



Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης Πολυτεχνική Σχολή
Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών

Υβριδικά οχήματα

*Διπλωματική εργασία του
Ελευθεριάδη Ελευθέριου Νικόλαου*

Επιβλέπων: Αλεξιάδης Μηνάς
Καθηγητής Α.Π.Θ.

19 Φεβρουαρίου 2024

Η διπλωματική εργασία εμβαθύνει στα plug-in υβριδικά οχήματα, και μελετά την ενεργειακή τους απόδοση, τη διαχείριση της ενέργειας με διάφορους μηχανισμούς (όπως πχ η αναγεννητική πέδηση), και την ενσωμάτωση προηγμένων τεχνολογιών που θα οδηγήσουν στην ιδανική οδηγική εμπειρία. Στόχος είναι η προώθηση της αποδοτικής χρήσης των plug-in υβριδικών οχημάτων και η βελτίωση της βιωσιμότητας στον τομέα της κινητικότητας.

ABSTRACT

The thesis delves into plug-in hybrid vehicles and studies their performance, energy management with various mechanisms (such as regenerative braking), and the integration of previous technologies that will lead to the driving experience. The aim is to improve the use of plug-in hybrid vehicles and improve sustainability in the mobility sector.

Ελευθεριάδης Ελευθέριος Νικόλαος

AEM:10283

e-mail:elefelef@ece.auth.gr

Περιεχόμενα

1.	Εισαγωγή.....	6
1.1.	Κατηγορίες Υβριδικών	6
1.2.	PHEV	8
1.2.1.	Λόγοι δημιουργίας PHEV.	8
1.2.2.	Ιστορική αναδρομή στα PHEVs	8
1.2.3.	Τα πρώτα PHEV.....	9
1.2.4.	Τελευταίες Εξελίξεις στα PHEV.....	11
2.	Λειτουργία Υβριδικών	12
2.1.	Αρχιτεκτονική.....	12
2.1.1.	Σειριακά υβριδικά οχήματα	12
2.1.2.	Παράλληλα υβριδικά	14
2.1.3.	Υβριδικά σε σειριακή-παράλληλη διαμόρφωση	16
2.1.4.	Συνδυασμός τεχνολογιών στα PHEV	17
2.1.5.	Προκλήσεις και δημιουργία νέων τεχνολογιών για τα PHEV.....	17
2.2.	Συστήματα που διαθέτουν τα υβριδικά οχήματα	18
2.2.1	Σύστημα «Start–Stop»	18
2.2.2.	Αναγεννητική Πέδηση	21
2.2.3.	Σύστημα εκκίνησης με ηλεκτρικό κινητήρα	24
2.2.4.	Σύστημα Επιτάχυνσης με Ηλεκτρικό Κινητήρα.....	24
3.	Τύποι συστημάτων αποθήκευσης ενέργειας	25
3.1.	Μπαταρίες	25
3.1.1.	Μπαταρία οξείος μολύβδου	25
3.1.2.	Μπαταρία NiMH.....	26
3.1.3.	Μπαταρία ιόντων λιθίου.....	26
3.1.4.	Υπερπυκνωτές.....	26
3.1.5.	Χωρητικότητα μπαταριών	27
3.1.6.	Μείωση απόδοσης της μπαταρίας με την πάροδο του χρόνου	27
3.1.7.	Σύστημα Ευφυούς Διαχείρισης Φορτίου Μπαταρίας	30
3.1.8.	Νέες τεχνολογίες που βοηθούν στην αποφυγή πυρκαγιών λόγω μπαταριών	30

3.2.	Σύστημα αποθήκευσης ενέργειας σφονδύλου.....	30
3.3.	Υβριδικά συστήματα οχημάτων με βάση κυψέλες καυσίμου.....	32
3.3.1.	Τύποι κυψελών καυσίμου	33
3.3.2	Αρχή λειτουργίας κυψελών καυσίμου	33
3.4.	Βέλτιστη τοποθέτηση μπαταρίας.....	34
3.4.1.	Γρήγορη αλλαγή μπαταρίας	34
3.5.	Φορτιστές οχημάτων.....	35
3.5.1.	Το κόστος των ταχυφορτιστών.....	36
3.6.	Ασύρματη Φόρτιση.....	36
4.	Συστήματα Λειτουργίας Υβριδικών	38
4.1.1	Σύστημα Αυτόματης Παροχής Ισχύος (Power Split).....	38
4.1.2.	Υβριδική Τεχνολογία Κινητήρων.....	38
4.1.3.	Συστήματα και τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται σε υβριδικά οχήματα για την επίτευξη υψηλής απόδοσης και οικονομίας καυσίμου	39
4.1.	Προγράμματα οδήγησης σε ένα υβριδικό όχημα (Volvo XC90 Recharge PHEV) 39	
5.	Υβριδικά Οχήματα στην Ελλάδα.....	46
5.1.	Νομικό και φορολογικό πλαίσιο στην Ελλάδα.....	46
5.1.2.	Νομοθετικό περιβάλλον	47
5.1.3.	Πολιτικό περιβάλλον	48
5.1.6.	Κοινωνικό περιβάλλον	50
6.1.	Υβριδικά αυτοκίνητα το 2023.....	53
6.1.1.	Η κατάσταση στο εξωτερικό	54
6.1.2.	Συμπεράσματα	55
7.1.	Συνδυασμός της Τεχνολογίας PHEV με Φωτοβολταϊκά.....	56
7.3.	Βάρος.....	56
7.3.1.	Σχεδιασμός ελαφρύτερων υλικών	57
7.3.2.	Αμάξωμα	57
7.3.3.	Εξαρτήματα ενισχυμένα με άνθρακα εκτύπωσης 3D.....	57
8.1.	Αμορτισέρ	59
8.1.1.	Καινοτομίες	59
8.1.2.	Πιεζοηλεκτρικός αισθητήρας πίεσης: τι είναι και πώς λειτουργεί	60

9.1.Cruise Control.....	60
9.2.Πως μπορεί να βοηθήσει το Cruise Control.....	61
10.1.Ανάλυση πολλών μοντέλων που παρατέθηκαν	61
11.1.Σύγκριση κατανάλωσης συμβατικών και ηλεκτρικών.....	62

1. Εισαγωγή

Η εποχή μας έχει σημαδευτεί από μια συνεχή εξέλιξη στον τομέα της μεταφοράς. Καθώς αντιμετωπίζουμε προκλήσεις όπως η αύξηση των εκπομπών αερίων, την εξάντληση των παραδοσιακών καυσίμων και την ανάγκη για βιωσιμότερες μορφές μεταφοράς, η δημιουργία υβριδικών οχημάτων αποκτά μια ολοένα και μεγαλύτερη σημασία. Οι υβριδικοί κινητήρες αντιπροσωπεύουν μια επανάσταση στη βιομηχανία αυτοκινήτων, προσφέροντας μια μεταβατική λύση που επιτρέπει στους καταναλωτές να μειώσουν την εξάρτησή τους από τα παραδοσιακά καύσιμα και να εισέλθουν στην εποχή της ηλεκτροκίνησης. Με τη συνδυασμένη χρήση καυσίμων και ηλεκτρικής ενέργειας, τα υβριδικά οχήματα προσφέρουν την ευελιξία και την απόδοση που απαιτούν οι σημερινοί οδηγοί, ενώ ταυτόχρονα μειώνουν τις εκπομπές ρύπων και την κατανάλωση καυσίμων. Ωστόσο, η σημασία της υβριδικής τεχνολογίας δεν περιορίζεται μόνο στα οφέλη για το περιβάλλον. Μέσω της συνεχούς έρευνας και ανάπτυξης, η εισαγωγή υβριδικών οχημάτων ενισχύει την καινοτομία και την τεχνολογική πρόοδο, δημιουργώντας ένα περιβάλλον που ενθαρρύνει την ανάπτυξη βιώσιμων και αποδοτικών λύσεων μεταφοράς. Η ασταμάτητη πρόοδος στην τεχνολογία μπαταριών και ηλεκτρικών κινητήρων δίνει τη δυνατότητα στα υβριδικά οχήματα να γίνουν όλο και πιο αποτελεσματικά, ενώ ταυτόχρονα χαρακτηρίζονται από οικονομία καυσίμου. Επίσης άξια αναφοράς είναι και η μείωση των εκπομπών καυσαερίων. Επιπρόσθετα, η συγκεκριμένη εξέλιξη συμβάλλει σημαντικά στη βελτίωση της ποιότητας και του ατμοσφαιρικού αέρα. Πέρα από τα οικολογικά οφέλη, τα υβριδικά οχήματα εξοικονομούν καύσιμο κατά τη κίνηση τους, καθιστώντας τα ως ιδανική επιλογή για οικονομία.

Στη συγκεκριμένη διπλωματική εργασία, εξερευνούμε τον κόσμο των υβριδικών οχημάτων-κυρίως των PHEV-αναλύοντας την τεχνολογική τους εξέλιξη, τα οικολογικά και οικονομικά τους οφέλη, αλλά και τις προκλήσεις και τις προοπτικές που έχουν σαν κλάδος. Μέσα από αυτήν την ανάλυση, θα μελετήσουμε πώς τα υβριδικά οχήματα βοηθούν στην πρόοδο ως προς ένα πιο βιώσιμο και αποδοτικό σύστημα κίνησης.

1.1. Κατηγορίες Υβριδικών

Ο διαχωρισμός των υβριδικών οχημάτων γίνεται έχοντας ως βασικό γνώμονα τη λειτουργία τους. Οι τρεις κατηγορίες είναι:

Full Hybrid: Παρόμοια με τα plug-in προσφέρουν κίνηση με μπαταρία 200-300V για κοντινές αποστάσεις στα 10-20 Χλμ(καλύτερα στις πόλεις).Ωστόσο,δεν έχουν την δυνατότητα εξωτερικής φόρτισης(σύνδεση με πρίζα). Επίσης προσφέρουν ηλεκτρική υποβοήθηση ροπής στους τροχούς

Mild Hybrid (Μερικώς υβριδικό): Οχήματα με ηλεκτρικό μοτέρ και μπαταρία υψηλής τάσης που βοηθούν τον κινητήρα. Επιπρόσθετως παρέχουν πρόσθετη ροπή στον τροχό, ωστόσο δεν είναι ικανά να ωθούν το όχημα απλά με το ηλεκτροκινητήρα

Micro Hybrid (Μικρο-υβριδικό): οχήματα που έχουν συστήματα Start/Stop και περιέχουν μπαταρία 12V. Απενεργοποιούν τον κινητήρα όταν το όχημα σταματάει. Επιπρόσθετα τροφοδοτούν μονάδες κατανάλωσης όσο ο κινητήρας είναι απενεργοποιημένος, αλλά δεν προσφέρουν βοήθεια στη κίνηση. Υπάρχει πιθανότητα να διαθέτουν λειτουργία διαχείρισης ενέργειας. Τέλος τροφοδοτούν μονάδες κατανάλωσης όσο ο κινητήρας λειτουργεί κάτι που βοηθάει στη μείωσης κατανάλωσης καυσίμου.

	Mild hybrid	Full Hybrid	Plug-in-hybrid	BEV
Motorization				
Energy source				
E-driving				
Hybridization effort	● ● ● ●	● ● ● ●	● ● ● ●	—

Εικόνα 1. Διαχωρισμός νηστιδικών

1.2. PHEV

Τα PHEV (Plug-in Hybrid Electric Vehicles), αποτελούν μια σημαντική εξέλιξη στον τομέα των υβριδικών οχημάτων. Τα PHEV προσφέρουν μια ενδιαφέρουσα λύση για τη μείωση των εκπομπών καυσαερίων και τη μετάβαση σε πιο βιώσιμες μορφές κινητικότητας. Τα οχήματα PHEV είναι εξοπλισμένα με μπαταρίες που μπορούν να φορτιστούν είτε από σταθμό φόρτισης είτε από το σπίτι μας, παρέχοντας έτσι στους οδηγούς τη δυνατότητα να κινούνται για σύντομες αποστάσεις μόνο με ηλεκτρική ενέργεια. Μετά την αποφόρτιση της μπαταρίας, οι κινητήρες εσωτερικής καύσης είναι υπεύθυνοι για την κίνηση του οχήματος, παρέχοντας την απαραίτητη ευελιξία και αυτονομία για μεγάλες αποστάσεις.

1.2.1. Λόγοι δημιουργίας PHEV.

Η δημιουργία των Plug-In Hybrid Electric Vehicles (PHEV) έχει πολλές αιτίες. Κύριος στόχος του σχεδιασμού των PHEV ήταν για να μειώσουν τις εκπομπές ρύπων και την εξάρτηση από τα ορυκτά καύσιμα. Η ηλεκτρική κίνηση δίνει τη δυνατότητα στα οχήματα να λειτουργούν με μηδενικές εκπομπές ρύπων, όταν λειτουργούν αποκλειστικά με τη χρήση του ηλεκτροκινητήρα. Επίσης τα PHEV δίνουν τη δυνατότητα στους οδηγούς να αξιοποιήσουν την ηλεκτρική ενέργεια για καθημερινή οδήγηση μέσα στη πόλη για αποστάσεις μικρού μεγέθους, ενώ παράλληλα προσδίδουν ευελιξία κίνησης με καύσιμο όταν χρειάζεται να διανύσουν μια μεγάλη απόσταση.

Επιπροσθέτως τα PHEV μειώνουν την εξάρτηση από τα ορυκτά καύσιμα σε όλο τον κόσμο κατά την καθημερινή οδήγηση. Με τη χρήση του κινητήρα εσωτερικής καύσης, η τεχνολογία που διαθέτουν τα PHEV αναβαθμίζει την απόδοση καυσίμων για μεγάλες αποστάσεις. Είναι αξιοσημείωτο ότι η ηλεκτρική κίνηση στα οχήματα αφελεί τους οδηγούς με μείωση της ηχορύπανσης κάνοντας χρήση λειτουργιών όπως η σιωπηλή λειτουργία αλλά και με χαμηλή κατανάλωση ενέργειας κατά την ηλεκτρική οδήγηση. Η δυνατότητα φόρτισης από πρίζα και η ηλεκτρική οδήγηση σε κοντινές αποστάσεις οδηγεί σε μείωση του κόστους καυσίμων.

1.2.2. Ιστορική αναδρομή στα PHEVs

Πριν το 2000 η ιδέα ξεκίνησε να υλοποιείται στις δεκαετίες του '60 και του '70, κάνοντας πολλά πειράματα που μελετούν τη συνδυασμένη χρήση κινητήρων εσωτερικής καύσης και ηλεκτρικών μηχανών. Στη δεκαετία 2000-2010 εμφανίστηκαν τα πρώτα PHEV. Το Toyota Prius Plug-in Hybrid ήταν από τα πρώτα PHEV που κυκλοφόρησαν το 2012.

Και άλλοι κατασκευαστές, όπως η Chevrolet με το μοντέλο Volt, δημιούργησαν επίσης μοντέλα PHEV. Τη δεκαετία 2010-2020 παρατηρήθηκε ραγδαία αύξηση των PHEV στην αγορά από πληθώρα κατασκευαστών. Χαρακτηριστικά μοντέλα που υπήρξαν εκείνη τη στιγμή στην αγορά ήταν το Ford C-Max Energi και το Mitsubishi Outlander PHEV. Παρατηρήθηκαν επίσης καινοτομίες στην τεχνολογία μπαταριών, όπως αυξημένη ηλεκτρική αυτονομία και επιλογές φόρτισης. Όσον αφορά την επικαιρότητα, παρατηρήθηκε δημιουργία πληθώρας νέων PHEV, των οποίων οι μπαταρίες γίνονται πιο αποδοτικές και πιο αυτόνομες σε σχέση με το παρελθόν. Επιπροσθέτως οι κατασκευαστές εστιάζουν στην ανάπτυξη νέων μοντέλων PHEV, ενσωματώνοντας τον ηλεκτρικό κινητήρα ως βασικό συστατικό των γραμμών παραγωγής τους. Επίσης παρατηρούμε εμφάνιση PHEV σε διάφορες κατηγορίες οχημάτων, όπως SUV, φορτηγά και supercars, ενώ δημιουργούνται και δίκτυα υποδομών και σταθμοί με φορτιστές για ευκολότερη πρόσβαση στη φόρτιση των PHEV. Είναι αξιοσημείωτο ότι η τεχνολογία plug-in εφαρμόστηκε και σε άλλα οχήματα όπως τα ποδήλατα και οι μοτοσυκλέτες. Όσον αφορά το μέλλον οι κύριοι άξονες που οι κατασκευαστές επιζητούν να βελτιώσουν είναι η τεχνολογία μπαταριών, η μείωση του κόστους και η αύξηση της ηλεκτρικής αυτονομίας. Σύμφωνα με έρευνες αναμένουμε να δούμε αυξημένη χρήση ΑΠΕ για τη φόρτιση των PHEV, γεγονός που τα κάνει ακόμα πιο ελκυστικά και φιλικά ως προς το περιβάλλον. Συνοψίζοντας, η τεχνολογία συνεχώς εξελίσσεται και τα PHEV κατά πάσα πιθανότητα θα έχουν σημαντικό ρόλο στη μείωση των εκπομπών ρύπων και την υποστήριξη βιώσιμων λύσεων κίνησης.



Εικόνα 2: Toyota Prius 2012

1.2.3. Τα πρώτα PHEV

Το BYD F3DM (Dual Mode) ήταν ένα Plug-In Hybrid Electric Vehicle που δημιουργήθηκε από την κινεζική εταιρεία BYD Auto. Εγκαινιάστηκε για πρώτη φορά το 2008 και ήταν ένα από τα πρώτα προσιτά PHEV που εμφανίστηκαν στην αγορά. Το BYD F3DM πήρε τις εμφανισιακές του ρίζες από το BYD F3, ένα αυτοκίνητο που εκείνη την εποχή ήταν διαθέσιμο στην κινεζική αγορά. Το BYD F3DM χρησιμοποιούσε ένα σύστημα σειριακής υβριδικής κίνησης (θα αναλυθεί πιο παρακάτω τι είναι), γεγονός που συνεπάγεται με το ότι το όχημα μπορούσε να κινείται αποκλειστικά με ηλεκτρική ενέργεια για μικρές αποστάσεις και στη συνέχεια να ενεργοποιεί τον βενζινοκινητήρα. Εξοπλιζόταν με λιθίου-φωσφορική μπαταρία χωρητικότητας 16 kWh. Η μπαταρία αυτή προσέφερε ηλεκτρική αυτονομία χονδρικά για 37 μίλια (κοντά στα 60 χιλιόμετρα). Αποτελούταν από βενζινοκινητήρα 1.0L που χρησιμοποιούνταν ως γεννήτρια για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας όσο λειτουργούσε σε συνθήκες εκτός της ηλεκτρικής αυτονομίας. Όσον αφορά την απόδοση του οχήματος, ήταν ιδιαίτερα μικρή, περίπου 50 kW (67 ίπποι). Τέλος για να φορτίσει πλήρως χρειαζόταν περίπου 7 ώρες.



Eikόνα 3:BYD F3DM

Chevrolet Volt. Το Chevrolet Volt ήταν ένα μεγάλης σημασίας Plug-In Hybrid Electric Vehicle (PHEV) που κυκλοφόρησε για πρώτη φορά από την General Motors (GM) το 2010. Ήταν ένα από τα πρώτα οχήματα του είδους του που έφερνε μια νέα εποχή στην αυτοκινητοβιομηχανία. Το Chevrolet Volt είχε-για την τότε εποχή-μοντέρνο και σπορ σχεδιασμό, ήταν πεντάθυρο και είχε στοιχεία που το έκαναν να ξεχωρίζει από τα υπόλοιπα αμάξια. Το Volt χρησιμοποιούσε ένα προηγμένο σύστημα PHEV που έδινε τη δυνατότητα στους οδηγούς να οδηγούν με μηδενικές εκπομπές για μικρές αποστάσεις. Διέθετε έναν ηλεκτροκινητήρα που παρείχε ηλεκτρική αυτονομία για περίπου 35 μίλια (περίπου 56 χιλιόμετρα). Μετά το πέρας της απόστασης αυτής, ο βενζινοκινητήρας ενεργοποιούνταν με σκοπό να διατηρήσει την κίνηση. Όσον αφορά την μπαταρία, διέθετε μια μεγάλη μπαταρία ιόντων λιθίου, η οποία είχε τη δυνατότητα να φορτίσει από οικιακή πρίζα ή φορτιστή Level 2(θα αναλυθεί παρακάτω σε μεγαλύτερο βαθμό τι είναι). Ο συνδυασμένος κινητήρας παρείχε συνολική απόδοση 149 ίππους (111 kW) και αρκετή αυτονομία, εγκαθιδρύοντας το Volt ιδανικό για καθημερινή οδήγηση.



Eikόνα 4:Chevrolet Volt

1.2.4. Τελευταίες Εξελίξεις στα PHEV

Οι τελευταίες εξελίξεις στα Plug-In Hybrid Electric Vehicles (PHEV) αφορούν συνήθως τις μπαταρίες, την αυτονομία, την απόδοση και την συνδεσιμότητα. Η τεχνολογία μπαταριών συνεχίζει να αλλάζει, δημιουργώντας όλο και καλύτερες επιδόσεις υψηλότερης ενεργειακής πυκνότητας και αντοχής. Χαρακτηριστικό των τελευταίων γενιών μπαταριών είναι η αυξημένη πυκνότητα ενέργειας, το μειωμένο βάρος και η βελτιωμένη απόδοση. Επίσης οι τελευταίες γενιές των PHEV προσφέρουν αυξημένη ηλεκτρική αυτονομία, δίνοντας τη δυνατότητα στους οδηγούς να πραγματοποιούν μεγαλύτερες αποστάσεις χρησιμοποιώντας μόνο την ηλεκτρική κίνηση. Επίσης η τεχνολογία αποτελείται από σύγχρονους κινητήρες και ενημερωμένα συστήματα ελέγχου, βελτιώνοντας έτσι την συνολική απόδοση και την οδηγική εμπειρία. Επιπροσθέτως τα νέα PHEV είναι κατά βάση εξοπλισμένα με βελτιωμένα συστήματα φόρτισης, δίνοντας τη δυνατότητα στους οδηγούς να φορτίζουν ταχύρρυθμα τις μπαταρίες τους. Είναι αξιοσημείωτο ότι δίνεται η δυνατότητα στους οδηγούς να έχουν απομακρυσμένο έλεγχο του οχήματος τους από διάφορες τοποθεσίες, όπως και να αξιοποιούν πολλές υπηρεσίες του διαδικτύου.

Τα PHEV έχουν στη πλειονότητα τους ενσωματωμένα προηγμένα συστήματα ασφαλείας, όπως συστήματα επιτήρησης πορείας, συστήματα παρκαρίσματος που το όχημα παρκάρει μόνο του και τεχνολογίες ανίχνευσης συγκρούσεων. Επηρεάζονται θετικά από την οποιαδήποτε εξέλιξη των υβριδικών συστημάτων, αλλά και των συμβατικών οχημάτων. Κάποια PHEV έχουν ενσωματωμένη τεχνολογία φόρτισης μέσω ηλιακής ενέργειας, προσφέροντας μια πηγή βιώσιμης ενέργειας. Η αναβαθμισμένη σχεδίαση της αεροδυναμικής και η χρήση ελαφρύτερων υλικών οδηγούν στη μείωση της αντίστασης και στην αύξηση της αποδοτικότητας. Τέλος η συνεχόμενη ανάπτυξη της υποδομής φόρτισης δίνει τη δυνατότητα στους ιδιοκτήτες PHEV να έχουν πληθώρα επιλογών για φόρτιση, με σταθμούς φόρτισης σε πόλεις, αυτοκινητόδρομους και ποικίλλες άλλες τοποθεσίες.

2. Λειτουργία Υβριδικών

Ένα όχημα της συγκεκριμένης κατηγορίας αποτελείται από μία μηχανή εσωτερικής καύσης και ένα ηλεκτροκινητήρα. Η μόνη διαφορά είναι ότι ο ηλεκτροχημικός συσσωρευτής(μπαταρία) έχει τη δυνατότητα να φορτιστεί, εκτός από την μηχανή εσωτερικής καύσης και με τη βοήθεια των φρένων, με την χρήση εξωτερικού καλωδίου, κατάλληλα διαμορφωμένου, το οποίο είναι συνδεδεμένο με το τοπικό δίκτυο διανομής ρεύματος με μία συσκευή κατάλληλη για φόρτιση.

2.1. Αρχιτεκτονική

Η αρχιτεκτονική των PHEV είναι ένα ιδιαίτερα σημαντικό ζήτημα που ενσωματώνει διάφορα στοιχεία, τα οποία συνεργάζονται για να κινείται το όχημα χωρίς προβλήματα και βλάβες. Κεντρικό στοιχείο των PHEV είναι ο συνδυασμός δύο κύριων τύπων κινητήρων: του Κινητήρα Εσωτερικής Καύσης (ICE) και του Ηλεκτρικού Κινητήρα. Ο ICE, ο οποίος λειτουργεί είτε με βενζίνη είτε με πετρέλαιο, αναλαμβάνει την παραγωγή κίνησης και τη φόρτιση της μπαταρίας όταν αυτό είναι απαραίτητο. Ταυτόχρονα, ο ηλεκτρικός κινητήρας, ο οποίος τροφοδοτείται από τη μπαταρία, είναι η πηγή της ηλεκτρικής κίνησης, κυρίως σε χαμηλές ταχύτητες ή κατά τη διάρκεια της κανονικής οδήγησης, με ελάχιστες εκπομπές.

Η μπαταρία αποτελεί ακόμη έναν κρίσιμο παράγοντα στην αρχιτεκτονική των PHEV. Συνήθως πρόκειται για μπαταρίες ιόντων λιθίου, οι οποίες διαθέτουν υψηλή ενεργειακή πυκνότητα και μικρές διαστάσεις, επιτρέποντας έτσι την αποθήκευση της ηλεκτρικής ενέργειας. Για να διαχειριστούν αποτελεσματικά τη ροή ενέργειας μεταξύ του ICE και του ηλεκτρικού κινητήρα, καθώς και τη φόρτιση και αποφόρτιση της μπαταρίας, τα PHEV χρησιμοποιούν ένα Σύστημα Διαχείρισης Ενέργειας. Αυτό το σύστημα συντονίζει τη λειτουργία των διαφόρων μηχανημάτων του οχήματος για την επίτευξη της καλύτερης δυνατής απόδοσης. Τέλος, τα PHEV διαθέτουν φορτιστή, ο οποίος επιτρέπει τη φόρτιση της μπαταρίας είτε από το δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας είτε από ειδικούς φορτιστές. Επίσης, χρησιμοποιούν το σύστημα ανάκτησης ενέργειας κατά το φρενάρισμα για να φορτίσουν, το οποίο θα αναλυθεί παρακάτω.

2.1.1. Σειριακά υβριδικά οχήματα

Τα υβριδικά οχήματα χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες έχοντας ως γνώμονα τον τρόπο συνεργασίας των δύο κινητήρων. Η πρώτη κατηγορία είναι τα σειριακά υβριδικά οχήματα.

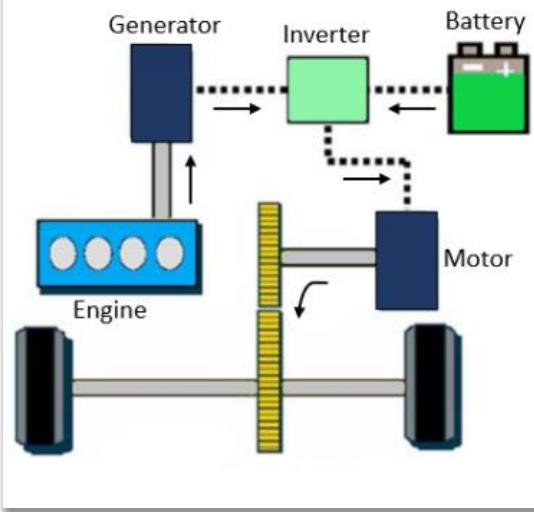
Το υβριδικό σύστημα τύπου Series HEV (Hybrid Electric Vehicle) λειτουργεί με έναν συγκεκριμένο τρόπο, όπου η ροή της ενέργειας και η συνεργασία των μερών του συστήματος το διαφοροποιούν από άλλους τύπους υβριδικών οχημάτων. Ο κινητήρας εσωτερικής καύσης χρησιμοποιείται αποκλειστικά για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, χωρίς να παρέχει απευθείας κίνηση στους τροχούς. Η παραγόμενη ενέργεια μεταφέρεται στη γεννήτρια, η οποία μετατρέπει τη μηχανική ενέργεια σε ηλεκτρική. Αυτή η ηλεκτρική ενέργεια μπορεί να κατευθυνθεί είτε προς τον ηλεκτροκινητήρα είτε προς την μπαταρία για αποθήκευση. Ο μετατροπέας (inverter) διαχειρίζεται την εναλλαγή του ρεύματος μεταξύ της γεννήτριας και της μπαταρίας ή του ηλεκτροκινητήρα, μετατρέποντας το συνεχές ρεύμα (DC) της μπαταρίας σε εναλλασσόμενο (AC) και το αντίστροφο, όπως απαιτείται. Η μπαταρία αποθηκεύει την ηλεκτρική ενέργεια από τη γεννήτρια ή από το φρενάρισμα μέσω της αναγεννητικής πέδησης και μπορεί να την αποδώσει στον ηλεκτροκινητήρα, ο οποίος κινεί το όχημα. Ο ηλεκτροκινητήρας είναι υπεύθυνος για τη μετάδοση ισχύος στους τροχούς, λαμβάνοντας ενέργεια είτε απευθείας από τη γεννήτρια είτε από την αποθηκευμένη ενέργεια της μπαταρίας. Συνολικά, η κίνηση του οχήματος παρέχεται αποκλειστικά από τον ηλεκτροκινητήρα, ενώ ο κινητήρας εσωτερικής καύσης λειτουργεί μόνο για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Η μπαταρία φορτίζεται μέσω της γεννήτριας, που τροφοδοτείται από τον κινητήρα εσωτερικής καύσης, καθώς και μέσω της αναγεννητικής πέδησης κατά το φρενάρισμα. Το σύστημα αυτό είναι ιδιαίτερα αποδοτικό σε αστικές συνθήκες όπου το όχημα

σταματά και ξεκινά συχνά, καθώς μπορεί να λειτουργεί μόνο με τον ηλεκτροκινητήρα σε χαμηλές ταχύτητες. Το βασικό χαρακτηριστικό του τύπου Series HEV είναι ότι ο κινητήρας εσωτερικής καύσης δεν συνδέεται άμεσα με τους τροχούς, αλλά χρησιμοποιείται αποκλειστικά για την παραγωγή ενέργειας. Ο ηλεκτρικός κινητήρας είναι ικανός να παίρνει ηλεκτρική ενέργεια απευθείας από τον κινητήρα ή από την μπαταρία ή και τα δύο. Εφόσον ο κινητήρας αποσυνδέεται από τους τροχούς, η ταχύτητα του μπορεί να ελεγχθεί ανεξάρτητα από την ταχύτητα του οχήματος. Αυτό όχι μόνο απλοποιεί τον έλεγχο του κινητήρα, αλλά, κυρίως είναι ικανό να επιτρέψει τη λειτουργία του κινητήρα με τη καλύτερη δυνατή ταχύτητα για την επίτευξη της καλύτερης οικονομίας καυσίμου. Παρέχει επίσης ευελιξία στην τοποθέτηση του κινητήρα στο όχημα. Δεν υπάρχει ανάγκη για την παραδοσιακή μηχανική μετάδοση σε ένα σειριακό HEV. Με βάση τις συνθήκες λειτουργίας του οχήματος, το σύστημα προώθησης σε ένα σειριακό HEV έχει τη δυνατότητα να λειτουργήσει με ποικίλους συνδυασμούς:

- Μόνο Μπαταρία: Όταν η μπαταρία έχει επαρκή ενέργεια και η ζήτηση ισχύος του οχήματος είναι χαμηλή, το σετ I / G απενεργοποιείται και το όχημα τροφοδοτείται μόνο από την μπαταρία.
- Συνδυασμένη ισχύς: Σε απαιτήσεις υψηλής ισχύος, το σετ I / G είναι ενεργοποιημένο και η μπαταρία τροφοδοτεί επίσης τον ηλεκτρικό κινητήρα.
- Μόνο κινητήρας: Κατά τη διάρκεια κίνησης στον αυτοκινητόδρομο και σε μετρίως υψηλές απαιτήσεις ισχύος, το σετ I / G είναι ενεργοποιημένο. Η μπαταρία δεν φορτίζεται ούτε αποφορτίζεται. Αυτό οφείλεται κυρίως στο γεγονός ότι η κατάσταση φόρτισης της μπαταρίας (SOC) βρίσκεται ήδη σε υψηλό επίπεδο, αλλά η ζήτηση ισχύος του οχήματος εμποδίζει τον κινητήρα να σβήσει ή μπορεί να μην είναι αποτελεσματικό να σβήσει ο κινητήρας.
- Διαιρεση ισχύος: Όταν το I / G είναι ενεργοποιημένο, η ζήτηση ισχύος του οχήματος είναι κάτω από τη βέλτιστη ισχύ I / G και/ή το SOC της μπαταρίας είναι χαμηλό, τότε ένα μέρος της ισχύος I / G χρησιμοποιείται για τη φόρτιση της μπαταρίας.
- Στατική φόρτιση: Η μπαταρία φορτίζεται από την ισχύ του I / G χωρίς το όχημα να κινείται.
- Αναγεννητική πέδηση: Ο ηλεκτρικός κινητήρας λειτουργεί ως γεννήτρια για τη μετατροπή της κινητικής ενέργειας του οχήματος κατά την πέδηση σε ηλεκτρική ενέργεια και ταυτόχρονη φόρτιση της μπαταρίας. Ένα σειριακό HEV μπορεί να διαμορφωθεί σαν τα συμβατικά οχήματα, δηλαδή με τον ηλεκτρικό κινητήρα στη θέση του κινητήρα.

Άλλες επιλογές είναι επίσης διαθέσιμες, όπως σε κινητήρες πάνω στην πλήμνη (ή μουαγιέ) των τροχών. Στη συγκεκριμένη περίπτωση υπάρχουν τέσσερις ηλεκτρικοί κινητήρες, ένας εγκατεστημένος σε κάθε τροχό. Λόγω της εξάλειψης του κιβωτίου ταχυτήτων και της τελικής κίνησης, η απόδοση του συστήματος οχήματος είναι πιθανόν να αυξηθεί σημαντικά. Το όχημα θα έχει επίσης δυνατότητα κίνησης σε όλους τους τροχούς (AWD). Ωστόσο, ο ανεξάρτητος έλεγχος των τεσσάρων ηλεκτρικών κινητήρων μπορεί να είναι πρόκληση.

Series HEV



Εικόνα 5. Σειριακά νβριδικά

2.1.2. Παράλληλα υβριδικά

Σε αυτήν τη διαμόρφωση, ο ICE και ο ηλεκτρικός κινητήρας συνδέονται στην τελική κίνηση μέσω ενός μηχανισμού που περιέχει συμπλέκτες, ιμάντες, τροχαλίες και γρανάζια. Τόσο ο ICE όσο και ο ηλεκτρικός κινητήρας έχουν τη δυνατότητα να παρέχουν ισχύ στον τελικό τροχό, είτε σε συνδυασμένη λειτουργία, είτε το καθένα ξεχωριστά. Ο ηλεκτρικός κινητήρας μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως γεννήτρια για την ανάκτηση της κινητικής ενέργειας κατά το φρενάρισμα ή με την απορρόφηση μέρους ισχύος από τον ICE. Το παράλληλο υβριδικό χρειάζεται μόνο δύο συσκευές προώθησης, τον ICE και τον ηλεκτροκινητήρα, οι οποίοι μπορούν να χρησιμοποιηθούν στις ακόλουθες λειτουργίες:

Λειτουργία μόνο κινητήρα: Όταν η μπαταρία έχει αρκετή ενέργεια και η ζήτηση ισχύος του οχήματος είναι χαμηλή, τότε ο ICE είναι απενεργοποιημένος και το όχημα τροφοδοτείται μόνο από τον κινητήρα και την μπαταρία.

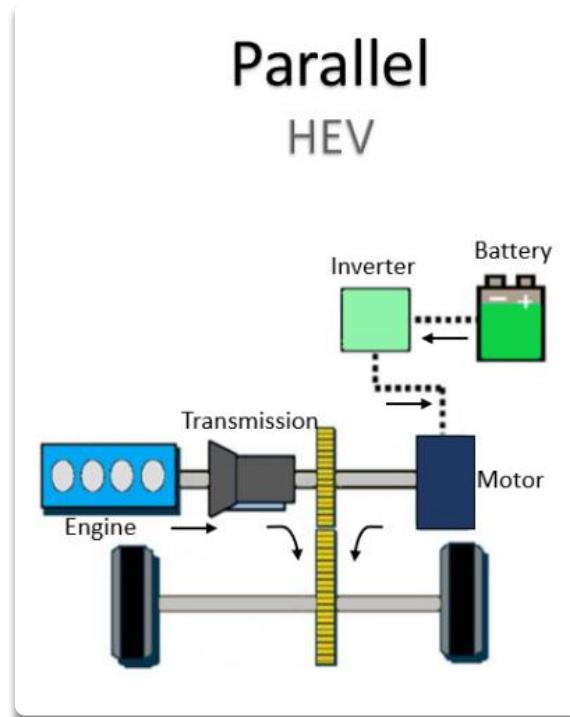
Συνδυασμένη λειτουργία ισχύος: Σε υψηλές απαιτήσεις ισχύος, ο κινητήρας είναι ενεργοποιημένος και ο ICE παρέχει επίσης ισχύ στους τροχούς.

Μόνο λειτουργία ICE: Κατά τη διάρκεια κίνησης στον αυτοκινητόδρομο και σε λιγότερο υψηλές απαιτήσεις ισχύος, ο ICE παρέχει όλη την ισχύ που είναι αναγκαία για την οδήγηση του οχήματος. Ο κινητήρας παραμένει αδρανής. Αυτό οφείλεται κυρίως στο γεγονός ότι η μπαταρία βρίσκεται ήδη σε υψηλό επίπεδο φόρτισης. Ωστόσο η ζήτηση ισχύος του οχήματος εμποδίζει τον κινητήρα να σβήσει ή μπορεί να μην είναι αποτελεσματικό να σβήσει.

Λειτουργία διαχωρισμού ισχύος: Όταν ο ICE είναι ενεργοποιημένος, αλλά η ζήτηση ισχύος του οχήματος και η μπαταρία SOC είναι χαμηλές, τότε ένα μέρος της ισχύος του ICE μετατρέπεται σε ηλεκτρισμό από τον κινητήρα για να φορτίσει την μπαταρία.

Στατική λειτουργία φόρτισης: Η μπαταρία φορτίζεται με τη λειτουργία του κινητήρα ως γεννήτριας οδηγούμενο από τον ICE, δίχως να κινείται το όχημα.

Αναγεννητική λειτουργία πέδησης: Ο ηλεκτρικός κινητήρας δρα ως γεννήτρια για να μετατρέψει την κινητική ενέργεια του οχήματος σε ηλεκτρική ενέργεια και να την αποθηκεύσει στην μπαταρία. Είναι άξιο αναφοράς ότι σε αναγεννητική λειτουργία είναι δυνατόν να λειτουργεί και ο ICE και να παρέχεται επιπρόσθετο ρεύμα για ταχύτερη φόρτιση της μπαταρίας (ενώ ο κινητήρας βρίσκεται σε λειτουργία γεννήτριας) και να ελέγχεται η ροπή του ανάλογα, δηλαδή να ταιριάζει με το σύνολο εισόδου ισχύος της μπαταρίας. Στη συγκεκριμένη περίπτωση, οι ελεγκτές ICE και κινητήρα επιβάλλεται να συντονίζονται σωστά.



Εικόνα 6: Παράλληλα Υβριδικά

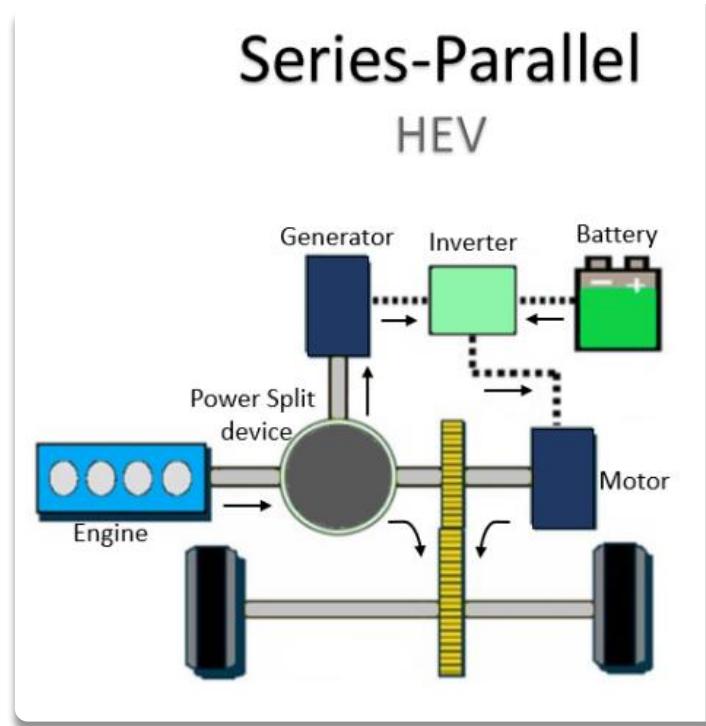
Το σύστημα Parallel HEV (Hybrid Electric Vehicle) είναι ένα παράλληλο υβριδικό σύστημα όπου τόσο ο κινητήρας εσωτερικής καύσης (MEK) όσο και ο ηλεκτροκινητήρας μπορούν να παρέχουν ισχύ απευθείας στους τροχούς. Η MEK μπορεί να κινεί απευθείας τους τροχούς μέσω του κιβωτίου ταχυτήτων, προσφέροντας την κύρια δύναμη για την κίνηση του οχήματος, ιδιαίτερα σε υψηλότερες ταχύτητες ή όταν απαιτείται μεγάλη ισχύς. Σε ορισμένες περιπτώσεις, μπορεί επίσης να φορτίζει την μπαταρία μέσω του ηλεκτροκινητήρα, αλλά η κύρια λειτουργία της παραμένει η απευθείας παροχή ισχύος στους τροχούς. Ο ηλεκτροκινητήρας μπορεί επίσης να κινεί απευθείας τους τροχούς, προσφέροντας επιπλέον ισχύ κατά την επιτάχυνση ή σε χαμηλές ταχύτητες, υποστηρίζοντας έτσι την κίνηση του οχήματος όταν απαιτείται μικρή ισχύς, όπως κατά την εκκίνηση ή σε χαμηλές ταχύτητες. Παράλληλα, παίζει ρόλο στη διαδικασία της αναγεννητικής πέδησης, ανακτώντας ενέργεια από το φρενάρισμα και αποθηκεύοντάς την στην μπαταρία. Το κιβώτιο ταχυτήτων συνδέει τη MEK και τον ηλεκτροκινητήρα με τους τροχούς, επιτρέποντας την εναλλαγή μεταξύ της χρήσης της MEK, του ηλεκτροκινητήρα ή και των δύο μαζί, ανάλογα με τις ανάγκες του οχήματος. Η μπαταρία αποθηκεύει την ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από τον ηλεκτροκινητήρα κατά την αναγεννητική πέδηση ή από τη MEK μέσω του inverter και τροφοδοτεί τον ηλεκτροκινητήρα για την κίνηση σε χαμηλές ταχύτητες ή για την υποστήριξη της MEK σε περιπτώσεις που χρειάζεται μεγαλύτερη ισχύ. Ο μετατροπέας (inverter) μετατρέπει το συνεχές ρεύμα (DC) της μπαταρίας σε εναλλασσόμενο ρεύμα (AC) για τον ηλεκτροκινητήρα και το αντίστροφο, διαχειρίζοντας τη ροή της ηλεκτρικής ενέργειας μεταξύ της μπαταρίας και του ηλεκτροκινητήρα. Η παράλληλη λειτουργία επιτρέπει στη MEK και τον ηλεκτροκινητήρα να κινούν τους τροχούς ταυτόχρονα, προσφέροντας ευελιξία στη διαχείριση της ισχύος, καθώς η ισχύς μπορεί να προέρχεται είτε από τον κινητήρα εσωτερικής καύσης, είτε από τον ηλεκτροκινητήρα, είτε και από τους δύο μαζί. Παρόλο που το σύστημα δεν επιτρέπει μακροχρόνια κίνηση μόνο με τον ηλεκτροκινητήρα, εκτός από ήπιες συνθήκες όπως η αργή κίνηση στην πόλη,

εκμεταλλεύεται την αποδοτικότητα του ηλεκτροκινητήρα σε χαμηλές ταχύτητες και τη δύναμη της ΜΕΚ σε υψηλότερες ταχύτητες, επιτυγχάνοντας εξοικονόμηση καυσίμου. Το Parallel HEV είναι πιο απλό και λιγότερο δαπανηρό σε σύγκριση με τα συστήματα Series-Parallel HEV, αν και προσφέρει λιγότερες δυνατότητες για εκτεταμένη αμιγώς ηλεκτρική οδήγηση, παραμένοντας ωστόσο αποδοτικό σε μεικτές συνθήκες οδήγησης.

2.1.3. Υβριδικά σε σειριακή-παράλληλη διαμόρφωση

Τα υβριδικά σε σειριακή-παράλληλη διαμόρφωση εμπεριέχουν χαρακτηριστικά τόσο ενός σειριακού όσο και ενός παράλληλου HEV. Επομένως, μπορεί να λειτουργήσουν σαν σειριακά αλλά και σαν παράλληλα. Σε σύγκριση με ένα σειριακό HEV, η διαμόρφωση αυτή προσθέτει έναν μηχανικό σύνδεσμο μεταξύ του ICE και της τελικής κίνησης, έτσι ώστε ο ICE να μπορεί να οδηγεί τους τροχούς απευθείας. Σε σύγκριση με ένα παράλληλο HEV, η διαμόρφωση αυτή προσθέτει μια δεύτερη ηλεκτρική μηχανή που λειτουργεί κυρίως ως γεννήτρια.

Επειδή μια τέτοια διαμόρφωση μπορεί να λειτουργήσει και με τις δύο βασικές διαδρομές ενέργειας, η απόδοση καυσίμου και η ικανότητα οδήγησης μπορούν να βελτιστοποιηθούν με βάση την κατάσταση λειτουργίας του οχήματος. Είναι μία δημοφιλής επιλογή λόγω της ευελιξίας που προσφέρει. Ωστόσο, λόγω των αρκετών εξαρτημάτων και της μεγάλης πολυπλοκότητας, είναι γενικά πιο ακριβή από μια σειριακή ή παράλληλη μόνο διαμόρφωση HEV.



Εικόνα 7:Σειριακά-Παράλληλα Υβριδικά

Το σύστημα Series-Parallel HEV (Hybrid Electric Vehicle) συνδυάζει χαρακτηριστικά τόσο από τα υβριδικά συστήματα τύπου Series όσο και από τα Parallel, προσφέροντας ευελιξία στη διαχείριση της ισχύος και βελτιστοποιώντας την απόδοση. Η Μηχανή Εσωτερικής Καύσης (ΜΕΚ) μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την κίνηση των τροχών μέσω του Power Split Device ή για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μέσω της γεννήτριας, επιτρέποντάς της να λειτουργεί στην πιο αποδοτική της κατάσταση, παράγοντας ενέργεια όταν είναι απαραίτητο και συμβάλλοντας στην κίνηση των τροχών. Η γεννήτρια παράγει ηλεκτρική ενέργεια από την ΜΕΚ, την οποία μπορεί να στείλει είτε στην μπαταρία για φόρτιση είτε απευθείας στον ηλεκτροκινητήρα, ενώ συνεργάζεται με το Power Split Device για τη διαχείριση της ροής ενέργειας, ανάλογα με τις ανάγκες του οχήματος. Το Power Split Device είναι ένας μηχανισμός που καταμερίζει την ισχύ μεταξύ της ΜΕΚ, της γεννήτριας και του ηλεκτροκινητήρα, καθορίζοντας αν η ισχύς θα κατευθυνθεί στους τροχούς, στη γεννήτρια για

παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, ή και στα δύο ταυτόχρονα. Έτσι, επιτρέπει στο σύστημα να λειτουργεί είτε ως Series Hybrid, όπου η MEK τροφοδοτεί κυρίως τη γεννήτρια, είτε ως Parallel Hybrid, όπου η MEK συμμετέχει άμεσα στην κίνηση των τροχών. Ο ηλεκτροκινητήρας μπορεί να κινεί τους τροχούς είτε μόνος του είτε μαζί με την MEK, χρησιμοποιώντας την ενέργεια από την μπαταρία ή τη γεννήτρια, προσφέροντας αθόρυβη κίνηση σε χαμηλές ταχύτητες και ανακτώντας ενέργεια μέσω της αναγεννητικής πέδησης, την οποία επιστρέφει στην μπαταρία. Η μπαταρία αποθηκεύει την ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από τη γεννήτρια ή τον ηλεκτροκινητήρα και την παρέχει για την κίνηση του οχήματος σε χαμηλές ταχύτητες ή για την υποστήριξη της MEK κατά την επιτάχυνση. Ο inverter μετατρέπει το συνεχές ρεύμα από την μπαταρία σε εναλλασσόμενο για τον ηλεκτροκινητήρα και αντίστροφα, διαχειρίζοντας την ηλεκτρική ενέργεια μεταξύ της μπαταρίας, του ηλεκτροκινητήρα και της γεννήτριας. Σε χαμηλές ταχύτητες ή κατά την εκκίνηση, το όχημα μπορεί να κινείται μόνο με τον ηλεκτροκινητήρα χρησιμοποιώντας την ενέργεια της μπαταρίας, ενώ κατά την επιτάχυνση ή όταν χρειάζεται περισσότερη ισχύ, η MEK και ο ηλεκτροκινητήρας λειτουργούν από κοινού, παρέχοντας συνδυασμένη ισχύ στους τροχούς. Η MEK μπορεί επίσης να τροφοδοτήσει τη γεννήτρια για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, η οποία είτε αποθηκεύεται στην μπαταρία είτε χρησιμοποιείται άμεσα από τον ηλεκτροκινητήρα, ενώ κατά την αναγεννητική πέδηση, ο ηλεκτροκινητήρας μετατρέπει την κινητική ενέργεια σε ηλεκτρική και την αποθηκεύει στην μπαταρία. Το σύστημα Series-Parallel HEV είναι πιο περίπλοκο από τα απλά Series ή Parallel συστήματα, αλλά προσφέρει βέλτιστη απόδοση σε διάφορες συνθήκες οδήγησης. Η ευελιξία του επιτρέπει καλύτερη οικονομία καυσίμου και μειωμένες εκπομπές ρύπων, καθιστώντας το αποδοτικό τόσο σε αστικές συνθήκες όσο και σε ταξίδια με υψηλότερες ταχύτητες.

2.1.4. Συνδυασμός τεχνολογιών στα PHEV

Τα PHEV συνδυάζουν τη χρήση ηλεκτρικών μηχανών, μετατροπέων ηλεκτρονικής ισχύος και μπαταριών, όπως και των συμβατικών ICE και των μηχανικών και υδραυλικών συστημάτων. Το αντικείμενο των PHEV εμπλουτίζεται από θέματα μηχανικής που ξεπερνούν τη παραδοσιακή αυτοκινητοβιομηχανία, που παλαιότερα ήταν απόλυτα αφοσιωμένη στη μηχανολογία. Ηλεκτρονικά και ηλεκτρικά μηχανήματα είναι οι ακρογωνιάιοι λίθοι της μηχανικής των PHEV.

Επιπρόσθετα, η θερμική διαχείριση είναι βαρυσήμαντη για τα PHEV, επειδή τα ηλεκτρονικά συστήματα, οι ηλεκτρικές μηχανές και οι μπαταρίες λειτουργούν σε πολύ χαμηλότερη θερμοκρασία, σε σύγκριση με τα εξαρτήματα κινητήρα του μη υβριδικού οχήματος. Η μοντελοποίηση, η προσομοίωση, η δυναμική των οχημάτων και ο σχεδιασμός και η βελτιστοποίηση οχημάτων απαιτούν ιδιαίτερες γνώσεις αυτοματισμού λόγω της ιδιαίτερης δυσκολίας στη συσκευασία των εξαρτημάτων και των συστημάτων θερμικής διαχείρισης. Επίσης σημαντική παράμετρος είναι οι οποιεσδήποτε αλλαγές στο βάρος, το σχήμα και την κατανομή βάρους του οχήματος.

2.1.5. Προκλήσεις και δημιουργία νέων τεχνολογιών για τα PHEV

Παρά τα πλεονεκτήματα και την ανάπτυξη της τεχνολογίας των PHEV, υπάρχουν ακόμη προκλήσεις που είναι αναγκαίο να αντιμετωπιστούν. Μια από τις βασικές προκλήσεις είναι η αύξηση της αυτονομίας των οχημάτων PHEV. Η εξέλιξη των μπαταριών, σε συνδυασμό με τη βελτίωση της ταχύτητας φόρτισης και της ανάπτυξης αποδοτικότερων κινητήρων, αποτελούν ζωτικούς παράγοντες. Επιπλέον, η επέκταση των υποδομών φόρτισης είναι απαραίτητη για την υιοθέτησή των PHEV από το κοινό. Η δημιουργία γρηγορότερων και πιο αποδοτικών φορτιστών, καθώς και η ενσωμάτωσή τους σε διάφορα περιβάλλοντα, όπως στα σπίτια, στους δρόμους και σε επιχειρηματικά περιβάλλοντα, αποτελούν μείζονες προκλήσεις. Επιπρόσθετως, η συνεχής βελτίωση του Συστήματος Διαχείρισης Ενέργειας είναι κρίσιμη για τη βελτίωση της απόδοσης των PHEV. Τέλος, η βελτίωση του συντονισμού μεταξύ των διαφόρων στοιχείων του οχήματος για μέγιστη απόδοση και εξοικονόμηση είναι αναγκαία.

2.2. Συστήματα που διαθέτουν τα υβριδικά οχήματα

Κάθε ένα από τα παρακάτω συστήματα συμβάλλει στην απόδοση και την αποτελεσματικότητα ενός υβριδικού οχήματος, επιτρέποντας την αποτελεσματική χρήση και τη μείωση των εκπομπών καυσαερίων. Η κατανόηση αυτών των συστημάτων αποτελεί κρίσιμο στοιχείο για την ανάπτυξη και βελτίωση της τεχνολογίας των υβριδικών οχημάτων.

2.2.1 Σύστημα «Start-Stop»

Τη σημερινή εποχή, όλα τα υβριδικά οχήματα έχουν το σύστημα αυτόματου σβησίματος του κινητήρα όταν αδρανεί το όχημα και άμεσης επανεκκίνησής του, όταν το όχημα ξεκινά (κοινώς γνωστό ως σύστημα «start-stop»). Το start-stop αποτελείται ως επί το πλείστον από έναν ηλεκτροκινητήρα, το σύστημα ελέγχου που συντονίζει και καθορίζει τις συνθήκες στις οποίες λειτουργεί το σύστημα, την μίζα (εκκινητή) του οχήματος και μία σωρεία αισθητήρων, των οποίων σκοπός είναι ο έλεγχος διαφόρων παραμέτρων του αυτοκινήτου. Μερικές από αυτές τις παραμέτρους που ελέγχονται είναι η στάθμη της μπαταρίας, η ταχύτητα του οχήματος και η ταχύτητα περιστροφής του εκκεντροφόρου άξονα του κινητήρα. Τη στιγμή που το όχημα είναι σταματημένο αλλά ενεργό, μετά το πέρας λίγων δευτερολέπτων ο θερμικός κινητήρας του σβήνει. Τη στιγμή που οδηγός πατά τον συμπλέκτη, ο κινητήρας επανέρχεται σε λειτουργία ρελαντί (idle) και το όχημα είναι ξανά έτοιμο να συνεχίσει την πορεία του. Σε συνθήκες κυκλοφορίας με χαμηλές ταχύτητες, όπως φανάρια και κυκλοφοριακή συμφόρηση, το σύστημα είναι η ιδανική λύση για τη μείωση της κατανάλωσης καυσίμου αλλά και της εκπομπής καυσαερίων. Οπότε, κατά την κίνηση ενός αμαξιού εντός πόλης, το σύστημα αυτό εξυπηρετεί σε αρκετά μεγάλο βαθμό στην μείωση της ρύπανσης με ταυτόχρονη εξοικονόμηση ενέργειας. Η χρήση του συγκεκριμένου συστήματος έχει ακόμα ένα προτέρημα. Μειώνεται στο ελάχιστο δυνατό ο αριθμός των ωρών λειτουργίας στο ρελαντί και η επιπλέον προσθήκη φορτίου στον κινητήρα. Επίσης πραγματοποιείται η βέλτιστη απόδοση του καταλύτη και πρακτικά διευρύνεται ο χρόνος ζωής του, ενώ συγχρόνως, αποτρέπει τη δημιουργία επικαθίσεων άνθρακα στα μπουζί. Σχετικά με τους κινητήρες ντίζελ, καθυστερεί τη δημιουργία επικαθίσεων στη βαλβίδα EGR, δίνει τη δυνατότητα μείωσης της κατανάλωσης ουρίας και βοηθά στην αποτελεσματικότερη αναγέννηση του φίλτρου σωματιδίων ντίζελ.

Ωστόσο, το σύστημα Start-stop διαθέτει και μερικά μειονεκτήματα. Καταρχάς, χρειάζεται ισχυρότερο εξοπλισμό όπως μίζα και μπαταρία(μπαταρίες AGM/EFB). Οι συγκεκριμένες συσκευές είναι σχεδόν διπλάσιες από τις κανονικές. Ταυτόχρονα, οι συνεχόμενες εκκινήσεις του κινητήρα, δημιουργούν την αύξηση του φορτίου που δέχονται τα έδρανα του στροφαλοφόρου άξονα. Σε μια συνέντευξη του Gerhard Arnold, ο επικεφαλής σε ένα από τα τμήματα της Federal Mogul, ανέφερε ότι ένας απλός κινητήρας, αντέχει με ιδιαίτερη άνεση περισσότερες από 50.000 εκκινήσεις και σβησίματα, αλλά ότι, με το σύστημα Start-stop, ο αριθμός αυτός μπορεί να ξεπεράσει τις 500.000. Με τον τρόπο αυτό, τα κανονικά ρουλεμάν ξεκινάν να εμφανίζουν αξιοσημείωτη φθορά, μόλις φτάσουν τις 100.000 εκκινήσεις.

Ένα ακόμα αρνητικό είναι και η καθυστέρηση της εκκίνησης. Παρά το ότι οι τιμές έχουν μικρή διαφορά (τα συστήματα με ενισχυμένη μίζα χρειάζονται 0.8 δευτερόλεπτα, με αναστρέψιμο δυναμό 0.4 δευτερόλεπτα, με ρύθμιση του ψεκασμού καυσίμου 0.35 δευτερόλεπτα), αρκετοί οδηγοί εκφράζουν τη δυσαρέσκεια τους. Επίσης, η λειτουργία του συστήματος είναι δυνατόν να γίνει αποκλειστικά, όταν πληρούνται συγκεκριμένες προϋποθέσεις.

1. Το καπό και η πόρτα του οδηγού επιβάλλεται να είναι κλειστά.
2. Ο οδηγός είναι αναγκαίο να έχει βάλει τη ζώνη του.
3. Η ταχύτητα του αυτοκινήτου θα πρέπει να είναι μεγαλύτερη των 4 χλμ/ώρα.
4. Ο κινητήρας πρέπει να είναι σε υψηλή θερμοκρασία.
5. Οι στροφές του κινητήρα δεν πρέπει να ξεπερνούν τις ονομαστικές σ.α.λ. του ρελαντί.
6. Το σύστημα ξεπαγώματος των παρμπρίζ είναι αναγκαίο να είναι κλειστό.

7. Η εσωτερική θερμοκρασία πρέπει να είναι μικρότερη από 8 βαθμούς από την καθορισμένη της τιμή. Αυτό ισχύει αποκλειστικά για το χειμώνα.

8. Η φόρτιση της μπαταρίας να μην είναι χαμηλότερη από την καθορισμένη για το σύστημα τιμή. Όσον αφορά στο ISG, η τιμή αυτή είναι 75%.

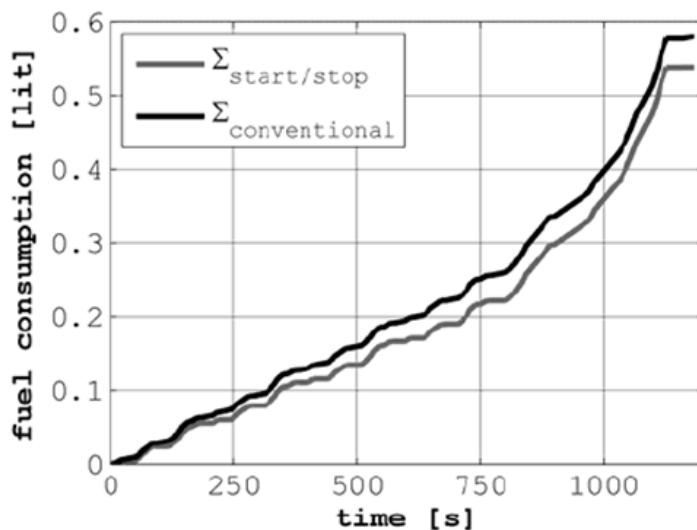
9. Το δυναμό να είναι απόλυτα λειτουργικό.

10. Να είναι απόλυτα ευθυγραμμισμένο το τιμόνι.

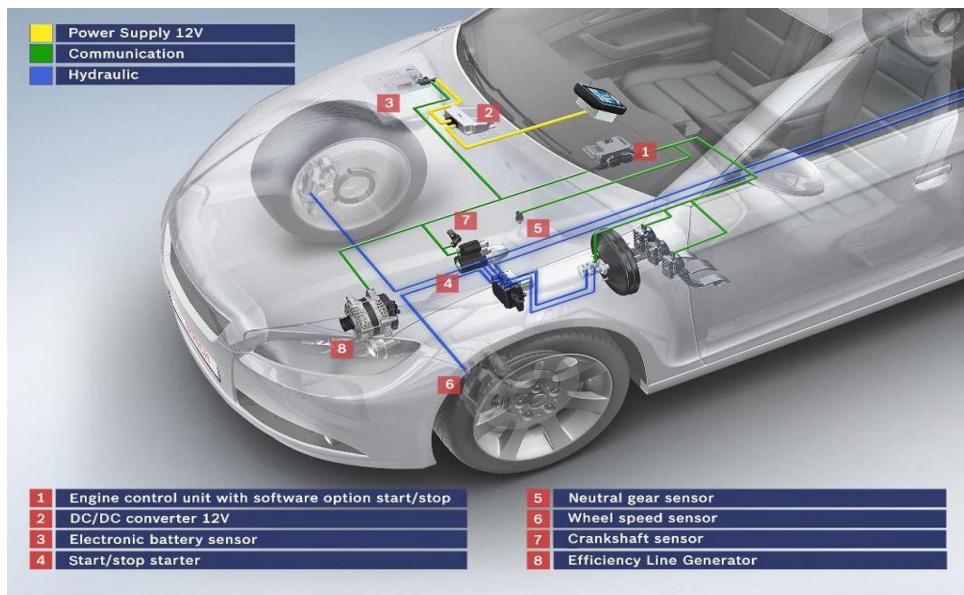
Πολλές εταιρίες στις μέρες μας κάνουν προσπάθειες που αποσκοπούν στη βελτίωση του συστήματος Start-stop. Για παράδειγμα, η Βρετανική εταιρεία Millers Oils έχει ήδη λανσάρει λάδια κινητήρα τα οποία προκαλούν μείωση της τριβής των τμημάτων του κατά 50%. Με βάση τον τεχνικό διευθυντή της εταιρείας Martyn Mann, το σύστημα αυτό αλλά και τα παρόμοια προϊόντα είναι αναγκαίο να βοηθήσουν σε μεγάλο βαθμό στην προώθηση των τεχνολογιών Start-stop. Ταυτόχρονα, μερικοί κατασκευαστές κάνουν προσπάθεια για δημιουργία πιο δυνατών ρουλεμάν, ενώ οι μηχανικοί της Bosch, της Valeo, της Denso και πολλών ακόμα αυτοκινητοβιομηχανιών, προσπαθούν να βρουν μεθόδους ώστε να μειώσουν το χρόνο εκκίνησης του κινητήρα.

Παρ' όλα αυτά, ενώ το σύστημα έχει ακόμη ελλείψεις και η οικονομία που παρέχει - λαμβάνοντας υπόψη το κόστος του αντίστοιχου εξοπλισμού – μοιάζει ασήμαντη σε κάποιους, λαμβάνοντας υπόψη τους ειδικούς, η τεχνολογία αυτή έχει μεγάλο potential. Μέχρι στιγμής πάντως, τα οφέλη που παρέχει στο περιβάλλον είναι αδιαμφισβήτητα.

Το σύστημα Start-Stop στα PHEV μειώνει την κατανάλωση καυσίμου έως 10-15% σε συνθήκες αστικής οδήγησης, χρησιμοποιώντας τον ηλεκτρικό κινητήρα στις στάσεις, προσφέροντας οικονομικό όφελος της τάξης των 100-300 ευρώ ετησίως. Επιπλέον, τα PHEV με Start-Stop μειώνουν τις εκπομπές CO₂ κατά 3-8%, περιορίζοντας τις ώρες λειτουργίας του κινητήρα στο ρελαντί και μειώνοντας την επιπλέον επιβάρυνση του κινητήρα, γεγονός που βελτιώνει την απόδοση και μειώνει τη φθορά του κινητήρα καύσης, καθώς περιορίζονται οι περιττές εκκινήσεις. Παράλληλα, το σύστημα επιτρέπει τη βέλτιστη απόδοση του καταλύτη, ενώ αποτρέπει τη δημιουργία επικαθίσεων άνθρακα στα μπουζί. Στους κινητήρες ντίζελ, συμβάλλει στην καθυστέρηση της δημιουργίας επικαθίσεων στη βαλβίδα EGR, επιτρέπει τη μείωση της κατανάλωσης ουρίας και υποστηρίζει την αποτελεσματικότερη αναγέννηση του φίλτρου σωματιδίων ντίζελ.



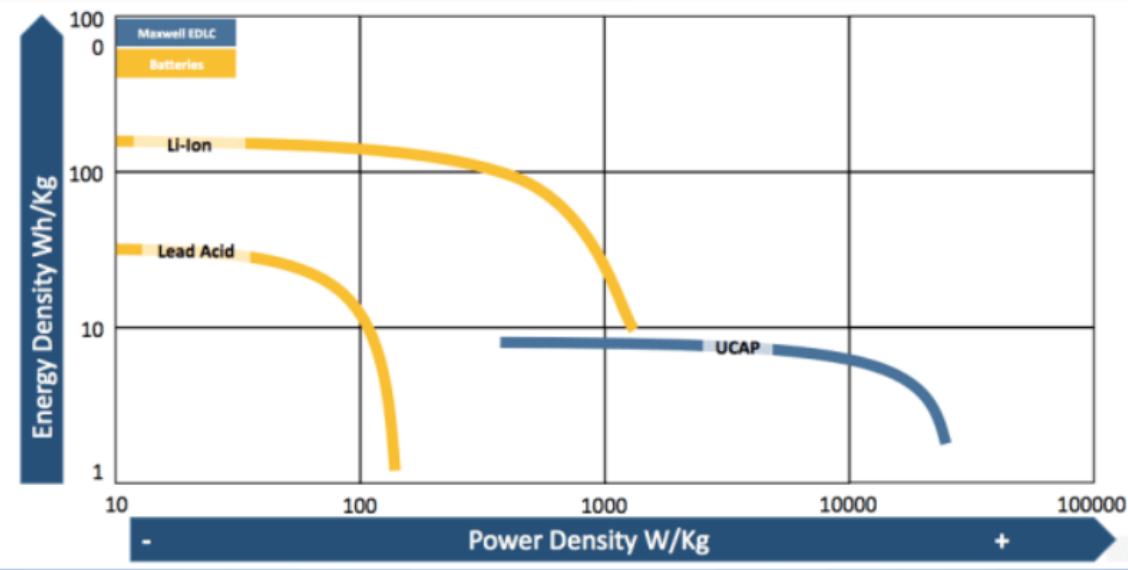
Εικόνα 8: Σύγκριση κατανάλωσης με/χωρίς σύστημα Start-Stop



Εικόνα 9:Σύστημα Start-Stop

Ragone Plot

MAXWELL CONFIDENTIAL



Εικόνα 10:Ενεργειακή πυκνότητα διαφόρων ειδών μπαταριών

Άλλες συσκευές που χρησιμοποιούνται περιλαμβάνουν τους πυκνωτές, οι οποίοι σταθεροποιούν την τάση και παρέχουν ενέργεια με γρήγορο ρυθμό κατά την εκκίνηση και την επανεκκίνηση του κινητήρα, συσσωρεύοντας ηλεκτρικό φορτίο και το αποδεσμεύοντας άμεσα για να εξασφαλίσουν γρήγορες εκκινήσεις. Οι αντιστάσεις βοηθούν στη ρύθμιση της ροής του ηλεκτρικού ρεύματος, προστατεύοντας τα ευαίσθητα ηλεκτρονικά κυκλώματα από υπερτάσεις και διαχειρίζονται τη διάχυση της θερμότητας. Οι μπαταρίες και οι υπερπυκνωτές (supercapacitors) προσφέρουν στιγμιαία υψηλή ισχύ, ξεπερνώντας τις μπαταρίες λιθίου σε εφαρμογές όπως η αναγεννητική πέδηση, όπου απαιτείται γρήγορη απόδοση ενέργειας.

2.2.2. Αναγεννητική Πέδηση

Η αναγεννητική πέδηση βρίσκεται σε πολλούς διαφορετικούς τύπους σύγχρονων υβριδικών και ηλεκτρικών αυτοκινήτων. Κύριο μέλημα της είναι να συλλέγει την ενέργεια που ειδάλλως θα χανόταν κατά το φρενάρισμα και να την αποθηκεύει στη μπαταρία του οχήματος. Μερικά πλεονεκτήματα του συστήματος αυτού είναι η υποστήριξη βιοηθητικών λειτουργειών του αυτοκινήτου (ραδιόφωνο, φώτα κτλ) όπως και η φόρτιση της μπαταρίας των ηλεκτρικών αυτοκινήτων ώστε να έχουν μεγαλύτερη αυτονομία. Το αναγεννητικό φρενάρισμα δεν χρειάζεται να ενεργοποιηθεί από τον οδηγό αφού οι κατασκευαστές έχουν φροντίσει για την τέλεια λειτουργία του. Ωστόσο αυτό που δεν αναφέρεται συχνά είναι ότι η εφαρμογή αυτή έχει και τα αρνητικά της.

Λειτουργία αναγεννητικής πέδησης: Στα ηλεκτρικά και υβριδικά οχήματα ο ηλεκτροκινητήρας περιστρέφεται είτε προς τα εμπρός είτε προς τα πίσω. Καθώς πιέζουμε το γκάζι ο κινητήρας περιστρέφεται προς τα εμπρός, κάνοντας το αυτοκίνητο να επιταχύνει. Αν σηκώσουμε το πόδι μας από το πεντάλ, ο ηλεκτροκινητήρας θα περιστραφεί αντίθετα, μειώνοντας την ταχύτητα του οχήματος. Επιπροσθέτως όταν υπάρχει δυνατότητα οδήγησης με ένα πεντάλ, μπορεί η λειτουργία αυτή μέχρι και να το ακινητοποιήσει. Κατά τη διάρκεια του φρεναρίσματος, οι ηλεκτρικοί κινητήρες λειτουργούν ως γεννήτριες. Οι τροχοί κινούν τους κινητήρες, παράγοντας ηλεκτρική ενέργεια αντί να παράγεται θερμική ενέργεια. Έπειτα η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται κατά την αναγεννητική πέδηση μεταφέρεται και αποθηκεύεται στην μπαταρία του υβριδικού αυτοκινήτου. Τέλος η αποθηκευμένη ηλεκτρική ενέργεια μπορεί στη συνέχεια να χρησιμοποιηθεί για να κινήσει το όχημα κατά την επόμενη επιτάχυνση ή για άλλες ηλεκτρικές λειτουργίες του αυτοκινήτου. Ο ρόλος της αναγεννητικής πέδησης είναι με την χρήση της κινητικής ενέργειας να περιστρέψει τον κινητήρα και να αποθηκεύει την ενέργεια στην μπαταρία. Το πόσο δυνατά φρενάρουμε επηρεάζει την ποσότητα ενέργειας που επιστρέφει στην μπαταρία. Ο οδηγός μπορεί να προσαρμόσει ανάλογα την ένταση έτσι ώστε το ηλεκτρικό αυτοκίνητο ή να επιβραδύνει έντονα και να αποθηκεύει μεγάλη ποσότητα ενέργειας ή με ήπιο τρόπο αλλά αποθηκεύοντας λιγότερη ενέργεια. Αξιοσημείωτο είναι ότι καθώς επιταχύνουμε με το πεντάλ του γκαζιού στο τέρμα, ο κινητήρας και ο ηλεκτροκινητήρας λειτουργούν παράλληλα καταφέρνοντας να μεταφέρουν τη μέγιστη δυνατή ισχύ στους τροχούς.

Πλεονεκτήματα αναγεννητικής πέδησης: Τα πλεονεκτήματα της αναγεννητικής πέδησης είναι η αυξημένη απόδοση, η χαμηλότερη κατανάλωση καυσίμου και η μεγαλύτερη αυτονομία. Η αναγεννητική πέδηση είναι ιδιαίτερα κερδοφόρα για τον οδηγό καθώς μειώνει τη φθορά των φρένων, διότι το αυτοκίνητο φρενάρει χρησιμοποιώντας τον κινητήρα. Αρκετοί οδηγοί εκμεταλλεύονται τη λειτουργία αυτή για να οδηγούν μόνο με χρήση ενός πεντάλ, κάτι ιδιαίτερα αναπαυτικό για τον οδηγό ειδικά σε συνθήκες κίνησης.

Μειονεκτήματα αναγεννητικής πέδησης: Ένα μειονέκτημα είναι η μικρή αποθήκευση ενέργειας στην ήπια ρύθμιση και η μεγάλη επιβράδυνση στην έντονη ρύθμιση. Αυτό βέβαια είναι ανάλογα με τις προτιμήσεις του οδηγού, αν τον βολεύει ή όχι. Η λειτουργία αυτή βοηθά σημαντικά τον οδηγό σε μποτιλιάρισμα ή σε επαρχιακούς δρόμους με στροφές. Ωστόσο είναι καλύτερο να την απενεργοποιούμε σε δρόμους ταχείας κυκλοφορίας και αυτοκινητοδρόμους διότι εκεί δεν είναι βολικό να επιβραδύνει το αυτοκίνητο κάθε φορά που σηκώνουμε λίγο το πόδι μας από το πεντάλ του γκαζιού.

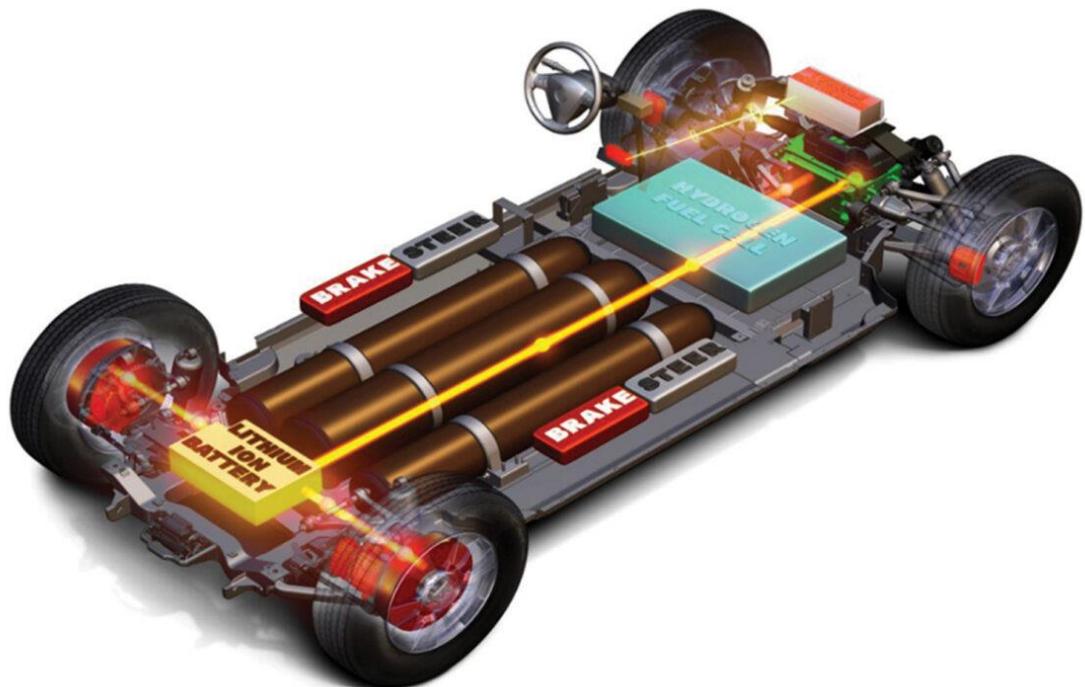
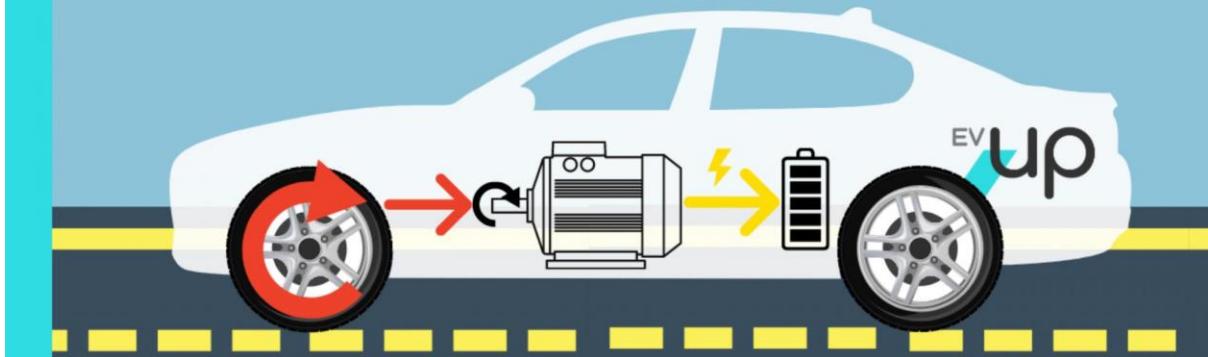
REGENERATIVE BRAKING

Vehicle's kinetic energy is diverted away from wheels, towards motor.

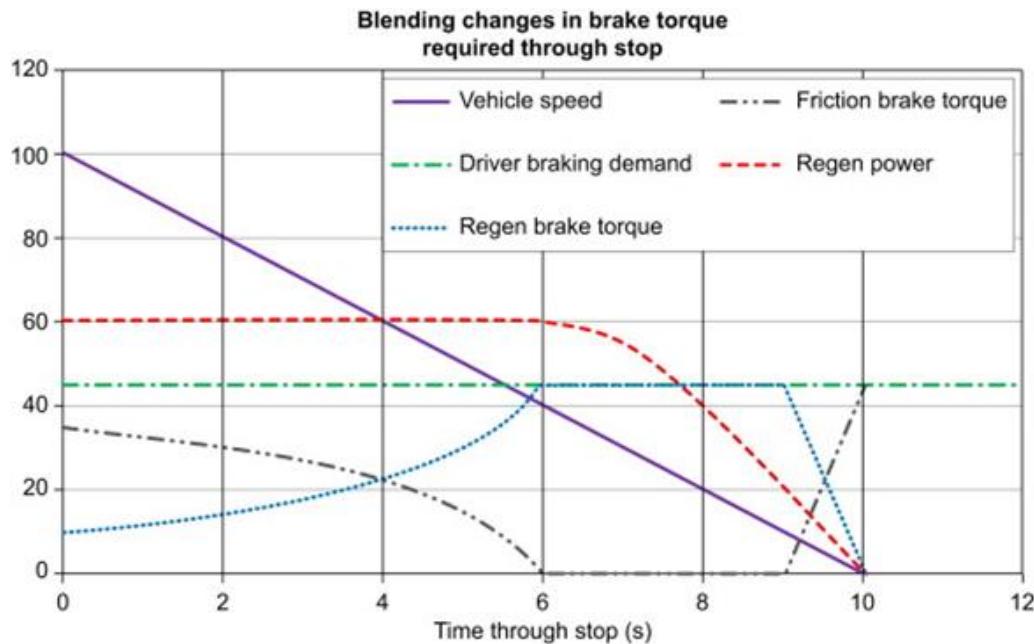
Kinetic energy turns motor shaft, motor acts like generator with crank.

Kinetic energy converted to electrical energy in motor.

Electrical energy is routed into battery and stored.



Εικόνες 11&12: Αναγεννητική Πέδηση



Εικόνα 13: Σχεδιάγραμμα ταχύτητας-χρόνου στην αναγεννητική πέδηση

Αυτό το διάγραμμα αναλύει τις μεταβολές στην πέδηση κατά τη διαδικασία της επιβράδυνσης ενός οχήματος, ειδικότερα σε ένα σύστημα που συνδυάζει το φρενάρισμα ανάκτησης (regen braking) και το φρενάρισμα με τριβή (friction braking). Στον οριζόντιο άξονα (X) απεικονίζεται ο χρόνος από την έναρξη της πέδησης έως την πλήρη στάση του οχήματος, ενώ στον κατακόρυφο άξονα (Y) εμφανίζονται μεγέθη όπως η ταχύτητα του οχήματος, η ροπή πέδησης και η ισχύς ανάκτησης. Η μωβ καμπύλη δείχνει την ταχύτητα του οχήματος, η οποία μειώνεται σταθερά από 100 km/h μέχρι τη στάση στα 10 δευτερόλεπτα, ενώ η ανάκτηση ενέργειας και η χρήση φρένων με τριβή προσαρμόζονται για ομαλή διακοπή. Η πρώτη διακεκομένη γραμμή απεικονίζει την απαίτηση πέδησης του οδηγού, που παραμένει σταθερή καθώς ο οδηγός διατηρεί την πίεση στο πεντάλ του φρένου. Η μπλε διακεκομένη γραμμή αναπαριστά τη ροπή του συστήματος ανάκτησης, που αυξάνεται αρχικά και κορυφώνεται στα 4-5 δευτερόλεπτα πριν μειωθεί σταδιακά καθώς η ταχύτητα του οχήματος μειώνεται. Η κόκκινη διακεκομένη γραμμή δείχνει την ισχύ της ανάκτησης, η οποία αυξάνεται στην αρχή λόγω υψηλότερης ταχύτητας και μειώνεται όσο η ταχύτητα πέφτει, καθώς η ανάκτηση ενέργειας είναι πιο αποδοτική σε υψηλές ταχύτητες. Τέλος, η μαύρη διακεκομένη γραμμή απεικονίζει τη ροπή από τα φρένα τριβής, η οποία είναι χαμηλή στην αρχή της πέδησης, αφού η ροπή του συστήματος ανάκτησης καλύπτει τις ανάγκες, αλλά αυξάνεται σταδιακά καθώς μειώνεται η ροπή της ανάκτησης και το όχημα πλησιάζει στη στάση. Στην αρχή της πέδησης, το σύστημα ανάκτησης ενέργειας χρησιμοποιείται περισσότερο, καλύπτοντας τη μεγαλύτερη ροπή πέδησης, αλλά καθώς η ταχύτητα μειώνεται και η αποτελεσματικότητα της ανάκτησης πέφτει, το όχημα βασίζεται περισσότερο στα φρένα τριβής για να σταματήσει πλήρως. Αυτή η διαδικασία επιτρέπει την ανάμειξη της ανάκτησης ενέργειας και του φρεναρίσματος με τριβή, εξασφαλίζοντας τη βέλτιστη ανάκτηση ενέργειας χωρίς να θυσιάζεται η ομαλή και αποτελεσματική πέδηση. Το σύστημα αυτό μειώνει την κατανάλωση καυσίμου και τη φθορά των φρένων, ιδιαίτερα σε υβριδικά ή ηλεκτρικά οχήματα, καθώς η κινητική ενέργεια μετατρέπεται σε ηλεκτρική μέσω της ανάκτησης, η οποία αποθηκεύεται στην μπαταρία. Αυτό είναι πιο αποδοτικό σε υψηλές ταχύτητες, ενώ σε χαμηλότερες, η μετάβαση στα φρένα τριβής εξασφαλίζει πλήρη ακινητοποίηση του οχήματος. Το διάγραμμα παρουσιάζει μια διαδικασία που επιτυγχάνει τη μέγιστη ανάκτηση ενέργειας, διατηρώντας παράλληλα την αποτελεσματική και ομαλή πέδηση, κάτι που είναι κρίσιμο για τα σύγχρονα οχήματα με συστήματα ανάκτησης ενέργειας.

Σε πραγματικές συνθήκες οδήγησης, τα περισσότερα υβριδικά και ηλεκτρικά οχήματα ανακτούν περίπου 20% - 30% της ενέργειας κατά το φρενάρισμα. Αυτό συμβάλλει στη μείωση της κατανάλωσης καυσίμου σε υβριδικά οχήματα κατά 10-25%, ιδιαίτερα όταν τα φρένα χρησιμοποιούνται συχνότερα. Επιπλέον, μειώνονται οι εκπομπές CO₂ κατά περίπου 10% σε αστικές διαδρομές, γεγονός που καθιστά τα οχήματα αυτά πιο φίλικά προς το περιβάλλον και οικονομικά στη χρήση.

2.2.3.Σύστημα εκκίνησης με ηλεκτρικό κινητήρα

Στα οχήματα που χρησιμοποιούν μηχανές εσωτερικής καύσης, η εκκίνηση κατά πάσα πιθανότητα γίνεται με τη χρήση ενός εκκινητή που εκμεταλλεύεται τη μηχανική ενέργεια που παράγεται από τη μπαταρία του οχήματος. Στο σύστημα εκκίνησης με ηλεκτροκινητήρα, ο ηλεκτρικός κινητήρας δέχεται ενέργεια από την μπαταρία του οχήματος και τη διανέμει μηχανικά στον κινητήρα για να ξεκινήσει τη λειτουργία του. Γενικά αυτή η μέθοδος συμβάλλει αρκετά στη συντήρηση του οχήματος. Επιπροσθέτως, συμβάλλει σημαντικά στη μείωση των εκπομπών καυσαερίων που προκαλούνται κατά την διαδικασία της εκκίνησης, διότι ο ηλεκτρικός κινητήρας είναι αποτελεσματικότερος σε αυτό το στάδιο.

2.2.4.Σύστημα Επιτάχυνσης με Ηλεκτρικό Κινητήρα

Στα ηλεκτρικά οχήματα, η επιτάχυνση προκαλείται κυρίως με τη ρύθμιση της ηλεκτρικής ισχύος που παρέχεται στον ηλεκτρικό κινητήρα. Ο έλεγχος της ροπής δίνει την δυνατότητα της ακριβής ρύθμισης της επιτάχυνσης καθ' όλη τη διαδρομή του οχήματος. Όπως προαναφέραμε κατά το φρενάρισμα, ο ηλεκτροκινητήρας δρα σαν γεννήτρια, μετατρέποντας την κινητική ενέργεια που προκαλείται από την επιβράδυνση σε ηλεκτρική ενέργεια που αποθηκεύεται στη μπαταρία. Αυτή η διαδικασία βελτιώνει την απόδοση της επιτάχυνσης του συστήματος και ταυτόχρονα μειώνει την κατανάλωση ενέργειας. Τέλος η πλειονότητα των ηλεκτρικών κινητήρων έχουν προγραμματιζόμενους ελεγκτές ισχύος που μας δίνουν τη δυνατότητα να έχουμε τον ακριβή έλεγχο της ισχύος που παρέχεται στον κινητήρα, γεγονός που επηρεάζει άμεσα την επιτάχυνση.

3. Τύποι συστημάτων αποθήκευσης ενέργειας

Τα υβριδικά οχήματα έχουν συστήματα αποθήκευσης ενέργειας που χρησιμοποιούνται κατά τη διάρκεια της οδήγησης. Η πλειονότητα των υβριδικών χρησιμοποιούν μπαταρίες ιόντων λιθίου. Μερικά θετικά χαρακτηριστικά είναι η υψηλή πυκνότητα ενέργειας, το μικρό βάρος και οι μικρές διαστάσεις. Οι συγκεκριμένες μπαταρίες αποθηκεύουν ενέργεια κατά τη διάρκεια του φρεναρίσματος ή από εξωτερική πηγή. Αποδίδουν την ενέργεια που προσκομίζουν κατά την οδήγηση με ηλεκτρική κίνηση. Μέρος των υβριδικών οχημάτων χρησιμοποιούν πυκνωτές, συσκευές που αποθηκεύουν ενέργεια ως ηλεκτρικό πεδίο. Οι πυκνωτές μπορούν να φορτιστούν και να εκφορτιστούν σε ταχύ ρυθμό, δίνοντας επιπλέον ισχύ κατά την επιτάχυνση και κατά το φρενάρισμα.

Ένα ποσοστό υβριδικών οχημάτων χρησιμοποιούν αποθηκευτικά συστήματα, όπως υδροκυλινδρικούς πομπούς. Ο υδροκυλινδρικός πομπός αποτελείται συνήθως από έναν κύλινδρο που φουλάρεται με υγρό ή αέριο, και έναν άξονα που συνδέεται με έναν μηχανισμό ή άλλη μηχανή. Ο κύριος μηχανισμός του είναι η μετατόπιση του υγρού ή του αερίου εντός του κυλίνδρου, προκειμένου να προκαλέσει μετακίνηση ή κίνηση σε άλλα μέρη του συστήματος. Ουσιαστικά, χρησιμοποιούνται για να αποθηκεύουν ενέργεια υπό πίεση κατά τη διάρκεια του φρεναρίσματος και να την εκφορτίζουν κατά την επιτάχυνση. Μερικά υβριδικά οχήματα χρησιμοποιούν έναν σφόνδυλο (flywheel) για σύστημα αποθήκευσης ενέργειας. Το flywheel περιστρέφεται με τρομερές ταχύτητες όταν το όχημα επιβραδύνει, αποθηκεύοντας έτσι ενέργεια και έπειτα μεταφέρει την ενέργεια αυτή πίσω στον κινητήρα κατά την επιτάχυνση.

3.1. Μπαταρίες

Οι μπαταρίες οξέος μολύβδου και ιόντων λιθίου είναι οι πιο συνηθισμένες σε εφαρμογή σε PHEV. Παρότι οι τεχνολογίες μπαταρίας και υπερπυκνωτής έχουν πολλά πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα, ο υβριδισμός είναι ικανός να οδηγήσει σε καλύτερη απόδοση του οχήματος και μεγαλύτερη διάρκεια ζωής της μπαταρίας. Τα μεταβατικά φορτία του οχήματος μπορούν να αντιμετωπιστούν από υπερπυκνωτές κατά την επιτάχυνση και την επιβράδυνση.

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ	ΚΥΚΛΟΣ ΖΩΗΣ	ΑΠΟΔΟΤΙΚΟΤΗΤΑ (%)	ΕΙΔΙΚΗ ΙΣΧΥΣ (W/KG)	ΕΙΔΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ (WH/KG)
ΜΠΑΤΑΡΙΑ ΟΞΕΟΣ ΜΟΛΥΒΔΟΥ	500-800	50-92	180	30-40
ΜΠΑΤΑΡΙΑ ΙΟΝΤΩΝ ΛΙΘΙΟΥ	500-1000	80-90	>3000	130-200
ΜΠΑΤΑΡΙΑ NIMH	500-1000	66	250-1000	30-80
ΥΠΕΡΠΥΚΝΩΤΗΣ	1000000	90	1000-9000	0.5-30

3.1.1. Μπαταρία οξέος μολύβδου

Η μπαταρία οξέος μολύβδου είναι ιδιαίτερα δημοφιλής στην αυτοκινητοβιομηχανία, τόσο για την εκκίνηση του κινητήρα αλλά και για τη βοήθεια που παρέχει όταν ο κινητήρας δεν λειτουργεί, ή για την παροχή ξαφνικών απαιτήσεων υψηλής ισχύος που δεν είναι δυνατόν να καλυφθούν μονάχα από τη γεννήτρια του οχήματος. Η μπαταρία αποτελείται από δύο ηλεκτρόδια, ένα από μόλυβδο και ένα άλλο

από διοξείδιο του μολύβδου. Ο ηλεκτρολύτης είναι γνωστό ότι είναι θεικό οξύ. Κατά τη διάρκεια της εκφόρτισης, ο ηλεκτρολύτης και το ενεργό υλικό στις πλάκες των μπαταριών τελειώνουν με αποτέλεσμα να παράγονται νερό και θεικός μόλυβδος. Κατά τη διάρκεια της φόρτισης, γίνεται η αντίστροφη διαδικασία και η ηλεκτρική ενέργεια απορροφάται από την μπαταρία. Στη συνέχεια το νερό και ο θεικός μόλυβδος καταναλώνονται και δημιουργούνται ηλεκτρολύτες και το ενεργό υλικό στις πλάκες.

3.1.2.Μπαταρία NiMH Η μπαταρία NiMH χρησιμοποιείται σε πληθώρα υβριδικών οχημάτων. Ωστόσο πλέον και άλλες χημικές ουσίες όπως τα ιόντα λιθίου την αντικαθιστούν σε κάποιο βαθμό.



Eikόνα 7:Μπαταρία NiMH

3.1.3.Μπαταρία ιόντων λιθίου

Στις μπαταρίες αυτές τα ιόντα Li μετακινούνται μέσα και έξω από πλέγματα κατά τη διάρκεια των κύκλων φόρτισης και εκφόρτισης. Η μπαταρία ιόντων λιθίου αποτελείται από πλάκες ανόδου και καθόδου σαν τη μπαταρία οξείου μολύβδου, αλλά κατασκευασμένες από οξείδιο κοβαλτίου-λιθίου (ή άλλα σύνθετα λιθίου) και άνθρακα. Οι συγκεκριμένες πλάκες και ο διαχωριστής βυθίζονται σε διαλύτη που είναι τη πλειονότητα των φορών είναι αιθέρας . Ο συγκεκριμένος τύπος μπαταρίας είναι κατασκευασμένος με πολύ υψηλή ενεργειακή πυκνότητα. Οι μπαταρίες ιόντων λιθίου δεν έχουν την δυνατότητα όπως άλλες επαναφορτιζόμενες μπαταρίες να χάσουν το μέγιστο επίπεδο φόρτισης όταν φορτίζονται και αποφορτίζονται επανειλημμένα σε επίπεδα τα οποία μπορεί να είναι διαφορετικά από την πλήρη χωρητικότητα. Οι μπαταρίες ιόντων λιθίου είναι επιβλαβείς για το περιβάλλον σχετικά λιγότερο λόγω της σύνθεσής τους. Εν αντιθέσει με τις μπαταρίες οξείου μολύβδου, έχουν αρκετά χαμηλότερο ρυθμό αυτοεκφόρτισης, αυξάνοντας έτσι πολύ τις δυνατότητες αδράνειας. Οι συγκεκριμένες μπαταρίες έχουν επίσης υψηλότερη αναλογία ισχύος προς όγκο, γεγονός που βοηθά τις εφαρμογές αυτοκινήτων όπου ο χώρος είναι περιορισμένος. Επιβάλλεται να τονιστεί ότι οι μπαταρίες οξείου μολύβδου είναι η προτιμώμενη συσκευή αποθήκευσης ενέργειας σε ποικίλες εφαρμογές για λόγους κόστους και επίσης λόγω του γεγονότος ότι οι μπαταρίες ιόντων λιθίου έχουν ορισμένες προβλήματα ασφάλειας που απαιτούν ιδιαίτερη προσοχή. Η υπερφόρτιση ή η υπερεκφόρτιση των συγκεκριμένων μπαταριών μπορεί να προκαλέσουν μεγάλη ζημιά στις πλάκες στο εσωτερικό τους. Η υπερφόρτιση είναι ικανή επίσης να προκαλέσει εξάτμιση του ηλεκτρολύτη και συσσώρευση πίεσης, γεγονός που μπορεί να οδηγήσει σε έκρηξη. Τα συγκεκριμένα θέματα είναι βαρυσήμαντα και έχουν δημιουργήσει προβλήματα σε δάφορες εφαρμογές, όπως στον τομέα της αεροδιαστημικής. Η μείωση της διάρκειας ζωής λόγω των προαναφερθέντων προβλημάτων είναι αρκετά μεγαλύτερη στις μπαταρίες λιθίου σε σχέση με τις μπαταρίες οξείου μόλυβδου.

3.1.4.Υπερπυκνωτές

Οι υπερπυκνωτές διαφέρουν από τις μπαταρίες διότι η ενέργεια αποθηκεύεται στο ηλεκτρικό πεδίο εντός τους αλλά επίσης και τα υλικά τους δεν αλλάζουν χημική σύσταση (χαρακτηριστικό των

μπαταριών) κατά τη φόρτιση και την αποφόρτιση. Οι υπερπυκνωτές έχουν ιδιαίτερα μεγάλη διάρκεια ζωής σε συνδυασμό με αρκετά χαμηλότερες απαιτήσεις συντήρησης και καλύτερη απόδοση σε χαμηλή θερμοκρασία και φιλικότητα προς το περιβάλλον. Ωστόσο, οι υπερπυκνωτές συνεχίζουν να είναι ακριβότεροι από τις μπαταρίες και ένα χαρακτηριστικό τους είναι η σχετικά χαμηλή ενεργειακή πυκνότητα. Επιπρόσθετα, οι υπερπυκνωτές είναι ικανοί να φορτιστούν σε μια συγκεκριμένη τιμή και σε συνδυασμό με τη μεγάλη διάρκεια ζωής τους και τον μηχανισμό φόρτισης είναι ικανοί να κρατήσουν αυτήν τη φόρτιση με πολύ μικρή αυτοεκτόνωση. Επιπροσθέτως, σε αντίθεση με τις μπαταρίες, οι συνεχόμενοι κύκλοι εκφόρτισης-φόρτισης σε έναν υπερπυκνωτή δεν προκαλούν κάποιουν είδους ζημιάς στη διάρκεια ζωής του. Ένα άλλο θετικό στοιχείο των υπερπυκνωτών είναι ότι επιτρέπουν γρήγορη φόρτιση και εκφόρτιση κάτι που είναι ιδιαίτερα χρήσιμο για γρηγορότερη φόρτιση των PHEV. Οι υπερπυκνωτές έχουν ιδιαίτερα μεγάλη διάρκεια ζωής (της τάξης του εκατομμυρίου κύκλων), με μικρή υποβάθμιση της ποιότητας πάνω από εκατοντάδες χιλιάδες κύκλους εκφόρτισης / φόρτισης. Για παράδειγμα, οι επαναφορτιζόμενες μπαταρίες διαρκούν μονάχα μερικές εκατοντάδες βαθιούς κύκλους. Χαρακτηριστικά η ενεργειακή πυκνότητα του υπερπυκνωτή θεωρείται αρκετά χαμηλότερη από εκείνη μιας ηλεκτροχημικής μπαταρίας (3–5 Wh / kg για έναν υπερπυκνωτή σε 68 σύγκριση με 30–40 Wh / kg για μια μπαταρία οξεός μολύβδου και 120 Wh / kg ή περισσότερο για μια μπαταρία ιόντων λιθίου). Επιπροσθέτως η πυκνότητα της ενέργειας τους είναι μόνο περίπου το 1/1000 της βενζίνης. Η πιο κερδοφόρα αποθήκευση και ανάκτηση ενέργειας χρειάζεται πολύπλοκα ηλεκτρονικά κυκλώματα ελέγχου και εξισορρόπησης που αποτελούνται από διακόπτες ηλεκτρονικών ισχύος. Η εσωτερική αντίσταση των υπερπυκνωτών είναι πολύ χαμηλή κάτι που οδηγεί σε πολύ υψηλή απόδοση ($\geq 95\%$).



Εικόνα 8: Υπερπυκνωτής

3.1.5. Χωρητικότητα μπαταριών

Τα υβριδικά αυτοκίνητα χρειάζονται ειδικές μπαταρίες με δυνατότητα δεκάδων χιλιάδων εκκινήσεων των οποίων οι χωρητικότητες είναι συνήθως από 70-95 Ah. Ωστόσο η εταιρεία Geotab παρατήρησε ότι τα ηλεκτρικά και υβριδικά αυτοκίνητα είδαν τη χωρητικότητα των μπαταριών τους να μειώνεται κατά 2,3% ετησίως λόγω φθοράς. Η εκτίμηση της απώλειας της χωρητικότητας για μια μπαταρία ηλεκτρικού αυτοκινήτου είναι μια πολύπλοκη διεργασία. Αρκετοί παράγοντες παίζουν ρόλο, όπως το περιβάλλον (με ιδιαίτερη έμφαση στη θερμοκρασία), το μοντέλο αλλά και ο τρόπος επαναφόρτισης. Πάραντα, μία έκθεση από μια εταιρεία διαχείρισης στόλου μας εμπλουτίζει με πολύτιμες πληροφορίες.

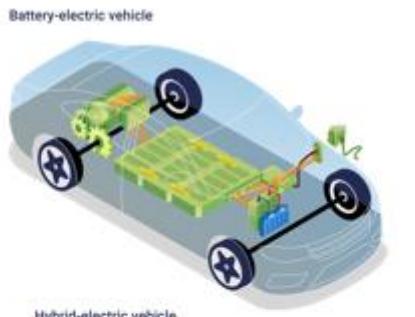
3.1.6. Μείωση απόδοσης της μπαταρίας με την πάροδο του χρόνου

Κάνοντας συλλογή δεδομένων σε πάνω από 6.300 ηλεκτρικά οχήματα, η Geotab κατάφερε να καθορίσει έναν μέσο όρο «φθοράς» (degradation). Σύμφωνα με την εταιρεία, οι μπαταρίες χάνουν περίπου το 2,3% της χωρητικότητάς τους ανά χρόνο. Η πρώτη εκτίμηση είναι ότι η απώλεια δεν είναι

γραμμική. Είναι σταθερή τα πρώτα τρία ή τέσσερα χρόνια, και επιταχύνεται με τη πάροδο του χρόνου. Μία άλλη παρατήρηση ήταν ότι οι διαφορές είναι πιθανόν να είναι μεγάλες μεταξύ ορισμένων μοντέλων. Για παράδειγμα, ένα Nissan Leaf πρώτης γενιάς αντιμετωπίζει μείωση 11,6% σε τρία χρόνια, έναντι μόνο 5,7% για το Tesla Model S. Η διαχείριση της ψύξης με αέρα από τους υπαλλήλους της Nissan θα τεκμηρίωνε αυτό το ποσοστό διότι είναι γνωστό ότι διαχειρίζεται τη θερμοκρασία με υγρόψυκτο σύστημα.

Ένα άλλο μοντέλο το Kia Soul EV ξεχωρίζει ιδιαίτερα, με μόλις 2% απώλεια σε 30 μήνες. Ο τύπος της μπαταρίας ίοντων λιθίου παίζει τον ρόλο του επίσης. Στη BMW i3, η χωρητικότητα των μοντέλων 2017 μειώνεται κατά 9%, έναντι 2,5% για το MY2018. Η μπαταρία του έχει βελτιωθεί σε σχέση με την αρχική των 27,3 kWh στις 37,9 kWh. Είναι αξιοσημείωτο ότι τα plug-in hybrid χάνουν πολύ λίγη από την ικανότητά τους. Αυτό οφείλεται στη χαμηλή ισχύ φόρτισης, έχοντας ως αποτέλεσμα να επηρεάζεται ελάχιστα η αξιοπιστία. Έτσι, ένα Toyota Prius Prime αποδίδει λιγότερο κατά 3,3% σε 2,5 χρόνια, ενώ ένα Audi A3 e-tron λιγότερο από 1%.

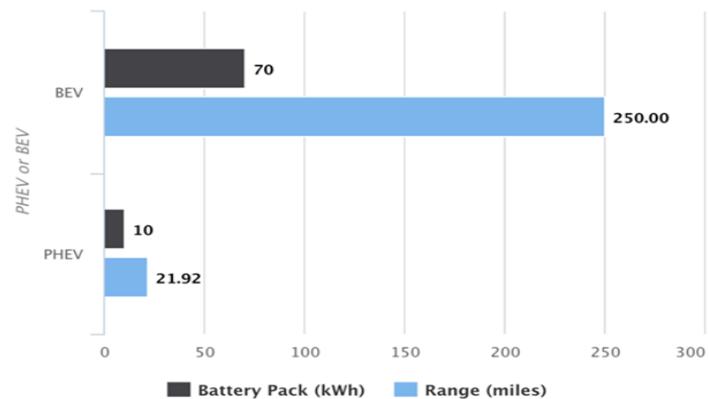
Οι μπαταρίες ηλεκτρικών αυτοκινήτων (EV),όπως προαναφέρθηκε, είναι κυρίως τύπου Ιόντων-Λιθίου (Li-ion) με τάση 300-800V και χωρητικότητα που κυμαίνεται από 40 έως 100 kWh, ανάλογα με το μοντέλο. Το βάρος τους κυμαίνεται από 200 έως 600 κιλά, προσφέροντας αυτονομία 200-500 χιλιομέτρων ανά φόρτιση. Η διάρκεια ζωής τους είναι 8-15 χρόνια ή 1.000-1.500 κύκλοι φόρτισης, με το ποσοστό ανακύλωσης να φτάνει το 60%, το οποίο αναμένεται να βελτιωθεί με την αυξημένη χρήση τους. Οι μπαταρίες των Plug-in Hybrid οχημάτων (PHEV) είναι επίσης τύπου Λιθίου-Ιόντων (Li-ion), με τάση 200-400V και χωρητικότητα 8-20 kWh. Για παράδειγμα, το Mitsubishi Outlander PHEV διαθέτει μπαταρία 13.8 kWh, με αυτονομία 45-55 χιλιομέτρων σε αμιγώς ηλεκτρική λειτουργία. Η συνολική αυτονομία των PHEV σε ηλεκτρική λειτουργία κυμαίνεται από 30 έως 80 χιλιόμετρα, ενώ συνδυάζονται με τον κινητήρα εσωτερικής καύσης για μεγαλύτερες αποστάσεις. Η διάρκεια ζωής των μπαταριών στα PHEV είναι παρόμοια με αυτή των ηλεκτρικών αυτοκινήτων, ενώ το κόστος αντικατάστασης κυμαίνεται από 3.000 έως 8.000 ευρώ, με βάρος που κυμαίνεται από 100 έως 300 κιλά. Το διάγραμμα δείχνει ότι η αυτονομία αυξάνεται αναλογικά με την αύξηση της χωρητικότητας της μπαταρίας, ιδιαίτερα στα ηλεκτρικά οχήματα (BEVs). Οι μπαταρίες Micro Hybrid έχουν χωρητικότητα 0.1-0.5 kWh, πυκνότητα ισχύος 2-5 kW και κόστος περίπου 200-500 ευρώ, συμβάλλοντας σε μείωση κατανάλωσης κατά 5-10% και έχουν διάρκεια ζωής 8-10 χρόνια. Οι μπαταρίες Mild Hybrid έχουν χωρητικότητα 0.5-1.5 kWh, πυκνότητα ισχύος 10-20 kW και κόστος περίπου 500-1.500 ευρώ, προσφέροντας μείωση κατανάλωσης κατά 10-15% και διάρκεια ζωής 6-8 χρόνια. Οι μπαταρίες των Full Hybrid οχημάτων έχουν χωρητικότητα 1-2 kWh, πυκνότητα ισχύος 30-70 kW και κόστος περίπου 2.000-4.000 ευρώ, επιτυγχάνοντας μείωση κατανάλωσης κατά 20-30% και διάρκεια ζωής 5-7 χρόνια.



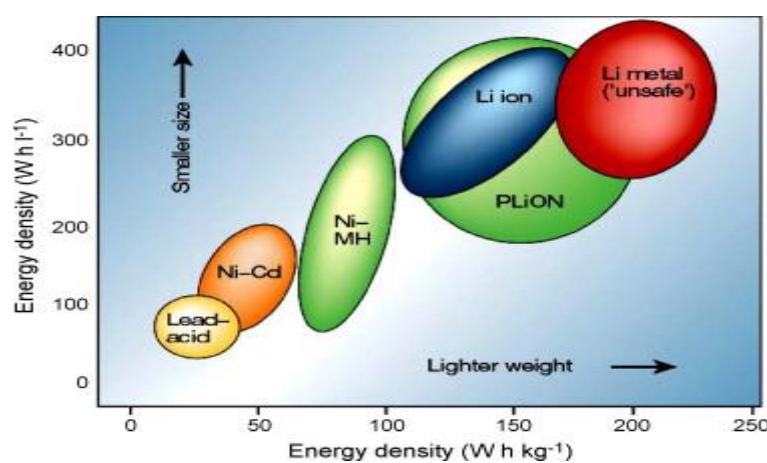
Hybrid-electric vehicle



Εικόνα 14: Σχεδιασμός ηλεκτρικών και υβριδικών οχημάτων



Εικόνα 15: Σύγκριση απόδοσης ηλεκτρικών και υβριδικών οχημάτων



Εικόνα 16: Ενεργειακή πυκνότητα διαφόρων ειδών μπαταριών

3.1.7. Σύστημα Ευφυούς Διαχείρισης Φορτίου Μπαταρίας

Προφανώς στόχος του είναι η αποτελεσματική και έξυπνη διαχείριση της ενέργειας στο σύστημα μπαταρίας. Το σύστημα κάνει προηγμένους υπολογισμούς έτσι ώστε να βρει το βέλτιστο επίπεδο φόρτισης και αποφόρτισης της μπαταρίας, παίρνοντας υπόψη τις συνθήκες οδήγησης, τις ανάγκες ισχύος του οχήματος και άλλες παραμέτρους. Επίσης παρακολουθεί την κατάσταση κάθε επιμέρους κελιού της μπαταρίας έτσι ώστε να γίνεται σωστά η φόρτιση, προστατεύοντας την από υπερβολική φόρτιση ή εκφόρτιση, αυξάνοντας έτσι τη ζωή της μπαταρίας. Επιπροσθέτως παρέχεται προστασία από πιθανά σενάρια υπερφόρτισης και υποφόρτισης, δίνοντας την απαραίτητη προστασία στην μπαταρία από ζημιές που είναι δυνατόν να προκληθούν από υψηλή ή χαμηλή τάση. Είναι επίσης γνωστό ότι η θερμοκρασία επηρεάζει την απόδοση και τη διάρκεια ζωής της μπαταρίας. Το σύστημα διαχείρισης ελέγχει τη θερμοκρασία της μπαταρίας δρα ανάλογα ρυθμίζοντας τη, διασφαλίζοντας τη σωστή λειτουργία σε διάφορες συνθήκες. Ορισμένα συστήματα δίνουν τη δυνατότητα σύνδεσης του οχήματος με εξωτερικές πηγές ενέργειας, όπως φωτοβολταϊκά συστήματα ή ηλεκτρικό δίκτυο. Μερικά παραδείγματα πχ είναι για επιπλέον φόρτιση και ενίσχυση της οικολογικής απόδοσης. Τέλος ρυθμίζει τη λειτουργία του οχήματος για την ελαχιστοποίηση των εκπομπών καυσαερίων, προωθώντας τη χρήση του ηλεκτρικού κινητήρα όταν αυτό είναι εφικτό.

3.1.8. Νέες τεχνολογίες που βοηθούν στην αποφυγή πυρκαγιών λόγω μπαταριών

Αρκετές αυτοκινητοβιομηχανίες έχουν προχωρήσει σε ανακλήσεις χιλιάδων ηλεκτρικών αυτοκινήτων έχοντας ως σκοπό να αποτρέψουν το ενδεχόμενο πυρκαγιάς. Τελευταίο παράδειγμα είναι αυτό της Porsche, η οποία απέσυρε το μοντέλο Taycan. Το συγκεκριμένο μοντέλο είναι πιθανόν να αναφλεχθεί εξαιτίας δυσλειτουργίας στη διαδικασία της φόρτισης.

Η εταιρεία Nanotech Energy εξέλιξε ένα νέο τύπο μπαταριών, ο οποίος μηδενίζει την πιθανότητα αυτανάφλεξης και υπόσχεται ότι καθιστά τις μπαταρίες ενός ηλεκτρικού αυτοκινήτου ανθεκτικές στη φωτιά αλλά και στην περίπτωση διάτρησης. Η καινοτομία των μπαταριών της Nanotech Energy συνίσταται στη δομή και τον σχεδιασμό των κελιών τους, τα οποία αποτελούνται από ηλεκτρολύτες με μεμονωμένα ηλεκτρόδια και συλλέκτες ηλεκτρικής ενέργειας από επιμεταλλωμένο πολυμερές Soteria. Μάλιστα, η Nanotech δημοσίευσε και ένα video από τη συγκριτική δοκιμή δύο διαφορετικών τύπων μπαταριών, με τον παραδοσιακό να αναφλέγεται όταν διαπερνάται από σφαίρα και τον νέο να μην εκρήγνυται κάτω από τις ίδιες ακριβώς συνθήκες.

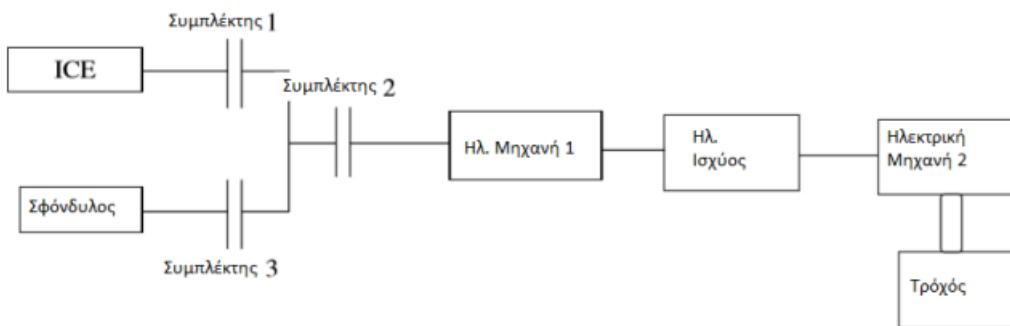
Εξίσου εντυπωσιακό είναι και το γεγονός ότι οι μπαταρίες Nanotech Energy αντέχουν ακόμα και σε θερμοκρασίες 180 βαθμών Κελσίου, αποτρέποντας την ανάφλεξή τους ακόμα και σε περίπτωση πυρκαγιάς από εξωγενή παράγοντα. Η εφαρμογή των νέων μπαταριών θα ξεκινήσει από τα ηλεκτρικά ποδήλατα και scooters, ωστόσο, σύντομα αναμένεται να περάσει και στην αυτοκινητοβιομηχανία, βάζοντας τέλος στην όποια ανησυχία προκαλεί η παρουσία ενός ηλεκτρικού αυτοκινήτου σε κλειστά parking ή ακόμα και σε οχηματαγωγά πλοία.

3.2. Σύστημα αποθήκευσης ενέργειας σφονδύλου

Η ενσωμάτωση σφονδύλου στο σχεδιασμό υβριδικών οχημάτων συζητείται αρκετά σήμερα ιδίως για μεγαλύτερα οχήματα μεταφοράς επιβατών. Οι αιτίες για τις οποίες συμβαίνει αυτό είναι πολλές. Συγκεκριμένα, δίνουν τη δυνατότητα για την ξεχωριστή επεξεργασία των απαιτήσεων για συγκεκριμένη ισχύ και συγκεκριμένη ενέργεια, υπονοώντας ότι οι πηγές εντάσεως ισχύος μπορούν να διατηρηθούν χωριστά από αυτές που απαιτούν ενεργειακή ένταση, λαμβάνοντας παράλληλα υπόψη ποιες θα χρησιμοποιηθούν για την κάλυψη των χαρακτηριστικών της ζήτησης φορτίου. Ο αριθμός ενέργειας που αποθηκεύεται σε ένα σφόνδυλο είναι συνδεδεμένος άμεσα με την ταχύτητα περιστροφής του σφονδύλου και τη στιγμή της αδράνειας. Η ανωτέρω σχέση υποδεικνύει προφανώς το ότι υπάρχει μια τετραγωνική σχέση μεταξύ της ενέργειας που είναι αποθηκευμένη στο σφόνδυλο και της ταχύτητας

περιστροφής του. Αρκετές εταιρείες έχουν αναπτύξει πρακτικά συστήματα αποθήκευσης ενέργειας σε σφόνδυλο. Η αύξηση της ταχύτητας περιστροφής δημιουργεί βελτιωμένη ειδική ενέργεια, ωστόσο αυξάνει την επικινδυνότητα και το κόστος, διότι τα ειδικά ρουλεμάν και τα υλικά υψηλής αντοχής μπορεί να καταστούν σημαντικά στο κόστος κατασκευής του συστήματος. Ο σφόνδυλος είναι ικανός επίσης να μετριάσει το πρόβλημα περιορισμένου κύκλου ζωής που προκαλούνται σε άλλες πηγές, διότι ο κύκλος ζωής ενός σφονδύλου είναι πρακτικά απεριόριστος ή επί το πλείστον μεγαλύτερος από τη διάρκεια ζωής του οχήματος. Μερικές βασικές έννοιες του σφονδύλου εξετάζονται παρακάτω. Ένα σύστημα σφόνδυλου είναι ικανό να περιλαμβάνει τη μεταφορά μιας μορφής ενέργειας σε μια άλλη, π.χ. η κινητική ενέργεια (μηχανική ενέργεια) του σφονδύλου που θα ήταν ικανή με κάποιο τρόπο να μετατραπεί σε ηλεκτρική και αντίστροφα, ή η μηχανική ενέργεια του οχήματος θα ήταν ικανή να μεταφερθεί στο σφόνδυλο, δηλαδή μεταφορά μηχανικής ενέργειας από ένα μηχανικό σύστημα σε ένα άλλο. Μια μέθοδος μεταφοράς ενέργειας από μία μηχανική οντότητα σε άλλη είναι μέσω ηλεκτρικής διασύνδεσης.

Εάν δεν χρησιμοποιείται ηλεκτρικό σύστημα, απαιτείται ένα σχετικά πιο δυσκίνητο σύστημα με γρανάζια, συμπλέκτες κ.λπ. για τη μεταφορά ενέργειας μεταξύ των μηχανικών συστημάτων. Με τη προϋπόθεση ότι η ενέργεια ενός περιστρεφόμενου σφονδύλου πρόκειται να μεταφερθεί στον τροχό του οχήματος, ο πιο απλός τρόπος είναι να συνδεθεί ο σφόνδυλος με την ηλεκτρική μηχανή. Ο σφόνδυλος και η ηλεκτρική μηχανή είναι ικανοί να λειτουργήσουν ξεχωριστά χρησιμοποιώντας ένα συμπλέκτη, ενώ η περιστροφική ενέργεια δεν καταναλώνεται. Για την ελαχιστοποίηση της τριβής, ο σφόνδυλος είναι ικανός να εγκλειστεί σε θάλαμο πολύ χαμηλής πίεσης αέρα και θα είχε τη δυνατότητα επίσης να χρησιμοποιηθεί σαν μαγνητικό ρουλεμάν σε ορισμένες περιπτώσεις έτοι ώστε να φτάσει στο ελάχιστο η τριβή του ρουλεμάν. Αφότου ο σφόνδυλος συνδεθεί με την ηλεκτρική μηχανή, είναι ικανός να λειτουργήσει ως ηλεκτρική γεννήτρια. Εάν η γεννήτρια λειτουργεί ήδη σε σύνδεση με τον ICE, τότε η ροπή του σφονδύλου είναι πιθανόν να προστεθεί στη ροπή του ICE για να δημιουργήσει πρόσθετη ισχύ στην γεννήτρια. Στη συνέχεια, η ισχύς της γεννήτριας, είναι ικανή να υποβληθεί σε επεξεργασία μέσω ενός συστήματος ηλεκτρονικών ισχύος και να τροφοδοτηθεί σε έναν κινητήρα. Με τη λήψη της μηχανικής ενέργειας από τον τροχό και την αποθήκευση στο σφόνδυλο, η διαδικασία είναι ικανή να αντιστραφεί. Ένα διάγραμμα επιπέδου συστήματος που απεικονίζει την έννοια της διεπαφής μεταξύ ενός σφονδύλου, του ICE και ενός συστήματος προώθησης οχήματος φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



Εικόνα 17: Σχηματική αναπαράσταση διασύνδεσης ICE, Σφονδύλου και ηλεκτρικών μηχανών

Στο σχήμα, εάν η περιστροφική ενέργεια του σφονδύλου πρέπει να μεταφερθεί στον τροχό του οχήματος, ο συμπλέκτης 3 και επίσης ο συμπλέκτης 2 είναι αναγκαίο να είναι ενεργοποιημένοι. Ο συμπλέκτης 1 μπορεί να ενεργοποιηθεί ή όχι, ανάλογα με το αν πρόκειται να χρησιμοποιηθεί ο ICE ή να μην παράγει την απαιτούμενη ισχύ που απαιτείται για την προώθηση του οχήματος. Η ηλεκτρική μηχανή 1 μπορεί να λειτουργήσει ως γεννήτρια εάν η ισχύς ρέει από αριστερά προς τα δεξιά. Μετά, τα ηλεκτρονικά ισχύος θα αλλάξουν την ισχύ στην πρέπουσα τάση, συχνότητα κ.λπ., και θα οδηγήσουν την ηλεκτρική μηχανή 2 (λειτουργεί ως κινητήρας) για την προώθηση των τροχών του οχήματος. Από την άλλη πλευρά, εάν υπάρχει πιθανότητα να ανακτηθεί η ενέργεια από τον τροχό του οχήματος (π.χ. με τη διαδικασία της αναγεννητικής πέδησης) τότε η ηλεκτρική μηχανή 2 μπορεί να λειτουργήσει και ως γεννήτρια και τα ηλεκτρονικά ισχύος να την μετατρέψουν σε κατάλληλη μορφή και να οδηγήσουν

την ηλεκτρική μηχανή 1 ως μοτέρ. Μονάχα οι συμπλέκτες 2 και 3 είναι απαραίτητο να δεσμευτούν για τη σύνδεση της ηλεκτρικής μηχανής 1 στο σφόνδυλο. Μεταξύ του ICE, των συμπλεκτών, του σφονδύλου και της ηλεκτρικής μηχανής 1 είναι πιθανό να υπάρχουν κατάλληλες ταχύτητες κατάλληλης αναλογίας. Ομοίως, μεταξύ της ηλεκτρικής μηχανής 2 και του τροχού 72 του οχήματος είναι πιθανό να υπάρχουν μεταδότες κίνησης (μηχανικού) κατάλληλης αναλογίας. Για να έχουν ισχύ όλα τα παραπάνω, είναι απαραίτητο να υπάρχει κατάλληλος ελεγκτής διαχείρισης ισχύος, όπως και ηλεκτρονικό σύστημα ισχύος και σύστημα ελέγχου ηλεκτρικής μηχανής για την ορθή λειτουργία των συσκευών. Ένα άλλο σημαντικό στοιχείο σχετικά με το σφόνδυλο είναι ότι, όταν περιστρέφεται, είναι ικανό να προκαλέσει γυροσκοπική επίδραση εάν το όχημα προσπαθεί να στρίψει γρήγορα. Το συγκεκριμένο πρόβλημα μπορεί γενικά να αντιμετωπιστεί έχοντας δύο περιστρεφόμενες μάζες με την ίδια αδράνεια αλλά κινούμενες σε αντίθετες κατευθύνσεις. Κάτι τέτοιο μπορεί να εφαρμοστεί εύκολα βάζοντας τα δύο περιστρεφόμενα μέλη σε ένα μόνο περίβλημα με ένα γρανάζι μεταξύ τους.



Εικόνα 18&19: Σφόνδυλοι

3.3. Υβριδικά συστήματα οχημάτων με βάση κυψέλες καυσίμου

Οι κυψέλες καυσίμου μπορούν να χαρακτηριστούν σαν κέντρα ενός συστήματος το οποίο χρησιμοποιεί το υδρογόνο ως καύσιμο. Αναλαμβάνουν τη μετατροπή του καυσίμου σε χρήσιμη ηλεκτρική ενέργεια. Η έννοια της κατάλυσης παίζει πολύ σημαντικό ρόλο στη λειτουργία μιας κυψέλης καυσίμου, όπως θα δούμε παρακάτω και η έρευνα για τη βελτίωση των αποδόσεων γίνεται κυρίως σε αυτόν τον τομέα, τομέας εξ ορισμού μελετημένος στην κλίμακα του νανομέτρου. Η κυψέλη καυσίμου αποτελείται από ένα μηχανισμό για μετατροπή του υδρογόνου και οξυγόνου σε νερό, παράγοντας ταυτόχρονα με τη διαδικασία αυτή, ηλεκτρισμό και θερμότητα. Ο ηλεκτρισμός παράγεται με τη μορφή συνεχούς ρεύματος. Η πρώτη κυψέλη φτιάχτηκε από τον Sir William Grove, το 1839. Ωστόσο η συστηματική έρευνα πάνω σε αυτές άρχισε μόλις τη δεκαετία του 1960, όταν η NASA χρησιμοποίησε κυψέλες καυσίμου στα διαστημικά σκάφη των προγραμμάτων Τζέμινι και Απόλλων ως φθηνότερη λύση από την ήλιακή ενέργεια.

Είναι ικανά να βοηθήσουν στην πλήρη αντικατάσταση του ICE, κάνοντας έτσι το όχημα σχεδόν πλήρως ηλεκτρικό. Κανονικά, ακόμη και ένα απόλυτα ηλεκτρικό όχημα, κάνοντας χρήση μιας κυψέλης καυσίμου θα χρειαστεί μια μπαταρία έτσι ώστε να ξεκινήσει η διαδικασία ενεργοποίησης της κυψέλης καυσίμου. Στο ηλεκτρικό όχημα κυψέλης καυσίμου υπάρχει η δυνατότητα να εξαλειφθεί ο εναλλάκτης ως πηγή παραγωγής ενέργειας. Στη θέση της μπαταρίας είναι πιθανό να υπάρχει υπερπυκνωτής και παρότι αυτός θα μπορούσε να εξαλειφθεί, συνίσταται να διατηρείται υπό κανονικές συνθήκες.

3.3.1. Τύποι κυψελών καυσίμου

Υπάρχουν πολλών ειδών κυψελών καυσίμων. Εκτός από την προαναφερθείσα ταξινόμηση, οι κυψέλες καυσίμου είναι ικανές επίσης να διαιρεθούν με βάση τη χημεία. Είναι απαραίτητο να σημειωθεί ότι ένα σύστημα κυψελών καυσίμου δεν είναι απλώς μια στοίβα κυψελών, αλλά έχει επίσης πολλά συστατικά για τη σύνθεση της συσκευασίας (τα οποία είναι τα παρακάτω):

- Κελιά
- Δεξαμενή καυσίμου
- Αν χρησιμοποιείται μεθανόλη ή άλλο καύσιμο για την παραγωγή του υδρογόνου θα χρειαστούν εξατμιστής, αναδομητής, συσκευής εξευγενισμού αερίου κ.α.
- διάφορες αντλίες
- συμπιεστής εάν χρειάζεται
- ανεμιστήρας ψύξης
- σύστημα θέρμανσης

Σημασία έχουν επίσης τα περιφερειακά μιας κυψέλης καυσίμου που αναλύονται ως εξής:

- τα κελιά να βρίσκονται σε μια ελάχιστη θερμοκρασία για να ξεκινήσει η χημική αντίδραση της κυψέλης
- μια μπαταρία ή κάποια βιοθητικά μέσα για την έναρξη της διαδικασίας
- ένα μέσο διατήρησης των τάσεων των κυψελών με πολύ ακρίβεια. Διαφορετικά η διάρκεια ζωής του συστήματος μπορεί να μειωθεί σημαντικά επειδή οι κυψέλες καυσίμου είναι πολύ ευαίσθητες



Εικόνα 20: Μπαταρία σε υβριδικό όχημα

3.3.2 Αρχή λειτουργίας κυψελών καυσίμου

Δύο ηλεκτρόδια διαχωρίζονται από μία μεμβράνη, η οποία έχει το ρόλο του ηλεκτρολύτη. Το υδρογόνο τροφοδοτεί το αρνητικό ηλεκτρόδιο (την άνοδο της κυψέλης), και ερχόμενο σε επαφή με τον καταλύτη διαχωρίζεται σε θετικά φορτισμένα ιόντα υδρογόνου και ηλεκτρόνια. Το ηλεκτρόδιο και ο καταλύτης είναι τέτοιας κατασκευής ώστε η διάχυση των ατόμων του υδρογόνου να γίνεται με ομοιόμορφο τρόπο. Τα ηλεκτρόνια τα οποία απελευθερώθηκαν μεταφέρονται μέσω εξωτερικού ηλεκτρικού κυκλώματος προς την κάθοδο (θετικό ηλεκτρόδιο) παράγωντας ηλεκτρισμό αφού η

μεμβράνη αποτρέπει τη διέλευση τους μέσω αυτής. Για αυτό το λόγο άνοδος και καταλύτης επιλέγονται αγώγιμα υλικά.

Τα θετικά φορτισμένα ιόντα του υδρογόνου (πρωτόνια) διαπερνούν τη μεμβράνη και ενώνονται με το οξυγόνο το οποίο τροφοδοτείται στην κάθοδο και παράγεται νερό. Όπως και πριν, την ομοιόμορφη διάχυση του οξυγόνου στον καταλύτη εξασφαλίζει η κατασκευή του ηλεκτροδίου. Στο σχηματισμό του νερού συμμετέχουν, εκτός των μορίων του οξυγόνου και των ιόντων του υδρογόνου, τα ηλεκτρόνια τα οποία διοχετεύτηκαν μέσω του εξωτερικού ηλεκτρικού κυκλώματος στην κάθοδο, στην αρχή της διαδικασίας. Τα δύο στρώματα (στηριζόμενου) καταλύτη χρησιμεύουν στην αύξηση της ταχύτητας των αντιδράσεων διάσπασης του μορίου του υδρογόνου και της ένωσης υδρογόνου οξυγόνου για τη δημιουργία νερού, στην άνοδο και στην κάθοδο αντίστοιχα. Συνήθως αποτελείται από ένα πολύ λεπτό στρώμα λευκόχρυσου (Pt) πάνω σε επιφάνεια άνθρακα. Το στρώμα αυτό είναι και το μέρος του καταλύτη το οποίο βρίσκεται σε επαφή με τη μεμβράνη. Ο καταλύτης είναι τραχύς και πορώδης ώστε να μεγιστοποιεί η εκτεθειμένη επιφάνεια του.

3.4. Βέλτιστη τοποθέτηση μπαταρίας

Η βέλτιστη τοποθέτηση της μπαταρίας σε ένα υβριδικό αυτοκίνητο μπορεί να διαφέρει ανάλογα με το σχεδιασμό του οχήματος και τον κατασκευαστή. Ωστόσο, συνήθως η μπαταρία τοποθετείται σε σημείο που εξασφαλίζει την καλύτερη κατανομή του βάρους για βελτιωμένη ευστάθεια και χειρισμό του οχήματος.

Η βέλτιστη τοποθέτηση της μπαταρίας σε ένα υβριδικό αυτοκίνητο είναι ιδιαίτερα σημαντική για την ομαλή λειτουργία και τη βελτίωση της απόδοσης του οχήματος. Η τοποθέτηση της μπαταρίας σε θέση που εξασφαλίζει χαμηλό κέντρο βάρους είναι κρίσιμη για την ευστάθεια του οχήματος, ενώ η ομαλή κατανομή του βάρους στο όχημα βοηθάει στη βελτίωση της οδηγικής εμπειρίας και στη μείωση του κινδύνου υπερφόρτωσης. Επιπλέον, η τοποθέτηση της μπαταρίας σε θέση προσβάσιμη για σέρβις μπορεί να μειώσει το κόστος συντήρησης και επισκευής του οχήματος, ενώ σε ορισμένα μοντέλα, η τοποθέτησή της κάτω από το πίσω κάθισμα μπορεί να ελευθερώσει χώρο στο εσωτερικό του αυτοκινήτου. Τέλος, η σωστή τοποθέτηση της μπαταρίας επηρεάζει την απόδοση του οχήματος, συμβάλλοντας στην αποτελεσματικότητα του συστήματος υβριδικής κίνησης και στη μείωση της κατανάλωσης καυσίμου.

Η τοποθέτηση της μπαταρίας σε υβριδικά αυτοκίνητα στον πίσω άξονα προσφέρει αρκετά πλεονεκτήματα όσον αφορά την εξοικονόμηση ενέργειας. Ετσι βοηθάται το όχημα στη βελτίωση της ισορροπίας βάρους και της αεροδυναμικής απόδοσης, γεγονός που βοηθά στη μείωση της κατανάλωσης καυσίμου και βελτίωσης των επιπέδων οδήγησης. Επιπλέον, η τοποθέτηση στο πίσω μέρος μπορεί να ελευθερώσει χώρο στον μπροστινό χώρο για μεγαλύτερη χωρητικότητα ή άλλες λειτουργίες. Παρ' όλα αυτά, οι λεπτομέρειες της τοποθέτησης της μπαταρίας επιβάλλεται να μελετάται ενδελεχώς, λαμβάνοντας υπόψη τη σταθερότητα, την ασφάλεια, και τις ανάγκες του εκάστοτε οχήματος.

3.4.1. Γρήγορη αλλαγή μπαταρίας

Η ταχεία αλλαγή μπαταρίας στα υβριδικά οχήματα αντιπροσωπεύει ένα σημαντικό κομμάτι της τεχνολογικής εξέλιξης στον τομέα της μεταφοράς. Καθώς ο αριθμός των υβριδικών οχημάτων στους δρόμους αυξάνεται διαρκώς, η ανάγκη για γρήγορες και αποτελεσματικές διαδικασίες αλλαγής μπαταριών γίνεται ολοένα και πιο επιτακτική. Η τεχνολογία των υβριδικών οχημάτων εξελίσσεται με γοργούς ρυθμούς, και μαζί με αυτήν, εξελίσσονται και οι διαδικασίες συντήρησης και επισκευής των οχημάτων αυτών. Η αλλαγή μπαταρίας αποτελεί έναν κρίσιμο παράγοντα στη συντήρηση ενός υβριδικού οχήματος, καθώς η κατάσταση της μπαταρίας επηρεάζει άμεσα την απόδοση και την αποτελεσματικότητα του οχήματος.

Η ταχεία αλλαγή μπαταρίας είναι σημαντική για πολλούς λόγους. Καταρχάς, η δυνατότητα να αλλάξει η μπαταρία γρήγορα εξασφαλίζει ότι οι οδηγοί δεν θα χάσουν πολύτιμο χρόνο από το πρόγραμμά τους.

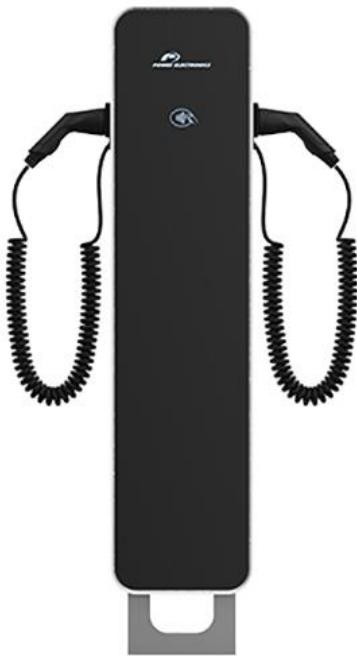
Επίσης, η ταχεία αλλαγή μπαταρίας μπορεί να συμβάλει στη μείωση του κόστους συντήρησης των υβριδικών οχημάτων. Όσο λιγότερος χρόνος χρειάζεται για την αλλαγή της μπαταρίας, τόσο λιγότερο κόστος θα προκύψει για τον ιδιοκτήτη του οχήματος. Επιπλέον, η ταχεία αλλαγή μπαταρίας μπορεί να βοηθήσει στην εξοικονόμηση ενέργειας. Με τη δυνατότητα να αλλάζουν οι μπαταρίες γρήγορα, οι οδηγοί μπορούν να επαναφορτίζουν τα οχήματά τους πιο συχνά, εκμεταλλευόμενοι τα περιθώρια χρόνου που έχουν διαθέσιμα. Για την υλοποίηση γρήγορης αλλαγής μπαταριών σε υβριδικά οχήματα υπάρχουν διάφορα σενάρια. Μία ιδέα είναι η δημιουργία ανταλλακτικών κέντρων μπαταριών, όπου οι οδηγοί θα έχουν τη δυνατότητα να αντικαθιστούν τις εκφορτισμένες μπαταρίες τους με πλήρως φορτισμένες. Μια άλλη λύση είναι η ανάπτυξη αυτοματοποιημένων συστημάτων αλλαγής μπαταριών, τα οποία θα δίνουν τη δυνατότητα αυτόματης αλλαγής χωρίς ανθρώπινη παρέμβαση. Ιδιαίτερη έμφαση πρέπει να δοθεί στην ανάπτυξη ελαφρών και εύκολα αφαιρούμενων μπαταριών, στοιχείο που θα διευκόλυνε τους οδηγούς. Τέλος, η τεχνολογία ανταλλαγής ιόντων θα προσέφερε γρήγορη φόρτιση και εκφόρτιση των μπαταριών. Οι συγκεκριμένες προσεγγίσεις μπορούν να εφαρμοστούν μεμονωμένα ή σε συνδυασμό μεταξύ τους, με σκοπό τη γρήγορη αλλαγή μπαταριών σε υβριδικά οχήματα.

3.5. Φορτιστές οχημάτων

Η εξέλιξη της τεχνολογίας στον τομέα των φορτιστών οχημάτων αποτελεί ακρογωνιαίο λίθο στην ηλεκτροκίνηση. Με τον ρυθμό που αυξάνεται ο αριθμός των ηλεκτρικών οχημάτων, είναι αναγκαίο να δημιουργηθούν φορτιστές υψηλής απόδοσης και εξαιρετικής ταχύτητας. Υπάρχουν δύο κύριοι τύποι φορτιστών: οι φορτιστές εναλλασσόμενου- AC και συνεχούς ρεύματος-DC. Οι φορτιστές εναλλασσόμενου ρεύματος AC χρησιμοποιούνται συχνά για οικιακή φόρτιση και οι φορτιστές συνεχούς ρεύματος DC για δημόσιους σταθμούς φόρτισης. Είναι ιδιαίτερα σημαντικό να γνωρίζουμε τον ενσωματωμένο φορτιστή του αυτοκινήτου μας (γνωστό και ως OBC), για να ξέρουμε με τι ταχύτητα θα φορτίζουμε το όχημα και ποιον φορτιστή να επιλέξουμε.

Φορτιστές εναλλασσόμενου ρεύματος: Ο κύριος τρόπος λειτουργίας των φορτιστών εναλλασσόμενου ρεύματος είναι η μετατροπή του εναλλασσόμενου ρεύματος σε συνεχές ρεύμα που χρησιμοποιείται για τη φόρτιση της μπαταρίας του αυτοκινήτου. Οι φορτιστές αυτοί χρησιμοποιούνται συχνότερα για τη φόρτιση ηλεκτρικών αυτοκινήτων στο σπίτι και στο γραφείο. Υπάρχει όμως και ο φορητός φορτιστής ηλεκτρικού αυτοκινήτου εναλλασσόμενου ρεύματος που χρησιμοποιείται συχνά στο σπίτι, καθώς δεν απαιτεί επιπλέον καλωδίωση. Ο ιδιοκτήτης του αυτοκινήτου συνδέει τον φορτιστή σε μια τυπική πρίζα τοίχου και σε μια θύρα φόρτισης στο αυτοκίνητο. Ο φορητός φορτιστής ηλεκτρικού αυτοκινήτου είναι ιδανικός κυρίως για PHEV λόγω της μικρής ταχύτητας φόρτισης.

Φορτιστές συνεχούς ρεύματος: Οι φορτιστές συνεχούς ρεύματος διαθέτουν είσοδο συνεχούς ρεύματος, μετασχηματιστή και έξοδο συνεχούς ρεύματος. Ο μετασχηματιστής μετατρέπει την τάση της πρίζας στην τάση της μπαταρίας του αυτοκινήτου. Η έξοδος DC του φορτιστή συνδέεται με την μπαταρία του αυτοκινήτου. Οι φορτιστές συνεχούς ρεύματος- DC χρησιμοποιούνται κυρίως σε δημόσιους σταθμούς φόρτισης. Είναι πιο ισχυροί από τους φορτιστές εναλλασσόμενου ρεύματος, γεγονός που τους επιτρέπει να επαναφορτίζουν την μπαταρία ενός αυτοκινήτου πιο γρήγορα. Το πρόσθετο κύκλωμα απαιτείται επειδή ο φορτιστής μπορεί να τραβήξει περισσότερη ισχύ από έναν φορτιστή εναλλασσόμενου ρεύματος. Οι φορτιστές συνεχούς ρεύματος είναι καλύτεροι για φόρτιση σε δημόσιους χώρους. Είναι ταχύτεροι από τους φορτιστές εναλλασσόμενου ρεύματος, ωστόσο το κόστος φόρτισης είναι μεγαλύτερο.



Εικόνα 21: Φορτιστής οχημάτων

3.5.1. Το κόστος των ταχυφορτιστών

Η Geotab πιστεύει ότι μεγάλο μέρος των συνεπειών οφείλονται στην επαναλαμβανόμενη χρήση ταχυφορτιστών. Κάνοντας χρήσης της ταχείας φόρτιση συνεχούς ρεύματος (DC) πάνω από τρεις φορές το μήνα, η μπαταρία εμφανίζει πέντε φορές μεγαλύτερη απώλεια χωρητικότητας. Χωρίς ταχεία φόρτιση, μια μπαταρία χάνει λιγότερο από 2% σε πέντε χρόνια, έναντι περισσότερο από 10% με συχνές ταχυφορτίσεις. Ακόμα και με ελαφρά χρήση ταχυφορτιστών (μία έως τρεις φορές μηνιαίως), το ποσοστό απώλειας υπερβαίνει το 8%. Ένας άλλος παράγοντας είναι το κλίμα που έχει τρομερό αντίκτυπο στη ζωή μιας μπαταρίας. Εξαιρώντας τα φορτία DC, ένας τόπος με θερμοκρασίες που έχει συχνά πάνω από 27 °C δίνει μια απώλεια πέντε φορές μεγαλύτερη.

Τέλος, τα χιλιόμετρα παίζουν μικρό ρόλο στην υποβάθμιση μιας μπαταρίας. Σύμφωνα με έρευνες, τα αμάξια που ταξιδεύουν λιγότερο από 8.000 km ετησίως δεν παρατηρήθηκαν να έχουν μικρότερη απώλεια χωρητικότητας από αυτά που υπερβαίνουν τα 25.000 km ετησίως. Επίσης είναι άξιο αναφοράς ότι λόγω του όγκου των μπαταριών υπάρχει μείωση χώρου αποσκευών, αλλά και μείωση της χωρητικότητας της δεξαμενής καυσίμου.

3.6. Ασύρματη Φόρτιση

Η φόρτιση και η ασύρματη φόρτιση αποτελούν ένα μείζον ζήτημα για τον τομέα των υβριδικών οχημάτων. Όλες οι εταιρείες ψάχνουν τρόπους και μεθοδολογίες που θα βελτιστοποιήσουν τον κάθε τρόπο φόρτισης αλλά και θα μειώσουν το κόστος φόρτισης. Στην επαγγωγική φόρτιση δεν θα είναι αναγκαία πλέον τα φις στα ηλεκτρικά αυτοκίνητα. Οι οδηγοί ηλεκτρικών αυτοκινήτων πλέον απλά θα μπαίνουν σε έναν εξειδικευμένο χώρο στάθμευσης όταν θα έχουν ανάγκη μπαταρίας, θα αναμένουν να ανάψει ένα λαμπάκι στο ταμπλό τους και στη συνέχεια θα πηγαίνουν να κάνουν κάτι άλλο.

Αυτός είναι ο σκοπός της ασύρματης φόρτισης EV, η οποία είναι μία επαγγελματική μεταφορά ηλεκτρονίων που εικάζεται ότι θα εκμηδενίσει την ανάγκη για όλα τα ενοχλητικά καλώδια. Πολλαπλές νεοσύστατες επιχειρήσεις έχουν ξοδέψει χρόνια δουλεύοντας για την δημιουργία ασύρματης φόρτισης, και καθώς τα PHEV γίνονται όλο και πιο διάσημα, αυξάνονται οι πιθανότητες υλοποίησης του έργου.

Ωστόσο, υφίστανται τεράστια εμπόδια, όπως οι χαμηλές ταχύτητες φόρτισης, τα χρήματα και το ενδιαφέρον που χρειάζονται για την κατασκευή σταθμών φόρτισης αλλά και η συμμετοχή περισσότερων κατασκευαστών αυτοκινήτων. Ενώ η φόρτιση χωρίς καλώδιο φαίνεται τέλεια σε θεωρητικό επίπεδο, η τεχνολογία αντιμετωπίζει το ίδιο πρόβλημα που επηρεάζει την κυκλοφορία των δημόσιων σταθμών φόρτισης.

3.6.1.Πώς λειτουργεί η επαγωγική φόρτιση

Η ασύρματη ή επαγωγική φόρτιση EV λειτουργεί χρησιμοποιώντας μαγνητικό συντονισμό και μια επιφάνεια φόρτισης η οποία συνδράμει στη δημιουργία πεδίου μετάδοσης ισχύος. Όταν ένα πηνίο σε έναν δέκτη κάτω από το αυτοκίνητο ευθυγραμμίζεται με ένα πηνίο στην επιφάνεια φόρτισης, ο δέκτης δέχεται αυτή την ενέργεια και την τροφοδοτεί στην μπαταρία του αυτοκινήτου. Η τεχνολογία μοιάζει αρκετά με την ασύρματη φόρτιση τηλεφώνου, η οποία απαιτεί επίσης δέκτη και ευθυγραμμισμένα πηνία, ωστόσο τα συστήματα EV μπορούν να λειτουργήσουν με έως και 25 εκατοστά απόσταση.

Η ταχύτητα είναι επίσης ένα μείζον ζήτημα. Οι περισσότεροι ασύρματοι φορτιστές είναι στο ίδιου βεληνεκούς με έναν φορτιστή επιπέδου 2 (το είδος που χρησιμοποιούμε στο σπίτι) και όχι με τους γρήγορους δημόσιους φορτιστές DC. Τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα είναι αναγκαίο επιπροσθέτως να σχεδιάζονται έχοντας ως κύριο γνώμονα την ασύρματη φόρτιση.

Για τις αυτοκινητοβιομηχανίες, η δημιουργία της ασύρματης φόρτισης είναι ακριβή και δεν υπάρχουν ακόμη υποδομές που θα δελεάσουν τους αγοραστές. Ο Άλεξ Γκρούζεν, διευθύνων σύμβουλος της WiTricity Corp., με έδρα τη Μασαχουσέτη, τόνισε στο Bloomberg ότι η δυνατότητα ασύρματης φόρτισης θα είναι ιδιαίτερα κοστοβόρα για τις αυτοκινητοβιομηχανίες. Εικάζεται ότι το κόστος θα είναι αρκετές εκατοντάδες δολάρια ανά αυτοκίνητο και στους καταναλωτές τουλάχιστον 2.500 δολάρια για την εκκίνηση. Οι δύο αρνητικοί παράγοντες προβλέπεται να μειώνονται τα επόμενα πέντε χρόνια. Αυτό σημαίνει ότι προς το παρόν, η ασύρματη φόρτιση EV υφίσταται ως επί το πλείστον με τη μορφή πιλοτικών έργων. Πολλαπλές δοκιμές ασύρματης φόρτισης αφορούν επαγγελματικά οχήματα, με προκαθορισμένες διαδρομές και την ικανότητα να τροφοδοτούνται κατά τη διάρκεια της νύχτας σε σταθερούς χώρους στάθμευσης.

Ο επικεφαλής σχεδιασμού της Tesla, Φραντζ Φον Χολτζχάουσεν, τον Δεκέμβριο επιβεβαίωσε ότι η εταιρεία σκοπεύει να δημιουργήσει τη δική της έκδοση τεχνολογίας επαγωγικής φόρτισης. Η ψήφος εμπιστοσύνης της Tesla οδηγεί και άλλες αυτοκινητοβιομηχανίες να ενδιαφερθούν με το συγκεκριμένο ζήτημα.

Η τυποποίηση θα ήταν ικανή να συμβάλει στην ενίσχυση της υιοθέτησης της συγκεκριμένης τεχνολογίας. Το 2022, η SAE International δημιούργησε το πρώτο πρότυπο για σταθερή ασύρματη φόρτιση για ελαφρά οχήματα, κατηγορία που κατατάσσεται στα επιβατηγά οχήματα. Η SAE έχει επίσης δημιουργήσει κάποιες οδηγίες, για βαρέα επαγγελματικά οχήματα με σκοπό να φορτίζουν ασύρματα σε ταχύτητες έως και 500 kW.

Αυτή τη χρονική στιγμή, μεγάλη πλειονότητα των επενδύσεων συνεχίζει να ασχολείται με φορτιστές EV, αν και ομοσπονδιακοί και πολιτειακοί νομοθέτες στην Αμερική ασκούν πίεση για επιχορηγήσεις για την επέκταση της ασύρματης φόρτισης. Περισσότερες δράσεις αναμένονται να γίνουν διότι οι πολιτείες έχουν επενδύσει 5 δισεκατομμύρια δολάρια σε ομοσπονδιακά χρήματα.

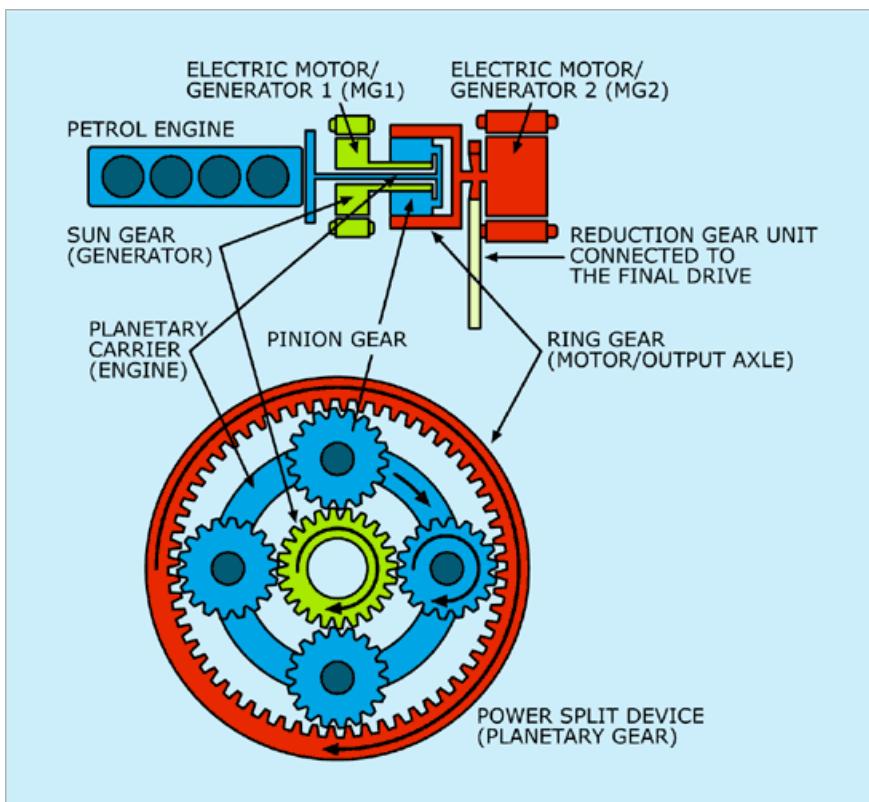
Η ενεργοποίηση ενός EV σε ένα επαγωγικό σταθμό δεν είναι η τελευταία λέξη της τεχνολογίας. Η SAE σχεδιάζει να ενημερώσει το πρότυπο ελαφρών οχημάτων της ώστε να έχει αμφίδρομη φόρτιση, η οποία θα δίνει τη δυνατότητα σε ένα όχημα να τροφοδοτεί ξανά με ρεύμα στο δίκτυο.

Η SAE αναπτύσσει επίσης τεχνικές οδηγίες για δυναμική επαγωγική φόρτιση, δηλαδή φόρτιση χωρίς σύνδεση όταν ένα όχημα κινείται. Η συγκεκριμένη τεχνολογία θα μπορούσε να μετατρέψει τους ίδιους τους δρόμους σε επιθέματα φόρτισης, ωστόσο είναι ακόμα σε πρώιμο στάδιο.

4. Συστήματα Λειτουργίας Υβριδικών

4.1.1 Σύστημα Αυτόματης Παροχής Ισχύος (Power Split)

Το Power Split Device (PSD) επιτρέπει την αποδοτική χρήση των διαφόρων πηγών ενέργειας, δηλαδή ο κινητήρας εσωτερικής καύσης και ο ηλεκτροκινητήρας. Αυτή η τεχνολογία επιτρέπει στο υβριδικό όχημα να λειτουργεί με μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα και οικονομία καυσίμου, ενώ παράλληλα μειώνει τις εκπομπές ρύπων. Το Power Split Device λειτουργεί ως μια μορφή μετάδοσης κίνησης που επιτρέπει τον συνδυασμό της ισχύος από δύο διαφορετικές πηγές, συνήθως από έναν κινητήρα εσωτερικής καύσης και έναν ηλεκτροκινητήρα. Αυτό δίνει τη δυνατότητα στο αυτοκίνητο να λειτουργεί σε διάφορες καταστάσεις, όπως μόνο με τον κινητήρα εσωτερικής καύσης, μόνο με τον ηλεκτροκινητήρα ή και με τους δύο συνδυαστικά, ανάλογα με τις απαιτήσεις και τις συνθήκες οδήγησης. Το βασικό στοιχείο του Power Split Device είναι ένα σύνολο γραναζιών και συμπλέκτη που επιτρέπει την μετάδοση ισχύος μεταξύ του κινητήρα εσωτερικής καύσης, του ηλεκτροκινητήρα και των τροχών του οχήματος. Ο συγκεκριμένος μηχανισμός επιτρέπει στο όχημα να λειτουργεί σε διάφορες λειτουργίες. Κατά τη λειτουργία του υβριδικού οχήματος, το Power Split Device προσαρμόζει συνεχώς τη μετάδοση ισχύος ανάμεσα στον κινητήρα εσωτερικής καύσης και τον ηλεκτροκινητήρα, ανάλογα με τις ανάγκες κίνησης του οχήματος και τις συνθήκες οδήγησης. Αυτό επιτρέπει την βέλτιστη απόδοση και οικονομία καυσίμου, ενώ ταυτόχρονα μειώνει και τις εκπομπές ρύπων.



Εικόνα 22:Power Split Device

4.1.2.Υβριδική Τεχνολογία Κινητήρων

Στα Plug-in Υβριδικά Οχήματα υπάρχει ένας κινητήρας εσωτερικής καύσης (συνήθως βενζίνης ή πετρελαίου) και ένας ηλεκτρικός κινητήρας, όπως προαναφέραμε όταν ένα PHEV ξεκινά την οδήγησή του, έχει την ικανότητα να λειτουργεί αποκλειστικά με τον ηλεκτρικό κινητήρα, κάνοντας χρήση της ενέργεια που έχει αποθηκευτεί στη μπαταρία. Αν η μπαταρία εξαντληθεί, ο κινητήρας εσωτερικής καύσης είναι ικανός να αναλάβει την κίνηση του οχήματος. Στη συγκεκριμένη λειτουργία, η MEK δρα ως γεννήτρια, φορτίζοντας τη μπαταρία και παρέχοντας ηλεκτρική ενέργεια στον ηλεκτρικό κινητήρα. Κάποιες φορές κατά την επιτάχυνση η οδήγηση σε

υψηλές ταχύτητες χρειάζεται τη χρήση και των δύο συγχρόνως για να παρέχουν επιπλέον ισχύ και απόδοση.

4.1.3. Συστήματα και τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται σε υβριδικά οχήματα για την επίτευξη υψηλής απόδοσης και οικονομίας καυσίμου

Αρκετοί υβριδικοί κινητήρες χρησιμοποιούν τον κύκλο Atkinson με στόχο να έχουν υψηλά θερμική απόδοση και οικονομία καυσίμου. Χαρακτηριστικό του κύκλου Atkinson είναι η μακρύτερη περίοδος εκτόνωσης από την περίοδο συμπίεσης, συνδράμοντας έτσι στη μείωση των απωλειών ενέργειας. Ένα άλλο σύστημα είναι το Variable Valve Timing (VVT) που είναι υπεύθυνο για τον χρονισμό λειτουργίας των βαλβίδων, ρυθμίζοντας παραμέτρους για τις επιδόσεις του κινητήρα σε ποικίλες συνθήκες οδήγησης με στόχο τη μέγιστη απόδοση και την ελάχιστη κατανάλωση καυσίμου. Ένα άλλο σύστημα του οποίου ο ρόλος είναι ο έλεγχος της λειτουργίας του κινητήρα και ανάλογα τις συνθήκες προσαρμόζει διάφορες παραμέτρους (χαρακτηριστικά παράδειγμα αποτελούν ο ρυθμός καύσης και η ανάθεση καυσίμου) είναι το Engine Control Unit που έχει σαν σκοπό τη μέγιστη απόδοση.

4.1. Προγράμματα οδήγησης σε ένα υβριδικό όχημα (Volvo XC90 Recharge PHEV)

Το όχημα που μελετάμε είναι το Volvo XC90 Recharge Plug-In Hybrid. Τα προγράμματα οδήγησης είναι τα παρακάτω: Hybrid, Pure, Power1, Constant AWD και Off-road. Τα διαφορετικά προγράμματα οδήγησης προσαρμόζονται έτσι ώστε να παρέχουν όσο το δυνατόν καλύτερα οδηγικά χαρακτηριστικά ως προς τα εξής: σύστημα διεύθυνσης, κινητήρας/κιβώτιο ταχυτήτων/τετρακίνηση, φρένα, ρύθμιση ύψους ανάρτησης και απορρόφηση κραδασμών, οιθόνη οδηγού, ρυθμίσεις κλιματισμού.

Συνιστάται να μην αφήνουμε το αυτοκίνητο σε χώρο χωρίς εξαερισμό έχοντας το πρόγραμμα οδήγησης ενεργοποιημένο και τον κινητήρα εσωτερικής καύσης απενεργοποιημένο, διότι ο κινητήρας τίθεται αυτόματα σε λειτουργία χαμηλού επιπέδου ισχύος στην υβριδική μπαταρία και τα καυσαέρια τότε είναι ικανά να δημιουργήσουν σοβαρές βλάβες σε ανθρώπους και ζώα. Στην οιθόνη του οδηγού επισημαίνεται το επιλεγμένο πρόγραμμα οδήγησης.

Hybrid: Όταν το αυτοκίνητο αρχίζει να λειτουργεί, είναι αυτόματα σε λειτουργία Hybrid. Το ηλεκτρομοτέρ και ο κινητήρας εσωτερικής καύσης χρησιμοποιούνται μεμονωμένα ή παράλληλα, και η χρήση τους αλλάζει ανάλογα τις επιδόσεις, την κατανάλωση καυσίμου και την άνεση. Η δυνατότητα λειτουργίας αποκλειστικά με το ηλεκτρομοτέρ εξαρτάται από το απόθεμα ισχύος της υβριδικής μπαταρίας αλλά και από άλλους παράγοντες όπως τις ανάγκες θέρμανσης ή ψύξης στον χώρο επιβατών. Ο κινητήρας εσωτερικής καύσης αρχίζει να λειτουργεί όταν η απόδοση ισχύος του αυτοκινήτου είναι μεγαλύτερη από τη χωρητικότητα της υβριδικής μπαταρίας. Στη λειτουργία αυτή η χωρητικότητα ρυθμίζεται με βάση το επίπεδο φόρτισης της υβριδικής μπαταρίας, την ταχύτητα του αυτοκινήτου κ.λπ. Η Volvo προτείνει τη χρήση του προγράμματος Hybrid για την καθημερινή οδήγηση.

Στο πρόγραμμα Hybrid σε υψηλότερες ταχύτητες, η απόσταση από το έδαφος μειώνεται αυτόματα. Επιπρόσθετα το σύστημα τετρακίνησης ενεργοποιείται αυτόματα όταν είναι αναγκαίο. Συν τοις άλλοις ο κινητήρας εσωτερικής καύσης τίθεται σε λειτουργία συχνότερα όταν το επίπεδο φόρτισης (SoC) της υβριδικής μπαταρίας είναι σε χαμηλά επίπεδα. Για να λειτουργήσει το αυτοκίνητο αποκλειστικά με το ηλεκτρομοτέρ φορτίζουμε το αυτοκίνητο ή ενεργοποιούμε το Charge από την επιλογή Χρήση μπαταρίας στην κεντρική οιθόνη.

Το αυτοκίνητο έχει τη δυνατότητα να κινηθεί αποκλειστικά με το ηλεκτρομοτέρ όταν το επίπεδο φόρτισης (SoC) είναι υψηλό. Ο κινητήρας εσωτερικής καύσης λειτουργεί όταν το επίπεδο ενέργειας στην μπαταρία δεν είναι αρκετό για την ισχύ του κινητήρα που ζητά ο/η οδηγός πιέζοντας το πεντάλ γκαζιού. Η ενέργεια που προκαλείται μεταφέρεται στην υβριδική μπαταρία όταν πατάμε ήπια το πεντάλ φρένων.

Pure: Η χρήση του ηλεκτρομοτέρ του αυτοκινήτου γίνεται σε μεγαλύτερο βαθμό στο πρόγραμμα Pure. Το πρόγραμμα οδήγησης είναι διαθέσιμο όταν το επίπεδο φόρτισης της υβριδικής μπαταρίας είναι επαρκώς υψηλό. Αν το επίπεδο φόρτισης της μπαταρίας είναι πολύ χαμηλό, τα χαρακτηριστικά του

αυτοκινήτου αλλάζουν έτσι ώστε να πετύχουμε όσο το δυνατόν χαμηλότερη κατανάλωση ενέργειας. Το πρόγραμμα αυτό συνιστάται να χρησιμοποιείται για την καθημερινή οδήγηση. Όταν χρησιμοποιούμε το πρόγραμμα αυτό η απόσταση από το έδαφος είναι μικρότερη για να μειωθεί η αεροδυναμική αντίσταση. Επίσης η απόδοση ορισμένων ρυθμίσεων των κλιματισμού προσαρμόζονται. Είναι αξιοσημείωτο ότι σε ολισθηρό οδόστρωμα, ενδέχεται να επιτραπεί λίγο παραπάνω ολίσθηση των τροχών πριν ενεργοποιηθεί η τετρακίνηση.

Η λειτουργία Pure είναι διαθέσιμη όταν η υβριδική μπαταρία έχει αρκετά υψηλό επίπεδο φόρτισης (SoC) και αρκετή απόδοση ισχύος (στοιχεία που μπορεί να επηρεαστούν από τη θερμοκρασία). Κατά την εκκίνηση του κινητήρα εσωτερικής καύσης, το πρόγραμμα οδήγησης αλλάζει αυτόματα σε Hybrid μέχρι ο οδηγός να μπορέσει να επιλέξει ξανά το πρόγραμμα Pure. Ο κινητήρας εσωτερικής καύσης τίθεται σε λειτουργία όταν εικνεί το αυτοκίνητο και επιβάλλεται να λειτουργήσει για μερικά λεπτά ώστε να πραγματοποιηθεί ο καλύτερος δυνατός ο έλεγχος εκπομπών καυσαερίων. Επίσης ενεργοποιείται, αν το επίπεδο φόρτισης (SoC) της μπαταρίας είναι πολύ χαμηλό ή αν ο οδηγός πατήσει το πεντάλ γκαζιού μέχρι το τέρμα. Το πρόγραμμα Pure δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί αν το επίπεδο φόρτισης (SoC) της μπαταρίας είναι πολύ χαμηλό ή αν η ταχύτητα υπερβεί τα 140 km/h (87 mph) (δεν ισχύει όταν οδηγούμε σε κατηφορικές διαδρομές, κ.λπ.) ή σε περίπτωση περιορισμών του συστήματος/εξαρτημάτων π.χ. χαμηλή εξωτερική θερμοκρασία.

Ο κινητήρας εσωτερικής καύσης μπορεί να τεθεί προσωρινά σε λειτουργία, σε συγκεκριμένες οδηγικές συνθήκες, όταν χρησιμοποιείται το πρόγραμμα οδήγησης Pure. Αυτό συμβαίνει για να έχουν οι τροχοί την επιθυμητή ροπή σε οδηγικές συνθήκες που απαιτούν μεγαλύτερο φορτίο, π.χ. κατά την οδήγηση με τρέιλερ ή σε έδαφος με ανηφορική κλίση. Επειδή στο αυτοκίνητο δεν ακούγεται θόρυβος από τον κινητήρα, όταν κινείται λόγω του ηλεκτρικού μοτέρ, υπάρχει ένα τεχνητός εξωτερικός θόρυβος υποβάθρου σε χαμηλή ταχύτητα και κατά την όπισθεν. Ο σκοπός αυτού του προειδοποιητικού ήχου είναι τα παιδιά, οι πεζοί, οι δικυκλιστές και τα ζώα, να μπορούν πιο εύκολα να αντιληφθούν το αυτοκίνητο και να αποφύγουν τον κίνδυνο πρόσκρουσης με το αυτοκίνητο.

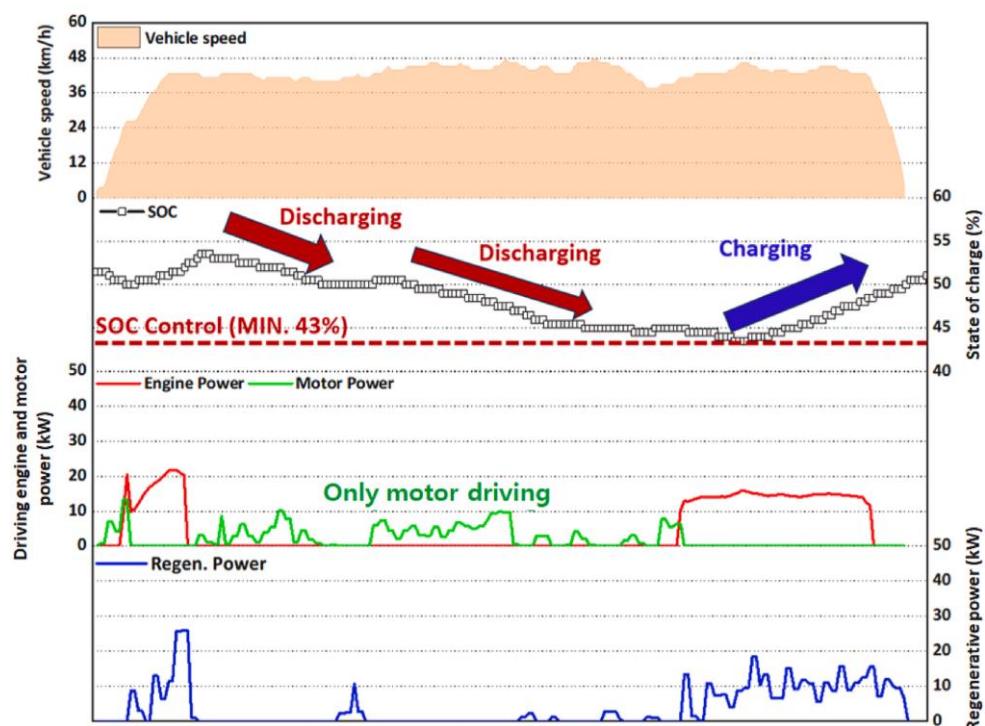
Power: Το πρόγραμμα οδήγησης Power συνδυάζει τη χρήση του ηλεκτρικού μοτέρ και του κινητήρα εσωτερικής καύσης, ώστε να επιτευχθούν όσο το δυνατόν μεγαλύτερες επιδόσεις και απόκριση κατά την επιτάχυνση. Οι αλλαγές σχέσεων πραγματοποιούνται πιο γρήγορα και το κιβώτιο ταχυτήτων δίνει προτεραιότητα στις σχέσεις με μεγαλύτερη πρόσφυση. Η απόκριση του τιμονιού είναι πιο άμεση και η ανάρτηση πιο σκληρή. Στο πρόγραμμα αυτό υπάρχει μικρότερη απόσταση από το έδαφος, που συνεπάγεται με ότι το αμάξωμα ακολουθεί το οδόστρωμα, ώστε να μειωθούν οι κλίσεις του αμαξώματος στις στροφές. Ωστόσο η κατανάλωση καυσίμου κατά πάσα πιθανότητα θα αυξηθεί.

Constant AWD: Το πρόγραμμα οδήγησης Constant AWD αυξάνει την πρόσφυση του αυτοκινήτου με ενισχυμένη τετρακίνηση. Η κατανομή της ροπής ανάμεσα στον μπροστινό και τον πίσω άξονα παρέχει βέλτιστη πρόσφυση, ευστάθεια και κράτημα στο δρόμο. Συνιστάται η χρήση του σε ολισθηρό οδόστρωμα, όταν οδηγούμε με βαρύ τρέιλερ ή κατά τη ρυμούλκηση.

Off-road: Το πρόγραμμα οδήγησης Off-road αυξάνει την απόσταση του οχήματος από το έδαφος. Το τιμόνι είναι ελαφρύ και ενεργοποιούνται η τετρακίνηση και η λειτουργία Low Speed Control για το σύστημα ελεγχόμενης κατάβασης (Hill Descent Control). Η χρήση του είναι αναγκαία όταν θέλουμε μεγαλύτερη πρόσφυση και οδηγούμε σε δύσκολο έδαφος και κακό οδόστρωμα. Το πρόγραμμα οδήγησης είναι διαθέσιμο μόνο σε χαμηλές ταχύτητες (μέχρι και 40 km/h). Αν ο οδηγός υπερβεί αυτή τη ταχύτητα, το πρόγραμμα Off-road απενεργοποιείται και ενεργοποιείται το πρόγραμμα οδήγησης Constant AWD. Ωστόσο η κατανάλωση καυσίμου μπορεί πάλι να αυξηθεί. Ωστόσο είναι σχεδιασμένο για χρήση σε δημόσιες οδούς. Αν θέσουμε εκτός λειτουργίας το αυτοκίνητο όταν είναι επιλεγμένο το πρόγραμμα Off-road και, συνεπώς, αυξηθεί η απόστασή του από το έδαφος, το αυτοκίνητο θα χαμηλώσει την επόμενη φορά που θα τεθεί σε λειτουργία. Το πρόγραμμα οδήγησης Off-road επιβάλλεται να μην χρησιμοποιείται όταν οδηγούμε με τρέιλερ χωρίς σύνδεσμο τρέιλερ. Διαφορετικά, υπάρχει πιθανότητα να προκληθεί ζημιά στο πτυχωτό ελαστικό κάλυμμα αέρα.



Eικόνα 23: Volvo XC40



(b) Hybrid electric vehicle (eco mode)

Eικόνα 23: Αναγεννητική πέδηση μέσα στη πόλη σε eco mode

Το διάγραμμα (b) απεικονίζει τη λειτουργία ενός υβριδικού ηλεκτρικού οχήματος (PHEV) σε eco mode, εστιάζοντας στις μεταβολές του State of Charge (SOC) της μπαταρίας, την ισχύ του κινητήρα (engine power), την ισχύ του ηλεκτροκινητήρα (motor power) και την αναγεννητική ισχύ (regenerative power). Η ταχύτητα του οχήματος παρουσιάζεται στην κορυφή του διαγράμματος με την πορτοκαλί σκιάση, δείχνοντας μια σχετικά σταθερή ταχύτητα, πιθανόν σε αυτοκινητόδρομο ή σε σταθερή πορεία σε δρόμο ταχείας κυκλοφορίας. Το SOC της μπαταρίας εκφράζει το ποσοστό φόρτισής της, με τιμές που κυμαίνονται περίπου μεταξύ 57.5% και 65%, όπου η αύξηση του SOC υποδηλώνει φόρτιση της

μπαταρίας, ενώ η μείωσή του δείχνει ότι η μπαταρία αποφορτίζεται για να παρέχει ενέργεια στο ηλεκτρικό σύστημα του οχήματος. Η φόρτιση της μπαταρίας επισημαίνεται με μπλε βέλη, δείχνοντας ότι συμβαίνει κατά τη διάρκεια της οδήγησης μόνο με τον κινητήρα, όταν το όχημα λειτουργεί κυρίως με τον βενζινοκινητήρα, ο οποίος φορτίζει ταυτόχρονα την μπαταρία. Η φόρτιση μπορεί επίσης να πραγματοποιείται μέσω της αναγεννητικής πέδησης, όπου η κινητική ενέργεια από την επιβράδυνση μετατρέπεται σε ηλεκτρική και αποθηκεύεται στην μπαταρία, όπως φαίνεται από τη μπλε γραμμή στο κάτω μέρος. Η ισχύς του κινητήρα και του ηλεκτροκινητήρα παρουσιάζεται με την κόκκινη και την πράσινη γραμμή αντίστοιχα, όπου η κόκκινη γραμμή αντιπροσωπεύει την ισχύ που παράγεται από τον κινητήρα εσωτερικής καύσης (MEK) και αυξάνεται σε ορισμένα σημεία, υποδεικνύοντας αυξημένη λειτουργία του κινητήρα για παροχή ενέργειας στο όχημα και φόρτιση της μπαταρίας. Η πράσινη γραμμή αναπαριστά την ισχύ του ηλεκτροκινητήρα, ο οποίος εμπλέκεται όταν απαιτείται πρόσθετη ισχύ, ενώ σε άλλες στιγμές ο κινητήρας αναλαμβάνει την κίνηση. Η αναγεννητική ισχύς, που αναπαριστάται με τη μπλε γραμμή στο κάτω μέρος, δείχνει την ισχύ που ανακτάται κατά την πέδηση και την επιβράδυνση και χρησιμοποιείται για τη φόρτιση της μπαταρίας, συμβάλλοντας στην αύξηση του SOC. Όταν το όχημα επιβραδύνει, ο ηλεκτροκινητήρας λειτουργεί ως γεννήτρια, ανακτώντας ενέργεια που θα χανόταν ως θερμότητα και αποθηκεύοντας την στην μπαταρία. Στο διάγραμμα όπου αναφέρεται ως "Only engine driving" παρατηρούμε ότι το όχημα κινείται αποκλειστικά με τον κινητήρα εσωτερικής καύσης, όπου η μπαταρία δεν χρησιμοποιείται για την κίνηση, αλλά μπορεί να φορτίζεται, διατηρώντας ή αυξάνοντας το SOC για χρήση αργότερα στην ηλεκτρική κίνηση, όπως σε αστικές περιοχές. Συνολικά, το διάγραμμα δείχνει τη λειτουργία ενός υβριδικού οχήματος σε eco mode, όπου ο κινητήρας εσωτερικής καύσης και ο ηλεκτροκινητήρας συνεργάζονται για την επίτευξη βέλτιστης κατανάλωσης καυσίμου και φόρτισης της μπαταρίας. Η μπαταρία φορτίζεται κατά την οδήγηση με τον κινητήρα και μέσω της αναγεννητικής πέδησης, με αυτόν τον συνδυασμό να μειώνει την κατανάλωση καυσίμου και να χρησιμοποιεί την ηλεκτρική ενέργεια για μείωση των εκπομπών ρύπων όταν αυτό είναι απαραίτητο.

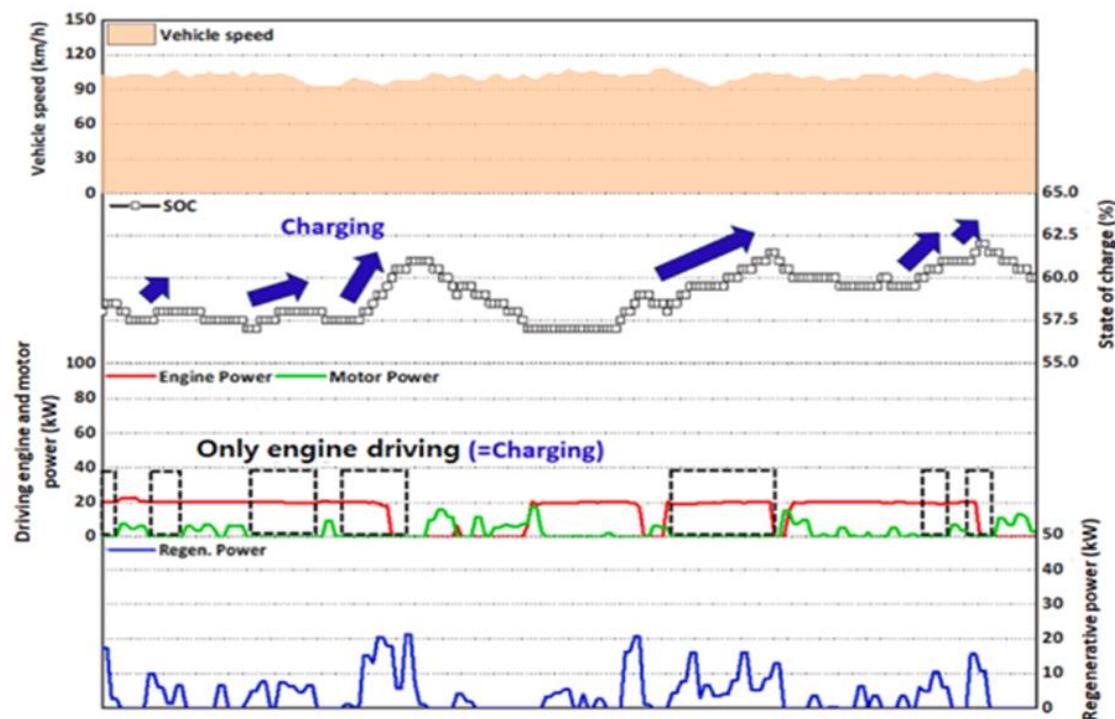


(c) Hybrid electric vehicle (sports mode)

Eικόνα 24: Αναγεννητική πέδηση μέσα στη πόλη σε sports mode

Το διάγραμμα (c) απεικονίζει τη λειτουργία ενός υβριδικού ηλεκτρικού οχήματος (PHEV) σε sports mode, εστιάζοντας σε διάφορες παραμέτρους όπως η ταχύτητα του οχήματος, η κατάσταση φόρτισης

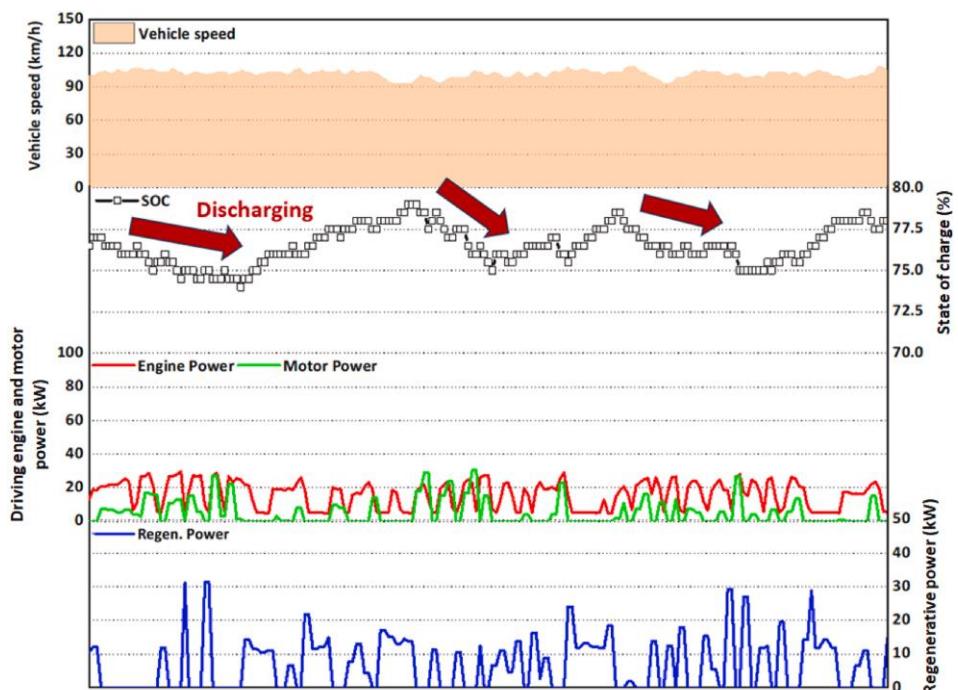
(SOC) της μπαταρίας, η ισχύς του κινητήρα εσωτερικής καύσης (ICE), η ισχύς του ηλεκτροκινητήρα και η αναγεννητική ισχύς. Η ταχύτητα απεικονίζεται στην κορυφή του διαγράμματος με πορτοκαλί σκίαση και παραμένει σχετικά σταθερή, γύρω στα 50-60 km/h, υποδεικνύοντας πιθανόν οδήγηση σε αυτοκινητόδρομο ή σε συνθήκες σταθερής ταχύτητας. Το SOC δείχνει την κατάσταση φόρτισης της μπαταρίας, δηλαδή το ποσοστό ενέργειας που έχει απομείνει στη μπαταρία, και κυμαίνεται μεταξύ περίπου 87.5% και 95%. Το μπλε βέλος υποδεικνύει μια περίοδο κατά την οποία το SOC αυξάνεται, δηλαδή η μπαταρία βρίσκεται σε φάση φόρτισης, η οποία γίνεται κυρίως μέσω της λειτουργίας του κινητήρα και της αναγεννητικής πέδησης. Η ισχύς του κινητήρα και του ηλεκτροκινητήρα απεικονίζεται με την κόκκινη και την πράσινη γραμμή αντίστοιχα. Η κόκκινη γραμμή δείχνει την ισχύ που παράγεται από τον κινητήρα εσωτερικής καύσης, ο οποίος συμμετέχει ενεργά παρέχοντας ισχύ στο όχημα καθ' όλη τη διάρκεια της οδήγησης, ενώ η πράσινη γραμμή δείχνει την ισχύ του ηλεκτροκινητήρα, ο οποίος υποβοηθά τον κινητήρα εσωτερικής καύσης σε διάφορες στιγμές, κυρίως όταν απαιτείται περισσότερη ισχύ. Σε sports mode, ο συνδυασμός αυτών των δύο πηγών ισχύος προσφέρει καλύτερες επιδόσεις με υψηλότερη απόκριση και επιτάχυνση. Η μπλε γραμμή στο κάτω μέρος δείχνει την ισχύ που ανακτάται κατά τη διάρκεια της πέδησης ή της επιβράδυνσης του οχήματος, όπου η κινητική ενέργεια μετατρέπεται σε ηλεκτρική μέσω της αναγεννητικής πέδησης και αποθηκεύεται στη μπαταρία, αυξάνοντας το SOC. Η αύξηση του SOC που φαίνεται με το μπλε βέλος σημαίνει ότι η μπαταρία φορτίζεται σε διάφορες στιγμές, είτε λόγω της λειτουργίας του κινητήρα εσωτερικής καύσης είτε μέσω της αναγεννητικής πέδησης. Σε sports mode, η φόρτιση μπορεί να είναι πιο έντονη, καθώς η υψηλότερη απόδοση και η επιθετική οδήγηση παράγουν περισσότερη ενέργεια κατά την πέδηση. Συνολικά, το διάγραμμα δείχνει τη λειτουργία ενός υβριδικού οχήματος σε sports mode, όπου ο κινητήρας εσωτερικής καύσης και ο ηλεκτροκινητήρας συνεργάζονται για υψηλές επιδόσεις. Η μπαταρία φορτίζεται κυρίως μέσω της αναγεννητικής πέδησης και της λειτουργίας του κινητήρα. Το sports mode επιτρέπει στο όχημα να ανταποκρίνεται γρήγορα στις απαιτήσεις του οδηγού, προσφέροντας καλύτερη επιτάχυνση και διατήρηση υψηλών ταχυτήτων, ενώ παράλληλα διαχειρίζεται τη φόρτιση της μπαταρίας για βέλτιστη χρήση της ηλεκτρικής ενέργειας.



(b) Hybrid electric vehicle (eco mode)

Εικόνα 25: Αναγεννητική πέδηση σε αυτοκινητόδρομο σε eco mode

Το διάγραμμα (b) αφορά ένα υβριδικό ηλεκτρικό όχημα (PHEV) σε λειτουργία οικονομίας (eco mode) και αποτελείται από τρία υποδιάγραμμα που απεικονίζουν διάφορες παραμέτρους της λειτουργίας του οχήματος. Το πρώτο υποδιάγραμμα απεικονίζει την ταχύτητα του οχήματος σε χιλιόμετρα ανά ώρα σε σχέση με τον χρόνο. Η καφέ περιοχή δείχνει ότι η ταχύτητα παραμένει σταθερή στο μεγαλύτερο μέρος, με μικρές διακυμάνσεις. Το δεύτερο υποδιάγραμμα παρουσιάζει το ποσοστό της φόρτισης της μπαταρίας (SOC) του οχήματος σε ποσοστό, το οποίο κυμαίνεται μεταξύ 55% και 65%. Τα μπλε βέλη υποδεικνύουν περιόδους όπου το όχημα φορτίζει την μπαταρία του. Η φόρτιση της μπαταρίας επιτυγχάνεται είτε από το σύστημα αναγεννητικής πέδησης είτε μέσω του κινητήρα που λειτουργεί ως γεννήτρια όταν το όχημα είναι σε φάση ελαττωμένης ισχύος. Το τρίτο υποδιάγραμμα δείχνει τις καμπύλες ισχύος από τον κινητήρα (κόκκινη γραμμή), τον ηλεκτροκινητήρα (πράσινη γραμμή) και την ισχύ από την αναγεννητική πέδηση (μπλε γραμμή). Παρατηρούμε ότι σε συγκεκριμένες χρονικές περιόδους, όπως υποδεικνύεται με τις μαύρες διακεκομένες περιοχές, το όχημα χρησιμοποιεί μόνο τον κινητήρα, κάτι που ταυτόχρονα φορτίζει την μπαταρία, με την πράσινη γραμμή να είναι κοντά στο μηδέν. Η μπλε γραμμή που απεικονίζει την ισχύ από την αναγεννητική πέδηση δείχνει την επαναφόρτιση της μπαταρίας κατά την επιβράδυνση του οχήματος. Συνοπτικά, σε λειτουργία "eco mode", το όχημα επιδιώκει να μεγιστοποιήσει την αποδοτικότητα καυσίμου, χρησιμοποιώντας την ηλεκτρική ενέργεια πιο οικονομικά και φορτίζοντας την μπαταρία κατά την επιβράδυνση ή όταν ο κινητήρας λειτουργεί ως γεννήτρια. Αυτό εξασφαλίζει ότι το SOC παραμένει σχετικά σταθερό και αυξάνεται με την επαναφόρτιση σε συγκεκριμένες περιόδους.



(c) Hybrid electric vehicle (sports mode)

Eικόνα 26: Αναγεννητική πέδηση σε αυτοκινητόδρομο σε sports mode

Το διάγραμμα (c) αφορά ένα υβριδικό ηλεκτρικό όχημα (PHEV) σε λειτουργία "sports mode". Σε αυτήν τη λειτουργία, το όχημα δίνει προτεραιότητα στην υψηλή απόδοση και στην απόκριση ισχύος, κάτι που μπορεί να επηρεάσει την κατανάλωση καυσίμου και την κατάσταση φόρτισης της μπαταρίας. Το πάνω μέρος του διαγράμματος δείχνει την ταχύτητα του οχήματος σε χιλιόμετρα ανά ώρα με την καφέ περιοχή. Η ταχύτητα του οχήματος κυμαίνεται σε υψηλότερα επίπεδα σε σχέση με το "eco mode", με

μικρές διακυμάνσεις, υποδεικνύοντας ότι το όχημα βρίσκεται σε πιο ενεργητική οδήγηση, όπου η ταχύτητα μπορεί να αλλάζει πιο συχνά λόγω επιταχύνσεων και επιβραδύνσεων. Το δεύτερο υποδιάγραμμα δείχνει την κατάσταση φόρτισης της μπαταρίας (SOC) σε ποσοστό, το οποίο κυμαίνεται μεταξύ 70% και 80%. Τα κόκκινα βέλη δείχνουν τις περιόδους κατά τις οποίες η μπαταρία αποφορτίζεται. Κατά την οδήγηση σε "sports mode", το όχημα χρησιμοποιεί συχνά την ισχύ από την μπαταρία για να ενισχύσει την απόδοση, με αποτέλεσμα η κατάσταση φόρτισης να μειώνεται σταδιακά. Οι περίοδοι αποφόρτισης είναι πιο συχνές και έντονες σε σχέση με την "eco mode", καθώς η λειτουργία αυτή στοχεύει στην παροχή άμεσης ισχύος από τον ηλεκτροκινητήρα. Το τρίτο υποδιάγραμμα δείχνει τις καμπύλες της ισχύος του κινητήρα (κόκκινη γραμμή), του ηλεκτροκινητήρα (πράσινη γραμμή) και της αναγεννητικής πέδησης (μπλε γραμμή). Παρατηρούμε ότι η κόκκινη γραμμή, η οποία απεικονίζει την ισχύ του κινητήρα, είναι πιο έντονη και συνεχής, κάτι που σημαίνει ότι ο κινητήρας λειτουργεί σε υψηλότερα επίπεδα για μεγαλύτερες χρονικές περιόδους, προσφέροντας άμεση απόκριση στις απαιτήσεις για υψηλή απόδοση. Η πράσινη γραμμή, που δείχνει την ισχύ του ηλεκτροκινητήρα, είναι πιο ενεργή σε σχέση με το "eco mode", καθώς ο ηλεκτροκινητήρας συνεισφέρει συχνότερα στην παροχή ισχύος για να ενισχύσει την επιτάχυνση και την απόδοση. Η μπλε γραμμή, που απεικονίζει την ισχύ από την αναγεννητική πέδηση, δείχνει ότι η επαναφόρτιση της μπαταρίας συμβαίνει κυρίως κατά τις επιβραδύνσεις. Ωστόσο, οι περίοδοι αυτές είναι λιγότερο συχνές και δεν επαρκούν για να διατηρήσουν την κατάσταση φόρτισης σε υψηλά επίπεδα. Συνοψίζοντας, στη λειτουργία "sports mode", το όχημα δίνει προτεραιότητα στην άμεση ισχύ και στην υψηλή απόδοση, χρησιμοποιώντας συχνότερα την μπαταρία για να ενισχύσει την απόδοση του κινητήρα. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την ταχύτερη αποφόρτιση της μπαταρίας, ενώ η αναγεννητική φόρτιση δεν επαρκεί για να αντισταθμίσει τη συνεχή χρήση της ενέργειας, με αποτέλεσμα την πτώση του SOC σε σχέση με την "eco mode".

Σε άλλα αμάξια μπορεί να συναντηθούν αυτές οι μορφές:

Στο EV Mode, χρησιμοποιείται αποκλειστικά ο ηλεκτρικός κινητήρας, καθώς το σύστημα διαχείρισης ενέργειας (EMS) απομονώνει τον κινητήρα καύσης και δίνει προτεραιότητα στον ηλεκτρικό κινητήρα. Στο Eco Mode, που είναι κατάλληλο για μικρές ταχύτητες, το EMS περιορίζει την ισχύ της μηχανής εσωτερικής καύσης (MEK) για να εξοικονομήσει καύσιμο, αυξάνοντας τη χρήση του ηλεκτρικού κινητήρα σε χαμηλές ταχύτητες ή σε συνθήκες που δεν απαιτούν μεγάλη ισχύ. Η ταχύτητα επιτάχυνσης είναι περιορισμένη για να διατηρηθεί η αποδοτικότητα. Στο Sport Mode, που χρησιμοποιείται για μεγαλύτερη απόδοση και ταχύτερη ανταπόκριση, το EMS δίνει προτεραιότητα στη MEK για να παρέχει υψηλή ισχύ και ροπή, ενώ ο ηλεκτρικός κινητήρας χρησιμοποιείται περισσότερο για να υποστηρίξει τη MEK σε επιταχύνσεις, αυξάνοντας έτσι τη συνολική απόδοση. Η κατανάλωση καυσίμου αυξάνεται για να επιτευχθεί η μέγιστη απόδοση, ενώ η απόκριση του πεντάλ του γκαζιού γίνεται πιο άμεση. Στο Hybrid Mode, συνδυάζεται η λειτουργία του κινητήρα καύσης και του ηλεκτρικού κινητήρα, με τον ICE να φορτίζει τις μπαταρίες και να παρέχει ισχύ σε συνθήκες υψηλών απαιτήσεων. Το EMS προσαρμόζει τη χρήση του ICE και του ηλεκτρικού κινητήρα ανάλογα με τις συνθήκες κίνησης, χρησιμοποιώντας τον ηλεκτρικό κινητήρα σε χαμηλές ταχύτητες για μεγαλύτερη αποδοτικότητα, ενώ σε υψηλές απαιτήσεις ισχύος, όπως κατά την επιτάχυνση ή σε ανηφόρες, τον ICE ενεργοποιείται για να βοηθήσει τον ηλεκτρικό κινητήρα. Ανάλογα με την κατάσταση φόρτισης της μπαταρίας, τον ICE μπορεί επίσης να λειτουργεί για να την επαναφορτίσει. Οι αλγόριθμοι που χρησιμοποιούνται από το EMS βασίζονται σε πολλούς παράγοντες, όπως η ταχύτητα του οχήματος, οι στροφές του κινητήρα, το φορτίο της μπαταρίας, η θερμοκρασία του κινητήρα και των μπαταριών, καθώς και η κατάσταση του δρόμου και οι κλιματικές συνθήκες.

5. Υβριδικά Οχήματα στην Ελλάδα

5.1. Νομικό και φορολογικό πλαίσιο στην Ελλάδα

Το φορολογικό σύστημα στην Ελλάδα σχετικά με τα επιβατικά οχήματα διακλαδίζεται στους φόρους που είναι σχετικοί με την αγορά του οχήματος και στους φόρους που αφορούν στην χρήση και κατοχή αυτού. Η πρώτη κατηγορία εμπεριέχει φόρους όπως ο ΦΠΑ που είναι σχετικό με την αρχική αγορά, και τα τέλη ταξινόμησης που επιβάλλονται στο όχημα. Μία άλλη κατηγορία φόρων, περιλαμβάνει τα τέλη κυκλοφορίας που έχουν καταβάλλονται ανά έτος, το φόρο πολυτελείας ανάλογα με το όχημα, όπως και τον Ειδικό Φόρο Κατανάλωσης Καυσίμων (ΕΦΚ Καυσίμων) που είναι σχετικό με τη χρήση του οχήματος. Η οικονομική επιβάρυνση από τον ΦΠΑ στην Ελλάδα είναι βαρυσήμαντη κατά την αγορά επιβατικού οχήματος λόγω του αρκετά υψηλού συντελεστή (24%) που έχει εφαρμογή σε κάθε κατηγορία οχήματος ανεξαρτήτως περιβαλλοντικών επιδόσεων. Κάτι τέτοιο οδηγεί σε μεγαλύτερη επιβάρυνση σε αυτοκίνητα με χαμηλότερες εκπομπές που εν γένει είναι πιο δαπανηρά λόγω της υψηλής τεχνολογικής τους στάθμης.

Τα ηλεκτρικά οχήματα εξαιρούνται πλήρως από το Τέλος Ταξινόμησης επιβατικών ενώ τα υβριδικά δικαιούνται έκπτωση της τάξης του 50%. Επιπροσθέτως για τα συμβατικά οχήματα έχει καθοριστεί πέραν της λιανικής τιμής και ο καθορισμός του τέλους ταξινόμησης από τις εκπομπές ρύπων, με αύξηση του συντελεστή για τα οχήματα που εκπέμπουν πάνω από 121g CO₂/km κλιμακωτά. Περαιτέρω, για οχήματα με εκπομπές ρύπων κάτω από 100g CO₂/km, το τέλος ταξινόμησης μειώνεται με συντελεστή 95%. Αξιοσημείωτο είναι ότι με βάση το νέο πρότυπο εκτίμησης εκπομπών CO₂ WLTP (Worldwide Harmonized Light Vehicles Test Procedure), το οποίο εφαρμόζεται στην Ελλάδα από 1 Μαρτίου 2020. Σε σχέση με τους φόρους χρήσης, εν γένει οι έμμεσοι αφορούν κυρίως στον ειδικό φόρο κατανάλωσης καυσίμων. Σε σχέση με το πετρέλαιο κίνησης (diesel) η Ελλάδα βρίσκεται στην 7η θέση μεταξύ των κρατών μελών ΕΕ28. Η σημασία του ΕΦΚ Καυσίμων αποτυπώνεται και στο σχετικό μερίδιο των εσόδων από ΕΦΚ Καυσίμων ως ποσοστό του ΑΕΠ, ανάμεσα σε χώρες της ΕΕ. Σε αυτό, η Ελλάδα κατατάσσεται 3η ανάμεσα στις υπό εξέταση χώρες, με τα έσοδα από τον ΕΦΚ να προσεγγίζουν το 2,3% του ΑΕΠ.

Σημαντική ετήσια επιβάρυνση για τους ιδιοκτήτες αποτελούν και τα τέλη κυκλοφορίας. Σήμερα, για τα οχήματα που ταξινομούνται από τον Νοέμβριο του 2010, τα τέλη κυκλοφορίας υπολογίζονται με βάση τις εκπομπές ρύπων, συμπεριλαμβανομένων και των υβριδικών οχημάτων. Αντίθετα, για τα οχήματα που ταξινομήθηκαν πριν από το 2010, τα τέλη υπολογίζονται με βάση τον κυβισμό, με διακυμάνσεις ανάλογα με το έτος πρώτης ταξινόμησης. Τα υβριδικά οχήματα με κινητήρα κάτω από 1.549 κυβικά εκατοστά απαλλάσσονται από τα τέλη κυκλοφορίας, ενώ εκείνα με κινητήρα άνω των 1.549 κυβικών εκατοστών πληρώνουν το 60% των τελών. Σε σχέση με οχήματα που ταξινομήθηκαν το 2018, τα έσοδα από τα τέλη κυκλοφορίας έφτασαν περίπου τα 12,2 εκατομμύρια ευρώ. Ο μεγαλύτερος αριθμός των νέων οχημάτων εκπέμπει 101-120 γραμμάρια CO₂ ανά χιλιόμετρο, δεδομένου ότι στην κατηγορία αυτή ανήκει το 53,1% των νέων πωλήσεων, ενώ ακολουθεί η κατηγορία 91-100 γραμμαρίων CO₂ ανά χιλιόμετρο με μερίδιο πωλήσεων 27,8%. Η πλειονότητα των υβριδικών οχημάτων, τα οποία εκπέμπουν κυρίως κάτω από 100 ή 90 γραμμάρια CO₂ ανά χιλιόμετρο, δεν καταβάλλουν τέλη κυκλοφορίας, όπως και τα ηλεκτρικά, καθώς δεν εκπέμπουν ρύπους. Οι περισσότερες χώρες της ΕΕ28 εφαρμόζουν ελαφρύνσεις στο τέλος ταξινόμησης, στα τέλη κυκλοφορίας και στη φορολογία εταιρικών αυτοκινήτων. Η φορολόγηση για εταιρικά οχήματα είναι μηδενική όταν η λιανική τιμή προ φόρων είναι κάτω από 40.000 ευρώ, ενώ τα τέλη κυκλοφορίας κυμαίνονται από 0 έως περίπου 100 ευρώ, ανάλογα με τις εκπομπές CO₂. Ο φόρος πολυτελούς διαβίωσης είναι μηδενικός για κινητήρες κάτω των 1.929 κυβικών εκατοστών, ενώ ανέρχεται περίπου στα 500 ευρώ για κινητήρα 2.000 κυβικών εκατοστών. Υπάρχει επίσης μείωση στα τεκμήρια για υβριδικά οχήματα, με τα plug-in hybrid να έχουν μείωση περίπου 30%. Συνοψίζοντας, το ελληνικό κράτος προσφέρει φοροαπαλλαγές, μειωμένα τέλη κυκλοφορίας, επιδοτήσεις για την αγορά και διευκολύνσεις στη στάθμευση των υβριδικών οχημάτων.

Ειδικά προγράμματα, όπως το "Κινούμαι Ηλεκτρικά", παρέχουν οικονομικά κίνητρα για την αγορά υβριδικών και ηλεκτρικών αυτοκινήτων, με στόχο τη μείωση των εκπομπών.

Στοιχείο	Τέλη Κυκλοφορίας	Τεκμήριο Αυτοκινήτου
Σκοπός	Φόρος για το δικαίωμα κυκλοφορίας του οχήματος στους δρόμους	Εκτίμηση ελάχιστου εισοδήματος για την κατοχή οχήματος
Υπολογισμός	Βάσει εκπομπών CO2 ή κυβισμού κινητήρα	Βάσει κυβισμού, ηλικίας και τύπου οχήματος
Πληρωμή	Ετήσια προκαταβολικά	Δεν πληρώνεται όμεσα, αλλά επηρεάζει τη φορολογία εισοδήματος
Συνδέεται με τη χρήση του οχήματος	Ναι, χωρίς πληρωμή δεν μπορεί να κυκλοφορεί το όχημα	Όχι, αφορά τη φορολογική διήλωση του κατόχου

Διαφορά ανάμεσα σε τεκμήριο και τέλη κυκλοφορίας

Εκπομπές CO2 (γρ./χλμ.)	Τέλη Κυκλοφορίας (€/γρ.)
0-122	0 € (ή πολὺ χαμηλό)
123-139	0.64 €/γρ.
140-166	0.70 €/γρ.
167-208	0.85 €/γρ.
209-224	1.17 €/γρ.
225+	2.25 €/γρ.

Κυβισμός	Τεκμήριο (€)
Έως 1.200 κ.εκ.	4.000 €
1.201 – 1.400 κ.εκ.	6.000 €
1.401 – 1.600 κ.εκ.	8.000 €
1.601 – 1.800 κ.εκ.	11.000 €
1.801 – 2.000 κ.εκ.	14.000 €
2.001 – 2.500 κ.εκ.	16.000 €
2.501+ κ.εκ.	20.000 €

Εικόνα 27: Φορολογική επιβάρυνση υβριδικών οχημάτων

5.1.2. Νομοθετικό περιβάλλον

Γενικά το νομοθετικό πλαίσιο στην Ελλάδα για τα υβριδικά αυτοκίνητα προσαρμόζεται αυτή τη στη στιγμή και είναι αρκετά πίσω σε σχέση με τις νομοθεσίες σε άλλες χώρες της ΕΕ και στις αντίστοιχες οδηγίες της ΕΕ. Η αντικατάσταση οχημάτων με ηλεκτρικά κατά κόρον περιορίζεται σε μικρά οχήματα, αφού για μεσαία και βαρέα που ξεπερνάν τους 3,5 tν προβλέπεται η μετατροπή τους σε οχήματα με κινητήρες φυσικού αερίου. Επιπροσθέτως λόγω της συγκεκριμένης αλλαγής, προβλέπονται και οι ανάλογες ρυθμίσεις για εκπαιδευτικά και επιμορφωτικά σεμινάρια για τους εργαζόμενους με στόχο την προώθηση της οικονομικής οικολογικής και ασφαλούς οδήγησης χρησιμοποιώντας τα υβριδικά οχήματα. Το τέλος ταξινόμησης των υβριδικών οχημάτων θα είναι το 50% αυτού που θα καταβάλλαν αν το όχημα είχε μόνο κινητήρα εσωτερικής καύσης, ενώ επιπροσθέτως οι ιδιοκτήτες των αμιγώς ηλεκτρικών οχημάτων, δεν θα πληρώνουν τέλος ταξινόμησης. Στη χώρα μας είχε τεθεί σε ισχύ ο νόμος για την επιχορήγηση αγοράς ηλεκτρικού αυτοκινήτου μέσω της αντίστοιχης

πλατφόρμας. Ο όρος "υβριδικό αυτοκίνητο" ορίζεται ως ένα αυτοκίνητο που χρησιμοποιεί δύο ή περισσότερα συστήματα κίνησης, συνήθως έναν κινητήρα εσωτερικής καύσης και έναν ηλεκτροκινητήρα. Αυτός ο συνδυασμός επιτρέπει στο όχημα να λειτουργεί με αποδοτικότερο τρόπο, μειώνοντας την κατανάλωση καυσίμου και τις εκπομπές ρύπων. Τα υβριδικά αυτοκίνητα συνήθως χαρακτηρίζονται από την ικανότητα τους να λειτουργούν με δύο ή περισσότερα συστήματα κίνησης, όπως τον κινητήρα εσωτερικής καύσης που συνήθως πρόκειται για βενζινοκινητήρα ή πετρελαιοκινητήρα που χρησιμοποιείται για την παραγωγή ισχύος και τον ηλεκτροκινητήρα που λειτουργεί με ηλεκτρική ενέργεια που παρέχεται από τις μπαταρίες του οχήματος.

5.1.3.Πολιτικό περιβάλλον

ΣΧΕΔΙΟ ΝΟΜΟΥ ΤΟΥ ΥΠΟΥΡΓΕΙΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

«Μετάβαση στην κινητικότητα χαμηλών εκπομπών: Μέτρα προώθησης και λειτουργία της αγοράς ηλεκτροκινησης»

ΜΕΡΟΣ Α' ΓΕΝΙΚΕΣ ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ ΚΑΙ ΚΙΝΗΤΡΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΗΣ ΗΛΕΚΤΡΟΚΙΝΗΣΗΣ

Σχέδιο νόμου «Μετάβαση στην κινητικότητα χαμηλών εκπομπών: Μέτρα προώθησης και λειτουργία της αγοράς ηλεκτροκινησης»

Αρθρο 02 – Ορισμοί

(α) «Ηλεκτρικό όχημα (H/O)»: μηχανοκίνητο όχημα εξοπλισμένο με σύστημα μετάδοσης της κίνησης, το οποίο περιέχει τουλάχιστον μία 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 τα μοτοποδήλατα και τα ποδήλατα με υποβοηθούμενη ποδηλάτηση των κατωτέρω κατηγοριών:

αα) «Αμιγώς ηλεκτρικό όχημα (Pure Electric Vehicle, PEV)»: 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 πρόσωσης.

αβ) «Υβριδικό ηλεκτρικό όχημα εξωτερικής φόρτισης (Off Vehicle Charging-Hybrid Electric Vehicle, OVC-HEV)»: Κατηγορία υβριδικού ηλεκτρικού οχήματος που μπορεί να φορτίζεται από εξωτερική πηγή.

αγ) «Υβριδικό όχημα κυψέλης καυσίμου» (Fuel Cells Hybrid Vehicle, FCHV)»: Όχημα κυψέλης καυσίμου εξοπλισμένο με σύστημα μετάδοσης ισχύος, το οποίο περιλαμβάνει τουλάχιστον ένα σύστημα αποθήκευσης καυσίμου και τουλάχιστον ένα επαναφορτιζόμενο σύστημα αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας, ως συστήματα αποθήκευσης ενέργειας προώθησης.

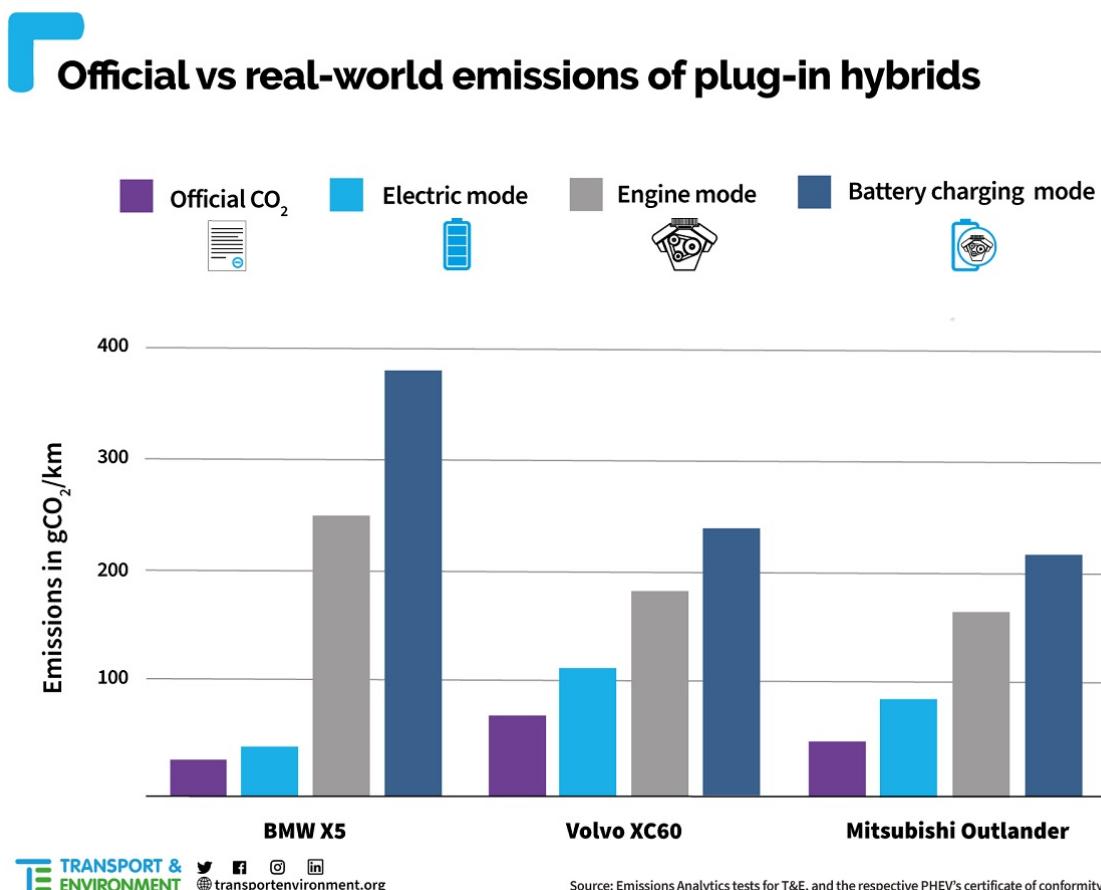
Είναι ξεκάθαρο ότι η χώρα έχει δεσμευτεί για την υιοθέτηση πρακτικών και πολιτικών μείωσης της παραγωγής εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου(βέβαια με μία σχετική καθυστέρηση ως προς την εκτέλεση τους σε σχέση με τον μέσο όρο της ΕΕ). Η εισαγωγή της ηλεκτροκινησης στην ελληνική αγορά έχει αργήσει σε τεράστιο βαθμό σε σχέση με τα υπόλοιπα κράτη της ΕΕ, ωστόσο η νέα νομοθεσία είναι ένα σημαντικό βήμα προς αυτή την κατεύθυνση. Πάραντα, υφίστανται ακόμα σχετικά κενά στην ελληνική νομοθεσία, με κύριο πρόβλημα να είναι αυτό της ρύθμισης των σημείων φόρτισης αλλά και της δημιουργίας κατάλληλων κινήτρων για την εισαγωγή περισσοτέρων παρόχων στο σύστημα.

5.1.4. Ρύποι και τέλη κυκλοφορίας

Σχετικά με τα τέλη κυκλοφορίας, τα plug-in hybrid δεν διαφέρουν με τα υπόλοιπα υβριδικά ως προς τον νόμο. Ωστόσο οι εκπομπές CO₂ που πετυχαίνουν είναι ιδιαίτερα χαμηλές, κάτω από 90 gr/km για τα μοντέλα πριν το 2020 και κάτω από 122 gr/km για μοντέλα μετά το 2021, οπότε τα περισσότερα απαλλάσσονται. Για παράδειγμα, το Ford Kuga PHEV, αν και έχει κινητήρα 2.500 cc, εκπέμπει μόλις 22 gr/km, οπότε ο ιδιοκτήτης του δεν θα έχει ετήσιο χαράτσι των τελών. Είναι αξιοσημείωτο ότι πριν το 2010 η τεχνολογία των plug-in hybrid δεν είχε οδηγηθεί ακόμα σε μοντέλα παραγωγής, οπότε είναι απίθανο να βρείτε όχημα τέτοιο και να χρεωθείτε τέλη κυκλοφορίας βάση κυβισμού. Τα PHEVs εκπέμπουν ρύπους σε διάφορες μορφές, διότι χρησιμοποιούν και βενζίνη ή πετρέλαιο όταν λειτουργούν. Οι ρύποι που εκπέμπονται από τα PHEVs είναι συνήθως:

1. Exhaust Emissions: Όπως και τα βενζινοκίνητα οχήματα, τα PHEVs που λειτουργούν με βενζίνη ή πετρέλαιο εκπέμπουν αέρια καύσης. Μερικά από τα στοιχεία που εκπέμπουν είναι διοξείδια του αζώτου (NO_x), άνθρακα (CO), και υδρογονάνθρακες. Επίσης τα PHEVs που χρησιμοποιούν καύσιμα, εκπέμπουν και διοξείδιο του άνθρακα (CO₂) κατά την καύση καυσίμων.

2. Particulate Emissions: Η εσωτερική καύση είναι ικανή να προκαλέσει την εκπομπή σωματιδίων που πιθανότατα περιέχουν μικροσωματίδια που είναι επιβλαβή για την αναπνοή και το περιβάλλον. Αξιοσημείωτο είναι ότι κατά τη λειτουργία σε αποκλειστικά ηλεκτρική κίνηση (EV mode), τα PHEVs δεν εκπέμπουν αέρια καύσης ή άνθρακα. Πάραντα, η ρύπανση εξαρτάται σε τεράστιο βαθμό από το ποσοστό χρήσης του ηλεκτρικού και της ΜΕΚ αλλά και από τον τρόπο παραγωγής της ηλεκτρικής ενέργειας.



Εικόνα 28: Εκπομπές ρύπων διαφόρων οχημάτων

Τα αμιγώς ηλεκτρικά οχήματα (BEV) παράγουν μηδενικούς ρύπους κατά τη χρήση, ενώ τα plug-in υβριδικά οχήματα (PHEV) εκπέμπουν λιγότερους ρύπους σε σχέση με τα συμβατικά οχήματα εσωτερικής καύσης. Ωστόσο, πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι η ηλεκτρική ενέργεια που καταναλώνουν τα ηλεκτρικά οχήματα δεν είναι πάντοτε απαλλαγμένη από εκπομπές ρύπων, καθώς εξαρτάται από το εγχώριο ενεργειακό μείγμα της κάθε χώρας, το οποίο καθορίζει το πόσο καθαρή είναι η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια. Έτσι, σε κάθε κιλοβατάρα ηλεκτρικής ενέργειας που καταναλώνεται από τα ηλεκτρικά οχήματα, υπάρχει μία μέση τιμή εκπομπών CO₂ (σε grCO₂/kWh) η οποία καθορίζεται από τον τρόπο παραγωγής της ενέργειας αυτής.

Επιπλέον, ορισμένοι αναλυτές υποστηρίζουν ότι η κατασκευή των ηλεκτρικών οχημάτων συνεπάγεται με υψηλότερες εκπομπές ρύπων συγκριτικά με τα συμβατικά οχήματα. Αυτή η διαφορά αποδίδεται κυρίως στην παραγωγή της μπαταρίας αλλά και άλλων τιμημάτων του οχήματος, όπως το κιβώτιο ταχυτήτων. Οι αυξημένοι ρύποι και το ενεργειακό κόστος που σχετίζονται με τη φάση κατασκευής των ηλεκτρικών οχημάτων, σύμφωνα με κάποιους υπολογισμούς, ενσωματώνονται στην τελική τιμή αγοράς τους.

Σε μία έρευνα του 2017, αναφέρεται ότι ένα ηλεκτρικό όχημα χρειάζεται περίπου έξι έτη λειτουργίας για να εξισορροπήσει τις αυξημένες εκπομπές που σχετίζονται με την παραγωγή του και να αρχίσει να έχει πραγματικά θετική περιβαλλοντική συμβολή σε σχέση με τα συμβατικά οχήματα. Για τα υβριδικά οχήματα PHEV, αυτή η χρονική περίοδος ανέρχεται στα δύο έτη.

5.1.5. Οικονομικό περιβάλλον

Η οικονομική κρίση που μάστιξε την ελληνική οικονομία την τελευταία δεκαετία έχει αφήσει πίσω της μια περίοδο παρατεταμένης ύφεσης έχοντας ως αποτέλεσμα την μείωση της κίνησης της αγοράς και συγκεκριμένα στον τομέα της αγοράς νέων οχημάτων. Δεδομένου της οικονομικής αβεβαιότητας που υπάρχει ο κόσμος διστάζει να προβεί σε αγορές οχημάτων. Επιπροσθέτως, η μείωση των μισθών σε συνδυασμό με την αύξηση της ανεργίας έχουν οδηγήσει στο πάτο τις πωλήσεις των νέων οχημάτων, πόσο μάλλον δε των οχημάτων υβριδικής ή ηλεκτρικής τεχνολογίας που κατά κοινή ομολογία είναι σημαντικά ακριβότερα από τα τυπικά οχήματα. Η οικονομική κατάσταση της χώρας έχει οδηγήσει πολλούς αγοραστές στην λύση των μεταχειρισμένων αυτοκινήτων (συνήθως εισαγόμενων και σχετικά νέας τεχνολογίας). Δεδομένου της ρευστής κατάστασης σε σχέση με την οικονομική δραστηριότητα στην Ελλάδα (συνυπολογίζοντας την πρόσφατη ύφεση που προκάλεσαν τα μέτρα αντιμετώπισης της πανδημίας COVID-19) δημιουργείται μια κατάσταση αβεβαιότητας για το μέλλον αλλά και για τις πιθανές κινήσεις της κυβέρνησης που διώχνει πολλούς επικείμενους αγοραστές από το να κάνουν χρήση των νέων διατάξεων περί επιχορήγησης της αγοράς και κτήσης υβριδικών και ηλεκτρικών οχημάτων.

5.1.6. Κοινωνικό περιβάλλον

Ο μόνιμος πληθυσμός της Ελλάδας είναι περίπου 51% γυναικες και το υπόλοιπο 49% άντρες. Χονδρικά τα τρία τέταρτα του πληθυσμού βιώνουν στα αστικά κέντρα της χώρας. Σχεδόν παραπάνω από τα μισά νοικοκυριά έχουν επιβατικό όχημα, ενώ σπαταλούν το 12,8% των χρημάτων που κερδίζουν στις μεταφορές. Το 2010, εξαιτίας της κρίσης που επικρατεί στη χώρα, οι πωλήσεις των ιδιωτικών οχημάτων ήταν σχεδόν μηδενικές, λόγω της έλλειψης διάθεσης των χρημάτων των πολιτών για την

κάλυψη των άμεσων αναγκών τους. Βλέπουμε λοιπόν, ότι το αυτοκίνητο αποτελεί για ένα μεγάλο μερίδιο της κοινωνίας στην Ελλάδα βασικό αγαθό για μία ποιοτική ζωή. Οπότε η χρήση οχημάτων με συμβατικά καύσιμα είναι αρκετά διαδεδομένη. Η αγορά των ηλεκτροκίνητων οχημάτων δεν έχει την απαραίτητη φήμη στην Ελλάδα, αφού ο αριθμός των καθαρά ηλεκτρικών αυτοκινήτων στους δρόμους μας είναι αρκετά μικρός, σύμφωνα με στοιχεία από το μητρώο του Υπουργείου Υποδομών και Μεταφορών. Σταδιακά παρατηρείται αύξηση των πωλήσεων υβριδικών και ηλεκτρικών οχημάτων στην χώρα. Για την προώθηση της ηλεκτροκίνησης δημιουργήθηκε το Ελληνικό Ινστιτούτο Ηλεκτροκίνητων Οχημάτων (ΕΛ.ΙΝ.Ο.). Ο συγκεκριμένος οργανισμός επιδιώκει μέσα από διάφορες ενέργειες να προωθήσει την ηλεκτροκίνηση στη χώρα. Εκπροσωπεί επίσης την Ελλάδα σε ευρωπαϊκό και παγκόσμιο επίπεδο στο χώρο της ηλεκτροκίνησης.

5.1.7. Παροχή κινήτρων για την αγορά υβριδικών και ηλεκτρικών αυτοκινήτων

Στην Ελλάδα ως επί το πλείστον τα παρεχόμενα κίνητρα με στόχο την αύξηση της ζήτησης και ως προς την προσκόμιση οχημάτων χαμηλών εκπομπών, έχουν στόχο τόσο την αγορά όσο και την κτήση και χρήση των οχημάτων αυτών. Στην αρχική περίπτωση, το κράτος δίνει συνήθως επιδοτήσεις ή φορελαφρύνσεις. Στην δεύτερη περίπτωση αφορούν στην μείωση των φόρων (όπως τα τέλη κυκλοφορίας) αλλά και προβλέψεις εξαίρεσης από διάφορους κανονισμούς. Κάποια από αυτά είναι η ελεύθερη πρόσβαση στο αστικό κέντρο, ελεύθερη χρήση λεωφορειολωρίδων, πάρκινγκ και πολλά άλλα.

Τα κίνητρα που δίνονται σε χώρες της ΕΕ28 μας δείχνουν πως αρκετές χώρες δίνουν κίνητρα αγοράς νέων οχημάτων χαμηλότερων εκπομπών, ενώ στις συγκεκριμένες χώρες εφαρμόζεται φοροελάφρυνση σε μεγάλο βαθμό αν αποκτήσεις ή χρησιμοποιήσεις το όχημα. Η πλειονότητα των χωρών της ΕΕ28 εφαρμόζουν πολιτικές ενθάρρυνσης αγοράς και χρήσης οχημάτων χαμηλών εκπομπών ρύπων, με τις ελαφρύνσεις να αφορούν στο Τέλος Ταξινόμησης, στα Τέλη Κυκλοφορίας και στη φορολογία εταιρικών αυτοκινήτων. Στη φορολογία κτήσης, υπάρχει ποικιλία κινήτρων στις χώρες της ΕΕ28 και περιλαμβάνουν εξαιρέσεις από την καταβολή του τέλους ταξινόμησης, ή έκπτωσή του ή και φοροελαφρύνσεις. Συγκεκριμένα, σε αρκετές χώρες υπάρχει εξαίρεση από την καταβολή τους τέλους ταξινόμησης, όπως σε χώρες σαν την Ελλάδα και στην Ολλανδία.

Στη χώρα μας συγκεκριμένα υφίσταται εξαίρεση για ηλεκτρικά οχήματα, ενώ για τα υβριδικά παρατηρείται 50% μειωμένα τέλη ταξινόμησης. Όσον αφορά την κατοχή, η πλειονότητα των χωρών περιορίζουν ή και εξαιρούν τα οχήματα χαμηλών εκπομπών ρύπων από την υποχρέωση πληρωμής τελών κυκλοφορίας. Στην χώρα μας εξαιρούνται από την καταβολή τελών κυκλοφορίας τα ηλεκτρικά οχήματα, και όσα έχουν ταξινομηθεί μετά τον Νοέμβριο του 2010 και εκπέμπουν κάτω από 90g CO₂/km. Τον τελευταίο καιρό στην Ελλάδα ψηφίστηκε το σχέδιο προώθησης της ηλεκτροκίνησης. Πλέον, το πρόγραμμα «Κινούμαι ηλεκτρικά» έχει μπει σε ισχύ από τη δημοσίευση του νόμου στην Εφημερίδα της Κυβερνήσεως, με σκοπό να μπορούν οι ενδιαφερόμενοι να εξασφαλίσουν έκπτωση σε κάποιο από τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα της ελληνικής αγοράς.

Οι επιδοτήσεις αφορούν σε:

1. Για τα επιβατικά IX

- 20% στα φθηνότερα ηλεκτρικά αυτοκίνητα (<30.000 ευρώ) και έχοντας ανώτατο όριο επιδότησης τις 6.000 ευρώ
- 15% στα ακριβότερα ηλεκτρικά αυτοκίνητα (30.001 - 50.000 ευρώ), με το ανώτατο όριο επιδότησης να είναι 6.000 ευρώ
- Επιπρόσθετη επιδότηση 1.000 ευρώ για αντικατάσταση παλαιού IX με νέο ηλεκτρικό.

2. Για τα ηλεκτρικά και plug-in υβριδικά ταξί

- 25% επιδότηση για αγορά ηλεκτρικού ΤΑΞΙ, μέχρι και τη τιμή των 8.000 ευρώ.
- 15% επιδότηση για αγορά plug-in υβριδικού ταξί με εκπομπές CO₂ μέχρι και 50 gr/km. Το όριο ανέρχεται στα 5.500 ευρώ.

- Επιπρόσθετη επιδότηση 2.500 ευρώ για αντικατάσταση παλαιού ταξί (το κράτος την έχει κάνει υποχρεωτική).
3. Για ηλεκτρικά σκούτερ και ποδήλατα
 - 20% επιδότηση για αγορά ηλεκτρικού σκούτερ.
 - 40% επιδότηση για αγορά ηλεκτρικού ποδηλάτου.
 4. Κίνητρα για ΑμεΑ
 - Για τα ΑμεΑ, με επιδότηση 1.000 ευρώ επιπλέον για αγορά ηλεκτρικού αυτοκινήτου.
 5. Μη οικονομικά κίνητρα
 - Τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα θα έχουν τη δυνατότητα να σταθμεύουν χωρίς κόστος σε δημόσιους χώρους στάθμευσης

6.1. Υβριδικά αυτοκίνητα το 2023

Πλέον ένα στα τρία ιδιωτικά επιβατηγά σαλούν αυτοκίνητα που εγγράφηκαν το 2023 ήταν υβριδικό, ενώ τα ηλεκτρικά καταλαμβάνουν περίπου το 3% της αγοράς. Η ηλεκτροκίνηση είναι ακόμα σε πρώιμα στάδια, γεγονός που μας δείχνει ότι δεν είναι ακόμα ιδιαίτερα διαδεδομένη. Στο πλαίσιο αυτό, δημιουργήθηκε τον Φεβρουάριο του 2023 ένα σχέδιο προώθησης της ηλεκτροκίνησης από το υπουργείο Μεταφορών, Επικοινωνιών και Έργων, το οποίο έχει ως στόχο την προώθηση της αγοράς οχημάτων με μηδενικές ή χαμηλές εκπομπές ρύπων και της χρήσης εναλλακτικών τρόπων διακίνησης, πετυχαίνοντας έτσι τη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων από τις μεταφορές, και συγκεκριμένα τη μείωση των εκπομπών CO₂ και των αέριων ρύπων.

Είναι άξιο αναφοράς ότι σύμφωνα με το Γενικό Πλαίσιο Πολιτικής για την Προώθηση της Χρήσης Ηλεκτροκίνητων Οχημάτων, τίθεται στόχος το 25% των εγγραφών νέων οχημάτων το 2030 να αφορά αμιγώς ηλεκτρικά οχήματα και μέχρι το 2035 το ποσοστό αυτό να αυξηθεί στο 100%. Στο 29,5% της αγοράς σαλούν αυτοκινήτων του 2023 ανήλθαν οι εγγραφές υβριδικών (36.608), οι οποίες έφτασαν στις 10.819. Όσον αφορά δε τα ιδιωτικά επιβατηγά σαλούν, οι εγγραφές ανήλθαν στις 9.917, καταλαμβάνοντας το 32,1% από τα συνολικά 30.807 ιδιωτικά σαλούν αυτοκίνητα που εγγράφηκαν το 2023.



Εικόνα 29: Εγγραφές υβριδικών επιβατηγών αυτοκινήτων σαλούν

Τα περισσότερα υβριδικά οχήματα πούλησε με μεγαλύτερη διαφορά η ιαπωνική εταιρία Toyota, με 4.133 εγγραφές. Ακολουθούν πιο κάτω η Nissan, με 1.139 εγγραφές, η Hyundai (640), η Kia (492) και η Honda (481). Στις υπόλοιπες θέσεις της πρώτης δεκάδας υβριδικών ιδιωτικών επιβατηγών σαλούν αυτοκινήτων βρίσκονται η BMW (390), Renault (340), η Mercedes (338), η Lexus (329) και η Volvo (269).

Οι εμπορικότερες μάρκες ηλεκτρικών αυτοκινήτων

Τις 1.000 άγγιξαν το 2023 οι εγγραφές ηλεκτρικών επιβατηγών αυτοκινήτων, διπλασιάζοντας τα ποσοστά τους σε σχέση με το 2022 (512). Από τις 30.807 εγγραφές ιδιωτικών επιβατηγών αυτοκινήτων, οι 961 αφορούσαν ηλεκτρικά μοντέλα.



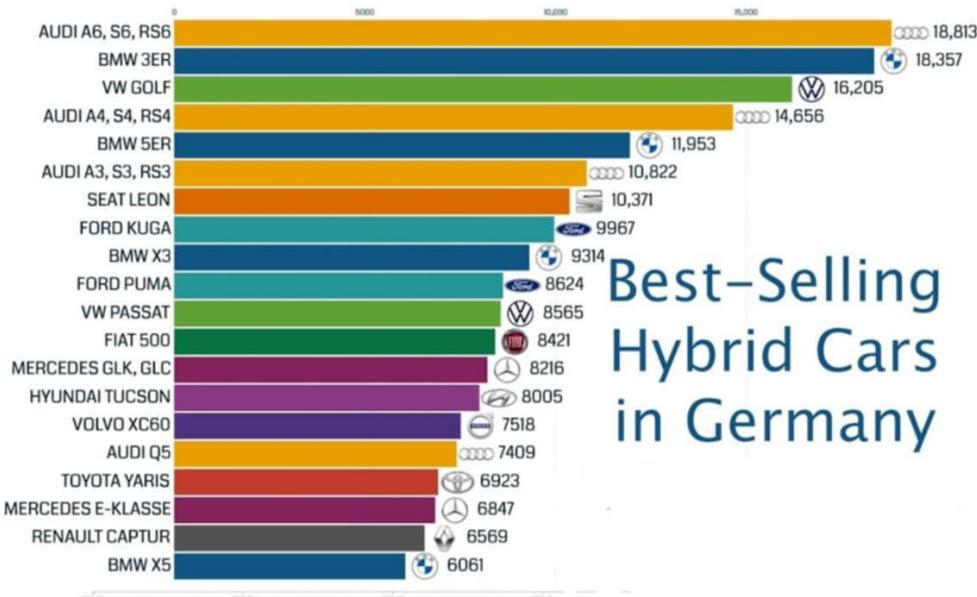
Εικόνα 30: Εγγραφές ηλεκτρικών επιβατηγών αυτοκινήτων σαλούν

Στην πρώτη θέση των ηλεκτρικών ιδιωτικών επιβατηγών αυτοκινήτων σαλούν βρέθηκε το 2023 η MG, με 150 εγγραφές, ενώ λίγο πιο κάτω κατατάχθηκε η Hyundai (107). Στην σχετική λίστα συγκαταλέγονται μάρκες, όπως BMW (98), Mercedes (86), Volkswagen (67), Porsche (60), Audi (58), Tesla (48), Nissan (42) και Kia (39).

6.1.1.Η κατάσταση στο εξωτερικό

Στη Γερμανία και γενικά σε παγκόσμιο επίπεδο, υπάρχουν ποικίλα υβριδικά μοντέλα που κυκλοφορούν αυτή την εποχή, προσφέροντας καινοτόμες λύσεις και τεχνολογίες. Ορισμένα από τα δημοφιλή υβριδικά μοντέλα και καινοτομίες που μπορεί να βρείτε στη Γερμανία συμπεριλαμβάνουν: Volkswagen Golf GTE, BMW 330e, Mercedes-Benz EQC, Audi Q5 TFSI e, Toyota Prius κ.α. Τα συγκεκριμένα υβριδικά μοντέλα έχουν διάφορες καινοτομίες που τα καθιστούν προηγμένα και ανταγωνιστικά στην αγορά.

Για το 2023, η αγορά ηλεκτρικών και υβριδικών αυτοκινήτων στη Γερμανία παρουσίασε τις εξής τάσεις: το 18% των πωλήσεων αφορούσε αμιγώς ηλεκτρικά οχήματα (BEV), το 6% plug-in υβριδικά (PHEV), ενώ τα πλήρως υβριδικά κυμάνθηκαν στο 22-23%. Οι συνολικές πωλήσεις παρουσίασαν μικρή πτώση σε σύγκριση με το 2022, κυρίως λόγω της μείωσης των κρατικών κινήτρων. Τα πιο δημοφιλή ηλεκτρικά μοντέλα για το 2024 περιλαμβάνουν το Tesla Model 3, το Volkswagen ID.3, το Renault Zoe, το Hyundai Kona Electric και το Audi e-tron. Από τα υβριδικά μοντέλα, υψηλή ζήτηση παρουσιάζουν τα Volkswagen Golf GTE, BMW 330e, Mercedes-Benz EQC, Audi Q5 TFSI e και Toyota Prius, μεταξύ άλλων.



Εικόνα 31: Τα οχήματα με τις μεγαλύτερες πωλήσεις στη Γερμανία

6.1.2.Συμπεράσματα

Τα υβριδικά οχήματα είναι ένα πρώτο βήμα στη τεχνολογία στα οχήματα χαμηλών ρύπων και είναι μια λύση για την μείωση των εκπομπών λόγω των μεταφορών σε όλο τον κόσμο. Γενικά, η χρήση τους έχει αποδειχθεί με βάση έρευνες ότι υπό τις κατάλληλες συνθήκες είναι ικανή να βελτιώσει σε τεράστιο βαθμό το περιβαλλοντικό αποτύπωμα των μεταφορών, ιδιαίτερα αν αυτή εμπλέκει και τα εταιρικά όπως και τα δημοσίας χρήσης οχήματα. Είναι ξεκάθαρο ότι τα αμιγώς ηλεκτρικά οχήματα ή τα οχήματα με χρήση κυψελών καυσίμου έχουν τις βέλτιστες περιβαλλοντικές επιδόσεις ειδικά αν το μείγμα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας αρχίσει να αποκτά κλίση προς τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Τα plug-in υβριδικά οχήματα μέχρι στιγμής προσφέρουν μια ενδιάμεση εναλλακτική μεταξύ των υβριδικών και αμιγώς ηλεκτρικών οχημάτων στο καταναλωτικό κοινό συνδυάζοντας τα στοιχεία και των δύο και έχοντας ένα ενδιάμεσο περιβαλλοντικό αποτύπωμα. Στην ΕΕ28 η χρήση τεχνολογιών μεταφοράς οχημάτων χαμηλών ρύπων αποτελεί πόλο συζήτησης των πολιτικών με πληθώρα μέτρων να προωθούν την μεταβολή του μίγματος του στόλου των οχημάτων ανά χώρα προς αυτές. Η πλειονότητα των κρατών έχουν θεσπίσει σημαντικές πολιτικές, με ιδιαίτερη έμφαση να δίνεται στο σημείο των επιδοτήσεων και των φοροελαφρύνσεων αλλά και στον τομέα της λειτουργίας και χρηστικότητας (όπως δωρεάν θέσεις στάθμευσης, κίνηση στο κέντρο πόλεων κ.α.). Ως αποτέλεσμα, οι στόλοι των οχημάτων χαμηλών ρύπων στις περισσότερες χώρες των ΕΕ28 είναι σε αρκετά μεγάλα επίπεδα. Η Ελλάδα καθυστέρησε σε τεράστιο βαθμό στη θέσπιση μέτρων που θα έδιναν την δυνατότητα διείσδυσης των τεχνολογιών αυτών. Χαρακτηριστικό είναι ότι ο νόμος σχετικά με τα κίνητρα για την ροπή προς την ηλεκτροκίνηση τέθηκε σε εφαρμογή μέσα στο 2020. Ταυτόχρονα, η οικονομική κρίση δεν έδωσε την δυνατότητα διείσδυσης των οχημάτων χαμηλών ρύπων τα οποία ήταν διαθέσιμα από τους παραγωγούς τα προηγούμενα χρόνια, ιδιαίτερα τα υβριδικά για τους παρακάτω λόγους:

Η μεγάλη διαφορά στην τιμή με τα τυπικά οχήματα ICE λειτουργούσε σαν τροχοπέδη στην επένδυση σε τέτοιες τεχνολογίες από τους καταναλωτές. Είναι αξιοσημείωτο ότι 114 ακόμα και σήμερα πολλά μοντέλα υβριδικών είναι αρκετά ακριβότερα από τα αντίστοιχα με ICE.

Η μείωση των μισθών και η αβεβαιότητα σχετικά με την οικονομική κατάσταση οδηγεί σε μείωση της επιθυμίας αγοράς νέου αυτοκινήτου, πόσο μάλλον υβριδικών ή/και ηλεκτρικών οχημάτων δεδομένης της υψηλής τιμής αγοράς. Οπότε συμπεραίνοντας, η εισχώρηση των υβριδικών οχημάτων στην Ελλάδα βρίσκεται ακόμα στις αρχές. Είναι ξεκάθαρο ότι επιβάλλεται να υιοθετηθούν κατάλληλες πολιτικές, με σκοπό την αύξηση του στόλου των οχημάτων αυτών.

7.1. Συνδυασμός της Τεχνολογίας PHEV με Φωτοβολταϊκά

Τα φωτοβολταϊκά συμβαδίζουν με της βιώσιμη ενέργειας. Σε συνδυασμό με ένα PHEV, τα φωτοβολταϊκά είναι ικανά να φορτίζουν την μπαταρία του οχήματος κατά τη διάρκεια του ημέρας, αξιοποιώντας την ηλιακή ενέργεια που υπάρχει. Το αποτέλεσμα είναι μια συνεχής παροχή ενέργειας που μειώνει την ανάγκη για εσωτερική φόρτιση και συνδράμει στη μείωση των εκπομπών άνθρακα. Τη στιγμή που οι οδηγοί χρησιμοποιούν την ηλεκτρική λειτουργία, το κόστος και οι εκπομπές μειώνονται στο ελάχιστο, ενώ ταυτόχρονα αυξάνεται η εξάρτηση από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Τα PHEV που λειτουργούν με φωτοβολταϊκά αποτελούν ένα καθοριστικό βήμα προς την επίτευξη της βιώσιμης κινητικότητας.

Τα PHEV λειτουργούν με δύο κύριες πηγές ενέργειας: τον εσωτερικό καύσιμο και την ηλεκτρική ενέργεια. Οι οδηγοί μπορούν να οδηγούν με την χρήση ηλεκτρικής ενέργειας για μικρές αποστάσεις μέσα στη πόλη και να ενεργοποιούν τον εσωτερικό κινητήρα όταν χρειάζεται αυτονομία σε μεγαλύτερο βαθμό. Ωστόσο, η ενσωμάτωση φωτοβολταϊκών συστημάτων στον κύκλο ζωής των PHEV ανοίγει νέους ορίζοντες.



Εικόνα 32: Οροφή οχήματος με φωτοβολταϊκά

7.3. Βάρος

Το βάρος των υβριδικών οχημάτων αποτελεί ένα κρίσιμο στοιχείο που επηρεάζει την απόδοση και την οικονομία καυσίμου. Μολονότι η ενσωμάτωση πρόσθετων συστημάτων, όπως οι ηλεκτρικοί κινητήρες και οι μπαταρίες, μπορεί να αυξήσει το συνολικό βάρος του οχήματος, η τεχνολογική πρόοδος και η καινοτομία στον σχεδιασμό υλικών έχουν αρχίσει να αντισταθμίζουν αυτό τον παράγοντα.

Ένα αρνητικό στοιχείο των PHEV είναι ότι είναι αρκετά βαριά λόγω της μπαταρίας που έχουν ενσωματωμένη. Το βάρος ενός Plug-in Hybrid Electric Vehicle αφορά πολλές πτυχές της επίδοσης, της αποδοτικότητας και της γενικής λειτουργίας του οχήματος. Κατά βάση, τα PHEV έχουν ένα ηλεκτρικό μέρος στο σύστημά τους που δίνει αυτονομία όταν είναι στην ηλεκτρική λειτουργία. Το βάρος του οχήματος παίζει σημαντικό ρόλο για την απόδοση της μπαταρίας και την ηλεκτρική αυτονομία. Ένα πιο βαρύ όχημα είναι ικανό να έχει μειωμένη ηλεκτρική αυτονομία σε σύγκριση με ένα ελαφρύτερο. Επίσης το βάρος επηρεάζει την κατανάλωση καυσίμου και κατά τη διάρκεια που το όχημα χρησιμοποιεί τον βενζινοκινητήρα. Ένα βαρύτερο όχημα χρειάζεται μεγαλύτερη ενέργεια για την κίνηση, οδηγώντας

έτσι σε αυξημένη κατανάλωση καυσίμου. Μία άλλη πτυχή του οχήματος που επηρεάζει το βάρος είναι ο χρόνος φόρτισης της μπαταρίας. Ένα βαρύτερο όχημα με μεγαλύτερη μπαταρία πιθανότατα θα απαιτεί περισσότερο χρόνο για να φορτιστεί σε σχέση με ένα ελαφρύτερο PHEV με μικρότερη μπαταρία. Επιπροσθέτως επηρεάζει τη σταθερότητα, την ευστάθεια και την απόκριση του οχήματος όταν το οδηγούμε. Ένα πιο βαρύ όχημα είναι ικανό να έχει διαφορετική οδική αίσθηση συγκρίνοντας το με ένα ελαφρύτερο. Η κατασκευή ενός PHEV με μεγαλύτερο βάρος πιθανότατα θα απαιτεί περισσότερα υλικά, ενώ πιθανότατα θα επηρεάζει το κόστος παραγωγής. Τέλος είναι αξιοσημείωτο επίσης ότι με τη τόσο μεγάλη μπαταρία που διαθέτουν τα PHEV δεν έχουν ικανοποιητικό χώρο για χώρο αποθήκευσης.

7.3.1.Σχεδιασμός ελαφρύτερων υλικών

Ο σχεδιασμός ελαφρύτερων υλικών στα υβριδικά οχήματα αποτελεί κρίσιμο μέρος της εξέλιξης της αυτοκινητοβιομηχανίας. Η ανάπτυξη υλικών όπως carbon ενισχυμένα με ίνες, αλουμίνιο και μαγνήσιο επιτρέπει την κατασκευή εξαιρετικά ανθεκτικών και ελαφρύτερων υλικών. Όπως προαναφέραμε η μείωση του βάρους συνεπάγεται με μείωση της κατανάλωσης καυσίμου το οχήματος και επακόλουθα σε μείωση της εκπομπής ρύπων. Κύριος σκοπός είναι ο περιορισμός της εκπομπής διοξειδίου του άνθρακα (CO₂).

Η ευρωπαϊκή νομοθεσία επιθυμεί να μειωθούν οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα σύμφωνα με τις τελευταίες νομοθεσίες. Από το 2020 εφαρμόζει αυστηρά όρια για την εκπομπή διοξειδίου του άνθρακα μέσω των καυσαερίων των οχημάτων. Έκτοτε, τα αυτοκίνητα που κυκλοφορούν εκπέμπουν κατά βάση λιγότερα από 95 γραμμάρια CO₂ ανά χιλιόμετρο. Το όριο είναι τα 130 γραμμάρια ανά χιλιόμετρο. Για να είναι ικανοί οι κινητήρες των νέων αυτοκινήτων να ανταπεξέλθουν στη νομοθετική υποχρέωση πρέπει τα αυτοκίνητα να είναι πιο ελαφριά. Αν το βάρος επιβατηγού μειωθεί κατά 100 κιλά θα έχει ως αποτέλεσμα η κατανάλωση καυσίμου να μειωθεί κατά 0,4 λίτρα ανά 100 χιλιόμετρα όπως και η εκπομπή διοξειδίου του άνθρακα θα μειωθεί έως και 10 γραμμάρια.

7.3.2.Αμάξωμα

Μέχρι σήμερα τα μοντέλα κατασκευάζονται έχοντας ως κύριο υλικό την ατσαλολαμαρίνα. Ωστόσο πολλοί υποστηρίζουν ότι αυτό θα αλλάξει στο μέλλον. Για παράδειγμα μερικά υλικά είναι το ατσάλι υψηλής σκληρότητας, όπως το μαγνήσιο ή και διάφορα κράματα. Εικάζεται ότι η αξία της συγκεκριμένης βιομηχανίας θα έχει φτάσει τα 100 εκατομμύρια το 2025.

Η έρευνα McKinsey προβλέπει ότι η βιομηχανία ελαφρών υλικών θα αυξάνεται κατά 8% κάθε χρόνο και θα ξεπέρασε τα 300 δις ευρώ το 2030. Ωστόσο, ενώ οι μηχανολόγοι έχουν εμπειρία στις ατσαλολαμαρίνες, στις κατασκευές με κράματα ή με αφρό μετάλλου ή με συνθετικά υλικά παρατηρούμε ότι οι έρευνες βρίσκονται ακόμα σε πρώιμα στάδια. Για τον συγκεκριμένο λόγο χρειάζεται περισσότερη έρευνα και εξέλιξη στον συγκεκριμένο τομέα.

7.3.3.Εξαρτήματα ενισχυμένα με άνθρακα εκτύπωσης 3D

Η μέθοδος ονομάζεται «προσθετική κατασκευή». Σύμφωνα με τη συγκεκριμένη μέθοδο, τα εξαρτήματα κατασκευάζονται σε στρώσεις, από σκόνη (μετάλλου), ή από υγρά, ή από υλικά εξέλασης. Το γερμανικό ερευνητικό ίνστιτούτου Fraunhofer για Τεχνολογίες Λέιζερ είχε κατασκευάσει ένα «προσθετικό» λέιζερ για την κατασκευή μεταλλικών εξαρτημάτων, που το ονόμασαν «λέιζερ επιλεκτικής τήξης». Το λέιζερ βοηθά στη κατασκευή σύνθετων εξαρτημάτων που είναι πολύ πιο ελαφριά σε σχέση με τα συμβατικά μεταλλικά εξαρτήματα και στα οποία είναι πιθανό να δοθεί για παράδειγμα μια βιονική δομή, η οποία δεν θα μπορούσε να γίνει με συμβατικές μεθόδους κατασκευής. Με τη συγκεκριμένη μέθοδο μπορούν επίσης να κατασκευαστούν και πλαστικά εξαρτήματα.

Ωστόσο, πολύ λίγα υλικά μπορούν μέχρι στιγμής να υλοποιήσουν τέτοιες κολλήσεις. Για τον λόγο αυτό οι ειδικοί του γερμανικού ερευνητικού ινστιτούτου (Fraunhofer) που ειδικεύονται στο Περιβάλλον, στη Ασφάλεια και την Ενέργεια, πειραματίζονται τη στιγμή αυτή και σε νέα υλικά. Γερμανοί επιστήμονες δημιουργησαν συσκευή τρισδιάστατης εκτύπωσης 3D που μπορεί να κατασκευάσει διάφορα θερμοπλαστικά εξαρτήματα άρτιας ποιότητας από πλαστικό ενισχυμένο με ανθρακονήματα. Χρησιμοποιώντας ειδικό εκτοξευτήρα που έχει η συσκευή εκτύπωσης, τα ανθρακονήματα πέφτουν μέσα στο λιωμένο πλαστικό, όταν μορφοποιείται το εξάρτημα, συνεχόμενα και ακριβώς εκεί που χρειάζονται. Με τον συγκεκριμένο τρόπο ακόμα και οι κινητήρες αυτοκινήτων θα είναι ικανοί να είναι ελαφρύτεροι στο μέλλον. Με τη συγκεκριμένη τεχνική είναι πιθανόν να μειωθεί το βάρος του κινητήρα κατά 20% περίπου (γεγονός που ειδικά στα αμιγώς ηλεκτρικά οχήματα συμβάλλει σε μεγάλο βαθμό, καθώς οι ηλεκτροκινητήρες έχουν ιδιαίτερα υψηλό βάρος). Ένα άλλο προτέρημα θα ήταν ότι ο συγκεκριμένος κινητήρας θα μπορούσε να παραχθεί οικονομικότερα, με τη μέθοδο προσθήκης ανθρακονημάτων στο πλαστικό. Ωστόσο, δεν χρησιμοποιούνται διότι το κατασκευαστικό τους κόστος είναι πολύ υψηλό. Σύμφωνα με έρευνες αυτό πιθανότατα να αλλάξει.

Για να πραγματοποιηθεί αυτό το σχέδιο μαζεύτηκαν εταίροι από 18 χώρες με σκοπό να εξελίξουν νέες τεχνολογίες συστημάτων και εργαλείων για τη μαζική παραγωγή ανακυκλώσιμων, ελαφρών εξαρτημάτων υψηλών επιδόσεων, που θα κατασκευάζονται από θερμοπλαστικό ενισχυμένο με ανθρακονήματα. Προκειμένου να γίνει αυτή η μέθοδος χρήσιμη και για τις μικρές και μεσαίους μεγέθους επιχειρήσεις δημιουργήθηκε μία κεφαλή πολλαπλών υλικών (multi-material-head, MMH), που είναι χρήσιμη για την επίστρωση νέων ταινιών. Με αυτόν τον τρόπο γίνεται εφικτή η χρήση ποικίλων υλικών για τη δημιουργία τους. Με ένα τέστερ Multi Tester LBF, ελέγχονται όλα τα ενισχυμένα πλαστικά εξαρτήματα ως προς την εσωτερική πίεση που δημιουργείται όταν καταπονούνται. Για να γίνει αυτός ο έλεγχος χρησιμοποιούνται διάφορα υγρά όπως λιπαντικά, καύσιμα, οξέα και αλκαλικές ενώσεις. Τα υγρά αυτά τα βάζουμε στο άκρο του τέστερ και η πίεση μεγαλώνει. Οι περιοχές που καταπονούνται περισσότερο μπαίνουν σε μια κατάσταση πολυαξονικού φορτίου, όπως γίνεται με τα ελαφρύτερα εξαρτήματα. Οπότε το υλικό εξαρτημάτων δέχεται καταπόνηση από κάθε οριζόντα. Κατά τον έλεγχο μετράται και ο τρόπος με τον οποίο αλλάζει το σχήμα του εξαρτήματος που δέχεται καταπόνηση. Προς το παρόν, οι ειδικοί βασίζονται σε τεχνικές υπερήχων για να ελέγχουν την ποιότητα των εξαρτημάτων που είναι κατασκευασμένα από πλαστικά ενισχυμένα με ανθρακονήματα. Τέλος, ένας αισθητήρας υπερήχων, σκανάρει τα εξαρτήματα και μετέπειτα μετράται ο αριθμός των στοιχείων που προκλήθηκε από τα σήματα των υπερήχων. Η μέτρηση αυτή γίνεται κυρίως αυτόματα.

8.1.Αμορτισέρ

Τα αμορτισέρ που σχεδιάζονται για εξοικονόμηση ενέργειας είναι χρήσιμα για να προσαρμόζουν αυτόματα την απόσβεση των κραδασμών ανάλογα με τις συνθήκες οδήγησης. Τα αμορτισέρ πλέον ρυθμίζουν αυτόματα την άκαμπτη απόσβεση στην οδήγηση, μειώνοντας την ενέργεια που χρησιμοποιείται. Ορισμένα ηλεκτρονικά αμορτισέρ είναι πιθανό να είναι σε θέση να ανακτούν και να αποθηκεύουν ενέργεια που δημιουργείται μέσω των κραδασμών και να την ξαναχρησιμοποιούν. Κάποια άλλα αμορτισέρ χρησιμοποιούν αισθητήρες και ηλεκτρονικούς υπολογιστές για τη πρόβλεψη των συνθηκών του δρόμου και την ανάλογη προληπτική προσαρμογή των αμορτισέρ. Άξιο αναφοράς είναι ότι μερικά οχήματα έχουν λειτουργίες που δίνουν τη δυνατότητα στον οδηγό να διαλέγει λιγότερο ενεργοβόρες ρυθμίσεις στα αμορτισέρ για να εξοικονομήσει ενέργεια.

8.1.1.Καινοτομίες

Τα πιεζοηλεκτρικά αμορτισέρ είναι αμορτισέρ που χρησιμοποιούν την πιεζοηλεκτρική τεχνολογία για τον έλεγχο των κραδασμών σε ένα όχημα. Η πιεζοηλεκτρική τεχνολογία εκμεταλλεύεται υλικά που αντιδρούν στην πίεση και δημιουργούν ηλεκτρική ενέργεια. Η ενέργεια αυτή είναι πιθανόν να χρησιμοποιηθεί με σκοπό τη ρύθμιση της απόσβεσης των κραδασμών στα αμορτισέρ. Η βασική λειτουργία των πιεζοηλεκτρικών αμορτισέρ αφορά τη χρήση πιεζοηλεκτρικών υλικών, σαν τα πιεζοηλεκτρικά κεραμικά. Τα συγκεκριμένα υλικά είναι ικανά να μεταβάλλουν το σχήμα τους υπό την επίδραση πίεσης με σκοπό τη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Κάνοντας χρήση αισθητήρων και συστημάτων ελέγχου, η ποσότητα αυτής της ενέργειας ρυθμίζεται για να προσαρμοστεί η απόσβεση των κραδασμών σύμφωνα με τις εκάστοτε συνθήκες οδήγησης. Τα πλεονεκτήματα τους είναι πολλά όπως η γρήγορη ανταπόκριση, η προσαρμοστικότητα σε διάφορες συνθήκες οδήγησης και η δυνατότητα παραγωγής ενέργειας που είναι πιθανό να χρησιμοποιηθεί για ποικίλους σκοπούς στο όχημα. Πάραντα, τα πιεζοηλεκτρικά υλικά είναι πολύ πιο ακριβά σε σχέση με τα παραδοσιακά αμορτισέρ, και η ανάπτυξη τους παραμένει ακόμα σε εξέλιξη.

Οι πιεζοηλεκτρικοί αισθητήρες επιτρέπουν τη μέτρηση και την ανίχνευση μεταβολών της πίεσης μετατρέποντας τη μηχανική ενέργεια σε ηλεκτρική ενέργεια. Το πιεζοηλεκτρικό φαινόμενο βασίζεται στο πως δρουν ορισμένα υλικά που δημιουργούν ηλεκτρικό φορτίο όταν παραμορφώνονται μηχανικά. Παραδείγματα είναι ο χαλαζίας ή ορισμένα κεραμικά που έχουν μια ειδική κρυσταλλική δομή που τους επιτρέπει αυτή την ιδιότητα.

Ο πιεζοηλεκτρικός αισθητήρας πίεσης αποτελείται από ένα πιεζοηλεκτρικό στοιχείο που το βάζουμε σε ένα ηλεκτρικό κύκλωμα. Τη χρονική στιγμή που μια εξωτερική δύναμη εφαρμόζεται στο πιεζοηλεκτρικό στοιχείο, αυτό παραμορφώνεται και παράγει ηλεκτρικό φορτίο ανάλογο με το μέγεθος της πίεσης. Το συγκεκριμένο ηλεκτρικό φορτίο μετριέται από έναν ενισχυτή και γίνεται ηλεκτρικό σήμα που μπορεί να διαβαστεί και να επεξεργαστεί για να ληφθούν πληροφορίες σχετικά με την εφαρμοζόμενη πίεση. Το συγκεκριμένο ηλεκτρικό σήμα είναι πιθανό να είναι αναλογικό ή ψηφιακό, ανάλογα με τη συγκεκριμένη σχεδίαση του αισθητήρα. Είναι αξιοσημείωτο επίσης ότι χρησιμοποιούνται και για τη μέτρηση της πίεσης των ελαστικών επίσης.

Η βασική λειτουργία ενός πιεζοηλεκτρικού αισθητήρα πίεσης είναι η μετατροπή της εφαρμοζόμενης πίεσης σε ένα ηλεκτρικό σήμα ανάλογο με την δεχόμενη πίεση. Η λειτουργία του πιεζοηλεκτρικού αισθητήρα πίεσης αποτελείται από κεραμικούς κρυστάλλους όπως ο χαλαζίας ή ορισμένα πολυμερή. Τη χρονική στιγμή που ασκείται δύναμη ή πίεση στο υλικό, δημιουργεί ηλεκτρικό φορτίο μέσω του πιεζοηλεκτρικού φαινομένου.

Ο πιεζοηλεκτρικός αισθητήρας πίεσης αποτελείται από ένα διάφραγμα ή μια δομή σε σχήμα μεμβράνης που είναι σχεδιασμένη να παραμορφώνεται όταν ασκείται πίεση στο διάφραγμα. Αυτό παραμορφώνεται και προκαλείται ηλεκτρικό φορτίο που μετατρέπεται σε ηλεκτρικό σήμα που είναι δυνατόν να ενισχυθεί και να υποβληθεί σε επεξεργασία για να ληφθεί η μέτρηση της πίεσης. Είναι αξιοσημείωτο ότι το σήμα που παράγεται από τον πιεζοηλεκτρικό αισθητήρα πίεσης είναι ανάλογο με την εφαρμοζόμενη πίεση και μπορεί να είναι αναλογικό ή ψηφιακό, ανάλογα με το κύκλωμα κλιματισμού που χρησιμοποιείται. Το συγκεκριμένο σήμα είναι ικανό να χρησιμοποιηθεί σε

διαφορετικά συστήματα ελέγχου και παρακολούθησης για τη λήψη αποφάσεων με βάση τις καταγεγραμμένες τιμές πίεσης.

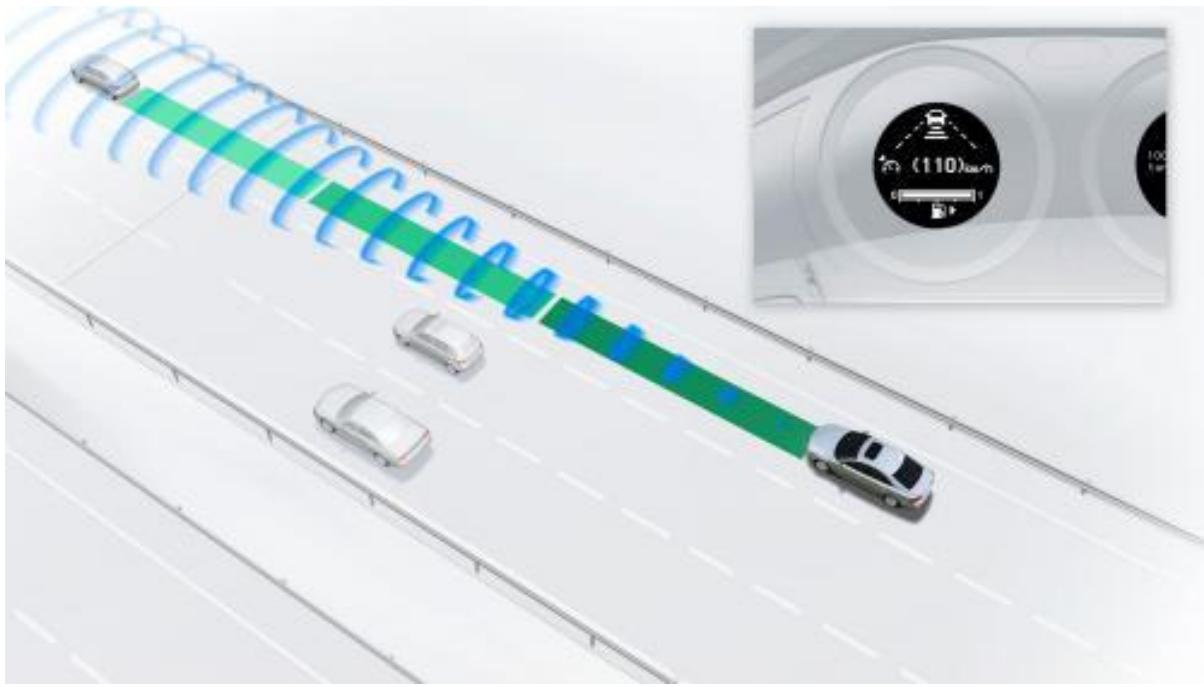
8.1.2.Πιεζοηλεκτρικός αισθητήρας πίεσης: τι είναι και πώς λειτουργεί

Ο πιεζοηλεκτρικός αισθητήρας πίεσης παράγει ηλεκτρικό ρεύμα όταν δέχεται μηχανική πίεση. Όπως προαναφέραμε τα πιεζοηλεκτρικά υλικά, όπως ο χαλαζίας ή ο τιτανικός μόλυβδος, έχουν την ικανότητα να δημιουργούν ηλεκτρικό φορτίο όταν παραμορφώνονται μηχανικά γεγονός που μας δείχνει ότι όταν ασκείται πίεση στο συγκεκριμένο υλικό, παράγεται ηλεκτρικό φορτίο στην επιφάνειά του. Όταν παραμορφώνεται δημιουργεί ηλεκτρικό φορτίο ανάλογο με το μέγεθος της ασκούμενης πίεσης το οποίο μετατρέπεται σε ηλεκτρικό ρεύμα που μετρέται από τον αισθητήρα. Αυτό το ρεύμα είναι παλλόμενο. Το ρεύμα που παράγεται από τον πιεζοηλεκτρικό αισθητήρα είναι εναλλασσόμενο ρεύμα. Γεγονός που οφείλεται στα χαρακτηριστικά του πιεζοηλεκτρικού υλικού που παράγει ένα παλλόμενο ηλεκτρικό φορτίο ως απόκριση στην εφαρμοζόμενη πίεση, το οποίο μπορεί να μετατραπεί και να χρησιμοποιηθεί σε μέτρηση πίεσης σε υδραυλικά συστήματα, παρακολούθηση βιομηχανικών διεργασιών και σε ιατρικές συσκευές.

Ωστόσο το ρεύμα που δημιουργείται από τον πιεζοηλεκτρικό αισθητήρα είναι πενιχρό και γενικά απαιτεί ενίσχυση για σωστή ανίχνευση και χρήση. Είναι φυσικό επακόλουθο ότι η κυματομορφή αυτού του ρεύματος ποικίλλει ανάλογα με τη συχνότητα και το μέγεθος της ασκούμενης πίεσης. Η συνδυαστική χρήση πιεζοηλεκτρικών αμορτισέρ με υβριδικά οχήματα μπορεί να οδηγήσει σε σημαντική βελτίωση της απόδοσης καυσίμου. Μέσω της προηγμένης τεχνολογίας αυτών των αμορτισέρ, το όχημα μπορεί να επιτυγχάνει πιο αποδοτική και οικονομική οδήγηση. Η προσαρμογή της απόσβεσης των κραδασμών ανάλογα με τις συνθήκες οδήγησης και τον τύπο του οδοστρώματος επιτρέπει τη μείωση της κατανάλωσης καυσίμου, καθώς και την βελτιστοποίηση της διαχείρισης της ενέργειας του οχήματος. Με αυτόν τον τρόπο, η ενεργειακή απόδοση του υβριδικού οχήματος μπορεί να βελτιωθεί σημαντικά, επιτρέποντας ταυτόχρονα τη μείωση των εκπομπών και τη βελτίωση της οικολογικής του απόδοσης.

9.1.Cruise Control

Το cruise control είναι ένα ηλεκτρονικό σύστημα που μας δίνει τη δυνατότητα να έχουμε μία σταθερή ταχύτητα, με σκοπό την ανάπτυξη του ποδιού μας από το πεντάλ του γκαζιού. Είναι σχεδιασμένο για δρόμους ταχείας κυκλοφορίας και αυτοκινητόδρομους όπου δεν συναντώνται συχνές στάσεις, φανάρια και στροφές. Λειτουργεί με τα κουμπιά on/off, set, cancel και resume. Αρχικά επιτυγχάνουμε την επιθυμητή και νόμιμη ταχύτητα ταξιδιού και μετέπειτα τίθεται σε λειτουργία το cruise control. Το Adaptive Cruise Control (ACC) μας βοηθά να ορίσουμε μια σταθερή ταχύτητα, την στιγμή που ελέγχει την κίνηση στα οχήματα που είναι μπροστά και κρατά το αυτοκίνητο σε μια ασφαλή απόσταση από αυτά.



Εικόνα 33: Cruise Control

Για να λειτουργήσει χρησιμοποιεί το ραντάρ, τους αισθητήρες και τη κάμερα που έχει το αυτοκίνητό, με σκοπό η ταχύτητά μας να είναι ίδια με αυτή του μπροστινού οχήματος. Τη στιγμή που το όχημα θα καταλάβει μεταβολή στην απόσταση μεταξύ των αυτοκινήτων θα μειώσει ή θα αυξήσει τη ταχύτητα μέχρι την μέγιστη ταχύτητα που έχουμε επιλέξει. Επίσης βοηθά στη μείωση της κατανάλωσης καυσίμου, αφού δεν υφίστανται οι απότομες αυξομειώσεις ταχύτητας που πραγματοποίει ο οδηγός όταν πραγματοποιεί ο οδηγός τον έλεγχο του αυτοκινήτου, με το σύστημα να έχει τη δυνατότητα να μειώνει την κατανάλωση. Επίσης μπορεί να μειώσει την κατανάλωση έως και κατά 14% σε σχέση με τη μη χρήση του. Ο οδηγός ωστόσο επιβάλλεται να είναι πάντα σε επαγρύπνηση, μήπως γίνει κανένα λάθος, ώστε να διορθώσει τη κατάσταση.

9.2.Πως μπορεί να βοηθήσει το Cruise Control

Το σύστημα Cruise Control βοηθά στην αποφυγή της υπερβολικής επιτάχυνσης και του απότομου φρεναρίσματος που είναι πιθανόν να προκαλέσουν απώλεια ενέργειας (άρα άμεσα και με την αναγεννητική πέδηση). Με το Cruise Control, ο κινητήρας λειτουργεί σε βέλτιστες συνθήκες για εξοικονόμηση καυσίμου, δίχως ακραίες μεταβολές της ταχύτητας που πιθανόν θα προκύψουν από την οδήγηση. Τέλος μερικά συστήματα Cruise Control προσαρμόζονται μόνα τους σε ανηφόρες και κατηφόρες, μεγιστοποιώντας την απόδοση του κινητήρα και συνδράμοντας στην εξοικονόμηση ενέργειας. Μέσω τουs cruise control, το όχημα διατηρεί αυτόματα ασφαλή απόσταση από άλλα οχήματα, ενώ η χρήση του ηλεκτρικού κινητήρα σε χαμηλές ταχύτητες αυξάνει την οικονομία και βοηθά την αθόρυβη οδήγηση. Επιπλέον, ο έξυπνος προγραμματισμός κινήσεων επιτρέπει στο όχημα να προσαρμόζει δυναμικά την κίνησή του στις διάφορες οδικές συνθήκες, βελτιώνοντας έτσι την οικονομία καυσίμου και την απόδοση.

10.1.Ανάλυση πολλών μοντέλων που παρατέθηκαν

Πλήρη στοιχεία είναι διαθέσιμα για 293 τύπους ηλεκτρικών οχημάτων, εκ των οποίων 197 είναι BEV (Battery Electric Vehicles), 61 είναι PHEV (Plug-in Hybrid Electric Vehicles), και 35 είναι ηλεκτρικές μοτοσικλέτες BEV. Η μέση χωρητικότητα μπαταρίας για τα BEV ανέρχεται σε 53,7 kWh, ενώ για τα PHEV είναι 12 kWh. Τα οχήματα με μεγαλύτερη χωρητικότητα μπαταρίας, όπως αυτά που έχουν πάνω

από 70 kWh, προσφέρουν συνήθως μεγαλύτερη αυτονομία, με χαρακτηριστικό παράδειγμα τα οχήματα υψηλής κατηγορίας όπως της Tesla, που φτάνουν έως και τα 100 kWh. Από την άλλη, τα μικρότερα οχήματα ή οι μοτοσικλέτες με χωρητικότητα μπαταρίας κάτω από 20 kWh είναι συνήθως σχεδιασμένα για χρήση εντός πόλης, έχοντας περιορισμένη αυτονομία. Η μέση κατανάλωση ενέργειας κυμαίνεται από περίπου 12 έως 25 kWh ανά 100 χιλιόμετρα για τα αυτοκίνητα, με τα πιο οικονομικά μοντέλα να έχουν κατανάλωση κοντά στα 14-18 kWh/100 km, ενώ τα μεγαλύτερα ή πιο ισχυρά μοντέλα καταναλώνουν περισσότερο, φτάνοντας ακόμα και τα 20 kWh/100 km ή παραπάνω. Οι πιο πρόσφατες κυκλοφορίες, ειδικά των ετών 2020 και 2021, τείνουν να είναι πιο αποδοτικές με μικρότερη κατανάλωση σε σχέση με τα πρώτα ηλεκτρικά οχήματα.

Εικόνα 34: Το αρχείο excel που μας παρατέθηκε

11.1. Σύγκριση κατανάλωσης συμβατικών και ηλεκτρικών

Τα ηλεκτρικά οχήματα (EVs) παρουσιάζουν διαφορετική κατανάλωση ενέργειας σε σχέση με τα συμβατικά βενζινοκίνητα οχήματα, καθώς και διαφορετικό προφίλ εκπομπών ρύπων. Η κατανάλωση ενέργειας στα EVs μεταβάλλεται ανάλογα με την ταχύτητα του οχήματος, καθώς και τη χρήση του συστήματος ανάκτησης ενέργειας κατά την επιβράδυνση. Όπως φαίνεται στο παραπάνω διάγραμμα, η κατανάλωση ενέργειας για ένα Tesla Roadster παρουσιάζει χαμηλότερη τιμή σε μέτριες ταχύτητες (περίπου 40 mph) και αυξάνεται τόσο σε χαμηλές όσο και σε υψηλές ταχύτητες. Αντίθετα, η κατανάλωση ενός βενζινοκίνητου οχήματος εμφανίζει μικρότερη μεταβλητότητα, με υψηλότερες τιμές σε χαμηλές ταχύτητες, οι οποίες μειώνονται σε μεσαίες ταχύτητες πριν αυξηθούν ξανά.

Η κατανάλωση ενέργειας των EVs (σε Wh/mile) οφείλεται στο ηλεκτρικό μοτέρ και τη χρήση μπαταρίας, η οποία επαναφορτίζεται εν μέρει μέσω του συστήματος ανάκτησης ενέργειας κατά την επιβράδυνση, με αποτέλεσμα τη μείωση της συνολικής κατανάλωσης σε αστικές συνθήκες οδήγησης με συχνά φρεναρίσματα. Αυτό το σύστημα προσφέρει στα EVs πλεονέκτημα σε συνθήκες κυκλοφοριακής συμφόρησης, όπου η χρήση φρένων είναι συχνή και η ανάκτηση ενέργειας βοηθά στην αύξηση της αποδοτικότητας του οχήματος.

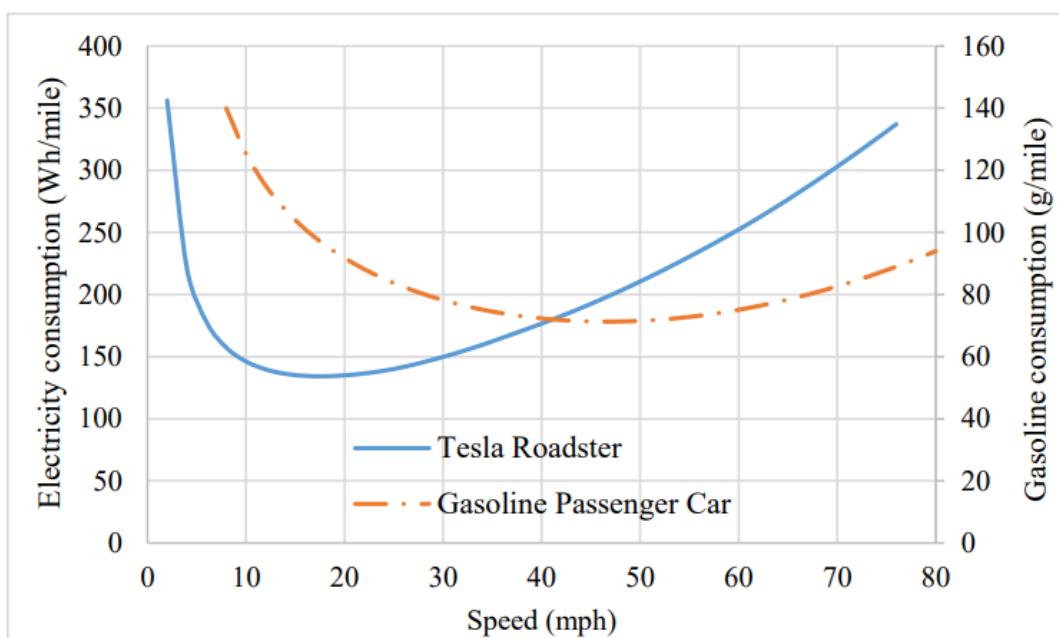
Αντίθετα, τα βενζινοκίνητα οχήματα έχουν μια πιο σταθερή κατανάλωση, καθώς η ενέργεια που καταναλώνεται εξαρτάται κυρίως από τον κινητήρα εσωτερικής καύσης (ICE). Οι εκπομπές

διοξειδίου του άνθρακα (CO_2) σε αυτά τα οχήματα είναι άμεσα συνδεδεμένες με την καύση βενζίνης, με εκτιμήσεις να δείχνουν ότι κάθε γραμμάριο βενζίνης παράγει περίπου 3,1 γραμμάρια CO_2 . Για παράδειγμα, σε ταχύτητα 40 mph (περίπου 64 km/h), οι εκπομπές ενός βενζινοκίνητου αυτοκινήτου ανέρχονται σε 232,5 gr CO_2 ανά μίλι, που αντιστοιχούν σε περίπου 144,5 gr CO_2 ανά χιλιόμετρο.

Από την άλλη πλευρά, τα EVs, όπως το Tesla Roadster, παρουσιάζουν εκπομπές CO_2 έμμεσα, μέσω της ηλεκτρικής ενέργειας που απαιτείται για την φόρτιση των μπαταριών τους. Οι εκπομπές αυτές εξαρτώνται από το ενεργειακό μίγμα της χώρας όπου γίνεται η φόρτιση. Στην περίπτωση της Ελλάδας, οι εκπομπές του ενεργειακού μίγματος εκτιμώνται σε 400-500 gr CO_2/kWh . Σύμφωνα με το διάγραμμα, η κατανάλωση του Tesla Roadster σε ταχύτητα 40 mph ανέρχεται σε 81 gr CO_2 ανά μίλι, δηλαδή περίπου 50,3 gr CO_2 ανά χιλιόμετρο. Αυτό προκύπτει από την ενέργεια που καταναλώνει το όχημα και τις εκπομπές CO_2 του ελληνικού δικτύου παραγωγής ενέργειας.

Η σύγκριση μεταξύ των δύο τύπων οχημάτων αναδεικνύει σημαντικές διαφορές στις εκπομπές CO_2 ανάλογα με την πηγή ενέργειας και τον τρόπο οδήγησης. Οι ετήσιες εκτιμήσεις για τις εκπομπές ρύπων δείχνουν ότι τα ηλεκτρικά οχήματα μπορούν να έχουν σημαντικά χαμηλότερο αποτύπωμα άνθρακα σε σύγκριση με τα βενζινοκίνητα. Σύμφωνα με διάφορες πηγές, η αναλογία των εκπομπών CO_2 ανάμεσα σε ένα βενζινοκίνητο όχημα και ένα ηλεκτρικό μπορεί να κυμαίνεται από 2,1:1 έως 2,9:1 υπέρ των EVs, ανάλογα με το ενεργειακό μίγμα και τη χρήση του οχήματος. Αυτό σημαίνει ότι, σε ετήσια βάση, ένα ηλεκτρικό όχημα μπορεί να παράγει λιγότερες από τις μισές εκπομπές CO_2 σε σύγκριση με ένα αντίστοιχο βενζινοκίνητο.

Συμπερασματικά, τα ηλεκτρικά οχήματα αποτελούν μια πιο φιλική προς το περιβάλλον λύση, κυρίως λόγω της δυνατότητας ανάκτησης ενέργειας και της μείωσης των εκπομπών μέσω της ηλεκτροκίνησης. Ωστόσο, οι συνολικές εκπομπές εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από το ενεργειακό μίγμα της κάθε χώρας και την αποδοτικότητα του συστήματος φόρτισης. Με την περαιτέρω βελτίωση των τεχνολογιών παραγωγής και αποθήκευσης ενέργειας, τα EVs αναμένεται να συμβάλουν ακόμη περισσότερο στη μείωση του αποτυπώματος άνθρακα στον τομέα των μεταφορών.



Εικόνα 35: Σύγκριση κατανάλωσης Tesla Roadster με ένα βενζινοκίνητο όχημα

Βιβλιογραφία

- Den. “Σε τι αποσκοπεί το σύστημα Start-Stop.” <Https://Www.autodoc.gr/>, 6 Nov. 2014, <www.autodoc.gr/info/se-ti-aposkopei-to-systima-start-stop>. Accessed Nov. 6AD.
- “Φιλτρο Μικροσωματιδιων DPF - CarbonOff.gr.” Carbonoff.gr, <carbonoff.gr/index.php/mathe-ton-kinitira-sou/filtro-mikrosomatidion-dpf>. Accessed 25 Mar. 2024.
- Γκέου, Φιλήμων. ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΥΒΡΙΔΙΚΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗΣ ΤΟΥΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΑΓΟΡΑ. Aug. 2020, pp. 31–38, 95–101.
- Ιωάννου, Μάριος. “Τα υβριδικά και ηλεκτρικά αυτοκίνητα που κυριάρχησαν το 2023.” Τα υβριδικά και ηλεκτρικά αυτοκίνητα που κυριάρχησαν το 2023, 8 Feb. 2024, <inbusinessnews.reporter.com.cy/article/2024/2/8/756902/ta-ubridika-kai-elektrika-autokineta-pou-kuriarkhesan-to-2023/>. Accessed 25 Mar. 2024.
- Μαντάς, Ιωάννης. Μελέτη υβριδικού-ηλεκτρικού οχήματος βαρέος τύπου κατά τη διάρκεια του κύκλου πόλης WTVC - Σύγκριση επιδόσεων και εκπομπών με συμβατικό όχημα. July 2022, pp. 20–21.
- newsroom, and Ειδήσεις για την Οικονομία | newmoney. “Ηλεκτρικά αυτοκίνητα: Έρχεται η ασύρματη φόρτιση – Πώς θα λειτουργεί.” Ειδήσεις για την Οικονομία | Newmoney, <www.newmoney.gr/roh/bloomberg/ilektrika-aftokinita-erchete-i-asirmati-fortisi-pos-tha-litourgi/>. Accessed 25 Mar. 2024.
- OpenAI. “ChatGPT.” Chat.openai.com, OpenAI, 30 Nov. 2022, <chat.openai.com/>.
- Παπαλάμπρου, Λουκάς . “Ειδήσεις - σελίδα 38724 - Gocar.gr - Περιοδικό αυτοκινήτου.” <Www.gocar.gr>, 13 Feb. 2023, GoCar. Accessed Feb. 20AD.
- Περιβάλλοντος και Ενέργειας, Υπουργείο. “Άρθρο 02 – Ορισμοί | Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας.” <Www.opengov.gr>, 17 June 2020, <www.opengov.gr/minenv/?p=10458>. Accessed 25 Mar. 2024.
- “Πιεζοηλεκτρικός αισθητήρας πίεσης: τι είναι και πώς λειτουργεί - Polaridad.es.” Polaridad.es, 22 Nov. 2023, <polaridad.es/el/sensor-de-presion-piezoelectrico/>. Accessed 25 Mar. 2024.
- “Πρακτικός Υπολογισμός χωρητικότητας αυτοκίνητου.” Winner Battery, 2 Oct. 2021, <winnerbattery.gr> Accessed Feb. 25AD.
- “Σχεδιάζοντας ελαφρύτερα οχήματα (Α.Μέρος).” Infoservice.com.gr, 20 June 2016, <infoservice.com.gr/fano/schediazontas-elafritera-ochimata-a-me/>. Accessed 25 Mar. 2024.
- Waring, Harry. “Τι είναι η αναγεννητική πέδηση.” Motor One, 7 May 2022, <www.motorone.gr/epikairotita/christika/29342/ti-einai-i-anagennitiki-pedisi/>. Accessed Feb. 19AD.
- Wikipedia. “Wikipedia.” Wikipedia.org, Wikimedia Foundation, 15 Jan. 2001, <www.wikipedia.org/>. Accessed 25 Mar. 2024.
- Moawad, Ayman, et al. “Impact of Real World Drive Cycles on PHEV Fuel Efficiency and Cost for Different Powertrain and Battery Characteristics.” *World Electric Vehicle Journal*, vol. 3, no. 1, 27 Mar. 2009, pp. 186–195, <https://doi.org/10.3390/wevj3010186>. Accessed 23 Jan. 2022.