούν πιο πολλές βαθιές εκφορτίσεις. Τα ηλεκτροκίνητα οχήματα τυπικά απαιτούν τάση 100-600V. Οι μπαταρίες μπορεί να σχηματίζουν συστοιχίες μονάδων των 6V ή 12V συνδεδεμένων σε σειρά. Αν ο ηλεκτροκίνητος απαιτεί τάση 240V, το όχημα χρειάζεται 40 μπαταρίες των 6V ή 20 των 12V

Στόχος πάντως των εταιρειών κατασκευής μπαταριών τα τελευταία χρόνια είναι η παραγωγή μπαταριών με μικρότερο κόστος και βελτίωση των κυριότερων βασικών χαρακτηριστικών τους, όπως η διάρκεια ζωής και η χωρητικότητα τους [101]

4.2.6. Σύστημα Διαχείρισης Μπαταριών (BMS)

Το Σύστημα Διαχείρισης Μπαταριών (Battery Management System - BMS) είναι ο εγκέφαλος ο οποίος ελέγχει όλες τις λειτουργίες της μπαταρίας. Γίνεται η αξιολόγηση της μπαταρίας σε σχέση με τον εξοπλισμό ή τον φορτιστή, και επίσης επιτρέπεται η ροή ενέργεια μόνο όταν είναι σωστά συνδεδεμένη και όταν πληρούνται οι περιβαλλοντικές συνθήκες και οι παράμετροι φόρτισης/εκφόρτισης.



Εικόνα 4.3: Σύστημα Διαχείρισης Μπαταριών (BMS) [114]

Σε κάθε μονάδα υπάρχει ένα θερμίστορ το οποίο παρακολουθεί συνεχώς τη θερμοκρασία των μεμονωμένων στοιχείων και έτσι μέσω του Συστήματος Διαχείρισης Μπαταριών θα αποτραπεί τυχόν υπέρβαση των ασφαλών ορίων τόσο για τη φόρτιση όσο και την εκφόρτιση της μπαταρίας. Τέτοιες καταστάσεις μπορεί να είναι το υπερβολικό ρεύμα, η υπερβολική τάση κατά τη φόρτιση, η χαμηλή τάση κατά τη διάρκεια της εκφόρτισης, η υπερθέρμανση, ή υποψύξη και η υπερβολική πίεση. Άρα, οι όποιες ανωμαλίες παρουσιαστούν θα προσαρμοστούν αυτόματα από το Σύστημα Διαχείρισης Μπαταριών αυτόματα και κατά συνέπεια θα διατηρηθεί η βέλτιστη απόδοση της μπαταρίας του ηλεκτρικού

οχήματος, απαλλάσσοντας τους οδηγούς από το να ανησυχούν και να παρακολουθούν χειροκίνητα τέτοια φαινόμενα [113].

4.3. ΤΥΠΟΙ ΜΠΑΤΑΡΙΩΝ

4.3.1 Αναγκαιότητα ύπαρξης διαφορετικών τύπων μπαταριών.

Τα πρώτα ηλεκτρικά οχήματα χρησιμοποιούσαν μπαταρίες μολύβδου-οξέος, διότι δεν υπήρχε εναλλακτική λύση. Στο εγγύς μέλλον μάλιστα, οι μπαταρίες μολύβδου-οξέος θα εξακολουθούν να έχουν ευρεία χρήση εξαιτίας των πολλών προτερημάτων τους. Παρόλα αυτά, μακροπρόθεσμα φαίνεται ότι οι μπαταρίες που έχουν ως βάση το κάδμιο αλλά και το λίθιο αναμένεται να κυριαρχήσουν στο χώρο των μπαταριών ηλεκτρικών οχημάτων.

Το μείγμα των διαφόρων υλικών που χρησιμοποιούνται στη δομή μίας μπαταρίας καλείται και ως η «χημεία» του κελιού ή του στοιχείου. Οι διαφορετικές χημείες μεταξύ των κελιών ορίζουν όχι μόνο την ουσία αλλά και την καταλληλότητα μιας μπαταρίας για μία συγκεκριμένη εφαρμογή. Σημαντικό ρόλο παίζει η δομή ή κέλυφος μίας μπαταρίας επηρεάζοντας σε σημαντικό βαθμό παραμέτρους απόδοσης όπως το κόστος, η διάρκεια ζωής, η στιβαρότητα και η ασφάλεια. Επίσης, η δομή προσαρμόζει την μπαταρία στις ιδιαίτερες ανάγκες κάποιας εφαρμογής όπως η αντοχή, η στεγανότητα, η παρακολούθηση φόρτισης και θερμοκρασίας, οι διαστάσεις, καθώς και η συνολική διαχείριση της. Η κατασκευή των μπαταριών δεν γίνεται με το ίδιο τρόπο ακόμα και στην περίπτωση που οι μπαταρίες βασίζονται σε παρόμοια χημικά υλικά.

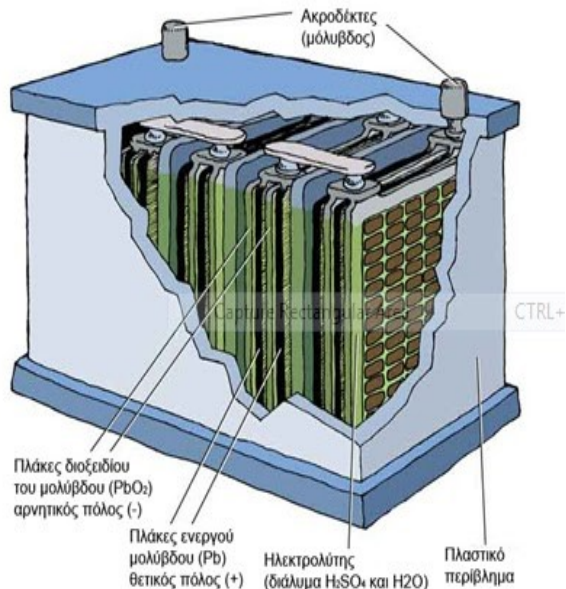
Επομένως, στη σημερινή εποχή δεν κατασκευάζονται όλες οι μπαταρίες με τον ίδιο τρόπο, ακόμη και στην περίπτωση που μπορεί να βασίζονται σε παρόμοια υλικά, από χημική άποψη. Το κύριο ενδιαφέρον, σήμερα, στην ανάπτυξη των μπαταριών αφορά την διάρκεια ζωής της, την ισχύ και την αποθηκευμένη ενέργεια. και τη διάρκεια ζωής [113]

Μία μπαταρία μπορεί να είναι είτε υψηλής ισχύος, είτε υψηλής ενέργειας και πολύ σπάνια και τα δύο. Οι πιο σημαντικοί τύποι μπαταριών ηλεκτρικών οχημάτων είναι:

- Μολύβδου οξέος (Lead-Acid)
- Νατρίου Θείου (Na-S)
- Νικελίου/ Καδμίου (NiCd)
- Νικελίου /Υδριδίου Μετάλλου (NiMH)
- Λιθίου Ιόντων – Λιθίου Πολυμερούς (LiON0 (Li-Io-Po)

4.3.2. Μπαταρίες Μολύβδου οξέος (Lead-Acid)

Οι μπαταρίες τύπου μολύβδου-οξέος ήταν οι πρώτες επαναφορτιζόμενες μπαταρίες, τις οποίες εφηύρε ο Γάλλος επιστήμονας Gaston Plante το 1859 και σήμερα αντιπροσωπεύουν το 70% των παγκοσμίων πωλήσεων επαναφορτιζόμενων μπαταριών. Από τότε μέχρι και σήμερα, η μπαταρία αυτή έχει χρησιμοποιηθεί σε πάρα πολλές εφαρμογές με πιο σημαντικές την έλκυση, την εκκίνηση οχημάτων, την εφεδρική ενέργεια και τις τηλεπικοινωνίες.



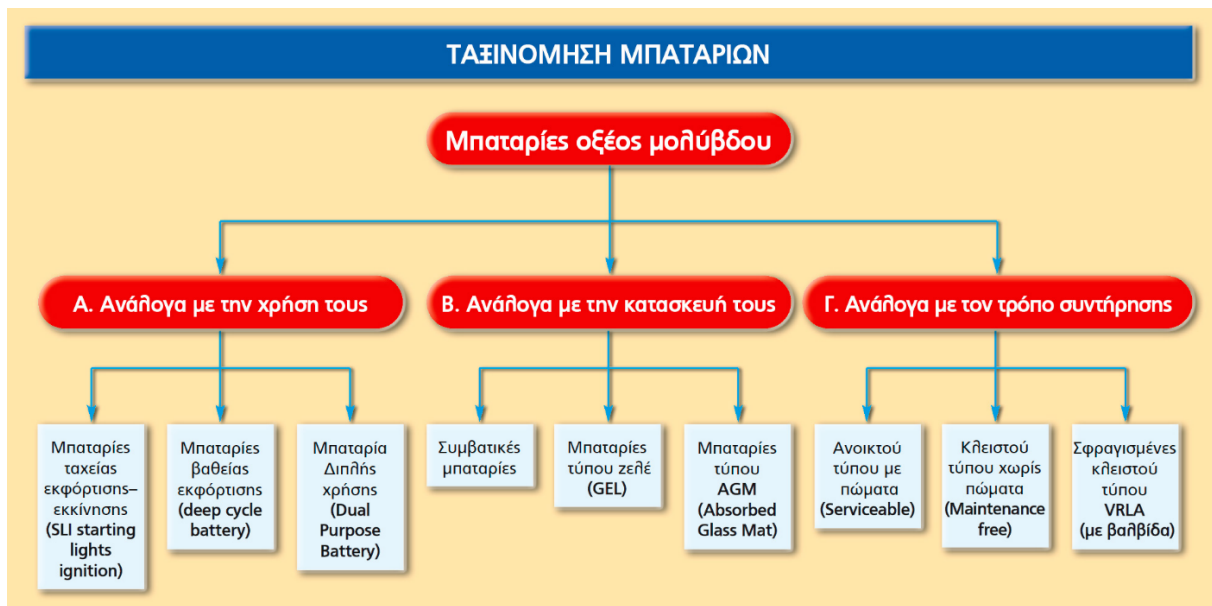
Εικόνα 4.4: Μπαταρίες Μολύβδου οξέος. Τομή (αριστερά) [115], Μπαταρία Toyo 12V (δεξιά).

Κατά τα τέλη της δεκαετίας του 1960 η ονομαστική τάση των 12 V έγινε το παγκόσμιο πρότυπο για τις μπαταρίες αυτοκινήτου και ο αρνητικός πόλος της είναι συνδεδεμένος με το σασί του αυτοκινήτου. Αποτελείται από 6 στοιχεία, το κάθε ένα από τα οποία έχει τάση 2,2 V όταν βρίσκεται σε πλήρη φόρτιση. Επομένως, σε πλήρη φόρτιση εκτός του κυκλώματος η τάση της μπαταρίας αυτής είναι $6 \times 2,2 = 13,2$ V ενώ μπορεί να φτάσει έως και 14,4 V.

Κάθε στοιχείο αποτελείται από πλάκες διοξειδίου του μολύβδου PbO_2 (για τον θετικό πόλο) καθώς και από πλάκες ενεργού μολύβδου Pb (για τον αρνητικό πόλο), βυθισμένες σε ηλεκτρολύτη (διάλυμα θεικού οξέος H_2SO_4 και αποσταγμένου νερού H_2O). Το μέγεθος και ο αριθμός των πλακών μολύβδου στα στοιχεία είναι ανάλογο με τα Αμπέρ που αποδίδει η μπαταρία. Είναι σημαντικό ότι όταν πρόκειται να γίνει αγορά ενός τύπου μπαταριών, αυτός θα πρέπει να προτείνεται από τον κατασκευαστή του ηλεκτρικού οχήματος. Με τον τρόπο αυτό η μπαταρία μπορεί να αποδώσει περισσότερα μιας και μπορεί να φορτιστεί σωστά από την γεννήτρια του συγκεκριμένου αυτοκινήτου [115]. Η ειδική ενέργεια της μπαταρίας Μολύβδου οξέος κυμαίνεται από 60 Wh/λίτρο (όταν πρόκειται για μπαταρία κλειστού τύπου) ως και 70 Wh/λίτρο (για μπαταρίες ανοιχτού τύπου) κατά όγκο [116].

Οι μπαταρίες μολύβδου-οξέος ταξινομούνται ανάλογα με τη χρήση τους, ανάλογα με την κατασκευή του και επίσης ανάλογα με τον τρόπο συντήρησης. Η ταξινόμηση αυτή απεικονίζεται σχηματικά στην Εικόνα 4.5 [117]. Πιο συγκεκριμένα:

Ανάλογα με τη χρήση τους, οι μπαταρίες μολύβδου-οξέος χωρίζονται σε τρεις υποκατηγορίες: σε μπαταρίες ταχείας εκφόρτισης – εκκίνησης, οι οποίες χρησιμοποιούνται στα οχήματα, σε μπαταρίες βαθιάς εκφόρτισης, οι οποίες χρησιμοποιούνται κυρίως στα σκάφη και στα τροχόσπιτα, και σε μπαταρίες διπλής χρήσης (Dual Purpose Battery), οι οποίες αποτελούν ένα συμβιβασμό μεταξύ των δύο τύπων προηγούμενων. Οι μπαταρίες ταχείας εκφόρτισης – εκκίνησης έχουν σχεδιαστεί για να



Εικόνα 4.5: Ταξινόμηση Μπαταριών οξέος μολύβδου [116]

ανταποκρίνονται σε γρήγορες και αυξημένες απαιτήσεις ενέργειας, όπως είναι η εκκίνηση των κινητήρων, και κατά συνέπεια οι πλάκες είναι λεπτότερες. Αντιθέτως, οι μπαταρίες βαθιάς εκφόρτισης έχουν μικρότερη ανταπόκριση στις απαιτήσεις άμεσης ενέργειας, αλλά έχουν μεγαλύτερη και μακροχρόνια απόδοση της ενέργειας. Εκφορτίζονται συχνά για ένα μικρό μόνο μέρος της χωρητικότητας τους (μεταξύ 50 και 80% ανάλογα με τον κατασκευαστή αλλά και την δομή της μπαταρίας) και μπορούν να χρησιμοποιηθούν σαν μπαταρίες εκκίνησης παρέχοντας όμως μικρότερη ένταση ρεύματος. Οι μπαταρίες βαθιάς εκφόρτισης έχουν χοντρές πλάκες, ικανές να αντέξουν μία σειρά αποφορτίσεων.

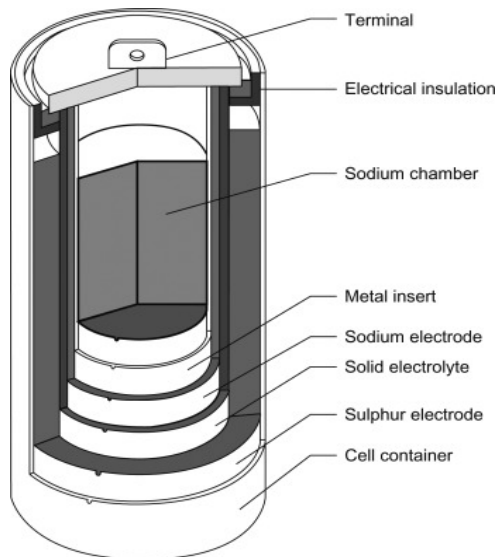
Ανάλογα με την κατασκευή τους, οι μπαταρίες μολύβδου-οξέος χωρίζονται στις ακόλουθες τρεις υποκατηγορίες: στις συμβατικές μπαταρίες, στις μπαταρίες τύπου GEL, οι οποίες έχουν σταθεροποιημένο ηλεκτρολύτη κλειστού τύπου κι έτσι δεν συμπληρώνεται ηλεκτρολύτης, και τέλος σε μπαταρίες τύπου AGM (Absorbent Glass Mat). Είναι κορεσμένη μόνον κατά 95% με θειικό οξύ, δεν υπάρχει περίσσεια υγρού και ένας ειδικός υαλοβάμβακας χρησιμοποιείται ως διαχωριστικό φίλτρο του θειικού οξέος. Οι μπαταρίες αυτές είναι επίσης γνωστές ως μπαταρίες χωρίς ηλεκτρολύτη ή αλλιώς ως μπαταρίες ξηρού τύπου.

Ανάλογα με τον τρόπο συντήρησης, οι μπαταρίες μολύβδου-οξέος χωρίζονται σε ανοικτού τύπου, σε κλειστού τύπου και σε μπαταρίες VRLA (Valve-Regulated Lead-Acid). Ανοικτού τύπου θεωρούνται εκείνες οι μπαταρίες στις οποίες μπορεί να συμπληρωθεί ηλεκτρολύτης, ενώ αντιθέτως στις κλειστού τύπου μπαταρίες δεν χρειάζεται να συμπληρώνεται ηλεκτρολύτης. Οι μπαταρίες VRLA φέρουν ρυθμιζόμενη βαλβίδα, η οποία κρατά μια ελαφρά θετική πίεση από 1 έως 4 psi, (1 psi = 0,069 bar).

4.3.3. Μπαταρίες Νατρίου-Θείου (NaS)

Οι μπαταρίες νατρίου-θείου (NaS) αναπτύχθηκαν αρχικά από τη αυτοκινητοβιομηχανία Ford τη δεκαετία του 1960 και στη συνέχεια η τεχνολογία πωλήθηκε στην ιαπωνική εταιρία NGK. Οι μελέτες να συνεχίζονται σχετικά με τη χρήση των μπαταριών αυτών σε ηλεκτρικά οχήματα στις ΗΠΑ, στην Ευρώπη αλλά και στην Ιαπωνία [118].

Όπως φαίνεται στο σχήμα 4.2, ένα κελί μιας μπαταρίας νατρίου-θείου αποτελείται από ένα θετικό ηλεκτρόδιο (κάθοδος) που αποτελείται από τηγμένο θείο κι ένα αρνητικό ηλεκτρόδιο (άνοδος) που αποτελείται από τηγμένο νάτριο. Τα ηλεκτρόδια διαχωρίζονται από ένα στερεό κεραμικό, που είναι



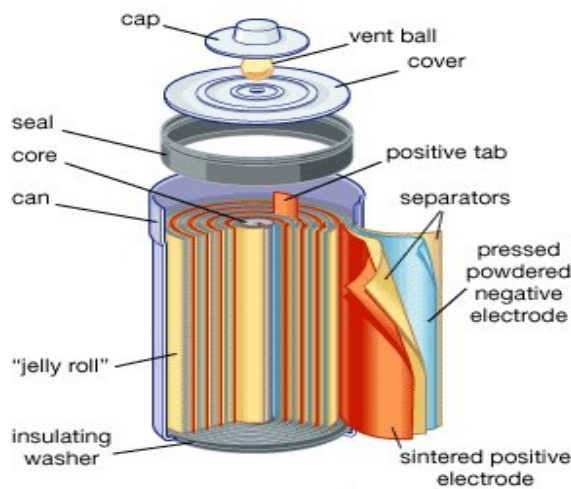
Σχήμα 4.2 τομή μπαταρίας νατρίου-θείου [118]

το αργλικό νάτριο ή οξειδίο νατρίου-αργιλίου (sodium aluminate) και το οποίο λειτουργεί ως ηλεκτρολύτης. Ο ηλεκτρολύτης αυτός επιτρέπει να περάσουν μόνο θετικά φορτισμένα ιόντα νατρίου.

Η μπαταρία πρέπει να διατηρείται ζεστή (συνήθως $>300\text{ }^{\circ}\text{C}$) για να διευκολυνθεί η διαδικασία και υπάρχουν ανεξάρτητοι θερμαντήρες που αποτελούν μέρος του συστήματος της μπαταρίας. Γενικά, τα κελιά της μπαταρίας Νατρίου-θείου είναι πολύ αποτελεσματικά (συνήθως 89%).

4.3.4. Μπαταρίες Νικελίου-Καδμίου (NiCd)

Οι μπαταρίες νικελίου-καδμίου εφευρέθηκαν στη Σουηδία από τον Waldmar Jungner το 1899. Εντούτοις, μέχρι τον Δεύτερο Παγκόσμιο Πόλεμο η πρακτική χρήση τους ήταν πολύ περιορισμένη εξαιτίας του υψηλού κόστους των μετάλλων που χρησιμοποιούνταν. Η τεχνολογία της παραγωγής τους βελτιώθηκε από το 1947 και μετά με αποτέλεσμα να δημιουργηθεί μια σφραγισμένη μπαταρία που δεν χρειάζεται συντήρηση [119]. Η ειδική ενέργεια της μπαταρίας Μολύβδου οξέος είναι 110 Wh/λίτρο κατά όγκο [116].



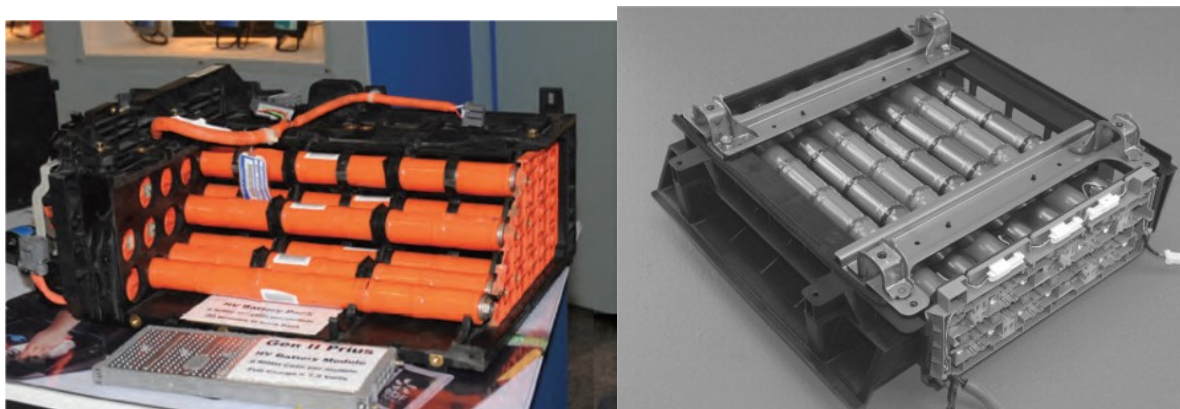
Εικόνα 4.6: Μπαταρία Νικελίου-Καδμίου. Τομή (αριστερά) [120], μπαταρία για Ηλεκτρικά Οχήματα Παραγωγής Κίνας (δεξιά) [121]

Όπως φαίνεται στην τομή της μπαταρίας (Εικόνα 4.6) ένα κελί μιας μπαταρίας νικελίου-καδμίου αποτελείται από ένα θετικό ηλεκτρόδιο που είναι ένα χαλύβδινο πλέγμα ή φύλλο επικαλυμμένο με μια πάστα υδροξειδίου του οξειδίου του νικελίου αναμεμιγμένη με ένα αγωγίμο υλικό. Το αρνητικό ηλεκτρόδιο είναι ένα χαλύβδινο πλέγμα (φύλλο) με πιεσμένο πορώδες κάδμιο. Οι μπαταρίες Ni-Cd διατίθενται σε σφραγισμένα περιβλήματα που περιέχουν ηλεκτρόδια που χωρίζονται από ουδέτερο διαχωριστή που περιέχει νικέλιο και κάδμιο σε διάλυμα αλκαλικού ηλεκτρολύτη τύπου ζελέ (συνήθως υδροξειδίου του καλίου, KOH). Ένα κελί νικελίου-καδμίου είναι ικανό να παρέχει τάση περίπου 1,2 V. Προκειμένου να αυξηθεί η τάση και η ισχύς των μπαταριών Νικελίου-Καδμίου, χρησιμοποιούνται πολλά παράλληλα ηλεκτρόδια διαχωρισμένα με διαχωριστές [120]

Οι μπαταρίες Νικελίου-Καδμίου κυριάρχησαν στην αγορά μέχρι τις αρχές της δεκαετίας του 1990. Οι περισσότερες εφαρμογές όπως τρόλεϊ, τραμ, ηλεκτρικά αυτοκίνητα, ελικόπτερα και αεροπλάνα αλλά και πλήθος από οικιακές συσκευές χρησιμοποιούσαν μπαταρίες Νικελίου-Καδμίου λόγω των ανώτερων ιδιοτήτων τους, όπως είναι η μεγάλη διάρκεια ζωής τους, η δυνατότητα γρήγορης φόρτισης, η ικανότητα αντοχής σε βαριά φορτία και χαμηλές θερμοκρασίες, διατηρώντας τη λειτουργικότητα στις πιο δυσμενείς συνθήκες λειτουργίας, καθώς και η ικανότητα αποθήκευσης των μπαταριών σε κατάσταση εκφόρτισης για έως και 5 χρόνια [119]. Χρησιμοποιήθηκαν αρκετά ως μπαταρίες κατά ηλεκτρικών οχημάτων κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του 1990, αλλά σύντομα με την οδηγία 91/157/EEC της Ευρωπαϊκής Ένωσης μπήκαν περιορισμοί στη χρήση τους λόγω της τοξικότητάς τους. Επιπλέον, η διαδικασία κατασκευής ήταν επίσης δαπανηρή, γεγονός που έκανε τους ερευνητές να αναζητήσουν εναλλακτικές λύσεις [122].

4.3.5. Νικελίου-Υδριδίου Μετάλλου (NiMH)

Οι μπαταρίες νικελίου-υδριδίου μετάλλου κυκλοφορούν στην αγορά από το 1992 κι έχουν παρόμοια χαρακτηριστικά με αυτά των μπαταριών νικελίου-καδμίου. Οι μπαταρίες νικελίου-υδριδίου μετάλλου αντικατέστησαν σταδιακά τις μπαταρίες νικελίου-καδμίου, που αποσύρονταν λόγω της τοξικότητάς τους. Η διαφορά τους είναι ότι αντί για το τοξικό κάδμιο, στην άνοδο τους έχουν μία σύνθετη μεταλλική ένωση. Ο πιο κοινός χημικός τύπος είναι ο AB₅, όπου Α είναι ένα μίγμα σπάνιων γαιών, λανθανίου, δημητρίου, νεοδυμίου, πρασινοδυμίου και Β είναι: νικέλιο, κοβάλτιο, μαγγάνιο και αλουμίνιο. Στην κάθοδο, όπως και στις μπαταρίες Νικελίου-Καδμίου χρησιμοποιείται νικέλιο ενώ έχουν αλκαλικό ηλεκτρολύτη, συνήθως, υδροξείδιο του καλίου [123]. Όπως διακρίνεται στην Εικόνα 38 (αριστερά), σε κάθε συστοιχία (πορτοκαλί σωλήνα) βρίσκονται 6 στοιχεία και συνολικά το σύστημα αποτελείται από 20 συστοιχίες.



Εικόνα 4.7: Μπαταρία Ni-MH. Τομή (αριστερά), μπαταρία ηλεκτρικού οχήματος Honda (δεξιά) [125].

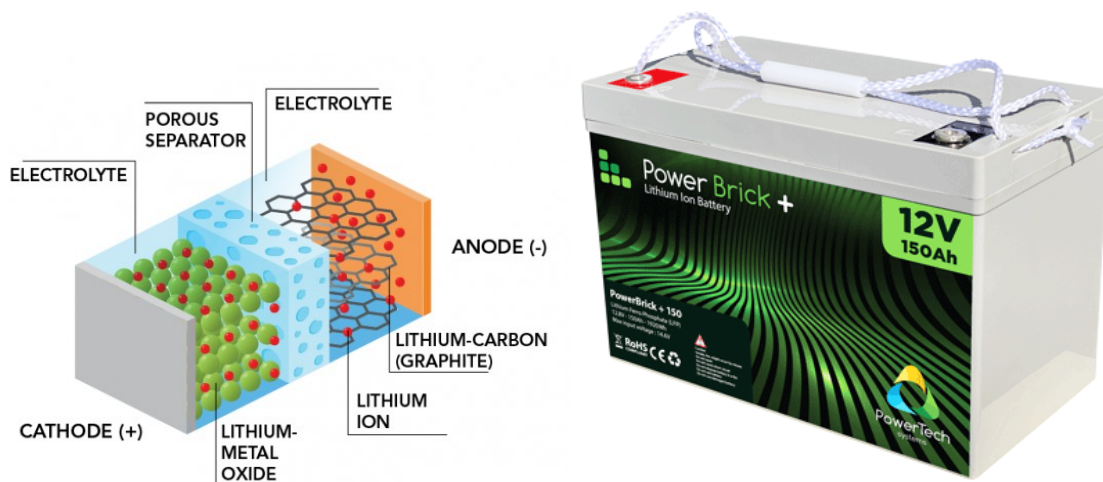
Οι μπαταρίες νικελίου-υδριδίου μετάλλου έχουν ακόμα μεγαλύτερη ειδική ενέργεια που φθάνει τα 140 Wh/λίτρο κατά όγκο [116]. Ένα κελί νικελίου-υδριδίου μετάλλου είναι ικανό να παρέχει τάση φόρτισης 1,4-1,6 V, παρέχει ονομαστική τάση 1,2 V, κατά μέσο όρο, ενώ στη διάρκεια της αποφόρτισης μπορεί να πέσει μέχρι τα 1,0 V [123].

Οι μπαταρίες νικελίου-υδριδίου μετάλλου έχουν ως μειονέκτημα το γεγονός ότι η απόδοσή τους επηρεάζεται αρνητικά στις υψηλές θερμοκρασίες με αποτέλεσμα να έχουν χαμηλότερο ρυθμό αποφόρτισης. Αντιθέτως, ως πλεονέκτημα έχουν τη μεγάλη διάρκεια ζωής, την αξιοπιστία τους, ενώ το κόστος τους είναι χαμηλότερο από εκείνο των μπαταριών λιθίου. Οι μπαταρίες αυτές είναι ιδιαίτερα κατάλληλες για εφαρμογές υψηλής εντάσεως ρεύματος, λόγω της χαμηλής τους εσωτερικής αντίστασης αλλά και για ηλεκτρικά οχήματα τόσο αμιγώς ηλεκτρικά όσο και υβριδικά από τα τέλη της δεκαετίας του 1990 [124].

4.3.6. Μπαταρία Λιθίου (Li-ion)

Οι μπαταρίες ιόντων λιθίου εμφανίστηκαν το 1991 και τα τελευταία χρόνια γίνεται προσπάθεια χρήσης τους στα ηλεκτρικά οχήματα μίας και το λίθιο έχει ως κύριο χαρακτηριστικό ότι είναι το ελαφρύτερο από όλα τα μέταλλα. Αν και οι μπαταρίες αυτές είναι περισσότερο διαδεδομένες στις φορητές ηλεκτρονικές συσκευές, άρχισαν να χρησιμοποιούνται στην ηλεκτροκίνηση εξαιτίας της υψηλής τους ενεργειακής πυκνότητας, του χαμηλού τους βάρους και του χαμηλού ρυθμού αποφόρτισης. Όπως φαίνεται στην εικόνα 4.8, χρησιμοποιεί ένα υλικό παρεμβολής λιθιωμένου άνθρακα (Li_xC) για το αρνητικό ηλεκτρόδιο, ένα οξειδίο παρεμβολής λιθιωμένου μετάλλου μεταπτώσεως ($\text{Li}_1 \times \text{MyO}_z$) για το θετικό ηλεκτρόδιο και ένα οργανικό διάλυμα υγρού ή στερεό πολυμερές για τον ηλεκτρολύτη.

Οι μπαταρίες ιόντων λιθίου έχουν ονομαστική τάση ανοιχτού κυκλώματος 3,6 V και τυπική τιμή τάσης φόρτισης 4,2 V, ενώ η ειδική ενέργεια τους φτάνει τα 240 Wh/λίτρο. Η διαδικασία φόρτισης γίνεται υπό σταθερή τάση. Αν και πλέον έχουν τη δυνατότητα πλήρους φόρτισης μέσα σε λιγότερο από 45 λεπτά, μπορεί να φτάνουν το 90% της φόρτισης τους μέσα σε 10 λεπτά.



Εικόνα 4.8: Μπαταρία Li-ion. Τομή (αριστερά), μπαταρία ηλεκτρικού οχήματος Powertech (δεξιά) [124].

Ως προς τα μειονεκτήματα των μπαταριών ιόντων λιθίου, θα πρέπει να γίνει αναφορά στο γεγονός ότι η διάρκεια ζωής τους εξαρτάται και από τον χρόνο που έχει περάσει από τη στιγμή της κατασκευής τους, ανεξάρτητα από το αν αυτές έχουν φορτιστεί και ανεξάρτητα από τον αριθμό των κύκλων φόρτισης/αποφόρτισης. Επίσης, οι μπαταρίες αυτές αντιμετωπίζουν μία κατάσταση που αποκαλείται «πλήρης αποφόρτιση» σύμφωνα με την οποία οι μπαταρίες μπορεί να κάνουν αρκετό καιρό να επαναφορτιστούν ή και να μην επαναφορτιστούν. Η «πλήρης αποφόρτιση» πραγματοποιείται είτε όταν οι συσκευές των μπαταριών μείνουν αχρησιμοποίητες για 2 ή περισσότερα χρόνια είτε όταν επαναφορτίζονται υπερβολικά συχνά. Από χημικής απόψεως, οι μπαταρίες ιόντων λιθίου ενέχουν πολλούς κινδύνους και μάλιστα έχουν αναφερθεί σημαντικά περιστατικά αυτοανάφλεξης τους [113].

4.4. ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Στο τέταρτο κεφάλαιο της εργασίας έγινε μια αναλυτική παρουσίαση των μπαταριών που αποτελούν ζωτικά στοιχεία των ηλεκτρικών οχημάτων. Στην αρχή παρατέθηκε ο ορισμός της μπαταρίας και ακολούθησε η ανάλυση των μερών της μπαταρίας, καθώς και η διαδικασία φόρτισης και εκφόρτισής της. Κατόπιν, έγινε μία αναφορά στις βασικές παραμέτρους και στα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά των μπαταριών ηλεκτρικών οχημάτων. Στο τέλος, έγινε μία περιγραφή τόσο του συστήματος διαχείρισης μπαταριών όσο και των πιο σημαντικών τύπων μπαταριών.

Κεφάλαιο 5 Φόρτιση Ηλεκτρικών Οχημάτων

5.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σε αυτό το κεφάλαιο γίνεται μία αναλυτική παρουσίαση των φορτιστών μπαταριών που παίζουν σημαντικό ρόλο τόσο για τη διάδοση όσο και για την ανεμπόδιση χρήση των ηλεκτρικών οχημάτων. Καταρχήν, παρατίθεται ο ορισμός των φορτιστών και ακολουθεί η διαδικασία φόρτισης. Στη συνέχεια αναφέρονται τα χαρακτηριστικά ενσύρματων σταθμών φόρτισης όπως και οι τύποι καλωδίων και ρευματοληπτών/ ρευματοδοτών που είναι κατάλληλοι για φόρτιση ηλεκτρικών οχημάτων. Στη συνέχεια, περιγράφονται οι μέθοδοι φόρτισης και η τοπολογία των φορτιστών, ενώ επίσης υπολογίζεται η ταχύτητα φόρτισης των ηλεκτρικών οχημάτων. Τέλος, γίνεται μία σύντομη αναφορά στους ασύρματους φορτιστές ηλεκτρικών οχημάτων.

5.2. ΟΡΙΣΜΟΣ, ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΚΑΙ ΕΙΔΗ ΦΟΡΤΙΣΗΣ

5.2.1. Ορισμός των Φορτιστών

Ένας φορτιστής μπαταρίας, ένας επαναφορτιστής ή απλά ένας φορτιστής, είναι μια συσκευή που αποθηκεύει ενέργεια σε μια μπαταρία περνώντας ηλεκτρικό ρεύμα μέσω αυτής [126]. Το πρωτόκολλο φόρτισης (τάση και διάρκεια φόρτισης καθώς και η απαιτούμενη διαδικασία) εξαρτάται από το μέγεθος και τον τύπο της μπαταρίας που φορτίζεται. Ορισμένοι τύποι μπαταριών έχουν υψηλή ανοχή για υπερφόρτιση (δηλαδή συνεχιζόμενη φόρτιση μετά την πλήρη φόρτιση της μπαταρίας) και μπορούν να επαναφορτιστούν με σύνδεση σε πηγή σταθερής τάσης ή πηγή σταθερού ρεύματος, ανάλογα με τον τύπο της μπαταρίας. Οι απλοί φορτιστές αυτού του τύπου πρέπει να αποσυνδέονται χειροκίνητα στο τέλος του κύκλου φόρτισης. Κάποιοι τύποι μπαταριών χρησιμοποιούν χρονοδιακόπτη για να διακόπτουν τη λειτουργία των φόρτισης, όταν η φόρτιση πρέπει να ολοκληρωθεί. Άλλοι τύποι μπαταριών δεν μπορούν να αντέξουν την υπερφόρτιση, την σταδιακή καταστροφή (μειωμένη χωρητικότητα, μειωμένη διάρκεια ζωής), την υπερθέρμανση ή ακόμα και την έκρηξη. Ο φορτιστής μπορεί να διαθέτει κυκλώματα ανίχνευσης θερμοκρασίας ή τάσης και έναν ελεγκτή μικροεπεξεργαστή για την ασφαλή ρύθμιση του ρεύματος και της τάσης φόρτισης, τον προσδιορισμό της κατάστασης φόρτισης και την αποκοπή στο τέλος της φόρτισης. Οι φορτιστές μπορεί να ανυψώνουν την τάση εξόδου αναλογικά με το ρεύμα για να αντισταθμίσουν την σύνθετη αντίσταση στα καλώδια [127].

Από τη μία πλευρά, ένας αργός φορτιστής παρέχει σχετικά μικρή ποσότητα ρεύματος, αρκετή μόνο για να εξουδετερώσει την αυτοεκφόρτιση μιας μπαταρίας που είναι σε αδράνεια για μεγάλο χρονικό διάστημα. Ενδέχεται βέβαια να χρειάζονται αρκετές ώρες για να ολοκληρωθεί η φόρτισή τους. Ορισμένοι τύποι μπαταριών όμως, όπως οι μπαταρίες ιόντων λιθίου, δεν υποστηρίζουν την αργή φόρτιση. Από την άλλη πλευρά, οι φορτιστές υψηλής ταχύτητας, ή ταχυφορτιστές όπως αλλιώς ονομάζονται, μπορούν να επαναφέρουν τη μεγαλύτερη χωρητικότητα πολύ πιο γρήγορα. Τέτοιες μπαταρίες απαιτούν ενεργή παρακολούθηση της μπαταρίας για την προστασία της από υπερφόρτιση. Ορισμένοι τύποι μπαταριών δεν υποστηρίζουν την ταχυφόρτιση [128].

Τα ηλεκτρικά οχήματα χρειάζονται ιδανικά φορτιστές υψηλής απόδοσης. Για την πρόσβαση του κοινού, η εγκατάσταση τέτοιων φορτιστών και η υποστήριξη διανομής τους αποτελεί ζήτημα στην προτεινόμενη υιοθέτηση ηλεκτρικών αυτοκινήτων.

5.2.2. Διαδικασία Φόρτισης

Τόσο η διαδικασία φόρτισης των ηλεκτρικών αυτοκινήτων όσο και οι διαθέσιμες τεχνολογίες έχουν πολύ μεγάλη σημασία προκειμένου τα ηλεκτρικά οχήματα να διαδοθούν και να χρησιμοποιούνται ανεμπόδιστα. Σημαντικό πλεονέκτημα αποτελεί το γεγονός ότι τα δίκτυα διανομής και οι πηγές ηλεκτρικής ενέργειας σήμερα καλύπτουν σχεδόν κάθε περιοχή, από τις πυκνοκατοικημένες μεγαλουπόλεις, έως τα απομακρυσμένα νησιά και περιοχές της υπαίθρου. Επίσης, η τεχνολογική

εξέλιξη έχει καταστήσει τη φόρτιση ενός ηλεκτρικού αυτοκινήτου μια προσιτή και εξαιρετικά απλή και εύκολη διαδικασία, εφόσον έχουν εγκατασταθεί οι σχετικές υποδομές [129].

Η φόρτιση ενός ηλεκτρικού αυτοκινήτου λειτουργεί με παρόμοιο τρόπο σαν την τροφοδοσία με βενζίνη ενός αυτοκινήτου με μηχανή εσωτερικής καύσης σε ένα κατάστημα πώλησης υγρών καυσίμων. Ανάλογα λοιπόν με το μοντέλο του ηλεκτρικού οχήματος, το πρώτο βήμα είναι το άνοιγμα του καλύμματος της θύρας φόρτισης είτε μέσω της οθόνης αφής είτε πιέζοντας το κάλυμμα. Στη συνέχεια αφαιρείται το φιλτράκι του σταθμού φόρτισης από τη βάση και τοποθετείται στη θύρα φόρτισης του αυτοκινήτου. Κατά τη φόρτιση, το λογότυπο της θύρας φόρτισης θα αναβοσβήνει με πράσινο χρώμα ενώ παράλληλα η οθόνη αφής θα ενημερώσει για το ποσό χρέωσης και τον εκτιμώμενο χρόνο που απομένει. Για να βελτιστοποιηθεί η απόδοση της μπαταρίας, το ηλεκτρικό αυτοκίνητο θα πρέπει να φορτιστεί το λιγότερο στο 90%. Όταν ολοκληρωθεί η φόρτιση, απαιτείται να πατηθεί το κουμπί σύνδεσης προκειμένου να σταματήσει η φόρτιση και αμέσως μετά θα πρέπει να αφαιρεθεί το καλώδιο και η επανατοποθέτησή του στο σταθμό φόρτισης [130].

5.3. ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΕΝΣΥΡΜΑΤΩΝ ΣΤΑΘΜΩΝ ΦΟΡΤΙΣΗΣ

Οι ενσύρματοι σταθμοί φόρτισης διακρίνονται βάσει τριών κύριων χαρακτηριστικών τους :

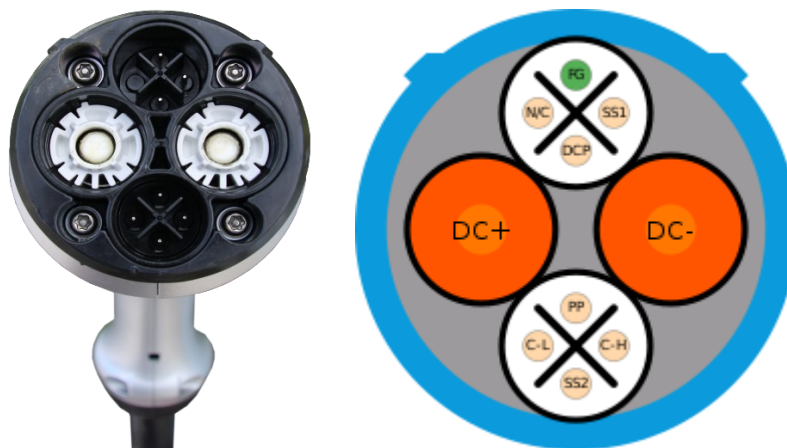
- Του επιπέδου φόρτισης (charging level), που αφορά το επίπεδο ισχύος, τάσης και ρεύματος του σταθμού φόρτισης ή του ρευματοδότη (charging outlet).
- Της μεθόδου φόρτισης (charging mode), που περιγράφει τον τρόπο διασύνδεσης του ηλεκτρικού οχήματος με το δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας και το επίπεδο ασφάλειας, προστασίας και επικοινωνίας μεταξύ οχήματος και σημείου επαναφόρτισης.
- Του τύπου του σταθμού φόρτισης ή του ρευματολήπτη του οχήματος (type of a charging station or vehicle inlet), που περιλαμβάνει το βύσμα (plug) και τον συνδετήρα (connector) που χρησιμοποιείται [131].

5.4. ΚΑΛΩΔΙΑ ΚΑΙ ΡΕΥΜΑΤΟΛΗΠΤΕΣ/ ΡΕΥΜΑΤΟΔΟΤΕΣ ΓΙΑ ΕΝΣΥΡΜΑΤΗ ΦΟΡΤΙΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ

Οι ρευματολήπτες με προδιαγραφές CHAdeMO και CCS είναι αυτοί που τελικά επικράτησαν όσον αφορά την σύνδεση του ηλεκτρικού αυτοκινήτου με τον σταθμό φόρτισης [132]. Οι υπόλοιποι ρευματολήπτες και ρευματοδότες (Τύπος 1, τύπος 2 και τύπος GB/T) προϋπήρχαν των 2 παραπάνω μοντέλων.

5.4.1. Ρευματολήπτες/ Ρευματοδότες με προδιαγραφές CHAdeMO

Πρόκειται για την συντομογραφία της φράσης: «CHArge de MOve – Charge for Moving (Φόρτισε και Μετακινήσου)». Αναπτύχθηκε από τα μέλη του CHAdeMO Association το 2010 και κύριο χαρακτηριστικό του ακροδέκτη αυτού είναι η ταχύτητα φόρτισής του. Οι ηλεκτρικοί ρευματολήπτες και ρευματοδότες CHAdeMO πρώτης γενιάς παρέχουν έως και 62,5 kW επί 500 V, συνεχές ρεύμα 125 A, παρέχοντας αυτονομία περίπου 120 χιλιόμετρα για κάθε σε μισή ώρα φόρτισης. Χρησιμοποιείται από αυτοκινητοβιομηχανίες όπως οι Subaru, Peugeot, Kia, Nissan, Mitsubishi και Peugeot, και έχει αρχίσει ήδη η εγκατάστασή του σε αρκετές χώρες της Ευρώπης. Κατά την φόρτιση, αξιοποιούνται οι εντολές που του δίνει η μπαταρία του αυτοκινήτου για τη ρύθμιση των δεδομένων φόρτισης, έτσι ώστε το ηλεκτρικό όχημα να είναι ασφαλές σε πιθανά προβλήματα [133]. Στη σχηματική απεικόνιση του βύσματος CHAdeMO (Εικόνα 5.1), όπου PG είναι η γείωση, όπου SS1/SS2 είναι η ένδειξη για την έναρξη/τέλος φόρτισης, όπου N/C είναι η ένδειξη μη σύνδεσης, όπου DC+ και DC- είναι το σταθερό ρεύμα κι όπου C-H και C-L είναι το σήμα επικοινωνίας.



Εικόνα 5.1: Βύσμα CHAdeMO. Φωτογραφία (αριστερά) και σχηματική απεικόνιση (δεξιά) [133].

5.4.2. Ρευματολήπτες/ Ρευματοδότες με προδιαγραφές CCS

Πρόκειται για την συντομογραφία της φράσης: «Combined Charging System (Σύστημα Συνδυασμένης Φόρτισης)». Η αναβίωση του ενδιαφέροντος για τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα ώθησε την ανάπτυξη σταθμών φόρτισης, αλλά αυτό είχε σαν συνέπεια την χρήση μίας ποικιλίας Ρευματοληπτών και Ρευματοδοτών σε όλο τον κόσμο. Η τυποποίηση κατά IEC 62196 έφερε διάφορα συστήματα: ο τύπος 1 χρησιμοποιήθηκε κυρίως στη Βόρεια Αμερική και την Ιαπωνία, ο τύπος 2 κυρίως στην Ευρωπαϊκή Ένωση, ενώ ο τύπος GB/T στην Κίνα. Η πρόταση για ένα «Σύστημα Συνδυασμένης Φόρτισης» (CCS) έγινε από την Ένωση Γερμανών Μηχανικών το 2011 και ειδικότερα από τις αυτοκινητοβιομηχανίες Audi, BMW, Daimler, Ford, General Motors, Porsche και Volkswagen. Το CCS είναι λοιπόν μία υποδοχή που βρίσκεται στην πλευρά του οχήματος που προσφέρει αρκετό χώρο για μια υποδοχή τύπου 1 ή τύπου 2, μαζί με χώρο για μια υποδοχή DC δύο ακίδων που επιτρέπει τη φόρτιση έως και 200 Αμπέρ [134]. Τον επόμενο χρόνο, Μάιο του 2012, η Ευρωπαϊκή Ένωση Κατασκευαστών Αυτοκινήτων (ACEA) ενέκρινε την τυποποίηση του συνδέσμου Combo 2 σε ολόκληρη την Ευρωπαϊκή Ένωση. Στη σχηματική απεικόνιση της υποδοχής CCS (Εικόνα 5.2), όπου PE είναι η γείωση, όπου N είναι το ουδέτερο, όπου CP είναι ο πιλότος ελέγχου, όπου PP είναι ο πιλότος εγγύτητας (proximity pilot), όπου L1, L2, L3 είναι οι φάσεις του εναλλασσόμενου ρεύματος και όπου DC+ και DC- είναι το σταθερό ρεύμα.



Εικόνα 5.2: Υποδοχή CCS - Combo 2. Φωτογραφία (αριστερά) και σχηματική απεικόνιση (δεξιά) [132]

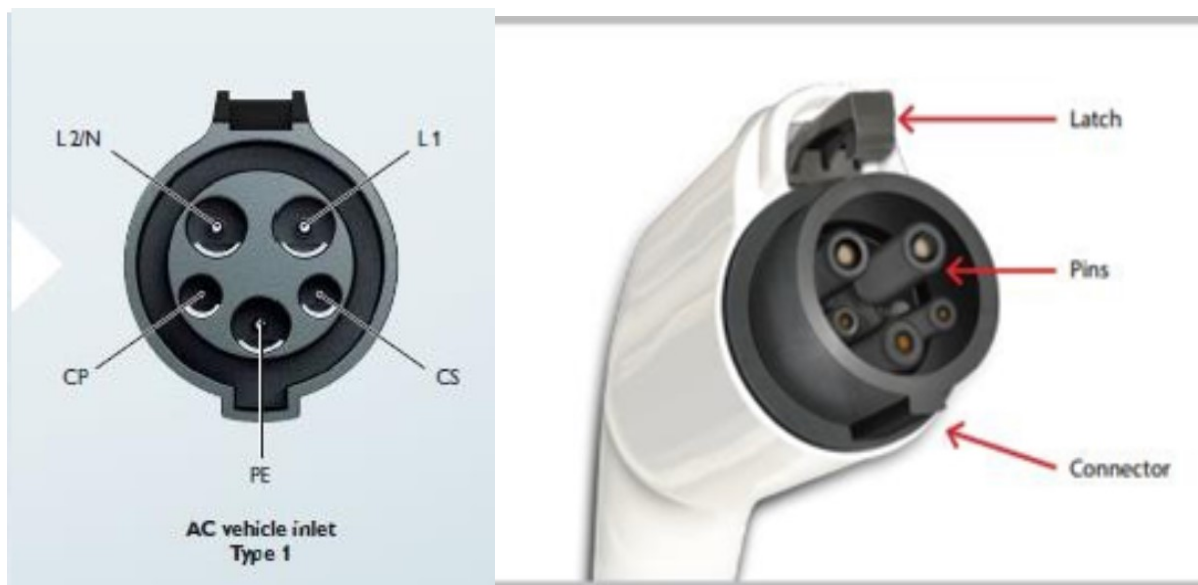
Παρακάτω στην εικόνα 42 συνοψίζονται όλοι οι τύποι Ρευματοληπτών/ Ρευματοδοτών με προδιαγραφές CCS που κυκλοφορούν τόσο στην Ευρώπη όσο και στις ΗΠΑ:



Εικόνα 5.3: Τύποι Ρευματοληπτών/Ρευματοδοτών CCS σε Ευρώπη και ΗΠΑ [134]

5.4.3. Τύπος 1: AC καλώδιο φόρτισης - C-Line για συμβατική φόρτιση (US).

Το βύσμα τύπου 1 είναι μονοφασικό βύσμα που επιτρέπει φόρτιση ισχύος έως και 7,4 kW (230 V, 32 A). Το πρότυπο αυτό χρησιμοποιείται κυρίως σε μοντέλα αυτοκινήτων από τις ΗΠΑ (με βάση το πρότυπο SAE J1772) κι από ασιατικές χώρες, ενώ είναι σπάνιο στην Ευρώπη και γι' αυτό το λόγο υπάρχουν πολύ λίγοι δημόσιοι σταθμοί φόρτισης τύπου 1. Σημαντικό χαρακτηριστικό του τύπου αυτού είναι ότι ο μηχανισμός κλειδώματος μεταξύ του ηλεκτρικού οχήματος και του φορτιστή πραγματοποιείται μέσα από ένα μεταλλικό μοχλό (απεικονίζεται ως Latch στα δεξιά της εικόνας 5.4). Ο μοχλός αυτός είναι τοποθετημένος πάνω από τους αγωγούς και ασφαλίζεται από τον ηλεκτρομαγνητικό μοχλό που βρίσκεται στο εσωτερικό του οχήματος, καθιστώντας αδύνατη την αποσύνδεση του μέσου σύνδεσης κατά τη διάρκεια της φόρτισης. Στη σχηματική απεικόνιση της υποδοχής Τύπου 1 (Εικόνα 5.3), όπου PP είναι ο πιλότος εγγύτητας, όπου L1 είναι η μονή φάση του εναλλασσόμενου ρεύματος, όπου CP είναι ο πιλότος ελέγχου, όπου N είναι το ουδέτερο, όπου PE είναι η γείωση κι όπου CS είναι ο αγωγός επικοινωνίας [135]



Εικόνα 5.4: AC φόρτιση Τύπος 1. Υποδοχή (αριστερά) και βύσμα (δεξιά) [135].

5.4.4. Τύπος 2: AC καλώδιο φόρτισης - C-Line για συμβατική φόρτιση (EU)

Το καλώδιο φόρτισης Τύπου 2 AC έχει αναπτυχθεί με βάση το πρότυπο IEC 62196-2 για την ευρωπαϊκή αγορά. Είναι κατασκευασμένο από κατάλληλα υλικά υψηλής ποιότητας, έτσι ώστε να διευκολύνουν την ανθρώπινη χρήση και να παρουσιάζουν αξιοπιστία και ασφάλεια στο χρήστη. Σε ιδιωτικούς σταθμούς φόρτισης, επιτρέπεται φόρτιση μέχρι και 22 kW, ενώ στους δημόσιους επιτρέπεται φόρτιση έως και 43 kW. Το εκτιμώμενο τριφασικό ρεύμα φθάνει μέχρι 32 A. Στη σχηματική απεικόνιση της υποδοχής Τύπου 2 (Εικόνα 5.5), όπου PP είναι ο πιλότος εγγύτητας, όπου L1, L2 και L3 είναι οι τρεις φάσεις του εναλλασσόμενου ρεύματος, όπου CP είναι ο πιλότος ελέγχου, όπου N είναι το ουδέτερο κι όπου PE είναι η γείωση [135].

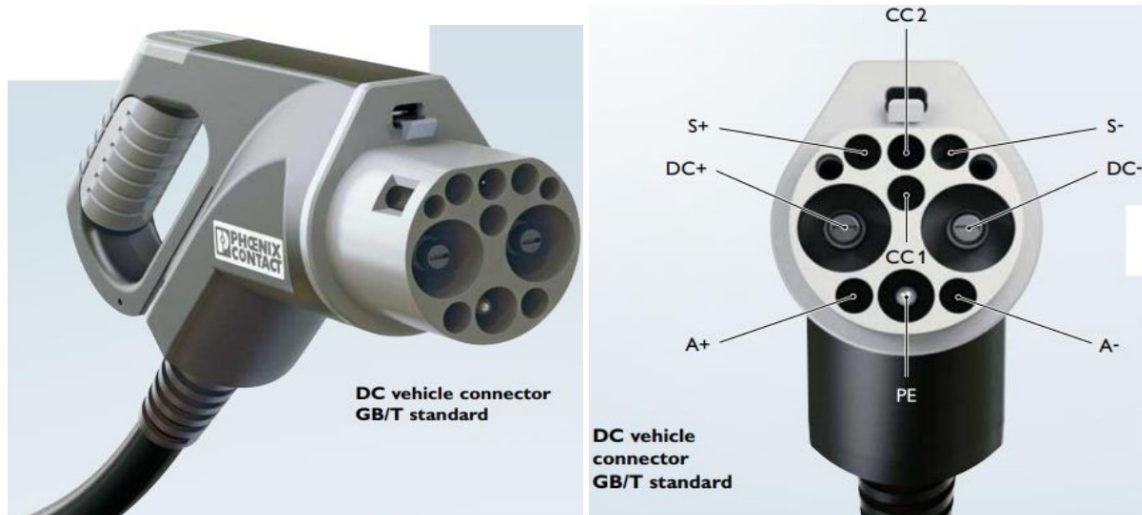


Εικόνα 5.5: AC φόρτιση Τύπος 2. Βύσμα (αριστερά) και υποδοχή (δεξιά) [135].

5.4.5. GB/T DC καλώδιο φόρτισης για γρήγορη φόρτιση (CN).

Το DC καλώδιο φόρτισης τύπου GB/T έχει αναπτυχθεί με βάση το πρότυπο GB/T 20234.3-2015 για την κινεζική αγορά που επιτρέπει ρεύμα μέχρι 125 A και τάση μέχρι 750 V DC. Η κεφαλή του βύσματος φόρτισης έχει εφοδιαστεί με ένα μοναδικό ηλεκτρομηχανικό μηχανισμό

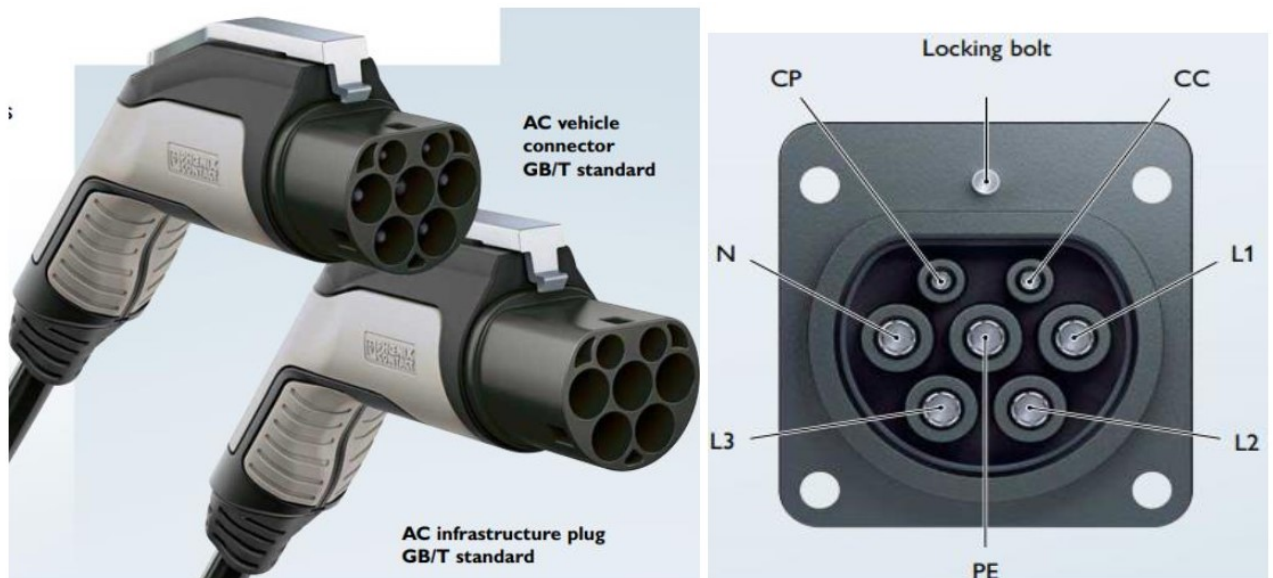
κλειδώματος/ξεκλειδώματος που εξασφαλίζει την σταθερή τοποθέτηση του μέσου σύνδεσης στο ηλεκτρικό όχημα σε όλη τη διάρκεια φόρτισης. Οι επαφές ισχύος με την υποδοχή στο ηλεκτρικό όχημα είναι ενισχυμένες με ασήμι και διαθέτουν αισθητήρες θερμοκρασίας για την μέτρηση της θερμοκρασίας τους. Στη σχηματική απεικόνιση της υποδοχής GB/T (Εικόνα 5.6), όπου PE είναι η γείωση, κι όπου DC είναι το σταθερό ρεύμα, κι όπου CC1/2 και S είναι επαφές επικοινωνίας [135].



Εικόνα 5.6: DC φόρτιση Τύπος GB/T. Βύσμα (αριστερά) και υποδοχή (δεξιά) [135].

5.4.6. GB/T AC καλώδιο φόρτισης - C - Line για συμβατική φόρτιση (CN).

Το AC καλώδιο φόρτισης τύπου GB/T έχει αναπτυχθεί με βάση το πρότυπο GB/T 20234.2-2015 για την κινεζική αγορά και επιτρέπει ρεύμα μέχρι 32 A και τάση μέχρι 480 V AC. Υποστηρίζει μονοφασική ή τριφασική AC φόρτιση και είναι εφοδιασμένο όχι μόνο με ηλεκτρομηχανικό μηχανισμό κλειδώματος και ξεκλειδώματος αλλά και με επιχρισμένες επιφάνειες ισχύος με ασήμι. Στη σχηματική απεικόνιση της υποδοχής GB/T (Εικόνα 5.7), όπου PE είναι η γείωση, κι όπου DC είναι το σταθερό ρεύμα, κι όπου CC1/2 και S είναι επαφές επικοινωνίας [135].

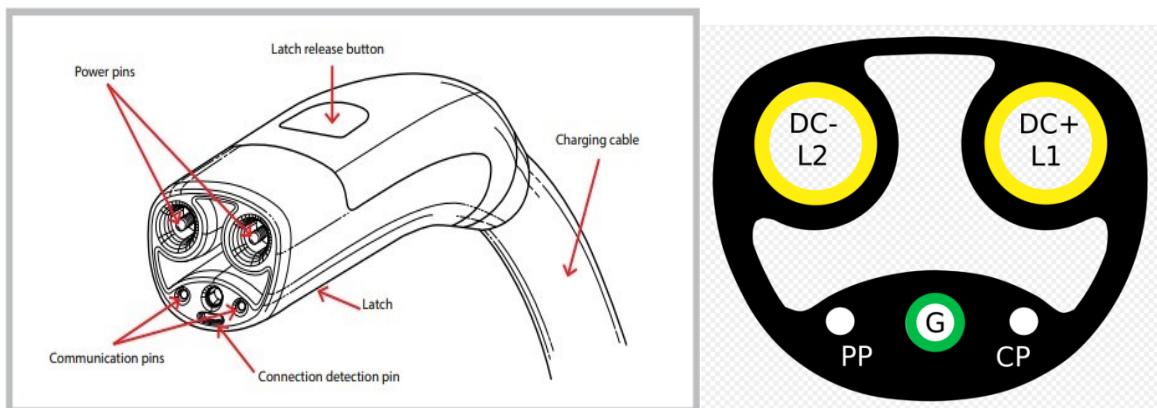


Εικόνα 5.7: AC φόρτιση Τύπος GB/T. Βύσμα (αριστερά) και υποδοχή (δεξιά) [135].

5.4.7. Tesla Supercharger – North American Charging Standard (NACS)

Η αυτοκινητοβιομηχανία Tesla δημιούργησε τον φορτιστή Tesla Supercharger το 2012. Χαρακτηριστικό του φορτιστή αυτού ήταν να μπορεί να επαναφορτίζει όλα τα μοντέλα της Tesla που

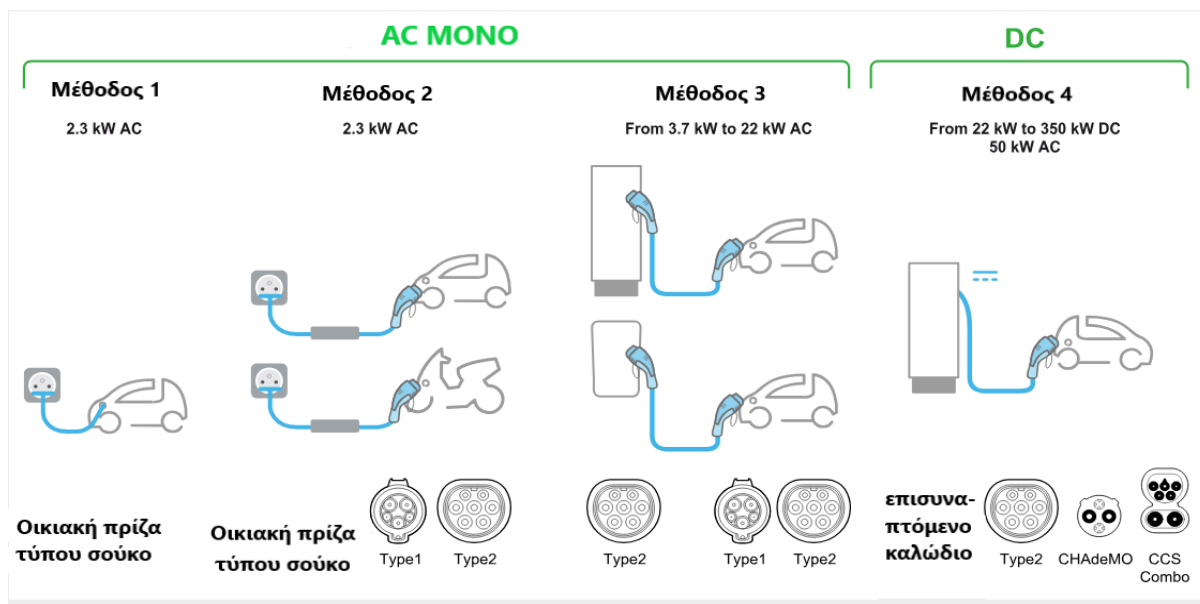
κυκλοφόρησαν από το 2012 σε ποσοστό 80% εντός 30 λεπτών. Ο φορτιστής αυτός μετονομάστηκε σε North American Charging Standard (NACS) τον 2022 προκειμένου να επεκταθεί η χρήση του σε άλλους αμερικανούς κατασκευαστές. Παρά τη χρήση του όρου στο όνομά του, το NACS δεν έχει αναγνωριστεί από διεθνή οργανισμό ανάπτυξης προτύπων. Βέβαια, η Ford Motor Company, η General Motors και η Rivian ανακοίνωσαν ότι σκοπεύουν να εξοπλίσουν τα μελλοντικά οχήματά τους με εισαγωγές φόρτισης NACS [136]. Το καλώδιο υποστηρίζει μονοφασική AC και DC φόρτιση με τάση που μπορεί να φτάσει μέχρι 240 V AC / 1,000 V DC. Στη σχηματική απεικόνιση της υποδοχής του όπου G είναι η γείωση, όπου DC είναι το σταθερό ρεύμα, όπου L1/L2 είναι το εναλλασσόμενο ρεύμα, όπου PP είναι ο πιλότος εγγύτητας κι όπου CP είναι ο πιλότος ελέγχου [137].



Εικόνα 5.8: AC/DC φόρτιση Τύπος Tesla Supercharger/NACS Βύσμα (αριστερά) και υποδοχή (δεξιά) [137].

5.5. ΜΕΘΟΔΟΙ ΦΟΡΤΙΣΗΣ

Το διεθνές πρότυπο IEC 61851-1 με θέμα το «Σύστημα αγωγίμης φόρτισης ηλεκτρικού οχήματος» έχει ορίσει τέσσερις μέθοδοι φόρτισης, οι οποίες, ανάλογα με τις ανάγκες των χρηστών και των δυνατοτήτων ηλεκτροδότησης κάθε σημείου φόρτισης, προσφέρουν διαφορετική ποιότητα, ταχύτητα και δυνατότητες φόρτισης [138]. Σχηματικά απεικονίζονται στην εικόνα 5.9 και αναλύονται παρακάτω:



Εικόνα 5.9: Μέθοδοι φόρτισης & Ρευματολήπτες [137]

Μέθοδος 1 (Mode 1) – Οικιακή πρίζα τύπου σούκο- οικιακή εγκατάσταση

Η μέθοδος 1 είναι ένα είδος φόρτισης σύμφωνα με το οποίο συνδέεται ένα ηλεκτρικό όχημα μέσω μίας οικιακής πρίζας τύπου σούκο σε ένα δίκτυο παροχής AC, χρησιμοποιώντας ένα τυπικό καλώδιο και βύσμα, χωρίς πρόσθετο εξοπλισμό. Οι ονομαστικές τιμές για το ρεύμα και την τάση δεν πρέπει να υπερβαίνουν τα 16 A και 250 V AC για μονοφασική εγκατάσταση και τα 16 A και 480 V AC για τριφασική εγκατάσταση αντίστοιχα. Λόγω του ότι η ισχύς της μεθόδου 1 είναι μόνο 2,3 kW, ο χρόνος φόρτισης διαρκεί αρκετές ώρες. Η μέθοδος 1 είναι η πιο απλή, αλλά καθώς δεν υπάρχει αποκλειστικό κύκλωμα ή εξοπλισμός για τη φόρτιση του ηλεκτρικού οχήματος, παρουσιάζει τους ακόλουθους κινδύνους:

α) απενεργοποίηση διακόπτη κυκλώματος. Δεδομένου ότι η πρίζα επαναφόρτισης που χρησιμοποιείται μοιράζεται το ίδιο κύκλωμα εξόδου του πίνακα διανομής με άλλες πρίζες, εάν το άθροισμα της κατανάλωσης ενέργειας υπερβαίνει το όριο προστασίας (ασφάλεια 16A), ο διακόπτης κυκλώματος θα απενεργοποιηθεί, διακόπτοντας τη φόρτιση του οχήματος.

β) κίνδυνος πυρκαγιάς ή ηλεκτροπληξίας σε περίπτωση αχρήστευσης τους λόγω παλαιότητας ή μη συμμόρφωσης της ηλεκτρικής εγκατάστασης. Για αυτούς τους κινδύνους και τους περιορισμούς, η χρήση αυτής της λειτουργίας είναι περιορισμένη και ακόμη και απαγορευμένη σε ορισμένες χώρες όπως οι ΗΠΑ.

Μέθοδος 2 (Mode 2) – Οικιακή πρίζα με εξοπλισμό τροφοδοσίας AC για ηλεκτρικά οχήματα – οικιακή εγκατάσταση

Η μέθοδος 2 είναι ένα είδος φόρτισης σύμφωνα με το οποίο συνδέεται ένα ηλεκτρικό όχημα σε μια οικιακή πρίζα, που διαθέτει όμως πιλότο ελέγχου. Υπάρχει επίσης σύστημα προσωπικής προστασίας από ηλεκτροπληξία, το οποίο έχει ενσωματωθεί στο καλώδιο σύνδεσης μεταξύ του τυπικού βύσματος και του ηλεκτρικού αυτοκινήτου. Οι ονομαστικές τιμές για το ρεύμα και την τάση δεν πρέπει να υπερβαίνουν τα 32 A και 250 V AC στη μονοφασική και τα 32 A και 480 V AC σε μια τριφασική εγκατάσταση αντίστοιχα. Η ισχύς της μεθόδου 2 είναι επίσης 2,3 kW. Η μέθοδος 2 περιορίζεται σε οικιακές ηλεκτρικές εγκαταστάσεις και το καλώδιο σύνδεσης παρέχεται συνήθως με το ηλεκτρικό αυτοκίνητο.

Μέθοδος 3 (Mode 3) - Εξοπλισμός AC για ηλεκτρικά οχήματα μόνιμα συνδεδεμένος σε δίκτυο παροχής AC

Η μέθοδος 3 είναι ένα είδος φόρτισης σύμφωνα με το οποίο ένα ηλεκτρικό όχημα συνδέεται σε έναν εξοπλισμό τροφοδοσίας AC που ονομάζεται σταθμός φόρτισης ηλεκτρικού οχήματος (ή φορτιστής EV). Ο σταθμός αυτός ενσωματώνει λειτουργίες προστασίας και ελέγχου. Επειδή το εύρος ισχύος του στη μέθοδο 3 είναι από 3,7 kW έως 22 kW AC, οπότε είναι υψηλότερο σε σχέση με τις μεθόδους 1 και 2, επιτρέπει τη γρήγορη φόρτιση ηλεκτρικών αυτοκινήτων.

Η προσθήκη ενός πιλότου ελέγχου στο καλώδιο φόρτισης επιτρέπει την επικοινωνία μεταξύ του ηλεκτρικού οχήματος και του εξοπλισμού φόρτισης μέσω τυπικών πρωτοκόλλων. Επιτρέπει επίσης την υλοποίηση λειτουργιών ελέγχου, όπως η επαλήθευση ότι το ηλεκτρικό όχημα είναι σωστά συνδεδεμένο με σταθμό φόρτισης, η συνεχής επαλήθευση της ακεραιότητας του προστατευτικού αγωγού, η ενεργοποίηση και απενεργοποίηση του τροφοδοτικού και η μετάδοση πληροφοριών σχετικά με το μέγιστο επιτρεπόμενο ρεύμα.

Η μέθοδος 3 συνίσταται καταρχήν επειδή η χρήση ενός αποκλειστικού και ανεξάρτητου ηλεκτρικού κυκλώματος εξαλείφει τον κίνδυνο σύνδεσης με μια μη συμμορφούμενη εγκατάσταση. Με τον τρόπο αυτό διασφαλίζεται η ασφάλεια της ιδιοκτησίας και των ανθρώπων. Επίσης, μέσω της λειτουργίας ελέγχου που διαχειρίζεται τη φόρτιση του οχήματος, βελτιστοποιείται η κατανάλωση ηλεκτρικής

ενέργειας ανάλογα με τις ανάγκες του χρήστη. Τέλος, εξασφαλίζεται η βέλτιστη φόρτιση των μπαταριών και διατηρείται η διάρκεια ζωής τους.

Μέθοδος 4 (Mode 4) – Εξοπλισμός τροφοδοσίας DC για ηλεκτρικά οχήματα.

Η μέθοδος 4 είναι ένα είδος φόρτισης σύμφωνα με το οποίο η φόρτιση πραγματοποιείται μέσω εξοπλισμού τροφοδοσίας DC EV, που ονομάζεται, όπως και στη λειτουργία 3, σταθμός φόρτισης ηλεκτρικού οχήματος (ή φορτιστής EV), συνδεδεμένος σε δίκτυο τροφοδοσίας AC ή DC. Ο σταθμός αυτός παρέχει ρεύμα συνεχούς ρεύματος απευθείας στην μπαταρία, παρακάμπτοντας τον ενσωματωμένο φορτιστή. Η φόρτιση του ηλεκτρικού οχήματος μπορεί να γίνει πολύ πιο γρήγορα από ότι στις μεθόδους 1, 2 και 3, καθώς το εύρος φόρτισης ηλεκτρικής ισχύος είναι από 22 kW έως 350 KW DC. Μπορεί επίσης να φορτίσει με ισχύ 50 kW AC. Στη μέθοδο 4, η ψηφιακή επικοινωνία μεταξύ του ηλεκτρικού οχήματος και του εξοπλισμού τροφοδοσίας EV είναι υποχρεωτική και θα πρέπει να συμμορφώνεται με τις απαιτήσεις που περιγράφονται στο IEC 61851-24 [138].

5.6. ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΦΟΡΤΙΣΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ

Ο χρόνος φόρτισης μπορεί να υπολογιστεί χονδρικά ως ο λόγος της χωρητικότητας της μπαταρίας του ηλεκτρικού οχήματος προς την ισχύ φόρτισης. Η ισχύς φόρτισης περιορίζεται στην ισχύ που μπορεί να αποδώσει ο σταθμός φόρτισης και σε αυτήν που μπορεί να δεχθεί το ηλεκτρικό όχημα.

$$\text{Χρόνος Φόρτισης (h)} = \frac{\text{Χωρητικότητα μπαταρίας EV (kWh)}}{\text{Ισχύς Φόρτισης (kW)}} \quad (5.1)$$

όπου Ισχύς φόρτισης (kW) = min (Ισχύς ενσωματωμένου φορτιστή EV; Ισχύς σταθμού φόρτισης)

Για παράδειγμα, για ένα ηλεκτρικό όχημα που διαθέτει μία συστοιχία μπαταριών χωρητικότητας 40 kWh και έναν ενσωματωμένο φορτιστή 6,6 kW για φόρτιση AC, ο εκτιμώμενος χρόνος πλήρους φόρτισης είναι:

A) 11 ώρες για οικιακό σταθμό φόρτισης 3,7 kW (40 kWh / 3,7 kW)

B) 6,5 ώρες για σταθμό φόρτισης AC των 11 kW (40 kWh / 6,6 kW, 6,6 kW λόγω του περιορισμού του ενσωματωμένου φορτιστή)

Γ) 50 λεπτά για σταθμό γρήγορης φόρτισης DC των 50 kW (40 kWh / 50 kW)

Δ) 10 λεπτά για σταθμό DC εξαιρετικά γρήγορης φόρτισης 250 kW (40 kWh / 250 kW)

Είναι σημαντικό να τονιστεί ότι ο παραπάνω τύπος παρέχει μια κατά προσέγγιση εκτίμηση. Ο πραγματικός χρόνος φόρτισης είναι συνήθως μεγαλύτερος για τους ακόλουθους λόγους:

- i) Τα ηλεκτρικά οχήματα δεν φορτίζονται συνεχώς με τη μέγιστη ισχύ. Πιο συγκεκριμένα, η φόρτιση DC (λειτουργία 4) φορτίζει πολύ γρήγορα έως ότου η μπαταρία φτάσει στο 80% - 90% της χωρητικότητάς της, και επιβραδύνεται σημαντικά για το υπόλοιπο 10-20%.
- ii) η ταχύτητα φόρτισης εξαρτάται από τη θερμοκρασία της μπαταρίας. Η βέλτιστη θερμοκρασία για φόρτιση είναι μεταξύ 20°C και 30°C. Εάν η θερμοκρασία της μπαταρίας είναι εκτός αυτού του εύρους, η φόρτιση μπορεί να είναι πιο αργή.
- iii) Η ταχύτητα φόρτισης εξαρτάται επίσης από το μοντέλο του ηλεκτρικού οχήματος και από τον αλγόριθμο φόρτισης του σταθμού φόρτισης [138].

Επομένως, η φόρτιση των αυτοκινήτων ανάλογα με τον χρόνο που διαρκεί διακρίνεται στις εξής κατηγορίες: Αργή AC 6-8 ώρες, Γρήγορη AC 3-4 ώρες, Ταχεία AC 30-60 λεπτά και Ταχεία DC 20-40 λεπτά [135].

5.7. ΤΟΠΟΛΟΓΙΑ ΕΝΣΥΡΜΑΤΩΝ ΦΟΡΤΙΣΤΩΝ

5.7.1. Γαλβανική απομόνωση στους φορτιστές

Οι φορτιστές αποτελούνται κυρίως από το στάδιο ανόρθωσης της τάσης AC/DC που διασφαλίζει αποδεκτή ποιότητα ισχύος στην πλευρά του δικτύου (Power factor correction, PFC) και ένα στάδιο ρύθμισης της τάσης εξόδου. Η τοπολογία των σταδίων ανόρθωσης της τάσης AC/DC και ρύθμισης της τάσης εξόδου DC/DC διαφοροποιείται ανάλογα με αν η ροή της ισχύος είναι μονόδρομη ή αμφίδρομη [140].

Κάθε σύστημα ηλεκτρικής φόρτισης θα πρέπει να παρέχει απομόνωση ανάμεσα στο δίκτυο και το όχημα. Η τεχνική απομόνωσης χρησιμοποιείται κατά το σχεδιασμό μιας ηλεκτρικής συσκευής που χρησιμοποιεί περισσότερες τάσεις λειτουργίας και σήματα έτσι ώστε να αποφευχθεί το ένα σήμα να βλάπτει το άλλο. Η απομόνωση παίζει βασικό ρόλο στην ασφάλεια, αποφεύγοντας τις συνθήκες βλάβης των προϊόντων ποιότητας στις βιομηχανίες. Σε βιομηχανικά, καταναλωτικά αγαθά, ιατρικά και στον τομέα των επικοινωνιών χρησιμοποιείται η γαλβανική απομόνωση. Πρόκειται για μια εξαιρετικά σημαντική παράμετρο με τεράστια εφαρμογή [141].

Πιο συγκεκριμένα, η γαλβανική απομόνωση είναι η αρχή σύμφωνα με την οποία απομονώνονται λειτουργικά τμήματα ενός ηλεκτρικού συστήματος αποτρέποντας τη ροή ρεύματος. Η πληροφορία ή η ενέργεια μπορεί να μεταδίδεται μεταξύ των τμημάτων ενός κυκλώματος με ποικίλους τρόπους όπως για παράδειγμα με ηλεκτρομαγνητικά κύματα ή οπτικά μέσω φωτός. Επομένως, η γαλβανική απομόνωση πρέπει να χρησιμοποιείται όταν δύο ή και περισσότερα ηλεκτρικά κυκλώματα πρέπει να επικοινωνήσουν αλλά οι γειώσεις τους είναι σε διαφορετικά δυναμικά. Με τον τρόπο αυτό, μπορεί να αποφευχθεί ο βρόχος γείωσης αποτρέποντας ανεπιθύμητη ροή ρεύματος μεταξύ δύο μονάδων που μοιράζονται κοινή γείωση. Μια εφαρμογή της θα μπορούσε να είναι όταν ένας αισθητήρας μετρά υψηλή τάση όπως είναι αυτή των 230V, και το σύστημα ελέγχου πρέπει να προστατευθεί [142].

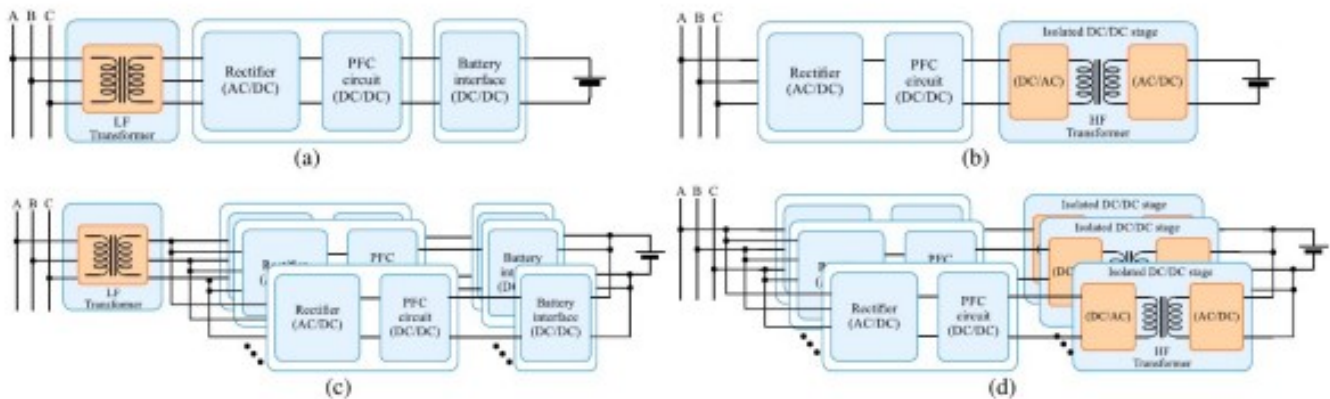
Η γαλβανική απομόνωση πέρα από την ασφάλεια, δίνει την δυνατότητα πολλαπλοί φορτιστές να συνδεθούν παράλληλα. Η γαλβανική απομόνωση μπορεί να επιτευχθεί με 2 τρόπους:

α) με τη χρήση μετασχηματιστή χαμηλής συχνότητας πριν από το στάδιο του ανορθωτή. Σε αυτή την περίπτωση οι μη απομονωμένοι μετατροπείς DC/DC έχουν υψηλή απόδοση, μικρό κόστος και μέγεθος και απλή δομή. Παρόλα αυτά, το συνολικό κόστος θα είναι αυξημένο εξαιτίας του μετασχηματιστή χαμηλής συχνότητας.

β) με τη χρήση μετασχηματιστή υψηλής συχνότητας DC/DC με γαλβανική απομόνωση. Σε αντίθεση με τον προηγούμενο τρόπο, τα βασικά προτερήματα στην περίπτωση αυτή είναι η δυνατότητα προσαρμογής της τάσης και το μικρότερο μέγεθος της διάταξης [140].

Στην εικόνα 5.10 φαίνεται η τοπολογία του φορτιστή (α) με μετασχηματιστή χαμηλής συχνότητας και (β) με υψηλής συχνότητας μετασχηματιστή και οι αντίστοιχες τοπολογίες όταν ο φορτιστής αποτελείται από πολλαπλά τμήματα (c) με μετασχηματιστή χαμηλής συχνότητας και (d) με υψηλής συχνότητας μετασχηματιστή συνδεδεμένα παράλληλα.

Στην συνέχεια αναλύονται οι επιμέρους τοπολογίες που χρησιμοποιούνται α. στο στάδιο ανόρθωσης, β. στο στάδιο μετατροπής DC/DC με γαλβανική απομόνωση και γ. στο στάδιο μετατροπής DC/DC χωρίς γαλβανική απομόνωση.



Εικόνα 5.10: Τοπολογία φορτιστή Ηλεκτρικών Οχημάτων [140]

5.7.2. Στάδιο ανόρθωσης (AC/DC)

Το στάδιο της ανόρθωσης αποτελεί την διεπαφή μεταξύ του δικτύου και του φορτιστή. Για το στάδιο αυτό απαιτείται υψηλή ποιότητα ισχύος και στις δύο πλευρές, η οποία επιτυγχάνεται με την διαμόρφωση του ρεύματος εισόδου και της τάσης εξόδου.

A) Μονόδρομη ροή ισχύος: Στη συγκεκριμένη περίπτωση μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένας μετατροπέας Vienna. Βασικό αρνητικό της διάταξης αυτής είναι η περιορισμένη δυνατότητα ελέγχου της αέργου ισχύος.

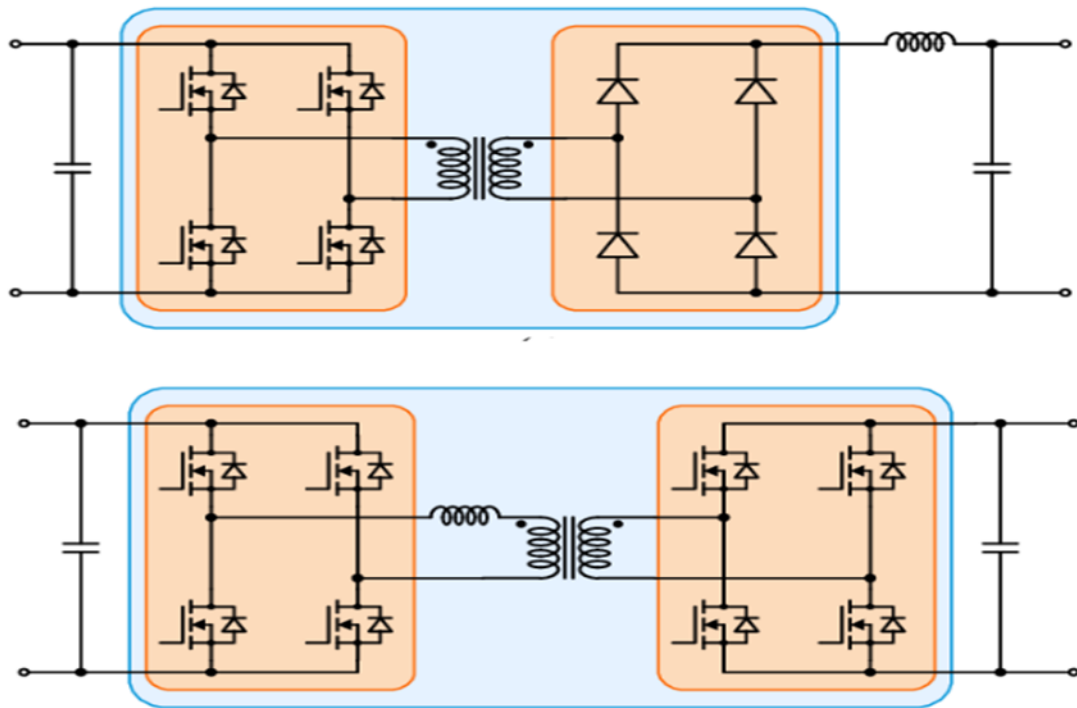
B) Αμφίδρομη ροή ισχύος: Εξαιτίας της απλότητας της διάταξης και του ελέγχου, καθώς και της διαθεσιμότητας χαμηλού κόστους IGBT με ικανοποιητικά επίπεδα ρεύματος και τάσης, επιλέγεται συνήθως ο τριφασικός μετατροπέας PWM με LCL φίλτρο στην είσοδο. Ο μετατροπέας αυτός έχει τάση εξόδου μεγαλύτερη από την πολική τάση εισόδου, χρησιμοποιεί 6 διακόπτες, δημιουργεί μικρή αρμονική παραμόρφωση στο ρεύμα εισόδου και επιτρέπει ευρύ περιθώριο ελέγχου του συντελεστή ισχύος [140].

5.7.3. Στάδιο ρύθμισης τάσης εξόδου (DC/DC) με γαλβανική απομόνωση.

A) Μονόδρομη ροή ισχύος: Στη συγκεκριμένη περίπτωση μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένας μετατροπέας Phase Shift Full Bridge (PSFB). Όταν ο μετατροπέας λειτουργεί με έλεγχο PWM έχει την δυνατότητα έναυσης των διακοπών υπό μηδενική τάση (Zero Voltage Switching ZVS). Βασικά μειονεκτήματα της διάταξης αυτής είναι οι απώλειες σβέσης και οι αυξημένες απώλειες των διόδων.

B) Αμφίδρομη ροή ισχύος: Εξαιτίας της απλότητας της διάταξης και της δυνατότητας ZVS, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ο μετατροπέας Dual Active Bridge (DAB). Ο μετατροπέας αυτός προσφέρει υψηλή απόδοση, δυνατότητα ανύψωσης και υποβιβασμού και μειωμένη καταπόνηση των διακοπτικών στοιχείων. Ένας φορτιστής θα πρέπει να είναι σε θέση να λειτουργεί σε ένα μεγάλο εύρος τάσεων, το οποίο μπορεί να οδηγήσει σε αυξημένη άεργο ισχύ και αδυναμία επίτευξης ZVS. Προκειμένου όμως να υπάρχει υψηλή απόδοση σε ένα ευρύ φάσμα τάσεων στο φορτιστή, διάφορες σύνθετες τεχνικές ελέγχου έχουν προταθεί, όπως η διαμόρφωση Dual Phase Shift (DPS), η οποία προσθέτει έναν επιπλέον βαθμό ελευθερίας στο duty cycle και μπορεί να ελαχιστοποιήσει την καταπόνηση ρεύματος στους διακόπτες. Επίσης, η διαμόρφωση Triple Phase Shift (TPS) αποτελεί γενίκευση της DPS προσθέτοντας έναν ακόμα βαθμό ελευθερίας και επιτυγχάνοντας ακόμα μεγαλύτερα εύρη λειτουργίας υπό ZVS και

βελτιωμένη απόδοση [140] Η τοπολογία στο στάδιο ρύθμισης τάσης εξόδου (DC/DC) με γαλβανική απομόνωση απεικονίζεται σχηματικά στην εικόνα 5.11.



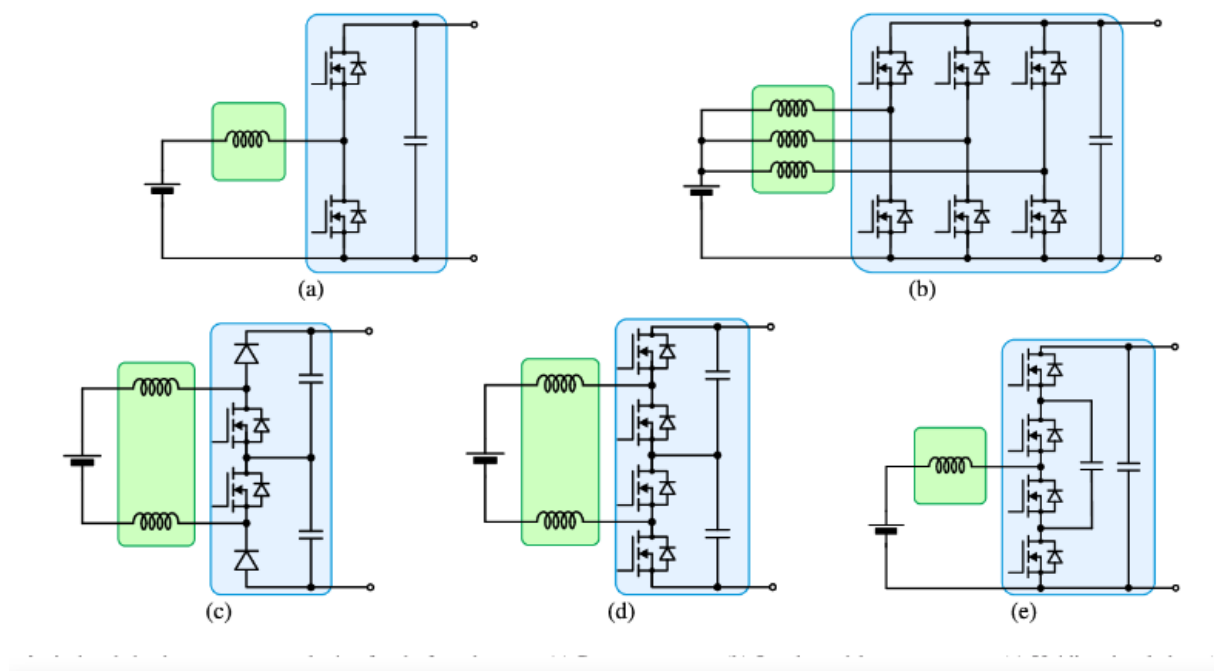
Εικόνα 5.11: Τοπολογίες DC/DC σταδίου με γαλβανική απομόνωση, Shift Full Bridge (PSFB) [πάνω], (β) Dual Active Bridge (κάτω) [143].

5.7.4. Στάδιο ρύθμισης τάσης εξόδου (DC/DC) χωρίς γαλβανική απομόνωση

Στους μετατροπείς αυτού του είδους, οι διατάξεις αμφίδρομης ροής δεν έχουν μόνο υψηλότερη απόδοση αν συγκριθούν με τις αντίστοιχες μονόδρομης, αλλά έχουν πιο απλό έλεγχο από αυτές. Σε περίπτωση που η τάση εξόδου του σταδίου ανόρθωσης είναι μεγαλύτερη από την τάση της μπαταρίας μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένας μετατροπέας τύπου Buck (Εικόνα 5.12a). Μπορεί να είναι η απλούστερη τοπολογία σε μη απομονωμένο μετατροπέα DC/DC, παρόλα αυτά η ισχύς εξόδου είναι περιορισμένη. Προκειμένου οι δυνατότητες μεταφοράς ρεύματος να αυξηθούν και να μειωθεί παράλληλα η κυμάτωση του ρεύματος, μπορούμε να χρησιμοποιηθεί ένας πολυφασικός buck μετατροπέας (Εικόνα 5.12b).

Μια άλλη τοπολογία είναι ένας μετατροπέας Buck τριών επιπέδων. Στην εικόνα 5.12c απεικονίζονται οι διατάξεις μονόδρομης ροής ισχύος ενώ στην εικόνα 5.12d εμφανίζονται οι διατάξεις αμφίδρομης ροής ισχύος. Ο μετατροπέας αυτός προσφέρει μειωμένη αρμονική παραμόρφωση σε σύγκριση με την απλή εκδοχή του, ενώ παράλληλα έχει μειωμένη κυμάτωση ρεύματος. Σε σχέση με ένα διφασικό Buck μετατροπέα έχει αυξημένη απόδοση. Ωστόσο ο μετατροπέας Boost τριών επιπέδων δεν μπορεί να παραλληλιστεί εύκολα, εξαιτίας των μεγάλων κυκλοφορούντων ρευμάτων.

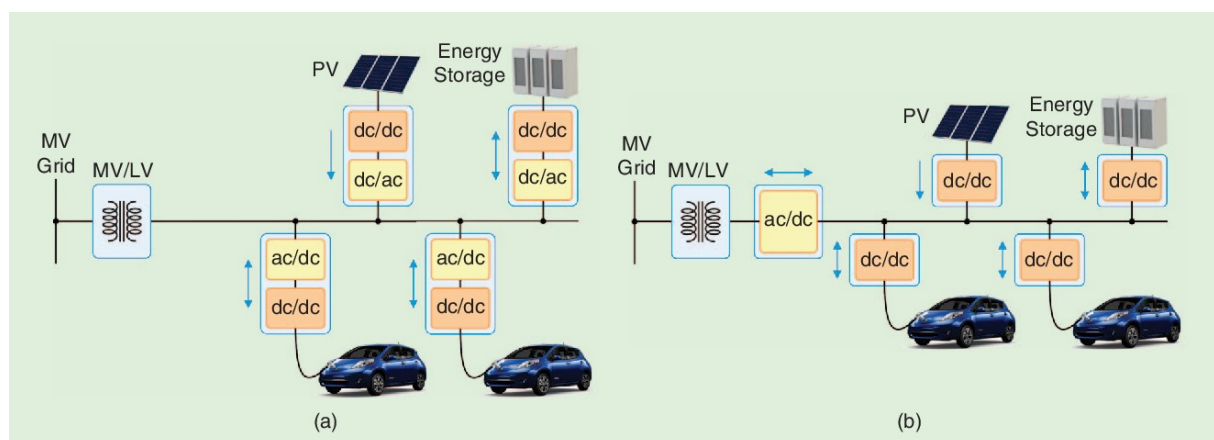
Τέλος υπάρχει και ο Buck τριών επιπέδων με αιωρούμενους πυκνωτές, ο οποίος απεικονίζεται στην εικόνα 5.12e. Χρησιμοποιεί όχι μόνο μικρότερη επαγωγή σε σχέση με τον απλό Buck αλλά επιπλέον μπορεί εύκολα να επιτύχει μεγάλη ισχύ εξόδου μέσω παράλληλων κλάδων (140).



Εικόνα 5.12 Εικόνα 5.12: Τοπολογίες DC/DC σταδίου χωρίς γαλβανική απομόνωση (α) Μετατροπέας Buck (b) Πολυφασικός μετατροπέας Buck (c) μονόδρομος μετατροπέας Buck 3ων επιπέδων. (d) αμφίδρομος μετατροπέας Buck 3ων επιπέδων. (e) Μετατροπέας Buck 3ων επιπέδων με αιωρούμενους πυκνωτές [143]

5.7.5. Τοπολογία ενός σταθμού φόρτισης

Καθώς ο αριθμός των ηλεκτρικών αυτοκινήτων πολλαπλασιάζεται κάθε χρόνο, θεωρείται επιτακτική η ανάγκη να υπάρχει η δυνατότητα πολλά οχήματα να φορτίζουν ταυτόχρονα σε ένα σταθμό φόρτισης. Εφόσον ένας σταθμός φόρτισης τροφοδοτείται από ένα δίκτυο μέσης τάσης τότε πολλαπλοί φορτιστές θα μπορούσαν να είναι συνδεδεμένοι μετά τον μετασχηματιστή υποβιβασμού στο ίδιο υποδίκτυο. Το υποδίκτυο αυτό, το οποίο θα μπορούσε να περιλαμβάνει μονάδες αποθήκευσης ενέργειας ή φωτοβολταϊκή παραγωγή, είναι δυνατόν να είναι είτε εναλασσόμενης είτε σταθερής τάσης. Στην Εικόνα 5.13. φαίνεται μια σχηματική αναπαράσταση για (α) AC και (β) DC υποδίκτυο.



Εικόνα 5.13: Τοπολογία σταθμού φόρτισης (α) με AC υποδίκτυο (β) με DC υποδίκτυο [144]

Οι AC διασυνδεδεμένοι σταθμοί έχουν ως πλεονεκτήματα την διαθεσιμότητα και την ωριμότητα της τεχνολογίας του μετατροπέα, των διακοπών και των διατάξεων προστασίας καθώς και τα καθιερωμένα πρότυπα και πρακτικές για την διανομή εναλλασσόμενου ρεύματος. Όσον αφορά τα μειονεκτήματά τους, Το κυριότερο μειονέκτημα των AC διασυνδεδεμένων σταθμών είναι η ανάγκη ύπαρξης πολλαπλών AC/DC μετατροπέων προκειμένου να διασυνδεθούν για παράδειγμα τα DC φορτία με το AC δίκτυο. Το γεγονός αυτό προκαλεί από τη μία πλευρά μείωση της απόδοσης του συστήματος ενώ από την άλλη πλευρά αύξηση της πολυπλοκότητας, μιας και κάθε στάδιο μετατροπής έχει ανάγκη από τα δικά του φίλτρα, μετρήσεις και έλεγχο. Εκτός αυτού, τα δίκτυα εναλλασσόμενου ρεύματος έχουν μεγαλύτερες προκλήσεις ως προς τον έλεγχο σε σύγκριση με τα δίκτυα σταθερού ρεύματος, επειδή πρέπει να διαχειριστούν την άεργο ισχύ και τον συγχρονισμό των αντιστροφών.

Όπως φαίνεται στην Εικόνα 5.13, τα πλεονεκτήματα της DC διασύνδεσης είναι ότι μειώνονται τα στάδια μετατροπής AC/DC και απαλλάσσεται από ζητήματα διαχείρισης αέργου και συγχρονισμού με το δίκτυο. Εξαιτίας των μειωμένων σταδίων μετατροπής, το συνολικό κόστος είναι μικρότερο και η απόδοση είναι συγκριτικά βελτιωμένη. Επιπρόσθετα, διευκολύνεται η σύνδεση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και μονάδων αποθήκευσης. Η δυνατότητα παράλληλης φόρτισης πολλαπλών οχημάτων μπορεί να προκαλέσει μεγάλες μεταβολές στην ζήτηση. Η πιθανότητα να συμπεριλαμβάνεται στο σταθμό φόρτισης μία μονάδα αποθήκευσης ενέργειας έχει ουσιαστικά προτερήματα μιας και η ιδιοκτησία του σταθμού έχει τη δυνατότητα ρύθμισης του προφίλ ζήτησης και κατά συνέπεια αποφυγής των ακριβών χρεώσεων υψηλής ζήτησης. Όσον αφορά τα μειονεκτήματα της DC διασύνδεσης, το γεγονός ότι υπάρχει ανορθωτής υψηλής ισχύος θέτει αυστηρές προδιαγραφές για την διασύνδεση στο δίκτυο. Εκτός αυτού, παρότι υπάρχει διαθεσιμότητα συσκευών προστασίας για DC δίκτυα χαμηλής τάσης, όπως για παράδειγμα ασφάλειες, διακόπτες και ρελέ, δεν υπάρχουν καθιερωμένα πρότυπα που να συντονίζουν την προστασία ενός συνδεδεμένου στο σταθερό ρεύμα σταθμό φόρτισης. Αυτός ο συντονισμός της προστασίας της DC σύνδεσης αποτελεί μια σύνθετη συνάρτηση της τοπολογίας του συστήματος, της γείωσης, του είδους του σφάλματος, και πολλών άλλων. Το συγκεκριμένο ζήτημα γίνεται περισσότερο εμφανές στην περίπτωση που οι φορτιστές είναι αμφίδρομης ροής ισχύος. Άλλο μειονέκτημα είναι το ότι η DC διασύνδεση έχει περιορισμένη αδράνεια και είναι ευαίσθητη σε διαταραχές προκαλώντας πιθανές αστάθειες. Τελευταίο αρνητικό σημείο θεωρείται η ανάγκη εγκατάστασης μετρητών που θα χρησιμοποιηθούν για την μέτρηση της παραγωγής ΑΠΕ και την κατανάλωση των φορτιστών[140].

Στον πίνακα 5.1 συνοψίζεται η σύγκριση της AC και DC διασύνδεσης, όπως αναφέρθηκε αναλυτικά παραπάνω.

ΠΑΡΑΓΟΝΤΑΣ	DC ΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΟ ΣΥΣΤΗΜΑ	AC ΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΟ ΣΥΣΤΗΜΑ
Διαθεσιμότητα	Χαμηλή	Υψηλή
Απόδοση	Υψηλή	Χαμηλή
Τεχνολογική ωριμότητα	Χαμηλή	Υψηλή
Περυπλοκότητα διατάξεων προστασίας	Υψηλή	Χαμηλή
Στάδια μετατροπής ac/dc	Λίγα	Πολλά
Πρότυπα για την μέτρηση	Όχι	Ναι
Περυπλοκότητα ελέγχου	Χαμηλή	Υψηλή
Κόστος	Χαμηλό	Υψηλό

Πίνακας 5.1: Περίληψη της σύγκρισης AC/DC διασύνδεσης [140]

5.8. ΑΣΥΡΜΑΤΟΙ ΦΟΡΤΙΣΤΕΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ

5.8.1. Λειτουργία ασύρματης φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων

Ο πρώτος ασύρματος φορτιστής ηλεκτρικών οχημάτων που ονομαζόταν Halo κυκλοφόρησε από την αμερικάνικη εταιρία Qualcomm το 2012.

Η ασύρματη φόρτιση ηλεκτρικών οχημάτων χρησιμοποιεί συντονισμένη ηλεκτρομαγνητική επαγωγή για τη μετάδοση ηλεκτρικού ρεύματος, μια διαδικασία που είναι επίσης γνωστή ως επαγωγική φόρτιση. Το ηλεκτρικό όχημα έχει ένα μαγνητικό πηνίο στο κάτω μέρος του οχήματος που λαμβάνει ηλεκτρική ενέργεια από το μαγνητικό πηνίο μέσα στην φορτιστή. Όταν τα δύο πηνία ευθυγραμμιστούν, ξεκινά η φόρτιση [139]



Εικόνα 5.14: Λειτουργία ασύρματης φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων [139].

5.8.2. Επιλογές ασύρματης φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων

Η ασύρματη φόρτιση διατίθεται σε δύο τύπους:

Στατική φόρτιση ηλεκτρικών οχημάτων (Σταθμός φόρτισης για το σπίτι ή το γραφείο)

Ο τύπος αυτός ασύρματης φόρτισης σημαίνει απλώς ότι το ηλεκτρικό όχημα δεν κινείται κατά τη φόρτιση. Αντί να συνδεθεί στην πρίζα, το ασύρματο EV είναι σταθμευμένο πάνω από το εγκατεστημένο πηνίο ασύρματης φόρτισης στον καθορισμένο χώρο.

Δυναμική φόρτιση EV (δρόμοι και αυτοκινητόδρομοι)

Η επαγωγική φόρτιση αναμένεται να ενσωματωθεί στους δρόμους, έτσι ώστε οι ιδιοκτήτες να μπορούν να φορτίζουν τα ηλεκτρικά τους οχήματα συνεχώς καθώς προχωρούν. Θα λειτουργεί παρόμοια με την κανονική ασύρματη φόρτιση και αναμένεται να λειτουργεί ομαλά σε ταχύτητες έως και 105 χιλιόμετρα την ώρα, επιτρέποντας στους ιδιοκτήτες ηλεκτρικών οχημάτων να οδηγούν μεγάλες αποστάσεις χωρίς να χρειάζεται να σταματήσουν για φόρτιση ή να κινδυνεύουν να μείνουν χωρίς ισχύ. Τον Σεπτέμβριο του 2021, η πολιτεία του Μίσιγκαν ανακοίνωσε μια συνεργασία με την Electreon για τη δημιουργία του πρώτου δρόμου ασύρματης φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων στις ΗΠΑ, μια έκταση 1,6 χιλιομέτρων στο Ντιτρόιτ που θα είναι διαθέσιμη στο κοινό όταν ολοκληρωθεί.

5.8.3. Απόδοση ασύρματης φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων

Η ασύρματη φόρτιση για ηλεκτρικά οχήματα θεωρείται εξίσου αποτελεσματική και γρήγορη με την ενσύρματη φόρτιση. Σύμφωνα με τον κορυφαίο κατασκευαστή σταθμών φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων WiTricity, ενώ οι ενσύρματοι φορτιστές τους έχουν απόδοση που κυμαίνεται μεταξύ 80-95%, οι ασύρματοι φορτιστές τους επιτυγχάνουν 90-93% απόδοση. Η ασύρματη φόρτιση για EV κατά το 2023 μπορεί να προσφέρει έως και 20 kW ισχύ φόρτισης και δεν υπάρχει τεχνολογικός περιορισμός που να εμποδίζει τις υψηλότερες ταχύτητες. Ωστόσο, ταχύτητες φόρτισης σε επίπεδο ταχυφορτιστών δεν αναμένονται στην αγορά σύντομα.

5.8.4. Πλεονεκτήματα ασύρματης φόρτισης EV

Η ασύρματη φόρτιση EV προσφέρει πολλά πλεονεκτήματα, ιδιαίτερα για τα επαγγελματικά οχήματα. Το βασικό πλεονέκτημα της ασύρματης φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων είναι ότι δεν υπάρχουν καλώδια. Οι ιδιοκτήτες ηλεκτρικών οχημάτων δεν χρειάζεται να κουβαλούν βαριά καλώδια φόρτισης ή να συνδέουν τα αυτοκίνητά τους σε κάθε σταθμό φόρτισης, μειώνοντας το άγχος της αυτονομίας. Τα καλώδια φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων μπορεί επίσης να καταστραφούν με την πάροδο του χρόνου, ιδιαίτερα σε περιοχές με υπερβολική ζέστη και κρύο, κάτι που μπορεί να είναι επικίνδυνο για το όχημα και τον ιδιοκτήτη του. Χωρίς καλώδια σημαίνει λιγότερο κίνδυνο και χαμηλότερο κόστος μιας και η αντικατάσταση καλωδίων είναι ιδιαίτερα ακριβή.

Η ασύρματη φόρτιση είναι απλά πιο βολική, ακόμη και όταν είναι διαθέσιμη μόνο ως στατική φόρτιση. Παρόλο που η ασύρματη φόρτιση δεν είναι ταχύτερη από την κανονική φόρτιση ηλεκτρικού οχήματος, εξοικονομείται χρόνος καθώς ο οδηγός δεν χρειάζεται να βγει από το όχημα προκειμένου να γίνει η σύνδεση. Όταν μάλιστα η δυναμική φόρτιση γίνει πραγματικότητα, ο χρόνος που θα εξοικονομηθεί κατά τη φόρτιση θα είναι ουσιώδης.

5.9. ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Στο πέμπτο κεφάλαιο της εργασίας έγινε μια αναλυτική παρουσίαση των φορτιστών μπαταριών των ηλεκτρικών οχημάτων. Στην αρχή παρατέθηκε ο ορισμός των φορτιστών και ακολούθησε η διαδικασία φόρτισης των ηλεκτρικών οχημάτων. Στη συνέχεια, αναφέρθηκαν τα χαρακτηριστικά ενσύρματων σταθμών φόρτισης καθώς και οι τύποι καλωδίων και ρευματοληπτών/ ρευματοδοτών που είναι κατάλληλοι για τη φόρτιση ηλεκτρικών οχημάτων. Κατόπιν περιγράφηκαν οι μέθοδοι φόρτισης, η τοπολογία των φορτιστών και έγινε υπολογισμός της ταχύτητας φόρτισης των ηλεκτρικών οχημάτων. Στο τέλος έγινε μία σύντομη αναφορά στους ασύρματους φορτιστές ηλεκτρικών οχημάτων.

Κεφάλαιο 6 Σταθμοί Φόρτισης στην ΕΕ και στην Ελλάδα

6.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

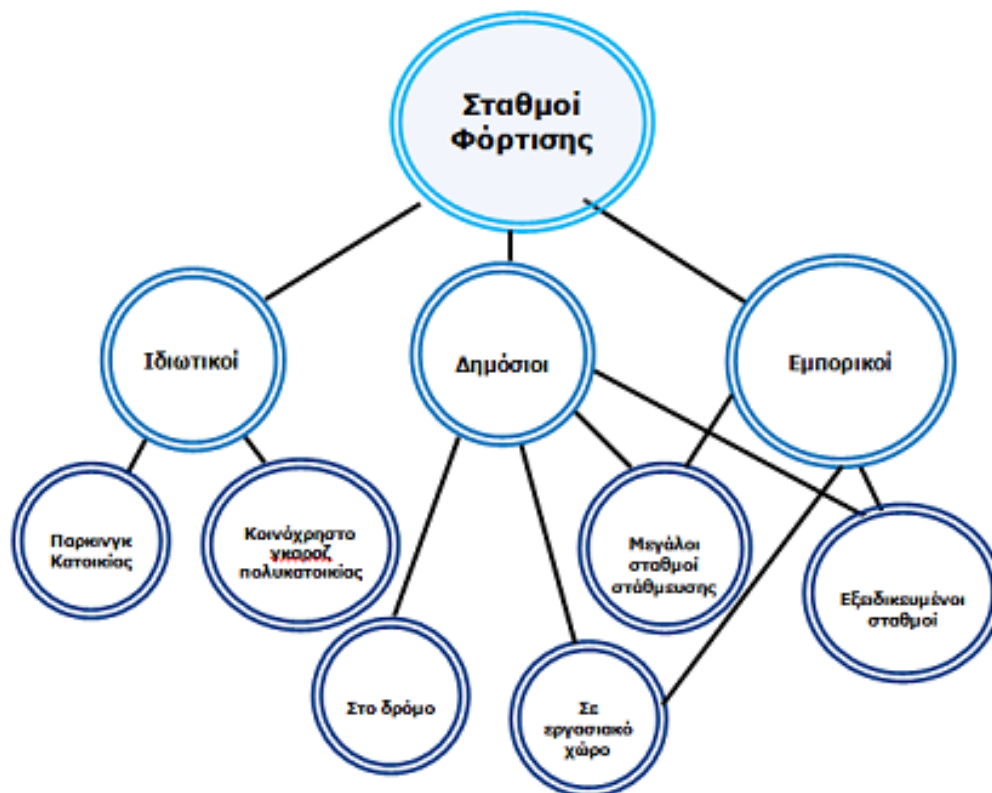
Σε αυτό το κεφάλαιο γίνεται καταρχήν μία αναφορά στη χωροθέτηση των σταθμών φόρτισης και την ταξινόμησή τους σε ιδιωτικούς, εμπορικούς και δημόσιους. Στη συνέχεια, παρουσιάζεται το θεσμικό πλαίσιο στην Ευρωπαϊκή Ένωση σύμφωνα με την χωροθέτηση των σταθμών φόρτισης, η συγκριτική χωροθέτησή τους στα κράτη μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης και ο νέος κανονισμός που θα ισχύσει από το 2025. Κατόπιν, παρατίθεται το θεσμικό πλαίσιο, η οργάνωση και η διαχείριση των σταθμών φόρτισης στην Ελλάδα και στη συνέχεια απεικονίζονται οι σταθμοί φόρτισης στη χώρα. Τέλος, παρουσιάζονται αναλυτικά οι εταιρίες κατασκευής και εμπορίας φορτιστών στην Ελλάδα, κατόπιν πρωτογενούς έρευνας που προηγήθηκε.

6.2. ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗ ΣΤΑΘΜΩΝ ΦΟΡΤΙΣΗΣ

Μελέτες έχουν δείξει ότι η υιοθέτηση ηλεκτρικών οχημάτων εξαρτάται σημαντικά από τη συνεχή επέκταση των δικτύων φόρτισης, με επαρκή πρόσβαση σε εγκαταστάσεις φόρτισης που είναι απαραίτητες για την ανακούφιση του άγχους της αυτονομίας. Η παροχή δημόσιας υποδομής φόρτισης είναι ιδιαίτερα σημαντική για πυκνοκατοικημένες πόλεις, όπου η οικιακή χρέωση είναι συχνά ανέφικτη λόγω της σπανιότητας των μονοκατοικιών και της έλλειψης ατομικών χώρων στάθμευσης. Προβλέπεται ότι οι ιδιοκτήτες αυτοκινήτων που διαθέτουν ιδιωτικό χώρο στάθμευσης έχουν 50% περισσότερες πιθανότητες να υιοθετήσουν ηλεκτρικά αυτοκίνητα από εκείνους που μοιράζονται χώρους στάθμευσης. Επομένως, στο κυρίαρχο αστικό τοπίο των μεγαλουπόλεων, με δεδομένη την μειωμένη δυνατότητα φόρτισης ηλεκτρικών αυτοκινήτων στο σπίτι τους, οι ιδιοκτήτες τους εξαρτώνται κατά μεγάλο βαθμό από τα δημόσια δίκτυα φόρτισης [145].

Για αυτό τον λόγο δημιουργείται άμεσα η ανάγκη ανάπτυξης δικτύων κοινοχρήστων σταθμών ηλεκτρικής παροχής προκειμένου να αυξηθεί η απόσταση αυτονομίας της χρησιμοποίησης των ηλεκτρικών οχημάτων. Η ανάπτυξη αυτής της υποδομής υποστήριξης των ηλεκτρικών οχημάτων θα πραγματοποιείται σταδιακά και θα επιτείνει τις επιχειρηματικές δράσεις. Αυτοί λοιπόν οι σταθμοί φόρτισης θα μπορούν να ανήκουν σε φορείς με δημόσιο χαρακτήρα, όπως για παράδειγμα οι φορείς τοπικής αυτοδιοίκησης, σε επιχειρηματικούς φορείς με αντικείμενο εργασίας την εμπορία ηλεκτρικής ενέργειας ή καυσίμων (πρατήρια) ή σε νέους επιχειρηματικούς φορείς που θα θελήσουν να δραστηριοποιηθούν, όπως για παράδειγμα τα εμπορικά κέντρα. Η εικόνα 6.1 δείχνει με παραστατικό τρόπο τις διάφορες ενδεχόμενες θέσεις των σταθμών φόρτισης που μπορούν να χρησιμοποιηθούν μελλοντικά ανάλογα με τις ιδιαιτερότητες των σχετικών περιοχών. Θεωρείται αυτονόητο ότι νέες θέσεις εργασίας θα μπορούσαν να δημιουργηθούν με προσωπικό που θα έχει επαρκώς εξειδικευμένες τεχνικές γνώσεις [146].

Όσο οι πωλήσεις ηλεκτρικών οχημάτων αυξάνονται μέρα με τη μέρα, τόσο αυξάνεται η ζήτηση για σταθμούς φόρτισης τους. Από τη στιγμή που οι οδηγοί ηλεκτρικών οχημάτων είναι πάντα σε επιφυλακή για κοντινούς σταθμούς φόρτισης, οφείλουν να γνωρίζουν τις τρεις ταξινομήσεις της υποδομής φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων.



Σχήμα 6.1: Διάφορες θέσεις των σταθμών φόρτισης που μπορούν να χρησιμοποιηθούν μελλοντικά [146]

Ιδιωτική φόρτιση: Η ιδιωτική φόρτιση αναφέρεται σε εκείνους τους σταθμούς φόρτισης οι οποίοι δεν διατίθενται για δημόσια χρήση. Μπορούν να βρίσκονται στο πάρκινγκ μίας μεμονωμένης κατοικίας, στο κοινόχρηστο γκαράζ μίας πολυκατοικίας, σε χώρους ιδιωτικής πρόσβασης όπως για παράδειγμα το πάρκινγκ προσωπικού μιας επιχείρησης ή το αμαξοστάσιο για τον στόλο των οχημάτων μιας εταιρίας [147].

Ιδιαίτερα στην οικιακή φόρτιση, οι οικιακοί φορτιστές βρίσκονται στο εσωτερικό ενός οικήματος, το οποίο στο σύνολό του μετريέται ως προς τις καταναλώσεις του και τιμολογείται από έναν πάροχο ηλεκτρικής ενέργειας. Κατά συνέπεια, οι φορτιστές αυτοί δεν χρειάζεται να έχουν ούτε ένα πιστοποιημένο μετρητή υψηλής ακρίβειας αλλά ούτε κάποια ιδιαίτερη συνδεσιμότητα. Επίσης, τα φορτία τους αντιπροσωπεύουν μια πολύ μικρή ποσότητα ενέργειας που απορροφάται από το δίκτυο. Άρα δεν αποτελούν ουσιαστικό κίνδυνο για το δίκτυο ηλεκτροδότησης και δεν απαιτείται απομακρυσμένος έλεγχός τους από το διαχειριστή του δικτύου.

Όσον αφορά την ιδιωτική φόρτιση στόλου εταιρικών οχημάτων ή την φόρτιση πολλών οχημάτων ιδιωτικής χρήσης σε μεγάλες πολυκατοικίες, η αναμενόμενη ραγδαία εξάπλωση των ηλεκτρικών οχημάτων ενδέχεται να επιφέρει σημαντική αύξηση των απαιτήσεων με αποτέλεσμα να επιβαρυνθεί ουσιαστικά το δίκτυο. Επομένως, στην περίπτωση που υπάρχει ζήτηση για αυξημένο φορτίο για φόρτιση ηλεκτρικών οχημάτων στα σημεία ιδιωτικής πρόσβασης τότε θα χρειάζεται να παρεμβαίνει ένας Φορέας Εκμετάλλευσης Υποδομών Επαναφόρτισης Ηλεκτρικών Οχημάτων (ΦΕΥΦΗΟ) ο οποίος θα εξασφαλίζει απομακρυσμένη εποπτεία, έλεγχο, διαχείριση και προγραμματισμό της φόρτισης, ενώ θα είναι σε θέση να συντηρεί και να ενημερώνει το λογισμικό των φορτιστών αλλά και να αξιοποιεί περεταίρω την περίσσεια ηλεκτρική ενέργεια των μπαταριών.



Εικόνα 6.1: Ιδιωτική φόρτιση (αριστερά), Εμπορική/ Ημιδημόσια φόρτιση (δεξιά) [149]

Εμπορική ή Ημιδημόσια φόρτιση: Οι εμπορικοί ή ημιδημόσιοι σταθμοί φόρτισης βρίσκονται σε ιδιωτικό χώρο αλλά μπορούν να έχουν πρόσβαση εξωτερικοί χρήστες-πελάτες. Πιο συγκεκριμένα, είναι τοποθετημένοι σε εμπορικά κέντρα, εγκαταστάσεις αναψυχής, σούπερ μάρκετ, εστιατόρια, χώρους στάθμευσης και λοιπές επιχειρήσεις. Για τους ιδιοκτήτες των επιχειρήσεων αυτών, η τοποθέτηση ενός σταθμού φόρτισης αποτελεί μία ευκαιρία για διαφήμιση ή ένα επιπλέον κίνητρο για την αύξηση της επισκεψιμότητας που θα ενισχύσει τα έσοδά τους. Οι πελάτες ενδέχεται να παραμείνουν περισσότερο ενώ τα ηλεκτρικά τους αυτοκίνητα φορτίζονται, επιτρέποντάς έτσι την αύξηση της κατανάλωσης εντός της επιχείρησης. Συνήθως οι πελάτες δεν χρεώνονται για την χρήση της υπηρεσίας αυτής. Όμως σε άλλες περιπτώσεις, η ηλεκτρική ενέργεια που χρησιμοποιείται περιλαμβάνεται στον λογαριασμό στάθμευσης του πελάτη ή στο τέλος χρήσης για προγράμματα κοινής χρήσης αυτοκινήτου [150]

Δημόσια φόρτιση: Οι δημόσιοι σταθμοί φόρτισης είναι ανοιχτοί για όλα τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα και τοποθετούνται συνήθως δίπλα σε χώρους στάθμευσης δίπλα στο δρόμο ή σε δημόσιους χώρους στάθμευσης. Αυτοί οι σταθμοί φόρτισης μπορούν να έχουν πολλαπλά σημεία φόρτισης, έτσι ώστε πολλοί οδηγοί ηλεκτρικών οχημάτων να μπορούν να φορτίζουν τα οχήματά τους ταυτόχρονα.

Οι δημόσιοι σταθμοί φόρτισης βασίζονται στη φιλοσοφία της πρόσθετης χιλιομετρικής υποστήριξης των ηλεκτρικών οχημάτων για το χρονικό διάστημα που αυτά είναι σταθμευμένα. Με τον τρόπο αυτό επεκτείνεται η απόσταση ταξιδιού των ηλεκτρικών οχημάτων με το να προσφέρεται ένας συνδυασμός επιλογών γρήγορης και αργής φόρτισης. Σε ορισμένες πόλεις, τα δημόσια σημεία φόρτισης είναι δωρεάν για τους χρήστες ηλεκτρικών οχημάτων προκειμένου να δίνονται κίνητρα στους να αγοράσουν περισσότερα ηλεκτρικά οχήματα. Μακροπρόθεσμα, εάν τα ηλεκτρικά οχήματα γίνουν πιο κοινά, η δωρεάν χρέωση για τα ηλεκτρικά οχήματα είναι πιθανό να πάψει να υφίσταται. Σε κάθε περίπτωση, για κάθε σημείο φόρτισης υπάρχει η δυνατότητα χρέωσης του κατόχου του ηλεκτρικού οχήματος για την ενέργεια που καταναλώνεται. Για τον λόγο αυτό φέρουν πιστοποιημένους και σφραγισμένους μετρητές τύπου MID οι οποίοι μετρούν την παροχή της κάθε πρίζας του φορτιστή, προκειμένου να γίνεται σωστά η τιμολόγηση. Οι δημόσιοι σταθμοί φόρτισης πληρούν αυστηρά πρότυπα συνδεσιμότητας και αντοχής ενώ κρίνεται απαραίτητη η απομακρυσμένη διαχείριση μέσω ειδικής πλατφόρμας από πιστοποιημένο φορέα. [151]



Εικόνα 6.2: Δημόσιος σταθμός φόρτισης ηλεκτρικών αυτοκινήτων στην περιφέρεια Πελοποννήσου [152]

6.3. ΣΤΑΘΜΟΙ ΦΟΡΤΙΣΗΣ ΣΤΗΝ ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΕΝΩΣΗ

6.3.1. Θεσμικό πλαίσιο στην Ευρωπαϊκή Ένωση σύμφωνα με την χωροθέτηση των σταθμών φόρτισης.

Ο εξοπλισμός φόρτισης των ηλεκτρικών οχημάτων διαδραματίζει κρίσιμο ρόλο στην ανάπτυξη αλλά και στην καθημερινή χρήση των ηλεκτρικών οχημάτων. Όπως αναφέρθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο, ο εξοπλισμός ενός σταθμού φόρτισης περιλαμβάνει γενικά τη βάση φόρτισης, το καλώδιο φόρτισης, τον ρευματολήπτη (βύσμα), τον ρευματοδότη (πρίζα), την υποδοχή του οχήματος και το σύστημα προστασίας. Η διαμόρφωση ενός σταθμού φόρτισης μπορεί να διαφέρει από χώρα σε χώρα ανάλογα με τη συχνότητα, την τάση, την σύνδεση με το ηλεκτρικό δίκτυο και τα πρότυπα. Σε κάθε περίπτωση, ο χρόνος φόρτισης και η διάρκεια ζωής της μπαταρίας ενός ηλεκτρικού οχήματος συναρτώνται με τα χαρακτηριστικά του φορτιστή, ο οποίος θα πρέπει να εγγυάται την κατάλληλη φόρτιση της μπαταρίας. Ένας καλός φορτιστής θα πρέπει να είναι αποδοτικός, αξιόπιστος, να έχει χαμηλό κόστος, μικρό όγκο και βάρος αλλά υψηλή πυκνότητα ισχύος.

Το επίπεδο ισχύος ενός φορτιστή είναι η κύρια παράμετρος που επηρεάζει το χρόνο φόρτισης, το κόστος, τον εξοπλισμό και την επίδραση στο δίκτυο. Οι Ευρωπαϊκές εταιρείες ηλεκτρικής ενέργειας, και ιδιαίτερα οι διαχειριστές συστήματος διανομής επενδύουν στην απαραίτητη υποδομή προκειμένου να δημιουργηθεί μια ενιαία Ευρωπαϊκή αγοράς για ηλεκτρικά αυτοκίνητα. Για τους λόγους αυτούς η Ευρωπαϊκή Επιτροπή θέσπισε ευρωπαϊκά πρότυπα προκειμένου να ταξινομούνται οι φορτιστές ηλεκτρικών οχημάτων αποτελεσματικά στην Ευρωπαϊκή αγορά. Έτσι, τα ευρωπαϊκά πρότυπα είναι απαραίτητα για την προστασία των οδηγών ηλεκτρικών οχημάτων.

Τον Ιούνιο 2000, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή εξέδωσε εντολή τυποποίησης προς τους Ευρωπαϊκούς οργανισμούς τυποποίησης CEN, CENELEC και ETSI (M/468) σχετικά με τη φόρτιση των Ηλεκτρικών Οχημάτων, τονίζοντας από την μία πλευρά την ανάγκη για διαλειτουργικά βύσματα και συστήματα φόρτισης και αποθαρρύνοντας από την άλλη πλευρά την επιβολή φραγμών στην αγορά. Κατά συνέπεια, τα πρότυπα που είναι διαθέσιμα σε Ευρωπαϊκό επίπεδο σε σχέση με το σύστημα φόρτισης, τα βύσματα και τις πρίζες, είναι αυτά που περιέχεται στο IEC 61851 [13]-[14]. Η πρώτη ταξινόμηση των σταθμών

φόρτισης σε τρεις κατηγορίες σχετιζόταν με το επίπεδο της ισχύος φόρτισης που παρέχουν και συνοψίζονται στην Εικόνα 6.4:

α) Κανονική ισχύς ή αργή φόρτιση, με ονομαστική ισχύ κατώτερη έως 3,7 kW, χρησιμοποιείται κυρίως για οικιακή χρήση ή σε χώρους στάθμευσης για οχήματα που παραμένουν σταθμευμένα για μεγάλο χρονικό διάστημα

β) Μέση ισχύς ή γρήγορη φόρτιση, με ονομαστική ισχύ από 3,7 έως 22 kW, που χρησιμοποιείται σε ημιδημόσιους ή εμπορικούς σταθμούς φόρτισης.

γ) Υψηλή ισχύς ή γρήγορη φόρτιση με ονομαστική ισχύ ανώτερη από 22 kW, που χρησιμοποιείται σε δημόσιους σταθμούς φόρτισης [153].

ΜΕΘΟΔΟΣ ΦΟΡΤΙΣΗΣ	ΣΥΝΔΕΣΗ	ΙΣΧΥΣ (KW)	ΑΝΩΤΑΤΗ ΕΝΤΑΣΗ ΗΛΕΚ. ΡΕΥΜΑΤΟΣ (A)	ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗ ΦΟΡΤΙΣΤΩΝ
Κανονική ισχύς	Μονοφασική AC σύνδεση	<3.7	10-16	Ιδιωτική/ Οικιακή
Μέση ισχύς	Μονοφασική ή τριφασική AC σύνδεση	3,7 - 22	16-32	Ημιδημόσια/ Εμπορική
Υψηλή ισχύς	Τριφασική AC σύνδεση	>22	>32	Δημόσια
Υψηλή ισχύς	DC σύνδεση	>22	>3225	Δημόσια

Πίνακας 6.1: Ταξινόμηση σταθμών φόρτισης στην Ευρώπη ανάλογα με τη ισχύ και την χωροθέτηση τους. [153]

Στη συνέχεια, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή με το πρότυπο IEC 61851-1 όρισε τις τέσσερις μεθόδους φόρτισης, όπως αυτές αναλύθηκαν στην ενότητα 5.5. Το 2011 ορίστηκαν με το πρότυπο IEC 62196-2 τα βύσματα αλλά και οι υποδοχές των ηλεκτρικών αυτοκινήτων. Ο Τύπος 2 θεωρείται πλέον ως το επίσημο πρότυπο βύσμα και υποδοχή που χρησιμοποιείται στην Ευρωπαϊκή Ένωση στα σημεία επαναφόρτισης εναλλασσόμενου ρεύματος (AC). Το 2014 με το πρότυπο IEC 62196-3 (CCS Combo-2) ορίστηκαν το βύσμα και υποδοχή που θα χρησιμοποιούνταν στην Ευρωπαϊκή αγορά στα σημεία επαναφόρτισης συνεχούς ρεύματος (DC). Πρόκειται για το πρότυπο που χρησιμοποιείται σε μοντέλα αυτοκινητοβιομηχανιών όπως η BMW, Fiat, Mercedes, Jaguar, Audi, Volkswagen, Tesla και Porsche. Σε Ευρωπαϊκές χώρες βέβαια όπως και στην Ιαπωνία χρησιμοποιείται και το βύσμα και υποδοχή τύπου CHAdeMo. Μάλιστα, στη Γαλλία είναι υποχρεωτικό όλοι οι δημόσιοι σταθμοί ταχείας φόρτισης DC να περιλαμβάνουν συνδετήρα CHAdeMO μέχρι τις 31 Δεκεμβρίου 2024. Πρόκειται για το πρότυπο που χρησιμοποιούν μοντέλα των αυτοκινητοβιομηχανιών Citroën, Kia, Mitsubishi, Nissan και Peugeot. Ο Τύπος 3 βύσματος και υποδοχής δεν εγκαθίσταται πλέον από το 2012 και τελεί υπό κατάργηση στην Ιταλία και στη Γαλλία που είχε αρχικά χρησιμοποιηθεί [154]. Τα βύσματα και υποδοχές που αναφέρθηκαν παραπάνω αναλύθηκαν στην ενότητα 5.4. Επομένως, η ταξινόμηση των σταθμών φόρτισης στην Ευρώπη ανάλογα με την μέθοδο φόρτισης, την υποδομή της εγκατάστασης αλλά και την χωροθέτησή τους συνοψίζεται στον πίνακα 6.2 [153].

	Οικιακή φόρτιση	Ιδιωτική φόρτιση σε πολυκατοικίες / εταιρίες	Ημιδημόσια/ Εμπορική	Δημόσια AC	Δημόσια DC
Ισχύς	< 3 kW < 3,7 kW Μονοφασική AC	< 22 kW	< 22 kW	< 22 kW	50 kW (ChadeMo) 200 kW CCS- Combo 2
Υποδομή εγκατάστασης	Οικιακή πρίζα τύπου σούκο	Τύπος 2	Τύπος 2	Τύπος 2	CCS- Combo 2 / Yazaki (ChadeMo)
Μέθοδος φόρτισης	Μέθοδος 1	Μέθοδος 2 Μέθοδος 3	Μέθοδος 2 Μέθοδος 3	Μέθοδος 2 Μέθοδος 3	Μέθοδος 4

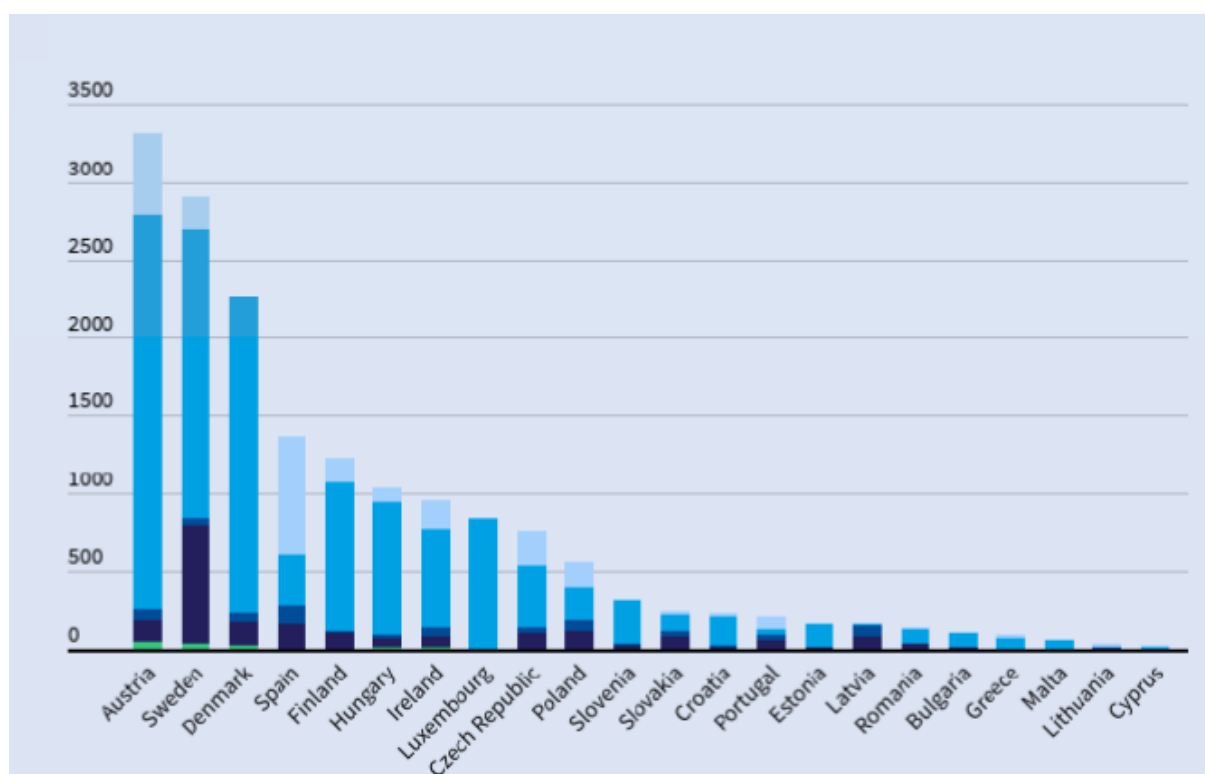
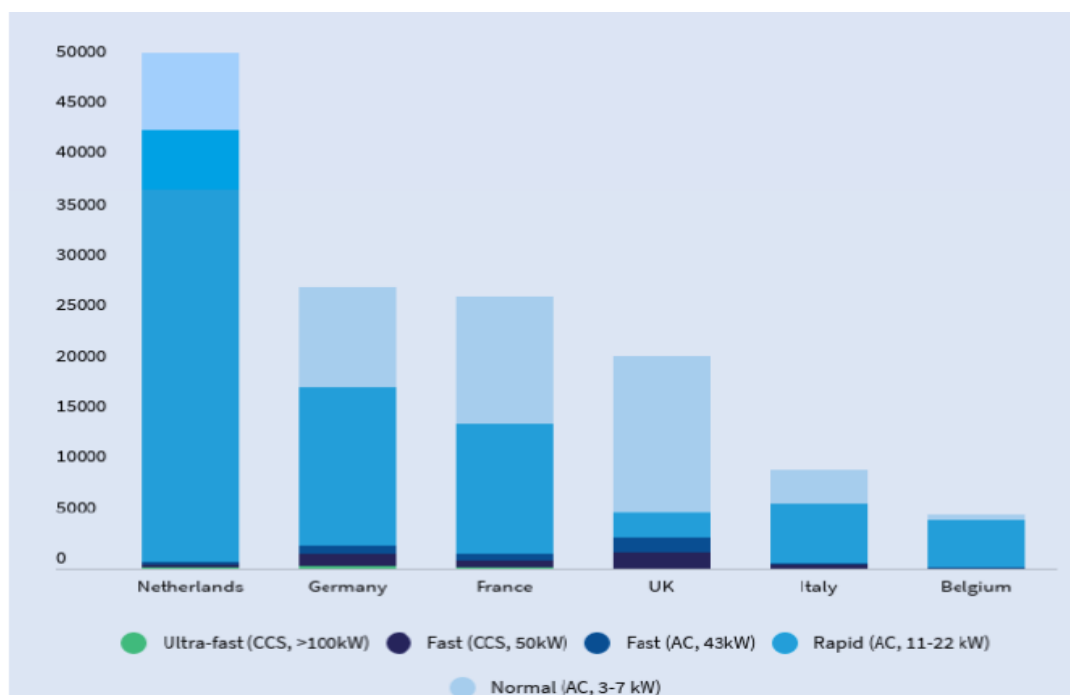
Πίνακας 6.2: Ταξινόμηση σταθμών φόρτισης στην Ευρώπη ανάλογα με τη μέθοδο φόρτισης, την υποδομή της εγκατάστασης και την χωροθέτησή τους. [153]

6.3.2. Χωροθέτηση Σταθμών Φόρτισης από την Ευρωπαϊκή Ένωση

Ο απώτερος στόχος πολιτικής που απορρέει από την ευρωπαϊκή στρατηγική για την κινητικότητα χαμηλών εκπομπών του 2016 είναι η φόρτιση των ηλεκτρικών οχημάτων σε ένα δημόσιο σταθμό φόρτισης να καταστεί το ίδιο εύκολη με τον ανεφοδιασμό ενός συμβατικού οχήματος από ένα πρατήριο βενζίνης. Κατά συνέπεια, τα ηλεκτρικά οχήματα θα είναι σε θέση να κυκλοφορούν απρόσκοπτα σε όλη την Ευρωπαϊκή Ένωση. Η συντριπτική πλειοψηφία των ηλεκτρικών οχημάτων (75% το 2020) φορτίζονται είτε στο σπίτι είτε σε επαγγελματικό χώρο, σε αντίθεση με τα συμβατικά οχήματα. Αυτό σημαίνει ότι καθώς αυξάνεται ο αριθμός των ηλεκτρικών οχημάτων, θα χρειάζονται περισσότερα κοινόχρηστα σημεία φόρτισης για να εξυπηρετούνται όσοι οδηγοί δεν έχουν πρόσβαση στην ιδιωτική φόρτιση μιας και όσοι διανύουν μεγαλύτερες αποστάσεις.

Ο μέσος όρος αυτονομίας των σύγχρονων ηλεκτρικών οχημάτων φθάνει τα 380 χιλιόμετρα, αριθμός αισθητά μικρότερος από αυτόν των συμβατικών. Αυτό σημαίνει ότι τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα χρειάζεται να φορτίζονται συχνότερα, αν και ο χρόνος φόρτισής τους εξαρτάται από την μπαταρία του οχήματος και την ισχύ του σημείου φόρτισης. Πιο συγκεκριμένα, η αργή φόρτιση, που αφορά ένα μονοφασικό φορτιστή AC 3-7 kW, μπορεί να διαρκεί από 7 έως 16 ώρες ενώ η κανονική φόρτιση, που αφορά ένα τριφασικό φορτιστή AC 11-22 kW μπορεί να διαρκεί από 2 έως 4 ώρες. Αντιθέτως, οι φορτιστές DC παρέχουν είτε ταχεία φόρτιση που διαρκεί 30-40 λεπτά εφόσον έχουν ισχύ 50-100 kW, είτε υπερταχεία φόρτιση που διαρκεί λιγότερο από 20 λεπτά εφόσον έχουν ισχύ μεγαλύτερα από 100 kW. Αν και οι φορτιστές «αργής» και «κανονικής» φόρτισης έχουν καλύτερη ανταπόκριση στην οικιακή φόρτιση και στη φόρτιση στον επαγγελματικό χώρο, οι φορτιστές «ταχείας» και «υπερταχείας»

φόρτισης είναι καταλληλότεροι για τα κύρια οδικά δίκτυα και τους αυτοκινητοδρόμους [154]. Στις δύο εικόνες που ακολουθούν (Εικόνα 6.3) απεικονίζεται σχηματικά η κατανομή των δημόσιων σταθμών φόρτισης ανά ταχύτητα φόρτισης στην ΕΕ των 27 και στο Ηνωμένο Βασίλειο το 2020.



Εικόνα 6.3: Κατανομή δημόσιων σταθμών φόρτισης στην ΕΕ των 27 και Ηνωμένο Βασίλειο ανά ταχύτητα φόρτισης [155].

Όπως φαίνεται στις παραπάνω εικόνες, κάποιες χώρες όπως η Νορβηγία, η Σουηδία, η Πολωνία, η Πορτογαλία, η Ρουμανία, η Σλοβακία και η Λετονία χρησιμοποιούν γρήγορους φορτιστές σε ποσοστό

πάνω από το 25% του συνολικού αριθμού φορτιστών. Από την άλλη πλευρά, άλλες χώρες βασίζονται σε πολύ μεγάλο βαθμό σε γρήγορους φορτιστές 11-22 kW, όπως το Βέλγιο, η Βουλγαρία, η Κροατία, η Δανία, η Εσθονία, η Ουγγαρία, η Ολλανδία και η Σλοβενία σε ποσοστό πάνω από 85%. Τέλος, το Ηνωμένο Βασίλειο και η Ισπανία διαθέτουν την πλειοψηφία των κανονικών φορτιστών 3-7 kW [155]

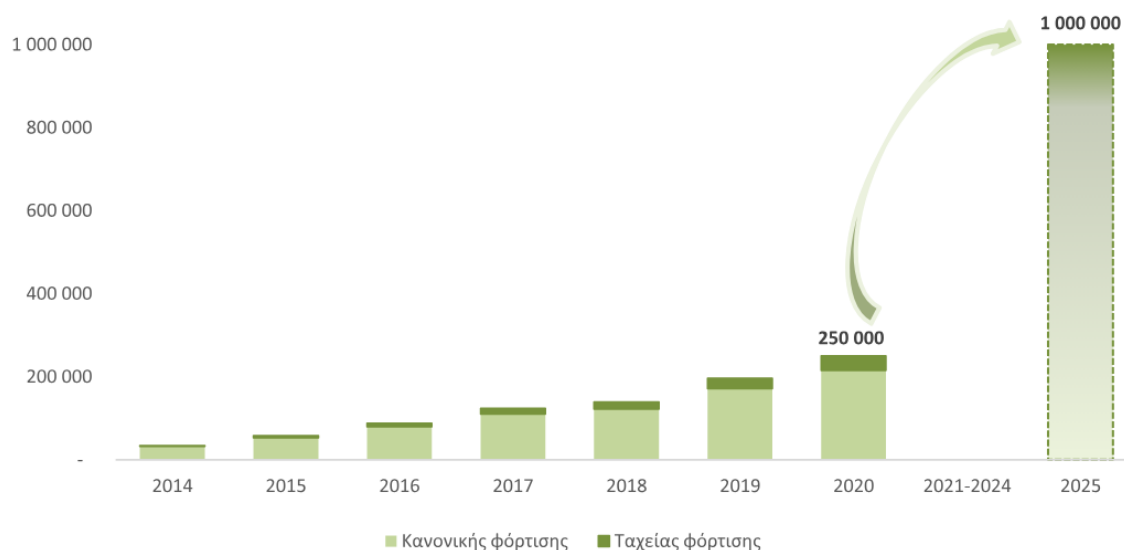
Πέρα από την περιορισμένη αυτονομία των ηλεκτρικών οχημάτων, ένα άλλο ζήτημα είναι η αβεβαιότητα των οδηγών ως προς τη διαθεσιμότητα των σταθμών φόρτισης κατά μήκος της διαδρομής που σκέφτονται να ακολουθήσουν. Με άλλα λόγια, υπάρχει περίπτωση όταν φθάσουν στον σταθμό φόρτισης, αυτός να είναι ήδη κατειλημμένος κι έτσι να χρειαστεί να περιμένουν αρκετά μέχρι να φορτίσουν πλήρως το όχημά τους, κάτι που μπορεί να σημαίνει μεγάλη καθυστέρηση στην ώρα άφιξης στον τελικό προορισμό.

Παρόλο που κάθε κράτος μέλος της Ευρωπαϊκής Ένωσης είναι αρμόδιο για τη χάραξη και την υλοποίηση της εθνικής πολιτικής του σχετικά με τα εναλλακτικά καύσιμα, εντούτοις, το πλαίσιο εντός του οποίου πρέπει να λαμβάνονται τα επί μέρους μέτρα το καθορίζει η Ευρωπαϊκή Επιτροπή. Η Ευρωπαϊκή Πράσινη Συμφωνία του 2019 καθώς και η Στρατηγική για βιώσιμη κι έξυπνη κινητικότητα είναι τα δύο τελευταία έγγραφα της Ευρωπαϊκής Ένωσης που αφορούν την ανάπτυξη υποδομών εναλλακτικών καυσίμων. Ο ρόλος της Ευρωπαϊκής Επιτροπής στο ζήτημα αυτό είναι να εγκρίνει κοινά πρότυπα που εξασφαλίζουν τη διαλειτουργικότητα, να υποστηρίζει και να συντονίζει την ανάπτυξη από τα κράτη μέλη των υποδομών ηλεκτρικής φόρτισης και να παρακολουθεί τη σχετική πρόοδο [154].

Αν και το δίκτυο φόρτισης επεκτείνεται, σημαντικές είναι οι διαφορές στην ανάπτυξή του σε ολόκληρη την Ευρωπαϊκή Ένωση. Στην αρχή, σύμφωνα με το σχέδιο δράσης για υποδομές εναλλακτικών καυσίμων του 2017, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή εκτιμούσε ότι ο αριθμός των δημοσίων σταθμών φόρτισης θα έπρεπε να αυξηθεί από τους τότε 118 000 σε 440 000 το 2020 και σε περίπου 2 εκατομμύρια το 2025. Όμως, με την Πράσινη Συμφωνία του 2019 η εκτίμηση για το 2025 επικαιροποιήθηκε σε χαμηλότερο στόχο που θα ήταν το 1 εκατομμύριο δημοσίων σταθμών φόρτισης ενώ στη Στρατηγική για Βιώσιμη και Έξυπνη Κινητικότητα του 2020 διαπιστώνεται η ανάγκη για 3 εκατομμύρια τέτοιων σταθμών μέχρι το 2030. Δυστυχώς, υπάρχει σημαντική αβεβαιότητα όσον αφορά αυτές τις εκτιμήσεις καθώς και τι χρειάζεται να συμβεί προκειμένου να επιτευχθούν οι παραπάνω στόχοι. Προς το παρόν, η Ευρωπαϊκή Ένωση δεν διαθέτει έναν συνολικό στρατηγικό χάρτη πορείας για την ηλεκτροκίνηση και μια ολοκληρωμένη πολιτική για τις υποδοχές, τα οχήματα, τα δίκτυα, τις μπαταρίες, τα οικονομικά κίνητρα, τις πρώτες ύλες και τις ψηφιακές υπηρεσίες.

Στην εικόνα 6.7, φαίνεται ότι ο αριθμός των δημοσίων σταθμών φόρτισης στην Ευρωπαϊκή Ένωση των 27 και στο Ηνωμένο Βασίλειο. Η αύξηση είναι μεν σημαντική ανά έτος (από σχεδόν 34.000 σταθμούς το 2014 σε 250.000 σταθμούς το 2020, αλλά με δεδομένη την τάση αύξησης αλλά είναι απίθανο να επιτευχθεί ο στόχος του 1 εκατομμυρίου σταθμών για το 2025.

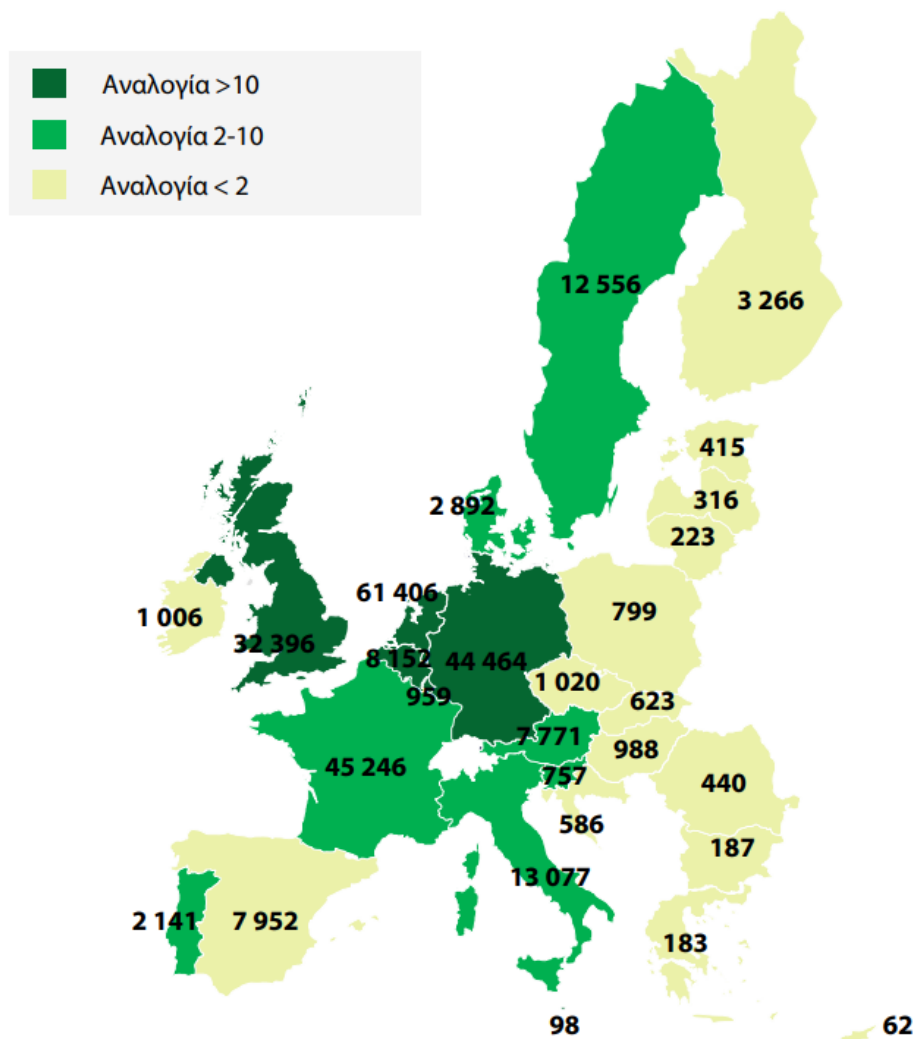
Σημεία φόρτισης (ΕΕ των 27 και Ηνωμένο Βασίλειο) και τιμή-στόχος της Πράσινης Συμφωνίας



Εικόνα 6.4: Σημεία φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων στην ΕΕ των 27 και Ηνωμένο Βασίλειο [154].

Σύμφωνα με τις εκθέσεις υλοποίησης των κρατών μελών της Ευρωπαϊκής Ένωσης που υποβλήθηκαν στην Ευρωπαϊκή Επιτροπή μόνο πέντε κράτη μέλη είχαν ήδη επιτύχει τους στόχους που τους είχαν τεθεί αρχικά για το 2020. Αντιθέτως, 12 κράτη μέλη, ανάμεσα στα οποία είναι και η Ελλάδα, υστερούσαν περισσότερο από 50 % σε σχέση με τον αρχικό στόχο. Η ανομοιογενής ανάπτυξη των υποδομών φόρτισης ανάμεσα στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης εμφανίζεται στην εικόνα 6.4, όπου απεικονίζεται ο συνολικός αριθμός των σημείων φόρτισης και η πυκνότητά τους σε κάθε κράτος μέλος. Η υψηλότερη πυκνότητα καταγράφεται στις χώρες της Δυτικής Ευρώπης ενώ η χαμηλότερη στις χώρες της Κεντρικής και Νότιας. Μάλιστα, η Γερμανία, η Γαλλία, η Ολλανδία, το Βέλγιο και το Λουξεμβούργο από κοινού συγκεντρώνουν το 69% του συνόλου των σημείων φόρτισης στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Είναι προφανές ότι αυτή η ανομοιογενής ανάπτυξη των υποδομών φόρτισης δεν διευκολύνει τις μετακινήσεις με ηλεκτρικά οχήματα στην Ευρωπαϊκή Ένωση [154]

Αριθμός κοινόχρηστων σημείων φόρτισης και αναλογία των σημείων φόρτισης ανά 100 τ.χλμ. (ΕΕ των 27 και Ηνωμένο Βασίλειο)

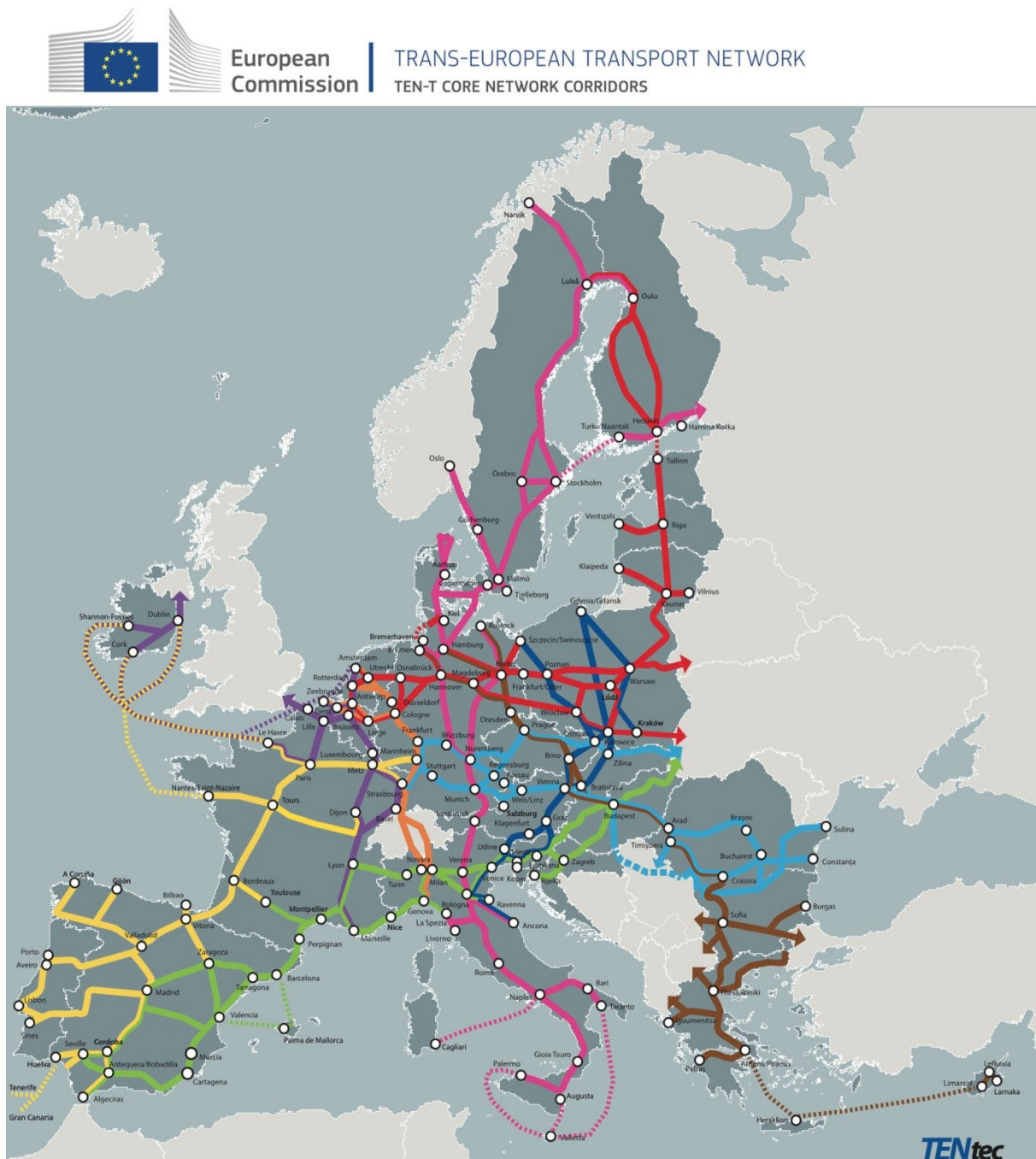


Εικόνα 6.5: Αριθμός κοινόχρηστων σημείων φόρτισης και αναλογία των σημείων φόρτισης ανά 100 τ. χλμ στην Ευρωπαϊκή Ένωση των 27 και Ηνωμένο Βασίλειο το 2020 [154].

6.3.3. Νέος κανονισμός στην Ευρωπαϊκή Ένωση σχετικά με την χωροθέτηση των σταθμών φόρτισης από το 2025.

Το Συμβούλιο της Ευρωπαϊκής Ένωσης ενέκρινε στις 13 Ιουλίου 2023 (PE-CONS 25/23 JS/JGC/rz TREE.2) ένα νέο κανονισμό που σκοπό έχει να διευκολύνει τους ιδιοκτήτες ηλεκτρικών οχημάτων να ταξιδεύουν σε όλη την Ευρώπη, συμβάλλοντας ταυτόχρονα στη μείωση της παραγωγής επιβλαβών αερίων του θερμοκηπίου. Ο κανονισμός αυτός πρόκειται να ωφελήσει τους ιδιοκτήτες ηλεκτρικών αυτοκινήτων και φορτηγών με τρεις τρόπους: Καταρχήν θα μειώνει το άγχος της αυτονομίας επεκτείνοντας την υποδομή φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων κατά μήκος των κύριων εθνικών οδών και αυτοκινητοδρόμων της Ευρώπης. Στη συνέχεια, θα διευκολύνει τις πληρωμές για τη φόρτιση χωρίς να απαιτείται το κατέβασμα κάποιας εφαρμογής ή ύπαρξη κάποιας συνδρομής. Τέλος, θα διασφαλίζει ότι η τιμή και η διαθεσιμότητα θα κοινοποιούνται ξεκάθαρα προς αποφυγή εκπλήξεων.

Από το 2025 και μετά, ο νέος κανονισμός απαιτεί σταθμούς γρήγορης φόρτισης που προσφέρουν τουλάχιστον 150 kW ισχύος να εγκαθίστανται κάθε 60 χιλιόμετρα κατά μήκος του Διευρωπαϊκού Δικτύου Μεταφορών της Ευρωπαϊκής Ένωσης (ΔΕΔ-Μ). Επιπλέον, οι σταθμοί φόρτισης κατά μήκος του «πυρήνα» οδικού δικτύου ΔΕΔ-Μ, δηλαδή οι σημαντικότεροι δρόμοι που συνδέουν μεγάλες πόλεις και κόμβους, θα πρέπει να έχουν συνολική ισχύ τουλάχιστον 400 kW αλλά επίσης θα πρέπει να περιλαμβάνουν τουλάχιστον ένα σημείο φόρτισης ικανό για μεμονωμένη ισχύ τουλάχιστον 150 kW έως τις 31 Δεκεμβρίου 2025,. Μέχρι τις 31 Δεκεμβρίου 2027 ο κανονισμός απαιτεί τουλάχιστον 600 kW συνολικής ισχύος και την ίδια απαίτηση μεμονωμένου σημείου φόρτισης τουλάχιστον 150 kW.



Εικόνα 6.6: Διευρωπαϊκό Δίκτυο Μεταφορών της Ευρωπαϊκής Ένωσης (ΔΕΔ-Μ) [156].

Ο κανονισμός απαιτεί επίσης ότι οι πληρωμές για την φόρτιση των ηλεκτρικών οχημάτων θα μπορούν να γίνονται μέσω καρτών ή ανέπαφων συσκευών, χωρίς να απαιτείται συνδρομή. Αυτό θα επιτρέψει στους οδηγούς να μεταβαίνουν σε οποιονδήποτε σταθμό φόρτισης από οποιονδήποτε δίκτυο και να φορτίσουν το ηλεκτρικό τους όχημα χωρίς να χρειάζεστε να αναζητήσουν σωστή εφαρμογή ή να εγγραφούν σε κάποια συνδρομή. Οι φορείς εκμετάλλευσης υποχρεούνται να αναγράφουν ξεκάθαρα τις τιμές στα εγκατεστημένα σημεία επαναφόρτισης μέσω «ηλεκτρονικών μέσων», συμπεριλαμβανομένων των χρόνων αναμονής και της διαθεσιμότητας. Εκτός από την κάλυψη των ιδιοκτητών ηλεκτρικών αυτοκινήτων και φορτηγών, ο κανονισμός έχει επίσης στόχους ανάπτυξης για την επαναφόρτιση βαρέων ηλεκτρικών οχημάτων [156].

6.4. ΣΤΑΘΜΟΙ ΦΟΡΤΙΣΗΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

6.4.1. Θεσμικό πλαίσιο στην Ελλάδα

Οι **βασικές νομοθετικές διατάξεις** που διέπουν τους σταθμούς φόρτισης στην Ελλάδα έως το τέλος του 2020 είναι οι παρακάτω :

i) **N. 4233/14** «Καθορισμός θέσεων εγκατάστασης υποδομών φόρτισης», που εισήγαγε τη δυνατότητα εγκατάστασης σταθμών φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων στα Πρατήρια Παροχής Καυσίμων και Ενέργειας, στους στεγασμένους και υπαίθριους σταθμούς αυτοκινήτων, στα συνεργεία συντήρησης και επισκευών αυτοκινήτων και μοτοσυκλετών καθώς και στα δημόσια ή ιδιωτικά Κ.Τ.Ε.Ο.

ii) **N. 4277/14** «Ορισμός νέου φορέα ηλεκτροκίνησης – Φορέας Εκμετάλλευσης Υποδομών Φόρτισης Ηλεκτρικών Οχημάτων (ΦΕΥΦΟ)»,

iii) **ΦΕΚ Β50/15** «Τεχνικές προδιαγραφές υποδομών και καλωδίων φόρτισης»,

iv) **N. 4439/16** «Ενσωμάτωση της Οδηγίας ΕΕ 2014/94/ΕΕ», που θεσμοθετεί τους όρους του ηλεκτρικού οχήματος, του σημείου επαναφόρτισης και του δημοσίου προσβάσιμου σημείου επαναφόρτισης.

v) **ΚΥΑ 77226/3824/2017**. Με αυτήν καθορίστηκαν και εξειδικεύτηκαν οι απαιτούμενες λεπτομέρειες εφαρμογής καθώς και οι τεχνικές προδιαγραφές του Εθνικού Πλαισίου Πολιτικής για την ανάπτυξη της αγοράς υποδομών εναλλακτικών καυσίμων στον τομέα των μεταφορών και για την υλοποίηση των σχετικών υποδομών.

vi) **N. 4513/18** «Εγκατάσταση Σταθμών Φόρτισης EV σε Δημόσιους Χώρους»

vi) **N. 4643/2019**, που εισήγαγε νέους όρους όπως αυτούς των υπηρεσιών επαναφόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων, των υπηρεσιών ηλεκτροκίνησης, του χρήστη ηλεκτρικών οχημάτων, του ιδιοκτήτη των υποδομών φόρτισης, του παρόχου υπηρεσιών ηλεκτροκίνησης (ΠΥΗ), του φορέα διεκπεραίωσης συναλλαγών (ΦΔΣ) καθώς και του φορέα σωρευτικής εκπροσώπησης (aggregator) φορτίου ηλεκτρικών οχημάτων – ΦΟΣΕΦΟ [157].

vii) **ΚΥΑ 42863/438/2019** - ΦΕΚ 2040/ Β/4-6-2019. Σύμφωνα με αυτήν την απόφαση ως «σημείο επαναφόρτισης» ορίζεται η: διεπαφή ικανή να φορτίζει το συσσωρευτή ενός ηλεκτρικού οχήματος (ηλεκτροκίνητου) κάθε φορά ή να αντικαταστήσει τον συσσωρευτή ενός ηλεκτρικού οχήματος κάθε φορά. Επίσης, με την ίδια ΚΥΑ οι ενσύρματοι σταθμοί φόρτισης κατηγοριοποιούνται βάσει τριών κύριων χαρακτηριστικών: α) Του επιπέδου φόρτισης, που αναφέρεται στο επίπεδο ισχύος του σταθμού φόρτισης ή του ρευματοδότη, β) Της μεθόδου φόρτισης, που αναφέρεται στον τρόπο διασύνδεσης του ηλεκτρικού οχήματος με το δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας και το επίπεδο ασφάλειας, προστασίας και

επικοινωνίας μεταξύ οχήματος και σημείου επαναφόρτισης και γ) Του τύπου του σταθμού φόρτισης ή του ρευματολήπτη του οχήματος, που περιγράφει το βύσμα και τον συνδετήρα που χρησιμοποιείται. Τέλος, ορίζεται εδώ ο δημόσιος φορτιστής ως το σημείο ηλεκτρικής επαναφόρτισης ή ανεφοδιασμού εναλλακτικού καυσίμου, προσβάσιμο, άνευ διακρίσεων, σε όλους τους χρήστες. Η άνευ διακρίσεων πρόσβαση μπορεί να περιλαμβάνει διάφορα μέσα για την ταυτοποίηση, τη χρήση και την πληρωμή [131].

viii) Ν. 4710/2020 «Προώθηση της Ηλεκτροκίνησης και άλλες διατάξεις». Πρόκειται για την τελευταία κύρια προσθήκη στο θεσμικό πλαίσιο της ηλεκτροκίνησης, η οποία καλύπτει την επιτακτική ανάγκη για τη διαμόρφωση ενός ενιαίου και ολοκληρωμένου θεσμικού πλαισίου για την ηλεκτροκίνηση. Πιο συγκεκριμένα ο νόμος αυτός έχει ως στόχο:

α) θέσπισε οικονομικά και φορολογικά κίνητρα για την αγορά, μίσθωση και χρήση ηλεκτρικών οχημάτων καθώς και αναπτυξιακά κίνητρα για τις μονάδες παραγωγής ηλεκτρικών οχημάτων και σχετικών με αυτά αγαθών ή ειδών

β) οργάνωσε τη λειτουργία της αγοράς ηλεκτροκίνησης και των υποδομών φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων καθώς και τη λειτουργία του μητρώου υποδομών και φορέων αγοράς ηλεκτροκίνησης (ΜΥΦΑΗ)

γ) οριοθέτησε τον χωροταξικό και πολεοδομικό σχεδιασμό των υποδομών της ηλεκτροκίνησης με πρόβλεψη για τη χωροθέτηση θέσεων στάθμευσης και υποδομών φόρτισης σε ιδιωτικούς και δημόσιους χώρους, σε νέα και υφιστάμενα κτίρια με ταυτόχρονη εστίαση στην απλοποίηση της αδειοδοτικής διαδικασίας.

δ) εναρμόνισε τον ελληνικό θεσμικό πλαίσιο με την οδηγία 2019/1161 της Ευρωπαϊκής Ένωσης για την προώθηση καθαρών και ενεργειακά αποδοτικών οχημάτων οδικών μεταφορών [157].

Όσον αφορά **την οργάνωση της αγοράς φόρτισης ηλεκτροκίνητων οχημάτων**, όπως αναφέρεται στο άρθρο 134B του νόμου 4643/2019, «δεν επιτρέπεται στους Διαχειριστές Δικτύων Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας να έχουν στην ιδιοκτησία τους, να αναπτύσσουν, να διαχειρίζονται ή να λειτουργούν σημεία φόρτισης για ηλεκτρικά οχήματα, εξαιρουμένων των περιπτώσεων στις οποίες οι Διαχειριστές Δικτύων Διανομής έχουν στην ιδιοκτησία τους ιδιωτικά σημεία φόρτισης αποκλειστικά για δική τους χρήση» [159].

Όσον αφορά τις **προϋποθέσεις και τις τεχνικές προδιαγραφές των Σταθμών Φόρτισης Ηλεκτρικών Οχημάτων**, όπως αυτές αναγράφονται στο άρθρο 9 του ν. 4439/2016 (Α' 222), σύμφωνα με την οδηγία 2014/94 της Ευρωπαϊκής Ένωσης, μπορούν να αναφερθούν επιλεκτικά οι εξής:

- 1) Οι αποδεκτές μέθοδοι φόρτισης των μπαταριών ηλεκτροκίνητων αυτοκινήτων που μπορεί να εφαρμόζονται στις υφιστάμενες ή υπό αδειοδότηση εγκαταστάσεις είναι η μέθοδος 3 (Mode 3 AC Charging) και η μέθοδος 4 (Mode 4 DC Charging), κατά το πρότυπο EN/IEC 61851-1.
- 2) Τα αποδεκτά στοιχεία διασύνδεσης (ρευματοδότης, βύσματα, ακροδέκτες) των εν λόγω συσκευών φόρτισης καθορίζονται από το πρότυπο EN/IEC 62196-2 και είναι ο Τύπος 2 για την μέθοδο 3 και οι DC Combo 2 και CHAdeMO για την μέθοδο 4.
- 3) Η συσκευή φόρτισης συσσωρευτών ηλεκτροκίνητων οχημάτων πρέπει υποχρεωτικά να διαθέτει πιστοποίηση CE.
- 4) Οι προϋποθέσεις σύνδεσής τους με το δίκτυο διανομής ηλεκτρικής ενέργειας του Διαχειριστή του Ελληνικού Δικτύου Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΔΕΔΔΗΕ ΑΕ) διέπονται από το εκάστοτε ισχύον θεσμικό πλαίσιο περί ηλεκτροδοτήσεων.

5. Στην εγκατάσταση συσκευών φόρτισης λαμβάνονται υπόψη οι οικείες πολεοδομικές διατάξεις και κτιριοδομικοί κανονισμοί, οι αποστάσεις ασφαλείας, οι τυχόν απαγορευτικές γειτνιάσεις, οι συνθήκες λειτουργίας και αποθήκευσης που καθορίζονται από το πρότυπο EN/IEC 61851-1 και οι οδηγίες και οι υποδείξεις του κατασκευαστή, όπως αυτές αναγράφονται στα εγχειρίδια εγκατάστασης και λειτουργίας τους.
6. Όλα τα δημοσίως προσβάσιμα σημεία επαναφόρτισης παρέχουν τη δυνατότητα επί τούτω (ad hoc) χρέωσης για τους χρήστες ηλεκτρικών οχημάτων, χωρίς την υποχρέωση σύναψης συμβολαίου με τον οικείο προμηθευτή ή διαχειριστή ηλεκτρικής ενέργειας.
7. Οι μετρητές των ρευματοδοτών διαθέτουν πιστοποίηση για κλάση B από εργαστήρια πιστοποιημένα κατά ISO 17025.
8. Επίσης θα πρέπει να τηρούνται όλοι οι όροι που προβλέπονται στις κείμενες διατάξεις ανά χώρο τοποθέτησης των συσκευών φόρτισης και εφαρμόζονται τα κατά περίπτωση μέτρα πυροπροστασίας που προβλέπονται από τις αντίστοιχες διατάξεις περί πυροπροστασίας.
9. Η ενημέρωση των χρηστών ηλεκτροκίνητων οχημάτων για πληροφορίες που αφορούν τα δημοσίως προσβάσιμα σημεία επαναφόρτισης, πραγματοποιείται μέσω «Ηλεκτρονικής Πλατφόρμας Υποδομών Εναλλακτικών Καυσίμων» του Υπουργείου Υποδομών και Μεταφορών [158].

Τέλος, όσον αφορά τις **ελάχιστες αποστάσεις ασφαλείας και χωροταξική θέση εγκατάστασης των Σταθμών Φόρτισης Ηλεκτρικών Οχημάτων**, όπως αυτές αναγράφονται στην Κοινή Υπουργική Απόφαση 42863/438/2019, μπορούν να παρατεθούν τα εξής:

- 1) Οι σταθμοί φόρτισης πρέπει να εγκαθίστανται, για λόγους χωροταξικούς και οδικής ασφάλειας, σε κατάλληλα διαμορφωμένα σημεία πλησίον των θέσεων στάθμευσης που είναι χωροθετημένες εντός του οικοπεδικού ή γηπεδικού χώρου.
- 2) Οι σταθμοί φόρτισης δεν πρέπει να εμποδίζουν την ομαλή κυκλοφοριακή ροή των τροχοφόρων οχημάτων και την ασφαλή κίνηση των πεζών.
- 3) Οι σταθμοί φόρτισης δεν πρέπει να διαταράσσουν την εύρυθμη και λειτουργική διαρρύθμιση, διαχωρισμό και οριοθέτηση των κύριων και συμπληρωματικών δραστηριοτήτων και λοιπών επιτρεπόμενων χρήσεων, που λαμβάνουν χώρα εντός του προαυλίου (ακάλυπτου) χώρου του οικοπέδου ή γηπέδου του ακινήτου των υφιστάμενων ή υπό αδειοδότηση εγκαταστάσεων.
- 4) Οι σταθμοί φόρτισης μπορούν να εγκαθίστανται σε δημοσίως προσβάσιμα σημεία επαναφόρτισης κατά μήκος του αστικού, υπεραστικού και εθνικού οδικού δικτύου, σε δημοσίως προσβάσιμους χώρους στάθμευσης δημόσιων και ιδιωτικών κτιρίων, καθώς επίσης και σε τερματικούς σταθμούς ή σε σταθμούς μετεπιβίβασης μέσω μαζικής μεταφοράς επιβατών σε συμφωνία με τις διατάξεις του Κτιριοδομικού Κανονισμού
- 5) σε κατάλληλα διαμορφωμένα σημεία εντός των Σταθμών Εξυπηρέτησης Αυτοκινητιστών (Σ.Ε.Α.) κατά μήκος τμημάτων αυτοκινητοδρόμων ή/και οδικών τμημάτων που περιλαμβάνονται εντός των ορίων έργων που έχουν ανατεθεί με Σύμβαση Παραχώρησης.
- 6) Για τους στεγασμένους χώρους στους οποίους πρόκειται να τοποθετηθούν οι συσκευές φόρτισης ηλεκτροκίνητων οχημάτων εφαρμόζονται οι διατάξεις για τους επικίνδυνους χώρους κατηγορίας Β' (χώροι φόρτισης ηλεκτροκίνητων οχημάτων), σύμφωνα με την παρ. 6.7 του άρθρου 6 του Π.Δ. 41/2018 «Κανονισμός Πυροπροστασίας Κτιρίων» (Α' 80)[131].

6.4.2. Οργάνωση και Διαχείριση δημοσίων σταθμών φόρτισης στην Ελλάδα

Για την ένταξη της Ελλάδας στην ηλεκτροκίνηση είναι αναγκαία η ύπαρξη αρκετών σταθμών φόρτισης ώστε να ανταποκρίνονται στον ολοένα αυξανόμενο στόλο ηλεκτρικών οχημάτων καθώς και ένα ικανό δίκτυο ηλεκτροδότησης, το οποίο θα μπορεί να στηρίζει όλα τα οχήματα των χρηστών. Η δημόσια υποστήριξη είναι βασικός πυλώνας προκειμένου από τη μία πλευρά να επεκταθεί η ηλεκτροκίνηση κι από την άλλη πλευρά να υπάρχει το αίσθημα της ασφάλειας στους Έλληνες πολίτες.

Σύμφωνα με την ΠΑΕ (Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας), που από το 1999 έχει ως κύριο ρόλος να δίνει συμβουλές πάνω στον τομέα της ενέργειας, έχουν οριστεί τρία βασικά ζητήματα τα οποία είναι καίρια όσον αφορά τους δημόσιους σταθμούς φόρτισης:

A) να αντιμετωπιστεί η αβεβαιότητα της περιορισμένης διαδρομής για τους οδηγούς των ηλεκτρικών οχημάτων που μετακινούνται σε μεγάλες αποστάσεις εντός του αστικού ιστού.

B) να διευκολυνθεί η χρήση των ηλεκτρικών οχημάτων για μετακινήσεις στους αυτοκινητοδρόμους καθώς και στις εθνικές οδούς της χώρας.

Γ) να μπορούν οι οδηγοί που δεν έχουν ιδιωτικό χώρο στάθμευσης να φορτίζουν τα οχήματά τους στο χώρο εργασίας τους.

Στα δύο πρώτα ζητήματα, οι οδηγοί ηλεκτρικών οχημάτων διαθέτουν περιορισμένο χρόνο. Επομένως, προτείνεται η επιλογή της ταχείας φόρτισης σταθερού ρεύματος. Όσον αφορά το τρίτο ζήτημα, εξαιτίας του μεγάλου κόστους της εγκατάστασης των φορτιστών ταχείας φόρτισης όπως και της χρησιμοποιούμενης ενέργειας, προτείνονται οι φορτιστές απλής φόρτισης. Η απλή φόρτιση εναλλακτικού ρεύματος διαρκεί περισσότερο και είναι προτιμότερο οι απλοί φορτιστές δημόσιας χρήσης να εγκαθίστανται σε φυλασσόμενους δημόσιους, δημοτικούς ή ιδιωτικούς χώρους στάθμευσης όπου θα μπορούσε να διασφαλιστεί η ασφαλή φόρτιση κατά τη διάρκεια της νύχτας [160].

Για την σωστή αυτή διαχείριση των υποδομών φόρτισης, το Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας θεσμοθέτησε το 2020 τέσσερα είδη φορέων προκειμένου να εκμεταλλευτούν τους δημόσιους φορτιστές και να διαχειριστούν το φορτίο και τις υπηρεσίες φόρτισης. Με τον τρόπο αυτό, το Υπουργείο θέλησε να αποφύγει δυσμενείς καταστάσεις και δυσარέσκειες των οδηγών ηλεκτρικών οχημάτων, μέσα από τη σωστή οργάνωση και λειτουργία αυτής της νέας αγοράς.

Ο πρώτος είναι ο Φορέας Εκμετάλλευσης Υποδομών Φόρτισης Ηλεκτροκίνητων Οχημάτων (Φ.Ε.Υ.Φ.Η.Ο). Έχει ως βασικό σκοπό την παροχή υπηρεσιών επαναφόρτισης στους οδηγούς ηλεκτρικών οχημάτων και είναι υπεύθυνος τόσο για την τεχνική συντήρηση όσο για την ασφαλή λειτουργία των υποδομών φόρτισης. Οι Φ.Ε.Υ.Φ.Η.Ο έχουν υποχρέωση να λειτουργούν ηλεκτρονικές πλατφόρμες για την εποπτεία και των έλεγχου των υποδομών επαναφόρτισης και πληροφοριακά συστήματα για την διαχείριση των συλλεγόμενων πληροφοριών.

Ο δεύτερος είναι ο Φορέας Σωρευτικής Εκπροσώπησης Φορτίου Ηλεκτρικών Οχημάτων (Φ.Ο.Σ.Ε.Φ.Η.Ο). Έχει ως βασικό σκοπό να αναλαμβάνει την εκπροσώπηση του φορτίου των ηλεκτρικών οχημάτων στην αγορά ηλεκτρικής ενέργειας, μέσα από απομακρυσμένα συστήματα εποπτείας και ελέγχου των υποδομών επαναφόρτισης έτσι ώστε να αξιοποιηθούν οι δυνατότητες διαχείρισης του φορτίου.

Ο τρίτος είναι ο Πάροχος Υπηρεσιών Ηλεκτροκίνησης (Π.Υ.Η.). Έχει ως βασικό σκοπό τον καθορισμό του τρόπου τιμολόγησης των υπηρεσιών επαναφόρτισης, των τιμών χρέωσης και των μεθόδων ταυτοποίησης και πληρωμής.

Ο τέταρτος είναι ο Φορέας Διεκπεραίωσης Συναλλαγών (Φ.Δ.Σ). Έχει ως βασικό σκοπό την διευκόλυνση στην ανταλλαγή στοιχείων και την διεκπεραίωση οικονομικών συναλλαγών μεταξύ των φορέων της αγοράς. Για τον λόγο αυτό λειτουργεί ηλεκτρονική πλατφόρμα ώστε να ανταλλάσσονται δεδομένα σε πραγματικό χρόνο μεταξύ των εμπλεκόμενων φορέων [161].

Μετά τις εκλογές του Ιουλίου 2023 στην Ελλάδα, οι πλήρεις αρμοδιότητες της ηλεκτροκίνησης μεταφέρθηκαν από το υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας στο υπουργείο Υποδομών και Μεταφορών. Ειδικότερα, μεταφέρθηκε το Αυτοτελές Τμήμα Ηλεκτροκίνησης της Γενικής Διεύθυνσης Ενέργειας, καθώς και το Γνωμοδοτικό Συμβούλιο για την ηλεκτροκίνηση [162].

6.4.3. Χωροθέτηση σταθμών φόρτισης στην Ελλάδα

Το ενδιαφέρον των Ελλήνων για τα ηλεκτρικά οχήματα παραμένει έκδηλο. Σύμφωνα με τα στοιχεία του υπουργείου Περιβάλλοντος και Ενέργειας όπου και υπαγόταν η σχετική αρμοδιότητα έως τις αρχές Ιουλίου 2023, στη δεύτερη φάση του προγράμματος «Κινούμαι Ηλεκτρικά», υποβλήθηκαν περίπου 17.000 αιτήσεις για ηλεκτρικά οχήματα. Παρόλα αυτά, μόνο το 31% των αιτήσεων αφορούσαν ηλεκτρικά αυτοκίνητα, μιας και το 32% αφορούσαν δίκυκλα και τρίκυκλα και το υπόλοιπο 37% αφορούσε τα ηλεκτρικά ποδήλατα. Βάσει λοιπόν των επίσημων στοιχείων στην Ελλάδα, το μερίδιο των ηλεκτρικών επί του συνόλου των νέων ταξινομήσεων επιβατικών οχημάτων αυξήθηκε από 0,4% το 2019 σε 7,9% το 2022 [162].

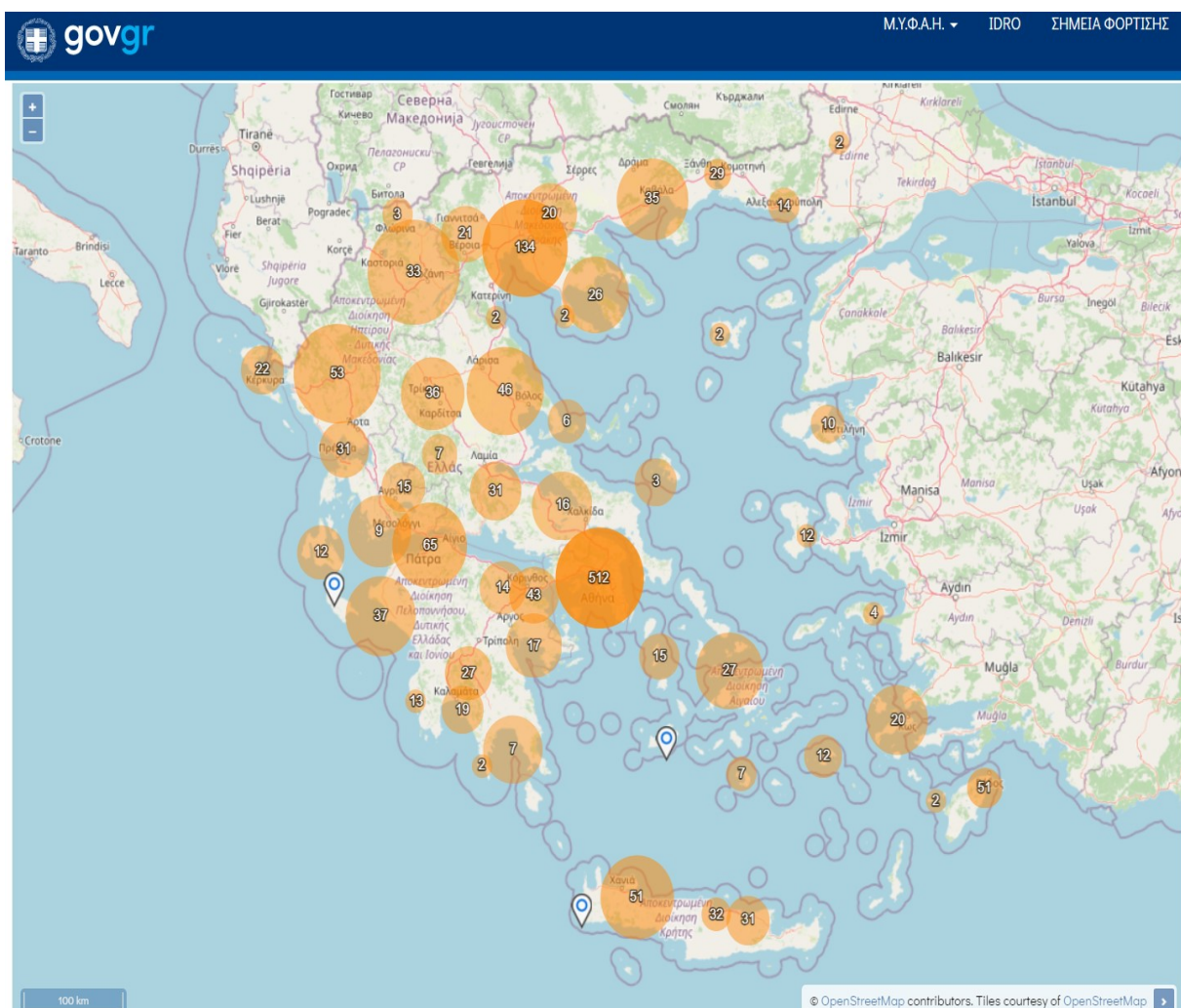
Ο δρόμος προς την ηλεκτροκίνηση όμως παραμένει ακόμα μακρύς και δεν είναι πολύ δύσκολο να διανυθεί. Εκτός από τους αρνητικούς παράγοντες του υψηλού κόστους αγορά των ηλεκτρικών οχημάτων και της ανεπάρκειας δημοσίων σημείων φόρτισης, υπάρχει κι ένας ακόμα εξίσου σημαντικός παράγοντας. Το γεγονός ότι το 66% και το 67% των νοικοκυριών στα πολεοδομικά συγκροτήματα της Αθήνας και της Θεσσαλονίκης αντίστοιχα, δεν έχουν πρόσβαση σε ιδιωτικό χώρο στάθμευσης σημαίνει ότι η ανάπτυξη επαρκούς αριθμού δημοσίων προσβάσιμων υποδομών φόρτισης στην Ελλάδα είναι μονόδρομος.

Εξακολουθεί να υφίσταται ζήτημα με την ανάγκη ύπαρξης των απαραίτητων δικλίδων ασφαλείας προκειμένου να εγκατασταθούν σταθμοί φόρτισης σε μεγάλα τμήματα του εθνικού οδικού δικτύου, όπως η Εγνατία Οδός, καθώς εκεί δεν υπάρχουν ΣΕΑ. Σύμφωνα με τα στοιχεία του υπουργείου Υποδομών και Μεταφορών, κατά τον Ιούλιο 2023 στα εθνικά δίκτυα της Ελλάδας η νέα ευρωπαϊκή υποχρέωση για σταθμούς φόρτισης ανά 60 χιλιόμετρα καλύπτεται στο 65% του συνόλου. Οι δημόσιοι σταθμοί φόρτισης στην Ελλάδα διαρκώς αυξάνονται βέβαια κι από τους 58 που υπήρχαν το 2019 έφτασαν τους 3.200 το 2022 με στόχο να φτάσουν τους 25000 το 2030. με στόχο τα 25.000 έως το 2030 [162].

Μάλιστα, το Υπουργείο Οικονομικών αποφάσισε στις αρχές του 2023 την ένταξη του έργου "SUB1. Ηλεκτροκίνηση - Φορτίζω παντού" στο Ταμείο Ανάκαμψης της Ευρωπαϊκής Ένωσης που αφορά στην επιδότηση μέρους του κόστους αγοράς, εγκατάστασης και διασύνδεσης στο δίκτυο του ΔΕΔΔΗΕ δημόσιων σταθμών ταχείας και υπερταχείας φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων, που θα εγκατασταθούν σε αστικές και περιφερειακές περιοχές και σημεία ενδιαφέροντος, όπως τα πρατήρια καυσίμων, οι χώροι στάθμευσης, τα λιμάνια και τα αεροδρόμια και σε σημεία κατά μήκος του εθνικού και επαρχιακού οδικού δικτύου [163]. Ταυτόχρονα, παραμένει πρόκληση παραμένει η φέρουσα ικανότητα του ηλεκτρικού δικτύου, μιας και εξαιτίας προβλημάτων δεν είναι πάντα εφικτή η εγκατάσταση φορτιστών και κυρίως ταχυφορτιστών. Παρόλα αυτά, ο ΔΕΔΔΗΕ έχει διαβεβαιώσει ότι δεν υπάρχει ζήτημα επάρκειας του δικτύου διανομής, όχι μόνο για τους άμεσους στόχους αλλά και για τους μελλοντικούς αυξημένους στόχους καθώς οι επενδύσεις έχουν αυξηθεί από τα 150 εκ. ευρώ αρχικά σε πάνω από 300 εκ. ευρώ, ενώ 1,5 εκατομμύριο συνδέσεις είναι ήδη διαθέσιμες για φορτιστές [162].

Στο Υπουργείο Υποδομών και Μεταφορών συστάθηκε το Μητρώο Υποδομών και Φορέων Αγοράς Ηλεκτροκίνησης (Μ.Υ.Φ.Α.Η.). Η λειτουργία του Μ.Υ.Φ.Α.Η. αποσκοπεί στη συστηματική καταγραφή των υποδομών φόρτισης αναφορικά με τα δεδομένα λειτουργίας τους, των φορέων που δραστηριοποιούνται στην αγορά ηλεκτροκίνησης και τη βέλτιστη πληροφόρηση και εξυπηρέτηση των χρηστών ηλεκτροκίνητων οχημάτων. Το Υπουργείο Υποδομών και Μεταφορών έθεσε σε λειτουργία την ηλεκτρονική πλατφόρμα του Μητρώου Υποδομών και Φορέων Αγοράς Ηλεκτροκίνησης (Μ.Υ.Φ.Α.Η.) , στη διεύθυνση: <https://electrokinisi.yme.gov.gr> μέσω της οποίας οι φορείς της αγοράς της ηλεκτροκίνησης εγγράφονται στο Μητρώο και αποκτούν μοναδικό κωδικό ταυτοποίησης [165]. Η εφαρμογή αποτυπώνει τα πρωτογενή δεδομένα που συλλέγονται από το Μ.Υ.Φ.Α.Η. στο οποίο εγγράφονται υποχρεωτικά όλοι οι φορείς ηλεκτροκίνησης με βάση τον νόμο ν.4710/2020 (Α'142). Η ορθότητα και ακρίβεια των δεδομένων που παρέχονται στους τελικούς χρήστες αποτελεί αποκλειστική ευθύνη του αντίστοιχου φορέα ηλεκτροκίνησης. Τον Ιούλιο 2023 υπήρχαν 35 εγγεγραμμένες εταιρίες στο Μητρώο φορέων της αγοράς ηλεκτροκίνησης.

Εκτός αυτού, η πλατφόρμα αυτή στην καρτέλα <https://electrokinisi.yme.gov.gr/public/ChargingPoints/> απεικονίζει (Εικόνα 6.7) σε ενημερωτικό χάρτη το σύνολο των δημοσίων σταθμών φόρτισης που λειτουργούν σε όλη την επικράτεια. Πιο συγκεκριμένα ένας χρήστης μπορεί να ενημερωθεί για την ακριβή τοποθεσία του σταθμού φόρτισης, για το ωράριο λειτουργίας και για τα στοιχεία επικοινωνίας [165].



Εικόνα 6.7: Χάρτης Διαθέσιμων Δημόσιων Σταθμών Φόρτισης Ηλεκτρικών Οχημάτων [165].

Αξίζει βέβαια να αναφερθεί και η ιδιωτική πρωτοβουλία ως προς την πιο λεπτομερή απεικόνιση των δημοσίων σταθμών φόρτισης. Η ιστοσελίδα plugshare (<https://www.plugshare.com/>) αποτυπώνει επιπλέον λεπτομέρειες όπως η ταχύτητα φόρτισης και το είδος των βυσμάτων/ υποδοχών που χρησιμοποιούνται στους δημόσιους σταθμούς φόρτισης σε κάθε σημείο του πλανήτη συμπεριλαμβανομένης και της Ελλάδας. [166]

6.5. ΕΤΑΙΡΙΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ & ΕΜΠΟΡΙΑΣ ΦΟΡΤΙΣΤΩΝ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

6.5.1. Πρωτογενής έρευνα στις εταιρίες κατασκευής και εμπορίας φορτιστών.

Διεξήχθη δευτερογενή έρευνα πάνω στις 35 εγγεγραμμένες εταιρίες στο Μ.Υ.Φ.Α.Η. και διαπιστώθηκε ότι υπήρχαν μόνο 2 ενεργές εταιρίες κατασκευής φορτιστών ηλεκτρικών αυτοκινήτων στην Ελλάδα. Επιπλέον, υπήρχαν 25 ενεργές εταιρίες εμπορίας φορτιστών, η συντριπτική πλειοψηφία των οποίων ήταν αντιπρόσωποι εταιριών της αλλοδαπής. Επιλέχθηκε δείγμα κι από τις δύο περιπτώσεις προκειμένου να διεξαχθεί πρωτογενή έρευνα στις εταιρίες κατασκευής και εμπορίας φορτιστών. Η έρευνα αυτή απευθυνόταν τόσο στους τεχνικούς όσο και στους υπεύθυνους πωλήσεων των εν λόγω εταιριών με τη μορφή δομημένης συνέντευξης, η οποία έλαβε χώρα στην Αθήνα και στην Θεσσαλονίκη από τον Φεβρουάριο μέχρι και τον Ιούνιο 2023. Το σύνολο των εταιριών που συμμετείχαν στην έρευνα αυτή ανέρχεται στις 10 και σε αυτές περιλαμβάνονται 1 κατασκευάστρια εταιρία και 9 εταιρίες εμπορίας φορτιστών ηλεκτρικών αυτοκινήτων στην Ελλάδα. Στο Παράρτημα Α παρατίθεται η φόρμα της δομημένης συνέντευξης. Στις επόμενες δύο ενότητες παρουσιάζονται αναλυτικά οι εταιρίες που ερευνήθηκαν ενώ στη συνέχεια γίνεται μία αναφορά στις υπόλοιπες εταιρίες σύμφωνα με δευτερογενή δεδομένα.

6.5.2. Εταιρίες κατασκευής φορτιστών ηλεκτρικών οχημάτων στην Ελλάδα.

MC CHARGERS

Η MC-Chargers είναι μια εταιρία που ιδρύθηκε από τον Χαράλαμπο Μαρμάγγελο και τον Παναγιώτη Χριστοδούλου το 2017. Με την ίδρυση του πρώτου τους εργοστασίου στη Θέρμη Θεσσαλονίκης στις αρχές του 2019 η ιδέα της κατασκευής φορτιστών ηλεκτρικών οχημάτων άρχισε να υλοποιείται, ξεκινώντας ταυτόχρονα εγκαταστάσεις σταθμών φόρτισης σε όλη την Ελλάδα. Τον Νοέμβριο 2021 η Cosmos Aluminium επένδυσε στην MC-Chargers και απέκτησε το 51%. για την ποιότητα των προϊόντων της και τους αφοσιωμένους συνεργάτες της. Η άριστη ποιότητα τεχνολογικού εξοπλισμού σε συνδυασμό με τον πρωταγωνιστικό ρόλο που παίζει η Cosmos Aluminium στον τομέα του αλουμινίου, κατατάσσουν την MC-Chargers ανάμεσα στις πιο προηγμένες τεχνολογικά εταιρείες στην Ευρώπη και πρώτη στον Ελλαδικό χώρο.

Διαθέτει τμήμα Έρευνας και Ανάπτυξης, το οποίο είναι στελεχωμένο από έμπειρο και εξειδικευμένο προσωπικό και με τον πλήρη και σύγχρονο εξοπλισμό που διαθέτει, αναλαμβάνει τον σχεδιασμό και την υλοποίηση των ολοκληρωμένων σταθμών φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων, με βάση τις απαιτήσεις της νομοθεσίας, τα πρότυπα ασφάλειας και συμβατότητας και τις εξειδικευμένων αναγκών των πελατών της σε όλο τον κόσμο. Διαθέτει επίσης μια ομάδα έμπειρων μηχανικών πωλήσεων σε όλη την Ελλάδα αλλά και στο εξωτερικό η οποία συμβουλεύει τους ενδιαφερόμενους, σχετικά με το είδος του φορτιστή που τους εξυπηρετεί καλύτερα την κάθε ανάγκη. Το τμήμα Ηλεκτρολογικών Μελετών της εταιρίας παρέχει την απαραίτητη τεχνική υποστήριξη σε θέματα ηλεκτρολογικών εγκαταστάσεων των σταθμών φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων, συντάσσει ηλεκτρολογικές μελέτες με δυνατότητα αυτονίας και αναλύει όπου χρειάζεται τις ειδικές απαιτήσεις. Όσον αφορά το κατασκευαστικό κομμάτι, πραγματοποιείται η συλλογή των πρώτων υλών και στην συνέχεια η συναρμολόγηση των επιμέρους τμημάτων του φορτιστή. Τέλος διεξάγεται ποιοτικός έλεγχος ο οποίος γίνεται πάντα σύμφωνα με το πρωτότυπο της εταιρίας [167].

Σύμφωνα με την πρωτογενή έρευνα, ο εκπρόσωπος της MC-Chargers ανέφερε ότι η κύρια δραστηριότητα της εταιρίας είναι η κατασκευή φορτιστών ηλεκτρικών οχημάτων. Πέρα από το να κατασκευάσει μια σειρά σταθμών φόρτισης, η οποία να καλύπτει όλες τις ανάγκες φόρτισης ηλεκτρικών και υβριδικών οχημάτων, στόχος της είναι και η κάλυψη αναγκών διαχείρισης και ελέγχου των σημείων φόρτισης μέσα από πλατφόρμες διαχείρισης και εφαρμογών για smartphones.

Πιο συγκεκριμένα, η MC-chargers κατασκευάζει 5 τύπους φορτιστών που απευθύνονται τόσο για οικιακή όσο και για εμπορική χρήση. Υπάρχει με τεχνικό τμήμα στην εταιρία, όμως την εγκατάσταση την αναλαμβάνουν είτε μεταπωλητές είτε εξωτερικοί συνεργάτες. Υπάρχουν ανταλλακτικά για αντικατάσταση τμημάτων του φορτιστή, αλλά υπάρχει δυνατότητα αντικατάστασης ολόκληρου του φορτιστή. Επίσης, γίνεται επίδειξη λειτουργίας του φορτιστή είτε στο χώρο της επιχείρησης είτε στο χώρο του πελάτη.



Εικόνα 6.8: Κεντρικά Γραφεία MC-Chargers (Αριστερά), Orion Οικιακός Φορτιστής (Κέντρο) Orion DC-60 (Δεξιά) [167].

Όλοι οι φορτιστές της MC-Chargers έχουν βαθμό μηχανικής αντοχής (Μέγιστος Αριθμός Κρούσεων) IK 10. Έχουν επίσης ενσωματωμένη προστασία υπέρτασης και υπότασης, εντοπισμό απώλειας γείωσης και προστασία υπερθέρμανσης. Εκτός αυτού παρέχουν αντικεραυνική προστασία SPD Type 2, ασφαλειοδιακόπτης MCCB Type C και, Ρελέ διαρροής RCD Type B. Ιδανική εξωτερική θερμοκρασία κατά τη φόρτιση είναι από -30 έως και +70 βαθμοί Κελσίου. Στους πελάτες δίνονται όχι μόνο φυλλάδια με οδηγίες χρήσης στους πελάτες αλλά και καλώδια φόρτισης. Παρέχεται εγγύηση 2 ετών καλής λειτουργίας, αλλά υπάρχει δυνατότητα επέκτασης εγγύησης. Οι φορτιστές φθάνουν στους πελάτες λιανικής κυρίως μέσω μεταπωλητών σε όλη την Ελλάδα αλλά και στο εξωτερικό, οι οποίοι και καθορίζουν τις τελικές τιμές λιανικής. Δεν υπάρχουν άλλα κρυφά κόστη, υπάρχει άλλωστε πλατφόρμα που μπορεί κάποιος να αναβαθμίσει το λογισμικό ή τον φορτιστή του αγοράζονται ότι χρειάζεται.

Η MC-Chargers έχει αναπτύξει τη δικιά της εφαρμογή για smartphones, η οποία είναι διαθέσιμη για κινητά τηλέφωνα με λογισμικό android phone μέσω του play store ενώ για τα Iphone και τα Ipad μέσω του app store. Με την εφαρμογή αυτή μπορούν οι χρήστες να βλέπουν τις ενδείξεις του φορτιστή και να προβαίνουν σε εξ αποστάσεως διαχείριση του σημείου φόρτισης. Πιο συγκεκριμένα, μπορούν να ρυθμίσουν την ενεργό ισχύ με την οποία θα φορτίζει το ηλεκτρικό όχημά τους (0-22kW για φορτιστές ORION 22kW ή 0-7kW για φορτιστές ORION 7kW), να ενεργοποιήσουν και να

		ΧΩΡΟ-ΘΕΤΗΣΗ ΕΞΟΔΟΙ ΜΕΘΟΔΟΣ ΦΟΡΤΙΣΗΣ	ΦΑΣΗ/ΤΑΣΗ/ ΡΕΥΜΑ/ ΤΥΠΟΣ ΕΞΟΔΟΥ	ΜΕΓΙΣΤΗ ΙΣΧΥΣ, ΒΑΡΟΣ, ΧΡΟΝΟΣ ΦΟΡΤΙΣΗΣ	ΣΥΝΔΕΣΙΜΟΤΗΤΑ, ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ ΕΠΙΚ/ΝΙΑΣ, ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΧΡΗΣΤΗ, ΘΘΟΝΗ ΒΑΘΜΟΣ ΣΤΕΓΑΝΟΤΗΤΑΣ
ORION 7KW	MINI	ΟΙΚΙΑΚΗ 1 ΕΞΟΔΟΣ MODE 3	1P 220V AC/ 32 A TYPE 2	7 KW 5 KG, 6-7 ΩΠΕΣ	WIFI/ETHERNET/GSM, S2W & OCPP ¹ 1.6 JSON, RFID ² , LED INDICATION, IP 55
ORION 22KW	MINI	ΙΔΙΩΤΙΚΗ 1 ΕΞΟΔΟΣ MODE 3	3P 400V AC 32 A/ ΦΑΣΗ TYPE 2	22KW 5 KG, 1,5-2 ΩΠΕΣ	WIFI/ETHERNET/GSM, S2W & OCPP 1.6 JSON, RFID, LED INDICATION, IP 55
ORION 7H		ΟΙΚΙΑΚΗ 1 ΕΞΟΔΟΣ MODE 3	1P 230VAC 32A TYPE 2	7KW 58,3 KG 6-7 ΩΠΕΣ	WIFI/ETHERNET/GSM, S2W & OCPP 1.6 JSON, RFID, LCD 4.3", IP 55
ORION 11H		ΙΔΙΩΤΙΚΗ 1 ΕΞΟΔΟΣ MODE 3	3P 400V AC 16 A/ΦΑΣΗ TYPE 2	11KW 60,6 KG 3-4 ΩΠΕΣ	WIFI/ETHERNET/GSM, S2W & OCPP 1.6 JSON, RFID, LCD 4.3", IP 55
ORION 22H		ΙΔΙΩΤΙΚΗ 1 ΕΞΟΔΟΣ MODE 3	3P 400V AC 32 A/ΦΑΣΗ TYPE 2	22KW 60,6 KG 1,5-2 ΩΠΕΣ	WIFI/ETHERNET/GSM, S2W & OCPP 1.6 JSON, RFID, LCD 4.3", IP 55
ORION 11C		ΔΗΜΟΣΙΑ 1 ΕΞΟΔΟΣ MODE 3	3P 400V AC 16 A/ΦΑΣΗ TYPE 2	11KW 60,6 KG 3-4 ΩΠΕΣ	Dynamic/ Active Load Management, WIFI/ETHERNET/GSM, MID ³ , S2W & OCPP 1.6 JSON, RFID, LCD 4.3", IP 55
ORION 22C		ΔΗΜΟΣΙΑ 1 ΕΞΟΔΟΣ MODE 3	3P 400V AC 32 A/ΦΑΣΗ TYPE 2	22KW 60,6 KG 1,5-2 ΩΠΕΣ	Dynamic/ Active Load Management, WIFI ETHERNET, MID, S2W & OCPP 1.6 JSON, RFID, LCD 4.3", IP 55
ORION 2X11 KW		ΔΗΜΟΣΙΑ 2 ΕΞΟΔΟΙ MODE 3	3P 400V AC 16 A/ΦΑΣΗ TYPE 2	22KW 3-4 ΩΠΕΣ	Dynamic/ Active Load Management, WIFI ETHERNET, MID, S2W & OCPP 1.6 JSON, RFID, LCD 4.3" x2, IP 55
ORION 2X22 KW		ΔΗΜΟΣΙΑ 2 ΕΞΟΔΟΙ MODE 3	3P 400V AC 32 A/ΦΑΣΗ TYPE 2	44KW 1,5-2 ΩΠΕΣ	Dynamic/ Active Load Management, WIFI ETHERNET, MID, S2W & OCPP 1.6 JSON, RFID, LCD 4.3" x2, IP 55

¹ OCPP (Open Charge Point Protocol)

Είναι ανοιχτό πρωτόκολλο επικοινωνίας το οποίο φαίνεται να έχει επικρατήσει και χρησιμοποιείται ώστε να επικοινωνήσει ο κεντρικός διαχειριστής συσκευών φόρτισης με τους φορτιστές οχημάτων που έχει υπό την ευθύνη του. Μέσω αυτού του πρωτοκόλλου μπορεί να ελέγξει και να ανταλλάξει πληροφορίες με τη συσκευή φόρτισης [177].

² RFID Cards

Κάρτα που για τη διευκόλυνση του οδηγού στέλνεται μετά από αίτημά του και είναι συγχρονισμένη με το προφίλ του. Χρησιμοποιείται στους σταθμούς που υποστηρίζουν καρταναγνώστες και αντικαθιστά το κινητό τηλέφωνο και τη χρήση της εφαρμογής, αποκλειστικά για την έναρξη και λήξη της φόρτισης του οχήματος στον σταθμό [177].

³ Ο μετρητής MID καταγράφει την ενεργειακή κατανάλωση ενός σταθμού φόρτισης και είναι απαραίτητη προσθήκη στους δημόσιους σταθμούς φόρτισης όταν είναι επιθυμητή η χρέωση της kWh.

PRISMA 2X11 KW	ΔΗΜΟΣΙΑ 2 ΕΞΟΔΟΙ MODE 3	3P 400V AC 16 A/ΦΑΣΗ TYPE 2	22KW 3-4 ΩΠΕΣ	Dynamic/ Active Load Management, WIFI ETHERNET, MID, S2W & OCPP 1.6 JSON, RFID, LCD 4.3" x2, IP 55
PRISMA 2X22 KW	ΔΗΜΟΣΙΑ 2 ΕΞΟΔΟΙ MODE 3	3P 400V AC 32 A/ΦΑΣΗ TYPE 2	44KW 1,5-2 ΩΠΕΣ	Dynamic/ Active Load Management, WIFI ETHERNET, MID, S2W & OCPP 1.6 JSON, RFID, LCD 4.3" x2, IP 55
ORION DC 60-240KW	ΔΗΜΟΣΙΑ 3 ΕΞΟΔΟΙ 2xDC 1Xac MODE 3 MODE 4	3P 400V AC CCS2 150- 1000 V DC 32 A AC 125 A DC, 1xCCS2 1xCHAdEMO 1xAC TYPE 2	AC: 22 KW DC: 40KW-240 KW 80% ΕΩΣ 30'	Dynamic Load Management, WIFI ETHERNET, MID, S2W & OCPP 1.6 JSON, RFID, LCD 7", IP 55

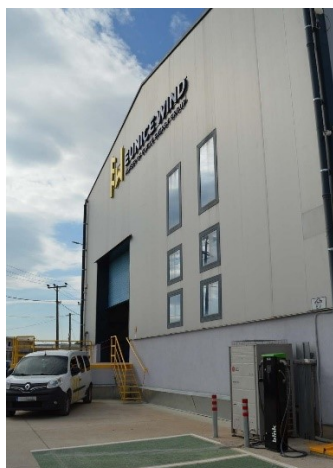
Πίνακας 6.3: Μοντέλα Σταθμών Φόρτισης MC-Chargers

απενεργοποιήσουν τον φορτιστή απομακρυσμένα μέσω του διακόπτη on/off που διατίθεται στην εφαρμογή. Υπάρχει η δυνατότητα να παρακολουθούν κάποιες ενδείξεις του σταθμού φόρτισης όπως την θερμοκρασία λειτουργίας του, τον χρόνο που το όχημα είναι συνδεδεμένο στον φορτιστή και την συνολική κατανάλωση ενέργειας του σταθμού φόρτισης. Η MC-Chargers, προκειμένου να εναρμονιστεί με την ευρωπαϊκή και ελληνική νομοθεσία αλλά και να πετύχει την έξυπνη διαχείριση φορτίων, ανέπτυξε τη δυνατότητα διαχείρισης ενεργού ισχύος καταρχήν μέσω της πλατφόρμας διαχείρισης S2W & OCPP 1.6 των σταθμών φόρτισης και στη συνέχεια χειροκίνητα χωρίς κάποιο επιπλέον κόστος μέσω της εφαρμογής smartphone. Όλοι οι σταθμοί φόρτισης της εταιρίας είναι σύμφωνοι με τα πρότυπα: IEC EN 61851-1:2019, IEC 61851-21-2:2018, EN 62196-1:2014, EN 62196-2:2016, CE.

Τέλος, όσον αφορά το εύρος τιμών των φορτιστών, με βάση τον τιμοκατάλογο μεταπωλητών στην Ελλάδα και κατόπιν σημαντικών εκπτώσεων (48-52%), ενδεικτικά αναφέρεται ότι ο Orion Mini 7 KW πωλείται προς 990 ευρώ, ο Orion 2x11KW και ο Prisma 2x11KW προς 4191 ευρώ ενώ ο Orion DC 60KW προς 35000 ευρώ [168].

EUNICE

Ο Όμιλος Eunice Energy Group, έχει μία επιτυχημένη πορεία, άνω των 20 ετών, στον τομέα της πράσινης ενέργειας κατασκευάζοντας στο εργοστάσιό της στη Μάνδρα Αττικής αρχικά την πρώτη και μοναδική ελληνική ανεμογεννήτρια 50kW EW16 Thetis και στη συνέχεια φορτιστές ηλεκτρικών οχημάτων. Η εγχώρια κατασκευή τους διέπεται σε όλα τα στάδια παραγωγής από τις αυστηρότερες προδιαγραφές και διαδικασίες ποιοτικού ελέγχου. Ο Όμιλος Eunice δεν περιορίζεται μόνο στην παροχή του hardware, αλλά διευρύνεται μέσω μιας σειράς ολοκληρωμένων υπηρεσιών υποστήριξης, όπως της εγκατάστασης, της λειτουργίας, της συντήρησης και της επισκευής των φορτιστών, των συμβουλευτικών υπηρεσιών, της παροχής after sales support και της πραγματοποίησης των απαραίτητων απομακρυσμένων ενημερώσεων που αντιμετωπίζουν άμεσα πιθανά προβλήματα ή δυσλειτουργίες.



Εικόνα 6.9: Εργοστάσιο Κατασκευής Φορτιστών Eunice στη Μάνδρα Αττικής (αριστερά). Φορτιστής EEG-2S-22P (κέντρο), κυλινδρικός AC φορτιστής (δεξιά).

Ταυτόχρονα ο όμιλος Eunice υποστηρίζει τα πιο σύγχρονα πρωτόκολλα επικοινωνίας OCPP ως εκ τούτου συμμετέχει στη διεθνή επιτροπή Open Charge Alliance. Οι φορτιστές Eunice χρησιμοποιούνται από τα μεγαλύτερα δίκτυα φορτιστών στην Ελλάδα όπως τη ΔΕΗ blue και την Blink, αριθμώντας ήδη περισσότερους από 1.500 δημόσιους σταθμούς φόρτισης σε επαγγελματικούς χώρους, δήμους, ξενοδοχεία, super markets και εμπορικά κέντρα. Επιπλέον, ο Όμιλος Eunice έχει αναπτύξει δημόσιους σταθμούς φόρτισης σε καινοτόμα projects σε διάφορα νησιά του Αιγαίου, όπως για παράδειγμα το S4S TILOS, το Naxos Smart Island, τα δίκτυα κοινόχρηστων σταθμών φόρτισης στην Κύθνο και στην Αστυπάλαια. Τέλος, ο όμιλος μέσω της συνεργασίας με την εταιρία Wink, επεκτάθηκε στη Βουλγαρία αναπτύσσοντας εκεί ιδιόκτητο δίκτυο δημοσίων σταθμών φόρτισης.

Ο όμιλος Eunice παρέχει από το 2019 τρία βασικά μοντέλα φορτιστών. Ο πρώτος ονομάζεται EEG-1S-22W κι αποτελεί έναν τριφασικό φορτιστή μονής εξόδου (22kW). Μπορεί να τοποθετηθεί είτε επιτοίχια ή σε πυλώνα σε εσωτερικές ή εξωτερικές συνθήκες. Ο δεύτερος φορτιστής είναι ο EEG-S-22P. Πρόκειται για ένα τριφασικό φορτιστή δημόσιας χρήσης με δύο πρίζες φόρτισης (2x22kW), ο οποίος δίνει τη δυνατότητα να φορτιστούν ταυτόχρονα δύο ηλεκτρικά οχήματα. Τοποθετείται σταθερά επί εδάφους και διαθέτει έγχρωμη οθόνη με οδηγίες φόρτισης. Το τρίτο μοντέλο είναι ένας τριφασικός κυλινδρικός φορτιστής, που λόγω του σχήματός του τοποθετείται εύκολα σε διάφορους χώρους όπως σε πεζοδρόμια. Πρόκειται για μία στιβαρή κατασκευή κατά των βανδαλισμών και το περίβλημά του είναι ανθεκτικό σε εξωτερικές καιρικές συνθήκες. Περιλαμβάνει 1 ή 2 πρίζες ισχύος 22kW, παροχής 400V AC με ονομαστικό ρεύμα 32A ανά έξοδο φόρτισης. Στα άμεσα σχέδια του ομίλου είναι η κατασκευή και η διάθεση ενός φορτιστή συνεχούς ρεύματος (DC), που εγγυάται ακόμη πιο αποδοτικούς χρόνους φόρτισης. Σε όλους τους φορτιστές του ομίλου χρησιμοποιείται τύπος εξόδου 2, μετρητής MID, συνδεσιμότητα Ethernet (προαιρετικά WIFI), τύπος προστασίας IK10/IP55 και πρωτόκολλο επικοινωνίας OCPP 1.6JSON με OCPP 2.0.1 ως μελλοντική αναβάθμιση [169].

6.5.3. Εταιρίες εμπορίας φορτιστών ηλεκτρικών οχημάτων στην Ελλάδα.

NRG

Η NRG έχει ως κύρια δραστηριότητα την παροχή ηλεκτρικής ενέργειας και ανήκει στον όμιλο Motor Oil. Σύμφωνα με την πρωτογενή έρευνα που διεξήχθη στις εγκαταστάσεις της στο Μαρούσι Αττικής, η εταιρία δραστηριοποιείται στο χώρο των φορτιστών ηλεκτρικών οχημάτων από το 2018 μέσω του δικτύου φόρτισης incharge. Μόλις 5 χρόνια αργότερα, η NRG κατέχει το μεγαλύτερο δίκτυο ταχυφορτιστών στην Ελλάδα με 30 σημεία ταχείας επαναφόρτισης. Οι σταθμοί φόρτισης του δικτύου incharge ανήκουν στους πιο εξελιγμένους στην Ευρώπη μιας και μπορούν να φορτίσουν ένα

ηλεκτροκίνητο όχημα έως και στο 80% της δυναμικής του, σε λιγότερο από 30 λεπτά. Καθώς οι 23 από τους 30 ταχυφορτιστές έχουν εγκατασταθεί στα πρατήρια αυτοκινητοδρόμων Shell και AVIN, καλύπτουν το μεγαλύτερο μέρος του Εθνικού οδικού δικτύου.

Η NRG προμηθεύεται 9 μοντέλα φορτιστών από 2 μεγάλες κατασκευάστριες εταιρίες του εξωτερικού, την IOC από την Ινδία, η οποία κατασκευάζει φορτιστές AC με ισχύ από 7 έως 22 KW, και την Star Charge από την Κίνα, η οποία κατασκευάζει οικιακούς φορτιστές AC 7 KW (Aurora) και ταχυφορτιστές DC με ισχύ από 30 έως 360 KW. Η NRG τοποθετεί τα λογότυπό της όπως και το σήμα του δικτύου φόρτισης incharge πάνω σε όλους τους φορτιστές που εμπορεύεται. Υπάρχει ξεχωριστή τεχνική εταιρία ως θυγατρική της Motor Oil, που αναλαμβάνει την εγκατάσταση των φορτιστών της NRG στο χώρο του πελάτη αλλά και τις επισκευές ή την αντικατάσταση ελαττωματικών σταθμών φόρτισης. Ανάλογα με τον πελάτη, γίνεται είτε επίδειξη λειτουργίας του φορτιστή στο χώρο της NRG είτε στο χώρο του αγοραστή. Παρακάτω αναφέρονται ενδεικτικά 3 μοντέλα φορτιστών που εμπορεύεται η NRG:

		ΧΩΡΟ-ΘΕΤΗΣΗ ΕΞΟΔΟΙ ΜΕΘΟΔΟΣ ΦΟΡΤΙΣΗΣ	ΦΑΣΗ/ΤΑΣΗ/ΡΕΥΜΑ/ΤΥΠΟΣ ΕΞΟΔΟΥ	ΜΕΓΙΣΤΗ ΙΣΧΥΣ, ΒΑΡΟΣ, ΧΡΟΝΟΣ ΦΟΡΤΙΣΗΣ	ΣΥΝΔΕΣΙΜΟΤΗΤΑ, ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ ΕΠΙΚ/ΝΙΑΣ, ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΧΡΗΣΤΗ, ΟΘΟΝΗ ΒΑΘΜΟΣ ΣΤΕΓΑΝΟΤΗΤΑΣ
AURORA SILVER	7	ΟΙΚΙΑΚΗ 1 ΕΞΟΔΟΣ MODE 3	1P 220V AC/ 16 A TYPE 2	7 KW 4,5 KG, 6-7 ΩΠΕΣ	WIFI/ETHERNET/GSM, S2W & OCPP 1.6 JSON, RFID, LED INDICATION, IP 54-55
SMART CHARGER IOCAW05C	AC	ΙΔΙΩΤΙΚΗ ΕΜΠΟΡΙΚΗ 1 ΕΞΟΔΟΣ MODE 3	3P 400V AC 32 A/ ΦΑΣΗ TYPE 2	22KW 11,2 KG, 1,5-2 ΩΠΕΣ	WIFI/ETHERNET/GSM, MID, S2W & OCPP 1.6 JSON, RFID, LCD 7", IP 55
STARCHARGE JUPITER 60 KW		ΔΗΜΟΣΙΑ 3 ΕΞΟΔΟΙ MODE 3 MODE 4	3P <u>ΤΑΣΗ:</u> CCS2: 150-550VDC, CHAdeMO: 150-500VDC, TYPE 2: 400VAC <u>ΡΕΥΜΑ:</u> 125A (DC) 32A (AC)	DC: 60 KW AC: 22 KW 196 KG 80% ΕΩΣ 30'	WIFI/ETHERNET/GSM, MID, S2W & OCPP 1.6 JSON, RFID, LCD 7", IP 55

Πίνακας 6.4: Μοντέλα Σταθμών Φόρτισης NRG

Όλοι οι φορτιστές της NRG έχουν βαθμό μηχανικής αντοχής (Μέγιστος Αριθμός Κρούσεων) IK 08 έως 10. Έχουν επίσης ενσωματωμένη προστασία υπέρτασης και υπότασης, εντοπισμό απώλειας γείωσης και προστασία υπερθέρμανσης. Εκτός αυτού παρέχουν ρελέ διαρροής RCD ενώ ιδανική εξωτερική θερμοκρασία κατά τη φόρτιση είναι από -30 έως και +50 βαθμοί Κελσίου. Όλοι οι σταθμοί φόρτισης της εταιρίας είναι σύμφωνοι με τα πρότυπα: CE, TR25, IEC 61851-1 και IEC 62196-2. Η NRG έχει αναπτύξει τη δικιά της εφαρμογή για smartphones και παρέχουν φυλλάδιο με οδηγίες χρήσης. Η εγγύηση καλής λειτουργίας ανέρχεται στα 2 έτη.



Εικόνα 6.10: Aurora 7 KW (αριστερά), IOCAW05C 22KW (κέντρο), Jupiter 60 KW (δεξιά).

Η NRG κάνει πωλήσεις σε χοντρική και λιανική πελατεία. Όσον αφορά τις τιμές πώλησης, ενδεικτικά αναφέρεται ότι το μοντέλο Aurora πωλείται προς 775 ευρώ, το Smart AC IOCAW05C προς 1195 ευρώ ενώ το Jupiter κατόπιν παραγγελίας γύρω στα 20000 ευρώ. Υπάρχουν ευκολίες πληρωμής σε 2 δόσεις, αλλά στην τελική τιμή δεν περιλαμβάνεται η υπηρεσία εγκατάστασης, η οποία κοστίζει από 100 έως 250 ευρώ [170].

CHARGELINE

Η Chargeline είναι θυγατρική της PLP που είναι τεχνική εταιρία. Σύμφωνα με την πρωτογενή έρευνα που διεξήχθη στις εγκαταστάσεις της Chargeline στην Καλλιθέα Αττικής, η εταιρία δραστηριοποιείται στο χώρο των φορτιστών ηλεκτρικών οχημάτων από το 2020. Κύριο χαρακτηριστικό της εταιρίας αυτής είναι ότι είναι μεταπωλητής 132 μοντέλων φορτιστών εγχώριων και αλλοδαπών κατασκευαστών (122 μοντέλα AC και 10 μοντέλα DC) και διεξάγεται ολοκληρωμένη μελέτη προκειμένου να βρεθεί εκείνος ο φορτιστής που ικανοποιεί πλήρως τις ανάγκες του κάθε πελάτη. Η τοποθέτηση του φορτιστή πραγματοποιείται από το εξειδικευμένο προσωπικό της Chargeline. Η μελέτη για την εγκατάσταση παρέχεται δωρεάν στο νομό Αττικής, αλλά μπορεί να γίνει και στην υπόλοιπη χώρα με λογική χρέωση. Η εταιρία επίσης δίνει τη δυνατότητα στους πελάτες να έχουν πρόσβαση σε λειτουργίες «έξυπνου σπιτιού». Πιο συγκεκριμένα, γίνεται εγκατάσταση εξωτερικής κάμερας και οθόνης στο εσωτερικό της οικίας του πελάτη κι έτσι μπορεί να παρακολουθεί και να διαχειρίζεται φόρτιση του αυτοκινήτου σας οποιαδήποτε στιγμή, είτε από το σπίτι, είτε εκτός σπιτιού, από του κινητό του.

Οι τεχνικοί είναι όλοι πιστοποιημένοι ηλεκτρολόγοι κι έχουν εκπαιδευτεί στην εγκατάσταση σταθμών φόρτισης. Επίσης αναλαμβάνουν την επισκευή του φορτιστή ή την αντικατάστασή του. Γίνεται επίδειξη της λειτουργίας τους φορτιστή στο χώρο του πελάτη μετά την εγκατάστασή του σταθμού φόρτισης.

Οι τιμές πώλησης των AC φορτιστών κυμαίνονται από 850-4000 ευρώ ενώ των DC φορτιστών από 11000 έως 35000 ευρώ. Υπάρχουν ευκολίες πώλησης όπως για παράδειγμα διακανονισμός με δόσεις. Η υπηρεσία εγκατάστασης δεν συμπεριλαμβάνεται στην τελική τιμή πώλησης, με το κόστος της να ανέρχεται στα 1100 ευρώ για έναν AC φορτιστή και στα 7000 ευρώ για έναν DC φορτιστή. Από τη μία πλευρά, τα καλώδια συμπεριλαμβάνονται στην τελική τιμή, ενώ από την άλλη οποιαδήποτε αναβάθμιση λογισμικού ή συσκευής χρεώνεται επιπλέον.

Η Chargeline τοποθετεί τα λογότυπό της πάνω σε όλους τους φορτιστές που εμπορεύεται. Παρακάτω αναφέρονται ενδεικτικά 3 μοντέλα φορτιστών που εμπορεύεται η Chargeline:



Εικόνα 6.11: Legrand Green'Up 7 KW (αριστερά), ABB Terra AC Wallbox (κέντρο), Delta UFC 200KW platform (δεξιά).

	ΧΩΡΟ-ΘΕΤΗΣΗ ΕΞΟΔΟΙ ΜΕΘΟΔΟΣ ΦΟΡΤΙΣΗΣ	ΦΑΣΗ/ΤΑΣΗ/ ΡΕΥΜΑ/ ΤΥΠΟΣ ΕΞΟΔΟΥ	ΜΕΓΙΣΤΗ ΙΣΧΥΣ, ΒΑΡΟΣ, ΧΡΟΝΟΣ ΦΟΡΤΙΣΗΣ	ΣΥΝΔΕΣΙΜΟΤΗΤΑ, ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ ΕΠΙΚ/ΝΙΑΣ, ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΧΡΗΣΤΗ, ΟΘΟΝΗ, ΒΑΘΜΟΣ ΣΤΕΓΑΝΟΤΗΤΑΣ
ABB TERRA AC WALLBOX	ΟΙΚΙΑΚΗ 1 ΕΞΟΔΟΣ MODE 3	1P 230V AC/ 32 A TYPE 1 & TYPE 2	3,7 KW 3,5 KG, 6-7 ΩΡΕΣ	WIFI/ETHERNET/BLUETOOTH, MID, S2W & OCPP 1.6 JSON, RFID, LED INDICATION, IP 54.
LEGRAND GREEN'UP	ΙΔΙΩΤΙΚΗ ΕΜΠΟΡΙΚΗ 1 ΕΞΟΔΟΣ MODE 3	3P 400V AC 32 A/ ΦΑΣΗ TYPE 2	22KW 4,375 KG, 3-6 ΩΡΕΣ	WIFI/ETHERNET/GSM, S2W & OCPP 1.6 JSON, RFID, LED INDICATION, IP 44.
DELTA UFC 200 KW PLATFORM	ΔΗΜΟΣΙΑ 4 ΕΞΟΔΟΙ MODE 3 MODE 4	3P 200-920VDC 400VAC CHAdeMO, CCS,2xType 2 <u>ΡΕΥΜΑ:</u> 500A (DC) 32A (AC)	DC: 200 KW AC: 22 KW 450 KG 80% ΕΩΣ 30'	WIFI/ETHERNET/GSM, S2W & OCPP 1.5 & 1.6 JSON, RFID, LCD 7", IP 54.

Πίνακας 6.5 Μοντέλα Σταθμών Φόρτισης ChargeLine

Από τους παραπάνω φορτιστές της ChargeLine, ο Legrand έχει βαθμό μηχανικής αντοχής IK 08, ενώ ο ABB κι ο DELTA IK10. Έχουν επίσης ενσωματωμένη προστασία υπέρτασης και υπότασης, εντοπισμό απώλειας γείωσης και προστασία υπερθέρμανσης, ρελέ διαρροής RCD ενώ η ιδανική εξωτερική θερμοκρασία κατά τη φόρτιση είναι από για τους πρώτους δύο -30 έως και +50 βαθμοί Κελσίου, ενώ για τον DELTA -25 έως και +50 βαθμοί Κελσίου. Όλοι οι σταθμοί φόρτισης της εταιρίας είναι σύμφωνα με τα πρότυπα: CE, TR25, IEC 61851-1 και IEC 62196-2. Η ChargeLine παρέχει φυλλάδιο με οδηγίες χρήσης καθώς και εγγύηση καλής λειτουργίας 2 ετών [171].

EV CHARGE SYSTEMS

Η EV Charge Systems έχει ως κύρια δραστηριότητα την εμπορία ψυκτικών μηχανημάτων. Σύμφωνα με την συνέντευξη που έλαβε χώρα στις εγκαταστάσεις της EV Charge Systems στον Άγιο Ιωάννη Ρέντη, η εταιρία δραστηριοποιείται στο χώρο των φορτιστών ηλεκτρικών οχημάτων από το 2018. Κύριο χαρακτηριστικό της εταιρίας αυτής είναι ότι είναι μεταπωλητής 21 μοντέλων φορτιστών AC και DC αλλοδαπών κατασκευαστών (16 μοντέλα AC και 5 μοντέλα DC) αλλά ταυτόχρονα είναι αντιπρόσωπος της γερμανικής εταιρίας WEBASTO. Υπάρχει τεχνικό τμήμα στην EV Charge Systems η οποία αναλαμβάνει την εγκατάσταση των φορτιστών στο χώρο των πελατών. Οι τεχνίτες που αναλαμβάνουν την εγκατάσταση και την επίδειξη λειτουργίας είναι πιστοποιημένοι ηλεκτρολόγοι κι έχουν ειδικευτεί στους σταθμούς φόρτισης. Η εταιρία δεν αναλαμβάνει επισκευές των ελαττωματικών φορτιστών παρά μόνο τους αντικαθιστά με καινούριους. Επίσης, δεν τοποθετεί το λογότυπό της επάνω στους φορτιστές που πουλά.

Περιγράφεται παρακάτω ο γερμανικής κατασκευής σταθμός φόρτισης AC Webasto Pure II 22 KW τον οποίο προωθεί η εταιρία. Κυκλοφορεί σε δύο εκδόσεις ανάλογα με το μήκος του καλωδίου φόρτισης (4,5 μέτρα και 7 μέτρα). Είναι κατάλληλος για ιδιωτική αλλά και εμπορική χρήση και μπορεί να τοποθετηθεί σε εξωτερικό χώρο τόσο επιδαπέδια με βάση όσο και επιτοίχια. Είναι τριφασικός με τάση εξόδου 400VAC, με ρεύμα 32 A ανά φάση και μέγιστη ισχύ φόρτισης 22 KW. Έχει βάρος 6,8 κιλά και διαθέτει μία έξοδο Type 2 με ενσωματωμένο καλώδιο. Έχει επίσης ενσωματωμένη προστασία υπέρτασης και υπότασης, εντοπισμό απώλειας γείωσης και προστασία υπερθέρμανσης, ρελέ διαρροής RCD, βαθμό στεγανότητας IP 54, βαθμό μηχανικής αντοχής IK10 ενώ η ιδανική εξωτερική θερμοκρασία κατά τη φόρτιση είναι -30 έως και +80 βαθμοί Κελσίου. Ο σταθμός φόρτισης είναι σύμφωνος με τα πρότυπα: CE, TR25, IEC 61851-1 και IEC 62196-20 και ο χρόνος φόρτισης είναι 3-6 ώρες. Δεν διαθέτει οθόνη LCD παρά μόνο ένδειξη ποσοστού φόρτισης με LED, ούτε ασύρματη σύνδεση WIFI αλλά και ούτε λογισμικό λειτουργίας. Αντιθέτως, παρέχει η εταιρία φυλλάδιο με οδηγίες χρήσης και εγγύηση καλής λειτουργίας 5 ετών. Μπορεί να μην έχει τις ευκολίες άλλων φορτιστών, πρόκειται όμως για μία οικονομική λύση μιας και η έκδοση με το καλώδιο 4,5 μέτρων κοστίζει μόλις 512 ευρώ ενώ εκείνη με το καλώδιο 7 μέτρων 582 ευρώ. Δεν υπάρχουν ευκολίες πληρωμής ενώ η υπηρεσία εγκατάστασης δεν συμπεριλαμβάνεται στην τιμή. Τέλος, το άλλο πλεονέκτημα του συγκεκριμένου μοντέλου είναι ότι εύκολο στην εγκατάστασή του και στη χρήση του με τον γνωστό χαρακτηρισμό «Plug-and-Play» [172].



Εικόνα 6.12: AC Webasto Pure 22 KW

IPEL

Η IPEL έχει ως κύρια δραστηριότητα την συντήρηση ηλεκτρολογικών εγκαταστάσεων και υποσταθμών. Σύμφωνα με την συνέντευξη που έλαβε χώρα στις εγκαταστάσεις της IPEL στο Παλαιό Φάληρο, η εταιρία δραστηριοποιείται στο χώρο των φορτιστών ηλεκτρικών οχημάτων από το 2019. Είναι αποκλειστικός συνεργάτης και μεταπωλητής της ελληνικής κατασκευαστικής εταιρίας MC-Chargers. Υπάρχει τεχνικό τμήμα αποτελούμενο από 10 πιστοποιημένους ηλεκτρολόγους μηχανικούς που είναι εκπαιδευμένοι στην εγκατάσταση σταθμών φόρτισης και αναλαμβάνουν την εγκατάσταση και την επίδειξη λειτουργίας των σταθμών φόρτισης στο χώρο των πελατών. Το τεχνικό τμήμα αναλαμβάνει την επισκευή των φορτιστών ή την αντικατάσταση ολόκληρου του φορτιστή σε συνεργασία με την κατασκευάστρια εταιρία. Η IPEL προωθεί τον φορτιστή PRISMA 2x22 KW της MC-Chargers, ο οποίος αναλύθηκε στην ενότητα 6.5.2. Υπάρχει δυνατότητα επέκτασης εγγύησης πέρα των 2 ετών που προτείνει ο κατασκευαστής.

Η τιμή πώλησής του κυμαίνεται στα 3800-4000 ευρώ και περιλαμβάνονται τα καλώδια φόρτισης. Δεν περιλαμβάνεται η υπηρεσία εγκατάστασης και η οποιαδήποτε αναβάθμιση λογισμικού. Αν και η εταιρία μπορεί να προμηθεύσει μεμονωμένα ένα σταθμό φόρτισης σε κάποιο πελάτη χωρίς να του παρέχει κάποια άλλη υπηρεσία, εντούτοις καθώς πρόκειται για μία τεχνική εταιρία είναι ικανή να αναλάβει την πλήρη υλοποίηση του project, ή αλλιώς ένα έργο «με το κλειδί στο χέρι». Με άλλα λόγια σκοπός της εταιρίας είναι να αναλάβει την μελέτη, τον σχεδιασμό, την προμήθεια του εξοπλισμού, την εγκατάσταση, τη σύνδεση, την παραμετροποίηση, τον προγραμματισμό, την παράδοση και την επίδειξη στον πελάτη ενός σταθμού φόρτισης.

ELECTROMOTIVO

Η Electromotivo έχει ως κύρια δραστηριότητα την ανάπτυξη φωτοβολταϊκών συστημάτων. Με βάση την συνέντευξη που έλαβε χώρα στις εγκαταστάσεις της Electromotivo στην Καλλιθέα, η εταιρία δραστηριοποιείται στο χώρο των φορτιστών ηλεκτρικών οχημάτων από το 2014, προσφέροντας ολοκληρωμένες λύσεις σχεδιασμού, υλοποίησης, εγκατάστασης και συντήρησης σταθμών φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων. Κύριο χαρακτηριστικό της εταιρίας αυτής είναι ότι είναι μεταπωλητής 30 μοντέλων φορτιστών AC και DC αλλοδαπών κατασκευαστών (14 μοντέλα AC και 16 μοντέλα DC) αλλά ταυτόχρονα είναι αντιπρόσωπος της γερμανικής εταιρίας Compleo, η οποία το 2021 εξαγόρασε την Σουηδική Wallbe. Υπάρχει τεχνικό τμήμα αποτελούμενο από πιστοποιημένους ηλεκτρολόγους μηχανικούς που είναι εκπαιδευμένοι στην εγκατάσταση σταθμών φόρτισης τόσο από την εταιρία όσο κι από τον προμηθευτή και αναλαμβάνουν την εγκατάσταση και την επίδειξη λειτουργίας των σταθμών φόρτισης στο χώρο της εταιρίας ή των πελατών. Το τεχνικό τμήμα αναλαμβάνει την επισκευή των φορτιστών ή την αντικατάσταση ολόκληρου του φορτιστή εφόσον χρειαστεί. Παρακάτω αναφέρονται ενδεικτικά 2 μοντέλα φορτιστών που εμπορεύεται η Electromotivo:

	ΧΩΡΟ-ΘΕΤΗΣΗ ΕΞΟΔΟΙ ΜΕΘΟΔΟΣ ΦΟΡΤΙΣΗΣ	ΦΑΣΗ/ΤΑΣΗ/ΡΕΥΜΑ/ΤΥΠΟΣ ΕΞΟΔΟΥ	ΜΕΓΙΣΤΗ ΙΣΧΥΣ, ΒΑΡΟΣ, ΧΡΟΝΟΣ ΦΟΡΤΙΣΗΣ	ΣΥΝΔΕΣΙΜΟΤΗΤΑ, ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ ΕΠΙΚ/ΝΙΑΣ, ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΧΡΗΣΤΗ, ΟΘΟΝΗ, ΒΑΘΜΟΣ ΣΤΕΓΑΝΟΤΗΤΑΣ
COMPLEO (WALLBE) LEO AC	ΟΙΚΙΑΚΗ 1 ΕΞΟΔΟΣ MODE 3	3P 400V AC 16 A TYPE 2	11KW 8 KG, 4-6 ΩΡΕΣ	PLUG-AND-CHARGE, OCPP 1.5 & 1.6 JSON, RFID, LED INDICATION, IP 54
COMPLEO (WALLBE) DC CHARGER	ΔΗΜΟΣΙΑ 2 ΕΞΟΔΟΙ MODE 4	3P 600-900VDC CHAdemo, CCS2 <u>ΡΕΥΜΑ: 125A</u>	DC: 200 KW 165 KG 80-90% ΕΩΣ 30'	ETHERNET/GSM, OCPP 1.5 & 1.6 JSON, RFID, LED INDICATION, IP 65

Πίνακας 6.6: Μοντέλα Σταθμών Φόρτισης Electromotivo

Οι παραπάνω φορτιστές της Electromotivo έχουν ενσωματωμένη προστασία υπέρτασης και υπότασης, εντοπισμό απώλειας γείωσης και προστασία υπερθέρμανσης και ρελέ διαρροής RCD. Η ιδανική εξωτερική θερμοκρασία κατά τη φόρτιση είναι για τον LEO -25 έως και +40 βαθμοί Κελσίου, ενώ για τον DC Charger -20 έως και +50 βαθμοί Κελσίου. Όλοι οι σταθμοί φόρτισης της εταιρίας είναι σύμφωνοι με τα πρότυπα: CE, TR25, IEC 61851-1 και IEC 62196-2. Η Electromotivo παρέχει φυλλάδιο με οδηγίες χρήσης καθώς και εγγύηση καλής λειτουργίας 2-5 ετών, αλλά υπάρχει η δυνατότητα επέκτασης εγγύησης ως και 10 ετών. Η τιμή πώλησης του LEO είναι γύρω στα 450 ευρώ. [173]



Εικόνα 6.13: Wallbe Leo (αριστερά) και Wallbe DC Charger (δεξιά) [173]

NOVATECH

Η Novatech έχει ως κύριες δραστηριότητες την ανάπτυξη φωτοβολταϊκών συστημάτων και τις κατασκευές. Με βάση την συνέντευξη που έλαβε χώρα στις εγκαταστάσεις της Novatech στην περιοχή Γουδή της Αθήνας, η εταιρία δραστηριοποιείται στο χώρο των φορτιστών ηλεκτρικών οχημάτων από το 2019. Κύριο χαρακτηριστικό της εταιρίας αυτής είναι ότι είναι ο εξουσιοδοτημένος αντιπρόσωπος της ολλανδικής εταιρίας φορτιστών ηλεκτρικών οχημάτων EVBOX στη Ελλάδα και αναλαμβάνει εξ ολοκλήρου τις διαδικασίες παραγγελιών, προμήθειας, εγκατάστασης και τεχνικής υποστήριξης όλων των προϊόντων της. Το τεχνικό τμήμα αποτελείται από πιστοποιημένους ηλεκτρολόγους μηχανικούς

που είναι εκπαιδευμένοι στην εγκατάσταση σταθμών φόρτισης και αναλαμβάνουν την εγκατάσταση και την επίδειξη λειτουργίας των σταθμών φόρτισης στο χώρο των πελάτη με επιπλέον χρέωση. Το τεχνικό τμήμα αναλαμβάνει την επισκευή των φορτιστών ή την αντικατάσταση ολόκληρου του φορτιστή εφόσον χρειαστεί. Παρακάτω αναλύονται και τα 4 μοντέλα φορτιστών EVBOX που εμπορεύεται η Novatech:

	ΧΩΡΟ-ΘΕΤΗΣΗ ΕΞΟΔΟΙ ΜΕΘΟΔΟΣ ΦΟΡΤΙΣΗΣ	ΦΑΣΗ/ΤΑΣΗ/ΡΕΥΜΑ/ΤΥΠΟΣ ΕΞΟΔΟΥ	ΜΕΓΙΣΤΗ ΙΣΧΥΣ, ΒΑΡΟΣ, ΧΡΟΝΟΣ ΦΟΡΤΙΣΗΣ	ΣΥΝΔΕΣΙΜΟΤΗΤΑ, ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ ΕΠΙΚ/ΝΙΑΣ, ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΧΡΗΣΤΗ, ΘΘΟΝΗ ΒΑΘΜΟΣ ΣΤΕΓΑΝΟΤΗΤΑΣ
EVBOX ELVI	ΟΙΚΙΑΚΗ ΙΔΙΩΤΙΚΗ 1 ΕΞΟΔΟΣ MODE 3	3P 400V AC/ 32 A/ΦΑΣΗ TYPE1/TYPE 2	3,7-22 KW 6-11 KG, 3-10 ΩΡΕΣ	WIFI/BLEETOOTH/UTMS/GPS, MID, OCPP 1.5 S & 1,6 J, RFID, LED INDICATION, IP 55
EVBOX BUSINESS LINE	ΕΜΠΟΡΙΚΗ ΔΗΜΟΣΙΑ 1-2 ΕΞΟΔΟΙ MODE 3	3P 400V AC 32 A/ΦΑΣΗ TYPE 2	3,7-22KW 11 KG, 3-10 ΩΡΕΣ	UMTS/GPS/GSM, MID, OCPP 1.2, 1.5 & 1,6, RFID, LED INDICATION, IP 54
EVBOX PUBLIC LINE	ΔΗΜΟΣΙΑ 2 ΕΞΟΔΟΙ MODE 3	3P 400VAC 32A/ΦΑΣΗ TYPE 2	11-22KW 30 KG 2-6 ΩΡΕΣ	UMTS/GPS/GSM, MID, OCPP 1.2, 1.5 & 1,6, RFID, LED INDICATION, IP 54
EVBOX TRONIQ 50	ΔΗΜΟΣΙΑ 3 ΕΞΟΔΟΙ MODE 2 MODE 3 MODE 4	3P 500VDC, 400VAC CHAdemo, CCS2, TYPE 2 TYPE E/F <u>ΡΕΥΜΑ:</u> 120A (DC) 63A (AC)	50 KW (DC) 43 KW (AC) 395 KG 30'	ETHERNET/GPS/GSM, MID, OCPP 1.5 S & 1,6 J, RFID, LCD 7" & LED INDICATION, IP 55

Πίνακας 6.7: Μοντέλα Σταθμών Φόρτισης Novatech

Οι παραπάνω φορτιστές της Novatech έχουν ενσωματωμένη προστασία υπέρτασης και υπότασης, εντοπισμό απώλειας γείωσης και προστασία υπερθέρμανσης, βαθμό μηχανικής αντοχής IK10 και ρελέ διαρροής RCD. Η ιδανική εξωτερική θερμοκρασία κατά τη φόρτιση είναι για τον Business Line και τον Public Line -25 έως και +60 βαθμοί Κελσίου, για τον Elvi -35 έως και +50 βαθμοί Κελσίου, ενώ για τον Troniq -30 έως και +50 βαθμοί Κελσίου. Όλοι οι σταθμοί φόρτισης της εταιρίας είναι σύμφωνοι με τα πρότυπα: CE, TR25, IEC 61851-1 και IEC 62196-2. Η Novatech παρέχει φυλλάδιο με οδηγίες χρήσης καθώς και εγγύηση καλής λειτουργίας 3 ετών. Η τιμή πώλησης του Elvi είναι γύρω στα 1000 ευρώ και του Business Line γύρω στα 2000 ευρώ. Στις ανωτέρω τιμές δεν περιλαμβάνεται η υπηρεσία εγκατάστασης και ούτε τα καλώδια φόρτισης.

Η συνδρομητική πλατφόρμα Everon είναι διαθέσιμη στους πελάτες με επιπλέον κόστος. Πρόκειται για ένα σύστημα Καθολικής Διαχείρισης Σταθμών Φόρτισης Ηλεκτρικών Οχημάτων που συνδυάζει διάφορες υπηρεσίες σε μια πλατφόρμα και δίνει την δυνατότητα σε επιχειρήσεις και δημόσιους φορείς να διευκολύνουν τις διαδικασίες φόρτισης. Εκτός αυτού, αυτοματοποιεί τον εντοπισμό και την τιμολόγηση όλων των ειδών φόρτισης και σταθμών [174]



Εικόνα 6.14: EVBOX Elvi (αριστερά) και Business Line (δεξιά) [174]

ARMET MOBILITY

Η Armet Mobility έχει ως κύρια δραστηριότητα την προμήθεια, την μελέτη και την εγκατάσταση φορτιστών ηλεκτρικών οχημάτων. Σύμφωνα με την συνέντευξη που έλαβε χώρα στις εγκαταστάσεις της Armet Mobility στην Ηλιούπολη Αττικής, η εταιρία δραστηριοποιείται στο χώρο των φορτιστών ηλεκτρικών οχημάτων από το 2020. Κύριο χαρακτηριστικό της εταιρίας αυτής είναι ότι είναι μεταπωλητής 13 μοντέλων φορτιστών AC και DC αλλοδαπών κατασκευαστών (9 μοντέλα AC και 4 μοντέλα DC) αλλά ταυτόχρονα είναι αντιπρόσωπος της ισπανικής εταιρίας Wallbox. Το τεχνικό τμήμα αποτελείται από πιστοποιημένους ηλεκτρολόγους μηχανικούς που είναι εκπαιδευμένοι στην εγκατάσταση σταθμών και αναλαμβάνουν την εγκατάσταση και την επίδειξη λειτουργίας των σταθμών φόρτισης στο χώρο των πελάτη με επιπλέον χρέωση. Το τεχνικό τμήμα αναλαμβάνει την επισκευή των φορτιστών ή την αντικατάσταση ολόκληρου του φορτιστή εφόσον χρειαστεί. Παρακάτω αναλύονται ενδεικτικά 2 μοντέλα φορτιστών Wallbox που εμπορεύεται η Armet Mobility:

	ΧΩΡΟ-ΘΕΤΗΣΗ ΕΞΟΔΟΙ ΜΕΘΟΔΟΣ ΦΟΡΤΙΣΗΣ	ΦΑΣΗ/ΤΑΣΗ/ ΡΕΥΜΑ/ ΤΥΠΟΣ ΕΞΟΔΟΥ	ΜΕΓΙΣΤΗ ΙΣΧΥΣ, ΒΑΡΟΣ, ΧΡΟΝΟΣ ΦΟΡΤΙΣΗΣ	ΣΥΝΔΕΣΙΜΟΤΗΤΑ, ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ ΕΠΙΚ/ΝΙΑΣ, ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΧΡΗΣΤΗ, ΟΘΟΝΗ, ΒΑΘΜΟΣ ΣΤΕΓΑΝΟΤΗΤΑΣ
WALLBOX COMMANDER 2	ΙΔΙΩΤΙΚΗ ΕΜΠΟΡΙΚΗ 1 ΕΞΟΔΟΣ MODE 3	3P 400V AC 32 A TYPE 2	22KW 2,4 KG, 4-6 ΩΡΕΣ	WIFI/ETHERNET/BLEETOOTH/GSM, RFID, OCPP 1.6 JSON, Οθόνη Αφής 7", IP 54
WALLBOX SUPERNOVA	ΔΗΜΟΣΙΑ 2 ΕΞΟΔΟΙ MODE 4	3P 150-500VDC CHAdeMO, CCS2 ΡΕΥΜΑ: 150A	DC: 60 KW 250 KG 80-90% ΕΩΣ 30'	ETHERNET/GSM, MID, RFID, OCPP 1.6 JSON, Οθόνη Αφής 10", IP 54

Πίνακας 6.8: Μοντέλα Σταθμών Φόρτισης Armet Mobility

Οι παραπάνω φορτιστές της Armet Mobility έχουν ενσωματωμένη προστασία υπέρτασης και υπότασης, εντοπισμό απώλειας γείωσης και προστασία υπερθέρμανσης, βαθμό μηχανικής αντοχής IK10 και ρελέ διαρροής RCD. Επίσης, η Wallbox προσφέρει εφαρμογή στα smartphone για πλήρη έλεγχο της

φόρτισης των ηλεκτρικών οχημάτων. Η ιδανική εξωτερική θερμοκρασία κατά τη φόρτιση και για τους 2 φορτιστές είναι -25 έως και +50 βαθμοί Κελσίου. Όλοι οι σταθμοί φόρτισης της εταιρίας είναι σύμφωνοι με τα πρότυπα: CE, TR25, IEC 61851-1 και IEC 62196-2. Η Armet Mobility παρέχει φυλλάδιο με οδηγίες χρήσης, τα απαραίτητα καλώδια καθώς και εγγύηση καλής λειτουργίας 3 ετών, για την οποία υπάρχει δυνατότητα επέκτασης κατόπιν παραγγελίας. Η τιμή πώλησης του Wallbox Commander 2 ανέρχεται στα 1000 ευρώ και του Wallbox Supernova στα 28500 ευρώ. Στις ανωτέρω τιμές δεν περιλαμβάνεται η υπηρεσία εγκατάστασης [175].



Εικόνα 6.15: Wallbox Commander 2 (Αριστερά) και Supernova (Δεξιά) [175].

ENERES

Η ENERES CPM είναι μια διεθνής εταιρεία συμβούλων και μηχανικών που ειδικεύεται στην παροχή υπηρεσιών στον τομέα της ενέργειας. Σύμφωνα με την πρωτογενή έρευνα που πραγματοποιήθηκε στις εγκαταστάσεις της εταιρίας στο Νέο Ηράκλειο Αττικής, η εταιρία δραστηριοποιείται στο χώρο των φορτιστών ηλεκτρικών οχημάτων από το 2020, δημιουργώντας το δίκτυο φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων ChargePlus. Η ENERES Charge Point Management (ENERES CPM) είναι ένας ανεξάρτητος πάροχος υπηρεσιών εγκατάστασης και διαχείρισης σημείων φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων και παροχής συμβουλευτικών υπηρεσιών ηλεκτροκίνησης. Αποτελεί επιπλέον τον επίσημο αντιπρόσωπο της φινλανδικής VIRTΑ και επίσημο διανομέα της ολλανδικής ALFEN στην Ελλάδα.

Το τεχνικό τμήμα αποτελείται από πιστοποιημένους ηλεκτρολόγους μηχανικούς που είναι εκπαιδευμένοι στην εγκατάσταση σταθμών φόρτισης στην Ολλανδία και στη Φινλανδία. Οι τεχνικοί αναλαμβάνουν την εγκατάσταση και την επίδειξη λειτουργίας των σταθμών φόρτισης στο χώρο των πελάτη. Το τεχνικό τμήμα αναλαμβάνει είτε την επισκευή των φορτιστών στέλνοντας τους στις κατασκευάστριες εταιρίες στο εξωτερικό ή την αντικατάσταση τους εφόσον χρειαστεί.

Περιγράφεται παρακάτω ο ολλανδικής κατασκευής σταθμός φόρτισης ALFEN EVE Single Pro-line τον οποίο προωθεί η εταιρία. Είναι κατάλληλος για ιδιωτική αλλά και εμπορική χρήση και μπορεί να τοποθετηθεί σε εξωτερικό χώρο τόσο επιδαπέδια με βάση όσο και επιτοίχια. Είναι τριφασικός με τάση εξόδου 400VAC, με ρεύμα 32 A ανά φάση και μέγιστη ισχύ φόρτισης 22 KW. Έχει βάρος 4,5 κιλά και διαθέτει μία έξοδο Type 2 με ενσωματωμένο καλώδιο. Έχει επίσης ενσωματωμένη προστασία υπέρτασης και υπότασης, εντοπισμό απώλειας γείωσης και προστασία υπερθέρμανσης, μετρητή MID, ρελέ διαρροής RCD, βαθμό στεγανότητας IP 55, βαθμό μηχανικής αντοχής IK10, φορητή συσκευή ανάγνωσης RFID ενώ η ιδανική εξωτερική θερμοκρασία κατά τη φόρτιση είναι -25 έως και +40 βαθμοί Κελσίου. Ο σταθμός φόρτισης είναι σύμφωνος με τα πρότυπα: CE, TR25, IEC 61851-1 και IEC 62196-2 και ο χρόνος φόρτισης είναι 3-6 ώρες. Διαθέτει έγχρωμη οθόνη 3.5" TFT ενώ ως προς την συνδεσιμότητα του αυτή γίνεται μέσω Ethernet και GSM. Αντιθέτως, παρέχει η εταιρία φυλλάδιο με

οδηγίες χρήσης και εγγύηση καλής λειτουργίας 2 ετών. Τέλος, η τιμή πώλησης του συγκεκριμένου φορτιστή αγγίζει τα 1500 ευρώ, στην οποία συμπεριλαμβάνονται η υπηρεσία εγκατάστασης και τα καλώδια φόρτισης [176].



Εικόνα 6.16: ALFEN EVE Single Pro-line

BLINK

Η αμερικάνικη εταιρία BLINK Charging co. ανακοίνωσε το 2019 την είσοδό της στην αγορά φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων της Ευρώπης, με αφετηρία την Ελλάδα ιδρύοντας την Blink Charging Hellas, προκειμένου να εξασφαλίσει τη διείσδυσή της στις ευρωπαϊκές αγορές τη χρονική περίοδο που αναπτυσσόταν ταχύτατα η φόρτιση ηλεκτρικών οχημάτων. Έτσι λοιπόν, η Blink Charging Europe δημιουργήθηκε μέσω της κοινοπραξίας μεταξύ της αμερικανικής Blink Charging Co. και του ελληνικού ενεργειακού Ομίλου Eunice Energy Group (μέσω της Blink Charging Hellas) με βασικό σκοπό την είσοδο της και των υπηρεσιών που παρέχει στην ευρωπαϊκή αγορά, με αφετηρία την Ελλάδα. Σύμφωνα με την πρωτογενή έρευνα που πραγματοποιήθηκε στις εγκαταστάσεις της εταιρίας Blink Charging Hellas στον Πειραιά, η εταιρία δεν ασχολείται με άλλες δραστηριότητες πέρα από την προώθηση και πώληση φορτιστών ηλεκτρικών οχημάτων και πιο συγκεκριμένα τους φορτιστές που παράγει η Blink στις ΗΠΑ. Την εγκατάσταση και την επίδειξη των φορτιστών στους πελάτες, η οποία χρεώνεται από 500-1000 ευρώ, αναλαμβάνουν εξωτερικοί συνεργάτες. Παρόλα αυτά, υπάρχει τεχνικό τμήμα στην εταιρία, αποτελούμενο από πιστοποιημένους ηλεκτρολόγους ειδικευμένους σε σταθμούς φόρτισης, που συντονίζει και επιβλέπει την όλη διαδικασία. Το τεχνικό τμήμα της Blink Charging Hellas αποτελείται από πιστοποιημένους ηλεκτρολόγους μηχανικούς που έχουν εκπαιδευτεί στην εγκατάσταση σταθμών φόρτισης. Οι τεχνικοί αναλαμβάνουν επίσης είτε την επισκευή των φορτιστών ή την αντικατάσταση τους εφόσον χρειαστεί. Η εταιρία κάθε φορά προωθεί 2 μοντέλα φορτιστών της μητρικής εταιρίας – 1 AC κι 1 DC. Για την δημιουργία όμως του πανελλαδικού δικτύου φόρτισής της, η Blink χρησιμοποιεί επιπλέον και φορτιστές της Eunice Energy Group, ως αποτέλεσμα της συνέργειας των δύο εταιρειών. Παρακάτω αναλύονται τα 2 μοντέλα φορτιστών Blink που εμπορευόταν η Blink Charging Hellas το 2023:

	ΧΩΡΟ-ΘΕΤΗΣΗ ΕΞΟΔΟΙ ΜΕΘΟΔΟΣ ΦΟΡΤΙΣΗΣ	ΦΑΣΗ/ΤΑΣΗ/ΡΕΥΜΑ/ΤΥΠΟΣ ΕΞΟΔΟΥ	ΜΕΓΙΣΤΗ ΙΣΧΥΣ, ΒΑΡΟΣ, ΧΡΟΝΟΣ ΦΟΡΤΙΣΗΣ	ΣΥΝΔΕΣΙΜΟΤΗΤΑ, ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ ΕΠΙΚ/ΝΙΑΣ, ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΧΡΗΣΤΗ, ΟΘΟΝΗ, ΒΑΘΜΟΣ ΣΤΕΓΑΝΟΤΗΤΑΣ
BLINK EQ200 TYPE 2	ΙΔΙΩΤΙΚΗ ΕΜΠΟΡΙΚΗ 1 ΕΞΟΔΟΣ MODE 3	3P 400V AC 32 A TYPE 2	22KW 5 KG, 3-4 ΩΡΕΣ	WIFI/ETHERNET/BLUETOOTH/GSM, MID, RFID, OCPP 1.6 JSON & 2.0, LED INDICATION, IP 54
BLINK MODE 4 50 KW	ΔΗΜΟΣΙΑ 2 ΕΞΟΔΟΙ MODE 4	3P 380-480VDC CHAdemo, CCS2 <u>ΡΕΥΜΑ: 150A</u>	DC: 50 KW 165 KG 80% ΕΩΣ 30'	ETHERNET/GSM, MID, RFID, OCPP 1.5 & 1.6 JSON, LED INDICATION, IP 65

Πίνακας 6.9: Μοντέλα Σταθμών Φόρτισης Blink

Οι παραπάνω φορτιστές της Blink έχουν ενσωματωμένη προστασία υπέρτασης και υπότασης, εντοπισμό απώλειας γείωσης και προστασία υπερθέρμανσης, ρελέ διαρροής RCD, βαθμό μηχανικής αντοχής IK10, ενώ η ιδανική εξωτερική θερμοκρασία κατά τη φόρτιση είναι -35 έως και +50 βαθμοί Κελσίου. Οι σταθμοί φόρτισης είναι σύμφωνοι με τα πρότυπα: CE, IEC 61851-1, IEC-61851-21-2, IEC-61000 και IEC 62196-2. Η εταιρία παρέχει στους πελάτες φυλλάδιο με οδηγίες χρήσης και εγγύηση καλής λειτουργίας 2 ετών, αλλά υπάρχει η δυνατότητα επέκτασης της εγγύησης. Η Blink διαθέτει επίσης εφαρμογή για smartphones, την Blink Mobile, η οποία είναι διαθέσιμη για τους υφιστάμενους και νέους οδηγούς – μέλη της Blink για να μπορούν εύκολα να φορτίζουν το ηλεκτρικό τους όχημα όπου και αν βρίσκονται. Τέλος, η τιμή πώλησης του συγκεκριμένου φορτιστή αγγίζει τα 1300 ευρώ, στην οποία δεν συμπεριλαμβάνονται η υπηρεσία εγκατάστασης και τα καλώδια φόρτισης [177].



Εικόνα 6.17: Blink EQ200 (αριστερά) και Blink Mode 4 50 KW (δεξιά) [177]

Οι υπόλοιπες εταιρίες εμπορίας φορτιστών ηλεκτρικών οχημάτων που δεν ερευνήθηκαν πρωτογενώς και δραστηριοποιούνταν στην Ελλάδα το 2023 είναι οι εξής:

Protergia Charge, του Ομίλου Μυτιληναίου
ΔΕΗ Blue,
EVNow,
Tesla, της Tesla Greece Μονοπρόσωπη ΙΚΕ,
Electrauto P.C., της Electrauto ΙΚΕ,
EVPlus,

Electrip, της Electrip Hellas,
EVPass,
Acrovolt, της Acrovolt IKE,
Joltie, της Joltie Hellas M.A.E.
Loop, της Loop Evse Inc, Υποκατάστημα Ελλάδας,
Circontrol, της Γ. Λυκουρίνος Μον. ΕΠΕ,
Emergy Plus,
Big Solar,
Hager,
Mimosa Dynamic.

6.6. ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Στο πέμπτο κεφάλαιο της εργασίας έγινε καταρχήν μία αναφορά στη χωροθέτηση των σταθμών φόρτισης και την ταξινόμησή τους σε ιδιωτικούς, εμπορικούς και δημόσιους. Στη συνέχεια, παρουσιάστηκε το θεσμικό πλαίσιο στην Ευρωπαϊκή Ένωση σύμφωνα με την χωροθέτηση των σταθμών φόρτισης, η συγκριτική χωροθέτησή τους στα κράτη μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης και ο νέος κανονισμός που θα ισχύσει από το 2025. Κατόπιν παρατέθηκε το θεσμικό πλαίσιο, η οργάνωση και η διαχείριση των σταθμών φόρτισης στην Ελλάδα και στη συνέχεια απεικονίζονται οι σταθμοί φόρτισης στη χώρα. Στο τέλος παρουσιάστηκαν αναλυτικά οι εταιρίες κατασκευής και εμπορίας φορτιστών στην Ελλάδα, κατόπιν πρωτογενούς έρευνας που προηγήθηκε.

Κεφάλαιο 7 Προσομοίωση ενός φορτιστή σε Simulink/Matlab

7.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σε αυτό το κεφάλαιο γίνεται καταρχήν μία ανασκόπηση των βασικών στοιχείων των ηλεκτρονικών ισχύος. Στη συνέχεια, έχοντας κάνει προσομοίωση ενός φορτιστή DC ηλεκτρικού οχήματος με την βοήθεια της πλατφόρμας προσομοίωσης και σχεδιασμού Simulink, που είναι βασισμένη στη γλώσσα προγραμματισμού Matlab, αναλύονται οι μετατροπές συνεχούς τάσης. Κατόπιν, γίνεται ανάλυση ενός δικατευθυντήριου μετατροπέα καθώς και των αποτελεσμάτων της προσομοίωσης Simulink.

7.2. ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΙΣΧΥΟΣ

Η τεχνολογία των Ηλεκτρονικών Ισχύος (Power Electronics) ασχολείται με τεχνικές μετατροπής ή όπως πολλές φορές αναφέρεται τεχνικές επεξεργασίας ηλεκτρικής ισχύος από μια μορφή σε άλλη χρησιμοποιώντας ημιαγωγούς ισχύος [178]. Αυτοί οι ημιαγωγοί μπορεί να είναι, IGBTs, MOSFETs ισχύος, τρανζίστορ ισχύος, θυρίστορ, GTOs, MCTs, Triacs και διόδου ισχύος. Μία από τις εφαρμογές των ηλεκτρονικών ισχύος είναι και οι φορτιστές ηλεκτρικών οχημάτων. Ανάλογα με το είδος μετατροπής της ηλεκτρικής ισχύος και τη ροή ενέργειας, διακρίνονται οι ακόλουθες κατηγορίες μετατροπέων:

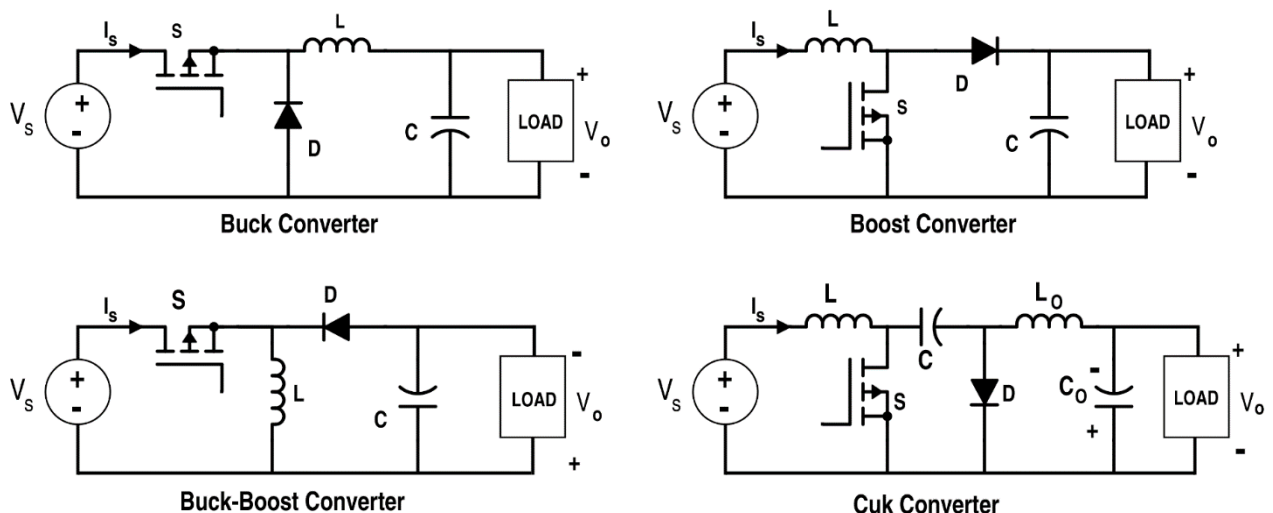
α) Μετατροπείς συνεχούς τάσης (DC-DC Converters): Μετατρέπουν τη συνεχή τάση μιας ορισμένης τιμής και πολικότητας σε συνεχή τάση άλλης τιμής και κατά περιπτώσεις άλλης πολικότητας.

β) Αντιστροφείς (DC-AC Inverters): Μετατρέπουν τη συνεχή τάση σε εναλλασσόμενη, όπου η ενέργεια μεταφέρεται από ένα σύστημα συνεχούς τάσης σε ένα σύστημα εναλλασσόμενης τάσης.

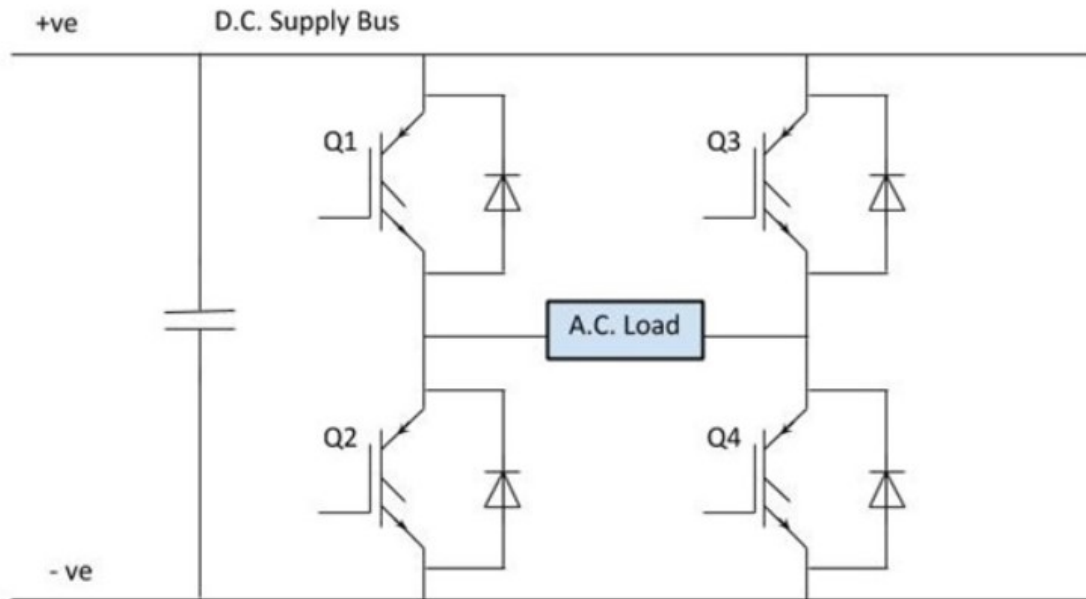
γ) Ανορθώσεις (AC-DC Rectifiers). Μετατρέπουν την εναλλασσόμενη τάση σε συνεχή, όπου η ηλεκτρική ενέργεια μεταφέρεται από ένα σύστημα εναλλασσόμενης τάσης σε ένα σύστημα συνεχούς τάσης.

δ) Μετατροπείς εναλλασσόμενης τάσης (Cycloconverters): Μετατρέπουν την εναλλασσόμενη τάση μιας ορισμένης τιμής, συχνότητας και αριθμού φάσεων σε εναλλασσόμενη τάση άλλης τιμής, άλλης συχνότητας και κατά περιπτώσεις διαφορετικού αριθμού φάσεων .

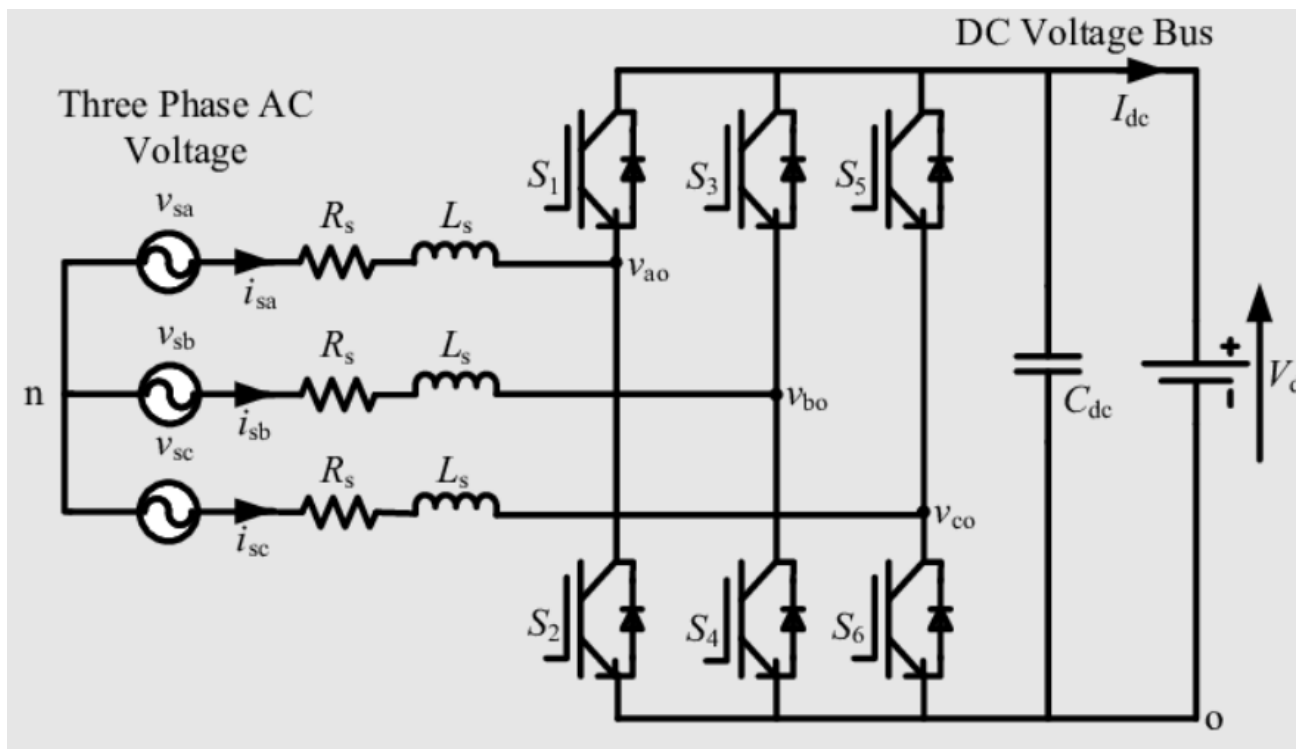
Στα Σχήματα 1 έως 4 παρουσιάζονται ορισμένες βασικές τοπολογίες των παραπάνω μετατροπέων.



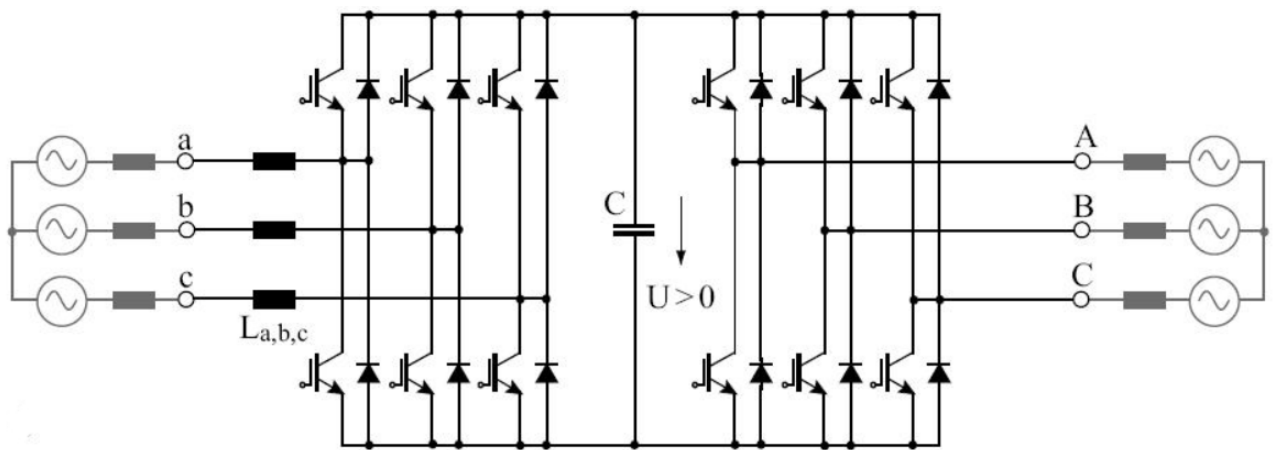
Σχήμα 7.1: DC-DC μετατροπείς



Σχήμα 7.2: DC/AC Αντιστροφέας



Σχήμα 7.3: AC/DC ανόρθωση



Σχήμα 7.4 AC/AC μετατροπέας

Όπως φαίνεται στα παραπάνω σχήματα (Σχήματα 7.1, 7.2, 7.3 και 7.4) οι μετατροπείς ηλεκτρονικών ισχύος υλοποιούνται με την χρήση κατάλληλων ημιαγωγών ισχύος, οι οποίοι λειτουργούν ως διακόπτες που έχουν την δυνατότητα να ελέγχονται, προκειμένου να επιτυγχάνεται ο έλεγχος της εξόδου τους, ώστε να έχουν μία επιθυμητή κυματομορφή τάσης και ρεύματος.

Σε μετατροπείς DC/DC που δεν υπάρχει απομόνωση μεταξύ εισόδου και εξόδου, όπως για παράδειγμα στους Boost και Buck-Boost, απαιτείται υψηλός λόγος κατάτμησης, έτσι ώστε να επιτευχθεί κέρδος ανύψωσης τάσης μεγαλύτερο από πέντε. Οι υψηλοί λόγοι κατάτμησης και οι υψηλές ισχύεις έχουν ως αποτέλεσμα τον αυξημένο χρόνο αγωγής των ημιαγωγών, το οποίο έχει ως άμεση συνέπεια τις αυξημένες απώλειές τους και τη μείωση της απόδοσης τους.

Ως λύση σε αυτό το πρόβλημα προτείνεται η σύνδεση δύο ή περισσότερων μετατροπέων εν σειρά (cascaded interconnection). Σε τέτοιες διατάξεις ο συνολικός λόγος ανύψωσης τάσης δίνεται από το γινόμενο των επιμέρους μετατροπέων. Ωστόσο, αυτό συντελεί στη σημαντική μείωση της συνολικής απόδοσης, λόγω της εν σειρά σύνδεσης, καθώς και αυτή δίνεται επίσης από το γινόμενο των επί μέρους βαθμών απόδοσης. Ο τετραγωνικός (quadratic) μετατροπέας Boost αποτελεί ένα τέτοιο παράδειγμα.

Για εφαρμογές μεγάλης ισχύος, υψηλά κέρδη ανύψωσης τάσης και αντίστοιχα υψηλή απόδοση, χρησιμοποιούνται τοπολογίες που περιέχουν υψίσυχο μετασχηματιστή (Μ/Σ) απομόνωσης. Μερικά παραδείγματα τέτοιας περίπτωσης μελετώνται στις εργασίες και, στις οποίες παρουσιάζεται ένας μετατροπέας πηγής ρεύματος πλήρους γέφυρας με απόδοση 96,8% - 97,9% για ισχύ εξόδου 1,5 kW σε τάση εξόδου 400 V με είσοδο 30-50 V και ένας μετατροπέας πηγής ρεύματος push-pull με απόδοση 93,3% - 93,6% για ισχύ εξόδου 1 kW, τάση εξόδου 350 V και τάση εισόδου 50 V.

Χαρακτηριστικό αυτών των εφαρμογών υψηλού λόγου ανύψωσης τάσης και υψηλής ισχύος είναι ότι οι περισσότερες τοπολογίες είναι τροφοδοτούμενες από πηγή ρεύματος (πλήρεις γέφυρες και ημι-γέφυρες). Οι τοπολογίες με χρήση πηγής τάσης έχουν την λογική λειτουργίας ενός μετατροπέα τύπου Buck, οπότε απαιτείται υψηλός λόγος μετασχηματισμού για τον Μ/Σ. Σύμφωνα με την εργασία η διαφορά μεταξύ του αριθμού των σπειρών του πρωτεύοντος και δευτερεύοντος αυξάνεται, με αποτέλεσμα τη μείωση του συντελεστή σύζευξής τους, το οποίο έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση των επαγωγών σκέδασης και των παρασιτικών χωρητικοτήτων του Μ/Σ. Αυτά τα παρασιτικά στοιχεία προκαλούν αιχμές τάσης και ρεύματος στους ημιαγωγούς, κάτι το οποίο επιδρά αρνητικά στην καταπόνησή τους και οδηγεί σε υψηλότερες διακοπτικές απώλειες. Ως συνέπεια των παραπάνω, μειώνονται η αξιοπιστία και ο βαθμός απόδοσης των τοπολογιών με Μ/Σ που τροφοδοτούνται από πηγή

τάσης. Ένα επιπλέον πρόβλημα σε αυτές τις τοπολογίες αποτελεί η ανισορροπία της μαγνητικής ροής (flux imbalance), που μπορεί να οδηγήσει στον κορεσμό του Μ/Σ, αν δεν ληφθούν τα κατάλληλα μέτρα.

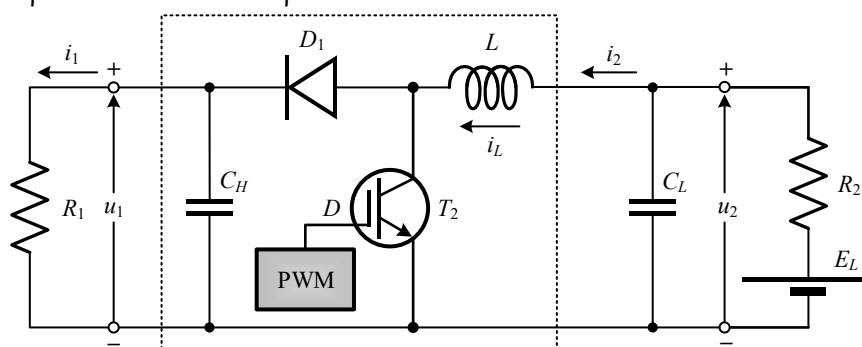
Ωστόσο, οι τοπολογίες που τροφοδοτούνται από πηγή ρεύματος παρουσιάζουν αρκετά μειονεκτήματα, παρά την υψηλή απόδοση που παρουσιάζουν για υψηλά κέρδη τάσης και υψηλή ισχύ. Επιπρόσθετα απαιτούν προσεκτικό σχεδιασμό του Μ/Σ (χειροποίητος) για τη μεγιστοποίηση του συντελεστή σύζευξης. Μερικά από αυτά σχετίζονται με τον μεγάλο αριθμό των ημιαγωγικών στοιχείων που απαιτούνται τα οποία έχουν ως αποτέλεσμα:

- υψηλό κόστος,
- αυξημένη πολυπλοκότητα σχεδιασμού και ελέγχου,
- χαμηλότερη αξιοπιστία της συνολικής διάταξης.

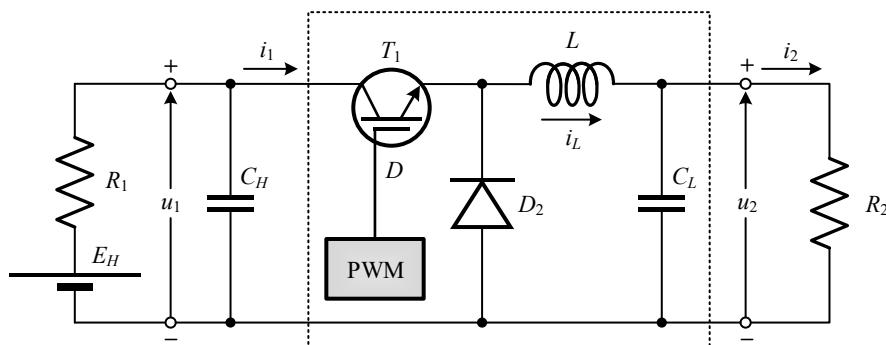
Σε αυτά τα μειονεκτήματα συντελούν και τα πρόσθετα παθητικά η ενεργά κυκλώματα υποβοήθησης της έναυσης και σβέσης (snubbers), καθώς και τα κυκλώματα καταστολής των υπερτάσεων (clamps) τα οποία συμβάλουν στη μείωση των αιχμών τάσεων και ρεύματος που δημιουργούνται από την επαγωγή σκέδασης του Μ/Σ.

7.3. ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΩΝ ΣΥΝΕΧΟΥΣ ΤΑΣΗΣ – ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΦΟΡΤΙΣΤΗ DC ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΟΧΗΜΑΤΟΣ

Ένας μετατροπέας Boost απαντάται σε εφαρμογές ηλεκτροκίνησης, σε συστήματα συσσωρευτών, σε εφαρμογές διακοπτικών τροφοδοτικών συνεχούς τάσης, σε πέδηση κινητήρων με ανάκτηση ενέργειας κ.α. Χρησιμοποιείται για την ανύψωση της τάσης, η οποία επιτυγχάνεται με την κατάλληλη παλμοδότηση των διακοπτικών του στοιχείων. Η τάση εξόδου μπορεί να λάβει τιμές έως και 4 φορές μεγαλύτερες της τάσης εισόδου περίπου (με αποδεκτό βαθμό απόδοσης) ανάλογα με την τιμή του πηνίου στην είσοδο και του λόγου κατάτμησης (duty cycle). Η ελάχιστη τιμή της τάσης εξόδου είναι ίση με την τιμή της τάσης εισόδου. Όπως απεικονίζεται στο κύκλωμα του Σχήματος 7.5, όταν ο διακόπτης άγει, η δίοδος είναι ανάστροφα πολωμένη και απομονώνει τη βαθμίδα εξόδου. Παράλληλα, το πηνίο τροφοδοτείται από την πηγή. Όταν ο διακόπτης ανοίγει, δηλαδή βρίσκεται σε κατάσταση αποκοπής, η έξοδος απορροφά ενέργεια από το πηνίο και την πηγή τάσης. Στη σταθερή μόνιμη κατάσταση ο πυκνωτής θεωρείται ως πηγή τάσης, έτσι ώστε να «τροφοδοτεί» το φορτίο με σταθερή τάση εξόδου $u_o(t) = V_o$. Στο Σχήμα 7.5 παρουσιάζεται η κυκλωματική δομή ενός μετατροπέα ανύψωσης τάσης (boost), ενώ στο Σχήμα 7.6 παρουσιάζεται η κυκλωματική δομή ενός μετατροπέα υποβιβασμού (buck). Η λογική λειτουργίας των προαναφερθέντων μετατροπέων βασίζεται στη διακοπτική λειτουργία του τρανζίστορ ισχύος, καθότι στην πρώτη διακοπτική ημιπερίοδο όπου βρίσκεται το τρανζίστορ σε αγωγή και η δίοδος πολώνεται ανάστροφα, αποθηκεύεται προσωρινά με τη μορφή ηλεκτρομαγνητικού πεδίου ενέργεια στο πηνίο η οποία αποδίδεται στο φορτίο με τη σβέση του τρανζίστορ πολώνοντας ορθά τη δίοδο. Ο πυκνωτής εξόδου υπάρχει για να διατηρεί την τάση εξόδου σταθερή. Η λειτουργία αυτών των μετατροπέων αναλύεται παρακάτω:



Σχήμα 7.5. Κύκλωμα ισχύος μετατροπέα Boost



Σχήμα 7.6 Κύκλωμα ισχύος μετατροπέα Buck

Ένας μετατροπέας συνεχούς τάσης σε συνεχή τάση (DC-DC), ανάλογα με το ρεύμα που διαρρέει το πηνίο του, δύναται να βρίσκεται σε κατάσταση συνεχούς αγωγής ρεύματος, στο όριο μεταξύ συνεχούς και ασυνεχούς αγωγής ρεύματος και σε λειτουργία ασυνεχούς ρεύματος. Ως Συνεχής Αγωγή Λειτουργίας (Continuous Conduction Mode - CCM) ορίζεται η λειτουργική κατάσταση κατά την οποία το ρεύμα του πηνίου είναι πάντα μεγαλύτερο του μηδενός. Κατά τη λειτουργία στο όριο μεταξύ συνεχούς και ασυνεχούς αγωγής του ρεύματος (Boundary Conduction Mode - BCM), το ρεύμα του πηνίου μηδενίζεται ακριβώς στο τέλος της διακοπτικής περιόδου (T_s). Αντίστοιχα κατά την Ασυνεχή Αγωγή Λειτουργίας (Discontinuous Conduction Mode - DCM) το ρεύμα που διαρρέει το πηνίο παρουσιάζει διαστήματα που μηδενίζεται. Η λειτουργία του μετατροπέα Boost μπορεί να διακριθεί σε τρεις καταστάσεις, απεικονίζονται στα σχήματα 7.7 (α, β, γ, δ) οι οποίες είναι οι εξής:

Φόρτιση Πηνίου: Ο παλμός ελέγχου εφαρμόζεται στην πύλη του διακόπτη S. Έτσι, η τάση εισόδου εφαρμόζεται στα άκρα του πηνίου εισόδου και το φορτίζει. Κατά τη χρονική διάρκεια αυτή ο πυκνωτής εξόδου, που είχε φορτιστεί στην προηγούμενη φάση, τροφοδοτεί την αντίσταση φορτίου. Η πρώτη φάση ολοκληρώνεται με το πέρας του παλμού στον διακόπτη. Στη διάρκεια αυτής της φάσης το ρεύμα του πηνίου αυξάνεται, ενώ η τάση στα άκρα του είναι ίση με την τάση εισόδου.

Εκφόρτιση Πηνίου: Σε αυτή τη φάση λειτουργίας ο διακόπτης S δεν άγει, καθώς έχει σταματήσει η παλμοδότηση της πύλης του. Άγει όμως η διόδος ελεύθερης διέλευσης D, με αποτέλεσμα να οδηγεί την ενέργεια της πηγής και του πηνίου εισόδου στον πυκνωτή εξόδου και κατ' επέκταση στο φορτίο. Κατά τη διάρκεια αυτή το ρεύμα, ενώ είχε φτάσει σε μία μέγιστη τιμή, τώρα μειώνεται και η τάση στα άκρα του πηνίου είναι $V_{in} - V_o$, όπου V_o η τάση εξόδου, η οποία είναι σταθερή. Όταν το πηνίο εκφορτιστεί και μηδενιστεί το ρεύμα του η διόδος παύει να άγει και κατά συνέπεια σταματάει η φάση αυτή και είτε αρχίζει από την αρχή η παλμοδότηση του διακόπτη S, είτε περνάμε στην επόμενη φάση ασυνεχούς λειτουργίας.

Ασυνεχής Λειτουργία: Όπως ήδη αναφέρθηκε αυτή η φάση λειτουργίας υφίσταται μόνο αν ο μετατροπέας λειτουργεί με ασυνεχές ρεύμα πηνίου (DCM). Κατά το διάστημα αυτό, το ρεύμα του πηνίου λαμβάνει μηδενικές τιμές, με αποτέλεσμα να μην άγει κανένα ημιαγωγικό στοιχείο του κυκλώματος και το φορτίο τροφοδοτείται από τον πυκνωτή εξόδου. Ο μετατροπέας Boost μπορεί να λειτουργεί είτε σε λειτουργία συνεχούς αγωγής, είτε σε ασυνεχούς αγωγής, το οποίο εξαρτάται από την τιμή του συντελεστή αυτεπαγωγής του πηνίου, τη διάρκεια αγωγής (t_{on}) του διακόπτη S, καθώς και τη διακοπτική συχνότητα (switching frequency - f_s). Ο μετατροπέας ανάλογα με το ρεύμα του πηνίου (εάν αυτό είναι συνεχές ή όχι), μπορεί να λειτουργεί και στις τρεις φάσεις ή μόνο στις δύο πρώτες, όπως προαναφέρθηκε.

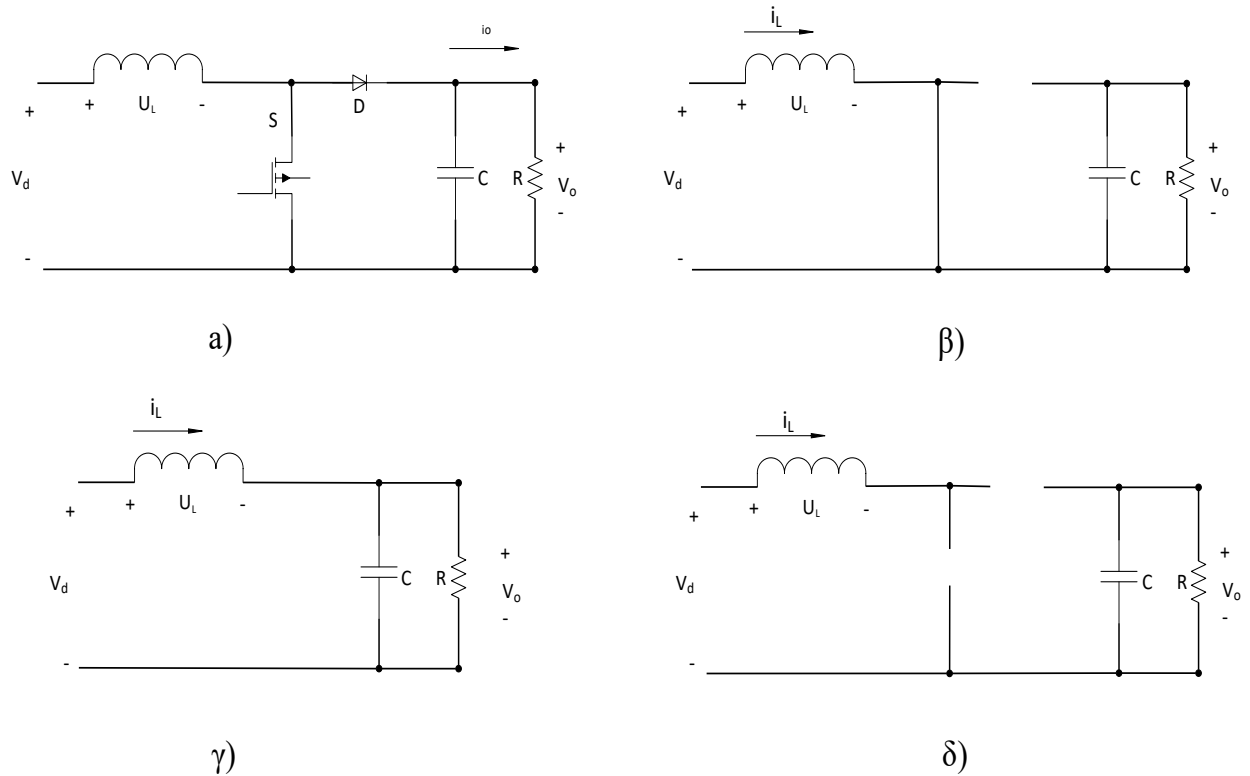
$$v_L(t) = \frac{L di_L(t)}{dt} \quad (7.1)$$

$$v_L(t) = \frac{L di_L(t)}{dt} \quad \text{όταν ο διακόπτης άγει} \quad (7.2)$$

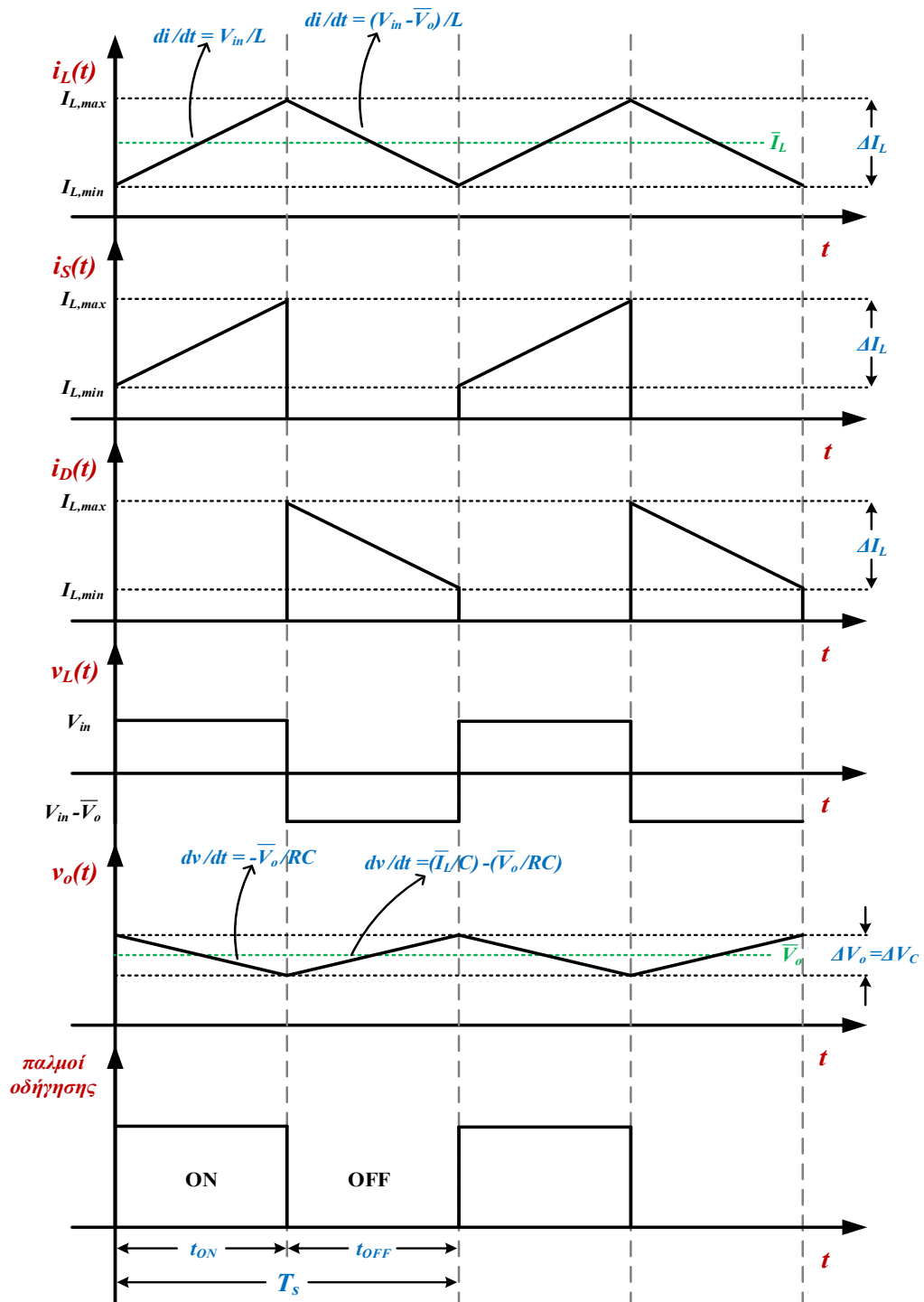
$$v_L(t) = V_{in} - v_c = V_{in} - v_o \quad (7.3)$$

όταν ο διακόπτης είναι ανοικτός (δεν άγει)

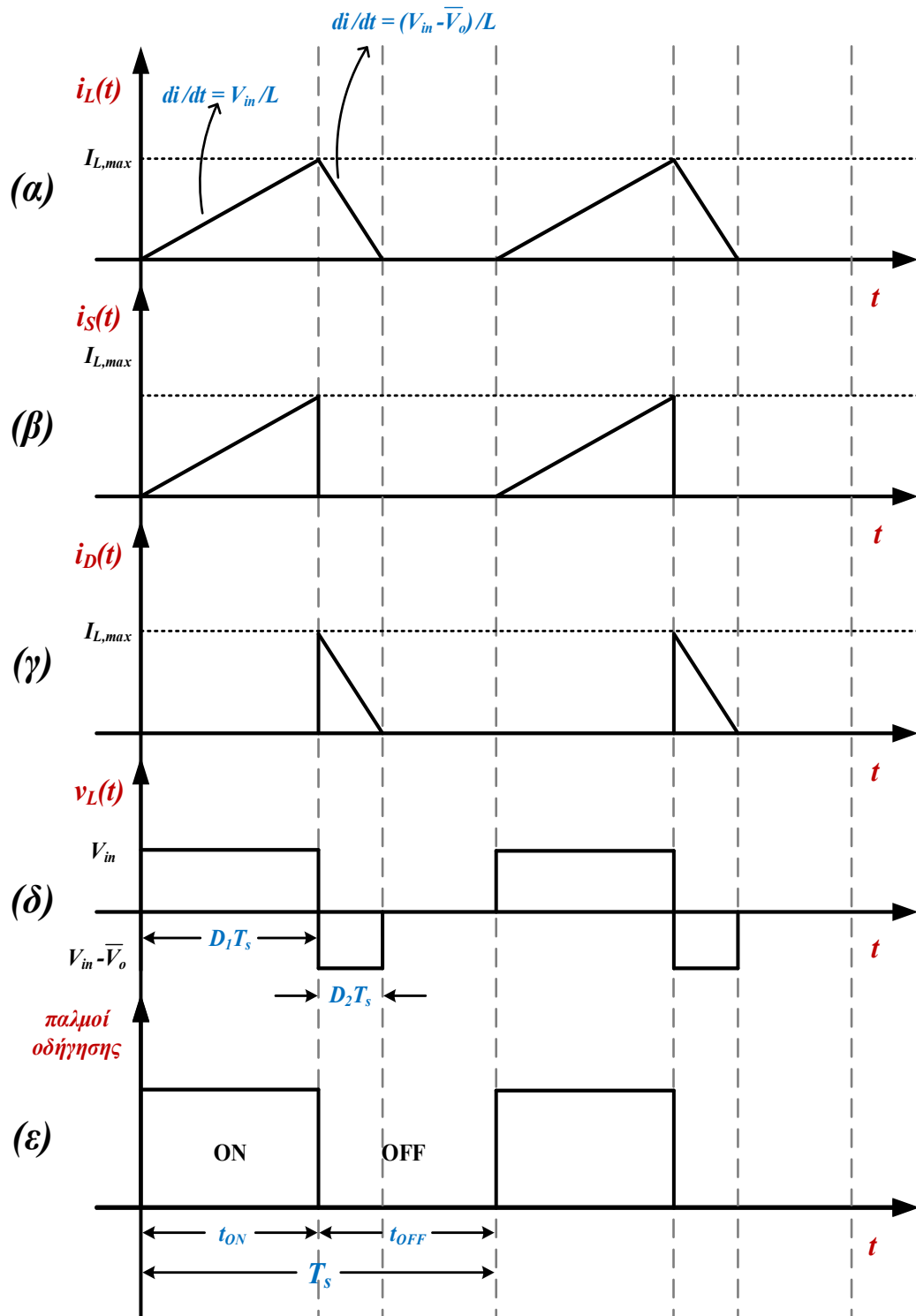
$$v_c(t) = \frac{1}{C} \int_{t_1}^t i_c(t) dt + v_c(t_1) \quad \text{τάση πυκνωτή} \quad (7.4)$$



Σχήμα 7.7 Μετατροπέας Boost και καταστάσεις λειτουργίας. α) Κύκλωμα ισχύος β) Ισοδύναμο κύκλωμα όταν ο διακόπτης είναι κλειστός. γ) Ισοδύναμο κύκλωμα όταν ο διακόπτης είναι ανοικτός. δ) Ισοδύναμο κύκλωμα στην ασυνεχή λειτουργία



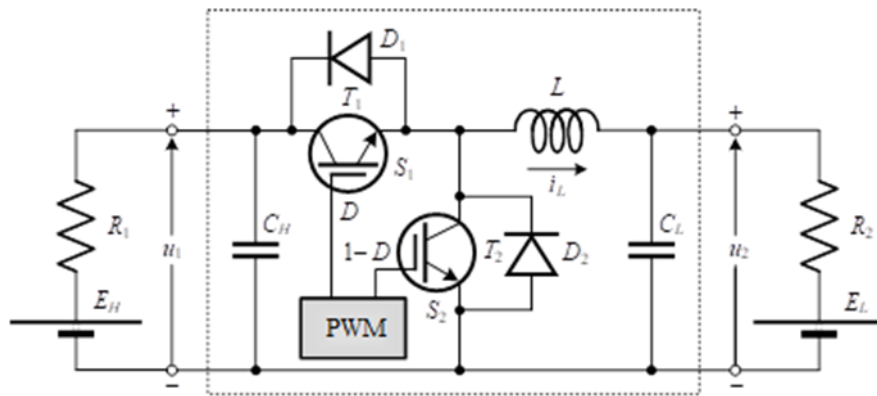
Σχήμα 7.8 Κυματομορφές μετατροπέα όταν το ρεύμα του πηνίου είναι συνεχές. α) Ρεύμα πηνίου. β) Ρεύμα διακόπτη. γ) Ρεύμα διόδου. δ) Τάση πηνίου. ε) Τάση πυκνωτή. ζ) Παλμοί οδήγησης.



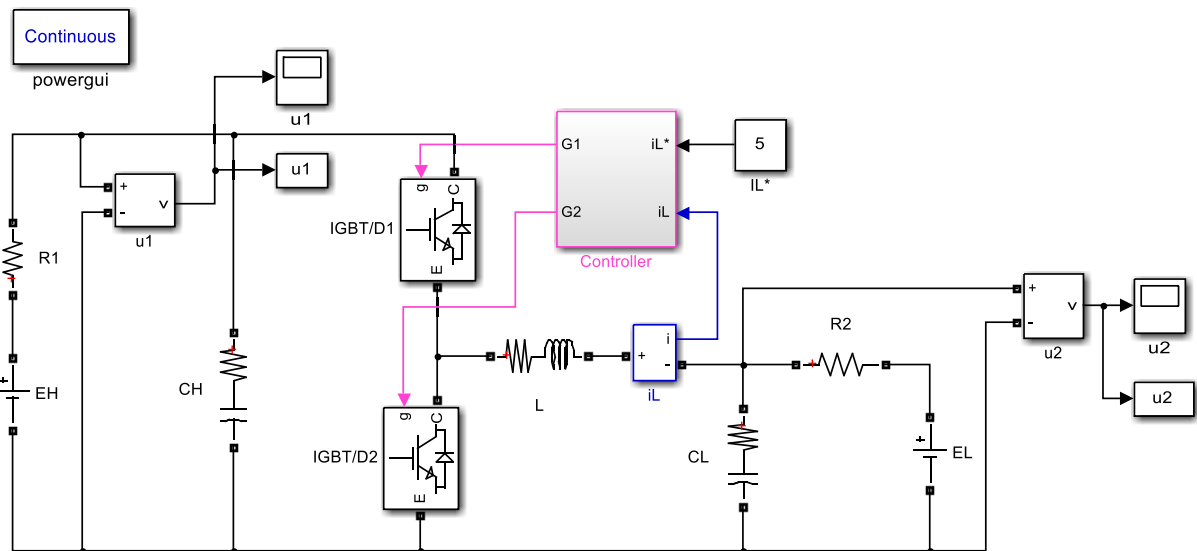
Σχήμα 7.9 Κυματομορφές μετατροπέα όταν το ρεύμα πηνίου είναι ασυνεχές: α) Ρεύμα πηνίου. β) Ρεύμα διακόπτη. γ) Ρεύμα διόδου. δ) Τάση πηνίου. ε) Τάση πυκνωτή. ζ) Παλμοί οδήγησης.

7.4. ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΙΚΑΤΕΥΘΥΝΤΗΡΙΟΥ ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΑ

Στα Σχήματα 7.5 και 7.6 παρουσιάζονται οι δυο μετατροπείς ισχύος που προσφέρουν ροή ενέργειας μόνο προς μια κατεύθυνση, ως εκ τούτου ο συνδυασμός των 2 μετατροπέων θα μπορούσε να επιφέρει ανταλλαγή ενέργειας ως προς 2 κατευθύνσεις. Παρότι αυτό είναι δυνατό με τις υπάρχουσες τεχνολογίες, ωστόσο δεν θα μπορούσε να υλοποιηθεί με μια συμβατική δίοδο, διότι η δίοδος δεν επιτρέπει αμφίδρομη μεταφορά ισχύος. Εναλλακτικές τοπολογίες που ικανοποιούν την παραπάνω απαίτηση αποτελούν τα MOSFET με αγωγή ρεύματος από Drain στο Source και αντίθετα αλλά και τα IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) σε συνδυασμό με μια αντιπαράλληλη δίοδο. Η καινούργια τοπολογία παρουσιάζεται στο Σχήμα 7.10 υπό το πρίσμα του λογισμικού προσομοίωσης Matlab / Simulink.



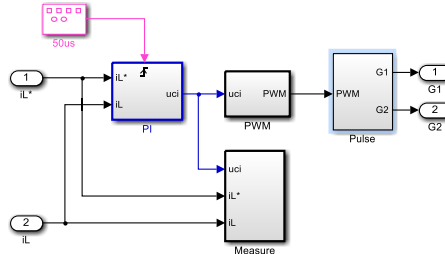
Σχήμα 7.10: Κυκλωματική δομή του αμφίδρομου μετατροπέα συνεχούς ρεύματος



Σχήμα 7.11: Κύκλωμα ισχύος δικατευθυντήριου μετατροπέα

Στο Σχήμα 7.10 οι δυο πηγές E_H E_L με τις αντιστάσεις τους παριστάνουν τα ισοδύναμα κυκλώματα των μπαταριών, ενώ οι πυκνωτές σταθεροποιούν την τάση στην έξοδο. Με σκοπό τη λειτουργία του

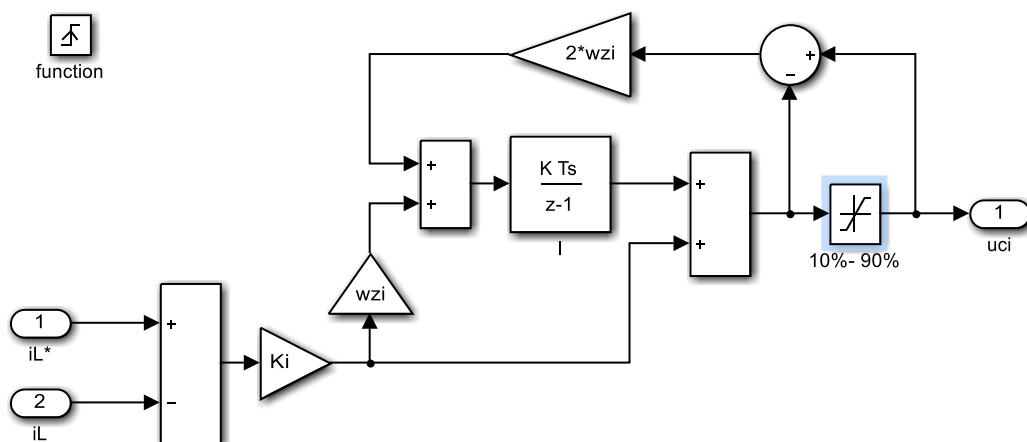
κυκλώματος ισχύος σχεδιάζεται ένας ελεγκτής για την παλμοδότηση των ημιαγωγικών διακοπών. Το κυκλωματικό διάγραμμα του ελεγκτή παρουσιάζεται στο σχήμα 7.11. Ως I_L^* τίθεται το ρεύμα αναφοράς που ρυθμίζει τη διαδικασία της φόρτισης και το μέγεθος της ενεργού ισχύος που θα στέλνεται στην έξοδο.



Σχήμα 7.12: Κύκλωμα ελέγχου δικατευθυντήριου μετατροπέα

Ενώ το ρεύμα I_L είναι το μετρούμενο ρεύμα σε χρόνο προσομοίωσης, δηλαδή δηλώνεται ως το μέγεθος ελέγχου που ανατροφοδοτείται στον κύκλωμα ελέγχου για τη δημιουργία της παλμοδότησης. Όπως φαίνεται και στο Σχ. 7.12 χρησιμοποιείται ένας PI ελεγκτής για τη διόρθωση του σφάλματος που προκύπτει από την αφαίρεση των 2 προαναφερθέντων μεγεθών. Πιο συγκεκριμένα, ο PI ελεγκτής χρησιμοποιείται για τη διόρθωση του σφάλματος ανάμεσα στη μετρούμενη από τον κινητήρα τιμή και στην επιθυμητή τιμή αναφοράς. Η proportional λειτουργία καθορίζει την αντίδραση στο σφάλμα ρεύματος του κινητήρα, δηλαδή αυξάνει την είσοδο με μια τιμή ανάλογη του σφάλματος που παρατηρείται, αλλά αντιδρά μόνο σε στιγμιαία σφάλματα και όσο δρα ο ελεγκτής το σφάλμα θα ελαττώνεται, έως ότου ο ελεγκτής να μην είναι σε θέση να το αντιληφθεί. Το τελευταίο μειονέκτημα έρχεται να λύσει η integral λειτουργία, με το να φτάσει το σφάλμα όσο το δυνατό κοντά στο 0. Ο PI είναι ιδανικός ελεγκτής για την προσέγγιση της τιμής αναφοράς σε μικρό χρόνο. Η έξοδος που προκύπτει από τον PI είναι η εξής:

$$\text{έξοδος} = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(\tau) d(\tau) \quad (7.5)$$



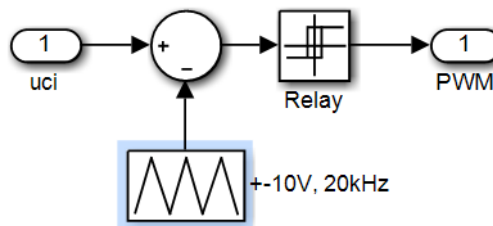
Σχήμα 7.13: PI ελεγκτής

Τέλος, για τη τελική εξαγωγή των παλμών χρησιμοποιείται μια τριγωνική γεννήτρια με διακοπτική συχνότητα 10-20 kHz, η οποία δηλώνει το σήμα αναφοράς και καθορίζει τη διακοπτική συχνότητα των

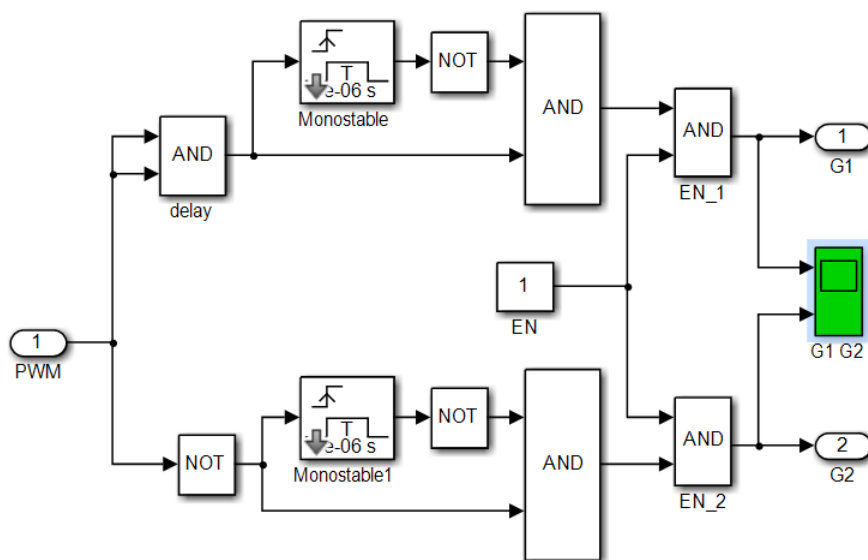
παλμών συγκρίνεται με το σήμα εξόδου u_c . Οπότε όταν η γεννήτρια είναι μεγαλύτερη από το σήμα εξόδου έχουμε έξοδο 1 ενώ στην αντίθετη περίπτωση 0. Επίσης, για να μην άγουν τα 2 τρανζίστορ ταυτόχρονα προστίθεται και δημιουργήσουν βραχυκύκλωμα το οποίο θα έχει ως αποτέλεσμα την άμεση εκφόρτιση των μπαταριών ένα επιπλέον κύκλωμα εισάγει νεκρό χρόνο ανάμεσα στην αγωγή των τρανζίστορ ίσο με 2 μ s.

7.5. ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

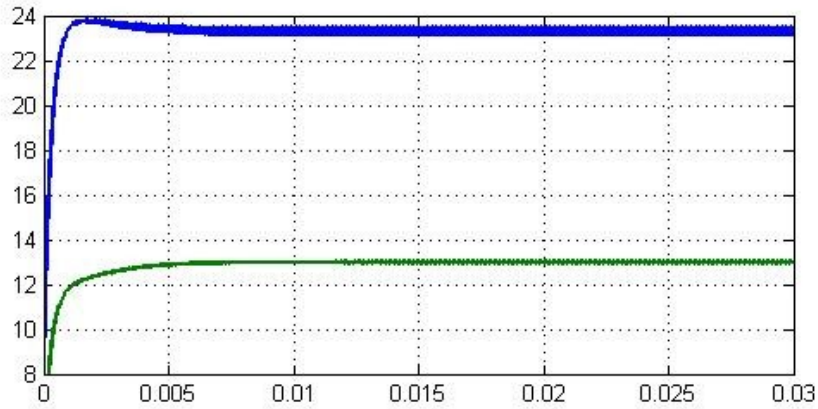
Στο Σχ. 7.13 φαίνονται οι τάσεις στις 2 πλευρές του δικατευθυντήριου μετατροπέα και η δεδομένη ανύψωση από 12 σε 24 V. Στα σχήματα 7.14 απεικονίζεται η μοντελοποίηση της διάταξης παραγωγής των παλμών PWM με συχνότητα 20 kHz ενώ στο Σχήμα 7.15 απεικονίζεται η μοντελοποίηση του κυκλώματος παραγωγής των παλμών στα δύο IGBT, με νεκρό χρόνο 2 μ s. Στα σχήματα 7.16 φαίνεται η διαδικασία φόρτισης της μπαταρίας με το ρεύμα να κατευθύνεται προς το ρεύμα αναφοράς σύμφωνα με τη ρύθμιση της παλμοδότησης και αλλαγή του λόγου κατάτμησης (Duty Cycle-D). Ενώ η ίδια δοκιμή διεξάγεται και στο Σχήμα 7.17 με αύξηση του λόγου κατάτμησης για ανέβει το ρεύμα στα 5 A που είναι πλέον η αναφορά (Σχήμα 14). Όταν μπαίνει το κύκλωμα σε κατάσταση εκφόρτισης η αναφορά στον έλεγχο του μετατροπέα γίνεται αρνητική, το οποίο σημαίνει ότι με την παλμοδότηση αναγκάζουμε το ρεύμα να ρέει από την αντίθετη μεριά, προκειμένου να δοθεί η απαραίτητη ενέργεια στο φορτίο η μπαταρία αλλάζει πολικότητα.



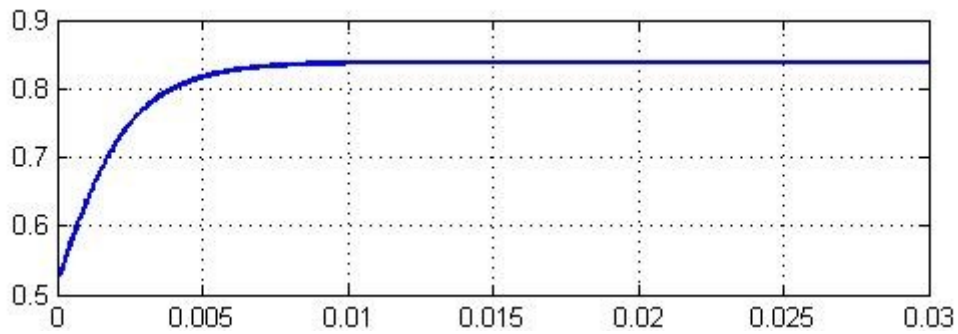
Σχήμα 7.14: Μοντελοποίηση της διάταξης παραγωγής των παλμών PWM με συχνότητα 20kHz



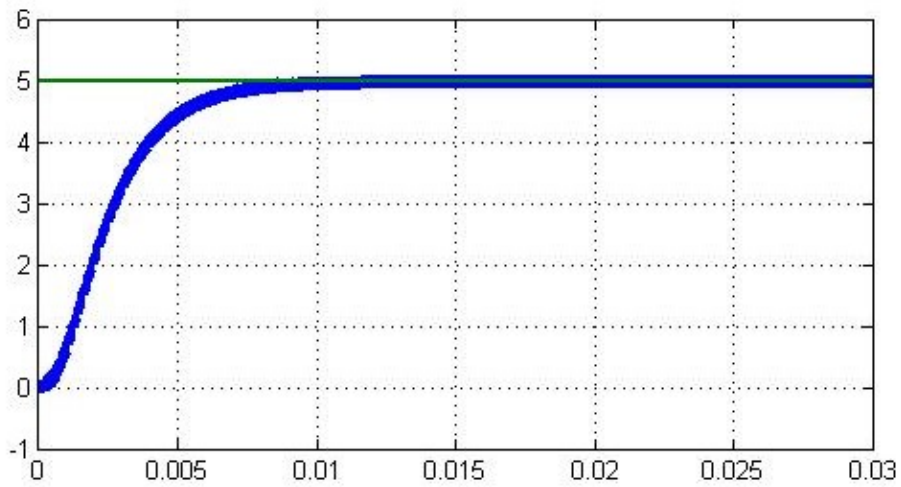
Σχήμα 7.15: Μοντελοποίηση του κυκλώματος παραγωγής των παλμών στα δύο IGBT, με νεκρό χρόνο 2 μ s (Pulse)



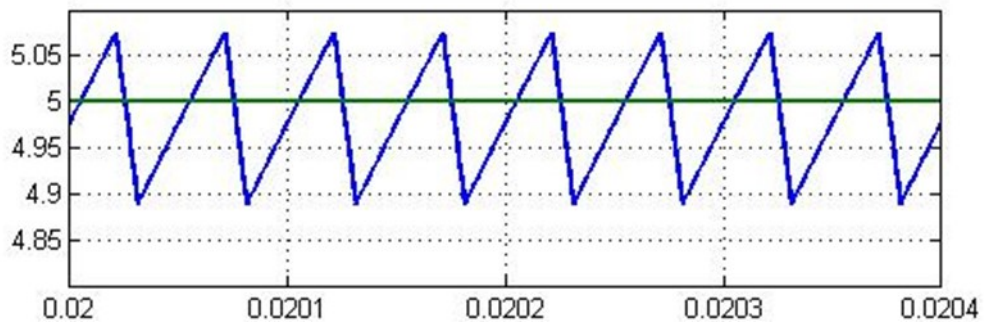
(α)



(β)



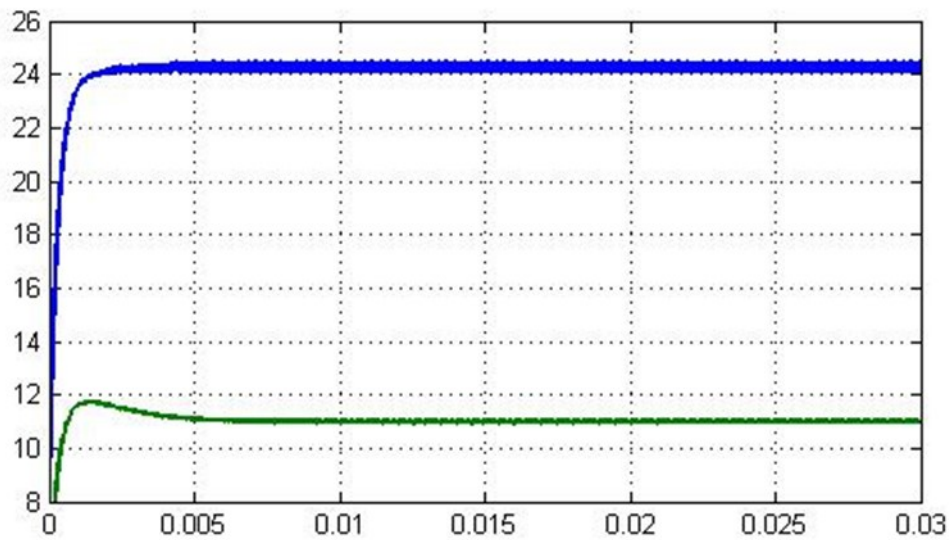
(γ)



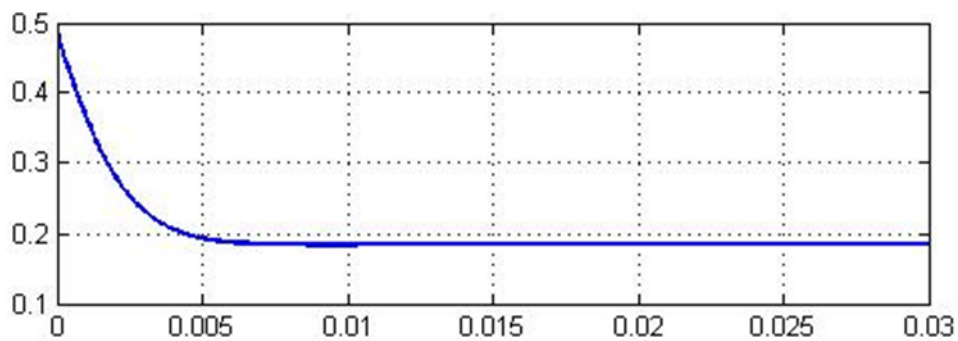
Σχήμα 7.16 Κυματομορφές των τάσεων u_1 (μπλε γραμμή) και u_2 (πράσινη γραμμή) (α), του κύκλου λειτουργίας D (β) και του ρεύματος i_L στο πηνίο του μετατροπέα (γ), όταν το ρεύμα αναφοράς i_L^* είναι ίσο με 5A (φόρτιση μπαταρίας).

Επίσης, στο κάτω σχήμα απεικονίζεται λεπτομέρεια από το ρεύμα στην επαγωγή i_L , το οποίο μεταβάλλεται με συχνότητα 20kHz μέσω των παλμών PWM.

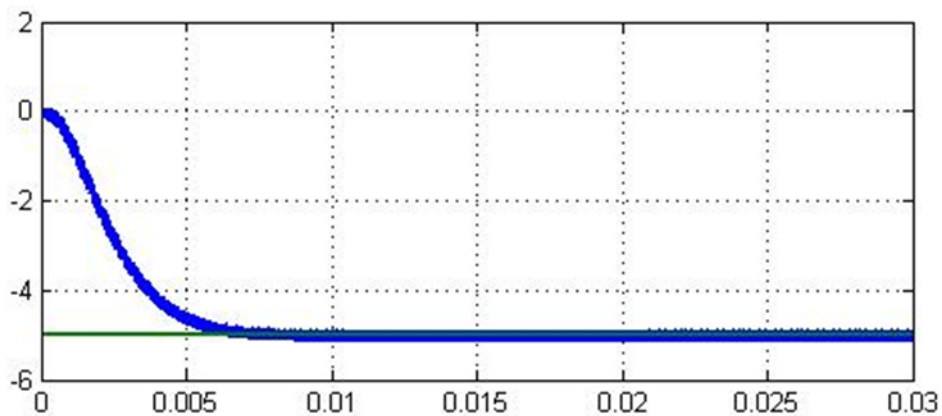
Τέλος, η τελευταία δοκιμή που διεξάγεται είναι εκφόρτιση της μπαταρίας και το ρεύμα αρχίζει να ρέει προς την αντίθετη πλευρά με την αύξηση του λόγου κατάτμησης του άλλου ημιαγωγικούς στοιχείου από την διαδικασία της φόρτισης (Σχήμα 7.17). Η πύκνωση στο ρεύμα οφείλεται στη κυμάτωση που εισάγεται εξαιτίας της φόρτισης και εκφόρτισης του πηνίου [178].



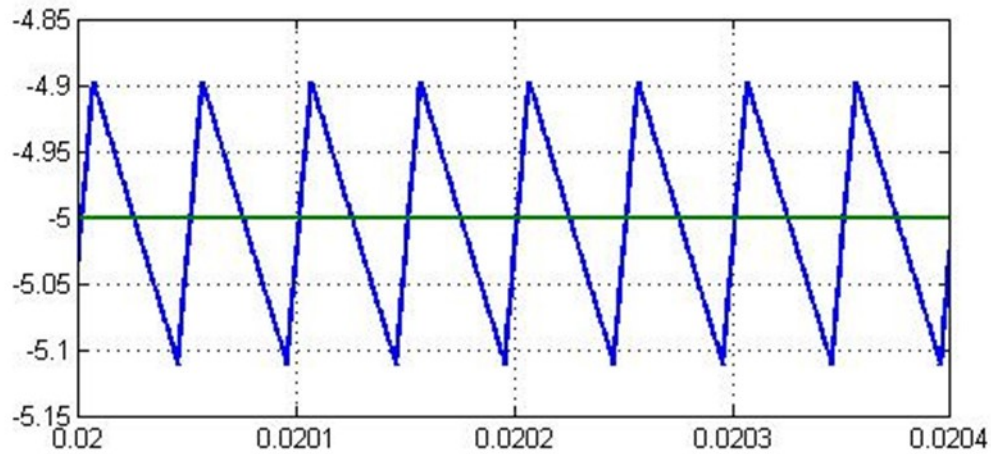
(α)



(β)



(γ)



(
 Σχήμα 7.17: Κυματομορφές των τάσεων u_1 (μπλε γραμμή) και u_2 (πράσινη γραμμή) (α), του κύκλου λειτουργίας D (β) και του ρεύματος i_L στο πηνίο του μετατροπέα (γ), όταν το ρεύμα αναφοράς i_L^* είναι ίσο με $-5A$ (εκφόρτιση μπαταρίας). Επίσης στο κάτω σχήμα απεικονίζεται λεπτομέρεια από το ρεύμα στην επαγωγή i_L , το οποίο μεταβάλλεται με συχνότητα $20kHz$ μέσω των παλμών PWM

7.6. ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Στο έβδομο κεφάλαιο έγινε αρχικά μία ανασκόπηση των βασικών στοιχείων των ηλεκτρονικών ισχύος. Μετά, έχοντας ήδη κάνει προσομοίωση ενός φορτιστή DC ηλεκτρικού οχήματος με την βοήθεια της πλατφόρμας προσομοίωσης και σχεδιασμού Simulink, που είναι βασισμένη στη γλώσσα προγραμματισμού MATLAB, αναλύθηκαν οι μετατροπείς συνεχούς τάσης. Στη συνέχεια, έγινε ανάλυση τόσο ενός δικατευθυντήριου μετατροπέα, όσο και των αποτελεσμάτων της προσομοίωσης Simulink.

Κεφάλαιο 8 Συμπεράσματα και Προοπτικές

Η ηλεκτροκίνηση είναι ένας ταχύτατα αναπτυσσόμενος κλάδος που αναφέρεται στη χρήση ηλεκτρικών οχημάτων και ασκεί μεγάλη επιρροή στο σύστημα των μεταφορών. Τα ηλεκτρικά οχήματα είναι οχήματα τα οποία κινούνται με ηλεκτροκινητήρες και χρησιμοποιούν ενέργεια αποθηκευμένη είτε σε επαναφορτιζόμενες μπαταρίες είτε σε άλλες συσκευές αποθήκευσης ενέργειας. Περιλαμβάνουν ηλεκτρικά αυτοκίνητα, ηλεκτρικά λεωφορεία, ηλεκτρικά ποδήλατα και ηλεκτρικά σκούτερ. Οι κύριες κατηγορίες ηλεκτρικών οχημάτων που αναλύθηκαν ήταν το ηλεκτρικό όχημα μπαταρίας (BEV), το υβριδικό ηλεκτρικό όχημα (HEV), το Plug-in Hybrid Electric Vehicle (PHEV) και το ηλεκτρικό όχημα κυψελών καυσίμου (FCEV). Τα οφέλη της μετάβασης από τα οχήματα εσωτερικής καύσης στα ηλεκτρικά είναι ποικίλα με πιο σημαντικά το χαμηλότερο κόστος κίνησης και συντήρησης, μειωμένες εκπομπές ατμοσφαιρικών ρύπων, χαμηλά επίπεδα ηχορύπανσης, μείωση της ενεργειακής εξάρτησης και φορολογικές ελαφρύνσεις των ιδιοκτητών των ηλεκτρικών οχημάτων. Οι πωλήσεις των ηλεκτρικών οχημάτων αυξήθηκαν σημαντικά από το 2017 μέχρι και το 2021 και υπολογίζεται ότι μέχρι το τέλος της δεκαετίας τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα θα αποτελούν την πλειοψηφία των ταξινομήσεων καινούριων οχημάτων που θα κυκλοφορούν στην Ευρωπαϊκή Ένωση.

Οι μπαταρίες έλξης, όπως ονομάζονται στο χώρο του ηλεκτρικού αυτοκινήτου, είναι οι συσκευές που παίρνουν την ηλεκτρική ενέργεια και την αποθηκεύουν αφού πρώτα την μετατρέψουν σε χημική ενέργεια ενώ για την αποδέσμευση ακολουθούν την αντίστροφη διαδικασία. Αποτελούνται από κελιά, στα οποία περιλαμβάνονται δύο αγώγιμα υλικά, η «άνοδος ή θετικό ηλεκτρόδιο», και η «κάθοδος ή αρνητικό ηλεκτρόδιο», καθώς επίσης ένας ηλεκτρολύτης κι ένας μονωτής ή διαχωριστικό. Οι πιο σημαντικοί τύποι μπαταριών ηλεκτρικών οχημάτων είναι οι Μολύβδου οξέος, Νατρίου Θείου, Νικελίου/ Καδμίου, Νικελίου/Υδριδίου Μετάλλου και Λιθίου Ιόντων – Λιθίου Πολυμερούς. Οι μπαταρίες αυτές διαθέτουν Σύστημα Διαχείρισης, πρόκειται δηλαδή για τον εγκέφαλο που ελέγχει όλες τις λειτουργίες της μπαταρίας. Όποιες ανωμαλίες παρουσιαστούν θα προσαρμοστούν αυτόματα από το Σύστημα Διαχείρισης Μπαταριών αυτόματα και κατά συνέπεια θα διατηρηθεί η βέλτιστη απόδοση της μπαταρίας του ηλεκτρικού οχήματος.

Ένας φορτιστής μπαταρίας, είναι μια συσκευή που αποθηκεύει ενέργεια σε μια μπαταρία περνώντας ηλεκτρικό ρεύμα μέσω αυτής. Το πρωτόκολλο φόρτισης, δηλαδή η τάση και η διάρκεια φόρτισης καθώς και η απαιτούμενη διαδικασία εξαρτάται από το μέγεθος και τον τύπο της μπαταρίας που φορτίζεται. Οι ενσύρματοι σταθμοί φόρτισης διακρίνονται βάσει τριών κύριων χαρακτηριστικών τους, του επιπέδου φόρτισης, της μεθόδου φόρτισης και του τύπου του σταθμού φόρτισης ή του ρευματολήπτη του οχήματος που περιλαμβάνει το βύσμα και τον συνδετήρα που χρησιμοποιείται. Οι ρευματολήπτες με προδιαγραφές CHAdeMO και CCS τελικά επικράτησαν όσον αφορά την σύνδεση του ηλεκτρικού αυτοκινήτου με τον σταθμό φόρτισης, ενώ άλλοι ρευματολήπτες είναι οι τύποι 1, 2, GB/T και ο NACS. Έχουν οριστεί 4 μέθοδοι φόρτισης, οι οποίες, ανάλογα με τις ανάγκες των χρηστών και των δυνατοτήτων ηλεκτροδότησης κάθε σημείου φόρτισης, προσφέρουν διαφορετική ποιότητα, ταχύτητα και δυνατότητες φόρτισης. Αυτοί είναι η Μέθοδος 1 (Οικιακή πρίζα τύπου σούκο), η Μέθοδος 2 (Οικιακή πρίζα με εξοπλισμό τροφοδοσίας AC για ηλεκτρικά οχήματα), η Μέθοδος 3 (Εξοπλισμός AC για ηλεκτρικά οχήματα μόνιμα συνδεδεμένος σε δίκτυο παροχής AC) και η Μέθοδος 4 (Εξοπλισμός τροφοδοσίας DC για ηλεκτρικά οχήματα). Ο χρόνος φόρτισης μπορεί να υπολογιστεί χονδρικά ως ο λόγος της χωρητικότητας της μπαταρίας του ηλεκτρικού οχήματος προς την ισχύ φόρτισης. Επομένως, η φόρτιση των αυτοκινήτων ανάλογα με τον χρόνο που διαρκεί διακρίνεται σε αργή, γρήγορη και ταχεία AC και σε ταχεία DC. Η ασύρματη φόρτιση ηλεκτρικών οχημάτων χρησιμοποιεί την επαγωγική φόρτιση. Το ηλεκτρικό όχημα έχει ένα μαγνητικό πηνίο στο κάτω μέρος του οχήματος που λαμβάνει

ηλεκτρική ενέργεια από το μαγνητικό πηνίο μέσα στην φορτιστή. Όταν τα δύο πηνία ευθυγραμμιστούν, ξεκινά η φόρτιση.

Οι σταθμοί φόρτισης ταξινομούνται σε τρεις κατηγορίες, δηλαδή σε οικιακούς/ιδιωτικούς, εμπορικούς/ημιδημόσιους και δημόσιους. Κατά την έρευνα διαπιστώθηκε ανομοιογενής ανάπτυξη των υποδομών φόρτισης ανάμεσα στις χώρες της Ευρωπαϊκής χώρας, γεγονός που δεν διευκολύνει τις διευρωπαϊκές μετακινήσεις με ηλεκτρικά οχήματα. Πιο συγκεκριμένα, μόνο πέντε κράτη μέλη είχαν ήδη επιτύχει τους στόχους που τους είχαν τεθεί αρχικά για το 2020 με την υψηλότερη πυκνότητα να καταγράφεται στις χώρες της Δυτικής Ευρώπης. Αντιθέτως, 12 κράτη μέλη, ανάμεσα στα οποία είναι και η Ελλάδα, υστερούσαν περισσότερο από 50 % σε σχέση με τον αρχικό στόχο. Με βάση την νέα οδηγία της Ευρωπαϊκής Ένωσης, τα κράτη μέλη υποχρεούνται να εγκαταστήσουν σταθμούς φόρτισης ανά 60 χιλιόμετρα στο εθνικό δίκτυο μέχρι το 2025, στην Ελλάδα όμως ο στόχος αυτός καλύπτεται στο 65% του συνόλου. Με δεδομένο ότι τα 2/3 των νοικοκυριών δεν έχουν πρόσβαση σε ιδιωτικό χώρο στάθμευσης, η ανάπτυξη επαρκούς αριθμού δημοσίως προσβάσιμων υποδομών φόρτισης στην Ελλάδα είναι μονόδρομος.

Στις αρχές του 2023 υπήρχαν στη χώρα, με βάση τα στοιχεία του Μ.Υ.Φ.Α.Η. μόνο 2 ενεργές εταιρίες κατασκευής φορτιστών ηλεκτρικών αυτοκινήτων στην Ελλάδα ενώ αντιθέτως υπήρχαν 25 ενεργές εταιρίες εμπορίας φορτιστών, η συντριπτική πλειονηφία των οποίων ήταν αντιπρόσωποι εταιριών της αλλοδαπής. Επιλέχθηκε δείγμα κι από τις δύο περιπτώσεις και διεξήχθη πρωτογενή έρευνα υπό τη μορφή δομημένων συνεντεύξεων στις εταιρίες αυτές το πρώτο εξάμηνο του 2023. Με βάση τα αποτελέσματα της έρευνας διαπιστώθηκε ότι όλες οι εταιρίες κατασκεύαζαν ή πωλούσαν τουλάχιστον ένα σταθμό φόρτισης από κάθε είδος ηλεκτρικού ρεύματος AC και DC, καλύπτοντας και τις τρεις κατηγορίες ταξινόμησης φορτιστών. Επίσης το σύνολο των σταθμών φόρτισης στην Ελλάδα έχουν ενσωματωμένη προστασία υπέρτασης και υπότασης, εντοπισμό απώλειας γείωσης και προστασία υπερθέρμανσης, ρελέ διαρροής RCD, βαθμό μηχανικής αντοχής IK 08-10, βαθμό στεγανότητας IP 54-65 και είναι σύμφωνοι με τα πρότυπα CE, IEC 61851-1, IEC-61851-21-2 και IEC 62196-2. Παρέχουν στους πελάτες φυλλάδιο με οδηγίες χρήσης και εγγύηση καλής λειτουργίας από 2 έως 5 χρόνια. Η πλειονηφία των σταθμών φόρτισης διαθέτουν εφαρμογή για smartphone οπότε έχουν δυνατότητα για απομακρυσμένο έλεγχο της φόρτισης. Οι υπόλοιποι είναι απλής λειτουργίας της μορφής plug-and-charge. Ως προς τη συνδεσιμότητα, οι περισσότεροι φορτιστές επικοινωνούν μέσω WIFI, Ethernet, GSM ενώ αρκετοί έχουν Bluetooth. Η πλειονηφία των φορτιστών έχουν διαχείριση χρήστη OCPP 1.5, 1.6 ή 2.0 και διαθέτουν φορητή συσκευή ανάγνωσης RFID. Όσοι φορτιστές δεν έχουν οθόνες LCD ή αφής από 4,5” έως 10”, έχουν σίγουρα ένδειξη λειτουργίας με LED. Κάποιοι φορτιστές έχουν και μετρητή MID που είναι χρήσιμος όταν υπάρχουν πολλαπλοί χρήστες. Πιο συγκεκριμένα, οι φορτιστές AC στην Ελλάδα ακολουθούν την Μέθοδο 3 και φορτίζονται με τον τύπο καλωδίου 2. Όσοι προορίζονται για οικιακή χρήση είναι μονοφασικοί με μέγιστη ισχύ 7 KW, ενώ οι υπόλοιποι ιδιωτικοί και εμπορικοί είναι τριφασικοί με μέγιστη ισχύ 22 KW, τάση 400 V και μέγιστο ρεύμα 32 A ανά φάση. Η πλειονηφία των σταθμών φόρτισης AC έχουν μία μόνο έξοδο, υπάρχουν βέβαια ελάχιστα μοντέλα εμπορικών/ημιδημοσίων που διαθέτουν 2 εξόδους. Οι φορτιστές DC στην Ελλάδα ακολουθούν την Μέθοδο 4 και φορτίζονται με τους τύπους καλωδίου CHAdeMO και CCS2. Προορίζονται για δημόσια χρήση, είναι τριφασικοί με ισχύ από 40 KW έως και 240 KW, τάση 150-1000 V και ρεύμα από 120 έως και 500 A. Αρκετοί από τους σταθμούς φόρτισης διαθέτουν 3 εξόδους, με τις δύο να προορίζονται για DC φόρτιση και την τρίτη έξοδο να είναι αφιερωμένη στη φόρτιση AC με τις ανωτέρω αναφερόμενες προδιαγραφές. Κύριο χαρακτηριστικό της DC φόρτισης είναι η ταχύτητά της, που στην Ελλάδα μπορεί να φτάσει και τα 30’ για φόρτιση 80-90% της μπαταρίας. Αντιθέτως, AC φορτιστές μπορούν να ολοκληρώσουν μία φόρτιση από τις 2 έως και τις 10 ώρες ανάλογα με την ισχύ τους. Τέλος, όσον αφορά τις τιμές των φορτιστών, η πλειονηφία των ιδιωτικών οικιακών AC φορτιστών κυμαίνεται στα 1000 ευρώ, ενώ των δημοσίων DC φορτιστών, οι τιμές είναι κατά μέσο όρο γύρω στα 20000 ευρώ. Ιδιαίτερα

για τους ιδιωτικούς οικιακούς φορτιστές οι μέσες τιμές τους είναι περίπου ίσες με τον μέσο μηναίο μισθό των Ελλήνων, γεγονός που δυσκολεύει τον μέσο Έλληνα πολίτη να προχωρήσει εύκολα στην επένδυση ενός οικιακού σταθμού φόρτισης [178].

Πραγματοποιήθηκε προσομοίωση ενός φορτιστή DC στην πλατφόρμα προσομοίωσης και σχεδιασμού Simulink, που είναι βασισμένη στη γλώσσα προγραμματισμού MATLAB. Όπως διαπιστώθηκε, ο μετατροπέας Boost αποτελεί ένα βασικό κομμάτι σύγχρονων συστημάτων ηλεκτροκίνησης, καθώς επιτρέπει τη μετατροπή της χαμηλής τάσης από μπαταρίες ή άλλες πηγές ενέργειας σε υψηλότερη τάση που απαιτείται για την λειτουργία των ηλεκτρικών κινητήρων. Σε εφαρμογές συσσωρευτών, ο μετατροπέας Boost μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να αυξήσει την τάση των συσσωρευτών όταν αυτοί είναι χαμηλής τάσης, προσφέροντας έτσι αποτελεσματική φόρτιση και χρήση. Στις εφαρμογές διακοπτικών τροφοδοτικών συνεχούς τάσης, ο μετατροπέας Boost βοηθά στη δημιουργία σταθερής τάσης εξόδου από μια μεταβαλλόμενη τάση εισόδου, παρέχοντας έτσι σταθερή τροφοδοσία σε ηλεκτρονικά συστήματα. Συμπερασματικά λοιπόν, παρουσιάστηκε μια νέα τοπολογία μετατροπής ισχύος που επιτρέπει αμφίδρομη μεταφορά ενέργειας, αξιοποιώντας MOSFET, IGBT και ελεγκτές PI. Οι δοκιμές και οι πειραματισμοί έδειξαν την αποτελεσματικότητα της νέας τοπολογίας στη διαχείριση της ισχύος και της τάσης. Αυτή η προσέγγιση μπορεί να έχει σημαντικές εφαρμογές στον τομέα των ηλεκτρικών κυκλωμάτων και των φορτιστών, επιτρέποντας αποτελεσματικότερη ανταλλαγή ενέργειας και διαχείρισης της ισχύος.

Όσον αφορά τους μακροπρόθεσμους στόχους που έχει θέσει το ελληνικό κράτος σε βάθος δεκαετίας, ο εθνικός κλιματικός νόμος προωθεί την ηλεκτροκίνηση με απαγόρευση από 1η Ιανουαρίου 2030 της ταξινόμησης νέων οχημάτων με κινητήρα εσωτερικής καύσης. Μπορεί μεν οι σταθμοί φόρτισης στις αρχές του 2023 να είναι τριάντα φορές πιο πολλοί σε σχέση με τις αρχές του 2020, εντούτοις δεν είναι αρκετοί μιας και δεν αρκεί μόνο να εξυπηρετεί τις ανάγκες των Ελλήνων χρηστών, αλλά και των ξένων μεταφορέων, ιδίως κατά τη θερινή περίοδο, που η Ελλάδα υποδέχεται πολλούς τουρίστες με τα αυτοκίνητά τους. Στα πλαίσια αυτής της εθνικής στρατηγικής, η συντριπτική πλειοψηφία των δήμων της χώρας ολοκλήρωσε στα τέλη του 2022 τα τοπικά Σχέδια Φόρτισης Ηλεκτροκίνητων Οχημάτων (ΣΦΗΟ). Τα σχέδια αυτά στην ουσία αξιολογούν την πιθανή χωροθέτηση των υποδομών φόρτισης, με χρηματοδότηση από το Πράσινο Ταμείο του Υπουργείου Περιβάλλοντος και Ενέργειας και εν συνεχεία θα υλοποιηθούν με την προκήρυξη ηλεκτρονικών διαγωνισμών [180].

Η επέλαση των ηλεκτρικών αυτοκινήτων αναπόφευκτα θα φέρει μεγάλες αλλαγές στα πρατήρια καυσίμων και ήδη έχει τεθεί ζήτημα μακροημέρευσης τους μιας και η κατανάλωση καυσίμων αναμένεται να μειώνεται σταδιακά. Για αυτό το λόγο, αρκετές εταιρίες καυσίμων, όπως η Aral, σκοπεύουν να επενδύσουν σε φορτιστές που θα εγκαθίστανται στα πρατήριά τους, ενώ άλλες, όπως η Shell, σκοπεύουν να μεταμορφώσουν τα πρατήριά τους σε παρόχους ολοκληρωμένων υπηρεσιών ή να μετατραπούν σε κέντρα κινητικότητας κατόχων ηλεκτρικών αυτοκινήτων [181]. Επίσης η Tesla σκοπεύει μέχρι το τέλος του 2024 να καλύψει με superchargers, που φορτίζουν μόνο τα μοντέλα της εταιρίας της, σχεδόν όλο το εθνικό οδικό δίκτυο, από την Πελοπόννησο μέχρι τα Ιωάννινα και την Αλεξανδρούπολη. Με τάση που αγγίζει τα 250 kW σε 15-30 λεπτά, πολλά ηλεκτρικά οχήματα της Tesla θα μπορούν να φορτίσουν τις μπαταρίες τους σε 15-30 λεπτά και οι οδηγοί τους να συνεχίσουν το δρόμο τους χωρίς καθυστέρηση [182].

Αν και η Ευρωπαϊκή Ένωση θέτει κάποιους στόχους, πολύ συχνά δεν μπορούν να ικανοποιηθούν από όλα τα 27 κράτη μέλη. Πιο συγκεκριμένα, η Ευρωπαϊκή Ένωση δεν διαθέτει έναν συνολικό στρατηγικό χάρτη πορείας για την ηλεκτροκίνηση και μια ολοκληρωμένη πολιτική για τις υποδοχές, τα οχήματα, τα δίκτυα, τις μπαταρίες, τους σταθμούς φόρτισης, τα οικονομικά κίνητρα, τις πρώτες ύλες και τις

ψηφιακές υπηρεσίες. Προπάντων, οι στόχοι που τίθενται πρέπει να είναι εφικτοί από όλα τα κράτη μέλη, συνυπολογίζοντας τα πιθανά εμπόδια, με γνώμονα το κοινό καλό και το ευοίωνο μέλλον.

Βιβλιογραφία

- [1] Ι. Παρασκευόπουλος, *Μεθοδολογία επιστημονικής έρευνας*. Αθήνα: Εκδόσεις Γρηγόρη, 1993.
- [2] G. Lagoumintzis, “Εισαγωγή στην Επιστημονική Έρευνα,” in *Μεθοδολογία της έρευνας στις επιστήμες υγείας*. Αθήνα: Εκδόσεις Κάλλιπος, 2015.
- [3] J. Gill and P. Johnson P., *Research Methods for Managers*. London: P. Chapman Publications, 1991.
- [4] Χ. Θεοφιλίδης,, *Η συγγραφή επιστημονικής εργασίας*. Αθήνα: Τυπωθήτω, 1999.
- [5] S. and L. Simkin, *Marketing Concepts and Strategies*. Boston: Houghton – Mifflin, 1994.
- [6] Ε. Καρατζά, *Μοντελοποίηση και Προσομοίωση (Σημειώσεις)*, Τμήμα Πληροφορικής, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, 1999.
- [7] L. Cohen, L., L. Manion, and K. Morrison, *Research Methods in Education*. 5th Edition, London: Routledge Falmer, 2000.
- [8] G. Mialaret, *Εισαγωγή στις Επιστήμες της Αγωγής* (μετάφραση: Γ. Ζακοπούλου). Αθήνα: Τυπωθήτω, 1997.
- [9] H. J. Rubin and I. S. Rubin, *Qualitative Interviewing: The Art of Hearing Data*. 2nd Edition. London: Sage Publications, 1995.
- [10] S. Kvale, *Interview Views: An Introduction to Qualitative Research Interviewing*. CA: Sage Publications, 1996.
- [11] Β. Φίλιας, *Εισαγωγή στη μεθοδολογία και τεχνικές των κοινωνικών ερευνών*. Αθήνα: Gutenberg, 1993.
- [12] Ν. Κυριαζή, *Η κοινωνιολογική έρευνα. Κριτική επισκόπηση των μεθόδων και τεχνικών*. Αθήνα: Ελληνικά χρώματα, 2009.
- [13] M. Rapley and C. Antaki, C., A conversation analysis of the "acquiescence" of people with learning disabilities. *Journal of Community & Applied Social Psychology*, 6(3), 207–227, 1996.
- [14] J. Banks and J. Carson, *Discrete-Event System Simulation*. NJ: Prentice Hall, 2001, p. 3.
- [15] Ν. Χάνσελμαν και Μ. Λίτλφιλντ, *Mastering Matlab 7*. Αθήνα: Εκδόσεις Κλειδάριθμος, 2006.
- [16] Ι. Yıldız and C. MacEachern, *Energy Fundamentals in Comprehensive Energy Systems*, 2018.
- [17] B. Baigrie. *Electricity and Magnetism: A Historical Perspective*. USA: Greenwood Press, 2006, pp. 7–8.
- [18] M. Uman, *All About Lightning*. USA: Dover Publications, 1987.
- [19] P. Scaruffi, *A Brief History of the Electrical World Part I: The Beginning*, 2016. Ημερομηνία πρόσβασης: 15/11/2022. [Online]. Διαθέσιμο: <https://www.scaruffi.com/science/elec1.html>
- [20] J. S. Blakemore, *Solid state physics*. Cambridge: Cambridge University Press, 1985, pp. 1-3.

- [21] J. Chelikowski, "Introduction: Silicon in all its Forms", *Silicon: evolution and future of a technology* (Editors: P. Siffert, E. F. Krimmel). Springer, 2004, p. 1.
- [22] Δ. Βλάχος, "Ηλεκτρικό Φορτίο και Δύναμη," στο *Βασικά στοιχεία ηλεκτρομαγνητισμού*. Αθήνα: Κάλλιπος, Ανοικτές Ακαδημαϊκές Εκδόσεις, 2015.
- [23] Σ. Χατζηβασιλείου και Ι. Κυπριανίδης, "Κεφάλαιο 1, Βασικοί Ορισμοί και Νόμοι" στο *Τμήμα Φυσικής ΑΠΘ*, 2016. Ημερομηνία πρόσβασης: 15/11/2022. [Online]. Διαθέσιμο: <http://lanscom.physics.auth.gr/images/KEFALAI01.pdf>
- [24] L. Mears, "Έντισον VS Τέσλα: Ο πόλεμος των ρευμάτων που άλλαξε τον κόσμο," *Έθνος*, 28/01/2020. Ημερομηνία πρόσβασης: 15/11/2022. [Online]. Διαθέσιμο: <https://www.ethnos.gr/allabouthistory/article/85257/entisonvsteslaopolemostonreymatonpoyallaxetonkosmo>
- [25] Ν. Κοσμόπουλος, *Φυσική Β' Λυκείου Γενικής Παιδείας*. Αθήνα: Ελληνοεκδοτική, 2014.
- [26] R. D. Knight, *Φυσική για επιστήμονες και μηχανικούς - Κύματα, Οπτική, Ηλεκτρικό και Μαγνητικό Πεδίο*. 1η Ελληνική Έκδοση, Τόμος 2^{ος}, Αθήνα: Εκδόσεις Ίων/Μακεδονικές Εκδόσεις, 2010.
- [27] R.A. Serway και J. W. Jewett J. W., *Φυσική για επιστήμονες και μηχανικούς: ηλεκτρισμός και μαγνητισμός, φως και οπτική, σύγχρονη φυσική*. Αθήνα: Κλειδάριθμος, 2013.
- [28] Y. Gandhi, "What is Electrical Energy? Types and Examples," *Analytic Steps*, 15/3/2022. Ημερομηνία πρόσβασης: 15/11/2022. [Online]. Διαθέσιμο: <https://www.analyticsteps.com/blogs/what-electrical-energy-types-and-examples>
- [29] M. Rouse, "Electric Power," *Techopedia*, 14/3/2016. Ημερομηνία πρόσβασης: 15/11/2022. [Online]. Διαθέσιμο: <https://www.techopedia.com/definition/16539/electric-power>
- [30] Κ. Βουρνάς και Β. Παππαδιάς, *Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας- Έλεγχος και Ευστάθεια Συστήματος*. Αθήνα: Εκδόσεις Συμμετρία, 2010.
- [31] S. Das, "Electronics Definition," *Electronics and you*, 10/8/2023. Ημερομηνία πρόσβασης: 15/11/2022. [Online]. Διαθέσιμο: <https://www.electronicandyou.com/electronics-definition.html>
- [32] Κωνσταντίνα Χαραλαμπίκη, "Τεχνικές απαιτήσεις – λύσεις για την επίτευξη μεγάλης κλίμακας αξιοποίησης των ΑΠΕ", *Μεταπτυχιακή Διατριβή, Σχολή Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης, Πολυτεχνείο Κρήτης*, Χανιά, 2016.
- [33] Πανελλήνιο Ηλεκτρικό Ρεύμα, "Παραγωγή ρεύματος από φυσικό αέριο," 2023. Ημερομηνία πρόσβασης: 15/2/2023. [Online]. Διαθέσιμο: <https://www.pir.gr/paragogi-reymatos-apo-fysiko-aerio/>
- [34] Volton, "Πώς η πυρηνική ενέργεια γίνεται ηλεκτρισμός;" 14/10/2019. Ημερομηνία πρόσβασης: 15/2/2023. [Online]. Διαθέσιμο: <https://volton.gr/puriniki-energeia/>
- [35] Φ. Κανέλλος. "Παρουσιάσεις Ηλεκτρικής Οικονομίας," *Σχολή Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης, Πολυτεχνείο Κρήτης*, Χανιά, 2012.
- [36] ΑΔΜΗΕ, "Η εταιρεία, με μια ματιά," 2023. Ημερομηνία πρόσβασης: 15/2/2023. [Online]. Διαθέσιμο: <https://www.admie.gr/i-etairaia/me-mia-matia>

- [37] Elpedison, “Τι είναι η ηλεκτροκίνηση;” 2023. Ημερομηνία πρόσβασης: 15/2/2023. [Online]. Διαθέσιμο: <https://drivegreen.elpedison.gr/practice/τι-είναι-η-ηλεκτροκίνηση/>
- [38] R. Engelman, “The Second Industrial Revolution, 1870-1914,” *U.S. History Scene*, 2023. Ημερομηνία πρόσβασης: 15/2/2023. [Online]. Διαθέσιμο: <https://ushistoryscene.com/article/second-industrial-revolution/>
- [39] D. E. Nye, *Electrifying America: Social Meanings of a New Technology*. London: The MIT Press, 1990, pp. 14-15.
- [40] Οδηγός του πολίτη, “Νόμος 4710/2020 για την ηλεκτροκίνηση των αυτοκινήτων,” 24/7/2020. Ημερομηνία πρόσβασης: 15/2/2023. [Online]. Διαθέσιμο: <https://www.odigostoupoliti.eu/nomos-4710-2020-gia-tin-ilektrokinisi-ton-aftokiniton/>
- [41] F. Hebestreit, “On Track,” *Siemens*, 2023. Ημερομηνία πρόσβασης: 15/2/2023. [Online]. Διαθέσιμο: <https://www.siemens.com/global/en/company/about/history/stories/on-track.html>
- [42] I. C. DiKmen, Y. E. EkiCi, T. Karadağ, T. Abbasov, and S. E. Hamamci, "Electrification in Urban Transport: A Case Study with Real-time Data," *Balkan Journal of Electrical and Computer Engineering*, vol. 9 (1), pp. 69–77, Jan. 2021.
- [43] B. J. Graeme, *The London Underground Tube Stock*. Shepperton: Ian Allan and London Transport Museum, 1988.
- [44] S. Dittler, “Going Underground,” *Siemens*, 2023. Ημερομηνία πρόσβασης: 15/2/2023. [Online]. Διαθέσιμο: <https://www.siemens.com/global/en/company/about/history/stories/going-underground.html>
- [45] International Energy Agency, “Railway Handbook 2015,” 2015. p. 18. Ημερομηνία πρόσβασης: 15/2/2023. [Online]. Διαθέσιμο: https://uic.org/IMG/pdf/iea-uic_2015-2.pdf
- [46] Wikimedia Commons, “File: Europe rail electrification en.svg”, 2010. Ημερομηνία πρόσβασης: 15/2/2023. [Online]. Διαθέσιμο: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Europe_rail_electrification_en.svg
- [47] Automotive Solutions SA, “Η εταιρεία μας,” 2023. Ημερομηνία πρόσβασης: 1/3/2023. [Online]. Διαθέσιμο: <https://automotivesolutions.gr/>
- [49] Pro.autotriti, “Η Volvo Trucks βάζει στην πρίζα τις βαριές μεταφορές!” 2022. Ημερομηνία πρόσβασης: 1/3/2023. [Online]. Διαθέσιμο: https://pro.autotriti.gr/data/news/preview_news/Nea-FH-Electric--FM-Electric_238976.asp
- [50] Z. Klimont, S. J. Smith, and J. Cofala, "The last decade of global anthropogenic sulfur dioxide: 2000–2011 emissions." *Environmental Research Letters*, vol. 8(1), p. 2, Jan 2013.
- [51] Ευρωπαϊκό Ελεγκτικό Συνέδριο, “Ατμοσφαιρική ρύπανση: Η προστασία της υγείας μας παραμένει ανεπαρκής”, Ειδική Έκθεση 23, 2018. Ημερομηνία πρόσβασης: 1/3/2023. [Online]. Διαθέσιμο: <https://op.europa.eu/webpub/eca/special-reports/air-quality-23-2018/el/>
- [52] Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο, “Έκπομπές CO₂: Πόσο "καθαρά" είναι τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα; (γράφημα)”, *Επικαιρότητα Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο*, 2023. Ημερομηνία πρόσβασης: 1/3/2023.

[Online]. Διαθέσιμο:

<https://www.europarl.europa.eu/news/el/headlines/society/20190313STO31218/ekpompes-co2-poso-kathara-einai-ta-ilektrika-autokinita-grafima>

[53] Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο, “Μείωση των εκπομπών άνθρακα: στόχοι και πολιτικές της ΕΕ”, Επικαιρότητα Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο, 2023 Ημερομηνία πρόσβασης: 1/5/2023. [Online]. Διαθέσιμο: <https://www.europarl.europa.eu/news/el/headlines/society/20180305STO99003/oi-draseis-tis-ee-gia-tin-meiosi-ton-ekpompon-anthraka>

[54] Γ. Ανδρής, “Πόσα ηλεκτρικά αυτοκίνητα κυκλοφορούν στην Ελλάδα;” *Newsauto*, 2022. Ημερομηνία πρόσβασης: 1/3/2023. [Online]. Διαθέσιμο: <https://www.newsauto.gr/news/posa-ilektrika-aftokinita-kikloforoun-stin-ellada/>

[55] Hellas Direct, “Στόχοι και κίνητρα για την ηλεκτροκίνηση σε Ελλάδα και Ευρώπη,” 2021. Ημερομηνία πρόσβασης: 1/3/2022. [Online]. Διαθέσιμο: <https://www.hellasdirect.gr/blog/stoxoi-kai-kinitra-gia-tin-ilektrokinisi-se-ellada-kai-europi/>

[56] UPS Battery Center, “The First (Model) Electric Car: Anyos Jedlik 1828”, 2018. Ημερομηνία πρόσβασης: 1/3/2022. [Online]. Διαθέσιμο: <https://www.upsbatterycenter.com/blog/first-model-electric-car-1828/>

[57] W. Tan, “Thomas Davenport and the First Electric Car”, *Carmudi Philippines*, 2019. Ημερομηνία πρόσβασης: 1/3/2023. [Online]. Διαθέσιμο: <https://www.carmudi.com.ph/journal/thomas-davenport-and-the-first-electric-car/>

[58] Z. Shahan, “Electric car evolution,” *CleanTechnica*, 2015. Ημερομηνία πρόσβασης: 1/3/2023. [Online]. Διαθέσιμο: <https://cleantechnica.com/2015/04/26/electric-car-history/> Φωτογραφικό υλικό από: <https://www.discoverev.co.uk/features/the-history-of-the-electric-car>
<https://www.popsoci.com/story/technology/electric-vehicle-history/>
<https://nationalmaglab.org/magnet-academy/history-of-electricity-magnetism/museum/plante-battery-1859/>

[59] E. H. Wakefield, “History of the electric automotive battery-only powered cars. USA: Society of Automotive Engineers, 1993.

[60] C. Thompson, “How the electric car became the future of transportation,” *Business Insider*, 2017. Ημερομηνία πρόσβασης: 1/3/2023. [Online]. Διαθέσιμο: <https://www.businessinsider.com/electric-car-history-2017-5>.

[61] Leftfieldbikes, “Thomas Edison and Hendry Ford’s electric cars,” 2023. Ημερομηνία πρόσβασης: 1/3/2023. [Online]. Διαθέσιμο: <https://www.leftfieldbikes.com/thomas-edison-henry-fords-electric-cars/>

[62] J. Larminie and J. Lowry, *Electric Vehicle Technology Explained*. Sussex, UK: John Wiley & Sons LTD, 2003.

[63] United States Environmental Protection Agency, “Summary of the Clean Air Act, 42 U.S.C. §7401 et seq. (1970)”, 2023. Ημερομηνία πρόσβασης: 1/3/2023. [Online]. Διαθέσιμο: <https://www.epa.gov/laws-regulations/summary-clean-air-act>

- [64] B. B. Burkhalter and M. R. Sharpe, "Lunar Roving Vehicle: Historical Origins, Development, and Deployment," *Journal of the British Interplanetary Society*, Vol. 48, 1995, pp. 199-212. Ημερομηνία πρόσβασης: 1/3/2023. [Online]. Διαθέσιμο: https://www.hq.nasa.gov/alsj/lrv_historical_origins.pdf
- [65] GM Company, "1969 512 Electric Experimental", 2023. Ημερομηνία πρόσβασης: 1/3/2023. [Online]. Διαθέσιμο: <https://www.gm.com/heritage/collection/gm-concept/1969-512-electric-experimental>
- [66] Jalopnik, "NASA's 1977 Paper On The 'State-Of-The-Art' Electric Postal Jeep Is Fascinating," 2023. Ημερομηνία πρόσβασης: 1/3/2023. [Online]. Διαθέσιμο: <https://jalopnik.com/nasa-s-1977-paper-on-the-state-of-the-art-electric-po-1819140959>
- [67] B. Branch, "The Zagato Zele 1000: A Quirky Electric Car From The 1970s," *Silodrome Gasoline Culture*, 2022. Ημερομηνία πρόσβασης: 1/3/2023. [Online]. Διαθέσιμο: <https://silodrome.com/zagato-zele-1000-electric-car/>
- [68] Iefimerida, "Enfield 8000: Το ηλεκτρικό αυτοκίνητο που ήταν δίπλα στον Μητσοτάκη και εντυπωσίασε -Φτιαχνόταν στη Σύρο στα 70s," 2020. Ημερομηνία πρόσβασης: 15/3/2023. [Online]. Διαθέσιμο: <https://www.iefimerida.gr/ellada/enfield-8000-elliniko-ilektriko-aytokinito-kataskeyazotan-syro>
- [69] United States Environmental Protection Agency, "U.S.-Canada Air Quality Agreement," 2023. Ημερομηνία πρόσβασης: 15/3/2023. [Online]. Διαθέσιμο: <https://www.epa.gov/airmarkets/us-canada-air-quality-agreement>
- [70] Dieselnet, "Emission Standards EU: Cars and Light Trucks," 2022. Ημερομηνία πρόσβασης: 15/3/2023. [Online]. Διαθέσιμο: <https://dieselnet.com/standards/eu/ld.php>
- [71] R. Matulka, "The History of the Electric Car," 2014. USA: Department of Energy. Ημερομηνία πρόσβασης: 15/3/2023. [Online]. Διαθέσιμο: <https://www.energy.gov/articles/history-electric-car>
- [72] C. C. Chan, "The State of the Art of Electric, Hybrid, and Fuel Cell Vehicles," *Proceedings of the IEEE, Hong Kong*, Vol. 95, No. 4, 2007.
- [73] A. Mendoza and J. Argueta, "Performance characterization GM EV1," Southern California Edison, 2000. Ημερομηνία πρόσβασης: 15/3/2023. [Online]. Διαθέσιμο: <https://avt.inl.gov/sites/default/files/pdf/fsev/2000panpbaev1report.pdf>
- [74] Green Car Congress, "Worldwide Prius Cumulative Sales Top 2M Mark; Toyota Reportedly Plans Two New Prius Variants for the US By End of 2012," 2010. Ημερομηνία πρόσβασης: 15/3/2023. [Online]. Διαθέσιμο: <https://www.greencarcongress.com/2010/10/worldwide-prius-cumulative-sales-top-2m-mark-toyota-reportedly-plans-two-new-prius-variants-for-the-.html#more>
- [75] Z. Shahan, "Electric Car Evolution". *Clean Technica*, 2015. Ημερομηνία πρόσβασης: 15/3/2023. [Online]. Διαθέσιμο: <https://cleantechnica.com/2015/04/26/electric-car-history/>
- [76] M. Stevens and D. Bonnici, "What happens to old EV batteries? This is your rundown on 'second-life' battery packs!" *Which Car?* 2014. Ημερομηνία πρόσβασης: 15/3/2023. [Online]. Διαθέσιμο: <https://www.whichcar.com.au/car-advice/what-happens-to-old-ev-batteries>
- [77] M. Dijk, R. Orsato, and R. Kemp, "The emergence of an electric mobility trajectory," *Energy Policy*, 2013.

- [78] Ξ. Προδρόμου, “Αυτοκίνητα Diesel - Θα απαγορευτεί η κυκλοφορία τους;” *Brief*, 2019. Ημερομηνία πρόσβασης: 15/3/2023. [Online]. Διαθέσιμο: <https://www.brief.com.cy/analyseis/aytokinita-diesel-tha-apagoreytei-i-kykloforia-tous>
- [79] J. Brodie, “BMW i3 updated with more range and new trim options,” *Autoexpress*, 2018. Ημερομηνία πρόσβασης: 15/3/2023. [Online]. Διαθέσιμο: <https://www.autoexpress.co.uk/bmw/i3/104793/bmw-i3-updated-with-more-range-and-new-trim-options>
- [80] US Department of Energy, “Compare Side by Side Nissan Leaf”, *Fuel economy*, Ημερομηνία πρόσβασης: 15/3/2023. [Online]. Διαθέσιμο: <https://www.fueleconomy.gov/feg/Find.do?action=sbs&id=39860>
- [81] APTIV, “BEV, PHEV or HEV: The Differences Affect the Architecture,” 2021. Ημερομηνία πρόσβασης: 15/3/2023. [Online]. Διαθέσιμο: <https://www.aptiv.com/en/insights/article/bev-phev-or-hev-the-differences-affect-the-architecture>
- [82] Spotawheel, “Όλα τα είδη των Ηλεκτρικών Αυτοκινήτων,” 2021. Ημερομηνία πρόσβασης: 15/3/2023. [Online]. Διαθέσιμο: <https://blog.spotawheel.gr/ola-ta-eidi-twn-hlektrikwn-autokinhtwn/>
- [83] Autoexpress, “Hybrid vs plug-in hybrid vs electric cars: which electrified vehicle is right for you,” 2020. Ημερομηνία πρόσβασης: 15/3/2023. [Online]. Διαθέσιμο: <https://www.autoexpress.co.uk/tips-advice/352894/hybrid-vs-plug-hybrid-vs-electric-cars-which-electrified-vehicle-right-you>
- [84] M. Sivak and B. Schoettle, *Relative costs of driving electric and gasoline vehicles in the individual U.S. States*. University of Michigan, 2018.
- [85] Newsautoteam, “Πόσο πραγματικά κοστίζει η φόρτιση ενός EV στο σπίτι;,” 2021. Ημερομηνία πρόσβασης: 15/3/2023. [Online]. Διαθέσιμο: <https://www.newsauto.gr/electric/poso-pragmatika-kostizi-i-fortisi-enos-ilektrikou-sto-spiti/>
- [86] Eurolife, “Ηλεκτρικά Αυτοκίνητα: Το παρόν και το μέλλον της αυτοκίνησης,” 2023. Ημερομηνία πρόσβασης: 15/3/2023. [Online]. Διαθέσιμο: <https://www.eurolife.gr/el-GR/Blog/articles/20220328-oxima-asfalisi-tesla>
- [87] Michelin, “Θόρυβος Αυτοκινήτου: Είναι τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα πιο αθόρυβα από τα βενζινοκίνητα αυτοκίνητα;,” 2023. Ημερομηνία πρόσβασης: 15/3/2023. [Online]. Διαθέσιμο: <https://www.michelin.gr/auto/advice/ev-guide/car-noise-are-electric-cars-quieter>
- [88] P. Amaechi, “Pros and Cons of Electric Cars on the Environment,” *Environment Go!* 2022. Ημερομηνία πρόσβασης: 25/11/2023. [Online]. Διαθέσιμο: <https://environmentgo.com/el/pros-and-cons-of-electric-cars/>
- [89] Τροχοί και Τιρ, “Η τεχνολογία Vehicle - to - Grid, 2021.”, 2021. Ημερομηνία πρόσβασης: 25/11/2023. [Online]. Διαθέσιμο: <https://troxoikaitir.gr/article/394/i-tehnologia-vehicle-grid>
- [90] Eurolife, “Τα περιβαλλοντικά οφέλη του ηλεκτρικού αυτοκινήτου,” 2023. Ημερομηνία πρόσβασης: 15/3/2023. [Online]. Διαθέσιμο: <https://www.eurolife.gr/el-GR/Blog/articles/20220602-oxima-ilektriko-ofeli-gia-to-perivallon>

- [91] Το Βήμα “Πόσο πράσινη είναι πραγματικά η ηλεκτροκίνηση;” 2021. Ημερομηνία πρόσβασης: 15/3/2023. [Online]. Διαθέσιμο: <https://www.tovima.gr/2021/06/30/science/poso-prasini-einai-pragmatika-i-ilektrokinisi/>
- [92] Σ. Χάλλας, “Ηλεκτρικά ή θερμικά: Ποια είναι ασφαλέστερα σε σύγκρουση;” *Gocar*, 2022. Ημερομηνία πρόσβασης: 15/3/2023. [Online]. Διαθέσιμο: https://www.gocar.gr/news/feed/40913,Hlektrika_8erimkwn_asfalestera.html
- [93] Newsautoteam, “Δείτε τα 10+1 φθηνότερα ηλεκτρικά αυτοκίνητα στην Ελλάδα;” 2021. Ημερομηνία πρόσβασης: 15/3/2023. [Online]. Διαθέσιμο: <https://www.newsauto.gr/specials/ta-10-ftthinotera-ilektrika-aftokinita-stin-ellada/>
- [94] Γ. Αλεξιάκης, “Καμπανάκι» για την φτώχεια στην Ελλάδα - Τρία εκατ. πολίτες σε κίνδυνο,” *Reporter*, 2022. Ημερομηνία πρόσβασης: 15/3/2023. [Online]. Διαθέσιμο: <https://www.reporter.gr/Eidhseis/Oikonomia/538331-%C2%ABKampanaki%C2%BB-gia-thn-ftwcheia-sthn-Ellada-Tria-ekat-polites-se-kindyno>
- [95] J. Menguez, “Ηλεκτρικά αυτοκίνητα: 6 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα”, *Με υγεία*. 2023. Ημερομηνία πρόσβασης: 15/3/2023. [Online]. Διαθέσιμο: <https://meygeia.gr/pleonektimata-meioneaktimata-ilektrikon-aftokiniton/>
- [96] D. Fridley, *Nine Challenges of Alternative Energy*. Santa Rosa, CA: Post Carbon Institute, 2010.
- [97] Σ. Νομικός και Ι. Janocha, “Ανάλυση δομής και λειτουργίας ηλεκτρικού οχήματος,” Πτυχιακή Εργασία, Τμήμα Ηλεκτρολογίας, ΑΤΕΙ Πειραιά, Αιγάλεω, 2014.
- [98] Quality Energy, “Διαφορές ανάμεσα στα συμβατικά και τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα,” 2022. Ημερομηνία πρόσβασης: 15/3/2023. [Online]. Διαθέσιμο: <https://qualityenergy.gr/differences-between-conventional-electric-cars/>
- [99] Κ. Γ. Παναγόπουλος, *Διάταξη φόρτισης συσσωρευτών ηλεκτροκίνητου οχήματος*, Πάτρα, 2013.
- [100] Τεχνολογία Αυτοκινήτου, “Ηλεκτρικό Αυτοκίνητο – Electric Vehicle (EV),” 2023. Ημερομηνία πρόσβασης: 15/3/2023. [Online]. Διαθέσιμο: <https://vehicletech.blogspot.com/2011/06/IlektrikoautokinitoElectricvehicleEV.html>
- [101] Α. Μέτσιου, “Ηλεκτρικά αυτοκίνητα, λειτουργία-υιοθέτηση και περιβαλλοντικές επιπτώσεις,” Διπλωματική εργασία. Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο, Πάτρα 2018.
- [102] Α. Μανωλάς, “Προσομοίωση ηλεκτρικού οχήματος με το λογισμικό Matlab/Simulink,” Πτυχιακή Εργασία, Τμήμα Οχημάτων, ΑΤΕΙ Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη, 2013.
- [103] C. Gable and S. Gable, “How Electric Motors and Generators Work,” ThoughtCo, 2019. [Online]. <https://www.thoughtco.com/how-electric-motors-and-generators-work-85463>.
- [104] ΕΛΙΝΗΟ, “Κεφάλαιο 6- Σύγχρονη Τεχνολογία – Ηλεκτρικό Αυτοκίνητο,” 2020. Ημερομηνία πρόσβασης: 15/3/2023. [Online]. Διαθέσιμο: <https://www.heliev.gr/wp-content/uploads/2020/02/Σύγχρονη-Τεχνολογία-Ηλεκτρικό-Αυτοκίνητο.pdf>
- [105] Ν. Σπυρίδων και Ρ. Ι. Janocha, Ανάλυση δομής και λειτουργίας ηλεκτρικού οχήματος, ΤΕΙ Πειραιά, 2014.

- [106] C. Gable and S. Gable, “Inverters and Converters in Hybrids and EV (Electric Vehicles),” Treehugger, 2021. Ημερομηνία πρόσβασης: 15/3/2023. [Online]. Διαθέσιμο: <https://www.treehugger.com/how-inverters-and-converters-work-85612>
- [107] EMP Tech, “Electric vehicle AC-DC/DC-DC converters (housing),” 2023. Ημερομηνία πρόσβασης: 15/3/2023. [Online]. Διαθέσιμο: <https://www.empcasting.com/electric-vehicle-ac-dc/dc-dc-converters-%28housing%29.html>
- [108] Σ. Χριστοδούλου, “Κατασκευή και προσομοίωση λειτουργίας ηλεκτροκίνητου μοντέλου οχήματος με το λογισμικό πακέτο Simulink/Matlab,” Πτυχιακή Εργασία, Τμήμα Οχημάτων, ΑΤΕΙ Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη, 2009.
- [109] J. Larminie και J. Lowry, *Electric Vehicle Technology Explained*, Sussex: John Wiley & Sons, LTD, 2003.
- [110] Κώτσης, Γ., 2012. Μοντελοποίηση των συσσωρευτών τύπου VRB και η εφαρμογή τους σε υβριδικό σταθμό παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.. 1η επιμ. Αθήνα: ΕΜΠ.
- [111] S. Ziemann, A. Grunwald, L. Schebek, D.B. Müller, and M. Weil, “The future of mobility and its critical raw materials”. *Rev. Metall.*, Volume 110, Number 1, 2013, pp. 47-54.
- [112] Electrical News, “Μπαταρίες Ηλεκτρικών Αυτοκινήτων (κελιά-μονάδες-συστοιχίες),” 2021. Ημερομηνία πρόσβασης: 1/4/2023. [Online]. Διαθέσιμο: <https://www.electricalnews.gr/ilektrika-ochimata/mpataries-ilektrikon-aytokiniton-pliris-analysis/>
- [113] N. Βασιλάκης, “Μπαταρίες ηλεκτρικών αυτοκινήτων,” *Auto Specialist*, 2022. Ημερομηνία πρόσβασης: 1/4/2023. [Online]. Διαθέσιμο: <https://autospecialist.gr/bataries-ilektrikon-aftokiniton/>
- [114] Smart Cover, “Σύστημα Διαχείρισης Μπαταρίας”, 2023. Ημερομηνία πρόσβασης: 1/4/2023. [Online]. Διαθέσιμο: <https://www.smart-cover.gr/product/battery-management-system-12-200-victron/>
- [115] Olatapsaxno, “Μπαταρίες Αυτοκινήτου”, 2016. Ημερομηνία πρόσβασης: 1/4/2023. [Online]. Διαθέσιμο: <http://www.olatapsaxno.gr/going-out/car-economy/168-mpataries-aftokinitou>
- [116] N. Λουπάκης, “Συσσωρευτές (μπαταρίες) και ηλεκτρικό αυτοκίνητο (Β’),” *Πεμπτουσία*, 2014. Ημερομηνία πρόσβασης: 1/4/2023. [Online]. Διαθέσιμο: <https://www.pemptousia.gr/2014/05/sissoreftes-mpataries-ke-ilektriko-2/>
- [117] Metallidis Starteg Hellas, “Τύποι μπαταριών στο χθες και στο σήμερα,” 2018. Ημερομηνία πρόσβασης: 1/4/2023. [Online]. Διαθέσιμο: <https://www.starteg.gr/en/node/6595>
- [118] P. Breeze, “Sodium Sulphur Batteries” in *Power Generation Technologies* (Third Edition), USA: Elsevier, 2019.
- [119] Bigbadmole, “Μπαταρίες νικελίου καδμίου,” 2019. Ημερομηνία πρόσβασης: 1/4/2023. [Online]. Διαθέσιμο: <https://power.bigbadmole.com/el/akkumulyatory/batarei/ni-cd.html>
- [120] Utmel Electronic, “Nickel-Cadmium Battery: Construction, Features and Working Principle” Ημερομηνία πρόσβασης: 1/4/2023. [Online]. Διαθέσιμο: <https://www.utmel.com/blog/categories/battery/nickel-cadmium-battery-construction-features-and-working-principle>

- [121] Sichuan Changhong Battery. “Ni-Cd battery KPH, KPL, KPM,” *Direct Industry*, 2023. Ημερομηνία πρόσβασης: 1/4/2023. [Online]. Διαθέσιμο: <https://www.directindustry.com/prod/sichuan-changhong-battery-co-ltd/product-71984-778573.html>
- [122] European Union, “Directive 2006/66/EC of the European Parliament and of the council of 6 September 2006 on batteries and accumulators and waste batteries and accumulators and repealing Directive 91/157/EEC,” *Official Journal of the European Union*. Ημερομηνία πρόσβασης: 1/4/2023. [Online]. Διαθέσιμο: <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2006:266:0001:0014:en:PDF>
- [123] Ν. Ηλιόπουλος, “Σχεδιασμός Για Την Εγκατάσταση Δικτύου Φορτιστών Για Ηλεκτρικά Αυτοκίνητα Σε Μια Πόλη,” Διπλωματική Εργασία, 2023. Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών, Επικοινωνιών, Ηλεκτρονικής και Συστημάτων, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα 2023.
- [124] M. Fetcenko and M. Zelinsky, “Nickel–metal hydride and nickel–zinc batteries for hybrid electric vehicles and battery electric vehicles,” *Science Direct*, 2015. Ημερομηνία πρόσβασης: 1/4/2023. [Online]. Διαθέσιμο: <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/nickel-metal-hydride>
- [125] B. Chapman, “How does a lithium-Ion battery work?” *Let’s talk science*, 2019. Ημερομηνία πρόσβασης: 1/4/2023. [Online]. Διαθέσιμο: <https://letstalkscience.ca/educational-resources/stem-in-context/how-does-a-lithium-ion-battery-work>
- [126] Collins, “Definition of recharger,” *Collins English Dictionary*, 2016. Ημερομηνία πρόσβασης: 1/4/2023. [Online]. Διαθέσιμο: <https://web.archive.org/web/20161130171731/http://www.collinsdictionary.com/dictionary/english/recharger>
- [127] Y. Lai and S. Chi, “Charger with output voltage compensation,” *FPO*, 2009. Ημερομηνία πρόσβασης: 1/4/2023. [Online]. Διαθέσιμο: <https://www.freepatentsonline.com/7602151.html>
- [128] P. Weicker, *A Systems Approach to Lithium-Ion Battery Management*, USA: Artech House, 2013.
- [129] Fortisis, “Φόρτιση ηλεκτρικών αυτοκινήτων,” 2023. Ημερομηνία πρόσβασης: 1/4/2023. [Online]. Διαθέσιμο: <https://www.fortisis.eu/information/ev-charging/>
- [130] Hertz, “Drive Electric, How to Charge an Electric Car,” 2023. Ημερομηνία πρόσβασης: 1/4/2023. [Online]. Διαθέσιμο: <https://www.hertz.com/blog/electric-vehicles/how-to-charge-an-electric-car/>
- [131] Κοινή Υπουργική Απόφαση 42863/438/2019, “Καθορισμός των όρων, των προϋποθέσεων και των τεχνικών προδιαγραφών για την εγκατάσταση συσκευών φόρτισης συσσωρευτών ηλεκτροκίνητων οχημάτων (σημεία επαναφόρτισης), στις εγκαταστάσεις εξυπηρέτησης οχημάτων, σε δημοσίως προσβάσιμα σημεία επαναφόρτισης κατά μήκος του αστικού, υπεραστικού και εθνικού οδικού δικτύου καθώς και σε χώρους στάθμευσης δημόσιων και ιδιωτικών κτιρίων,” *ΦΕΚ 2040/Β/4-6-2019*.
- [132] Μ. Ανδρέτης και Κ. Κωνσταντάρας, “Ανάπτυξη Εφαρμογής για αγοραπωλησία ηλεκτρικής ενέργειας από Ηλεκτρικά Αυτοκίνητα (EV’s), με βάση το αναδυόμενο θεσμικό πλαίσιο σε Ε.Ε. και Ελλάδα”, Διπλωματική εργασία, Τμήμα Μηχανικών Πληροφοριακών και Επικοινωνιακών Συστημάτων, Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Καρλόβασι Σάμου, 2019.
- [133] Fox Valley Electric Auto Association, “Level3 Charging – What to expect in new connectors,” 2023. Ημερομηνία πρόσβασης: 15/4/2023. [Online]. Διαθέσιμο: https://www.fveaa.org/fb/Level3Charging_279.pdf

- [134] Auto123, Universal charging for electric cars, 2011. Ημερομηνία πρόσβασης: 15/4/2023. [Online]. Διαθέσιμο: <https://www.auto123.com/en/news/universal-charging-for-electric-cars/10699/>
- [135] Σ. Αβραμίδη και Δ. Πάνου, “Μία πρώτη προσέγγιση της μοντελοποίησης σταθμών φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων για την εκτίμηση κεραυνικών υπερτάσεων,” Διπλωματική Εργασία, Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Ηλεκτρονικών Υπολογιστών, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη, 2021.
- [136] The Tesla Team, “Opening the North American Charging Standard,” 2022. Ημερομηνία πρόσβασης: 15/4/2023. [Online]. Διαθέσιμο: https://www.tesla.com/el_gr/blog/opening-north-american-charging-standard
- [137] Tesla Inc., "North American Charging Standard Technical Specification," 2022. Ημερομηνία πρόσβασης: 15/4/2023. [Online]. Διαθέσιμο: https://www.tesla.com/el_gr/blog/opening-north-american-charging-standard
- [138] Electrical Installation Wiki, “Electric Vehicle and EV charging fundamentals,” Ημερομηνία πρόσβασης: 15/4/2023. [Online]. Διαθέσιμο: https://www.electrical-installation.org/enwiki/Electric_Vehicle_and_EV_charging_fundamentals
- [139] EV charging summit, “Everything You Need to Know About Wireless EV Charging,” *EV Industry Blog*, 2023. Ημερομηνία πρόσβασης: 15/4/2023. EV [Online]. Διαθέσιμο: <https://evchargingsummit.com/blog/everything-you-need-to-know-about-wireless-ev-charging/>
- [140] Ι. Κουκούλα, “Έλεγχος μετατροπών σε εφαρμογές ταχυφορτιστών,” Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών, 2021. Ημερομηνία πρόσβασης: 15/4/2023. [Online]. Διαθέσιμο: https://dspace.lib.ntua.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/54252/Koukoula_thesis.pdf?sequence=1
- [141] Ημερομηνία πρόσβασης: 15/11/2022. [Online]. Διαθέσιμο: <https://el.jf-parede.pt/what-is-galvanic-isolation>
- [142] Ημερομηνία πρόσβασης: 15/11/2022. [Online]. Διαθέσιμο: https://ee.auth.gr/wp-content/uploads/participants-database/thesis_zyglakis_lampros_smart_meter.pdf
- [143] H. Tu, H. Feng, S. Srdic and S. Lukic, "Extreme Fast Charging of Electric Vehicles: A Technology Overview," in *IEEE Transactions on Transportation Electrification*, vol. 5, no. 4, pp. 861-878, Dec. 2019, doi: 10.1109/TTE.2019.2958709.
- [144] S. Srdic and S. Lukic, "Toward Extreme Fast Charging: Challenges and Opportunities in Directly Connecting to Medium-Voltage Line," in *IEEE Electrification Magazine*, vol. 7, no. 1, pp. 22-31, March 2019, doi: 10.1109/MELE.2018.2889547.
- [145] Sylvia Y. He, Yong-Hong Kuo, Ka Kit Sun, The spatial planning of public electric vehicle charging infrastructure in a high-density city using a contextualised location-allocation model, *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, Volume 160, 2022, Pages 21-44, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0965856422000465>
- [146] Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, “6. Διαδικασίες φόρτισης των συσσωρευτών των ηλεκτροκίνητων οχημάτων,” 2012, *Opengov*. Ημερομηνία πρόσβασης: 15/4/2023. [Online]. Διαθέσιμο: <http://www.opengov.gr/minenv/?p=3512>

- [147] Blink Charging Hellas, “Είδη φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων,” 2020. Ημερομηνία πρόσβασης: 1/5/2023. [Online]. Διαθέσιμο: <https://blinkcharging.gr/%CE%B5%CE%AF%CE%B4%CE%B7-%CF%86%CF%8C%CF%81%CF%84%CE%B9%CF%83%CE%B7%CF%82-%CE%B7%CE%BB%CE%B5%CE%BA%CF%84%CF%81%CE%B9%CE%BA%CF%8E%CE%BD-%CE%BF%CF%87%CE%B7%CE%BC%CE%AC%CF%84%CF%89%CE%BD/>
- [148] Griden, “3 Classifications of EV Charging Infrastructure You Should Know About,” 2023. Ημερομηνία πρόσβασης: 1/5/2023. [Online]. Διαθέσιμο: <https://www.gridenpower.com/3-classifications-of-ev-charging-infrastructure-you-should-know-about.php>
- [149] Business Daily Newsroom, “Στα σουπερ μάρκετ Σκλαβενίτης οι φορτιστές ηλεκτρικών ΙΧ της ΔΕΗ blue” 2022. Ημερομηνία πρόσβασης: 1/5/2023. [Online]. Διαθέσιμο: https://www.businessdaily.gr/epiheiriseis/71365_sta-soyper-market-sklabenitis-oi-fortistes-ilektrikon-ih-tis-dei-blue
- [150] P. Paulraj, “Charging Basics 104: Where to charge electric vehicles? Domestic, Semi-public & Public charging points,” *E-mobility simplified*, 2019. Ημερομηνία πρόσβασης: 1/5/2022. [Online]. Διαθέσιμο: <https://www.emobilitysimplified.com/2019/12/charging-basics-104-where-to-charge.html>
- [151] Καυκάς, “Ανακαλύψτε τις κατηγορίες λύσεων για την φόρτιση ηλεκτρικών οχημάτων!” 2023. Ημερομηνία πρόσβασης: 1/5/2023. [Online]. Διαθέσιμο: <https://www.kafkas.gr/ilektrokinisi/>
- [152] Περιφέρεια Πελοποννήσου, “Σταθμοί φόρτισης ηλεκτρικών αυτοκινήτων εγκαθίστανται σε 4 πόλεις της Περιφέρειας Πελοποννήσου,” *Δελτία Τύπου Περιφέρειας Πελοποννήσου*, 2020. Ημερομηνία πρόσβασης: 1/5/2023. [Online]. Διαθέσιμο: <https://www.ppel.gov.gr/stathmi-fortisis-ilektrikon-aftokiniton-egkathistante-se-4-polis-tis-periferias-peloponnisou/>
- [153] D. A. Sbordone, I. S. Bayram, and M. Devitsikiotis, “EV charging stations and modes: International standards,” In *International Symposium on Power Electronics, Electrical Drives, Automation and Motion, SPEEDAM*, June 2014.
- [154] Ευρωπαϊκό Ελεγκτικό Συνέδριο, «Υποδομές φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων: παρά την αύξηση του αριθμού των σταθμών φόρτισης, η ανομοιογενής ανάπτυξή τους περιπλέκει τις μετακινήσεις εντός ΕΕ,” 2021. Ειδική Έκθεση Ευρωπαϊκού Ελεγκτικού Συνεδρίου 05/2021. Ημερομηνία πρόσβασης: 1/5/2023. [Online]. Διαθέσιμο: <https://op.europa.eu/webpub/eca/special-reports/electrical-recharging-5-2021/el/>
- [155] European Federation for Transport and Environment AISBL, “Recharge EU: How Many Charge Points Will Europe and Its Member States Need in the 2020s,” *Transport & Environment* Brussels, 2020, p. 12.
- [156] T. Ricker, “EU passes law to blanket highways with fast EV chargers by end of 2025,” *The Verge*, 2023. Ημερομηνία πρόσβασης: 15/8/2023. [Online]. Διαθέσιμο: <https://www.theverge.com/23806690/eu-ev-fast-charger-60km-law-regulation-requirements>
- [157] Κ. Στυλιανίδης, “Βελτιστοποίηση της δέσμευσης μονάδων και οικονομικού διαμοιρασμού ενέργειας, με πλήρη διείσδυση ηλεκτρικών οχημάτων και υψηλή απορρόφηση παραγωγής από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, σε μη διασυνδεδεμένη νήσο του Αιγαίου Πελάγους,” Διπλωματική Εργασία, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, 2022.

[158] Νομοθεσία, Ν. 4439/2016 (Α' 222), "Ενσωμάτωση της Οδηγίας ΕΕ 2014/94/ΕΕ," *ΦΕΚ Α' 222/30.11.2016*.

[159] Νομοθεσία, Ν. 4643/2019 "Απελευθέρωση αγοράς ενέργειας, εκσυγχρονισμός της ΔΕΗ, ιδιωτικοποίηση της ΔΕΠΑ και στήριξη των Α.Π.Ε. και λοιπές διατάξεις," *ΦΕΚ Α' 193/03-12-2019*.

[160] ΕΛΙΝΗΟ, "ΡΑΕ Δημόσια Διαβούλευση της ΡΑΕ για το ρυθμιστικό πλαίσιο εγκατάστασης και λειτουργίας υποδομών επαναφόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων στην Ελλάδα," 2018. Ημερομηνία πρόσβασης: 15/8/2023. [Online]. Διαθέσιμο: www.heliev.gr

[161] Νομοθεσία, Ν. 4710/2020 "Προώθηση της ηλεκτροκίνησης και άλλες διατάξεις," *ΦΕΚ 142/Α/23-7-2020*.

[162] Μ. Λιλιπούλου, "Μακρύς ακόμα ο δρόμος για την ηλεκτροκίνηση στην Ελλάδα: Από μπαταρίες κινδυνεύει να ξεμείνει... και η Ευρώπη - «Αγκάθι» οι φορτιστές," *Έθνος*, 2023. Ημερομηνία πρόσβασης: 15/8/2023. [Online]. Διαθέσιμο: <https://www.ethnos.gr/Economy/article/268782/makrysakomaodromosgiathnhlektrokinhshsthnelladaapompatarieskindyneinaxemeineikaiheyrophagkathioifortistes>

[163] Top Gear Crew, "Σταθμοί φόρτισης: Από 58 το 2019, 2.000 το 2022," Συμβουλές Top Gear, 2023. Ημερομηνία πρόσβασης: 15/8/2023. [Online]. Διαθέσιμο: <https://www.topgaregreece.gr/symvoules/1002774/stathmoi-fortisis-apo-58-to-2019-2000-to-2022/>

[165] Υπουργείο Μεταφορών, "Μητρώο Υποδομών και Φορέων Αγοράς Ηλεκτροκίνησης," 2023. Ημερομηνία πρόσβασης: 15/8/2023. [Online]. Διαθέσιμο: <https://electrokinisi.yme.gov.gr/public/IDRO/>

[166] Recargo, "Search for a Charging Location," *Plugshare*, 2023. Ημερομηνία πρόσβασης: 15/8/2023. [Online]. Διαθέσιμο: <https://www.plugshare.com/>

[167] MC-Chargers, "Εταιρία – Ποιοι είμαστε," 2023. Ημερομηνία πρόσβασης: 15/8/2023. [Online]. Διαθέσιμο: <https://www.mc-chargers.com/etairia-poiOI-eimaste/>

[168] Μεϊδάνης, "MC-Chargers," *Κατασκευαστές - Ηλεκτρολογικός Εξοπλισμός Μεϊδάνης*, 2023. Ημερομηνία πρόσβασης: 15/8/2023. [Online]. Διαθέσιμο: https://www.meidanis.gr/el/brands/mc_chargers

[169] Eunice, "Ολοκληρωμένες λύσεις ηλεκτροκίνησης," *Eunice Drive*, 2022. Ημερομηνία πρόσβασης: 15/8/2023. [Online]. Διαθέσιμο: <https://eunice-group.com/el/eunice-drive-gr/>

[170] NRG, "Το μεγαλύτερο δίκτυο ταχυφορτιστών στην Ελλάδα!" *InCharge nrg*, 2023. Ημερομηνία πρόσβασης: 15/8/2023. [Online]. Διαθέσιμο: <https://www.nrgincharge.gr/>

[171] Chargeline, "Μοντέλα Φορτιστών", 2023. Ημερομηνία πρόσβασης: 15/8/2023. [Online]. Διαθέσιμο: <https://chargeline.gr/>

[172] EVcharge Systems, "Προϊόντα", 2023. Ημερομηνία πρόσβασης: 15/8/2023. [Online]. Διαθέσιμο: <https://evcharge-systems.com/>

[173] Electromotivo, "Το μέλλον της ηλεκτροκίνησης είναι Electromotivo", 2023. Ημερομηνία πρόσβασης: 15/8/2023. [Online]. Διαθέσιμο: <https://electromotivo.com/>

- [174] Novatech, “Σταθμοί Φόρτισης Ηλεκτρικών Αυτοκινήτων,” 2023. Ημερομηνία πρόσβασης: 15/8/2023. [Online]. Διαθέσιμο: https://www.novatech.gr/stathmoi_fortisis_ilektrikwn_aytokinitwn-article-316.html
- [175] Armet Mobility, “Φόρτιση Ηλεκτρικών Αυτοκινήτων: Ολοκληρωμένες Λύσεις,” 2023. Ημερομηνία πρόσβασης: 15/8/2023. [Online]. Διαθέσιμο: <https://armetmobility.gr/>
- [176] ENERES, “Η εταιρεία”, *Chargeplus*, 2023. Ημερομηνία πρόσβασης: 15/8/2023. [Online]. Διαθέσιμο: <https://chargeplus.gr/h-etaireia/>
- [177] Blink Charging Hellas, “Ολοκληρωμένες λύσεις φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων,” 2020. Ημερομηνία πρόσβασης: 15/8/2023. [Online]. Διαθέσιμο: <https://blinkcharging.gr/>
- [178] Ι. Κιοσκερίδης, “Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και εφαρμογές των Ηλεκτρονικών Ισχύος,” Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Τζιόλα, 2019.
- [179] Newsroom Businessdaily, “Εργάνη: Στα 1.176 ευρώ ανέβηκε ο μέσος μισθός στην Ελλάδα το 2022,” *Οικονομία Business Daily*, 2023. Ημερομηνία πρόσβασης: 15/8/2023. [Online]. Διαθέσιμο: https://www.businessdaily.gr/oikonomia/78477_ergani-sta-1176-eyro-anebike-o-mesos-misthos-stin-ellada-2022
- [180] Newsroom DNews, “Έρχεται «μπλόκο» των κινητήρων εσωτερικής καύσης, τριακονταπλασιάστηκαν οι σταθμοί φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων,” *Auto-Moto DNews*, 2023. Ημερομηνία πρόσβασης: 15/8/2023. [Online]. Διαθέσιμο: <https://www.dnews.gr/eidhseis/auto-moto/434081/erxetai-mploko-ton-kinitiron-esoterikis-kaysis-triakontaplasiasikan-oi-stathmoi-fortisis-ilektrikon-oximaton>
- [181] Car and Motor Team, “Τέλος τα βενζινάδικα από τους δρόμους –Όλες οι αλλαγές που έρχονται,” 2023. Ημερομηνία πρόσβασης: 25/8/2023. [Online]. Διαθέσιμο: <https://www.carandmotor.gr/nea/telos-ta-benzinadika-apo-toys-dromoyis>
- [182] Typosthes, “Έρχονται υπερφορτιστές της Tesla στους δρόμους – Πότε μπαίνουν στη Θεσσαλονίκη,” 2023. Ημερομηνία πρόσβασης: 25/8/2023. [Online]. Διαθέσιμο: https://www.typosthes.gr/oikonomia/320350_erhontai-yperfortistes-tis-tesla-stoys-dromoyis-pote-mpainoun-sti-thessaloniki

Παράρτημα Α: Ερωτηματολόγιο Συνέντευξης

ΣΥΝΕΝΤΕΥΞΗ ΜΕ ΕΤΑΙΡΙΕΣ ΦΟΡΤΙΣΤΩΝ Η.Ο.

ΟΝΟΜΑ ΕΤΑΙΡΕΙΑΣ:

ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΕΤΑΙΡΕΙΑΣ:

ΚΥΡΙΑ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ:

ΦΟΡΤΙΣΤΕΣ: ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΗΣ / ΑΝΤΙΠΡΟΣΩΠΟΣ /

ΟΝΟΜΑ/ΝΥΜΟ ΥΠΑΛΛΗΛΟΥ:.....

ΕΙΔΙΚΟΤΗΤΑ ΥΠΑΛΛΗΛΟΥ:.....

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΣ: ΤΗΛ: EMAIL:

ΗΜΕΡ/ΝΙΑ ΣΥΝΕΝΤΕΥΞΗΣ:.....

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ:

ΜΕΡΟΣ Α' – ΕΤΑΙΡΕΙΑ

1. Πόσα χρόνια δραστηριοποιείται στο χώρο των φορτιστών ηλεκτρικών αυτοκινήτων;
2. Η εταιρεία ασχολείται και με άλλες δραστηριότητες; Αν ναι, ποιες;
3. Πόσα και ποια είδη φορτιστών εμπορεύεται/κατασκευάζει η εταιρεία;
4. Υπάρχει τεχνικό τμήμα στην εταιρεία;
Αν ναι, αναλαμβάνει την εγκατάσταση στο χώρο του πελάτη;
Ο τεχνίτης αυτός είναι πιστοποιημένος ηλεκτρολόγος;
Έχει εκπαιδευτεί στην εγκατάσταση σταθμών φόρτισης;
5. Το τεχνικό τμήμα αναλαμβάνει επισκευή του φορτιστή αν χρειαστεί;
Υπάρχουν ανταλλακτικά για αντικατάσταση τμημάτων ή ολόκληρου του φορτιστή;
6. Γίνεται επίδειξη λειτουργίας του φορτιστή: στο χώρο της επιχείρησης ή στο χώρο του πελάτη;

ΜΕΡΟΣ Β' – ΦΟΡΤΙΣΤΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΟΧΗΜΑΤΟΣ

ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

7. Όνομα μοντέλου Φορτιστή:
8. Κατάλληλος για δημόσια – οικιακή χρήση:
9. Χώρος εγκατάστασης: εσωτερικός - εξωτερικός

10. Τρόπος τοποθέτησης: επιδαπέδιος με βάση – επιτοίχιος
11. Είδος φόρτισης: Αργή (1,5kW) – Κανονική (7kW) – Γρήγορη (50kW) - Πολύ γρήγορη (150kW) AC DC
12. Ενδείκνυται για τα ακόλουθα ηλεκτρικά οχήματα:
Φορτηγά..... Ημιφορτηγά..... Αυτοκίνητα.... Μοτοσικλέτες.... Πατίνια....
13. Διαστάσεις X X..... Βάρος: kg
14. Περιγραφή πόλων π.χ 3Π + 0:
15. Ονομαστική τάση τροφοδοσίας:.....V AC/DCHz
..... V AC/DCHz
16. Μέγιστη ισχύς:..... KW..... AV
..... KW..... AV
17. Ισχύς σε μονοφασικό ρεύμα Σε τριφασικό ρεύμα.....
18. Σύστημα πρόσβασης ελέγχου: Υπάρχει συμμόρφωση με ISO/IEC;
19. Πρωτόκολλα επικοινωνίας: OCPP – OCPI – OCSP – ISO 15118 - ISO 15118's Plug & Charge - Vehicle 2 Grid (V2G)
20. Αριθμός πριζών:
Τύπος εξόδου (Υπάρχει shutter;):
Σύστημα γείωσης:
Τύπος εισόδου
Τύπος σύνδεσης:
Τύπος ελέγχου (διακόπτες)
Προστασία RCD για ηλεκτρικά κυκλώματα: NAI OXI
Οθόνη λειτουργίας: Διαστάσεις σε ίντσες:
21. Σύστημα έναρξης και απενεργοποίησης φόρτισης (πχ RFID card):
22. Είδος τροφοδοτικού:
23. Ρελέ ισχύος:
24. Ασύρματη σύνδεση: NAI OXI
25. Λογισμικό λειτουργίας: NAI OXI.
Αν ναι, είναι εύκολη η χρήση του; NAI OXI
26. Είναι ο φορτιστής «έξυπνος»; Για παράδειγμα, μπορεί η φόρτιση να ενεργοποιείται αυτόματα όταν ο ηλεκτρισμός παράγεται από τους ηλιακούς μου συλλέκτες;
27. Ιδανική εξωτερική θερμοκρασία κατά τη φόρτιση:
28. Υπάρχει διαθέσιμο το ηλεκτρικό κύκλωμα Φορτιστή; NAI OXI

- 29. Κάτοψη — Φωτογραφία.
- 30. Φυλλάδιο / Πινακίδα με οδηγίες χρήσης; ΝΑΙ ΟΧΙ
- 31. Έτη Εγγύησης καλής λειτουργίας;
- 32. Υπάρχει Δυνατότητα επέκτασης εγγύησης; ΝΑΙ ΟΧΙ

ΜΕΡΟΣ Γ' – ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΩΛΗΣΕΩΝ

- 33. Τιμή πώλησης φορτιστή;
- 34. Υπάρχουν ευκολίες πώλησης; (δόσεις – επιδοτήσεις)
- 35. Συμπεριλαμβάνεται η υπηρεσία εγκατάστασης στην τιμή πώλησης; Αν όχι πόσο κοστίζει;
- 36. Δίνονται καλώδια φόρτισης για διάφορα είδη φορτιστών;
- 37. Υπάρχουν άλλα κρυφά κόστη (π.χ. αναβάθμιση λογισμικού ή συσκευής);

Σας ευχαριστούμε πολύ!!!

Παράρτημα Β: Δήλωση Συγκατάθεσης για επιστημονική έρευνα

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΚΑΤΑΘΕΣΗΣ ΓΙΑ ΣΥΜΜΕΤΟΧΗ ΣΕ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ

Καλείστε να συμμετάσχετε σε μία επιστημονική έρευνα του Τμήματος Μηχανικών Πληροφορικής και Ηλεκτρονικών Συστημάτων του Διεθνούς Πανεπιστημίου Ελλάδας (ΔΙΠΑΕ). Ο τίτλος της έρευνας είναι «Μελέτη και Ανάλυση Φορτιστών Ηλεκτρικών Οχημάτων».

Σκοπός της εν λόγω επιστημονικής έρευνας είναι η μελέτη και η ανάλυση των φορτιστών στα ηλεκτρικά οχήματα, η διεξοδική παρουσίαση της διαδικασίας φόρτισής τους και η προσομοίωση ενός ενσύρματο φορτιστή.

Προτού συμφωνήσετε με τη συμμετοχή σας στην έρευνα, βεβαιωθείτε ότι:

- ❖ Έχετε διαβάσει και κατανοήσει το έντυπο ενημέρωσης σχετικά με την επεξεργασία των δεδομένων προσωπικού χαρακτήρα που σας αφορούν στο πλαίσιο της εν λόγω έρευνας (εφεξής «Έντυπο Ενημέρωσης») και ό,τι απορίες είχατε σχετικά με αυτήν απαντήθηκαν σε ικανοποιητικό βαθμό ☐
- ❖ Μέσω του Εντύπου Ενημέρωσης λάβατε γνώση σχετικά με τη διάρκεια της έρευνας και τις διαδικασίες της, ήτοι ποια δεδομένα προσωπικού χαρακτήρα που σας αφορούν πρόκειται να επεξεργαστούν στο πλαίσιο της έρευνας, ποια / ποιες πράξεις επεξεργασίας θα διενεργηθούν επί αυτών, σε ποιους πρόκειται να διαβιβαστούν τα δεδομένα σας, πόσο καιρό θα τηρηθούν από τον ερευνητή και πώς εξασφαλίζεται η ασφαλή τήρησή τους ☐
- ❖ Έχετε ενημερωθεί, μέσω του Εντύπου Ενημέρωσης σχετικά με τα δικαιώματά σας, όπως αυτά απορρέουν από το Γενικό Κανονισμό για την Προστασία Δεδομένων (εφεξής «ΓΚΠΔ»). ☐
- ❖ Γνωρίζετε ότι η συμμετοχή σας στην εν λόγω επιστημονική έρευνα είναι εθελοντική. ☐

Μπορείτε να αποχωρήσετε από την έρευνα ανά πάσα στιγμή, χωρίς καμία συνέπεια / κύρωση, ανακαλώντας τη συγκατάθεσή σας στο e-mail: glyka_96@hotmail.com.

ΕΜΠΙΣΤΕΥΤΙΚΟΤΗΤΑ

Η ερευνήτρια δεσμεύεται να τηρεί πλήρη εμπιστευτικότητα για όλες τις πληροφορίες που θα αποκτηθούν στο πλαίσιο της συγκεκριμένης έρευνας και οι οποίες μπορούν να οδηγήσουν όχι μόνο στην ταυτοποίησή σας αλλά και σε πιθανώς ευαίσθητα ζητήματα της επιχείρησής σας. Πιο συγκεκριμένα, δεδομένα που αφορούν εσάς και την επιχείρησή σας θα δημοσιευτούν μόνο εφόσον υπάρχει η ρητή συγκατάθεσή σας. Επιπλέον, η καταγραφή και επεξεργασία δεδομένων προσωπικού χαρακτήρα αλλά και εμπιστευτικών στοιχείων της επιχείρησής σας για τους σκοπούς της έρευνας υπόκειται σε κατάλληλες εγγυήσεις, ήτοι: οι απαντήσεις στα ερωτήματα αλλά και τυχόν μαγνητοφώνηση θα καταστραφούν ή θα διαγραφεί αντίστοιχα μετά την παρουσίαση της εργασίας στην τριμελή επιτροπή τον Ιούλιο 2023.

Για τυχόν απορίες σε θέματα αναφορικά με την επιστημονική έρευνα, μπορείτε να επικοινωνήσετε με την υπεύθυνη ερευνήτρια του Πανεπιστημίου: Ζαμπόρ Χατζιορδάνου Γλυκερία, email: glyka_96@hotmail.com .

Θα σας δοθεί αντίγραφο του Εντύπου Ενημέρωσης και της παρούσας δήλωσης συγκατάθεσης, όταν η τελευταία έχει υπογραφεί.

Έχω διαβάσει τις ανωτέρω αναφερόμενες πληροφορίες και συμφωνώ να συμμετέχω στη συγκεκριμένη επιστημονική έρευνα.

Ονοματεπώνυμο συμμετέχοντος / συμμετέχουσας στην έρευνα:
.....

Ημερομηνία:

Υπογραφή:

Σε περίπτωση που ο υπεύθυνος ερευνητής επιθυμεί μετά το πέρας της έρευνας να δημοσιεύσει δεδομένα προσωπικού χαρακτήρα που με αφορούν, ☐ **Συναινώ** ☐ **Δε Συναινώ** σε αυτή του την ενέργεια.