

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	6
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΟΧΗΜΑΤΟΣ ΠΟΛΗΣ ΕΛΑΧΙΣΤΩΝ ΡΥΠΩΝ.....	8
1.1 Γενικά	8
1.2 Γεωμετρία Οχήματος	8
1.3 Βάρος Οχήματος	11
1.4 Πλαίσιο Οχήματος.....	11
1.5 Υλικά Κατασκευής.....	14
1.6 Νέες Τεχνολογίες	15
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΙΝΗΣΗΣ – ΣΥΓΧΡΟΝΟΙ ΤΥΠΟΙ ΟΧΗΜΑΤΩΝ.....	18
2.1 Η Μηχανή Εσωτερικής Καύσης (ΜΕΚ).....	18
2.2 Ηλεκτροκίνητα Οχήματα.....	24
2.2.1 Γενικά.....	24
2.2.2 Αμιγώς Ηλεκτροκίνητα Οχήματα	26
2.2.3 Ηλεκτρονικός Μετατροπέας Ισχύος.....	28
2.2.4 Ηλεκτρικός Κινητήρας	32
2.3 Υβριδικά Οχήματα	33
2.3.1 Υβριδική Τεχνολογία	35
2.3.2 Συνδεσμολογία Κινητήρων σε Υβριδικό.....	38
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ – ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ ΚΑΙ ΣΕΝΑΡΙΑ ΦΟΡΤΙΣΗΣ	42
3.1 Συσσωρευτές και Αυτοκινητοβιομηχανία	42

3.2 Διατάξεις Φόρτισης Συσσωρευτών	47
3.3 Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας	51
3.3.1 Αιολική Ενέργεια	54
3.3.2 Ηλιακή Ενέργεια	56
3.3.3 Γεωθερμική Ενέργεια	57
3.3.4 Υδροηλεκτρική Ενέργεια	58
3.3.5 Βιομάζα.....	59
3.4 Ενεργειακές Κυψέλες.....	60
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΑ ΚΑΥΣΙΜΑ.....	64
4.1 Αιθανόλη – Μεθανόλη.....	65
4.2 Αέρια Καύσιμα.....	65
4.3 Βιοκαύσιμα	67
4.4 Υδρογόνο.....	69
4.4.1 Μέθοδοι Παραγωγής Υδρογόνου	71
4.4.2 Τρόποι Αποθήκευσης Υδρογόνου	77
4.4.3 Μεταφορά Υδρογόνου	79
4.4.4 Διανομή του Υδρογόνου.....	80
4.4.5 Fuel Cell Οχήματα (FCV's).....	81
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΝΑΡΤΗΣΗΣ – ΠΕΔΗΣΗΣ.....	84
5.1 Υποσύστημα Ανάρτησης Οχήματος.....	84
5.2 Υποσύστημα Πέδησης Οχήματος	86
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΕΥΦΥΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΟΧΗΜΑΤΩΝ	93

6.1 Τα Είδη Αισθητήρων του Αυτοκινήτου.....	93
6.2 Ευφυή Συστήματα Πλοήγησης – Εντοπισμού Θέσης.....	99
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΕΠΙΛΟΓΗ ΟΧΗΜΑΤΟΣ ΕΛΑΧΙΣΤΩΝ ΡΥΠΩΝ.....	103
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	111

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η επικράτηση του κινητήρα εσωτερικής καύσης στα οχήματα κατά τον 20^ο αιώνα προκάλεσε βλαπτικές παρενέργειες σημαντικής έκτασης και έντασης. Έτσι κινητοποιήθηκε το παγκόσμιο επιστημονικό δυναμικό, προκειμένου να εξευρεθούν τρόποι αντιμετώπισης του προβλήματος. Οι αριθμοί των οχημάτων που προστίθενται κάθε χρόνο στην κυκλοφορία επιτείνουν τα φαινόμενα και καθιστούν επιτακτική την ανάγκη λήψης άμεσων μέτρων. Η αντικατάσταση του κινητήρα εσωτερικής καύσης διαφαίνεται ότι είναι θέμα χρόνου. Σκοπός της εργασίας αυτής είναι η ανασκόπηση των τεχνολογικών επιτευγμάτων που θα συμβάλλουν στο σχεδιασμό ενός οχήματος μηδενικής ρύπανσης. Η χρήση νέων έξυπνων υλικών, η μείωση του βάρους, οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, η ανάκτηση ενέργειας μέσω φρεναρίσματος είναι μερικές από τις εφαρμογές που αναπτύσσονται. Μακροπρόθεσμα αναμένεται να συμβάλλουν τεχνολογίες όπως οι κυψέλες καυσίμου και τα βιοκαύσιμα, ενώ στο άμεσο μέλλον αναμένεται να κυκλοφορήσουν πολλά ηλεκτρικά υβριδικά οχήματα στην αγορά.

ABSTRACT

The prevalence of internal combustion engine in the vehicles of road transport during the 20th century caused extended damaging side affects. Therefore, the world's scientific potential is working in order for this problem to be confronted. The increase of the vehicles worsens this situation and it is necessary to act immediately against it. The replacement of the internal combustion machine by the electric motor is a matter of time. This dissertation aims to review the overall technological developments which will lead to the design of automobiles with zero emissions. The use of new materials for automobile design, weight reduction, renewable energy sources, regenerative energy from braking are some of the topics that will be discussed. Key technologies such as hydrogen fuel cells, electric cars and biofuels are expected to contribute in the long run. Whereas, hybrid cars are considered as the solution for the near future.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο τομέας των μεταφορών είναι υπεύθυνος για ένα πολύ μεγάλο ποσοστό εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Η χρήση βενζινοκινητήρων και κινητήρων ντίζελ στα μέσα μεταφοράς εγείρει ανησυχίες για ατμοσφαιρική ρύπανση και μείωση των αποθεμάτων πετρελαίου λόγω της καύσης ορυκτών καυσίμων. Οι εκπομπές ρύπων από τα μέσα μεταφοράς αναμένεται να αυξηθούν κατά 84% ως το 2030, πράγμα που έχει ωθήσει τους επιστήμονες και τις αυτοκινητοβιομηχανίες στη χρήση εναλλακτικών, ανανεώσιμων καυσίμων και στην ανάπτυξη νέων καινοτόμων τεχνολογιών για τον σχεδιασμό οχημάτων ελαχίστων ρύπων για τα αστικά κέντρα [1].

Αξίζει να σημειωθεί ότι από το 1990 η τεχνολογία έχει κάνει ένα μεγάλο άλμα στις μειώσεις των ρύπων, ελαττώνοντας τις εκπομπές κατά 90%. Δηλαδή, το 1980 ένα αυτοκίνητο έξεπεμπε όσους ρύπους εκπέμπουν 100 σημερινά. Αυτό έχει επιτευχθεί με την ενσωμάτωση συστημάτων αντιρύπανσης στους κινητήρες εσωτερικής καύσης, τη χρήση νέων ελαφρύτερων υλικών και πολλών άλλων τεχνολογιών.

Παρά το ότι οι προσπάθειες περαιτέρω βελτιώσεων της συμβατικής τεχνολογίας συνεχίζονται, είναι πλέον επιτακτική η ανάγκη εύρεσης ριζικών λύσεων, οι οποίες θα οδηγήσουν στον σχεδιασμό οχημάτων «μηδενικής ρύπανσης» με υψηλό δείκτη ενεργειακής απόδοσης αξιοποιώντας ταυτόχρονα εναλλακτικές μορφές ενέργειας.

Τα τελευταία χρόνια, η έρευνα για εναλλακτικά καύσιμα όπως βιοντίζελ, αιθανόλη, υδρογόνο, αυξάνεται με γρήγορους ρυθμούς. Επίσης ορισμένες μεγάλες αυτοκινητοβιομηχανίες (Honda, GM, Toyota, Nissan) και ερευνητικά σε όλο τον κόσμο έχουν ξεκινήσει την εξέλιξη της αυτοκίνησης σε ηλεκτρικά οχήματα (EV), υβριδικά ηλεκτρικά οχήματα (HEV), και οχήματα κυψελών υδρογόνου (FCV).

Τα ηλεκτρικά οχήματα εδώ και χρόνια υπόσχονται μηδενικούς ρύπους όμως λόγω των μπαταριών που φέρουν δεν γίνονται αποδεκτά από το ευρύ κοινό αφού δεν έχουν μεγάλη αυτονομία. Όμως τα υβριδικά ηλεκτρικά οχήματα, χρησιμοποιώντας και βενζινοκινητήρα ή ντιζελοκινητήρα, μπορούν να περιορίσουν σημαντικά το πρόβλημα της αυτονομίας μειώνοντας ταυτόχρονα την εκπομπή ρύπων. Οι κυψέλες υδρογόνου θεωρούνται ως ο ιδανικός μελλοντικός υποψήφιος λόγω της μεγάλης

απόδοσης και των μηδενικών ρύπων που αποβάλλουν. Το μεγάλο όμως πρόβλημα για την ευρεία χρήση των κυψελών καυσίμου είναι το υψηλό κόστος παραγωγής και η ελλιπή υποδομών.

Στόχος αυτής της εργασίας είναι να κάνει μία ανασκόπηση των τεχνολογιών που έχουν συμβάλει και αναμένεται να οδηγήσουν στο σχεδιασμό ενός οχήματος πόλης μηδενικών ρύπων στο απώτερο μέλλον. Έτσι αναπτύσσονται βασικά στοιχεία που αφορούν τα κύρια υποσυστήματα ενός αμαξιού, όπως είναι το σύστημα κίνησης, διάφορα συστήματα ανάκτησης και αποθήκευσης ενέργειας καθώς και ευφυή συστήματα μεταφορών, και τη συνεισφορά τους στη μείωση εκπομπών βλαβερών αερίων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΟΧΗΜΑΤΟΣ ΠΟΛΗΣ ΕΛΑΧΙΣΤΩΝ ΡΥΠΩΝ

1.1 Γενικά

Ο σχεδιασμός ενός αυτοκινήτου είναι μία αρκετά περίπλοκη διαδικασία και δύσκολα περιγράφεται σχηματικά. Ωστόσο, θα μπορούσε να διαχωριστεί σε δύο φάσεις. Η πρώτη αφορά τη μορφή που θα πάρει το όχημα, γνωστό και ως “packaging”. Πρόκειται για το κομμάτι του σχεδιασμού που αφορά στο που θα βρίσκεται η θέση του κινητήρα, στο τι θα περιλαμβάνει αυτός, ποιά θα είναι η γεωμετρία ολόκληρου του οχήματος, τι υλικά θα χρησιμοποιηθούν για την κατασκευή του και γενικότερα την επιλογή και τοποθέτηση όλων των επιμέρους εξαρτημάτων και υποσυστημάτων σε ένα πλαίσιο. Με την ολοκλήρωση αυτής της διαδικασίας ξεκινάει η δεύτερη φάση σχεδιασμού που μελετάει τα στοιχεία που σενδέονται με την αισθητική, γνωστό και ως “design” [2].

Στη παρούσα εργασία δεν θα μας απασχολήσει το “design”, αλλά ο σχεδιασμός ενός καθαρού οχήματος το οποίο θα χρησιμοποιείται καθημερινά στα αστικά κέντρα.

1.2 Γεωμετρία Οχήματος

Εφόσον ο αντικειμενικός στόχος της διατριβής αυτής είναι ο σχεδιασμός ενός οχήματος πόλης ελαχίστων ρύπων, μία βασική παράμετρος που πρέπει να ληφθεί υπόψιν είναι ο χώρος που θα καταλαμβάνει το αυτοκίνητο αυτό. Θα στοχεύσουμε στο σχεδιασμό ενός οχήματος μικρού μήκους. Πρώτον, διότι μειώνοντας το χώρο που καταλαμβάνει ένα αυτοκίνητο, μειώνονται και οι ανάγκες του για ενέργεια. Δεύτερον, το γεγονός ότι ολοένα και αυξάνεται ο αριθμός των ιδιωτικών οχημάτων έχει ως συνέπεια την κυκλοφοριακή συμφόρηση και τη δημιουργία προβλημάτων στη στάθμευση, πράγμα κουραστικό και μη πρακτικό για τους οδηγούς των αστικών κέντρων. Γι’αυτούς τους λόγους εκτιμάται ο σχεδιασμός ενός αυτοκινήτου που θα έχει συμπαγείς εξωτερικές διαστάσεις (μήκους έως 3,5 μέτρων) και θα είναι ευρύχωρο εσωτερικά (χωρητικότητας έως τεσσάρων επιβατών).

Ένα προηγμένο αυτοκίνητο που αντιπροσωπεύει το απόλυτο ποιοτικό μέσο μεταφοράς χάρη στην ευφυή και επαναστατική διάταξη των χώρων του είναι το iQ της Toyota. Το iQ έχει μήκος μικρότερο από τρία μέτρα, για την ακρίβεια 2985mm. Ταυτόχρονα, διαθέτει ένα ευέλικτο εσωτερικό που επιτρέπει την άνετη μεταφορά μέχρι τριών επιβατών και ενός παιδιού ή αποσκευών. Η Ιαπωνική εταιρεία γνωστοποίησε ότι το 2012 θα κυκλοφορήσει και η ηλεκτρική έκδοση του iQ, με αυτονομία που φτάνει τα 100km [3,4].



Εικόνα 1: Απεικόνιση μοντέλου iQ της Toyota

Ένα άλλο παράδειγμα σύγχρονου αυτοκινήτου πόλης αποτελεί το Nuvu, το ηλεκτρικό πρωτότυπο όχημα της Nissan που συνδυάζει τις συμπαγείς διαστάσεις με την εσωτερική άνεση, όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα. Βασίζεται σε μια καινούρια πλατφόρμα με μήκος 3 μέτρα, ύψος που φτάνει τα 1,7 μέτρα και πλάτος τα 1,55 μέτρα, μεγέθη που συγκροτούν μία μεγάλη και ευρύχωρη καμπίνα καθώς και πλήρη χώρο αποσκευών. Το ιαπωνικό μοντέλο έχει δύο κανονικά καθίσματα και μία τρίτη μη μόνιμη θέση που αναδιπλώνεται όταν χρειάζεται.

Το Nuvu, πέρα από το ικανοποιητικό του μέγεθος, το οποίο συμβάλλει και στις ενεργειακές του απαιτήσεις ενσωματώνει και άλλες τεχνολογίες που το καθιστούν φιλικό στο περιβάλλον. Ο κινητήρας του είναι ηλεκτρικός και τοποθετημένος στο πίσω μέρος. Πάνω στην κρυστάλλινη οροφή

του, η οποία δίνει μεγαλύτερη αίσθηση του εσωτερικού χώρου, υπάρχουν δεκάδες ηλιακοί συλλέκτες. Οι συλλέκτες είναι διατεταγμένοι σε σχήμα φύλλων. Η ισχύς που παράγουν παρέχεται στη μπαταρία μέσω ενός κυκλώματος που μοιάζει με κορμό δέντρου. Το Nunu χρησιμοποιεί επίσης, φυσικά, οργανικά και πλήρως ανακυκλώσιμα υλικά στο εσωτερικό της καμπίνας του. Επιτυγχάνει τελική ταχύτητα 120km/h και αυτονομία 125 km έχοντας παράλληλα μηδενικούς ρύπους και κατανάλωση [5].

Από τα δύο προηγούμενα παραδείγματα αποδεικνύεται ότι οι σχεδιαστές των αυτοκινητοβιομηχανιών είναι δυνατό να αποδόσουν τα επιθυμητά γεωμετρικά χαρακτηριστικά συμπεριλαμβάνοντας και νέες τεχνολογίες για την προώθηση «πράσινων» οχημάτων.



Εικόνα 2: Απεικόνιση οχήματος Nunu της Nissan

1.3 Βάρος Οχήματος

Δεδομένη ότι η κατανάλωση καυσίμου και οι εκπομπές ρύπων είναι ανάλογες του βάρους του οχήματος, έχει εναποτεθεί μεγάλη προσπάθεια για την κατασκευή ελαφρύτερων αυτοκινήτων. Το ελαφρύτερο βάρος των αυτοκινήτων προσφέρει επίσης μειωμένη αντίσταση κύλισης, λιγότερους κραδασμούς και θόρυβο, και μικρότερη αδράνεια, που με τη σειρά τους αυξάνουν την ευστάθεια του αυτοκινήτου και την απόδοση της ισχύος [6]. Κατά συνέπεια, το ελαφρύτερο βάρος του αυτοκινήτου έχει σημαντικές παρεπόμενες επιπτώσεις. Το ελαφρύτερο βάρος μπορεί να επιτευχθεί μέσω της βέλτιστης τεχνολογίας σχεδιασμού, της τεχνολογίας μεγιστοποίησης της απόδοσης των μερών, και της εφαρμογής της τεχνολογίας ελαφρύτερων υλικών. Από αυτά, η εφαρμογή των ελαφριών υλικών όπως καινούργια, υψηλής αντοχής υλικά από χάλυβα, αλουμίνιο, μαγνήσιο, πλαστικό και σύνθετα υλικά μπορεί να έχει πολύ σημαντικά αποτελέσματα. Η επιλογή, η εφαρμογή και η δοκιμή των βέλτιστων υλικών, γίνεται σύμφωνα με τη λειτουργία και τη θέση κάθε μέρους του αυτοκινήτου.

Το Toyota 1/X Plug-in Hybrid & Flexible Fuel Vehicle αποτελεί χαρακτηριστικό παράδειγμα μίας τέτοιας προσέγγισης. Όπως υποδηλώνει και το όνομά του ζυγίζει περίπου το 1/3 συγκριτικά με τα οχήματα της κατηγορίας του: μόλις 420kg, χάρη στη χρήση υλικών χαμηλού βάρους. Το πλαίσιο του αμαξώματός του κατασκευάστηκε από ανθεκτικό πλαστικό ενισχυμένο με ανθρακονήματα, δημιουργώντας έτσι έναν ισχυρό κλωβό ασφαλείας για την απόσβεση των δυνάμεων κρούσης σε μία σύγκρουση. Τα καθίσματα δημιουργήθηκαν από τρισδιάστατο δίχτυ που είναι ασυνήθιστα ελαφρύ και άνετο [3].

1.4 Πλαίσιο Οχήματος

Ο βασικός όγκος του αυτοκινήτου αποτελείται από το πλαίσιο και το αμάξωμα γνωστά και ως το κέλυφος του οχήματος. Στο αμάξωμα συμπεριλαμβάνονται όλα τα εξωτερικά μέρη του αυτοκινήτου (πόρτες, παράθυρα, οροφή κ.λπ). Τα μέρη ενός αμαξώματος ενώνονται με το πλαίσιο είτε με βίδες, είτε με συγκολλήσεις οι οποίες σε όλα τα σύγχρονα εργοστάσια γίνονται αποκλειστικά από ρομπότ.

Βασική αρχή για την κατασκευή ενός αυτοκινήτου αποτελεί το πλαίσιο. Πάνω σε αυτό στηρίζονται όλα τα μηχανικά μέρη του αυτοκινήτου όπως ο κινητήρας και οι αναρτήσεις και γενικά όλο το αμάξωμα. Το μη αυτοφερόμενο πλαίσιο ή σασί ή τύπου σκάλας, όπως συνηθίζεται να λέγεται λόγω

του σχήματός του, επικράτησε για πολλά χρόνια στα επιβατικά αυτοκίνητα μέχρι τη δεκαετία του 1970, ενώ σήμερα χρησιμοποιείται αποκλειστικά μόνο σε μερικά εκτός δρόμου οχήματα αφού έχει αντικατασταθεί από το αυτοφερόμενο πλαίσιο και το χωροδικτύωμα.

Αυτοφερόμενο πλαίσιο:

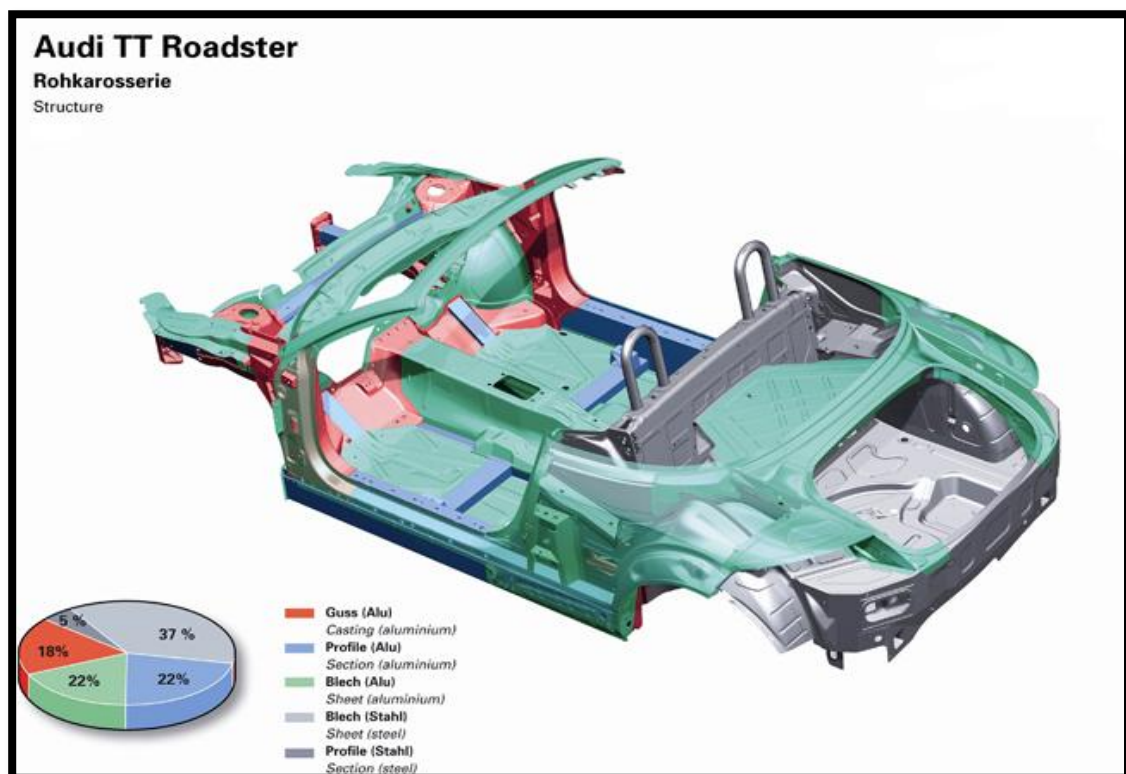
Το αυτοφερόμενο πλαίσιο χρησιμοποιείται σε όλα τα επιβατικά αυτοκίνητα και στα περισσότερα σύγχρονα οχήματα ελεύθερου χρόνου (SUV). Το μπροστινό και το πίσω τμήμα του διαθέτουν ζώνες ελεγχόμενης παραμόρφωσης με ενισχυμένα φύλλα χάλυβα έτσι ώστε να απορροφούν το μεγαλύτερο μέρος της ενέργειας μιας σύγκρουσης και παράλληλα να παραμορφώνονται σταδιακά. Η δομή τους πρέπει να είναι κατασκευασμένη με τέτοιο τρόπο, ώστε να μην είναι πολύ σκληρή (γιατί καταπονούνται οι επιβάτες) αλλά ούτε ιδιαίτερα μαλακή γιατί παραμορφώνεται έντονα σε ενδεχόμενη σύγκρουση. Ο χώρος των επιβατών, ο οποίος χαρακτηρίζεται ως "κλωβός ασφαλείας", είναι σχεδιασμένος με τέτοιο τρόπο, έτσι ώστε να παραμένει ακέραιος ακόμη και μετά από μια ισχυρή καταπόνηση. Ιδιαίτερες ενισχύσεις διαθέτουν οι κολόνες της οροφής και το πλαϊνό μέρος λόγω έλλειψης ζωνών παραμόρφωσης αυξημένου μεγέθους, για να μην παραμορφωθούν έντονα σε περίπτωση ανατροπής ή πλάγιας σύγκρουσης [7]. Το 1985 η Audi δοκίμασε την κατασκευή αυτοφερόμενων αμαξωμάτων από αλουμίνιο, αλλά αντιμετώπισε προβλήματα ακαμψίας και παθητικής ασφάλειας και έτσι οδηγήθηκε στην κατασκευή μίας νέας μορφής πλαισίου, το χωροδικτύωμα, το οποίο πληροί προϋποθέσεις ποιότητας και ασφάλειας.

Χωροδικτύωμα:

Το χωροδικτύωμα αποτελείται από δοκούς, οι οποίες ενώνονται μεταξύ τους με συγκολλήσεις ή ειδικές κόλλες και πάνω σε αυτές τοποθετούνται όλα τα μηχανικά μέρη και το αμάξωμα. Το πλεονέκτημα αυτής της κατασκευής είναι ότι έχει χαμηλό βάρος και μεγάλη ακαμψία, αλλά στην περίπτωση που είναι κατασκευασμένο από αλουμίνιο έχει αυξημένο κόστος και απαιτεί προηγμένες μεθόδους κατασκευής.

Η συνεχής αύξηση του βάρους των αυτοκινήτων, που προήλθε από τις αυξανόμενες απαιτήσεις των καταναλωτών στους τομείς της παθητικής ασφάλειας και του εξοπλισμού, ώθησε τους κατασκευαστές στην αναζήτηση νέων μετάλλων για την κατασκευή πλαισίων. Το αλουμίνιο, που έχει πυκνότητα ίση με το ένα τρίτο εκείνης του χάλυβα, θα έκανε το πλαίσιο ελαφρύτερο. Όμως παράλληλα έχει και μειωμένη αντοχή σε σχέση με το χάλυβα, κάτι που σημαίνει ότι τα φύλλα πρέπει να γίνουν παχύτερα με αποτέλεσμα να μην επιτευχθεί η προσδοκία του χαμηλότερου βάρους. Την απάντηση σε αυτό το πρόβλημα δίνει η λύση του αλουμινένιου χωροδικτυώματος το οποίο είναι ελαφρύτερο από ένα αντίστοιχο από χάλυβα, κάτι που έχει θετικά αποτελέσματα στο

βάρος του αυτοκινήτου και συνεπώς στην κατανάλωση και τις επιδόσεις. Μια άλλη υλοποίηση της ιδέας είναι ένα χωροδικτύωμα όπου οι αλουμιένιες δοκοί δεν κατασκευάζονται από τη συνένωση πρεσαριστών φύλλων, αλλά με εξέλαση. Μία ακόμα πιο προχωρημένη εφαρμογή προκύπτει όταν οι εξελασμένες δοκοί συνδέονται με κόλλα εποξικής ρητίνης με ενισχυτικές υλώσεις σε ορισμένα μόνο σημεία. Η μέθοδος αυτή δίνει μεγαλύτερη ακρίβεια κατασκευής και αντοχή από την ηλεκτροκόλληση, ενώ παράλληλα έχει μειωμένο βάρος. Αυτό συμβαίνει γιατί η ηλεκτροκόλληση μειώνει την αντοχή των μετάλλων με αποτέλεσμα τη χρήση παχύτερων διατομών. Τέλος, σύμφωνα με τη μέθοδο AFS (Aluminium Foam Sandwich) δύο φύλλα αλουμινίου δημιουργούν ένα σάντουιτς με γέμιση από σκόνη αλουμινίου αναμεμειγμένη με ένα διογκωτικό μέσο. Το σάντουιτς διαμορφώνεται στο επιθυμητό σχήμα και κατόπιν μπαίνει στο φούρνο. Το διογκωτικό μέσο ενεργοποιείται θερμικά και το μείγμα με τη σκόνη αλουμινίου μετατρέπεται σε αφρό δένοντας τα δύο φύλλα σε μια συμπαγή ενότητα [7]. Η εταιρεία που το εξέλιξε ισχυρίζεται ότι αυτή η μέθοδος δίνει δεκαπλάσια αντοχή από το χάλυβα, ενώ έχει το πρόσθετο πλεονέκτημα της μεγάλης ικανότητας απορρόφησης ενέργειας, κάτι πολύ σημαντικό για τα επίπεδα της παθητικής ασφάλειας και του μειωμένου κατά 50% βάρους σε σχέση με ένα αντίστοιχο από χάλυβα.



Εικόνα 3: Χωροδικτύωμα [8]

1.5 Υλικά Κατασκευής

Τα υλικά που επιλέγονται για την κατασκευή ενός οχήματος παίζουν καθοριστικό ρόλο στο βάρος του αυτοκινήτου και συνεπώς στις εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου. Στα αυτοκίνητα σήμερα κυρίαρχο υλικό είναι ο χάλυβας, σε ποσοστό πάνω από 60%. Τα πλαστικά αποτελούν το 25%, ενώ χρησιμοποιούνται και άλλα υλικά όπως το αλουμίνιο και το μαγνήσιο. Έρευνες γίνονται και για τη χρήση νέων συνθετικών υλικών.

Ο χάλυβας, είναι το συνηθέστερο υλικό κατασκευής των μερών του αμαξώματος στα περισσότερα αυτοκίνητα ευρείας παραγωγής, έχει χαμηλό κόστος, είναι εύκολος στην κατεργασία, αλλά το αυξημένο του βάρος αποτελεί βασικό μειονέκτημα στο σχεδιασμό ενός οικολογικού οχήματος. Το αλουμίνιο, το οποίο χρησιμοποιείται είτε για την κατασκευή ολόκληρου του αμαξώματος (Audi A8, Land Rover Defender), είτε για μεμονωμένα μέρη (καπό, πόρτες, φτερά), είναι ένα μέταλλο το οποίο είναι ιδιαίτερα ελαφρύ, αλλά πιο δύσκολο στην κατεργασία από το σίδηρο και έχει μεγαλύτερο κόστος. Αξίζει να σημειωθεί ότι το αλουμίνιο είναι ανακυκλώσιμο κατά 99%, στοιχείο που επίσης αποτελεί ισχυρό περιβαλλοντικό πλεονέκτημα. Το μαγνήσιο χρησιμοποιείται για την κατασκευή μερών του αμαξώματος σε ακριβά και σπορ αυτοκίνητα, είναι ακόμα πιο ελαφρύ από το αλουμίνιο αλλά έχει ακόμα πιο μεγάλο κόστος. Γίνεται και χρήση σύνθετων υλικών, τα οποία αποτελούνται από πολυμερή μήτρα με ενίσχυση από ίνες άλλων υλικών (ίνες άνθρακα, κέβλαρ κ.λπ.).

Το πιο διαδεδομένο υλικό κατασκευής των πλαισίων είναι ο χάλυβας και το αλουμίνιο. Σύνθετα υλικά όπως ανθρακονήματα, κέβλαρ και μαγνήσιο αποτελούν βασικά υλικά κατασκευής μονοθέσιων αγωνιστικών αμαξιών. Το αλουμίνιο ξεκίνησε τα πρώτα του βήματα στα τέλη της δεκαετίας του 1980 και χρησιμοποιήθηκε για την κατασκευή σπορ και πολυτελών αυτοκινήτων για να περάσει πλέον στις μέρες μας σε αυτοκίνητα μαζικής παραγωγής [7].

Πέρα από το αμάξωμα και το πλαίσιο, χρήση αλουμινίου γίνεται στην κατασκευή κινητήρων και στο υποσύστημα της ανάρτησης, καθώς η μείωση των μη φερόμενων μαζών της ανάρτησης επιδρά θετικά στην οδική συμπεριφορά και εξοικονομεί βάρος [7].

Για τη κατασκευή πολλών εξαρτημάτων του κινητήρα (βαλβίδες, έμβολα, σώμα κυλίνδρων, κλπ) μαζί με το χυτοχάλυβα και το αλουμίνιο χρησιμοποιούνται και υλικά νέας τεχνολογίας, όπως κεραμικά (καρβίδια και νιτρίδια του πυριτίου). Τα κεραμικά υλικά έχουν αποδειχθεί ιδιαίτερα κατάλληλα για την κατασκευή κινητήρων, γιατί είναι πολύ ελαφρύτερα, σκληρά και ανθεκτικά στις υψηλές θερμοκρασίες, στις φθορές και στη διάβρωση και τέλος δημιουργούν πολύ λείες

επιφάνειες. Έτσι, ελαχιστοποιούνται οι τριβές και η καύση γίνεται τελειότερη, με αποτέλεσμα οικονομία στα καύσιμα, βελτιωμένη απόδοση του κινητήρα και μείωση των ρυπογόνων καυσαερίων. Όμως, η κατασκευή ενός κινητήρα αποκλειστικά με κεραμικά υλικά βρίσκεται ακόμη σε ερευνητικό στάδιο, λόγω του μοναδικού μειονεκτημάτων τους, τη ψαθυρότητα.

1.6 Νέες Τεχνολογίες

Τις τελευταίες δύο δεκαετίες έχουν γίνει σημαντικές βελτιώσεις για την ανάπτυξη βενζινοκίνητων και πετρελαιοκίνητων οχημάτων που θα καταναλώνουν μικρότερα ποσά ενέργειας και θα εκπέμπουν λιγότερους ρύπους. Αυτό έχει επιτευχθεί με διάφορους τρόπους όπως την κατασκευή μικρότερων και ελαφρύτερων αυτοκινήτων καθώς και εφαρμογή τεχνολογιών όπως είναι τα αντιρρυπαντικά συστήματα (π.χ. καταλυτικοί μετατροπείς). Παρ' όλα αυτά η χρήση μηχανών εσωτερικής καύσης στα μέσα μεταφοράς συνεχίζει να προκαλεί έντονες ανησυχίες όσον αφορά την ατμοσφαιρική ρύπανση και τη μείωση αποθεμάτων πετρελαίου.

Η ανάγκη για ανάπτυξη και εφαρμογή νέων τεχνολογιών στα διάφορα υποσυστήματα των οχημάτων και χρήση εναλλακτικών, ανανεώσιμων καυσίμων είναι πλέον επιτακτική. Οι νέες τεχνολογίες για τα αυτοκίνητα του κοντινού μέλλοντος βασίζονται στον ηλεκτρισμό και στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας που έχουν μηδενικές εκπομπές στην ατμόσφαιρα. Τα τελευταία χρόνια, η έρευνα για εναλλακτικά καύσιμα όπως βιοντίζελ, αιθανόλη, φυσικό αέριο, και υδρογόνο αυξάνεται με γρήγορους ρυθμούς. Επίσης, επιστήμονες και ορισμένες αυτοκινητοβιομηχανίες έχουν ήδη οδηγηθεί στον σχεδιασμό φιλικότερων προς το περιβάλλον μοντέλων (π.χ. υβριδικά - HEV, ηλεκτρικά - EV, επαναφορτιζόμενα υβριδικά - PHEV, οχήματα κυψελών καυσίμου - FCEV) και συνεχίζουν την αναζήτηση νέων καινοτόμων λύσεων για την παραγωγή αυτοκινήτων με χαμηλή κατανάλωση και μειωμένες έως και μηδενικές εκπομπές ρύπων. Στον **Πίνακα 1** [9,10] παρουσιάζεται ενδεικτικά μία λίστα “πράσινων” οχημάτων που θα είναι διαθέσιμα στην αγορά έως το 2012.

Έτος	EV	HEV	PHV	FCEV
2009	Sabaru 4 seat	Mercedes S400 HEV	Fisker Karma S PHV	Honda FCX Clarity
	Chrysler EV			GM Hydrogen3 FCEV
	Smart for Two EV			Chevy Equinox Fuel Cell
	ZENN city ZENN BEV			Ford Fuel Cell EV
2010	Chevy Volt Extended Range BEV	Ford Fusion HEV	Saturn VUE PHV	
	Chrysler EV	Honda Insight HEV	Toyota PHV	
	Miles EV	Hyundai-Kia HEV		
	Mitsubishi iMiEV BEV	Lexus HS 250h HEV		
	Nissan BEV	Mercedes E Class HEV		
	Ford Battery Electric Van	Posche Cayenne S HEV		
	Tesla Roadster Sport EV	Prius HEV		
2011	BYD e6 Ford BEV Small Car		BYD F3DM PHV	
	Opel Ampera Extended Range BEV (Europe)		Chevy Volt PHV	
2012	Th!nk Ox		Ford PHV Volvo PHV	

Πίνακας 1: Λίστα “πράσινων” οχημάτων που θα είναι διαθέσιμα στην αγορά έως το 2012

Τα ηλεκτρικά οχήματα εδώ και χρόνια υπόσχονται μηδενικούς ρύπους. Λόγω των μπαταριών που φέρουν δε γίνονται αποδεκτά από το ευρύ κοινό αφού δεν έχουν μεγάλη αυτονομία. Όμως τα υβριδικά ηλεκτρικά οχήματα, χρησιμοποιώντας και βενζινοκινητήρα ή κινητήρα ντίζελ, μπορούν να περιορίσουν το πρόβλημα της μικρής αυτονομίας μειώνοντας παράλληλα τις εκπομπές των ρύπων. Οι κυψέλες υδρογόνου θεωρούνται ιδανική λύση για τα μελλοντικά οχήματα λόγω της μεγάλης απόδοσής τους και των μηδενικών ρύπων που αποβάλλουν. Το μεγάλο μειονέκτημα για την ευρεία χρήση των κυψελών υδρογόνου είναι το υψηλό κόστος, η έλλειψη υποδομών και η χαμηλή αξιοπιστία τους.

Ένα καινούργιο οικολογικό όχημα πόλης έχει βέβαια χαμηλότερες εκπομπές ρύπων. Το ζήτημα είναι να “αποσβέσει” τις εκπομπές του διοξειδίου του άνθρακα που δημιουργούνται από τη διαδικασία κατασκευής του. Η διαδικασία κατασκευής ξεκινάει από την επεξεργασία των πρώτων υλών, δηλαδή τα ελαστικά, τα πλαστικά, τα δέρματα, τα ηλεκτρονικά και ό,τι άλλο φτάνει έτοιμο προς συναρμολόγηση από άλλα εργοστάσια.

Έτσι αναμένεται να αξιοποιηθούν και οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας για ολόκληρο τον κύκλο ζωής του οχήματος (παραγωγή - κίνηση - απόσυρση) και υπολογίζεται ότι θα συνεισφέρουν στην επιβράδυνση των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής.

Στα επόμενα κεφάλαια θα γίνει μία ανάλυση των βασικότερων υποσυστημάτων ενός οχήματος καθώς και των νέων τεχνολογιών που συμβάλλουν στην εξέλιξη των ιδιωτικών μέσων μεταφοράς φιλικότερων προς το περιβάλλον.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΙΝΗΣΗΣ – ΣΥΓΧΡΟΝΟΙ ΤΥΠΟΙ ΟΧΗΜΑΤΩΝ

2.1 Η Μηχανή Εσωτερικής Καύσης (ΜΕΚ)

Η μηχανή εσωτερικής καύσης είναι μία θερμική μηχανή στην οποία το εργαζόμενο μέσο για την παραγωγή μηχανικής ισχύος αποτελείται από τα ίδια τα καυσαέρια, τα προϊόντα δηλαδή της καύσης του αέρα με το καύσιμο. Στις ΜΕΚ ανήκουν οι εμβολοφόροι κινητήρες, οι αεροστρόβιλοι, οι στροβιλοαντιδραστήρες, οι στάτοι θερμοαντιδραστήρες και οι πυραυλοκινητήρες. Η πιο κοινή εφαρμογή των ΜΕΚ είναι ο εμβολοφόρος κινητήρας που χρησιμοποιείται στις μεταφορές.

Ο εμβολοφόρος κινητήρας έχει καθιερωθεί στις μεταφορές διότι συνδυάζει την απλοϊκότητα της κατασκευής, τον καλό ολικό βαθμό απόδοσης και την υψηλή συγκέντρωση ισχύος. Οι εμβολοφόροι κινητήρες κατατάσσονται σε διάφορες κατηγορίες σύμφωνα με τις αρχές λειτουργίας τους, τον τρόπο ανάφλεξης του μίγματος ή την κατασκευαστική τους διαμόρφωση. Έτσι για παράδειγμα διακρίνονται σε δίχρονους ή τετράχρονους, σύμφωνα με την εξωτερική τους λειτουργία, σε κινητήρες Otto ή Diesel, σύμφωνα με την εσωτερική τους λειτουργία, και σε παλινδρομικούς ή περιστροφικούς κινητήρες, σύμφωνα με την κίνηση του εμβόλου τους [12].



Εικόνα 4: Απεικόνιση μιας μηχανής εσωτερικής καύσεως [16]

Όπως αναφέρθηκε, οι μηχανές εσωτερικής καύσης διακρίνονται σε κινητήρες Otto και σε κινητήρες Diesel, βάσει της εσωτερικής τους λειτουργίας, του τρόπου δηλαδή με τον οποίο προκαλείται η ανάφλεξη του καυσίμου το οποίο μπορεί να είναι υγρό ή αέριο.

Στους κινητήρες Otto υπάρχει πάντοτε ανάφλεξη με τη βοήθεια κάποιου εξωτερικού μέσου, συνήθως ενός ηλεκτρικού σπινθήρα. Οι κινητήρες Otto, χρησιμοποιούν για καύσιμα φυσικά ή τεχνητά αέρια (π.χ φυσικό αέριο, υγραέριο, φωταέριο κ.λπ.), βενζίνη και γενικότερα ελαφρά υγρά καύσιμα μεγάλης πτητικότητας (π.χ. μεθανόλη, αιθανόλη, κ.λπ.). Σήμερα το συντριπτικά μεγαλύτερο ποσοστό των αυτοκινήτων με κινητήρες Otto, χρησιμοποιούν ως καύσιμο τη βενζίνη.

Στου κινητήρες Diesel υπάρχει πάντοτε αυτανάφλεξη του μίγματος λόγω της χρονικά κατάλληλης εισαγωγής του καυσίμου στον κύλινδρο τη στιγμή κατά την οποία το περιεχόμενό του έχει ήδη θερμανθεί σε επαρκώς υψηλή θερμοκρασία λόγω της προηγούμενης σχετικά ισχυρής συμπίεσης. Στους κινητήρες Diesel, χρησιμοποιούνται μεγαλύτεροι βαθμοί συμπίεσης σε σχέση με τους κινητήρες Otto και επιτυγχάνονται μεγαλύτεροι βαθμοί απόδοσης. Οι πετρελαιομηχανές αναρροφούν ατμοσφαιρικό αέρα και χρησιμοποιούν ως καύσιμα τα βαρύτερα της βενζίνης υγρά καύσιμα της κατηγορίας των πετρελαιοειδών, τα οποία είναι λιγότερο πτητικά και φθηνότερα [12]. Εκτός από τον άνθρακα και το πετρέλαιο που είναι γνωστές πηγές για την παραγωγή καυσίμων, σε επόμενο κεφάλαιο θα γίνει ανάλυση εναλλακτικών καυσίμων όπως τα βιοκαύσιμα και το υδρογόνο.

Στο μεγαλύτερο ποσοστό των σημερινών αυτοκινήτων χρησιμοποιούνται οι τετράχρονοι βενζινοκινητήρες εσωτερικής καύσης, οπότε μπορούν να χαρακτηριστούν ως οι τυπικοί κινητήρες. Όλα αυτά τα χρόνια έχουν υποστεί μια πληθώρα βελτιώσεων, είτε στη διάταξη των κυλίνδρων (σε σειρά, Boxer, σε διάταξη V) είτε στον τρόπο δημιουργίας του μίγματος, από ένα απλό καρμπυρατέρ σε εξελιγμένα συστήματα ηλεκτρονικής έγχυσης καυσίμου. Δε παύουν όμως να στηρίζονται σε μία βασική αρχή λειτουργίας.

Λειτουργία ενός τετράχρονου κινητήρα: Οι τέσσερις κύκλοι ενός τυπικού βενζινοκινητήρα είναι η εισαγωγή, η συμπίεση, η καύση και η εξαγωγή.

- 1. Εισαγωγή / Αναρρόφηση.** Το καύσιμο αναμιγνύεται με ποσότητα αέρα πριν εισέλθει στο θάλαμο καύσης. Στην αρχή της αναρρόφησης, ανοίγει η βαλβίδα εισαγωγής αφήνοντας το μίγμα να εισέλθει μέσα στον κύλινδρο. Το πιστόνι τραβάει τον αέρα μέσα στον κύλινδρο απομακρυσμένο από τη βαλβίδα, ενώ ταυτόχρονα αυξάνει τον όγκο μέσα στον κύλινδρο. Το μίγμα ευρισκόμενο σε πίεση μεγαλύτερη από αυτή που υπάρχει μέσα στον κύλινδρο εισέρχεται μέσα σε αυτόν.

2. **Συμπύεση.** Μόλις το πιστόνι έχει κάνει όλη την απόσταση μέχρι κάτω (Κάτω Νεκρό Σημείο-ΚΝΣ) και ξεκινά να ανέβει προς τα πάνω, η βαλβίδα εισαγωγής κλείνει. Τότε ο κύλινδρος είναι σφραγισμένος και η συμπύεση του φορτίου καύσιμου-αέρα ξεκινά.
3. **Καύση / Εκτόνωση.** Μόλις το πιστόνι φτάσει κοντά στο ανώτερο σημείο (Άνω Νεκρό Σημείο) δημιουργείται σπινθήρας από τα ηλεκτρόδια του σπινθηριστή και το μίγμα αρχίζει να καίγεται αυξάνοντας ταυτόχρονα τον όγκο του θαλάμου. Καθώς το πιστόνι κατεβαίνει προς τα κάτω παράγεται έργο.
4. **Εξαγωγή.** Κοντά στο ΚΝΣ ανοίγει η βαλβίδα εξαγωγής. Αυτό δημιουργεί μια διέξοδο στα καυσαέρια να βγουν εκτός κυλίνδρου. Το πιστόνι πιέζει επίσης τα καυσαέρια καθώς ανεβαίνει προς τα πάνω.

Η διαδικασία αυτή μπορεί να επαναλαμβάνεται και δεκάδες φορές το δευτερόλεπτο όταν ο κινητήρας λειτουργεί σε υψηλές στροφές [13].

Οι μηχανές εσωτερικής καύσης παράγουν ρυπογόνα αέρια, λόγω της ελλιπούς καύσης των ανθρακούχων καυσίμων. Τα κύρια παράγωγα της διαδικασίας είναι το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂), νερό και κάποια αιθάλη. Τα αποτελέσματα της εισπνοής αυτών των αερίων έχουν μελετηθεί στους ανθρώπους και τα ζώα και περιλαμβάνουν το άσθμα, τον καρκίνο του πνεύμονα, τα καρδιαγγειακά προβλήματα και τον πρόωρο θάνατο. Υπάρχουν εντούτοις μερικά πρόσθετα προϊόντα της διαδικασίας καύσης που περιλαμβάνουν οξειδία του θείου και του αζώτου και μερικούς υδρογονάνθρακες. Τα ρυπογόνα αυτά αέρια είναι υπεύθυνα σε μεγάλο βαθμό για το φαινόμενο του θερμοκηπίου και για την τρύπα του όζοντος. Όμως τις δύο τελευταίες δεκαετίες έχουν εφαρμοστεί διάφορα **συστήματα αντιρρύπανσης**, τα οποία έχουν συμβάλει στη μείωση των εκπομπών των αέριων ρύπων και είναι τα παρακάτω:

I. ΚΑΤΑΛΥΤΕΣ:

Η σημαντικότερη τεχνολογική εξέλιξη που έχει συμβάλει αποφασιστικά στη μείωση των εκπομπών των αερίων ρύπων από τις μηχανές εσωτερικής καύσης, τα τελευταία 15 χρόνια, είναι η χρήση των καταλυτικών μετατροπών. Η χρήση των καταλυτών εφαρμόστηκε αποτελεσματικά στα προς πώληση αυτοκίνητα στην Ε.Ε με την εφαρμογή του προτύπου εκπομπών ρύπων "Euro II" το 1996.

Οι καταλύτες εγκαθίστανται μεταξύ του κινητήρα του οχήματος και τον αγωγό εξόδου των καυσαερίων (εξάτμιση). Οι καταλύτες κατασκευάζονται συνήθως από κεραμικά υλικά και εσωτερικά έχουν κυψελοειδή μορφή επικαλυμμένη με ευγενή μέταλλα, συνήθως λευκόχρυσο, ρόδιο ή παλλάδιο, τα οποία δρουν ως καταλύτες. Η κυψελοειδής μορφή των μετατροπέων είναι κατάλληλα σχεδιασμένη ώστε να έχει πολύ μεγάλη επιφάνεια σε σχέση με την κατά όγκο αναλογίας της. Με το τρόπο αυτό εξασφαλίζεται η αποτελεσματικότητα των χημικών αντιδράσεων των καυσαερίων με τους μεταλλικούς καταλύτες οι οποίες πραγματοποιούνται μόνο στην επιφάνεια της κυψελοειδούς μορφής του καταλυτικού μετατροπέα.

Οι σύγχρονοι βενζινοκινητήρες ηλεκτρονικής ανάφλεξης είναι εφοδιασμένοι με “τριοδικούς καταλύτες” οι οποίοι ονομάζονται έτσι επειδή μειώνουν τις εκπομπές τριών αέριων ρυπαντών: των άκαυστων υδρογονανθράκων (HC), του μονοξειδίου του άνθρακα (CO) και των οξειδίων του αζώτου (NO_x). Ένας τριοδικός καταλύτης ουσιαστικά αποτελείται από δύο διαφορετικά μέρη: έναν αναγωγικό καταλύτη που διαχωρίζει το επιβλαβές μονοξείδιο του αζώτου NO σε αβλαβές άζωτο N₂ και οξυγόνο O₂ και έναν οξειδωτικό καταλύτη ο οποίος οξειδώνει τους επικίνδυνους ρύπους του CO και τους HC και τους μετατρέπει σε διοξείδιο του άνθρακα και νερό.

Οι αναγωγικοί καταλύτες μπορούν να λειτουργήσουν μόνο όταν ένας κινητήρας λειτουργεί κοντά στην “στοιχειομετρική” αναλογία του καυσίμου του μίγματος. Στοιχειομετρική αναλογία ονομάζεται η αναλογία αέρα και καυσίμου που απαιτείται να εισέλθει στους κυλίνδρους του κινητήρα ώστε να γίνει πλήρης καύση του μίγματος χωρίς περίσσεια αέρα ή καυσίμου. Για την εξασφάλιση της λειτουργίας των βενζινοκινητήρων κοντά στη στοιχειομετρική αναλογία καυσίμου μίγματος γίνεται η εγκατάσταση ενός ηλεκτροχημικού αισθητήρα οξυγόνου (αισθητήρας “λάμδα”), μετά τον καταλύτη.

Ο αισθητήρας “λάμδα” είναι συνδεδεμένος με την κεντρική ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου και αναλύοντας την περιεκτικότητα των καυσαερίων σε οξυγόνο παρέχει τα κατάλληλα δεδομένα στην κεντρική μονάδα ώστε αυτή να ρυθμίσει την ποσότητα καυσίμου που ψεκάζεται στους κυλίνδρους.

Οι πετρελαιοκινητήρες Diesel είναι σχεδιασμένοι να λειτουργούν με περίσσεια αέρα σε σχέση με τη στοιχειομετρική αναλογία μίγματος. Οι αναγωγικοί καταλύτες δεν μπορούν να λειτουργούν σε τέτοιες συνθήκες μίγματος και για αυτό το λόγο στους πετρελαιοκινητήρες εγκαθίστανται μόνο οξειδωτικοί καταλύτες. Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, οι οξειδωτικοί καταλύτες είναι αποτελεσματικοί στο να ελαττώνουν τις εκπομπές HC και CO καθώς

και μέρος των σωματιδίων, όχι όμως τις εκπομπές NO_x . Γι' αυτόν τον λόγο οι πετρελαιοκινητήρες παρουσιάζουν πολύ μεγαλύτερες εκπομπές NO_x σε σχέση με τους βενζινοκινητήρες [14].

II. ΑΝΑΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑ ΚΑΥΣΑΕΡΙΩΝ (EGR):

Η ανακυκλοφορία των καυσαερίων είναι μία τεχνική που χρησιμοποιείται για την μείωση των εκπομπών των NO_x των οχημάτων. Για την κατανόηση της μεθόδου ανακυκλοφορίας των καυσαερίων είναι σημαντικό να επισημάνουμε ότι τα οξειδία του αζώτου σχηματίζονται από την ένωση του οξυγόνου και του αζώτου της ατμόσφαιρας σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες. Όσο υψηλότερη είναι η θερμοκρασία αυτή τόσο μεγαλύτερη είναι και η ποσότητα των οξειδίων του αζώτου που παράγονται.

Οι κινητήρες με ανακυκλοφορία καυσαερίων εκτρέπουν μέρος των καυσαερίων, τα οποία έχουν μικρή περιεκτικότητα σε οξυγόνο μετά την καύση, πίσω στην εισαγωγή του κινητήρα. Με τον τρόπο αυτό ελαττώνεται η θερμοκρασία μέσα στον κινητήρα αφού πλέον υπάρχει μικρότερη ποσότητα οξυγόνου προς καύση. Κατά συνέπεια η ελάττωση της υψηλής θερμοκρασίας περιορίζει και τον σχηματισμό NO_x .

Η ανακυκλοφορία καυσαερίων πρωτοεμφανίστηκε τη δεκαετία του 70 στις ΗΠΑ σε βενζινοκίνητα οχήματα, πρωτού η χρήση των τριοδικών καταλυτών υποσκελίσει την τεχνική αυτή, καθώς όπως εξηγήθηκε παραπάνω οι τριοδικοί καταλύτες είναι ιδιαίτερος αποτελεσματικοί στην απομάκρυνση των NO_x . Στην Ευρώπη η ανακυκλοφορία καυσαερίων άρχισε να χρησιμοποιείται σε σχεδόν όλα τα νέα αυτοκίνητα που κινούνται με πετρέλαιο μετά την επιβολή του προτύπου εκπομπών ρύπων Euro II το 1996. Σήμερα εφαρμόζεται κυρίως σε φορτηγά και λεωφορεία [14].

III. ΕΠΙΛΕΚΤΙΚΗ ΚΑΤΑΛΥΤΙΚΗ ΑΝΑΓΩΓΗ:

Η επιλεκτική καταλυτική αναγωγή (SCR) αποτελεί μια ακόμη περισσότερο αποτελεσματική τεχνολογία για την μείωση των εκπομπών NO_x από τους πετρελαιοκινητήρες. Κατά τη μέθοδο αυτή γίνεται χρήση ενός ειδικού καταλυτικού μετατροπέα ο οποίος επεξεργάζεται τα καυσαέρια του κινητήρα Diesel και μειώνει τις εκπομπές NO_x . Στην επιλεκτική καταλυτική αναγωγή, πριν την είσοδο των καυσαερίων του πετρελαιοκινητήρα στον καταλύτη SCR, ψεκάζεται αμμωνία ή ουρία με αποτέλεσμα να αντιδρά με το μονοξείδιο του αζώτου και το οξυγόνο και να παράγεται αβλαβές άζωτο και νερό [14].

Η επιλεκτική καταλυτική αναγωγή είναι μια τεχνολογία που εφαρμόζεται κυρίως σε μεγάλες σταθερές μηχανές Diesel, οι οποίες δεν αφορούν τα οχήματα πόλης. Οι νεώτεροι κινητήρες υποχρεούνται να είναι εφοδιασμένοι με σύστημα SCR από την Ευρωπαϊκή Νομοθεσία (Euro IV) [15].

IV. ΦΙΛΤΡΑ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ DIESEL (Diesel Particle Filter – DPF):

Τα φίλτρα σωματιδίων Diesel φιλτράρουν και απομακρύνουν τα σωματίδια από τα καυσαέρια οχημάτων. Είναι πολύ αποτελεσματικά και συνήθως απομακρύνουν παραπάνω από το 90% των σωματιδίων που περιέχονται στα καυσαέρια. Τα σωματίδια συλλέγονται υπό την μορφή αιθάλης η οποία στη συνέχεια απομακρύνεται με θερμική αναγέννηση (ή απλούστερα καύση) για την αποφυγή δυσλειτουργίας του φίλτρου. Δηλαδή, η αιθάλη καίγεται ώστε να μην φράσσεται το φίλτρο.

Η θερμοκρασία των καυσαερίων από τους κινητήρες Diesel δεν είναι τόσο υψηλή για να κάψει απευθείας την αιθάλη. Όμως, τα φίλτρα σωματιδίων παρακάμπτουν το πρόβλημα αυτό με τους εξής τρόπους [14]:

- Με οξειδωτικούς καταλύτες, οι οποίοι βοηθούν στη μείωση της θερμοκρασίας οξείδωσης της αιθάλης (παθητικά φίλτρα σωματιδίων).
- Με περιοδική αύξηση της θερμοκρασίας στο κατάλληλο επίπεδο (ενεργητικά φίλτρα σωματιδίων). Οι πιο κοινές μέθοδοι για την αύξηση της θερμοκρασίας σε ένα ενεργητικό σύστημα είναι είτε μέσω της περιοδικής καύσης επιπλέον ποσότητας πετρελαίου για τη θέρμανση της εξάτμισης είτε με θέρμανση μέσω ηλεκτρισμού.

Τα DPFs εφαρμόζονται υποχρεωτικά σε επιβατικά αυτοκίνητα, φορτηγά και λεωφορεία βάσει του πρωτύπου Euro IV που έχει τεθεί σε ισχύ από την Ευρωπαϊκή Ένωση όσον αφορά τα όρια εκπομπών σωματιδίων [15].

2.2 Ηλεκτροκίνητα Οχήματα

2.2.1 Γενικά

Με το ενδιαφέρον για τη χρήση των ηλεκτροκίνητων οχημάτων να εντείνεται από τις κυβερνήσεις διαφόρων κρατών όλο και περισσότερες βιομηχανίες οχημάτων παρουσιάζουν τα μοντέλα τους μετά τη δεκαετία του 1980. Επισταμένες μελέτες που παρουσιάστηκαν τη δεκαετία του 1990, δείχνουν μεγάλα ποσοστά ατμοσφαιρικής μόλυνσης εξ' αιτίας της χρήσης συμβατικών οχημάτων. Για την αντιμετώπιση του βασικού αυτού προβλήματος ξεκίνησαν προσπάθειες με θέσπιση μέτρων τόσο σε εθνικά επίπεδα όσο και σε διεθνή. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η διεθνής σύσκεψη η οποία έλαβε χώρα στο Rio de Janeiro της Βραζιλίας το 1992 στην οποία υπογράφηκε σύμβαση από 154 χώρες σχετική με τις κλιματικές αλλαγές. Στο πλαίσιο της σύμβασης αποφασίστηκε να πραγματοποιηθεί διεθνής προσπάθεια ώστε μέχρι το 2000 να σταθεροποιηθούν τα επίπεδα του CO₂ στην ατμόσφαιρα στα ίδια επίπεδα με αυτά του 1990 [17]. Αξίζει επίσης να αναφερθεί η νομοθεσία της California. Με βάση το νόμο της πολιτείας αυτής μέχρι το τέλος του 1998 2% και μέχρι το τέλος του 2003 10% των οχημάτων που θα κυκλοφορούν και που θα προέρχονται από τις τρεις μεγαλύτερες Αμερικανικές και τις τέσσερις μεγαλύτερες Ιαπωνικές αυτοκινητοβιομηχανίες θα έπρεπε να είναι Οχήματα Μηδενικών Εκπομπών (ZEV) [17,18]. Από τα παραπάνω είναι προφανές ότι το ενδιαφέρον για τη χρήση των ηλεκτρικών οχημάτων έχει αυξηθεί κατακόρυφα τα τελευταία χρόνια.

Ανάμεσα στις δράσεις που έχουν πραγματοποιηθεί τα τελευταία χρόνια για την προώθηση και την έρευνα πάνω στα ηλεκτροκίνητα οχήματα αξίζει να αναφερθούν ορισμένα προγράμματα Ευρωπαϊκών χωρών. Σπουδαιότερα από αυτά είναι [17,18]:

- Η δοκιμή που έγινε στο La Rochelle της Γαλλίας. Εκεί 50 διαφορετικά ηλεκτρικά οχήματα (25 Peugeot 106 E και 25 Citroen AX), δοκιμάστηκαν από εταιρίες αλλά ακόμη και από ιδιώτες. Οι δοκιμές κράτησαν δύο χρόνια (μέχρι το Δεκέμβριο του 1995). Τα οχήματα αυτά διήνυσαν συνολικά πάνω από 700000χλμ. αποσπώντας αρκετά θετικά σχόλια κυρίως για την οδική συμπεριφορά τους. Σαν αποτέλεσμα οι δύο εταιρίες άρχισαν την παραγωγή τους.
- Η δοκιμή που έγινε στη νήσο Rügen στη βόρεια Γερμανία ήταν από τις μεγαλύτερες εκδηλώσεις και είχε διάρκεια 3,5 χρόνια. Στη δοκιμή αυτή έλαβαν μέρος συνολικά 60

οχήματα. Σκοπός της ήταν να καταδείξει ότι οι νέες τεχνολογίας Ασύγχρονοι και Σύγχρονοι κινητήρες μπορούν να λειτουργήσουν επιτυχώς τροφοδοτούμενες από συσσωρευτές Νικελίου-Καδμίου (Ni-Cd) αλλά και Νικελίου-Νατρίου-Χλωρίου (NaNiCl ή ZEBRA). Οι τελευταίες είναι ένας τύπος συσσωρευτή που λειτουργεί σε υψηλές θερμοκρασίες (από 270 έως 340° C).

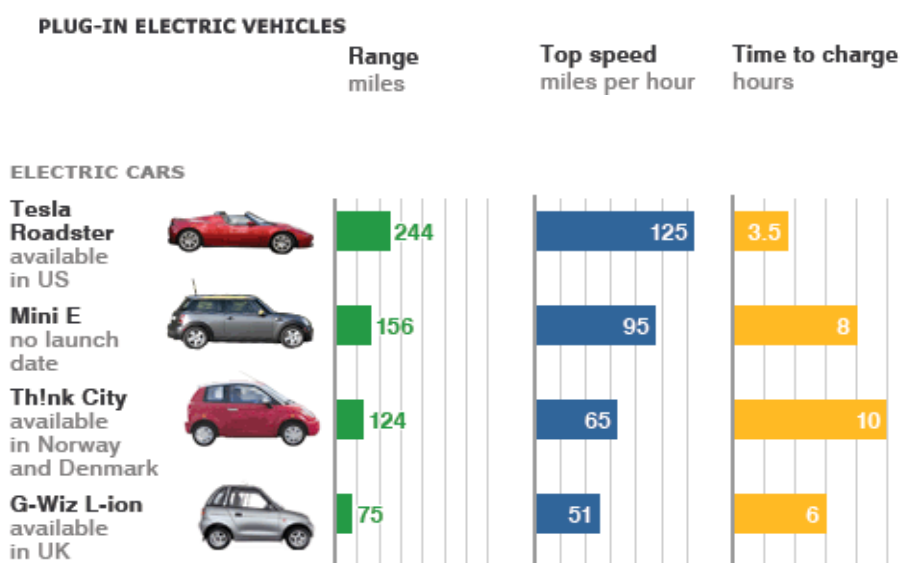
- Στο Essen της Γερμανίας έλαβε χώρα το πρόγραμμα RWE Energie AG. Στα πλαίσια του προγράμματος έγιναν δοκιμές σε οχήματα τα οποία αποτελούσαν μετατροπή συμβατικών σε ηλεκτροκίνητα. Από τα αποτελέσματα του προγράμματος προέκυψε ότι η χρήση ενός κατάλληλου συστήματος διαχείρισης των συσσωρευτών μπορεί να αυξήσει την αξιοπιστία και το χρόνο ζωής κατά ένα συντελεστή 2.
- Στη νότια Γερμανία το 1992 ξεκίνησε το πρόγραμμα με τίτλο “Car-free resorts and touristic areas in Bavaria”. Σε αυτό έλαβαν μέρος 21 κοινότητες στη Βαυαρία. Στα πλαίσια του προγράμματος αυτού χρησιμοποιήθηκαν 3 ηλεκτρικά λεωφορεία για μετακινήσεις μέσα σε περιοχές με μεγάλη κυκλοφορία. Οι διαδρομές κυμαίνονταν από 3 έως 10 χλμ. Αξίζει δε να αναφερθεί ότι διέθεταν ένα ειδικό σύστημα φόρτισης το οποίο επέτρεπε την αλλαγή των συσσωρευτών σε λιγότερο από 5 λεπτά. Η αποδοχή του κόσμου σύμφωνα με στατιστικές μελέτες ήταν σημαντική.
- Ένα σχέδιο που εφάρμοσε η Γερμανική ταχυδρομική εταιρία περιελάμβανε τη χρήση 64 ηλεκτρικών οχημάτων τύπου Mercedes-Benz και Opel Corsa Combi τα οποία χρησιμοποιούσαν συσσωρευτές τύπου Ψευδαργύρου-Αέρα (Zinc-Air) με χαρακτηριστικά 110 kWh, 434 Ah, 264 V, 650 kg. Με αυτούς τους συσσωρευτές η αυτονομία τους έφτανε τα 300 km.
- Ανάλογα προγράμματα με χρήση ηλεκτρικών λεωφορείων πραγματοποιήθηκαν σε ιταλικές πόλεις, καθώς και στο Göteborg της Σουηδίας.

Οι εξελίξεις που έχουν συντελεστεί τα τελευταία χρόνια στην έρευνα και ανάπτυξη των ηλεκτροκίνητων οχημάτων, δεν ήταν δυνατό να μην απασχολήσουν και τις ερευνητικές ομάδες στον Ελληνικό χώρο. Σημαντικές μελέτες αλλά και κατασκευές ηλεκτροκίνητων οχημάτων έχουν λάβει χώρα σε εργαστήρια των Ελληνικών Πανεπιστημιακών Ιδρυμάτων.

2.2.2 Αμιγώς Ηλεκτροκίνητα Οχήματα

Από τεχνικής απόψεως τα ηλεκτρικά οχήματα απαντώνται σε διάφορες παραλλαγές είτε όσον αφορά την πηγή της ηλεκτρικής ενέργειας είτε όσον αφορά τον τρόπο που παράγεται η κίνηση. Συνεπώς θα μπορούσαμε να κατατάξουμε τα ηλεκτρικά οχήματα σε διάφορες κατηγορίες ανάλογα με τα κριτήρια που θέτουμε. Όμως όλα έχουν ένα κοινό χαρακτηριστικό, που είναι η ύπαρξη ενός τουλάχιστον ηλεκτρικού κινητήρα για την προώθηση του οχήματος. Σε σχέση με τις εκπομπές ρύπων, όπως αναφέρθηκε και σε προηγούμενη παράγραφο, υπάρχουν ουσιαστικά δύο μεγάλες κατηγορίες ηλεκτροκίνητων οχημάτων. Τα οχήματα μηδενικών ρύπων στα οποία ανήκουν τα αμιγώς ηλεκτροκίνητα οχήματα και τα οχήματα χαμηλών ρύπων στα οποία ανήκουν τα υβριδικά οχήματα [17]. Το κύριο στοιχείο που διαφοροποιεί τα αμιγώς ηλεκτρικά οχήματα από τα υβριδικά είναι η απουσία βενζινοκινητήρα. Η ενέργεια του οχήματος προέρχεται από καθαρά ηλεκτρική πηγή και η κίνηση του οχήματος βασίζεται αποκλειστικά σε έναν ή περισσότερους ηλεκτρικούς κινητήρες.

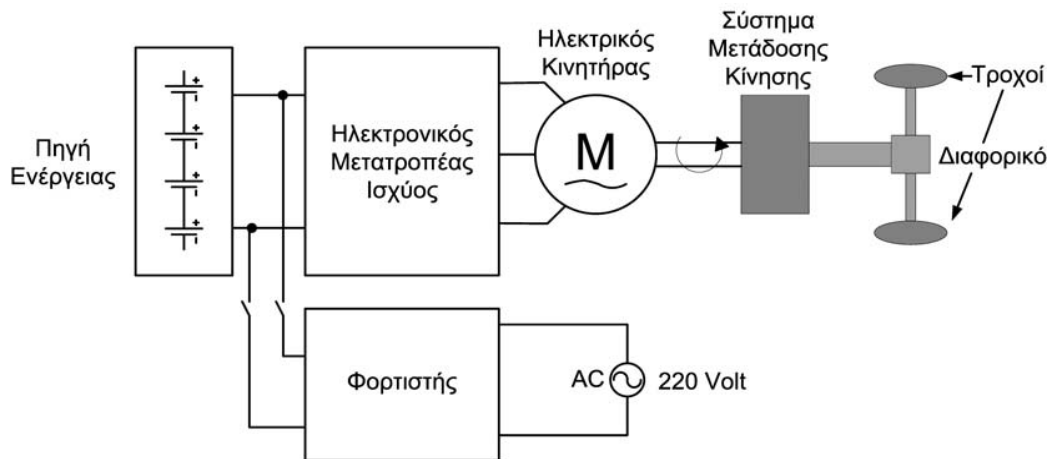
Είναι σήμερα εφικτή η χρήση των αμιγώς ηλεκτροκίνητων οχημάτων, εντός πόλεως και σε συνδυασμό με την κατ' οίκον χρήση. Στην ευρωπαϊκή αγορά επικρατεί η Γαλλική βιομηχανία (Peugeot, Citroen, Renault). Το γεγονός αποδίδεται κυρίως στο ενδιαφέρον της Γαλλικής βιομηχανίας παραγωγής ενέργειας, η οποία στηρίζεται στους πυρηνικούς σταθμούς, να δημιουργήσει πελατεία για την άφθονη και φτηνή ηλεκτρική ενέργεια που παράγει. Ακολουθεί η Ιταλία με τη Fiat [19]. Ενδεικτικά παρουσιάζονται τέσσερα αρκετά δημοφιλή, αμιγώς ηλεκτρικά οχήματα με τα βασικά χαρακτηριστικά τους.



Εικόνα 5: Απεικόνιση χαρακτηριστικών των δημοφιλέστερων ηλεκτρικών οχημάτων

Τα βασικότερα τμήματα που αποτελούν ένα ηλεκτρικό όχημα φαίνονται στο **Σχήμα 1** και είναι:

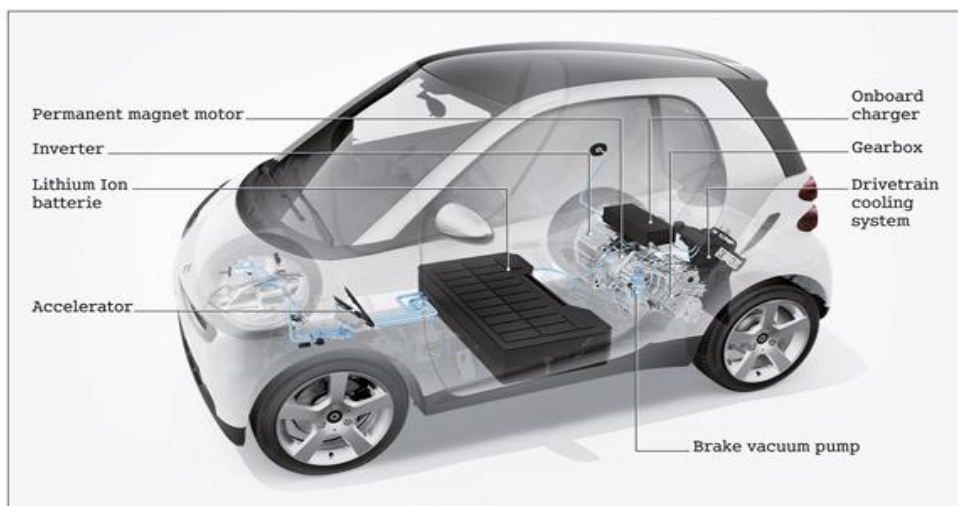
- **Πηγή Ηλεκτρικής Ενέργειας:** Είναι το τμήμα που τροφοδοτεί με ενέργεια το υπόλοιπο σύστημα. Το τμήμα αυτό λειτουργεί είτε ως πηγή είτε ως αποθήκη ηλεκτρικής ενέργειας είτε ως συνδυασμός και των δύο. Για την αποθήκευση ενέργειας χρησιμοποιούνται οι συσσωρευτές, ενώ όσον αφορά τη φόρτισή τους συνήθως γίνεται με ηλεκτρονικούς μετατροπείς E.T./Σ.Τ. Οι συσσωρευτές καθώς και ποικίλλες διατάξεις και σενάρια φόρτισης θα αναλυθούν σε επόμενο κεφάλαιο.



Σχήμα 1: Διάγραμμα ενός ηλεκτροκίνητου οχήματος

- **Ηλεκτρονικός Μετατροπέας:** Το τμήμα αυτό είναι υπεύθυνο για την κατάλληλη μετατροπή της τάσεως της πηγής ώστε να τροφοδοτήσει τον κινητήρα. Επιπλέον ελέγχει και τη λειτουργία του οχήματος ελέγχοντας ουσιαστικά την ταχύτητα και τη ροπή του κινητήρα.
- **Ηλεκτρικός Κινητήρας:** Ο κινητήρας μετατρέπει την ηλεκτρική ενέργεια σε μηχανική για την κίνηση του οχήματος.
- **Σύστημα Μετάδοσης Κίνησης:** Το μηχανολογικό αυτό τμήμα του οχήματος μεταδίδει την κίνηση στους τροχούς προσαρμόζοντας κατάλληλα τη ροπή και την ταχύτητα.

smart ed



smart

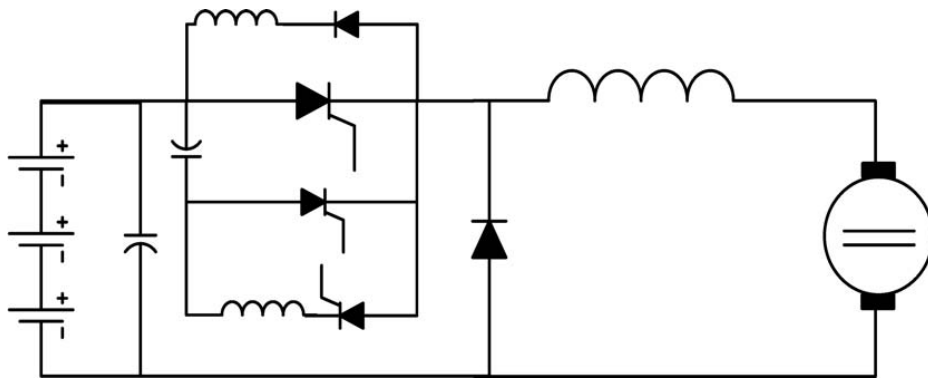
Εικόνα 6: Ηλεκτροκίνητο Smart

Αξίζει εδώ να αναφερθεί ότι ορισμένα τμήματα μπορεί να διαφοροποιούνται ή ακόμα και να μην υπάρχουν. Για παράδειγμα τμήματα ή όλο το σύστημα μετάδοσης κίνησης μπορεί να μην υπάρχει. Επιπλέον το όχημα μπορεί να έχει περισσότερους από έναν κινητήρα και μετατροπέα.

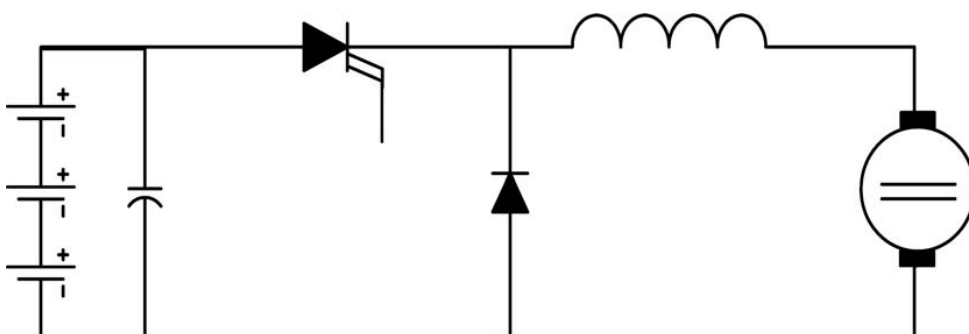
2.2.3 Ηλεκτρονικός Μετατροπέας Ισχύος

Ο ηλεκτρονικός μετατροπέας είναι το τμήμα εκείνο του συστήματος που παίρνει τη συνεχή τάση των συσσωρευτών και τη μετατρέπει σε κατάλληλη μορφή για την τροφοδότηση του κινητήρα. Επιπλέον μια πολύ σημαντική διεργασία που πραγματοποιεί είναι ο έλεγχος της ροπής και των στροφών του κινητήρα. Η επιλογή του μετατροπέα που θα χρησιμοποιηθεί σε ένα ηλεκτρικό όχημα εξαρτάται καθαρά από τον ηλεκτρικό κινητήρα ο οποίος χρησιμοποιείται. Έτσι με βάση τους κινητήρες που χρησιμοποιούνται (Σ.Ρ. ή Ε.Ρ.) έχουμε μετατροπείς Σ.Τ./Σ.Τ. τύπου chopper και μετατροπείς Σ.Τ./Ε.Τ. τύπου αντιστροφέα (Inverter). Οι διατάξεις αντιστροφέα μπορούν να οδηγούν κινητήρες εναλλασσόμενου ρεύματος που απαιτούν είτε ημιτονοειδή τάση (ασύγχρονος κινητήρας, σύγχρονος κινητήρας) είτε τετραγωνικούς παλμούς (κινητήρας τύπου Brushless, κινητήρας τύπου switched reluctance). Για κάθε μια κατηγορία μετατροπέων έχουμε τα ακόλουθα [17]:

Μετατροπείς Σ.Τ./Σ.Τ. τύπου chopper: Υπάρχουν δύο τύποι μετατροπέων chopper. Ο ένας χρησιμοποιεί ως διακοπτικό στοιχείο το Thyristor ενώ περιέχει και βοηθητικό κύκλωμα για τη σβέση του. Το βασικό του πλεονέκτημα είναι η δυνατότητα για έλεγχο μεγάλης ισχύος, όμως λόγω του κυκλώματος σβέσης έχει μεγαλύτερη πολυπλοκότητα. Επιπλέον, η συχνότητα λειτουργίας του διακοπτικού στοιχείου είναι σχετικά χαμηλή με αποτέλεσμα η εξομάλυνση του ρεύματος να απαιτεί μια σχετικά μεγάλη επαγωγή εξομάλυνσης. Τα μειονεκτήματα της τοπολογίας αντισταθμίζονται με τη χρήση διακοπτικού στοιχείου με έλεγχο στη σβέση όπως για παράδειγμα με χρήση MOSFET, IGBT, GTO ή MCT. Με τη χρήση των στοιχείων αυτών επιτυγχάνουμε μικρό αριθμό ημιαγωγικών και παθητικών στοιχείων λόγω του ότι δεν απαιτείται κύκλωμα σβέσης και κατά συνέπεια έχουμε χαμηλό μέγεθος και κόστος. Επιπλέον η διακοπτική συχνότητα του μετατροπέα μεγαλώνει με αποτέλεσμα να μικραίνει ο όγκος των απαιτούμενων παθητικών στοιχείων ενώ το κύκλωμα έχει και καλύτερη απόκριση στον έλεγχο. Τέλος ένα επιπλέον πλεονέκτημα είναι το μεγαλύτερο εύρος ρύθμισης του λόγου κατάτμησης που συνεπάγεται μεγαλύτερο εύρος ρύθμισης της τάσεως εξόδου [20,21]. Στο **Σχήμα 2** απεικονίζονται οι διάφορες παραλλαγές του chopper.



(α)



(β)

Σχήμα 2: Διάφορες παραλλαγές του μετατροπέα τύπου chopper

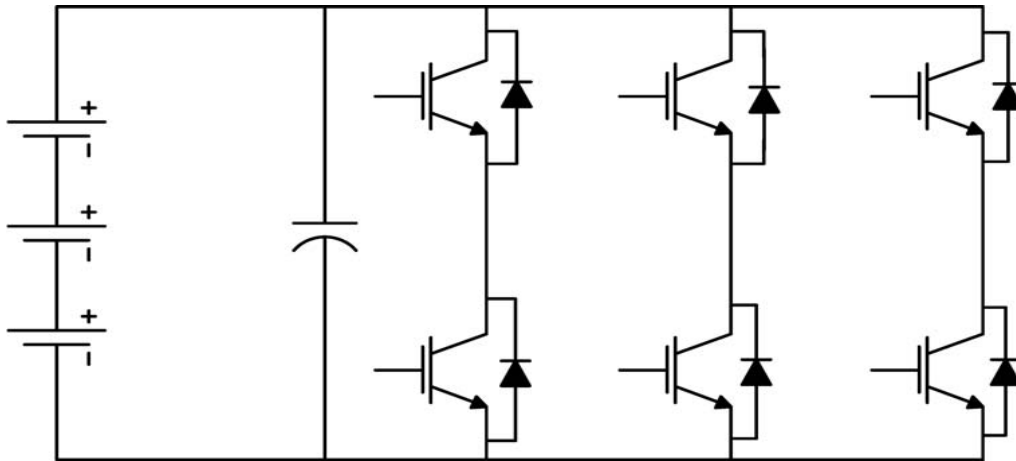
Μετατροπείς Σ.Τ./Ε.Τ. τύπου αντιστροφέα: Οι μετατροπείς αυτού του τύπου χωρίζονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες. Η μία περιλαμβάνει τους κλασικούς μετατροπείς με Διαμόρφωση Εύρους Παλμών (PWM), ενώ μια άλλη κατηγορία περιλαμβάνει τους αντιστροφείς συντονισμού (Resonant). Οι αντιστροφείς P.W.M. χωρίζονται σε δύο υποκατηγορίες ανάλογα με το αν τροφοδοτούνται από πηγή τάσης ή ρεύματος. Οι σπουδαιότερες μέθοδοι P.W.M. που χρησιμοποιούνται για αντιστροφείς τάσεως είναι οι εξής [20,21]:

- Φυσικής P.W.M. (Natural P.W.M.)
- Κανονικής P.W.M. (Regular P.W.M.)
- Βέλτιστης P.W.M. (Optimal P.W.M)
- Δέλτα – P.W.M. (Delta P.W.M.)
- P.W.M. ίσης περιοχής (Equal Area P.W.M)

Αντίθετα οι μέθοδοι για έλεγχο ρεύματος είναι:

- Μέθοδοι Υστέρησης (Hysteresis – Band P.W.M)
- Έλεγχος στιγμιαίου ρεύματος μέσω ρύθμισης της τάσης.
- P.W.M. χωρικού διανύσματος (Space Vector P.W.M).

Από όλες αυτές τις τεχνικές επιλέγεται η καταλληλότερη με βάση ορισμένα κριτήρια που σχετίζονται με τις ανώτερες αρμονικές, με την καλύτερη εκμετάλλευση της συνεχούς τάσεως εισόδου, την ανοχή σε διακυμάνσεις της συνεχούς τάσεως εισόδου, ενώ ένα πολύ σημαντικό κριτήριο αποτελεί η καταλληλότητα της μεθόδου για εφαρμογές πραγματικού χρόνου και εφαρμογές βασιζόμενες σε Μικροελεγκτές και DSP's. Η πολυπλοκότητα του όλου συστήματος απαιτεί τη χρήση ενός μικροϋπολογιστικού συστήματος (μικροεπεξεργαστές, μικροελεγκτές, DSP's, Transputers) με τη βοήθεια του οποίου μπορούν να επιτευχθούν περίπλοκες τεχνικές παλμοδότησης αλλά και ελέγχου (π.χ. Διανυσματικός Έλεγχος-Vector Control, Προσαρμοστικός Έλεγχος-Model Referencing Adaptive Control, Ασαφής Έλεγχος - Fuzzy Control) [20,21].



Σχήμα 3: Τοπολογία τριφασικού αντιστροφέα

Μια εναλλακτική κατηγορία αντιστροφέων που προτείνεται για χρήση σε ηλεκτροκίνητα οχήματα είναι οι Αντιστροφείς Συντονισμού (Resonant Inverters). Στους αντιστροφείς συντονισμού γίνεται προσθήκη ενός κυκλώματος ταλάντωσης ούτως ώστε να επιτευχθούν οι ελάχιστες δυνατές απώλειες του μετατροπέα. Ανάλογα με την τοποθέτηση του κυκλώματος συντονισμού διακρίνουμε τους αντιστροφείς με *κύκλωμα συντονισμού εν σειρά* και με *παράλληλο κύκλωμα συντονισμού*. Το κύκλωμα συντονισμού λειτουργεί με τέτοιο τρόπο ώστε η μετάβαση στην κατάσταση αγωγής του στοιχείου να γίνεται είτε υπό μηδενική τάση (Zero Voltage Switching-ZVS) είτε υπό μηδενικό ρεύμα (Zero Current Switching-ZCS). Με τον τρόπο αυτό οι απώλειες επάνω στα στοιχεία μειώνονται δραστικά αφού οι διακοπτικές απώλειες μηδενίζονται. Εκτός από το βασικό αυτό πλεονέκτημα έχουμε τα ακόλουθα: α) Μικρότερες ψυκτικές απαιτήσεις καθώς οι θερμικές απώλειες είναι ελάχιστες. β) Απουσία κυκλωμάτων snubber τα οποία περιπλέκουν την τοπολογία του κυκλώματος και καταναλώνουν σημαντικά ποσά ενέργειας. γ) Μεγάλη πυκνότητα ισχύος. δ) Μικρότερες ηλεκτρομαγνητικές παρενοχλήσεις λόγω της μορφής των τάσεων και των ρευμάτων. ε) Ελάχιστος ακουστικός θόρυβος και στ) Αυξημένη αξιοπιστία. Παρά όμως τα πολλά πλεονεκτήματα που παρουσιάζουν έχουν και δύο σημαντικά μειονεκτήματα τα οποία εμποδίζουν τη διάδοσή τους. Το κόστος της συσκευής είναι αυξημένο λόγω του κυκλώματος συντονισμού ενώ ο έλεγχος μιας τέτοιας διάταξης είναι ιδιαίτερα δύσκολος.



Σχήμα 4: Ηλεκτρονικοί μετατροπείς στο ηλεκτρικό αυτοκίνητο

2.2.4 Ηλεκτρικός Κινητήρας

Ο ηλεκτρικός κινητήρας είναι ίσως το πλέον σημαντικό τμήμα ενός ηλεκτρικού οχήματος. Οι κινητήρες που χρησιμοποιούνται σε τέτοιου είδους εφαρμογές είναι τόσο οι κινητήρες Σ.Ρ. όσο και οι κινητήρες Ε.Ρ. Οι χρησιμοποιούμενοι τύποι κινητήρων Σ.Ρ. είναι α) Κινητήρας Σ.Ρ. με διέγερση εν σειρά, β) Κινητήρας Σ.Ρ. με παράλληλη διέγερση, γ) Κινητήρας Σ.Ρ. με ξένη διέγερση και δ) Κινητήρας Σ.Ρ. με μόνιμο μαγνήτη. Από τους κινητήρες Ε.Ρ. όπως προαναφέρθηκε έχουμε κινητήρες με ημιτονοειδή τάση τροφοδοσίας όπως: α) Ασύγχρονος τριφασικός κινητήρας βραχυκυκλωμένου κλωβού, β) Ασύγχρονος τριφασικός κινητήρας δακτυλιοφόρου δρομέα και γ) Σύγχρονος τριφασικός με ή χωρίς μόνιμο μαγνήτη, ενώ έχουμε και τους κινητήρες που τροφοδοτούνται με τετραγωνικούς παλμούς όπως: α) Κινητήρας τύπου Brushless DC και β) Κινητήρας τύπου Switched Reluctance. Από τους διάφορους τύπους κινητήρων η επιλογή του καταλληλότερου γίνεται με βάση κάποια κριτήρια. Έτσι από όλους τους παραπάνω τύπους κινητήρων οι ευρύτερα χρησιμοποιούμενοι είναι ο τριφασικός ασύγχρονος με βραχυκυκλωμένο κλωβό, ο σύγχρονος κινητήρας με μόνιμο μαγνήτη, ο κινητήρας Σ.Ρ. με διέγερση σειράς, ο κινητήρας Σ.Ρ. με μόνιμο μαγνήτη και τέλος ο κινητήρας τύπου Brushless [20].

Οι ηλεκτροκινητήρες με μόνιμο μαγνήτη έχουν ανάγκη δραστικής ψύξεως (συνήθως είναι υδρόψυκτοι), αλλιώς μειώνεται η επίδοσή τους. Επίσης, επιτρέπουν την αποτελεσματική ανάκτηση ενέργειας κατά την πέδηση. Όμως το γεγονός ότι οι μαγνήτες αυτοί κατασκευάζονται από σπάνιες γαίες, οδηγεί στο υψηλό κόστος των κινητήρων αυτών.

Οι επαγωγικοί τριφασικοί κινητήρες εναλλασσόμενου ρεύματος έχουν μικρότερη συγκέντρωση ισχύος από αυτούς με μόνιμο μαγνήτη και μικρότερες απαιτήσεις ψύξεως (για αυτό το λόγο είναι και αερόψυκτοι). Για να επιτευχθεί η ομαλή τους λειτουργία χρειάζεται να χρησιμοποιούνται μειωτήρες, διότι είτε παρέχουν υψηλή ροπή στις χαμηλές ταχύτητες περιστροφής, είτε χαμηλή ροπή στις υψηλές ταχύτητες [22]. Στο **Σχήμα 5** απεικονίζεται ένα διάγραμμα με τους χρησιμοποιούμενους τύπους κινητήρων.



Σχήμα 5: Ηλεκτρικοί κινητήρες ηλεκτροκίνητων οχημάτων

Τέλος αξίζει να σημειωθεί ότι τα ηλεκτρικά οχήματα με συστήματα συνεχούς ρεύματος καταναλώνουν περίπου 0.4 kWh/μίλι, ενώ εκείνα με σύστημα εναλλασσόμενου ρεύματος καταναλώνουν περίπου 0.174 kWh/μίλι [23].

2.3 Υβριδικά Οχήματα

Με δεδομένα τα οικολογικά προσόντα των ηλεκτρικών αυτοκινήτων από τη μια και την περιορισμένη αυτονομία τους από την άλλη, η εμφάνιση των υβριδικών οχημάτων στην αγορά ήταν απλώς θέμα χρόνου. Η ιδέα παλιά, μετράει αρκετές δεκαετίες, αλλά μόνο την τελευταία οι συνθήκες ωρίμασαν και τα υβριδικά αυτοκίνητα που κυκλοφορούν στον πλανήτη ξεπέρασαν τα δύο εκατομμύρια [2].

Κάποιοι ισχυρίζονται ότι η δεκαετία που διατρέχουμε θα χαρακτηριστεί ως η εποχή του υβριδικού αυτοκινήτου. Τον δικό τους ρόλο σε αυτήν την εξέλιξη έπαιξαν και οι προδιαγραφές εκπομπών ρύπων που γίνονται όλο και πιο αυστηρές, αλλά και τα κίνητρα που δόθηκαν στην πορεία. Στην Ελλάδα, π.χ., τα υβριδικά αυτοκίνητα κυκλοφορούν ελεύθερα στο δακτύλιο της Αθήνας και απαλλάσσονται από τα τέλη κυκλοφορίας [2].

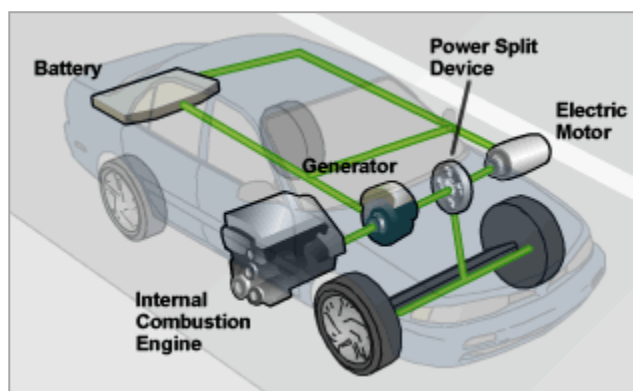
Η τεχνολογία των υβριδικών οχημάτων βασίζεται στη χρησιμοποίηση δύο εκ των ακολούθων, τουλάχιστον μορφών ενέργειας για την κίνησή τους [22]:

- Ηλεκτρική ενέργεια
- Χημική ενέργεια (βενζίνη, diesel, φυσικό αέριο, υγραέριο, υδρογόνο, μεθάνιο, αιθανόλη, βιοκαύσιμα κ.λ.π)
- Μηχανική ενέργεια (π.χ. αποθηκευμένη σε συσπειρωμένα ελατήρια)
- Ρευστομηχανική ενέργεια (αποθηκευμένη σε συμπιεσμένο ρευστό)
- Ηλιακή ενέργεια
- Αιολική ενέργεια

Η χρήση δύο πηγών ενέργειας συνεπάγεται την επιλογή του ποσοστού συνεισφοράς κάθε καυσίμου στο μεταφορικό έργο (ποσοστό υβριδοποιήσεως), τη χρήση δύο τύπων κινητήρων, συνήθως ηλεκτροκινητήρων σε συνδυασμό με ένα συμβατικό κινητήρα εσωτερικής καύσης και την επιλογή της παράλληλης ή σειριακής χρήσεως των κινητήρων αυτών [22].

Τα υβριδικά ηλεκτρικά οχήματα τροφοδοτούνται από δύο πηγές ενέργειας-μία μονάδα ενεργειακής μετατροπής (όπως μια μηχανή εσωτερικής καύσης ή μία κυψέλη καυσίμου) και μια ενεργειακή συσκευή αποθήκευσης (όπως οι μπαταρίες ή τα ultracapacitors). Η μονάδα ενεργειακής μετατροπής μπορεί να τροφοδοτηθεί από βενζίνη, diesel, συμπιεσμένο φυσικό αέριο, υδρογόνο ή άλλα καύσιμα. Τα υβριδικά ηλεκτρικά οχήματα έχουν τη δυνατότητα να είναι δύο έως τρεις φορές πιο οικονομικά στην κατανάλωση καυσίμου από τα συμβατικά οχήματα [23].

Χαρακτηριστικά παραδείγματα υβριδικών ηλεκτρικών οχημάτων είναι το Prius της Toyota και το Honda Insight, τα οποία έχουν σημειώσει μεγάλη εμπορική επιτυχία. Πιο συγκεκριμένα, το Prius έχει πετύχει τον διπλασιασμό των διανυόμενων χιλιομέτρων ανά μονάδα καταναλισκόμενης ενέργειας, τη μείωση των ρύπων που εκπέμπονται στο 1/10 των νομοθετημένων ορίων της Ιαπωνίας καθώς και τη μείωση του παραγόμενου CO₂ στο ήμισυ σε σύγκριση με ένα ισοδύναμο συμβατικό αυτοκίνητο.



Εικόνα 7: Απεικόνιση των λειτουργικών τμημάτων ενός ηλεκτρικού υβριδικού οχήματος

2.3.1 Υβριδική Τεχνολογία

Τα υβριδικά συστήματα διαφέρουν σημαντικά σε κόστος, πολυπλοκότητα και λειτουργία και συχνά κατηγοριοποιούνται ως εξής [14]:

Υβριδικά “στάσης-εκκίνησης” ή μικρο-υβριδικά: Έχουν σχετικά μικρούς ηλεκτροκινητήρες οι οποίοι δεν κινούν το όχημα αλλά έχουν την απαραίτητη ισχύ για την σχεδόν ακαριαία επανεκκίνηση του κινητήρα εσωτερικής καύσης. Αυτό σημαίνει ότι ένα μικρό-υβριδικό βενζινοκίνητο όχημα μπορεί αυτόματα να σβήνει τον κινητήρα του όταν το όχημα ακινητοποιείται (π.χ. σε φωτεινούς σηματοδότες) και να επανακκινεί μόλις ο οδηγός πατήσει το πεντάλ του γκαζιού χωρίς να απαιτείται η χρήση της μίζας και πολλές φορές χωρίς καν ο οδηγός να γνωρίζει ότι ο κινητήρας έχει σταματήσει.

Τα συστήματα “στάσης-εκκίνησης” σε γενικές γραμμές δεν θεωρούνται ως πραγματικά υβριδικά συστήματα εφόσον δεν χρησιμοποιούνται για την κίνηση του οχήματος. Επιφέρουν ένα σχετικά μέτριο ποσοστό εξοικονόμησης καυσίμου (περίπου 10%), όμως έχουν το πλεονέκτημα του χαμηλού κόστους. Ένα παράδειγμα ενός υβριδικού αυτοκινήτου αυτού του τύπου είναι το Citroen C3.

Ήπια υβριδικά: Διαθέτουν λειτουργία “στάσης-εκκίνησης” όπως περιγράφηκε παραπάνω, αλλά συνήθως χρησιμοποιούν και τον ηλεκτροκινητήρα τους για να κινήσουν το όχημα. Παρόλα αυτά τα ήπια υβριδικά δεν μπορούν να λειτουργήσουν αποκλειστικά με τον ηλεκτροκινητήρα αφού αυτός δεν είναι συνδεδεμένος με το σύστημα μετάδοσης της κίνησης. Αντί αυτού, προσφέρουν πρόσθετη ισχύ μέσω του ηλεκτρικού κινητήρα κατά τη διάρκεια λειτουργίας του συμβατικού κινητήρα υπό

υψηλό φορτίο (π.χ. κατά τις στιγμές μεγάλης επιτάχυνσης). Τα ήπια υβριδικά έχουν επίσης το πλεονέκτημα της ανάκτησης ενέργειας μέσω του φρεναρίσματος: κατά τη διάρκεια του φρεναρίσματος μετατρέπουν μέρος της πλεονάζουσας κινητικής ενέργειας του κινητήρα σε ηλεκτρική ενέργεια, η οποία χρησιμοποιείται για τη φόρτιση των συσσωρευτών.

Ένα παρόμοιο ήπιο υβριδικό σύστημα έχει εγκατασταθεί στα μοντέλα Insight και Civic της εταιρείας Honda. Το σύστημα της Honda έχει επίσης τη δυνατότητα απομόνωσης της λειτουργίας τριών από τους τέσσερις κυλίνδρους του κινητήρα για την αύξηση της απόδοσης. Το υβριδικό Honda Civic εκπέμπει σχεδόν 25% λιγότερο CO₂ σε σύγκριση με ένα όμοιο μη υβριδικό.

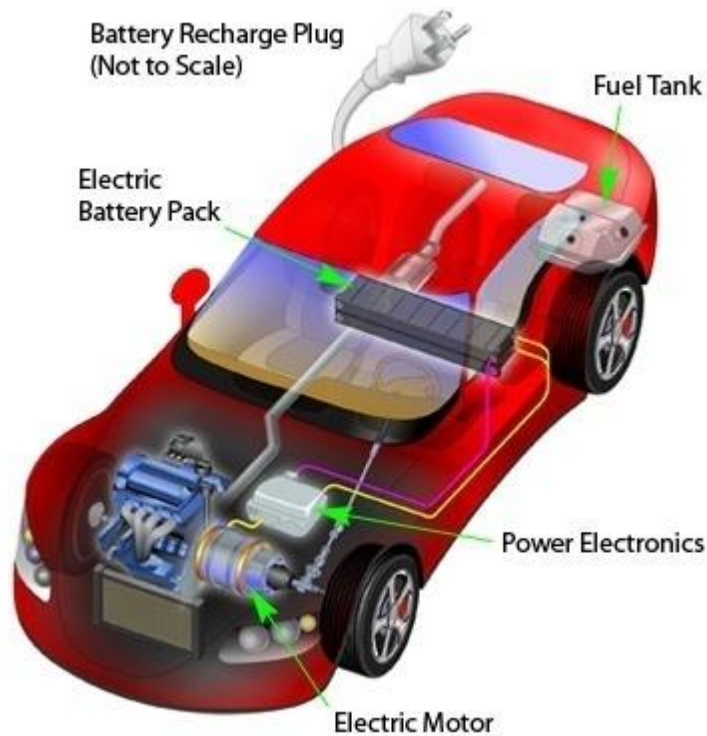
Πλήρως Υβριδικά: Ένα πλήρως υβριδικό σύστημα, συμπεριλαμβανομένου και του συστήματος Hybrid Synergy Drive της Toyota που χρησιμοποιείται στο μοντέλο Prius, έχει την δυνατότητα να κινεί το όχημα μόνο με τον βενζινοκινητήρα ή μόνο με τον ηλεκτροκινητήρα ή και τους δύο ταυτόχρονα.

Το σύστημα της Toyota, το οποίο έχει παραχωρηθεί μερικώς και στην Ford και έχει εγκατασταθεί στο υβριδικό μοντέλο Escape, χρησιμοποιεί μια συσκευή που συνεχώς μεταβάλλει την κατανομή ισχύος που διατίθεται από τον κινητήρα για την κίνηση του οχήματος και την κίνηση της ηλεκτρογεννήτριας. Στη συνέχεια η γεννήτρια τροφοδοτεί τον ηλεκτροκινητήρα ο οποίος με τη σειρά του κινεί και αυτός το όχημα όταν απαιτείται. Το σύστημα είναι πολύπλοκο, όμως με την χρήση του επιτυγχάνεται μεγάλη ενεργειακή αποδοτικότητα μέσω της συνεχούς λειτουργίας του βενζινοκινητήρα σε αποδοτικό αριθμό στροφών.

Όταν δεν απαιτείται όλη η παραγόμενη ισχύς του κινητήρα για την κίνηση του οχήματος, αυτή η περίσσεια ισχύος χρησιμοποιείται για τη φόρτιση των μπαταριών. Οι μπαταρίες φορτίζονται επίσης και από την ανάκτηση ενέργειας κατά το φρενάρισμα του οχήματος. Σε συνθήκες κυκλοφοριακού φόρτου και σε χαμηλές ταχύτητες (όταν ο βενζινοκινητήρας είναι μη αποδοτικός), ο κινητήρας σβήνει και ο ηλεκτροκινητήρας τροφοδοτούμενος από τις μπαταρίες αναλαμβάνει να κινήσει το όχημα. Το σύστημα που έχει εγκατασταθεί στο υβριδικό μοντέλο Lexus RX400h είναι παρόμοιο αλλά διαθέτει δύο ηλεκτρικές μηχανές, μια για τους εμπρός και μια για τους πίσω τροχούς.

Επαναφορτιζόμενα Υβριδικά Ηλεκτρικά(Plug – in electric vehicles - PHEV): Τα επαναφορτιζόμενα υβριδικά αποτελούν τη νέα γενιά υβριδικών αυτοκινήτων. Συνδυάζουν τα οφέλη των ηλεκτρικών οχημάτων και των υβριδικών ηλεκτρικών οχημάτων. Τα plug-in υβριδικά ηλεκτρικά οχήματα (PHEVs) μπορούν να φορτιστούν με ηλεκτρική ενέργεια όπως τα ηλεκτρικά οχήματα και να κινηθούν υπό τη δύναμη μηχανών όπως τα υβριδικά ηλεκτρικά. Ο συνδυασμός προσφέρει μεγαλύτερη ποικιλία

οδήγησης , εξοικονόμηση καυσίμου και χρημάτων και λιγότερες εκπομπές ρυπογόνων αερίων. Τα plug-in υβριδικά ηλεκτρικά οχήματα (PHEVs) είναι ακόμα υπό ανάπτυξη. Η έρευνα και οι προσπάθειες ανάπτυξης τα φέρνουν πιο κοντά στη διαδεδομένη εμπορευματοποίηση. Όπως τα υβριδικά ηλεκτρικά οχήματα, τα PHEVs τροφοδοτούνται από δύο πηγές ενέργειας-μια μονάδα ενεργειακής μετατροπής (όπως μια μηχανή εσωτερικής καύσης ή μία κυψέλη καυσίμου) και μια ενεργειακή συσκευή αποθήκευσης (συνήθως μπαταρίες). Η μονάδα ενεργειακής μετατροπής μπορεί να τροφοδοτηθεί από βενζίνη, diesel, συμπιεσμένο φυσικό αέριο, υδρογόνο ή άλλα καύσιμα. Οι μπαταρίες μπορούν να φορτιστούν με τη σύνδεσή τους σε δίκτυο των 110V-ικανότητα που τα συμβατικά υβριδικά ηλεκτρικά οχήματα δεν διαθέτουν. Επίσης, οι μπαταρίες μπορούν να φορτιστούν από τη μονάδα ενεργειακής μετατροπής όταν απαιτείται.



Εικόνα 8: Απεικόνιση ενός *plug – in* υβριδικού ηλεκτρικού οχήματος

Τα PHEVs έχουν ένα μεγαλύτερο «πακέτο» μπαταριών από τα συμβατικά υβριδικά ηλεκτρικά οχήματα. Κατά τη διάρκεια της τυπικής καθημερινής οδήγησης, το μεγαλύτερο μέρος της ενέργειας των PHEVs προέρχεται από την αποθηκευμένη ηλεκτρική ενέργεια. Αυτό το χαρακτηριστικό τα καθιστά αυτοκίνητα μηδενικών ρύπων κατά τις καθημερινές μετακινήσεις στα αστικά κέντρα, καθώς

έχει υπολογιστεί στη μεγάλη τους πλειονότητα αυτές σπάνια ξεπερνούν το όριο των 50 χιλιομέτρων. Στις περιπτώσεις διάνυσης μεγαλύτερου αριθμού χιλιομέτρων μπαίνει σε λειτουργία ο βενζινοκινητήρας (ή πετρελαιοκινητήρας), οπότε το αυτοκίνητο έχει τη δυνατότητα να κινηθεί για εκατοντάδες χιλιόμετρα. Γι αυτό το λόγο τα αυτοκίνητα αυτής της κατηγορίας συχνά αναφέρονται και ως *E-REV (Extended Range Electric Vehicle)*, δηλαδή ως ηλεκτρικά αυτοκίνητα εκτεταμένης αυτονομίας.

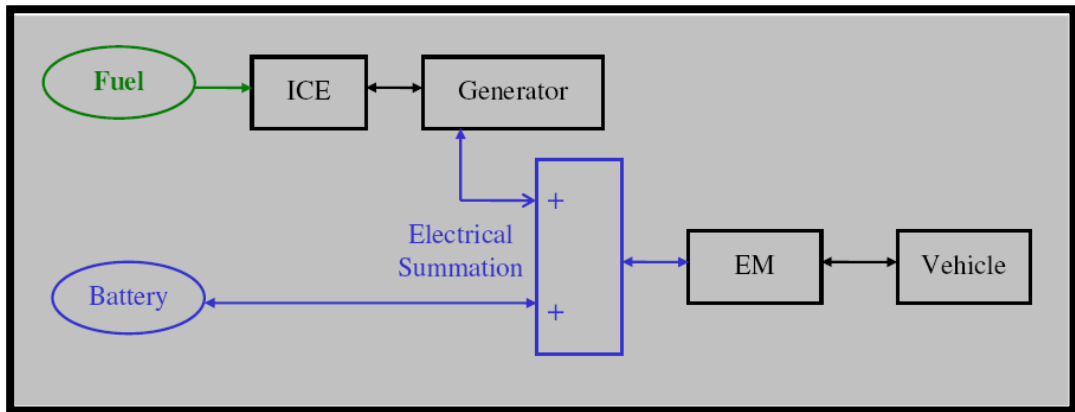
2.3.2 Συνδεσμολογία Κινητήρων σε Υβριδικό

Τα υβριδικά οχήματα, χωρίζονται ανάλογα με τον τρόπο με τον οποίο ο κινητήρας καύσης και ο ηλεκτροκινητήρας συνδέονται για να προωθήσουν το όχημα ως εξής [13,2]:

- Σε σειρά (series)
- Παράλληλα (parallel)
- Μικτά (series – parallel – split)

Σειριακό σύστημα: Σε ένα σειριακό υβριδικό σύστημα μετάδοσης ισχύος ο κινητήρας εσωτερικής καύσης φορτίζει μία γεννήτρια. Ο ηλεκτρισμός που παράγεται είτε φορτίζει μια συστοιχία μπαταριών είτε τροφοδοτεί ισχύ απευθείας σε ένα ηλεκτροκινητήρα μειώνοντας τη ζήτηση στις μπαταρίες. Το μεγαλύτερο πλεονέκτημα στο σειριακό σύστημα είναι ότι ο κινητήρας δεν είναι απευθείας συνδεδεμένος με το σύστημα μετάδοσης κίνησης, αφού στην έξοδο της γεννήτριας παρεμβάλλεται η συστοιχία μπαταριών, οπότε μπορεί να δουλεύει συνεχώς στις βέλτιστες στροφές, έχοντας μέγιστη απόδοση φορτίζοντας τις μπαταρίες. Έτσι έχουμε ελαχιστοποίηση της κατανάλωσης σε βενζίνη. Η συστοιχία μπαταριών είναι μεγάλης ισχύος ώστε να ικανοποιεί επιπλέον οδηγικές ανάγκες όπως επιτάχυνση ή αναφορικό δρόμο, προσθέτοντας όμως βάρος στο αυτοκίνητο. Οι επιδόσεις του αυτοκινήτου εξαρτώνται από την ισχύ εξόδου του ηλεκτροκινητήρα, ο οποίος έχει μεγάλο μέγεθος για να αποδώσει τη μέγιστη ισχύ. Ένας τόσο ισχυρός ηλεκτροκινητήρας απαιτεί με τη σειρά του μεγάλο μέγεθος και βάρος συσσωρευτών προκειμένου να ικανοποιηθούν οι απαιτήσεις του σε ρεύμα, σε περιπτώσεις επιτάχυνσης - έστω και όταν υπάρχει δευτερεύουσα γραμμή που μεταφέρει το ρεύμα της γεννήτριας απευθείας στον ηλεκτροκινητήρα, παρακάμπτοντας τους συσσωρευτές. Σε παρακάτω σχήμα φαίνεται η διαμόρφωση ενός σειριακού υβριδικού οχήματος.

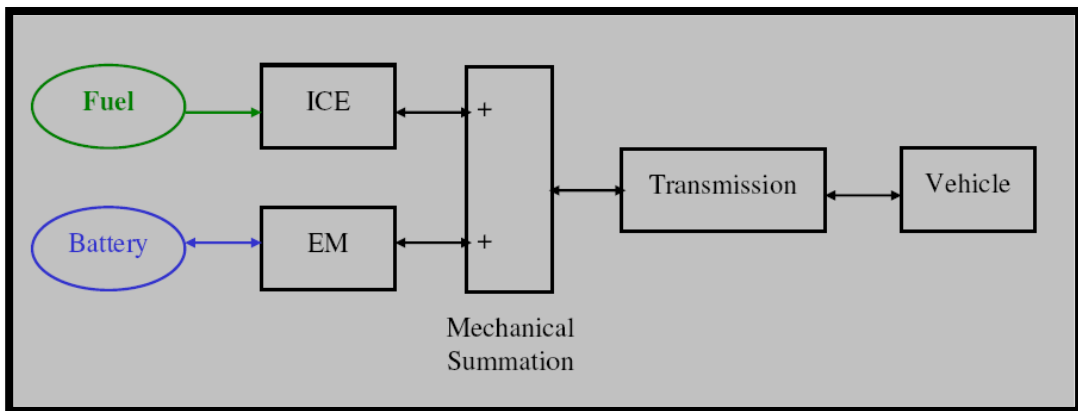
Μέχρι πρόσφατα, υβριδικά αυτού του τύπου, επιβατικά τουλάχιστον, δεν είχαν διατεθεί στο εμπόριο. Η σχεδόν ταυτόχρονη εμφάνιση πολλών μοντέλων από διαφορετικές εταιρείες (Chevrolet Volt, Opel Flextreme, Volvo Recharge Concept, Audi A1 e-tron), αρχικά ως εκθεσιακά πρωτότυπα και η αναμενόμενη έναρξη της διάθεσης ορισμένων από αυτά στην αγορά (Chevrolet Volt/Opel Ampera) δείχνουν ξεκάθαρα ότι μπαίνουμε σε μία νέα φάση εξέλιξης και ανάπτυξης του υβριδικού αυτοκινήτου.



Σχήμα 6: Διαμόρφωση ενός σειριακού υβριδικού οχήματος

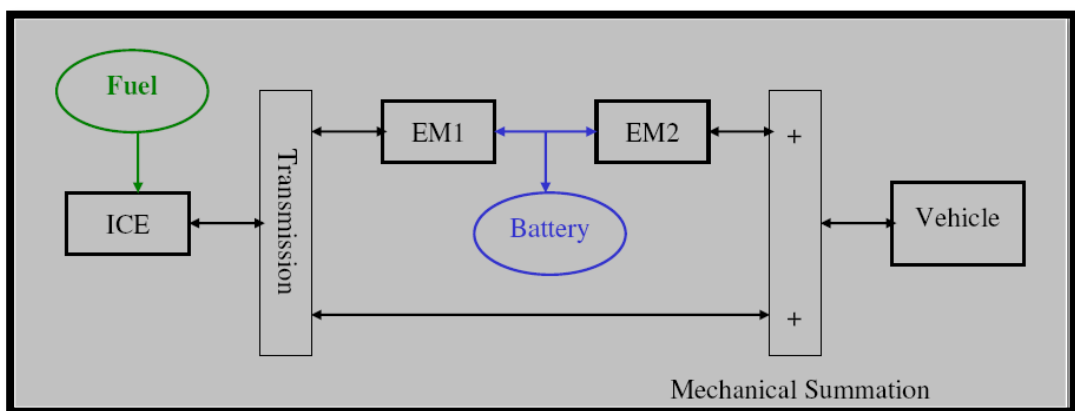
En παράλληλο υβριδικό σύστημα: Σε ένα παράλληλο υβριδικό σχηματισμό, ο κινητήρας εσωτερικής καύσης και ο ηλεκτροκινητήρας παράγουν την ισχύ για την κίνηση των τροχών αφού είναι μόνιμα συνδεδεμένοι με το σύστημα μετάδοσης. Λόγω του ότι ο κινητήρας είναι απευθείας συνδεδεμένος με το κιβώτιο ταχυτήτων δεν μειώνεται η απόδοση κατά τη μετατροπή της μηχανικής ενέργειας σε ηλεκτρική, όπως συμβαίνει στα σειριακά υβριδικά οχήματα, γεγονός που τα καθιστά κατάλληλα για οδήγηση σε αυτοκινητόδρομους. Σε αυτό το σχηματισμό ο ηλεκτροκινητήρας έχει το ελάχιστο μέγεθος που χρειάζεται για βέλτιστη μετακίνηση του αυτοκινήτου μέσα στη πόλη. Ο κινητήρας εσωτερικής καύσης έχει το ελάχιστο μέγεθος που απαιτείται προκειμένου το όχημα να κινείται με σταθερή ταχύτητα σε οριζόντιο επίπεδο. Ταυτόχρονα, διοχετεύει ένα μικρό μέρος της ενέργειας στη γεννήτρια για να φορτίζει τις μπαταρίες του ηλεκτροκινητήρα κατά την κίνηση του οχήματος. Το κύριο πλεονέκτημα αυτής της σύνδεσης είναι η συνεργασία των συστημάτων του ηλεκτροκινητήρα και του κινητήρα εσωτερικής καύσης. Δηλαδή, ο ηλεκτροκινητήρας ενεργοποιείται σε περίπτωση που απαιτηθεί μεγαλύτερη ισχύς (σε περιπτώσεις επιτάχυνσης ή ανωφέρειας) από αυτή που χρειάζεται η μηχανή εσωτερικής καύσης σε συνθήκες ιδανικής απόδοσης. Με αυτόν τον τρόπο η ΜΕΚ δε λειτουργεί σε συνθήκες που αυξάνουν την κατανάλωση και συνεπώς τους ρύπους.

Παραδείγματα αυτού του τύπου υβριδικών αυτοκινήτων αποτελούν τα Honda Civic Hybrid, Honda Insight, Toyota Prius αλλά και μοντέλα μεγαλύτερα, πολυτελέστερα και ακριβότερα όπως τα Lexus RX450h, GS450h, LS600h, η Mercedes S400 Hybrid, που ήδη δοκιμάζουν την τύχη τους στην αγορά. Η Audi, η BMW Cadillac και η Porsche έχουν ήδη ανακοινώσει την είσοδό τους στο χώρο αυτό με τις υβριδικές εκδόσεις των δικών τους μοντέλων, που μπορεί να είναι είτε λιμουζίνες είτε μεγάλα πολυτελή “τζιπ”. Αξίζει να σημειωθεί ότι όσο μεγαλύτερο είναι ένα υβριδικό αυτοκίνητο, τόσο πιο αισθητή γίνεται η μείωση της κατανάλωσης που προσφέρει ο υβριδισμός.



Σχήμα 7: Διαμόρφωση ενός υβριδικού συστήματος εν παραλλήλω

Σειριακό/ παράλληλο (μικτό) σύστημα: Σε αυτό το σύστημα εμφανίζονται τα πλεονεκτήματα και της σειριακής και της παράλληλης τοπολογίας. Εδώ, ο κινητήρας μπορεί να κινεί τους τροχούς απευθείας αλλά και να είναι αποσυνδεδεμένος ώστε να κινούνται μόνο από τον ηλεκτροκινητήρα.



Σχήμα 8: Διαμόρφωση ενός υβριδικού μικτού συστήματος

Όμως αυτό το σύστημα περιλαμβάνει μία επιπλέον μηχανική σύνδεση όταν το συγκρίνουμε με το σειριακό υβριδικό σύστημα, και μία επιπλέον γεννήτρια όταν το συγκρίνουμε με το παράλληλο υβριδικό σύστημα. Το μόνο μειονέκτημα της μικτής τοπολογίας είναι ότι είναι συγκριτικά πιο περίπλοκη και ως εκ τούτου πιο ακριβή και λιγότερο αξιόπιστη. Στα παρακάτω σχήματα φαίνεται η διαμόρφωση της μικτής τοπολογίας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ – ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ ΚΑΙ ΣΕΝΑΡΙΑ ΦΟΡΤΙΣΗΣ

3.1 Συσσωρευτές και Αυτοκινητοβιομηχανία

Οι συσσωρευτές είναι το κλειδί κάθε επιτυχούς σχεδιασμού στην αυτοκινητοβιομηχανία. Παίζουν πολύ σημαντικό ρόλο στο σχεδιασμό των οικολογικών οχημάτων, τα οποία κινούνται με τη βοήθεια ηλεκτρικής ενέργειας (π.χ. υβριδικά, αμιγώς ηλεκτρικά), διότι οι συμβάλλουν σημαντικά στο βάρος, στο τελικό κόστος, στην αυτονομία και στις εκπομπές ρύπων, και σε όλο τον κύκλο ζωής του οχήματος. Πιο συγκεκριμένα, όσον αφορά την αυτονομία, αξίζει να σημειωθεί ότι με τα 60 λίτρα που χωράει ένα μέσο ρεζεβουάρ βενζίνης, ένα συμβατικό αυτοκίνητο μπορεί να καλύψει απόσταση τουλάχιστον 600 χιλ., ενώ με μπαταρίες ίδιου όγκου ένα αμιγώς ηλεκτρικό όχημα διανύει 5-10 χιλ.

Ο ιδανικός τύπος μπαταρίας για ένα ηλεκτροκίνητο όχημα πρέπει να καλύπτει συγκεκριμένα κριτήρια απόδοσης: Πρέπει να έχει υψηλή ειδική ενέργεια, υψηλή ενεργειακή πυκνότητα και υψηλή ειδική ισχύ. Πρέπει να έχει μεγάλη διάρκεια ζωής (δηλ. πρέπει να μπορεί να φορτίζεται και να αποφορτίζεται πολλές φορές χωρίς σημαντική μείωση στην απόδοσή του), μικρό χρόνο επαναφόρτισης και δυνατότητα βαθύ κύκλου (δηλ. να μπορεί να αποφορτίζεται πλήρως τακτικά χωρίς να χάνει τη λειτουργικότητα του). Επίσης ιδανικοί συσσωρευτές πρέπει να μπορούν να λειτουργούν σε μεγάλο εύρος θερμοκρασιών και να είναι ασφαλείς, ανακυκλώσιμοι και φθηνοί [14].

Καμία μπαταρία δεν καλύπτει όλα τα παραπάνω κριτήρια, στην παρούσα φάση.

’α

[22]:

- Συσσωρευτές Μολύβδου-Οξέως (Pb-Acid)
- Νικελίου-Μετάλλου-Υδριδίου (NiHM)
- Λιθίου-Ιόντων (Li-ion) και Λιθίου-Πολυμερούς (Li-Polymer)

Συσσωρευτές Μολύβδου-Οξέως (Pb-Acid): Μπαταρίες οξέως-μολύβδου χρησιμοποιήθηκαν στα πρώτα ΗΟ 170 χρόνια πριν και είναι αρκετά συνηθισμένος τύπος μπαταρίας. Είναι φθηνές, ανθεκτικές, εύκολα ανακυκλώσιμες και στα περισσότερα ΗΟ τέτοιες μπαταρίες μπορούν να επαναφορτιστούν περίπου σε 6 ώρες. Οι περισσότερες μπαταρίες αυτού του τύπου περιέχουν νερό και πρέπει να βρίσκονται σε όρθια θέση για να μην έχουν διαρροές, υπάρχει όμως και τύπος με ζελέ που δεν χρειάζεται να τοποθετείται όρθιος.

Όμως, οι μπαταρίες οξέως-μολύβδου έχουν χαμηλή ενεργειακή πυκνότητα (40Wh/kg), για αυτό είναι μεγάλες και βαριές και παρέχουν περιορισμένη αυτονομία. Έτσι επιβαρύνουν και το όχημα με αρκετά επιπλέον κιλά.

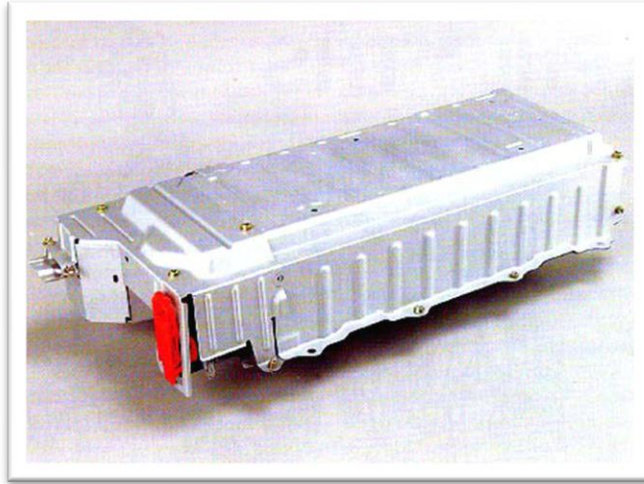
. Οι μπαταρίες οξέως-μολύβδου δεν πρέπει να αποφορτίζονται περισσότερο από το 80% του 'βάθους αποφόρτισης' αλλιώς μειώνεται ο χρόνος ζωής τους. Επίσης, παρουσιάζει χαμηλές επιδόσεις όσο φθίνει η θερμοκρασία [14,22].

Η Firefly Energy στις ΗΠΑ ανέπτυξε νέους συσσωρευτές μολύβδου – οξέως με αρνητικό ηλεκτρόδιο από σπογγώδη άνθρακα με αποτέλεσμα τη δραστική βελτίωση της διάρκειας ζωής καθώς και της συγκέντρωσης ισχύος. Παρόλα αυτά η βελτίωση στη συγκέντρωση ενέργειας ήταν μικρή [22].

Αυτές οι μπαταρίες έχουν χρησιμοποιηθεί σε πολλά ΗΟ συμπεριλαμβανομένων των REVA (ηλεκτρικό όχημα Ινδίας), EV1 της GM's και αρκετά ηλεκτροκίνητα σκούτερ [14].

Νικελίου-Μετάλλου-Υδριδίου (NiMH): Οι μπαταρίες νικελίου-μεταλλικών υδριδίων (Ni-MH), έχουν αρκετά μεγαλύτερη ενεργειακή πυκνότητα (περίπου 100 Wh/kg) από εκείνη των μπαταριών μολύβδου και μεγάλη διάρκεια ζωής. Είναι ανακυκλώσιμες και σχετικά φιλικές προς το περιβάλλον αφού η άνοδος τους κατασκευάζεται από κράμα μη βαρέων μετάλλων και έτσι δεν αποτελούν κίνδυνο μόλυνσης των εδαφών και των υπόγειων υδάτων [14].

Πρέπει να αναφερθεί ότι τα υδρίδια μετάλλων είναι σχετικά ασφαλή υλικά για την αποθήκευση ενέργειας και έτσι η προτεινομένη λύση μέχρι τώρα στα υβριδικά οχήματα, της χρήσης ηλεκτροκινητήρων/ηλεκτρογεννητριών σε συνδυασμό με μια συστοιχία μπαταριών NiMH, παρουσιάζει αρκετά πλεονεκτήματα, όσον αφορά την ευκολία διαχείρισης των αποθεμάτων ενέργειας κάτω από καθεστώς σχετικά αυξημένης ασφάλειας [24].



Εικόνα 9: Η μπαταρία NiMH του Prius

Όσον αφορά τις επιδράσεις των μπαταριών NiMH στο περιβάλλον, αυτές είναι τουλάχιστον πολύ πιο φιλικές από μπαταρίες όπως οι νικελίου – καδμίου (NiCd), που περιέχουν το δηλητηριώδες κάδμιο και άλλωστε υπάρχουν προγράμματα ανακύκλωσης τους [24].

Οι μπαταρίες Ni-MH έχουν το μειονέκτημα ότι η απόδοσή τους επηρεάζεται αρνητικά στις υψηλές θερμοκρασίες και παρουσιάζουν υψηλή αυτοεκφόρτιση. Το κόστος τους είναι μεν ψηλό, αλλά αισθητά χαμηλότερο από εκείνο των μπαταριών λιθίου. Επιπλέον, η εσωτερική τους αντίσταση είναι χαμηλή, ενώ έχουν επιδείξει επίσης αξιοσημείωτη αξιοπιστία και αντοχή στα υβριδικά αυτοκίνητα όπου τοποθετήθηκαν, έχοντας στην πράξη επικρατήσει στον τομέα της οικολογικής αυτοκίνησης.

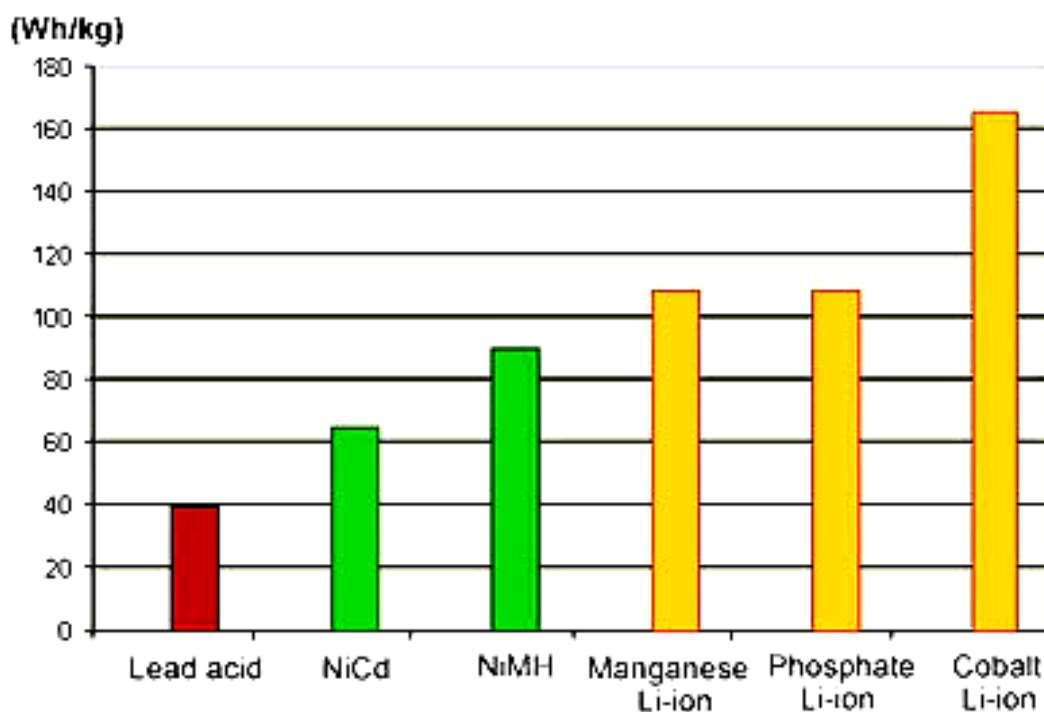
Οι μπαταρίες Ni-MH χρησιμοποιούνταν στο HO της GM και του έδιναν αυτονομία περίπου 250km ανά φόρτιση και στο ηλεκτρικό Toyota Rav4 που έχει αυτονομία περίπου 200km. Μικρότερες μπαταρίες Ni-MH χρησιμοποιούνται στα υβριδικά οχήματα Honda Insight και Toyota Prius και πολύ μικρότερες μονάδες χρησιμοποιούνται στα κινητά τηλέφωνα και τους φορητούς υπολογιστές [14].

Το μεγάλο όνομα στο χώρο των μπαταριών Ni-MH είναι σίγουρα η Panasonic EV Energy, που συνεργάζεται στενά με την Toyota.

Λιθίου-Ιόντων (Li-ion) και Λιθίου-Πολυμερούς (Li-Polymer): Οι μπαταρίες ιόντων Λιθίου έχουν πολύ υψηλή ενεργειακή πυκνότητα, περίπου 150 Wh/kg και μεγάλο κύκλο ζωής. Έχουν κύκλο φορτίσεως – εκφορτίσεως με σχεδόν μηδαμινές απώλειες. Είναι πολύ πρακτικές, αφού είναι ελαφριές και μπορούν να κατασκευαστούν σε οποιοδήποτε σχήμα και μέγεθος. Ο L.G.Chem έχει

αναπτύξει τις μπαταρίες αυτές, επέκτεινε τον κύκλο ζωής τους από τα τρία στα δέκα χρόνια για εφαρμογή στις αυτοκινητοβιομηχανίες [11].

Με βάση το υλικό κατασκευής της ανόδου, οι μπαταρίες ιόντων λιθίου χωρίζονται σε τέσσερις μεγάλες ομάδες: λιθίου-οξειδίου κοβαλτίου, λιθίου-οξειδίου μαγγανίου, τριών στοιχείων και λιθίου-φωσφορικού σιδήρου (LiFe-PO4). Το οξείδιο του κοβαλτίου είναι το επικρατέστερο αυτήν τη στιγμή υλικό κατασκευής της ανόδου σε μπαταρίες που συναντάμε σε καταναλωτικά προϊόντα. Υπερέχει σε ενεργειακή πυκνότητα, αλλά δεν τα καταφέρνει τόσο καλά στον τομέα της θερμικής ευστάθειας (ο κίνδυνος εμφάνισης πυρκαγιάς είναι υπαρκτός), ενώ και ο κύκλος ζωής του είναι σχετικά μέτριος. Οι μπαταρίες λιθίου-οξειδίου μαγγανίου επιδεικνύουν μεγαλύτερη θερμική σταθερότητα, αλλά η απόδοσή τους πέφτει με την άνοδο της θερμοκρασίας και δεν θεωρούνται οι καλύτερες για εφαρμογές μεγάλης κλίμακας. Οι μπαταρίες τριών στοιχείων έχουν μεγάλη ενεργειακή πυκνότητα, αλλά η απόδοσή τους πέφτει στις πολύ υψηλές και τις πολύ χαμηλές θερμοκρασίες. Οι μπαταρίες λιθίου-φωσφορικού σιδήρου έχουν σχετικά μικρή ενεργειακή πυκνότητα, αλλά υπερέχουν στον τομέα της ασφάλειας, κοστίζουν λιγότερο, ενώ διαθέτουν και ιδιαίτερα μεγάλο κύκλο ζωής [24].



Σχήμα 9: Πυκνοτητές Ενέργειας των διαφόρων μπαταριών

Δυστυχώς, για την ώρα οι μπαταρίες λιθίου είναι απαγορευτικά ακριβές για χρήση σε οχήματα παραγωγής αλλά το κόστος τους αναμένεται να πέσει στο μέλλον λόγω της μαζικοποίησης της παραγωγής τους. Επίσης ένα άλλο σημαντικό αρνητικό στοιχείο είναι το γεγονός ότι υπάρχει κίνδυνος ανάφλεξης, κυρίως κατά τη φόρτιση καθώς και η πτώση της απόδοσής τους στις υψηλές θερμοκρασίες.

Το 1 δισ. δολάρια που επενδύεται κάθε χρόνο στην εξέλιξη των μπαταριών ιόντων λιθίου είναι βέβαιο ότι θα οδηγήσει σε περαιτέρω βελτίωση των χαρακτηριστικών τους. Ενώ η τάση για διάδοση των «επαναφορτιζόμενων» υβριδικών αυτοκινήτων (που θα μπορούν να κινηθούν για τουλάχιστον 50 χιλιόμετρα μόνο με ρεύμα) ενισχύει τη θέση τους, καθώς αυτή η αυτονομία είναι δύσκολο να επιτευχθεί με μπαταρίες Ni-MH χωρίς σημαντική αύξηση του βάρους του οχήματος και χωρίς επίσης περιορισμό του διαθέσιμου χώρου για επιβάτες και αποσκευές.

Ηδη έχει γίνει γνωστό ότι η Sanyo θα είναι ο προμηθευτής των μπαταριών λιθίου που θα τοποθετούνται στη σχετική έκδοση του Toyota Prius. Η Sanyo θα είναι σε θέση, στις αρχές του 2011, να κατασκευάζει 300.000 - 400.000 στοιχεία ιόντων λιθίου στο εργοστάσιό της στο Κασάι της δυτικής Ιαπωνίας. Άλλη μία συνεργασία σε εξέλιξη, είναι αυτή της Mitsubishi με την GSYouasa που συγκρότησαν την εταιρεία Lithium Energy Japan, η οποία εξέλιξε τις μπαταρίες ιόντων λιθίου που θα τοποθετούνται στο Mitsubishi i-MiEV (και στα «αδελφά» Citroen C-Zero και Peugeot ion).

Αυτή την περίοδο βρίσκονται υπό εργαστηριακή έρευνα οι κάτωθι συσσωρευτές [22]:

- Τεχνολογία A123: κάθοδος λιθίου-φωσφορικού σιδήρου. Διάρκεια ζωής: 10 έτη ή >7000 κύκλων φορτίσεως
- Τεχνολογία LG Chem: κάθοδος Li-Mn Διάρκεια ζωής: 40 έτη
- Τεχνολογία λιθίου-οξειδίου του βαναδίου: διπλασιασμός της πυκνότητας ενεργείας (≈ 320 Wh/kg)
- Τεχνολογία Li-S: πυκνότητα ενεργείας ≈ 250 Wh/kg
- Συσσωρευτές νατρίου-ιόντων: υπόσχονται πυκνότητες ενεργείας ≈ 400 Wh/kg
- Τεχνολογίες (στο εργαστήριο) με κάθοδο από νανοσύρματα Si, από νανοσωματίδια Si ή Sn (επιτυγχάνουν πολλαπλασιασμό της πυκνότητας ενεργείας).

3.2 Διατάξεις Φόρτισης Συσσωρευτών

Οι συσσωρευτές έχουν την ικανότητα να αποθηκεύουν την ηλεκτρική ενέργεια και να την αποδίδουν στο ηλεκτροκινητήριο σύστημα. Για την φόρτισή τους απαιτείται ειδική διάταξη η οποία να μετατρέπει μια οποιαδήποτε μορφή ενέργειας σε ηλεκτρική υπό μορφή συνεχούς τάσεως. Η έρευνα που γίνεται πάνω στο αντικείμενο αυτό έχει καταδείξει διάφορες μεθόδους με τις οποίες μπορούμε να φορτίσουμε όσο το δυνατόν πιο εύκολα και πιο αποδοτικά τους συσσωρευτές. Από τις διάφορες στρατηγικές φόρτισης που έχουν προταθεί ξεχωρίζουμε τις ακόλουθες [17,20]:

Οικιακή φόρτιση: Πρόκειται για τον πιο διαδεδομένο τρόπο φόρτισης μιας και ένα όχημα βρίσκεται πολλές ώρες της ημέρας κοντά στο σπίτι του χρήστη. Η διαδικασία αυτή έχει ορισμένα σημαντικά χαρακτηριστικά όπως για παράδειγμα το ότι η φόρτιση γίνεται από μονοφασική παροχή και συνήθως νυχτερινές ώρες. Έτσι έχουμε χαμηλότερο τιμολόγιο κατανάλωσης. Με τον τρόπο αυτό η φόρτιση διαρκεί περίπου 6-8 ώρες ενώ το μέγιστο ρεύμα της φόρτισης δεν ξεπερνάει τα 15 A. Σύμφωνα με το σενάριο αυτό η διάταξη βρίσκεται εντός του οχήματος (on-board) και συνεπώς πρέπει να έχει χαμηλό βάρος (<5 kg).



Εικόνα 10: Βύσμα σε ένα ηλεκτρικό όχημα για τη σύνδεση με το ηλεκτρικό δίκτυο

Φόρτιση σε σταθμούς παρκαρίσματος (Park and Charge-PAC): Μια εναλλακτική μέθοδος φόρτισης είναι σε σταθμούς παρκαρίσματος όπου το όχημα θα φορτίζεται όταν είναι παρκαρισμένο. Οι προδιαγραφές των συσκευών φόρτισης για την περίπτωση αυτή προβλέπουν τριφασική τροφοδοσία, ενώ ο φορτιστής θα βρίσκεται εκτός οχήματος (off-board). Μέσα στις δυνατότητες της διάταξης φόρτισης παρκαρίσματος περιέχεται και η λειτουργία “ταχυφόρτισης”. Πρόκειται για την περίπτωση που η πλήρης φόρτιση των συσσωρευτών γίνεται με μεγάλο ρεύμα (>100 A), και διαρκεί λίγο (περί τα 20 λεπτά). Ο τρόπος αυτός συνιστάται κυρίως σε περιπτώσεις εκτάκτου ανάγκης, λόγω της μεγάλης καταπόνησης των συσσωρευτών. Επίσης μια σημαντική δυνατότητα των διατάξεων αυτών είναι η δυνατότητα εξισωτικής φόρτισης, η οποία συνίσταται στο ξεχωριστό έλεγχο της τάσης των εν σειρά συνδεδεμένων στοιχείων [26]. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται μια ισορροπημένη φόρτιση των στοιχείων, με άμεσο αποτέλεσμα την εξασφάλιση μεγαλύτερης διάρκειας ζωής τους.

Ανάκτηση ενέργειας: Ένα αρκετά σημαντικό σενάριο φόρτισης των συσσωρευτών είναι η φόρτιση κατά την ανάκτηση ενέργειας, η οποία και αποτελεί ένα από τα πλεονεκτήματα όσον αφορά τη χρήση ηλεκτροκινητήρων. Σε αντίθεση με τους συμβατικούς κινητήρες εσωτερικής καύσης, οι οποίοι καταναλώνουν ενέργεια ακόμα και όταν το όχημα κινείται επιβραδυνόμενα, οι ηλεκτρικοί κινητήρες δίνουν τη δυνατότητα, με κατάλληλη κατασκευή του ηλεκτρονικού μετατροπέα ισχύος, της ανάκτησης ενέργειας σε εκείνες τις καταστάσεις λειτουργίας στις οποίες η δυναμική ή η κινητική ενέργεια του οχήματος απαιτείται να μειωθεί. Με την ενσωμάτωση του κατάλληλου συστήματος ανάκτησης ενέργειας το όχημα μπορεί να αποθηκεύει ένα ποσό της πλεονάζουσας ενέργειας στους συσσωρευτές. Κατά την οδήγηση ενός οχήματος, ανάκτηση ενέργειας μπορεί να γίνει στις παρακάτω περιπτώσεις [27]:

1. Επιβράδυνση του οχήματος
2. Οδήγηση σε κατωφέρειες με σταθερή ταχύτητα
3. Οδήγηση σε κατωφέρειες και επιβράδυνση του οχήματος

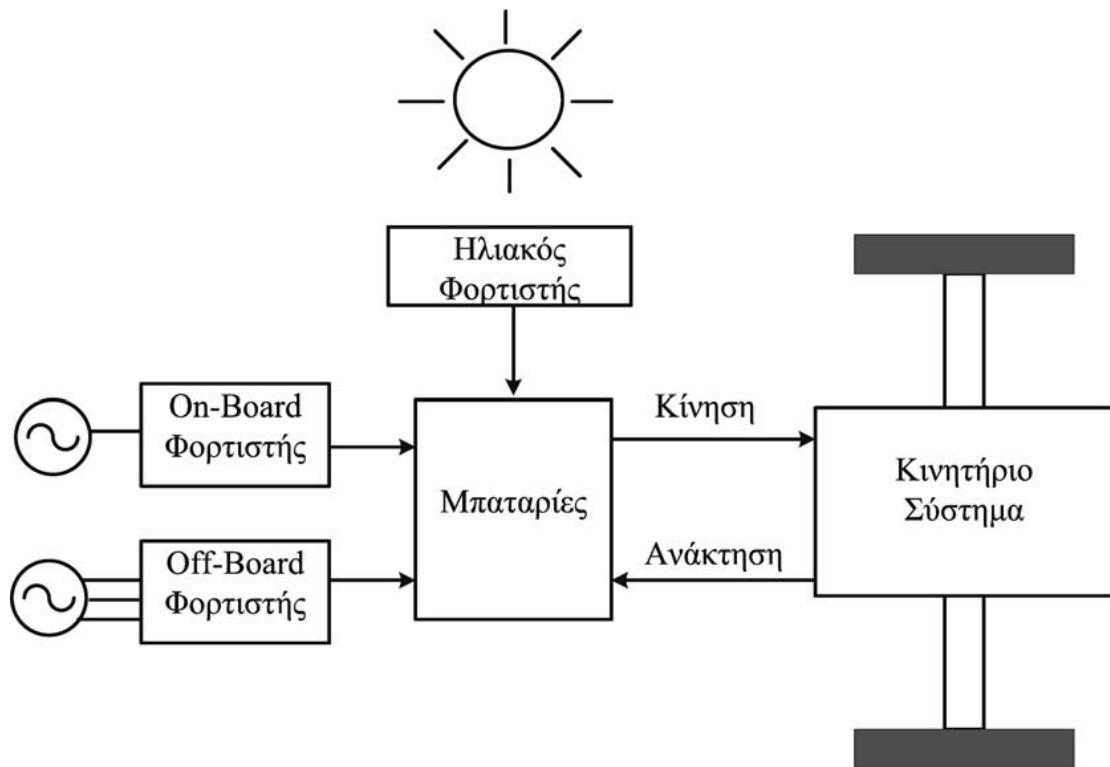
Η ανάκτηση ενέργειας έχει ως συνέπεια τη μείωση της συνολικής κατανάλωσης σε ένα υβριδικό όχημα, ενώ οδηγεί σε αύξηση της αυτονομίας όταν πρόκειται για αμιγώς ηλεκτρικό όχημα. Στην κατεύθυνση αυτή είναι σημαντικό να αξιοποιείται στο έπακρο η δυνατότητα ανάκτησης ενέργειας τόσο από τα ηλεκτρονικά συστήματα ελέγχου της ηλεκτοκίνησης του οχήματος, όσο και από τον οδηγό, χρησιμοποιώντας κατάλληλες στρατηγικές οδήγησης. Τέλος αξίζει να προσθέσουμε ότι το ποσό της ενέργειας που τελικά μπορεί να ανακτηθεί σε μια διαδρομή δεν μπορεί να υπολογιστεί με απόλυτη ακρίβεια, αφού εξαρτάται από πολλούς επιπρόσθετους παράγοντες, όπως οι κυκλοφοριακές συνθήκες, η κατάσταση του οδοστρώματος κ.α.

Φόρτιση από ηλιακή ακτινοβολία: Σύμφωνα με το σενάριο αυτό η φόρτιση γίνεται μέσω φωτοβολταϊκών κυττάρων τα οποία είναι τοποθετημένα επί της οροφής του οχήματος ή και σε στέγαστρα σε πάρκινγκ. Η φόρτιση είναι πολύ εύκολη αφού δεν χρειάζεται κάποια εξωτερική παρέμβαση, όμως ο χαμηλός βαθμός απόδοσης των φωτοβολταϊκών κυττάρων [28], το υψηλό κόστος καθώς και ο κίνδυνος της φθοράς που διατρέχουν είναι πολύ σημαντικά μειονεκτήματα που εμποδίζουν την εξάπλωσή τους στη χρήση ηλεκτροκίνητων οχημάτων. Ένα πλεονέκτημα της μεθόδου είναι ότι η φόρτιση μπορεί να γίνεται είτε κατά την κίνηση είτε σε στάση.

Φόρτιση με Ηλεκτροπαραγωγό Ζεύγος: Πρόκειται για ένα αρκετά διαδεδομένο σενάριο το οποίο εφαρμόζεται στην περίπτωση των Σειριακών Υβριδικών Οχημάτων. Στην περίπτωση αυτή, ένας βενζινοκινητήρας περιστρέφει μια γεννήτρια η οποία φορτίζει τους συσσωρευτές. Η φόρτιση μπορεί να γίνεται είτε κατά την κίνηση είτε σε στάση όπως και πριν. Το πλεονέκτημα σε σχέση με ένα καθαρά βενζινοκίνητο όχημα είναι το γεγονός ότι ο βενζινοκινητήρας λειτουργεί πάντα στο βέλτιστο σημείο λειτουργίας με άμεσο αποτέλεσμα τη βέλτιστη απόδοση και τη χαμηλότερη εκπομπή ρύπων.

Φόρτιση κατά την κίνηση (Move and Charge-MAC): Πρόκειται για ένα σενάριο σύμφωνα με το οποίο τα οχήματα θα κινούνται σε δρόμους που θα έχουν ειδικές ηλεκτροφόρες ράγες επί του εδάφους. Το όχημα μέσω δύο ειδικών ακροδεκτών θα παίρνει ηλεκτρική ενέργεια τόσο για κίνηση όσο και για φόρτιση. Η μεταφορά της ηλεκτρικής ενέργειας από τις ράγες στο όχημα θα γίνεται είτε με γαλβανική σύνδεση είτε επαγωγικά. Το πλεονέκτημα της μεθόδου είναι φυσικά ότι η φόρτιση μπορεί να γίνεται κατά την κίνηση εξοικονομώντας χρόνο αλλά απαιτείται ειδική κατασκευή δρόμων [20].

Πρέπει εδώ να αναφέρουμε ότι τα παραπάνω σενάρια φόρτισης μπορούν να συνυπάρχουν σε ένα και μόνο όχημα. Στο **Σχήμα 10** απεικονίζεται ένα πολλαπλό σύστημα για τη φόρτιση των συσσωρευτών ενός ηλεκτρικού οχήματος.



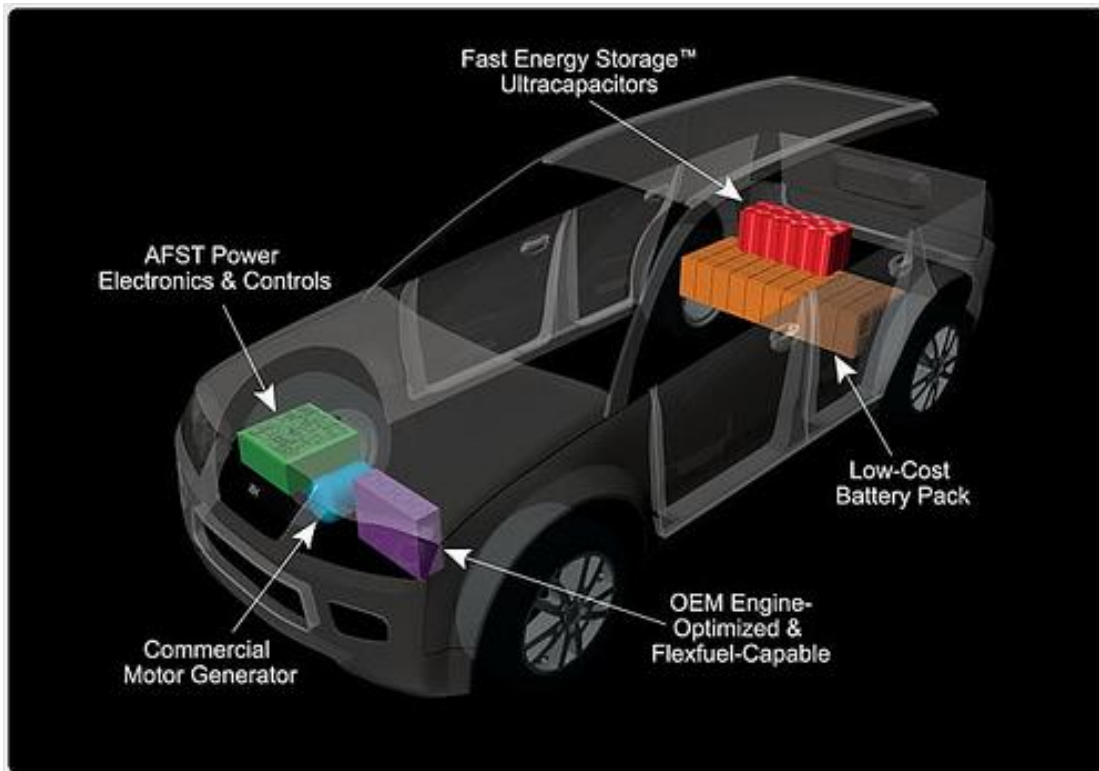
Σχήμα 10: Πολλαπλό σύστημα φόρτισης ηλεκτρικού οχήματος

Πέρα από τους τρόπους φόρτισης που προαναφέρθηκαν έχουν αναπτυχθεί και νέες τεχνολογίες φόρτισης. Ανάμεσα σε αυτές μπορούν να διακριθούν δύο σημαντικές καινοτομίες.

Η πρώτη ονομάζεται **“Επαγωγική Φόρτιση”** και ουσιαστικά δεν είναι τίποτα άλλο από την αντικατάσταση της κλασικής ηλεκτρικής σύνδεσης του φορτιστή με το δίκτυο μέσω πρίζας, με ειδική διάταξη που μεταφέρει την ενέργεια επαγωγικά. Η διάταξη αυτή που φαίνεται στο **σχήμα** είναι ουσιαστικά το πρωτεύον τύλιγμα ενός μετασχηματιστή το οποίο περιβάλλεται από ειδικό προστατευτικό κάλυμμα. Τα βασικά πλεονεκτήματα που παρουσιάζει η διάταξη αυτή είναι ικανότητα λειτουργίας κάτω από οποιοσδήποτε συνθήκες (π.χ. νερό, πάγος, σκόνη) ενώ παράλληλα παρέχει ασφάλεια έναντι ηλεκτροπληξίας.

Μια δεύτερη σημαντική καινοτομία στον τομέα αυτό είναι η χρήση **“Υπερπυκνωτών” (Ultracapacitors)**. Οι διατάξεις αυτές είναι πυκνωτές πολύ μεγάλης χωρητικότητας (μερικές χιλιάδες Farad) και χαμηλής τάσεως. Μια συστοιχία τέτοιων πυκνωτών μπορεί να τοποθετηθεί παράλληλα με τους συσσωρευτές και να αναλαμβάνει τα μεταβατικά ρεύματα των επιταχύνσεων και των επιβραδύνσεων του οχήματος. Με τον τρόπο αυτό οι συσσωρευτές καταπονούνται ελάχιστα από

μεγάλα ρεύματα με αποτέλεσμα να αυξάνεται η διάρκεια ζωής τους [29,30]. Το βασικό μειονέκτημα όμως αυτών των διατάξεων είναι ότι καταλαμβάνουν μεγάλο όγκο και βάρος, καθώς λόγω της χαμηλής τάσεως που μπορεί να αντέξει ο κάθε πυκνωτής απαιτείται συνδεσμολογία πολλών πυκνωτών σε σειρά.



Εικόνα 11: Απεικόνιση παράλληλης τοποθέτησης υπερπυκνωτών και συσσωρευτών

3.3 Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας

Η ευρύτερη έννοια των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας αναφέρεται σε κάθε πηγή που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και ανανεώνεται μέσω φυσικών φαινομένων μόνιμου κύκλου. Πρόκειται για καθαρές μορφές ενέργειας πολύ φιλικές στο περιβάλλον, που δεν αποδεσμεύουν υδρογονάνθρακες, διοξείδιο του άνθρακα ή τοξικά και ραδιενεργά απόβλητα όπως οι υπόλοιπες πηγές ενέργειας που χρησιμοποιούνται σε μεγάλη κλίμακα. Για την εκμετάλλυσή τους δεν απαιτείται κάποια ενεργητική παρέμβαση όπως εξόρυξη, αλλά απλώς η εκμετάλλευση της ήδη υπάρχουσας ροής ενέργειας στη φύση.

Οι ΑΠΕ μπορούν να χρησιμοποιηθούν είτε άμεσα (κυρίως για θέρμανση), είτε μετατρέπόμενες σε άλλες μορφές ενέργειας (κυρίως ηλεκτρισμό ή μηχανική ενέργεια). Το ενδιαφέρον για την ευρύτερη αξιοποίηση των ΑΠΕ παρουσιάσθηκε αρχικά μετά την πρώτη πετρελαϊκή κρίση του 1979 και παγιώθηκε την τελευταία δεκαετία, μετά τη συνειδητοποίηση των παγκόσμιων περιβαλλοντικών προβλημάτων από τη χρήση κλασσικών πηγών ενέργειας. Ιδιαίτερα ακριβές στην αρχή, ξεκίνησαν σαν πειραματικές εφαρμογές. Σήμερα όμως λαμβάνονται υπόψη στους επίσημους σχεδιασμούς των ανεπτυγμένων κρατών για την ενέργεια, λόγω της εξέλιξης των τεχνολογιών τους και της διεύρυνσης της παραγωγικής βάσης τεχνολογίας σε αναπτυσσόμενες χώρες, με αντίστοιχη μείωση του κόστους επένδυσης και παραγωγής.

Στις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ) υπάγονται:

α) η **αιολική ενέργεια**, που εκμεταλλεύεται την ενέργεια του ανέμου, μετατρέποντάς την αρχικά σε μηχανική και στη συνέχεια σε ηλεκτρική ενέργεια

β) η **ηλιακή ενέργεια**, όπου η παραγωγή ηλεκτρισμού γίνεται είτε με φωτοβολταϊκά συστήματα (αξιοποίηση του φωτοηλεκτρικού φαινομένου) είτε με θερμικά συστήματα, τα οποία χρησιμοποιούνται για την λειτουργία ήλιο – θερμικών σταθμών ηλεκτροπαραγωγής

γ) η **γεωθερμική ενέργεια**, που βρίσκεται εγκλωβισμένη κυρίως στο υπέδαφος, σε μικρά σχετικά βάθη, με τη μορφή θερμών νερών, ατμών, αερίων ή μίγματος αυτών, με θερμοκρασίες που φτάνουν από 25 - 400 °C

δ) η **υδάτινη ενέργεια**: στη θάλασσα ως ενέργεια των κυμάτων και στην ξηρά ως υδροδυναμική ενέργεια την οποία εκμεταλλεύονται μεγάλοι ή μικροί υδροηλεκτρικοί σταθμοί και τέλος

ε) η **βιομάζα**, όπου εμπεριέχει ένα ευρύ φάσμα υλικών, όπως γεωργικά και δασοκομικά προϊόντα και υπολείμματα, φυτά γρήγορης ανάπτυξης, στερεά απορρίμματα και κοπριά ζώων, θαλάσσια και υδρόβια φυτά. Υλικά δηλαδή, που έχουν βιολογικό χαρακτήρα και μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή ενέργειας.

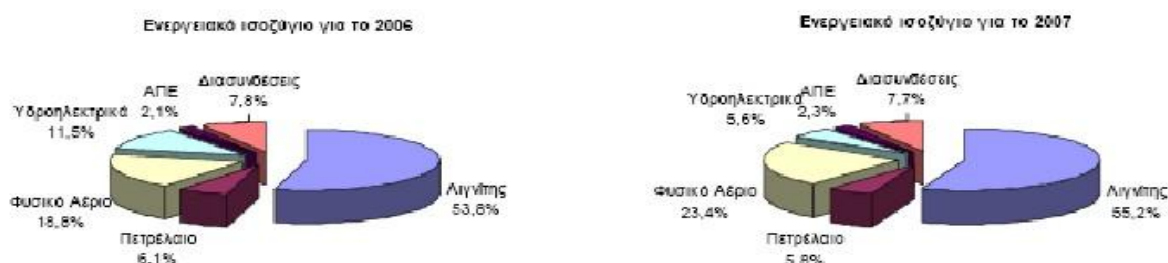
Οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας πέρα από τα περιβαλλοντικά οφέλη, πλεονεκτούν και σε άλλους τομείς, έναντι των συμβατικών καυσίμων. Κάποια από τα βασικά πλεονεκτήματα των ΑΠΕ είναι τα ακόλουθα [31]:

- ❖ Είναι πρακτικά ανεξάντλητες πηγές ενέργειας και συμβάλλουν στη μείωση της εξάρτησης από εξαντλήσιμους συμβατικούς ενεργειακούς πόρους.
- ❖ Είναι διάσπαρτες γεωγραφικά και οδηγούν στην αποκέντρωση του ενεργειακού συστήματος, δίνοντας τη δυνατότητα κάλυψης των ενεργειακών αναγκών σε τοπικό και περιφερειακό επίπεδο, ανακουφίζοντας έτσι τα συστήματα υποδομής και μειώνοντας τις απώλειες από τη μεταφορά ενέργειας.
- ❖ Έχουν συνήθως χαμηλό λειτουργικό κόστος που δεν επηρεάζεται από τις διακυμάνσεις της διεθνούς οικονομίας και ειδικότερα των τιμών των συμβατικών καυσίμων.
- ❖ Οι εγκαταστάσεις εκμετάλλευσης των ΑΠΕ έχουν σχεδιαστεί για να καλύπτουν τις ανάγκες των χρηστών σε μικρή ή μεγάλη κλίμακα εφαρμογών. Έχουν μικρή διάρκεια κατασκευής, επιτρέποντας έτσι τη γρήγορη ανταπόκριση της προσφοράς προς τη ζήτηση ενέργειας.
- ❖ Οι επενδύσεις των ΑΠΕ είναι εντάσεως εργασίας, δημιουργώντας σημαντικό αριθμό νέων θέσεων εργασίας, ιδιαίτερα σε τοπικό επίπεδο.
- ❖ Μπορούν να αποτελέσουν σε πολλές περιπτώσεις πυρήνα για την αναζωογόνηση οικονομικά και κοινωνικά υποβαθμισμένων περιοχών και πόλο για την τοπική ανάπτυξη, με την προώθηση ανάλογων επενδύσεων (π.χ. θερμοκηπιακές καλλιέργειες με τη χρήση γεωθερμικής ενέργειας).

Η Ελλάδα είναι μια χώρα ιδιαίτερα προικισμένη όσον αφορά τις ΑΠΕ, εξαιτίας του κλίματος και της γεωγραφικής θέσης της. Απολαμβάνει υψηλή ηλιακή ακτινοβολία καθ' όλη τη διάρκεια του χρόνου, και στο μεγαλύτερο τμήμα της η ηλιοφάνεια διαρκεί περισσότερο από 2700 ώρες το χρόνο. Αρκετές επίσης περιοχές της ηπειρωτικής και νησιωτικής Ελλάδας έχουν σταθερούς και δυνατούς ανέμους σε συνεχή βάση. Λόγω της μορφολογίας του εδάφους, σε αρκετά σημεία της ενδοχώρας, κυρίως στο Δυτικό τμήμα, υπάρχουν κατάλληλες συνθήκες, που ευνοούν τη δημιουργία μικρών και μεγάλων φραγμάτων, τα οποία μέσω των υδάτινων ταμιευτήρων που δημιουργούν, επιτρέπουν την παραγωγή ηλεκτρισμού μέσω των υδατοπτώσεων. Παράλληλα η Ελλάδα ως χώρα κυρίως γεωργική, διαθέτει αρκετά αποθέματα βιομάζας, κατάλληλα για την παραγωγή ενέργειας. Επιπλέον, είναι προικισμένη με την ενέργεια του υπεδάφους, εφόσον σε πολλές περιοχές υπάρχουν εξακριβωμένα πεδία υψηλής αλλά και χαμηλής ενθαλπίας [31].

Παρά το γεγονός ότι η Ελλάδα είναι πλούσια σε όλες τις παραπάνω μορφές Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, εν τούτοις η αξιοποίησή τους, με λίγες μόνο εξαιρέσεις, παραμένει ακόμα σε εμβρυακό στάδιο, συγκρινόμενες με άλλες χώρες, αλλά και με τις ίδιες δυνατότητες της χώρας. Στο **Σχήμα 11** φαίνεται το εγχώριο ενεργειακό ισοζύγιο, όπως δόθηκε το 2006 και 2007 από το ΔΕΣΜΗΕ (Διαχειριστής Ελληνικού Συστήματος Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας).

Η ανάπτυξη των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, μέσα στα επόμενα χρόνια μπορεί να θεωρηθεί ως υπ' αριθμόν ένα πρόκληση στον τομέα της ενέργειας.



Σχήμα 11: Εγχώριο ενεργειακό ισοζύγιο για 2006 και 2007

3.3.1 Αιολική Ενέργεια

Για την εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας χρησιμοποιούνται ειδικές διατάξεις που εκθέτουν έναν δρομέα (περωτή τύπου έλικας, με ένα ή περισσότερα πτερύγια) στο ρεύμα του ανέμου, λαμβάνοντας έτσι μέρος της κινητικής ενεργείας του με αποτέλεσμα την περιστροφική κίνηση του δρομέα. Οι διατάξεις αυτές λέγονται αεροκινητήρες ή ανεμογεννήτριες όταν ο άξονας τους κινεί ηλεκτρογεννήτρια παράγωγης ρεύματος. Με την χρήση αεροκινητήρων η αιολική ενέργεια μετατρέπεται σε περιστροφική κίνηση του δρομέα του αεροκινητήρα και του άξονα του.

Η σημαντικότερη οικονομικά εφαρμογή των ανεμογεννητριών είναι η σύνδεσή τους στο ηλεκτρικό δίκτυο μιας χώρας. Στην περίπτωση αυτή, ένα αιολικό πάρκο, δηλαδή μία συστοιχία πολλών ανεμογεννητριών, εγκαθίσταται και λειτουργεί σε μία περιοχή με υψηλό αιολικό δυναμικό και διοχετεύει το σύνολο της παραγωγής του στο ηλεκτρικό σύστημα. Υπάρχει βέβαια και η δυνατότητα οι ανεμογεννήτριες να λειτουργούν αυτόνομα, για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σε περιοχές που δεν ηλεκτροδοτούνται, μηχανικής ενέργειας για χρήση σε αντλιοστάσια, καθώς και θερμότητας. Όμως, η ισχύς που παράγεται σε εφαρμογές αυτού του είδους είναι περιορισμένη, το ίδιο και η οικονομική τους σημασία. Η αιολική ενέργεια χρησιμοποιείται συνηθέστερα [32,33]:

A) Για παραγωγή ηλεκτρισμού σε περιοχές συνδεδεμένες στο δίκτυο είτε (i) για την κάλυψη ίδιων αναγκών (ii) για την πώληση του ρεύματος στην εταιρεία εκμετάλλευσης του δικτύου (ανεξάρτητη παραγωγή)

B) Για παραγωγή ηλεκτρισμού σε περιοχές που δεν είναι συνδεδεμένες στο δίκτυο, για λειτουργία είτε (i) μόνες τους με συσσωρευτές (stand alone) η (ii) σε συνδυασμό με σταθμό ηλεκτροπαραγωγής με ντίζελ (diesel-Windgenerator autonomous system).

Γ) Για θέρμανση πχ σε θερμοκήπια, με διαδοχική μετατροπή της σε ηλεκτρισμό και ακολούθως σε θερμότητα με τη χρήση ηλεκτρικής αντίστασης η με την κίνηση αντλιών θερμότητας.

Οι ανεμογεννήτριες διακρίνονται σε μικρές μεσαίες η μεγάλες ανάλογα με την ισχύ που αποδίδουν. Μια μεγάλη ανεμογεννήτρια μπορεί να έχει ισχύ έως και 4000 KW. Τα πτερύγια μιας τέτοιας ανεμογεννήτριας έχουν μήκος περίπου 40 μέτρα και έτσι η επιφάνεια που καλύπτεται από την περιστροφή είναι περίπου όσο ένα ποδοσφαιρικό γήπεδο. Ο πύργος μιας μεγάλης εγκατάστασης έχει ύψος άνω των 90 μέτρων πράγμα που σημαίνει ότι μαζί με τα πτερύγια η εγκατάσταση ξεπερνά τα 130 μέτρα.

Τα τελευταία 20 χρόνια υπάρχει μεγάλη τεχνολογική εξέλιξη που στοχεύει στην ανάπτυξη νέων υλικών, στην βελτίωση της αεροδυναμικής των πτερύγιων ώστε να επιτυγχάνονται καλύτεροι βαθμοί απόδοσης και στην μείωση των θορύβων. Ειδικά ο θόρυβος που προκαλούν οι ανεμογεννήτριες έχει ελαττωθεί δραστικά. Σε απόσταση 500 μέτρων που είναι η ελάχιστη επιτρεπτή απόσταση από κατοικημένες περιοχές ο θόρυβος δεν γίνεται καν αντιληπτός και αυτό χάρις την βελτίωση του μηχανολογικού τους εξοπλισμού που δίνει έμφαση στην αποφυγή κραδασμών.

Μάλιστα το κόστος της σχετικής τεχνολογίας είναι πολύ κοντά σε εκείνο της παραγωγής ενέργειας από ορυκτά καύσιμα, γεγονός που ανοίγει το δρόμο για την εξάπλωση της αιολικής ενέργειας παγκοσμίως. Χάρη στην πρόοδο της τεχνολογίας το ειδικό κόστος παραγωγής αιολικής ενέργειας έχει ήδη πέσει στο ήμισυ από το 1990 και αναμένεται ότι η απόκλιση μεταξύ του κόστους παραγωγής αιολικής ενέργειας και του κόστους ενέργειας από ορυκτά καύσιμα θα συνεχίσει να μειώνεται.

Επίσης το περιβαλλοντικό όφελος είναι τεράστιο καθώς μια ανεμογεννήτρια ισχύος 1500KW που λειτουργεί επί 20 χρόνια απαλλάσσει την ατμόσφαιρα από 64000 τόνους CO₂ που θα εκλύονταν κατά την καύση λιγνίτη προκειμένου να παραχθεί ισοδύναμη ενέργεια. Με μια ανεμογεννήτρια

1500KW αποφεύγεται η χρήση 8000 τόνων λιγνίτη. Αν αυτήν την ποσότητα τη συσσωρεύαμε θα δημιουργούσαμε ένα βουνό που η κορυφή του θα είχε περίπου το ύψος της ανεμογεννήτριας.

Η αιολική ενέργεια χρησιμοποιείτο σε μεγάλη έκταση στο παρελθόν, κυρίως για άρδευση όμως η επέκταση των δικτύων ηλεκτρικής ενέργειας στις αγροτικές περιοχές εκτόπισε σε πολύ μεγάλο βαθμό αυτές τις εφαρμογές με την εγκατάσταση ηλεκτρικών αντλιών. Με την πρώτη όμως ενεργειακή κρίση, ανανεώθηκε πλήρως το ενδιαφέρον της βιομηχανίας και των πανεπιστημιακών ερευνητικών ομάδων για την αιολική ενέργεια. Τότε άρχισαν να εμφανίζονται τα πρώτα εμπορικά μοντέλα Δανικής και Αμερικανικής κυρίως κατασκευής, με μέση ισχύ ανά Α/Γ που δεν υπερέβαινε τα 50 KW και ύψος πυλώνα που έφτανε τα 15 m.

Σήμερα η βιομηχανία της αιολικής ενέργειας είναι η πλέον ταχύτατα αναπτυσσόμενη βιομηχανία ανανεώσιμων πηγών παγκοσμίως. Αξίζει να σημειωθεί ότι το 2002 εγκαταστάθηκαν 6.868MW νέας αιολικής ισχύος που αντιστοιχεί σε επενδύσεις 6,8 δισεκ. ευρώ φθάνοντας τη διεθνή εγκατεστημένη αιολική ισχύ στα 31.000 MW. Ήδη η αιολική ενέργεια καλύπτει το 2% της Ευρωπαϊκής παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας με στόχο την κάλυψη του 10% μέσα στα επόμενα 10 χρόνια και το 12% των ηλεκτρικών αναγκών του πλανήτη μέχρι το 2020.

3.3.2 Ηλιακή Ενέργεια

Υπάρχουν διάφορες τεχνολογίες που μπορούν να δεσμεύσουν την ηλιακή ακτινοβολία και να την μετατρέψουν σε κατάλληλη ενέργεια να αξιοποιηθεί είτε σε επίπεδο ηλεκτροπαραγωγής είτε στον οικιακό τομέα για παραγωγή ηλεκτρισμού ή απλά για θέρμανση νερού και άλλες οικιακές χρήσεις. Ανάλογα με την μετατροπή της ηλιακής ενέργειας για τελική χρήση της, τα συστήματα αξιοποίησης της διακρίνονται στα [33]:

A) Τα Ενεργητικά ηλιακά συστήματα: τα οποία μετατρέπουν την ηλιακή ακτινοβολία σε θερμότητα, και ενσωματώνονται κυρίως στις κατασκευές κτιρίων. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν τόσο σε οικιακές χρήσεις όσο και σε βιομηχανικές χρήσεις για την εξυπηρέτηση των θερμικών φορτίων του χειμώνα.

B) Τα Παθητικά ηλιακά και υβριδικά συστήματα που αφορούν αρχιτεκτονικές λύσεις όπου χρησιμοποιούνται κάποια κατάλληλα δομικά υλικά για την μεγιστοποίηση της απευθείας εκμετάλλευσης της ηλιακής ενέργειας για θέρμανση, κλιματισμό ή φωτισμό στα κτίρια.

Γ) Τα Φωτοβολταϊκά συστήματα που χρησιμοποιούνται για την άμεση μετατροπή της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική και χρησιμοποιούνται αποκλειστικά σε επίπεδο ηλεκτροπαραγωγής.

Σήμερα η χρήση της άμεσης ηλιακής ενέργειας συνεισφέρει μόνο κατά ένα μικρό ποσοστό στις συνολικές απαιτήσεις σε ηλεκτρική ενέργεια και θέρμανση . Παρά την αυξανόμενη ανάπτυξη της τα τελευταία χρόνια , το ποσοστό που της αναλογεί είναι χαμηλότερο του 0.01 % . Ο λόγος είναι το υψηλό κόστος που χαρακτηρίζει αυτήν την μορφή ενέργειας. Ωστόσο γίνεται αξιολογη έρευνα για την εξεύρεση νέων υλικών που θα μειώσουν το κόστος μιας επένδυσης ώστε να αυξηθεί η παραγωγή φωτοβολταϊκής ενέργειας.

3.3.3 Γεωθερμική Ενέργεια

Γεωθερμική ενέργεια είναι η ενέργεια που εξέρχεται από το εσωτερικό της γης στην επιφάνεια της. Μπορούμε να εξορύξουμε αυτήν την ανεξάντλητη ενέργεια της γης με δυο τρόπους [33]:

1ο) Χρησιμοποιούμε ένα μέσον μεταφοράς το οποίο υπάρχει στο υπέδαφος με μορφή ατμού η ζεστού νερού.

2ο) Στην συνέχεια προωθείται στην επιφάνεια του, ψύχεται και υπό φυσιολογικές συνθήκες επιστρέφει πάλι πίσω στο υπέδαφος. Στη δεύτερη περίπτωση στέλνεται αρχικά νερό με πίεση στο βάθος και κατόπιν θερμαινόμενο μεταφέρεται προς τα πάνω.

Οι δυνατές χρήσεις της γεωθερμικής ενέργειας εξαρτώνται από τη θερμοκρασία των γεωθερμικών ρευστών. Πρώτης επιλογής είναι η ηλεκτροπαραγωγή ως η πλέον πρόσφορη μορφή ενέργειας για μεταφορά και χρήση και εφαρμόζεται πάντα για πεδία υψηλής ενθαλπίας. Για θερμοκρασίες όμως χαμηλότερες των 150 βαθμών κελσίου είναι οριακά οικονομική όποτε μπορούν να εφαρμόζονται μη ηλεκτρικές χρήσεις.

Όταν χρησιμοποιείται η γεωθερμία για ηλεκτροπαραγωγή παρουσιάζονται απίστευτα πλεονεκτήματα καθώς η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια δεν είναι μονάχα ανεξάντλητη αλλά και πιο «διαθέσιμη» καθώς οι συμβατικοί σταθμοί παράγουν ηλεκτρική ενέργεια κατά το 65-75 του έτους, σε αντιδιαστολή με το 90% του έτους που την παράγουν οι σταθμοί παραγωγής γεωθερμικής ενέργειας. Επιπλέον οι αντλίες γεωθερμικής ενέργειας μπορούν να χρησιμοποιηθούν οπουδήποτε. Εξαιτίας των προχωρημένων τεχνικών άντλησης μπορούν να καταλάβουν περιορισμένη επιφάνεια

γης σε σχέση με τους παραδοσιακούς σταθμούς ορυκτών καύσιμων και να έχουν ελάχιστες επιπτώσεις κατά την διάνοιξη πηγαδιών.

Στις μη ηλεκτρικές χρήσεις της γεωθερμίας συγκαταλέγονται: η θέρμανση οικιών, η θέρμανση θερμοκηπίων, οι θέρμανση σε μονάδα αναερόβιας διάσπασης απορριμμάτων, η παράγωγή ψύχους κ.α. Όταν χρησιμοποιείται αντλία θερμότητας για την παροχή θέρμανσης σε οικία, η εξοικονόμηση χρημάτων για ηλεκτρική ενέργεια μπορεί να υπερβεί το κόστος εγκατάστασης και λειτουργίας του συστήματος. Ενώ όταν εφαρμόζεται στη γεωργία (π.χ. σε θερμοκήπια), το κόστος θέρμανσης μπορεί να περικοπεί μέχρι και κατά 80%.

3.3.4 Υδροηλεκτρική Ενέργεια

Ένα πλήρες υδροηλεκτρικό σύστημα συμπεριλαμβάνει την πηγή ύδατος, τη σωλήνωση όδευσης του ύδατος από την πηγή στον υδροστρόβιλο, το σύστημα έλεγχου / ρύθμισης της ροής, τον υδροστρόβιλο, τη γεννήτρια ρεύματος, το ρυθμιστή της γεννήτριας και τέλος τις καλωδιώσεις για τη μεταφορά / διανομή της ηλεκτρικής ενέργειας. Ακόμη μπορούμε να διακρίνουμε δυο συστήματα: Τα ελεύθερα συστήματα δίχως αποθήκευση και τα μεγαλύτερα συστήματα όπου εφαρμόζεται αποθήκευση με φράγμα.

Τα εργοστάσια παραγωγής υδροηλεκτρικής ενέργειας είναι εγκατεστημένα σε περιοχές με τρεχούμενο νερό (φράγματα κοιλάδων, λίμνες, ποτάμια) και εκμεταλλεύονται τη ροή ενός ποταμού η καναλιού για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Η κινητική και δυναμική ενέργεια της ροής του νερού μετατρέπεται σε μηχανική ενέργεια περιστροφής και στη συνέχεια σε ηλεκτρική ενέργεια. Από την συνολική εκάστοτε ροή, ένα σταθερό τμήμα δεν αξιοποιείται αλλά παρακάμπει το στρόβιλο ώστε να διασώζεται σε αυτό ο ιχθυοπληθυσμός του υδατορευματος.

Το κόστος του συστήματος ενός υδροηλεκτρικού σταθμού ποικίλλει ανάλογα με την υδατόπτωση (μεγάλη η μικρή) και τη δυναμικότητα του. Το κόστος ανά Kw μειώνεται με την αύξηση του ύψους της υδατόπτωσης και με τη δυναμικότητα της μονάδας. Όσον αφορά στην ανάλυση του κόστους, τα έργα πολιτικού μηχανικού συνιστούν κατά μέσο όρο το 60% του προϋπολογισμού ενώ το υπόλοιπο 40% αντιστοιχεί στο μηχανολογικό εξοπλισμό.

Η υδροηλεκτρική τεχνολογία είναι μια από τις κύριες ενεργειακές τεχνολογίες καθώς καλύπτει περί το 20% των παγκόσμιων αναγκών σε ηλεκτρισμό, ενώ στις αναπτυσσόμενες χώρες φθάνει το 40%. Η

δυναμικότητα των μεγάλων υδροηλεκτρικών σχημάτων μπορεί να είναι πολλαπλάσια αυτής των συμβατικών σταθμών. Οι υδροηλεκτρικοί σταθμοί είναι ιδιαίτερα αποδοτικοί, αξιόπιστοι και με μεγάλο χρόνο ζωής. Είναι ρυθμιζόμενοι και εισάγουν ένα στοιχείο αποθήκευσης στο σύστημα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

Εξ' ορισμού, ένας υδροηλεκτρικός σταθμός αποτελεί ένα έργο απόλυτα συμβατό με το περιβάλλον, που μπορεί να συμβάλει ακόμη και στη δημιουργία νέων υδροβιοτόπων μικρής κλίμακας. Το σύνολο των επί μέρους συνιστωσών του έργου μπορεί να ενταχθεί αισθητικά και λειτουργικά στα χαρακτηριστικά του περιβάλλοντος, αξιοποιώντας τα τοπικά υλικά με παραδοσιακό τρόπο και αναβαθμίζοντας το γύρω χώρο. Άλλωστε το κύριο κριτήριο για την κατασκευή ή όχι ενός υδροηλεκτρικού εργοστασίου δεν είναι μόνο η δυνατότητα παραγωγής φτηνής και καθαρής για το περιβάλλον ενέργειας, αλλά η σωστότερη, οικολογική επέμβαση στη φύση για διατήρηση της φύσης της περιοχής και τη σωστή περιφερειακή ανάπτυξη της χώρας.

Τα υδροηλεκτρικά έργα παρουσιάζουν σημαντικά πλεονεκτήματα όπως είναι η δυνατότητα άμεσης σύνδεσης - απόξευξης στο δίκτυο, ή η αυτόνομη λειτουργία τους, η αξιοπιστία τους, η παραγωγή ενέργειας αρίστης ποιότητας χωρίς διακυμάνσεις, η άριστη διαχρονική συμπεριφορά τους, η μεγάλη διάρκεια ζωής, ο προβλέψιμος χρόνος απόσβεσης των αναγκαίων επενδύσεων που οφείλεται στο πολύ χαμηλό κόστος συντήρησης και λειτουργίας και στην ανυπαρξία κόστους πρώτης ύλης. Πρέπει να σημειωθεί εδώ, ότι ενώ η ηλεκτρική ενέργεια παράγεται τη στιγμή που απαιτείται από τους καταναλωτές, το νερό το οποίο αποταμιεύεται σε ταμιευτήρες για μελλοντική χρήση για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μπορεί να χρησιμοποιηθεί για άρδευση κατά τη διάρκεια ξηρών περιόδων, σαν απόθεμα νερού, εμπλουτισμό [33].

3.3.5 Βιομάζα

Ως βιομάζα νοείται η ανανεώσιμη ενεργειακή πηγή που προέρχεται από οργανική υλη. Αυτή η οργανική υλη περιλαμβάνει το ξύλο, τα υπολείμματα από αγροτικές και δασικές δραστηριότητες, τα υπολείμματα από τις αγροτικές βιομηχανίες, τα προϊόντα ενεργειακών καλλιεργειών, καθώς και κάθε άλλο υλικό που διαθέτει οργανικό φορτίο, όπως είναι τα υπολείμματα κτηνοτροφικών ομάδων και ιλύς από εγκαταστάσεις βιολογικού καθαρισμού.

Σκοπός της ενεργειακής αξιοποίησης της βιομάζας είναι η παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρισμού. Ανάλογα με την εκάστοτε διαθέσιμη πρώτη υλη επιλέγεται και η κατάλληλη διεργασία για τη

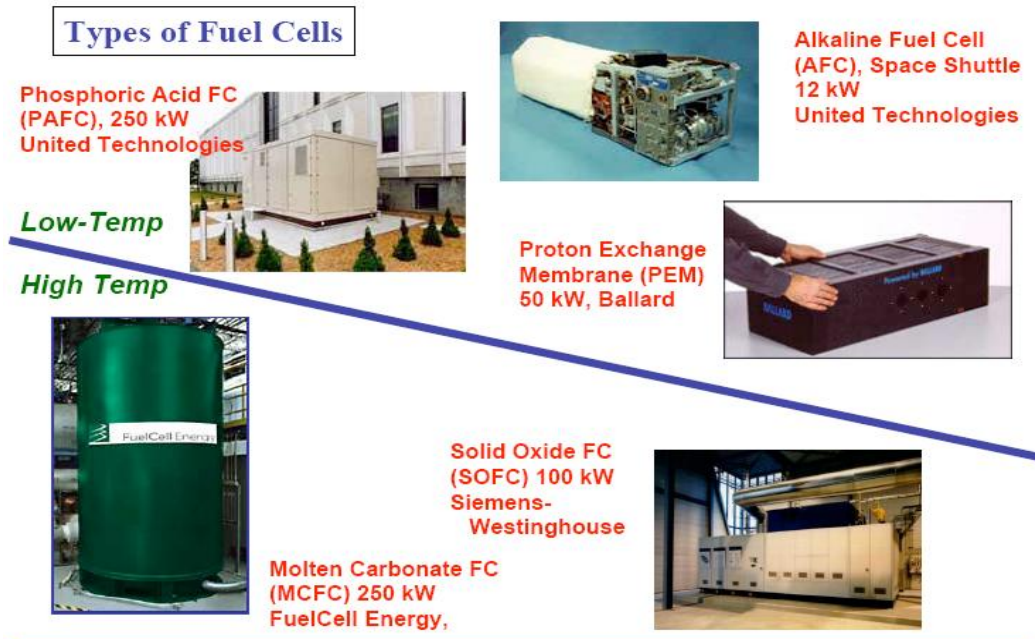
βέλτιστη ενεργειακή της αξιοποίηση. Οι διεργασίες που είναι διαθέσιμες για την ενεργειακή αξιοποίηση της βιομάζας διακρίνονται σε δύο κατηγορίες: τις θερμοχημικές και τις βιοχημικές. Η πρώτη κατηγορία περιλαμβάνει την καύση, την αεριοποίηση και την πυρόλυση. Η δεύτερη κατηγορία περιλαμβάνει την αναερόβια χώνευση και την αλκοολική ζύμωση.

Η βιομάζα αποτελεί μια σημαντική, ανεξάντλητη και φιλική προς το περιβάλλον πηγή ενέργειας, η οποία είναι δυνατόν να συμβάλλει σημαντικά στην ενεργειακή επάρκεια, αντικαθιστώντας τα συνεχώς εξαντλούμενα αποθέματα ορυκτών καύσιμων. Η χρήση της ως πηγή ενέργειας δεν είναι νέα. Σ' αυτήν εξάλλου συγκαταλέγονται τα καυσόξυλα και οι ξυλάνθρακες που μέχρι το τέλος του περασμένου αιώνα, κάλυπταν το 97% των ενεργειακών αναγκών της χώρας μας [33].

3.4 Ενεργειακές Κυψέλες

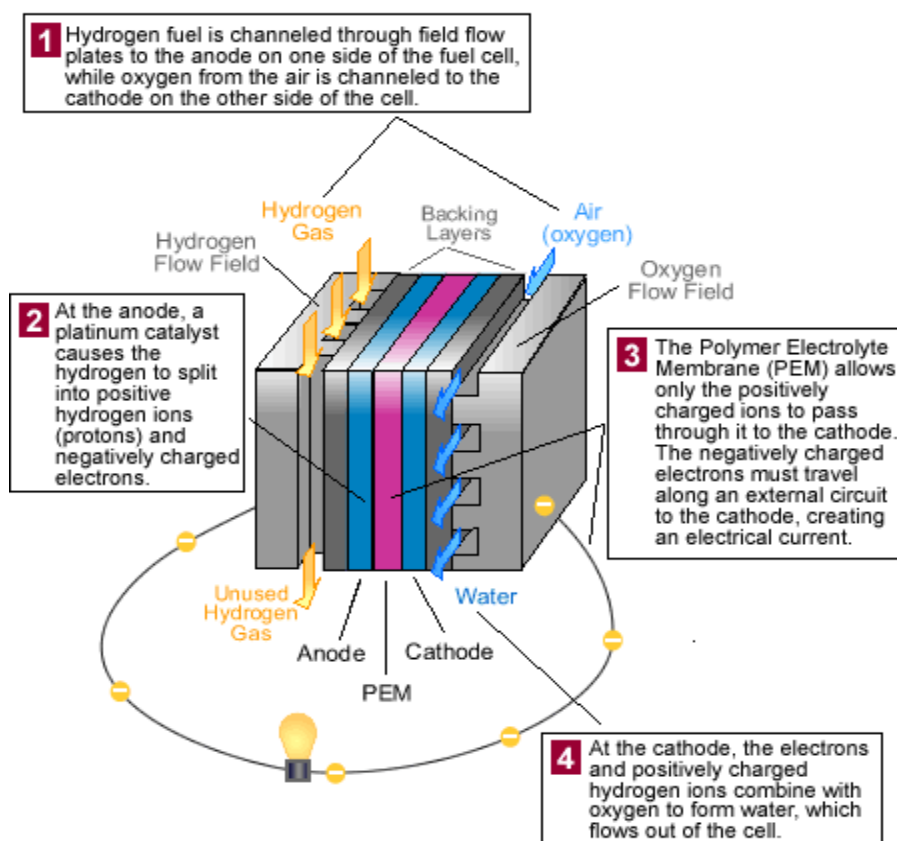
Μια εναλλακτική λύση που προτείνεται για την τροφοδοσία του ηλεκτροκινητήριου συστήματος είναι η χρήση των λεγόμενων Ενεργειακών Κυψελών (Fuel Cells). Κυψέλη καυσίμου είναι η συσκευή η οποία χρησιμοποιεί υδρογόνο (ή πλούσια σε υδρογόνο καύσιμα) και οξυγόνο για να παράγει ηλεκτρική ενέργεια μέσω μιας ηλεκτροχημικής διαδικασίας. Εάν χρησιμοποιείται καθαρό υδρογόνο ως καύσιμο, οι κυψέλες καυσίμου εκπέμπουν μόνο θερμότητα και νερό, περιορίζοντας τους ατμοσφαιρικούς ρύπους. Μια κυψέλη καυσίμου αποτελείται από δύο ηλεκτρόδια - ένα αρνητικό ηλεκτρόδιο (ή άνοδος) και ένα θετικό ηλεκτρόδιο (ή κάθοδος) - που περικλείουν έναν ηλεκτρολύτη. Το υδρογόνο τροφοδοτεί την άνοδο και το οξυγόνο τροφοδοτεί την κάθοδο. Τα άτομα του υδρογόνου, ενεργοποιημένα από τον ηλεκτρολύτη, διασπώνται σε πρωτόνια και ηλεκτρόνια, τα οποία ακολουθούν διαφορετική πορεία προς την κάθοδο. Τα ηλεκτρόνια περνούν από εξωτερικό κύκλωμα, παράγοντας έτσι ηλεκτρική ενέργεια [23].

Υπάρχουν διάφορα είδη κυψελών καυσίμου, αλλά οι κυψέλες καυσίμου μεμβρανών πολυμερών ηλεκτρολυτών (PEM), οι οποίες επίσης αποκαλούνται κυψέλες καυσίμου μεμβρανών ανταλλαγής πρωτονίων ή κυψέλες καυσίμου πολυμερών ηλεκτρολυτών (PEFC), είναι ο τύπος που χρησιμοποιείται κυρίως στα αυτοκίνητα.



Εικόνα 12: Τύποι κυψελών καυσίμου

Κυψέλη καυσίμου PEM: Η κυψέλη καυσίμου PEM αποτελείται από μια μεμβράνη ηλεκτρολυτών που βρίσκεται μεταξύ μιας ανόδου (αρνητικό ηλεκτρόδιο) και μιας καθόδου (θετικό ηλεκτρόδιο). Το PEM είναι μια λεπτή, στερεή, οργανική ένωση και περίπου τόσο πυκνή όσο 2 έως 7 φύλλα χαρτιού. Αυτή η μεμβράνη λειτουργεί ως ηλεκτρολύτης, ουσία δηλαδή που άγει τα φορτισμένα ιόντα (σε αυτήν την περίπτωση πρωτόνια), αλλά δεν άγει τα ηλεκτρόνια. Αυτό δημιουργεί ηλεκτρική ενέργεια. Αυτή η μεμβράνη πρέπει να κρατηθεί υγρή για να άγει τα μόρια. Η άνοδος είναι το ηλεκτρόδιο στο οποίο η οξείδωση (απώλεια ηλεκτρονίων) πραγματοποιείται. Σε μια κυψέλη καυσίμου, η άνοδος είναι φορτισμένη αρνητικά. Η άνοδος αποτελείται από μόρια λευκόχρυσου που στηρίζονται ομοιόμορφα σε μόρια άνθρακα. Ο λευκόχρυσος ενεργεί ως καταλύτης και αυξάνει το ποσοστό της διαδικασίας της οξείδωσης. Η άνοδος είναι πορώδης έτσι ώστε το υδρογόνο να μπορεί να περάσει διαμέσω της. Η κάθοδος είναι το ηλεκτρόδιο στο οποίο η μείωση στη φορά των ηλεκτρονίων πραγματοποιείται. Σε μια κυψέλη καυσίμου, η κάθοδος είναι φορτισμένη θετικά. Η κάθοδος αποτελείται από μόρια λευκόχρυσου που στηρίζονται ομοιόμορφα σε μόρια άνθρακα. Ο λευκόχρυσος ενεργεί ως καταλύτης, που αυξάνει το ποσοστό της διαδικασίας της μείωσης. Η κάθοδος είναι πορώδης έτσι ώστε το οξυγόνο μπορεί να περάσει διαμέσω της.



Εικόνα 13: Κυψέλη καυσίμου PEM

Όπως φαίνεται και στο παρακάτω σχήμα η κυψέλη καυσίμου PEM αποτελείται και από τα λεγόμενα flow plates, τα οποία εκτελούν διάφορες σημαντικές λειτουργίες:

- Διοχετεύουν το υδρογόνο και το οξυγόνο στα ηλεκτρόδια
- Στέλνουν το νερό και τη θερμότητα μακριά από το κύτταρο καυσίμου
- Άγουν τα ηλεκτρόνια από την άνοδο στο ηλεκτρικό κύκλωμα και από το κύκλωμα πίσω στην κάθοδο

Οι κυψέλες PEM προσφέρουν χαμηλό βάρος και όγκο έναντι άλλων κυψελών καυσίμου. Επίσης λειτουργούν σε χαμηλές θερμοκρασίες (80 C) σε σχέση με άλλες διατάξεις οι οποίες λειτουργούν στους 300 – 1200 οC. Η χαμηλή θερμοκρασία λειτουργίας τους επιτρέπει να ξεκινούν γρήγορα (λιγότερος χρόνος προθέρμανσης) και έχει ως αποτέλεσμα τη μικρότερη χρήση του συστήματος, δηλαδή μεγαλύτερη διάρκεια. Εντούτοις, απαιτούν καταλύτη που να ανήκει στα ευγενή μέταλλα (λευκόχρυσος) για να χωρίσει τα ηλεκτρόνια και τα πρωτόνια του υδρογόνου, αυξάνοντας έτσι το κόστος των συστημάτων. Ο καταλύτης λευκόχρυσου είναι επίσης εξαιρετικά ευαίσθητος στο CO, γεγονός το οποίο καθιστά απαραίτητη τη χρησιμοποίηση ενός πρόσθετου αντιδραστήρα για να

μειώσει το CO εάν το υδρογόνο προέρχεται από καύσιμα με αλκοόλη ή από υδρογονάνθρακες. Λόγω του γρήγορου χρόνου ξεκινήματος, της χαμηλής ευαισθησίας στον προσανατολισμό, και της ευνοϊκής αναλογίας δύναμης/βάρους τους, οι κυψέλες καυσίμου PEM είναι ιδιαίτερα κατάλληλες για χρήση στα αυτοκίνητα και στα λεωφορεία [23].

Fuel cell stack: Το ποσό ενέργειας που παράγεται από μία κυψέλη καυσίμου εξαρτάται από διάφορους παράγοντες, συμπεριλαμβανομένου του τύπου κυψελών καυσίμου, του μεγέθους κυψελών, της θερμοκρασίας στην οποία λειτουργεί και της πίεσης με την οποία το αέριο εισέρχεται στην κυψέλη. Μία ενιαία κυψέλη καυσίμου παράγει λιγότερο από 1.16 V - μη αρκετή ηλεκτρική ενέργεια για ακόμη και τις μικρότερες εφαρμογές. Για να αυξηθεί το ποσό ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται, οι μεμονωμένες κυψέλες καυσίμου συνδυάζονται σε ένα «stack» κυψελών καυσίμου. Ένα stack κυψελών καυσίμου μπορεί να αποτελείται από εκατοντάδες κυψέλες καυσίμου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΑ ΚΑΥΣΙΜΑ

Αυτοκίνητα κάθε τύπου και μεγέθους κυκλοφορούν επί δεκαετίες σε διάφορες χώρες του κόσμου, χρησιμοποιώντας είτε παράγωγα του αργού πετρελαίου, δηλαδή βενζίνη, κηροζίνη, πετρέλαιο κίνησης, κ.λπ. είτε εναλλακτικά καύσιμα. Για διάφορους λόγους που σχετίζονται με την απόδοση, με την κατασκευή και την ασφάλεια, με την ευελιξία και τη λειτουργικότητα, και τέλος με το κατασκευαστικό και λειτουργικό κόστος των οχημάτων, σήμερα, τα περισσότερα οχήματα δρόμου χρησιμοποιούν βενζινοκινητήρες (κινητήρες Otto) και πετρελαιοκινητήρες (κινητήρες Diesel) [34].

Τα εναλλακτικά καύσιμα χρησιμοποιούνται στους κινητήρες εσωτερικής καύσης, όπως και τα παράγωγα του πετρελαίου, δηλαδή εισάγονται στο θάλαμο καύσης, καίγονται και δημιουργούν μίγμα αερίων με υψηλή πίεση που ωθούν τα έμβολα, παράγοντας την απαραίτητη μηχανική ενέργεια για την κίνηση του οχήματος. Η ονομασία τους προέρχεται από το ότι αποτελούν εναλλακτικές λύσεις στη βενζίνη και το πετρέλαιο κίνησης [34].

Τέτοια καύσιμα είναι και υγρά (αιθανόλη, μεθανόλη) και αέρια (φυσικό αέριο, υγραέριο). Λόγω της κλιματικής αλλαγής αλλά και των δυσάρεστων προγνωστικών σε σχέση με την επάρκεια του πετρελαίου, τα εναλλακτικά καύσιμα επανέρχονται στις μέρες μας στο προσκήνιο. Ανήκοντας στους υδρογονάνθρακες, αναπόφευκτα επιβαρύνουν και αυτά, έστω και σε μικρότερο βαθμό, την ατμόσφαιρα με διοξείδιο του άνθρακα αλλά και με άλλους ρύπους. Ωστόσο, ως ενδιαμέση μεσοπρόθεσμη λύση, μέχρι την οριστικοποίηση της μορφής της πραγματικά «καθαρής» αυτοκίνησης, η χρήση τους μπορεί να αποδειχτεί ευεργετική [2].

Στα πλαίσια πολιτικής για την προώθηση των καθαρότερων καυσίμων και οχημάτων στις οδικές μεταφορές, η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει θέσει ήδη τον στόχο της υποκατάστασης του 20% των συμβατικών καυσίμων που χρησιμοποιούνται στις μεταφορές με εναλλακτικά καύσιμα μέχρι το 2020.

4.1 Αιθανόλη – Μεθανόλη

Οι αλκοόλες μπορούν να χρησιμοποιηθούν σαν καύσιμο είτε αυτούσιες είτε αναμειγμένες με τη βενζίνη. Για έναν συμβατικό κινητήρα, οι αλλαγές που πρέπει να γίνουν είναι ασήμαντες και έχουν να κάνουν κυρίως με τις φυσικές και χημικές ιδιότητες του εκάστοτε καυσίμου, κατά κύριο λόγο της αιθανόλης (δηλαδή του καθαρού οινοπνεύματος) αλλά και σε κάποιες περιπτώσεις της μεθανόλης [2,14].

Η αιθανόλη και η μεθανόλη παράγονται συνήθως από διάφορες πρώτες ύλες (βιομάζα, φυσικό αέριο, γαιάνθρακας) καθώς και από υλικά που πετιούνται (γεωργικά απόβλητα). Το κατά πόσο τελικά είναι οικονομικά επωφέλης η χρήση τους εξαρτάται από τις εκάστοτε συνθήκες. Για παράδειγμα, η Βραζιλία ξεκίνησε να παράγει αιθανόλη από ζαχαροκάλαμο το 1975 και σήμερα έχει εκατομμύρια αυτοκίνητα στους δρόμους της που καίνε είτε καθαρή αιθανόλη είτε μείγμα αιθανόλης και βενζίνης. Η μεθανόλη έχει μόνο το 48% της θερμογόνου δύναμης της βενζίνης, αλλά υπό ανάμιξη με βενζίνη έχει χρησιμοποιηθεί ευρέως ως καύσιμο αυτοκινήτων. Παρασκευάζεται από ξηρή απόσταξη ξύλων [2,14].

Πέρα από τα όποια οφέλη που μπορούν να προκύψουν από τη βελτίωση της ποιότητας της καύσης (οι αλκοόλες διαθέτουν μεγάλο αριθμό οκτανίων) και την επακόλουθη μείωση των ρύπων, με πιο χαρακτηριστική τη μείωση των οξειδίων του αζώτου (NO_x), όφελος προκύπτει και σε σχέση με τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (CO_2). Όχι τόσο γιατί αυτές είναι σε απόλυτα νούμερα μικρότερες, αλλά γιατί, θεωρητικά, τα φυτά από τα οποία έχει προέλθει η πρώτη ύλη που χρησιμοποιήθηκε για την παραγωγή των εναλλακτικών αυτών καυσίμων έχουν κατά την ανάπτυξή τους δεσμεύσει αντίστοιχες ποσότητες CO_2 από την ατμόσφαιρα. Με αυτό το σκεπτικό η μείωση των εκπομπών CO_2 μπορεί να φτάσει ακόμα και το 70% [2,14].

Εταιρίες όπως η Ford, η Saab και η Volvo έχουν ήδη διαθέσει δεκάδες χιλιάδες αυτοκίνητα που μπορούν να κάψουν E-85 (μείγμα 85% αιθανόλης με 15% βενζίνη).

4.2 Αέρια Καύσιμα

Στα αέρια καύσιμα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στις ΜΕΚ ανήκουν το συμπιεσμένο φυσικό αέριο (CNG), το υγροποιημένο φυσικό αέριο (LNG), το υγραέριο (LPG) και το συνθετικό φυσικό

αέριο. Το CNG έχει ως κύριο συστατικό το μεθάνιο, όπως και το LNG, ενώ το LPG είναι μείγμα προπανίου και βουτανίου, σε διάφορες αναλογίες. Χρησιμοποιούνται εδώ και δεκαετίες σε πολλές χώρες (ΗΠΑ, Ρωσία, Ιταλία, Ολλανδία κ.α.), σε ευρεία κλίμακα, τόσο σε βενζινοκινητήρες, με λίγες μετατροπές, αλλά και σε ντίζελ, με περισσότερες. Η καύση υγραερίου (LPG) δεν μας είναι άγνωστη, αφού ήταν ιδιαίτερα διαδεδομένη στα ταξί και στη χώρα μας [2,14].

Το φυσικό αέριο, λοιπόν, έχει ως κύριο συστατικό το μεθάνιο, ενώ το υγραέριο είναι μείγμα προπανίου και βουτανίου, σε διάφορες αναλογίες. Εξαιτίας της υψηλής περιεκτικότητας του μεθανίου σε υδρογόνο, το φυσικό αέριο αποτελεί ένα υψηλής ποιότητας καύσιμο για ΜΕΚ. Επιπλέον, το φυσικό αέριο χαρακτηρίζεται από υψηλό αριθμό οκτανίου, κάτι που σημαίνει πιο αποδοτική καύση.

Συγκεκριμένα οικολογικά οφέλη προκύπτουν από τη χρήση αέριων καυσίμων. Ανάλογα με τον τύπο του καυσίμου, μπορεί να μειωθεί το μονοξείδιο του άνθρακα (CO) και οι υδρογονάνθρακες (HC). Οι υδρογονάνθρακες, μάλιστα, που εκλύονται από την καύση του φυσικού και του υδροποιημένου αερίου (που θεωρούνται και πιο «οικολογικά»), είναι λιγότερο βλαβεροί, καθώς συμμετέχουν λιγότερο στη φωτοχημική ρύπανση. Από την άλλη, οι εκπομπές CO₂ των αυτοκινήτων που καίνε φυσικό αέριο είναι χαμηλότερες των βενζινοκίνητων, λόγω της υψηλής αναλογίας υδρογόνου ανά άνθρακα (H/C) στο καύσιμο αυτό.

Από τεχνική σκοπιά, το κύριο μειονέκτημα της χρήσης του φυσικού αερίου στο χώρο των μεταφορών είναι ότι, για να αποκτήσει ένα αυτοκίνητο φυσικού αερίου αυτονομία αντίστοιχη με εκείνη ενός βενζινοκίνητου ή ενός diesel, χρειάζεται ρεζερβουάρ πολλαπλάσιο σε όγκο από αυτό της βενζίνης. Αυτό προκύπτει λόγω της δυσκολίας υδροποίησης του φυσικού αερίου, για την οποία η κρίσιμη θερμοκρασία είναι οι -162°C. Αναγκαστικά οδηγούμαστε έτσι σε αποθήκευσή του στο αυτοκίνητο σε αέρια μορφή, σε ειδικές μπουκάλες υψηλής πίεσης (της τάξης των 200 bar), όπου το φυσικό αέριο φυλάσσεται συμπιεσμένο για να καταλαμβάνει όσο το δυνατόν μικρότερο χώρο. Με τον τρόπο αυτό το αυτοκίνητο αποκτά ικανοποιητική αυτονομία.

Η περιορισμένη δυνατότητα αποθήκευσης στο αυτοκίνητο αλλά και η περιορισμένη (ανάλογα με τη χώρα) διαθεσιμότητα του CNG στα πρατήρια οδήγησαν στην εμφάνιση αυτοκινήτων διπλού καυσίμου (bi – fuel), που μπορούν εναλλακτικά να κάψουν και βενζίνη. Χαρακτηριστικό παράδειγμα τέτοιου οχήματος είναι το Fiat Multipla Natural Power το οποίο λειτουργεί είτε με βενζίνη είτε με μεθάνιο (φυσικό αέριο). Όπως φαίνεται καθαρά στην παρακάτω εικόνα το φυσικό αέριο φυλάσσεται σε τρεις μπουκάλες, στο κάτω μέρος του οχήματος, οι οποίες είναι χωρητικότητας 111

λίτρων υπό πίεση 200 bar. Ενώ το ρεζερβουάρ βενζίνης έχει χωρητικότητα 30 λίτρα. Αξίζει να σημειωθεί ότι στην περίπτωση που ο κινητήρας λειτουργεί με βενζίνη αποδίδει 103 ίππους, ενώ στην περίπτωση λειτουργίας με φυσικό αέριο η απόδοση είναι 92 ίπποι [2,14].



Εικόνα 14: *Fiat Multipla Natural Power – Φιάλες μεθανίου*

4.3 Βιοκαύσιμα

Βιοκαύσιμα λέγονται τα καύσιμα που παράγονται από διάφορους τύπους βιομάζας. Τα βιοκαύσιμα παράγονται από φυτικά υλικά, συγκεκριμένα είδη καλλιεργειών και από ανακυκλωμένα ή χρησιμοποιημένα σπορέλαια. Μπορεί να είναι η βιοαιθανόλη, το βιοέλαιο, το βιοντίζελ, το βιοϋδρογόνο, το βιοαέριο, η μεθανόλη κ.α. Η χρήση των βιοκαυσίμων στα οχήματα έχει σαν αποτέλεσμα τη μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα από τον τομέα των μεταφορών. Επίσης, σε μεγάλο βαθμό, τα βιοκαύσιμα είναι ανανεώσιμα. Αντίθετα, τα συμβατικά καύσιμα που χρησιμοποιούνται στις μεταφορές, βενζίνη και πετρέλαιο κίνησης, καθώς και τα αέρια καύσιμα, υγραέριο και συμπιεσμένο φυσικό αέριο, είναι όλα ορυκτά καύσιμα για αυτό και έχουν περιορισμένη διαθεσιμότητα.

Η χρήση των βιοκαυσίμων στον τομέα των μεταφορών έχει γίνει πολύ επίκαιρη τα τελευταία χρόνια.

Οι κύριες αιτίες για την προώθηση των βιοκαυσίμων είναι:

- Η συμβολή στην εξασφάλιση της προμήθειας ενέργειας
- Η συμβολή στη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου
- Η αύξηση της χρήσης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας
- Η διεύρυνση των αγροτικών οικονομιών σε νέες αγορές

Για τους παραπάνω λόγους, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή εξέδωσε την Οδηγία για τα Βιοκαύσιμα το 2003, που απαιτεί από τα Κράτη-Μέλη να θέσουν ενδεικτικούς στόχους για την χρήση βιοκαυσίμων αρχικά έως το 2005 και κατόπιν έως το 2010 [14].

Επίσης η νομοθεσία προβλέπει ότι τα κράτη μέλη οφείλουν να διασφαλίσουν ότι μια ελάχιστη αναλογία βιοκαυσίμων και άλλων ανανεώσιμων καυσίμων διατίθεται στις αγορές τους, αναλογία η οποία για το 2005 ορίζεται στο 2%, υπολογιζόμενη βάσει του ενεργειακού περιεχομένου, επί του συνόλου της βενζίνης και του πετρελαίου ντίζελ που διατίθεται στις αγορές τους προς χρήση στις μεταφορές. Η αναλογία αυτή οφείλει να αυξηθεί στο 5.75% έως το τέλος του 2010. Η Ελλάδα το καλοκαίρι του 2005 ενσωμάτωσε την οδηγία αυτή στην εθνική νομοθεσία. Η Ελλάδα δεν κατάφερε να επιτύχει το στόχο του 2% στο τέλος του 2005, ενώ αμφιβολίες εκφράζονται για το κατά πόσο θα επιτευχθεί και ο στόχος για το 2010.

Σήμερα, η περισσότερο ανεπτυγμένη τεχνολογία βιολογικής μετατροπής της βιομάζας, είναι η ζύμωση των απλών σακχάρων σε βιοαιθανόλη. Αντίθετα, η παραγωγή αιθανόλης μέσω της ζύμωσης του λιγνοκυτταρινούχου περιεχομένου της βιομάζας, βρίσκεται υπό εξέλιξη. Ιστορικά, η παραγωγή αιθανόλης από ζαχαρότευτλο ξεκίνησε στη Βραζιλία και τις Η.Π.Α από τη δεκαετία του 1970. Έτσι, η ετήσια παραγωγή της Βραζιλίας το 1990 ήταν περίπου 15 δισεκ. λίτρα αιθανόλης [35], ενώ των Ηνωμένων Πολιτειών έφτασε τα 4.5 δισεκ. λίτρα. Να σημειωθεί ότι περισσότερο από το 95% της αιθανόλης στις Η.Π.Α. παραγόταν από καλαμπόκι καλλιεργούμενο σε εκτάσεις 1.3 εκατομμυρίων εκταρίων.

Η βιοαιθανόλη έχει χρησιμοποιηθεί σε κινητήρες οχημάτων, ως έχει ή σε πρόσμιξη με βενζίνη, ως καύσιμο κίνησης, από την εποχή των συμβατικών κινητήρων εσωτερικής καύσης. Μόνο στη Ευρώπη το 1935, χρησιμοποιήθηκαν 430 εκατομμύρια L αιθανόλης, [36], ενώ το 1945 αντικαταστάθηκε από πετρέλαιο ή diesel, παραγόμενα από την πετροχημική βιομηχανία [37].

Παρά το γεγονός ότι, εκτός ελαχίστων περιπτώσεων (π.χ. αντικατάσταση αεροπορικής βενζίνης), το κόστος της βιοαιθανόλης είναι υψηλότερο εκείνου της βενζίνης, η χρήση της ως καύσιμο κίνησης αυξάνει συνεχώς ανά τον κόσμο, με προεξάρχουσες τη Βραζιλία και τις ΗΠΑ. Αυτό συμβαίνει διότι αφ' ενός η βιοαιθανόλη είναι καθαρότερο καύσιμο από περιβαλλοντικής πλευράς και αφ' ετέρου δίνει διέξοδο στο πρόβλημα της υπερπαραγωγής αγροτικών και γεωργικών προϊόντων. Για τους λόγους αυτούς η παραγωγή και χρήση της βιοαιθανόλης παρουσιάζει εξαιρετικά ευνοϊκές προοπτικές για το μέλλον.

Επιπλέον, ιδιαίτερα ενθαρρυντική είναι η ανάπτυξη της βιομηχανίας του βιοντίζελ. Θεωρείται ως το πλέον διαδεδομένο βιοκαύσιμο το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο αυτούσιο όσο και σε διάφορες αναλογίες, σε μίγματα με το συμβατικό ντίζελ. Σήμερα, χρησιμοποιείται ευρύτατα σε όλη την Ευρώπη, ενώ στις Η.Π.Α η χρήση του, είναι συνεχώς αυξανόμενη. Συγκεκριμένα, η τρέχουσα ετήσια παραγωγή του στην Ευρώπη αντιστοιχεί σε 1 δισεκατομμύριο gal, ενώ στις Η.Π.Α, σε 20-25 εκατομμύρια gal [38]. Ωστόσο, οι προοπτικές είναι πολύ καλές και για την Αμερική, καθώς τεράστια αποθέματα φυτικών ελαίων και ζωικών λιπών είναι διαθέσιμα να μετατραπούν σε βιοντίζελ, το οποίο κατά ένα μεγάλο μέρος θα καλύψει τις ενεργειακές απαιτήσεις της χώρας.

Πέρα από το βιοντίζελ, σημαντικό ρόλο στον ενεργειακό τομέα παίζει και το υδρογόνο, το οποίο θα αναπτυχθεί εκτενέστερα στην επόμενη παράγραφο της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

Στην Ελλάδα, η χρήση βιοκαυσίμων στον τομέα των μεταφορών, βρίσκεται σε δοκιμαστικό στάδιο. Έτσι, το 1999 σε μια πιλοτική έρευνα στη Θράκη, μελετήθηκε η αποδοχή του κοινού στο βιοντίζελ. Σε πρατήρια της περιοχής (Ξάνθη, Κομοτηνή, Αλεξανδρούπολη και Σέρρες) διατέθηκαν περίπου 231000 λίτρα βιοντίζελ, που εισήχθη από την Αυστρία. Από τα αποτελέσματα της μελέτης, που ήταν πολύ ενθαρρυντικά, προέκυψε ότι αν ξεπεραστούν διάφορα προβλήματα, οι επενδυτές και το κοινό είναι έτοιμοι για την παραγωγή βιοκαυσίμων από εγχώριες πηγές βιομάζας (ηλιέλαιο, χρησιμοποιημένα λάδια και τα ζωικά λίπη, υπολείμματα σφαγίων).

4.4 Υδρογόνο

Το υδρογόνο είναι το γνωστό άχρωμο, άοσμο, άγευστο, εύφλεκτο και ελαφρύτερο από τον ατμοσφαιρικό αέρα αέριο. Το υδρογόνο είναι το πιο απλό και πιο άφθονο στοιχείο στον κόσμο. Παρ' όλα αυτά, το υδρογόνο βρίσκεται σπάνια μόνο του στη φύση, καθώς συμμετέχει σε ενώσεις με

άλλα στοιχεία. Έτσι, πολύ λίγο αέριο υδρογόνο υπάρχει στη γήινη ατμόσφαιρα. Μπορεί να συνδυαστεί χημικά με σχεδόν κάθε άλλο στοιχείο και έτσι μπορεί να δώσει περισσότερες ενώσεις από οποιοδήποτε άλλο στοιχείο. Στις ενώσεις αυτές συγκαταλέγονται το νερό, η αμμωνία, τα οξέα, τα υδροξείδια, διάφοροι υδρογονάνθρακες όπως το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο και μεγάλο ποσοστό των υπόλοιπων οργανικών ενώσεων [14].

Με δεδομένη την υψηλότερη διαθεσιμότητά του (είναι πρακτικά ανεξάντλητο), αποτελεί δελεαστική επιλογή. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει από την άποψη των ρύπων, καθώς το «καυσαέριο» που δημιουργεί η καύση του (η ένωσή του με το οξυγόνο) είναι πάλι το νερό, με τη μορφή υδρατμών. Το υδρογόνο στο αυτοκίνητο μπορεί να χρησιμοποιηθεί με δύο τρόπους. Μπορεί, κατ' αρχάς, να καεί με τρόπο αντίστοιχο με αυτόν που καίγεται η βενζίνη και το φυσικό αέριο, στους υπάρχοντες βενζινοκινητήρες. Μπορεί όμως να χρησιμοποιηθεί σε ηλεκτρικά αυτοκίνητα, για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας επιτόπου, με τη βοήθεια των κυψελών καυσίμου (fuel cells), αντικαθιστώντας τις μπαταρίες και αλλάζοντας τα δεδομένα στον τομέα της αυτονομίας.

Η τάση κατανάλωσης καυσίμων όλο και μικρότερης περιεκτικότητας σε άνθρακα είναι ιστορικά εμφανής. Το υδρογόνο, απαλλαγμένο από άνθρακα, μπορεί να προσφέρει αρκετή ενέργεια για καθημερινές χρήσεις, όπως η κίνηση μεταφορικών μέσων. Το ότι υπάρχει ένας σαφής προσανατολισμός προς την κατεύθυνση του υδρογόνου δεν είναι τυχαίο [23]:

- Το υδρογόνο έχει πολύ χαμηλή ενέργεια ανάφλεξης. Το ποσό ενέργειας που απαιτείται για να αναφλέξει το υδρογόνο είναι περίπου ένα μέγεθος λιγότερο από αυτό που απαιτείται για τη βενζίνη. Αυτό επιτρέπει στις μηχανές υδρογόνου να εξασφαλίσουν γρήγορη ανάφλεξη. Δυστυχώς, η χαμηλή αυτή ενέργεια σημαίνει ότι τα αέρια μπορούν να χρησιμεύσουν ως πηγές ανάφλεξης, κάτι το οποίο δημιουργεί προβλήματα πρόωρης ανάφλεξης. Η παρεμπόδιση αυτού είναι μια από τις προκλήσεις που συνδέονται με τη λειτουργία μιας μηχανής με υδρογόνο.
- Το υδρογόνο έχει μικρή απόσταση απόσβεσης, μικρότερη από τη βενζίνη. Κατά συνέπεια, είναι δυσκολότερο να αποσβησθεί μια φλόγα υδρογόνου από μια φλόγα βενζίνης.
- Το υδρογόνο έχει μια σχετικά υψηλή θερμοκρασία αυτανάφλεξης. Αυτό έχει σημαντικές επιπτώσεις όταν συμπιέζεται ένα μίγμα με υδρογόνο. Στην πραγματικότητα, η θερμοκρασία αυτανάφλεξης είναι ένας σοβαρός παράγοντας στον καθορισμό ποιας αναλογίας συμπίεσης μια μηχανή μπορεί να χρησιμοποιήσει, δεδομένου ότι η άνοδος της θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια της συμπίεσης συσχετίζεται με την αναλογία συμπίεσης.

- Το υδρογόνο έχει υψηλή ταχύτητα ανάφλεξης στις στοιχειομετρικές αναλογίες. Υπό αυτούς τους όρους, η ταχύτητα ανάφλεξης υδρογόνου είναι σχεδόν ένα μέγεθος υψηλότερη από αυτή της βενζίνης. Αυτό σημαίνει ότι οι μηχανές υδρογόνου μπορούν να πλησιάσουν περισσότερο το θερμοδυναμικό ιδανικό κύκλο μηχανών.
- Το υδρογόνο έχει τον υψηλότερο ενεργειακό περιεχόμενο ανά μονάδα βάρους από οποιοδήποτε άλλο γνωστό καύσιμο, 120,7 kJ/gr και περίπου τρεις φορές μεγαλύτερο από αυτό της συμβατικής βενζίνης.
- Κάνει "καθαρή" καύση. Όταν καίγεται με οξυγόνο παράγει μόνο νερό και θερμότητα. Όταν καίγεται με τον ατμοσφαιρικό αέρα, ο οποίος αποτελείται περίπου από 68% άζωτο, παράγονται επίσης μερικά οξείδια του αζώτου, σε αμελητέο ωστόσο βαθμό.
- Για το λόγο ότι κάνει καθαρή καύση, δεν συμβάλλει στη μόλυνση του περιβάλλοντος. Το ποσό του νερού που παράγεται κατά τη καύση είναι τέτοιο, ώστε να θεωρείται επίσης αμελητέο και επομένως μη ικανό να επιφέρει κάποια κλιματολογική αλλαγή δεδομένης ακόμα και μαζικής χρήσης.

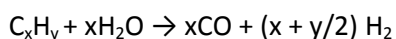
4.4.1 Μέθοδοι Παραγωγής Υδρογόνου

Διάφορες τεχνολογίες για την παραγωγή υδρογόνου χρησιμοποιούνται δεκαετίες τώρα. Η πρώτη ηλεκτρολυτική εγκατάσταση κλίμακας MW τέθηκε σε λειτουργία στη Νορβηγία το 1929, χρησιμοποιώντας ηλεκτρική ενέργεια από εγκαταστάσεις υδροπαραγωγής. Ένα δίκτυο σωληνώσεων υδρογόνου στη γερμανική περιοχή Ruhrgebiet υπάρχει από τη δεκαετία του '30. Η βιομηχανική παραγωγή του υδρογόνου άρχισε στην αρχή του προηγούμενου αιώνα. Αξίζει να σημειωθεί ότι η τρέχουσα ετήσια παγκόσμια παραγωγή υδρογόνου ισοδυναμεί με μόνο 1.5% της παγκόσμιας πρωτογενούς ζήτησης ενέργειας.

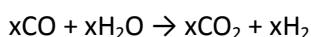
Περίπου το 90% του υδρογόνου παράγεται μέσω της διεργασίας αναμόρφωσης με ατμό του φυσικού αερίου ή των υδρογονανθράκων, σε υψηλές θερμοκρασίες. Η αεριοποίηση των βαρέων υδρογονανθράκων και η ηλεκτρόλυση του νερού αποτελούν δυο ακόμα βιομηχανικές μεθόδους παραγωγής του υδρογόνου [11].

Ανασηματισμός ατμού του φυσικού αερίου (Gas Steam Reforming – GSR) [23]: Ο ανασηματισμός ατμού του φυσικού αερίου (GSR) είναι η συνηθέστερα χρησιμοποιούμενη διαδικασία για την παραγωγή υδρογόνου σε μεγάλες ποσότητες. Το φυσικό αέριο αντιδρά με τον

ατμό σε μεγάλες θερμοκρασίες (> 800 °C) παρουσία καταλύτη νικελίου. Το προϊόν αντίδρασης (syngas) είναι ένα μίγμα υδρογόνου και μονοξειδίου του άνθρακα:



Το syngas (μίγμα υδρογόνου και μονοξειδίου του άνθρακα) από τον μεταρρυθμιστή ψύχεται και οδηγείται σε έναν αντιδραστήρα μετατόπισης νερού-αερίου στον οποίο το μονοξείδιο του άνθρακα αντιδρά με ατμό παρουσία καταλύτη και παράγει υδρογόνο και διοξείδιο του άνθρακα.



Για να επιτευχθεί καθαρό υδρογόνο, το αέριο καθαρίζεται τελικά σε μια μονάδα απορρόφησης ταλάντευσης πίεσης (PSA). Μια νέα ιδέα που αποκαλείται « ενισχυμένη προσρόφηση διαδικασία αντίδρασης » (SERP) στοχεύει στην ανάπτυξη μιας οικονομικώς πιο αποδοτικής διαδικασίας GSR. Ο ατμός και το μεθάνιο οδηγούνται σε θερμοκρασία 440-550 °C μέσα σε αντιδραστήρα που περιέχει μίγμα του ανασχηματισμένου καταλύτη και ενός προσροφητικού για την αφαίρεση του διοξειδίου του άνθρακα από τη ζώνη αντίδρασης. Το όφελος από αυτήν την διαδικασία είναι η παραγωγή του υδρογόνου σε υψηλή καθαρότητα (~90% H₂) απευθείας από τον αντιδραστήρα, οδηγώντας κατά συνέπεια σε μείωση ή ακόμα και εξάλειψη των επόμενων βημάτων καθαρισμού του υδρογόνου. Σήμερα, υδρογόνο παράγεται βιομηχανικά σε μεγάλης κλίμακας μεταρρυθμιστές ατμού της τάξεως των 100.000 Nm³/h σε υψηλές πιέσεις (20-40 bars). Η αποκεντρωμένη επιτόπια παραγωγή π.χ. σε ένα πρατήριο υδρογόνου ή σε μια κατοικημένη περιοχή απαιτεί μικρής κλίμακας εγκαταστάσεις GSR με ποσό παραγωγής μεταξύ 1.000 και 4.000 Nm³/h.

Αεριοποίηση άνθρακα (Coal Gasification – CGF) [23]: Ακριβώς όπως ο ανασχηματισμός του φυσικού αερίου, η αεριοποίηση είναι μια γνωστή διαδικασία. Εντούτοις, πρόσφατα αυτή η τεχνολογία αναπτύχθηκε προκειμένου να παραχθούν αποτελεσματικά υδρογόνο ή/και ηλεκτρισμός στις εγκαταστάσεις αεριοποίησης (IGCC). Τα βασισμένα στην αεριοποίηση συστήματα είναι σε θέση να εκμεταλλευτούν όλα τα βασισμένα στον άνθρακα προϊόντα πετροχημικής βιομηχανίας, συμπεριλαμβανομένου του λιγνίτη, του κοκ πετρελαίου, της βιομάζας, των επιβλαβών αποβλήτων κ.λπ. Αυτήν την περίοδο, υπάρχουν δεκαεπτά εγκαταστάσεις IGCC, με συνολική εγκατεστημένη ισχύ 4.000 MW, που αναπτύσσουν δραστηριότητες παγκοσμίως, από τις οποίες πέντε χρησιμοποιούν μόνο λιγνίτη. Σε ένα σύστημα IGCC, βασισμένα σε άνθρακα αέρια πετροχημικής βιομηχανίας μετατρέπονται στον εξαερωτή, παρουσία οξυγόνου (και ατμού) σε υψηλές θερμοκρασίες και μέτρια πίεση, στα syngas. Η χημεία της αεριοποίησης είναι αρκετά σύνθετη και περιλαμβάνει πολλές χημικές αντιδράσεις. Οι περισσότερες μονάδες IGCC είναι εξοπλισμένες με μονάδα χωρισμού αέρα

(ASU) που παράγει το απαιτούμενο οξυγόνο για τη διαδικασία αεριοποίησης. Αν και αυτή η μονάδα είναι μάλλον ακριβή, η χρήση του καθαρού οξυγόνου (99%) αυξάνει την απόδοση της αεριοποίησης. Μόλις καθαριστούν αρκετά τα syngas, διάφορες επιλογές υπάρχουν για τη χρησιμοποίησή τους, όπως η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μέσω συνδυασμένου κύκλου ή η παραγωγή υδρογόνου. Για την παραγωγή υδρογόνου, τα syngas καθοδηγούνται στον αντιδραστήρα νερού-αερίου όπου το CO αντιδρά με ατμό για να παράγει H₂ και CO₂. Στη συνέχεια γίνεται εύκολα ο διαχωρισμός των δύο προϊόντων.

Το πρόγραμμα Zero Emission Carbon (ZEC) που προτείνεται από το εργαστήριο Los Alamos είναι μια ενσωματωμένη διαδικασία παραγωγής ενέργειας με δυνατότητα επίτευξης υψηλής αποδοτικότητας. Η εισαγωγή μιας πειραματικής εγκατάστασης ZEC έγινε το 2005/2006. Ενώ το τρέχον πρόγραμμα ZEC στοχεύει στην εσωτερική αεριοποίηση άνθρακα και την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, η διαδικασία προσφέρει επίσης τη δυνατότητα να παραχθεί υδρογόνο και καθαρό CO₂ από οποιαδήποτε καύσιμο άνθρακα και νερό.

Ηλεκτρόλυση νερού (Water Electrolysis – WEG) [23]: Το νερό ηλεκτρολύεται σε ένα ηλεκτροχημικό κύτταρο για να παραγάγει υδρογόνο και οξυγόνο. Η ηλεκτρόλυση ήταν ο κύριος τρόπος για την παραγωγή υδρογόνου πριν εισαχθεί ο ανασχηματισμός του φυσικού αερίου. Το νερό μπορεί να ηλεκτρολυθεί με συνεχές ρεύμα (DC) με την παρουσία ενός κατάλληλου ηλεκτρολύτη, προκαλώντας τα θετικά φορτισμένα ιόντα υδρογόνου να κινηθούν στην αρνητικά φορτισμένη κάθοδο, όπου δημιουργείται το υδρογόνο. Ομοίως, το οξυγόνο σχηματίζεται στη θετικά φορτισμένη άνοδο.

Άνοδος: $2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{O}_2 + 4 \text{H}^+ + 4 \text{e}^-$

Κάθοδος: $4 \text{H}^+ + 4 \text{e}^- \rightarrow 2 \text{H}_2$

Συνολική αντίδραση: $2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{H}_2 + \text{O}_2$

Τρεις διαφορετικές παραλλαγές της διαδικασίας έχουν αναπτυχθεί για τον ηλεκτρολυτικό διαχωρισμό νερού:

- Οι αλκαλικοί ηλεκτρολύτες νερού είναι σε εμπορική χρήση για πολλά χρόνια και λειτουργούν στην ατμοσφαιρική πίεση, σε χαμηλή πίεση (bar 0-8) ή σε πίεση μέχρι 30 bar.
- Οι ηλεκτρολύτες μεμβρανών ανταλλαγής πρωτονίων (PEM) (αντίστροφη αντίδραση της κυψέλης καυσίμου PEM) χρησιμοποιούν οργανική μεμβράνη αντί αλκαλικού διαλύματος, το οποίο οδηγεί σε σημαντική μείωση όγκου. Οι ηλεκτρολύτες PEM έχουν υψηλότερη απόδοση

όταν λειτουργούν σε σημαντικά υψηλότερες πυκνότητες ρεύματος συγκρινόμενοι με τους προηγμένους αλκαλικούς ηλεκτρολύτες (αλλά οι δαπάνες για το σύστημα είναι ακόμα πολύ υψηλές).

- Η υψηλής θερμοκρασίας ηλεκτρόλυση ατμού γίνεται μεταξύ 700 και 1000°C. Το νερό που διαχωρίζεται, εισάγεται από την πλευρά της καθόδου ως ατμός, ο οποίος διαμορφώνει ένα μίγμα ατμού υδρογόνου κατά τη διάρκεια του ηλεκτρολυτικού διαχωρισμού. Ο διαχωρισμός του ατμού απαιτεί θεωρητικά λιγότερη ηλεκτρική ενέργεια από το διαχωρισμό του νερού. Η ενέργεια που απαιτείται για την εξάτμιση νερού μπορεί να παρασχεθεί από τη θερμική ενέργεια και επιτρέπει έτσι τη χρήση διάφορων πηγών ενέργειας. Η κινητήρια δύναμη για την ανάπτυξη της διαδικασίας ηλεκτρόλυσης υψηλής θερμοκρασίας στη δεκαετία του '80 ήταν η χρησιμοποίηση της θερμότητας των αποβλήτων από τους υψηλής θερμοκρασίας πυρηνικούς αντιδραστήρες για την παραγωγή υδρογόνου, αλλά οι περισσότερες ερευνητικές δραστηριότητες μειώθηκαν σημαντικά από τότε.

Η ηλεκτρόλυση είναι εφαρμόσιμη από λίγα Nm³/h έως 10.000 Nm³/h, και συνεπώς μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αποκεντρωμένη επιτόπια παραγωγή υδρογόνου καθώς επίσης και για συγκεντρωμένες μεγάλης κλίμακας εγκαταστάσεις. Η επιτόπια παραγωγή υδρογόνου μπορεί να χρησιμοποιήσει την υπάρχουσα ηλεκτρική υποδομή και έχει το πλεονέκτημα ότι καμία πρόσθετη υποδομή για τη διανομή υδρογόνου δεν απαιτείται. Λόγω της ευελιξίας τους σε λειτουργία (έναρξη και διακοπή κατόπιν παραγγελίας) οι ηλεκτρολύτες μπορούν να υποστηρίξουν τη διαχείριση φορτίων στο δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας και να διευκολύνουν έτσι την ενσωμάτωση των κυμαινόμενων πηγών ενέργειας.

Αυτές οι μέθοδοι όμως, απαιτούν συμβατικά καύσιμα ως πηγή ενέργειας ή κάποιες φορές έναντι αυτών, χρησιμοποιούν υδροηλεκτρική ενέργεια (Casper, 1978; Cox, 1979; Lodhi, 1987; Sastri, 1989; Rosen, 1998). Συγκεκριμένα, για την παραγωγή υδρογόνου μέσω αναμόρφωσης των υδρογονανθράκων, καταναλώνεται περίπου το 20-30% του παραγόμενου υδρογονάνθρακα και εκλύονται μεγάλες ποσότητες αερίων του «θερμοκηπίου». Το πρόβλημα της ρύπανσης παραμένει και στην περίπτωση της ηλεκτρόλυσης, εφόσον η ηλεκτρική ενέργεια που απαιτείται για την λύση του νερού προς υδρογόνο και οξυγόνο, προέρχεται από ορυκτά καύσιμα. Εάν όμως η ηλεκτρική ενέργεια έχει παραχθεί από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας, τότε κατά την παραγωγή του υδρογόνου εκλύονται μηδενικοί ρύποι.

Στην κατεύθυνση αυτή, η βιομάζα, ως ανανεώσιμη πηγή μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως πρώτη ύλη για την παραγωγή του υδρογόνου, είτε μέσω θερμοχημικών μεθόδων αξιοποίησης (π.χ καύση,

πυρόλυση, υγροποίηση και αεριοποίηση) είτε μέσω βιολογικών διεργασιών (άμεση και έμμεση βιοφωτόλυση του νερού, βιολογική αναγωγή του ατμού με μονοξείδιο του άνθρακα μέσω αντίδρασης αναμόρφωσης με ατμό ή βιολογική water gas shift αντίδραση, καθώς και φωτοετεροτροφική και ετεροτροφική ζυμωτική παραγωγή υδρογόνου) (Levin, 2004).

Κατά την καύση, η αποδιδόμενη ενέργεια είναι χαμηλή ενώ η εκπομπή αερίων του θερμοκηπίου είναι μεγάλη, με αποτέλεσμα να μη θεωρείται ελκυστική τεχνολογία, για την παραγωγή του υδρογόνου. Ως μη υποσχόμενη τεχνολογία, θεωρείται και η υγροποίηση της βιομάζας, εξαιτίας της χαμηλής απόδοσης σε υδρογόνο και των απαιτητικών συνθηκών για την ανάπτυξη και την εφαρμογή της. Έτσι, η πυρόλυση και η αεριοποίηση της βιομάζας θεωρούνται εφικτές τεχνολογίες λαμβάνοντας ιδιαίτερο ερευνητικό ενδιαφέρον (Ni, 2006).

Αεριοποίηση βιομάζας μικρής και μεγάλης κλίμακας [23]: Αυτήν την περίοδο μόνο ένας μικρός αριθμός εγκαταστάσεων επίδειξης είναι σε ισχύ και πολλά ζητήματα πρέπει ακόμα να αντιμετωπιστούν προτού η τεχνολογία μπορέσει να φθάσει σε επαρκή τεχνική απόδοση και ως εκ τούτου να γίνει οικονομικά ανταγωνιστική. Η παραγωγή του υδρογόνου είναι χαμηλή από τη βιομάζα δεδομένου ότι η περιεκτικότητα της σε υδρογόνο είναι χαμηλή και επίσης το ενεργειακό της περιεχόμενο είναι χαμηλό επειδή η βιομάζα περιέχει οξυγόνο σε ποσοστό 40%. Η διαθεσιμότητα της βιομάζας είναι φυσικά ένα κρίσιμο θέμα στην ανάπτυξη μακροπρόθεσμων σεναρίων. Μια προσεγγιστική εκτίμηση προτείνει ότι η συνολική διαθεσιμότητα βιομάζας στις 25 χώρες της Ε.Ε. είναι περίπου 6.600 PJ/a, συμπεριλαμβανομένων των δασικών και βιομηχανικών ξύλινων υπολοίπων, του άχυρου και των ενεργειακών συγκομιδών. Η διαθεσιμότητα βιομάζας στις χώρες της ΕΕ-15 θα ανέλθει σε 7.000 PJ/a το 2050.

Η αεριοποίηση είναι η μετατροπή της βιομάζας σε ένα μίγμα αερίου από τη μερική οξείδωση της βιομάζας σε υψηλές θερμοκρασίες της τάξης των 850-950°C. Το υδρογόνο μπορεί να παραχθεί από την αεριοποίηση προϊόντων με την ίδια διαδικασία του ανασχηματισμού ατμού και της αντίδρασης νερού-αερίου. Δεδομένου ότι τα προϊόντα της αεριοποίησης είναι κυρίως αέρια, αυτή η διαδικασία είναι ευνοϊκότερη για την παραγωγή υδρογόνου από την πυρόλυση. Τα σημαντικότερα προβλήματα της αεριοποίησης βιομαζών είναι ο σχηματισμός της πίσσας και η τέφρα, τα οποία όμως μπορούν να υπερνικηθούν με κατάλληλο σχέδιο αντιδραστήρων και χρήση πρόσθετων ουσιών ή και καταλυτών.

Μια επιλογή αεριοποίησης είναι βασισμένη σε έναν χαμηλής πίεσης, έμμεσα-θερμαινόμενο εξαερωτή, στον οποίο η θερμότητα, η απαραίτητη για την ενδοθερμική αντίδραση αεριοποίησης,

παρέχεται π.χ. από την καυτή άμμο που κυκλοφορεί μεταξύ του καυστήρα και του σωλήνα αεριοποίησης. Μετά από τον καθαρισμό, τα syngas ψύχονται έτσι ώστε να μπορούν να συμπιεστούν στην πίεση που απαιτείται για τη μονάδα προσρόφησης ταλάντευσης πίεσης (PSA). Μετά από την συμπίεση, το αέριο που προέρχεται από τον εξαερωτή (ατμός) ανασχηματίζεται και περνάει μέσω ενός αντιδραστήρα νερού- αερίου για να παραγάγει H₂ και CO₂. Τέλος, το υδρογόνο καθαρίζεται στη PSA πριν από την αποθήκευση και τη διανομή του.

Πυρόλυση βιομάζας (Biomass Pyrolysis – BPY) [23]: Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, η βιομάζα μπορεί να παίξει πολύ σημαντικό ρόλο στην μελλοντική παραγωγή του υδρογόνου, και αναπόφευκτα θα οδηγηθούμε σε τρόπους παραγωγής υδρογόνου που δεν εκπέμπουν αέρια του θερμοκηπίου. Εκτός από την αεριοποίηση, μια ακόμη μέθοδος που εξετάζεται είναι και η πυρόλυση βιομάζας. Αντί της άμεσης αεριοποίησης, μια γρήγορη πυρόλυση βιομάζας μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να παραγάγει ένα υγρό ενδιάμεσο προϊόν αποκαλούμενο bio-oil, από το οποίο μπορεί να παραχθεί υδρογόνο με ανασχηματισμό του ατμού μετά από έναν διαχωρισμό παραπροϊόντων. Η βιομάζα αρχικά ξεραινεται και έπειτα μετατρέπεται σε bio-oil από την πολύ γρήγορη έκθεση στα θερμάμενα μόρια σε ρευστοποιημένο περιβάλλον:

Biomass + Energy → Bio-oil + Char + Gas

Ο προσροφητικός άνθρακας και τα αέρια που παράχθηκαν καίγονται για να παρέχουν θερμότητα στον αντιδραστήρα, ενώ το bio-oil ψύχεται και συμπυκνώνεται. Ο καταλυτικός ανασχηματισμός ατμού του bio-oil πραγματοποιείται σε θερμοκρασία 750-850°C σε καταλύτη βασισμένο στο νικέλιο.

Η έννοια της γρήγορης πυρόλυσης που συνδυάζεται με τον ανασχηματισμό ατμού αναμένεται να έχει πλεονεκτήματα σε σχέση με την παραδοσιακή αεριοποίηση. Το bio-oil είναι πολύ ευκολότερο να μεταφερθεί από τη στερεή βιομάζα, προσφέροντας έτσι δυνατότητα να παραχθεί σε μικρότερες εγκαταστάσεις πιο κοντά στις πηγές βιομάζας, με συνέπεια χαμηλότερα κόστη αποθεμάτων. Το bio-oil στέλνεται έπειτα με φορτηγά στη μονάδα παραγωγής υδρογόνου. Είναι πιο οικονομικό να παραχθεί το bio-oil σε μακρινές θέσεις και να μεταφερθεί έπειτα, δεδομένου ότι η ενεργειακή του πυκνότητά είναι μεγαλύτερη από της βιομάζας. Ένα δεύτερο πλεονέκτημα είναι η πιθανή παραγωγή και αποκατάσταση παραπροϊόντων υψηλής αξίας από το bio - oil. Το μέρος που προέρχεται από λιγνίτη μπορεί να χωριστεί από το bio-oil και να χρησιμοποιηθεί ως υποκατάστατο φαινολών στις κόλλες φαινόλης-φορμαλδεΐδης, ενώ το μέρος που προέρχεται από υδατάνθρακες ανασχηματίζεται καταλυτικά για να παράγει υδρογόνο.

Αυτή τη στιγμή, το ποσό υγρών που παράγονται από βιομάζα και είναι διαθέσιμα για ανασχηματισμό είναι μάλλον περιορισμένο, αλλά ένας βιώσιμος τρόπος να αυξηθεί η παραγωγή του υδρογόνου σε ένα εργοστάσιο βασισμένο στη βιομάζα είναι ο ανασχηματισμός του υγρού της πυρόλυσης με το φυσικό αέριο.

4.4.2 Τρόποι Αποθήκευσης Υδρογόνου

Εάν το υδρογόνο χρησιμοποιηθεί ευρέως ως μελλοντικός ενεργειακός μεταφορέας, η αποθήκευσή του θα απαιτηθεί για να ικανοποιήσει τις απαιτήσεις για καύσιμα, όπως συμβαίνει για το φυσικό αέριο και τη βενζίνη σήμερα. Αυτό περιλαμβάνει την αποθήκευση μεγάλης, ενδιάμεσης και μικρής κλίμακας. Το υδρογόνο είναι αέριο στις περιβαλλοντικές θερμοκρασίες και πιέσεις, αλλά μπορεί να αποθηκευτεί ως αέριο, υγρό ή στερεό.

Αποθήκευση υδρογόνου στο όχημα: Τα διαφορετικά συστήματα αποθήκευσης ανταγωνίζονται για την αποθήκευση υδρογόνου επί των οχημάτων και μπορούν να χρησιμοποιήσουν υγρό ή αέριο υδρογόνο ή μεταλλικά υδρίδια. Το *υγρό υδρογόνο* αποθηκεύεται σε ένα μονωμένο σκεύος στους -253°C. Η αποθήκευση υδρογόνου επί του οχήματος με *αέρια μορφή* είναι αυτήν την περίοδο η απλούστερη, τεχνικά ώριμη και φτηνότερη μέθοδος αποθήκευσης. Οι δεξαμενές συμπιεσμένου H₂ με πιέσεις που κυμαίνονται από 35 μέχρι 70MPa περίπου έχουν χρησιμοποιηθεί παγκοσμίως. Αυτά τα συστήματα δεξαμενών έχουν επιδείξει ένα 12% σε βάρος αποθήκευσης υδρογόνου στα 70MPa, μαζί με έναν παράγοντα ασφάλειας 2.35 (πίεση έκρηξης 158MPa) όπως απαιτείται από τις ευρωπαϊκές προδιαγραφές του προγράμματος υδρογόνου. Η υψηλή πίεση 70 MPa συμπιεσμένου αερίου φαίνεται να είναι βραχυπρόθεσμα η πιο ικανοποιητική τεχνολογία όταν λαμβάνονται υπόψη παράγοντες όπως οι περιορισμοί όγκου και η μέση ενεργειακή αποδοτικότητα [11,23].

Τα συστήματα αποθήκευσης μεταλλικών υδριδίων βασίζονται στην αρχή ότι κάποια μέταλλα απορροφούν το αέριο υδρογόνο κάτω από υψηλές πιέσεις και συνήθης θερμοκρασίες σχηματίζοντας ενώσεις οι οποίες είναι τα μεταλλικά υδρίδια (στερεά). Τα μεταλλικά υδρίδια απελευθερώνουν αέριο υδρογόνο όταν θερμανθούν σε χαμηλές πιέσεις και σχετικά υψηλές θερμοκρασίες. Κατά μια έννοια τα μέταλλα συστέλλονται και απελευθερώνουν το υδρογόνο σαν ένα σφουγγάρι. Επειδή το υδρογόνο που απελευθερώνεται κατά αυτό τον τρόπο έχει χαμηλή πίεση, ενώ η όλη διαδικασία αποφεύγει πολύ υψηλές πιέσεις ή πολύ χαμηλές θερμοκρασίες, η μέθοδος αυτή αποθήκευσης κρίνεται η πιο ασφαλείς. Συνήθη κράματα που χρησιμοποιούνται για αυτό το σκοπό είναι του μαγνησίου, του νικελίου, του σιδήρου και του τιτανίου. Κάποια από τα

μειονεκτήματα των μεταλλικών υδριδίων είναι το μεγάλο βάρος που πρέπει να έχουν ώστε να συγκρατούν ικανοποιητική ποσότητα υδρογόνου κάνοντας αυτές τις κατασκευές να έχουν μεγάλο κόστος, ενώ η φόρτισή τους με μη καθαρό υδρογόνο μειώνει πολύ τη δυνατότητα αποθήκευσής τους. Δυστυχώς κανένα μεταλλικό υδρίδιο δεν έχει πολύ καλή απόδοση σε όλους τους τομείς.

Αποθήκευση υδρογόνου μεγάλης κλίμακας: Η αποθήκευση μεγαλύτερων ποσοτήτων υγρού υδρογόνου μπορεί να είναι απαραίτητη είτε στις εγκαταστάσεις υδροποίησης είτε στα κέντρα διανομής, όπως π.χ. στους σταθμούς τροφοδότησης καυσίμων. Το υδρογόνο είναι υγρό σε χαμηλές θερμοκρασίες $\sim 20 \text{ K}$ ($- 253^\circ\text{C}$) στα 0.1 MPA . Επομένως οι δεξαμενές αποθήκευσης πρέπει να είναι από ανθεκτικά στο κρύο υλικά ή από κράματα χαλύβων ή από αμέταλλα υλικά. Εάν υπάρχει οποιαδήποτε αύξηση στη θερμοκρασία, το υδρογόνο εξατμίζεται και αυξάνει την πίεση στην δεξαμενή. Για να αποφύγουν τις υψηλές πιέσεις, οι δεξαμενές συνήθως σχεδιάζονται ως ανοικτά συστήματα. Για να ελαχιστοποιηθεί η εξάτμιση, τα συστήματα υγρής αποθήκευσης είναι εξαιρετικά μονωμένα: η κενή μόνωση και η πολυστρωματική μόνωση εφαρμόζονται για να περιορίσουν τη μεταφορά αγωγίμης και με ακτινοβολία θερμότητας στο υγρό. Εντούτοις, μερικές απώλειες είναι αναπόφευκτες και η εξάτμιση είναι ο σημαντικότερος παράγοντας [11,23].



Εικόνα 15: Αποθήκευση υγρού υδρογόνου (Linde AG, Γερμανία)

Το αέριο υδρογόνου αποθηκεύεται σε δεξαμενές πίεσης. Διαφορετικοί τύποι δεξαμενών πίεσης λειτουργούν σήμερα. Οι σωληνοειδείς δεξαμενές μπορούν να λειτουργούν σε υψηλή πίεση. Τα υλικά χαρακτηριστικά περιορίζουν το μέγεθος των σωλήνων καθώς το πάχος των τοίχων αυξάνεται με το φυσικό όγκο της δεξαμενής. Σήμερα η συνηθέστερα χρησιμοποιημένη βιομηχανική μέθοδος

αποθήκευσης για το υδρογόνο είναι οι κυλινδρικές δεξαμενές χάλυβα των 5-7MPa. Περίπου 6% -7% της αποθηκευμένης ενέργειας χρησιμοποιείται για να συμπιέσουν το υδρογόνο. Για στάσιμες εφαρμογές, το υδρογόνο μπορεί επίσης να αποθηκευτεί σε γκαζόμετρα, τα οποία έχουν χρησιμοποιηθεί στο παρελθόν για άλλα αέρια. Ο φυσικός όγκος αποθήκευσης ενός γκαζομέτρου είναι περίπου 350.000m³ ή ακόμα και υψηλότερος. Επίσης το αέριο υδρογόνου μπορεί να αποθηκευτεί υπόγεια υπό πίεση. Η υπόγεια τεχνική αποθήκευσης του αερίου είναι βασισμένη στην απλή αρχή που είναι τόσο αρχαία όσο οι γεωλογικές παγίδες που έχουν κρατήσει και έχουν περιορίσει αποθέματα αερίου βαθιά κάτω από το έδαφος ή τη θάλασσα για εκατομμύρια έτη.

4.4.3 Μεταφορά Υδρογόνου

Η μεταφορά αναφέρεται στην παράδοση του υδρογόνου από κεντρικές εγκαταστάσεις παραγωγής σε ένα ενιαίο σημείο. Η οδική μεταφορά αερίου και υγρού υδρογόνου εφαρμόζεται συνήθως στη βιομηχανία σήμερα. Οι ειδικής χρήσης δεξαμενές τοποθετούνται σε ρυμουλκά που κινούνται με συμβατικά φορτηγά. Η ικανότητα μεταφοράς των δύο τύπων φορτηγών είναι σημαντικά διαφορετική. Τα κρουγόνα βυτιοφόρα είναι σε θέση σήμερα να μεταφέρουν περίπου 3.5 τόνους υδρογόνου, το οποίο είναι περίπου δέκα φορές περισσότερο από την χωρητικότητα των συμβατικών ρυμουλκών αερίου υδρογόνου. Τα βυτιοφόρα συμπιεσμένου αερίου υδρογόνου έχουν περιορισμένη χωρητικότητα λόγω του βάρους των σύγχρονων δεξαμενών πίεσης. Είναι πιθανό να εφαρμοστεί μια διαφορετική ροή στην οδική μεταφορά του αερίου υδρογόνου έναντι της μεταφοράς υγρού υδρογόνου. Ενώ τα κρουγόνα βυτιοφόρα μπορούν να αδειάσουν υδρογόνο όπως και οποιοδήποτε άλλο υγρό, η εκφόρτωση αερίου υδρογόνου απαιτεί περισσότερο χρόνο. Επομένως προτείνεται να τοποθετηθούν ρυμουλκά στους σταθμούς τροφοδότησης καυσίμου και να χρησιμοποιηθεί η δεξαμενή ως μέσο αποθήκευσης. Αυτό υπονοεί ότι ο αριθμός ρυμουλκών αερίου υδρογόνου θα διπλασιαστεί τουλάχιστον. Στο μέλλον, η οδική μεταφορά υδρογόνου θα χρησιμοποιηθεί για να παρέχει υδρογόνο σε σταθμούς ανεφοδιασμού καυσίμου.

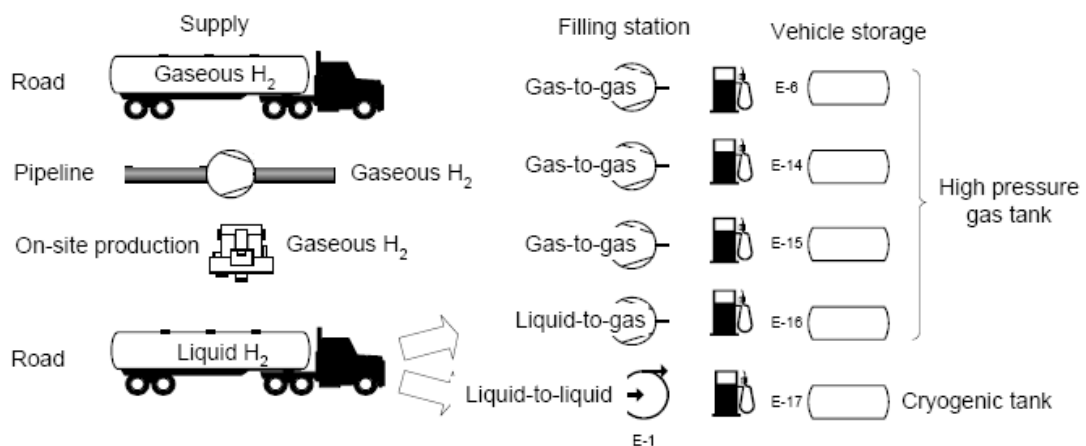
Το υγρό υδρογόνο μπορεί να μεταφερθεί και χιλιάδες χιλιόμετρα πάνω σε μεγάλα πλοία. Οι θαλάσσιες μεταφορές υγρού υδρογόνου μπορούν να εφαρμοστούν για να συνδέσουν περιοχές υψηλών δυνατοτήτων ανανεώσιμης ενέργειας με κέντρα υψηλής ζήτησης όπως την Ευρώπη.

Οι σωληνώσεις είναι αποτελεσματικές για μεγάλες ροές υδρογόνου. Κατά μήκος της διοχέτευσης με σωλήνες σε καθορισμένες αποστάσεις υπάρχει ένας συμπιεστής εγκατεστημένος, ο οποίος ανυψώνει την πίεση στο σωλήνα. Το αέριο ρέει από την υψηλή πίεση προς την χαμηλή, χάνοντας

ένα συγκεκριμένο ποσό ενέργειας λόγω τριβής. Οι σωληνώσεις υδρογόνου είναι σε γενικές γραμμές παρόμοιες με τους αγωγούς φυσικού αερίου. Λόγω του μικρού μεγέθους του μορίου H^2 , διαφορετικές βαλβίδες και συμπιεστές πρέπει να χρησιμοποιηθούν. Οι σωληνώσεις υδρογόνου είναι σήμερα σε λειτουργία σε διάφορες περιοχές των ΗΠΑ, του Καναδά και της Ευρώπης με μήκος περίπου 720χλμ στις ΗΠΑ και 1.500χλμ στην Ευρώπη [11,23].

4.4.4 Διανομή του Υδρογόνου

Ο τομέας των οδικών μεταφορών μπορεί να εφοδιαστεί με υδρογόνο μέσω των πρατηρίων υδρογόνου παρόμοιων με τα σημερινά πρατήρια καυσίμων. Στα πρατήρια καυσίμου υδρογόνου παρέχεται αέριο ή υγρό H^2 προερχόμενο από οδικές μεταφορές ή αέριο H^2 , προερχόμενο από το δίκτυο σωληνώσεων ή παράγουν υδρογόνο επί τόπου. Υπάρχει επίσης και η ανάγκη των οχημάτων υγρό και αέριο υδρογόνο να αποθηκευτούν και να χρησιμοποιηθούν εν κίνηση. Έτσι, οι ακόλουθοι συνδυασμοί είναι κατανοητοί [23]:



Εικόνα 16: Τρόποι εφοδιασμού πρατηρίων καυσίμου υδρογόνου

Τα βασισμένα σε αέριο υδρογόνο πρατήρια καυσίμων παρέχουν συμπιεσμένο H^2 για να χρησιμοποιηθεί από τα οχήματα. Το υδρογόνο παρέχεται σε χαμηλή πίεση με διακύμανση από 1-16MPa στο σύστημα διανομής. Ανάλογα με το σύστημα αποθήκευσης του οχήματος, το αέριο H^2

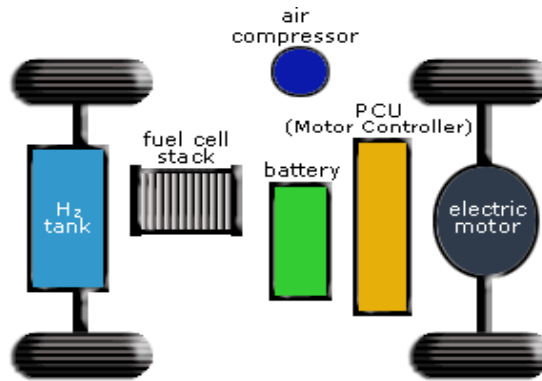
πρέπει να συμπιεστεί σε πιέσεις πάνω από το επίπεδο πίεσης της επί του οχήματος δεξαμενής, π.χ. σήμερα περίπου 45MPa για συστήματα δεξαμενών 35MPa και στο μέλλον 88MPa προκειμένου να γεμιστεί ένα σύστημα δεξαμενών 70MPa. Οι διανομείς για το συμπιεσμένο υδρογόνο λειτουργούν παρόμοια με εκείνους των συμβατικών βενζινάδικων. Διαφορετικά τεχνικά συστήματα χρησιμοποιούνται σήμερα για τα πρατήρια καυσίμων αέριο-σε-αέριο υδρογόνο. Είναι δυνατό να αποφευχθεί μια συσκευή υψηλής αποθήκευσης σε χαμηλές χωρητικότητες με τη χρήση ενός συμπληρωματικού συμπιεστή.

Τα βασισμένα σε υγρό υδρογόνο πρατήρια καυσίμων μπορούν να παρέχουν υγρό ή συμπιεσμένο αέριο H₂ στα οχήματα, είτε συνδυασμό και των δύο. Το υγρό υδρογόνο παρέχεται με βυτιοφόρα από τις κεντρικές εγκαταστάσεις υδροποίησης και αποθηκεύεται στις κρυογόνες δεξαμενές στο σταθμό. Για την υγρή διανομή, το LH₂ αντλείται στη δεξαμενή οχημάτων όπως γίνεται με τη βενζίνη ή το diesel, εντούτοις απαιτείται εξειδικευμένος κρυογόνος εξοπλισμός πλήρωσης. Για την διανομή αέριου υδρογόνου, το LH₂ συμπιέζεται σε περίπου 45MPa (σήμερα) ή 88MPa (μέλλον) και ατμοποιείται στη συνέχεια.

4.4.5 Fuel Cell Οχήματα (FCV's)

Αν και δεν αναμένονται να φθάσουν στη μαζική αγορά πριν από το 2020, τα fuel-cell οχήματα (FCVs) μπορούν στο προσεχές μέλλον να συμβάλλουν στη βελτίωση της οδικής μεταφοράς. Όπως προαναφέρθηκε, αυτή η νέα τεχνολογία έχει τη δυνατότητα να μειώσει σημαντικά την ενεργειακή χρήση και τις επιβλαβείς εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, καθώς επίσης και την εξάρτησή από το πετρέλαιο.

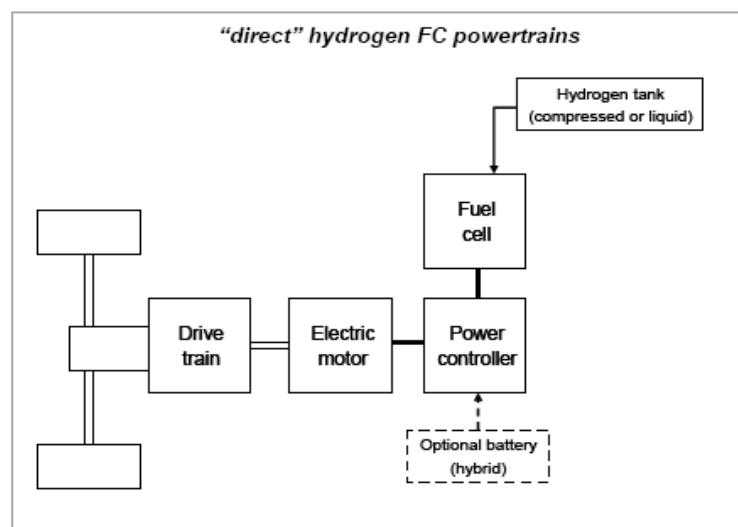
Τα FCVs αντιπροσωπεύουν μια ριζική απομάκρυνση από οχήματα με συμβατικές μηχανές εσωτερικής καύσης. Όπως τα οχήματα με ηλεκτρική μπαταρία, τα FCVs κινούνται με ηλεκτρικούς κινητήρες. Αλλά ενώ τα οχήματα με ηλεκτρική μπαταρία χρησιμοποιούν ηλεκτρική ενέργεια από εξωτερική πηγή (και την αποθηκεύουν σε μπαταρία), τα FCVs δημιουργούν την ηλεκτρική ενέργεια που τους χρειάζεται. Οι κυψέλες καυσίμου (fuel-cells) του οχήματος δημιουργούν την ηλεκτρική ενέργεια μέσω μιας χημικής διαδικασίας χρησιμοποιώντας καύσιμο υδρογόνο και οξυγόνο από τον αέρα [11, 2,19].



Εικόνα 17: Τα βασικά μέρη ενός fuel cell συστήματος

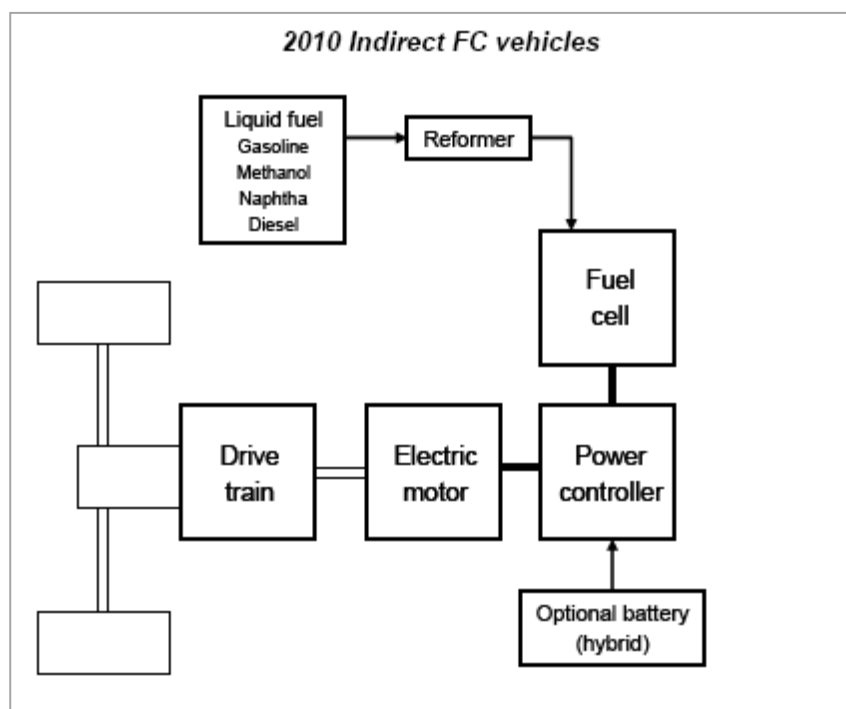
Τα FCVs μπορούν να εφοδιαστούν με καθαρό αέριο υδρογόνο αποθηκευμένο σε δεξαμενές υψηλής πίεσης, εντός του οχήματος. Μπορούν επίσης να εφοδιαστούν με καύσιμα πλούσια σε υδρογόνο όπως η μεθανόλη, το φυσικό αέριο, ή ακόμα και η βενζίνη.

Άμεσος εφοδιασμός: Το υδρογόνο μπορεί να βρίσκεται στο όχημα είτε με συμπιεσμένη μορφή σε ένα υψηλής πίεσης σκεύος, είτε με υγρή μορφή σε μια κρυογόνου δεξαμενή. Αν και έχει χρησιμοποιηθεί ως πρότυπο η πίεση των 35MPa, αναμένεται ότι θα επικρατήσει η πίεση των 70MPa [23]. Εάν τροφοδοτείται άμεσα με υδρογόνο δεν εκπέμπεται κανένας ρύπος στο σημείο της χρήσης.



Σχήμα 12: Απεικόνιση του άμεσου εφοδιασμού

Έμμεσος εφοδιασμός: Μια λύση για την υποδομή υδρογόνου και τη σειρά ζητημάτων και προκλήσεων που προκύπτουν είναι η παραγωγή υδρογόνου από υγρά καύσιμα επί του οχήματος. Τέτοια οχήματα εξοπλίζονται με μικρής κλίμακας reformers, ικανούς να μετατρέψουν τη βενζίνη, τη μεθανόλη ή ακόμα και το diesel σε υδρογόνο, με το οποίο έπειτα εφοδιάζουν τις κυψέλες καυσίμου [23]. Αυτά τα οχήματα αντιπροσωπεύουν μια απολύτως διαφορετική προσέγγιση που συνδυάζει την επί του οχήματος παραγωγή και χρήση υδρογόνου. Τα πλεονεκτήματα της αποφυγής της διανομής και της αποθήκευσης του υδρογόνου επί του οχήματος αντισταθμίζονται από την πολύ μεγαλύτερη πολυπλοκότητα του οχήματος, την πρόκληση δημιουργίας ενός μικρού και αποδοτικού reformer, από το σύστημα ελέγχου που περιλαμβάνει τον reformer και την πρόσθετη μάζα οχήματος.



Σχήμα 13: Απεικόνιση του έμμεσου εφοδιασμού

Επιπλέον, τα FCVs μπορούν να είναι δύο φορές αποδοτικότερα από τα συμβατικά οχήματα και μπορούν επίσης να ενσωματώσουν άλλες προηγμένες τεχνολογίες για να αυξήσουν την αποδοτικότητά τους (π.χ. σύστημα φρεναρίσματος ανάκτησης ενέργειας).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΝΑΡΤΗΣΗΣ – ΠΕΔΗΣΗΣ

5.1 Υποσύστημα Ανάρτησης Οχήματος

Η ανάρτηση είναι ένα είδος ελαστικού συνδέσμου που διαχωρίζει τις αναρτημένες (πλαίσιο, επιβάτες) με τις μη αναρτημένες μάζες (τροχούς) ενός οχήματος. Δρα καταλυτικά στην οδική συμπεριφορά του αυτοκινήτου και αποτελεί θεμελιώδες κομμάτι του σχεδιασμού ενός οχήματος.

Ο κύριος σκοπός των αναρτήσεων είναι η απόσβεση κραδασμών. Κάθε σύστημα ανάρτησης αποτελείται από ένα σύνολο μηχανικών αρθρώσεων και συναρμογών που συνεργάζονται με ελατήρια και αμορτισέρ και λειτουργούν για να ελέγξουν την κατακόρυφη ταλάντωση των τροχών. Τα βασικά μέρη ενός συστήματος ανάρτησης είναι:

1. Ελατήριο
2. Αποσβεστήρας (αμορτισέρ, κυρίως υδραυλικά δηλ. λαδιού)
3. Ράβδοι και βραχίονες – Ψαλίδια
4. Διάφοροι ελαστικοί σύνδεσμοι (σινεμπλοκ)

Οι αναρτήσεις χωρίζονται σε σκληρές και μαλακές, πράγμα που εξαρτάται από το είδος του ελατηρίου που χρησιμοποιείται. Η συμπεριφορά των σκληρών ελατηρίων είναι πιο απότομη λόγω της γρήγορης απόσβεσης και γίνεται αισθητή από τους επιβάτες. Για μια πιο ήπια απόσβεση, χρησιμοποιούνται τα μαλακά ελατήρια, τα οποία αποσβένουν πιο «απαλά» τους κραδασμούς και η απόσβεση δε γίνεται εύκολα αντιληπτή από τους επιβάτες. Τα πιο δημοφιλή ελατήρια είναι τα ελικοειδή.

Τα αμορτισέρ παίζουν βασικό ρόλο στη διάταξη μιας ανάρτησης και ανήκουν στα λεγόμενα "ελαστικά στοιχεία" της ανάρτησης, αφού έχουν την ιδιότητα να συμπιέζονται και να επανέρχονται στην αρχική τους κατάσταση. Όταν ο τροχός συναντήσει ένα εμπόδιο, το ελατήριο που περιβάλλει συνήθως το αμορτισέρ, συμπιέζεται γρήγορα. Το αμορτισέρ φροντίζει ουσιαστικά ώστε η ταλάντωση του ελατηρίου να παραμείνει ελεγχόμενη, προκειμένου να μην παρουσιαστούν ανεπιθύμητα φαινόμενα συμπεριφοράς του αμαξώματος.

Ο δεύτερος αλλά εξίσου σημαντικός ρόλος του αμορτισέρ είναι η παρεχόμενη προς τους επιβάτες άνεση. Σε συνεργασία με το ελατήριο (κάποιες φορές δεν υπάρχει ελατήριο μαζί), απορροφά την ενέργεια που παράγεται από την επαφή με τις ανωμαλίες του οδοστρώματος και μεταφέρει στο πλαίσιο και στην καμπίνα των επιβατών μικρότερο ποσοστό κραδασμών. Σημαντική συμβολή έχουν τα αμορτισέρ, ακόμη και στη διαδικασία της πέδησης. Η σωστή λειτουργία τους και η αρμονική συνεργασία με τα ελατήρια βελτιώνουν την κατανομή του βάρους και την απόσταση φρεναρίσματος [39,40].

Τα «ψαλίδια» της ανάρτησης χρησιμοποιούνται για τη στήριξη της στο πλαίσιο (σασί) του αυτοκινήτου. Οι αναρτήσεις μπορεί να φέρουν ένα (γόνατο Μακ Φέρσον) ή και περισσότερα ψαλίδια. Η αναρτήσεις με περισσότερα ψαλίδια μας εξασφαλίζουν πολύ καλό κράτημα, αλλά αποτελούνται από περισσότερα εξαρτήματα και συνδέσεις. Αυτό σημαίνει ότι έχουν περισσότερο βάρος και ίσως δημιουργείται και παραπάνω θόρυβος από τις συνδέσεις των αρθρώσεων σε αντίθεση με μία ανάρτηση που φέρει μόνο ένα ψαλίδι. Τέλος, τα σινεμπλόκ στηρίζουν το ψαλίδι στο πλαίσιο και το επιτρέπουν δύο ελευθερίες κινήσεων, προς τα πάνω και προς τα κάτω [40].

Οι πιο δημοφιλείς διατάξεις που εφαρμόζονται σήμερα είναι τα γόνατα Μακ – Φέρσον και οι άξονες πολλαπλών συνδέσεων.



Εικόνα 18: Απεικόνιση γόνατου Μακ Φέρσον

Γόνατο Μακ-Φέρσον: Πρόκειται για ανεξάρτητο σύστημα ανάρτησης που συναντάμε κυρίως στον μπροστινό άξονα. Είναι ένας μηχανισμός που συνδυάζει ελατήριο και αμορτισέρ. Στο επάνω άκρο του συνδέεται με εύκαμπτη άρθρωση με το πλαίσιο ενώ κάτω συνδέεται με ένα ψαλίδι βάσης το οποίο παραλαμβάνει τις δυνάμεις επιτάχυνσης και επιβράδυνσης. Είναι δημοφιλές ως εφαρμογή, γιατί είναι αξιόπιστο, απλό κατασκευαστικά, έχει χαμηλό κόστος και εξοικονομεί χώρο [39].

Ανάρτηση πολλαπλών συνδέσεων: Η πολλαπλών συνδέσεων είναι η πιο εξελιγμένη μορφή ανάρτησης που χρησιμοποιείται, πλέον, στα περισσότερα σύγχρονα αυτοκίνητα, από τη μικρομεσαία κατηγορία και πάνω. Είναι μία πολύπλοκη διάταξη με συνολικά πέντε ή παραπάνω βραχίονες, η οποία εξασφαλίζει, θεωρητικά, την άψογη και συνεχή επαφή του ελαστικού με το δρόμο. Πλεονέκτημα, λοιπόν, αποτελεί η οδική συμπεριφορά, μειονέκτημα είναι το αυξημένο κόστος εξέλιξης και εφαρμογής, αλλά και ο περισσότερος χώρος που απαιτείται και ο οποίος καταναλώνεται από το διαμέρισμα των επιβατών και των χώρου των αποσκευών. Αυτήν τη στιγμή θεωρείται η καλύτερη λύση, ειδικά για πίσω ανάρτηση, καθώς ελέγχει με τον καλύτερο τρόπο τις κινήσεις και γωνίες των τροχών [39].

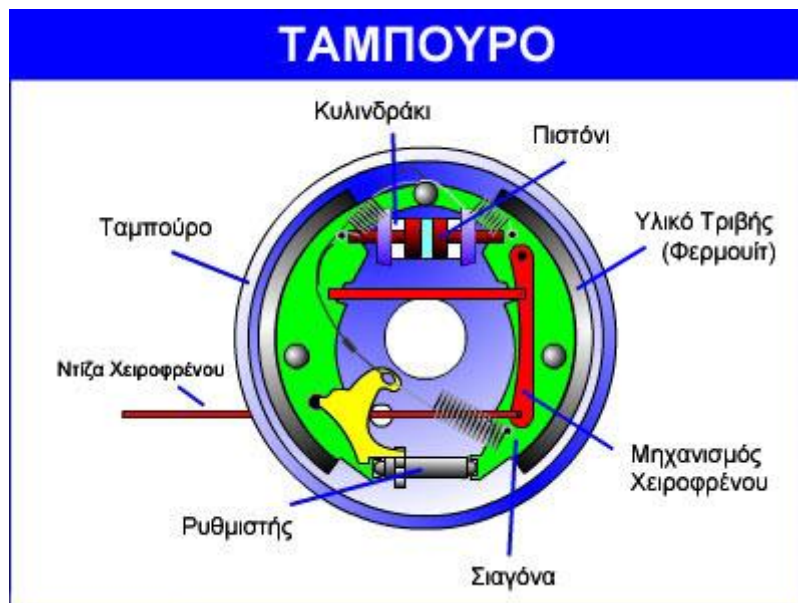
5.2 Υποσύστημα Πέδησης Οχήματος

Το σύστημα πέδησης ανήκει στα συστήματα ενεργητικής ασφάλειας του αυτοκινήτου. Είναι ένα από τα πλέον καθοριστικά συστήματα του αυτοκινήτου για την ασφαλή κίνησή του. Το σύστημα πέδησης επιτρέπει στον οδηγό να μειώνει την ταχύτητα του οχήματος, να το ακινητοποιεί σε κατάλληλη απόσταση και χρόνο και να το κρατά σταματημένο ανεξάρτητα από την κλίση του δρόμου. Η απόσταση ακινητοποίησης ενός οχήματος εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, όπως το υλικό, το είδος του συστήματος πέδησης, τα ελαστικά του αυτοκινήτου, τις περιβαλλοντικές συνθήκες και την κατάσταση του οδοστώματος. Επίσης, ιδιαίτερα σημαντικός παράγοντας είναι η αντοχή στην έντονη και συνεχή καταπόνηση.

Τα είδη των συστημάτων πέδησης που χρησιμοποιούνται σήμερα διακρίνονται σε κύρια και βοηθητικά συστήματα πέδησης. Τα κύρια συστήματα πέδησης είναι εκείνα που έχουν σαν βασικό προορισμό την μείωση της ταχύτητας και την ακινητοποίηση του οχήματος. Τα πιο διαδεδομένα σήμερα είναι τα υδραυλικά φρένα (δισκόφρενα – ταμπούρα) και θα αναπτυχθούν λεπτομερέστερα στις επόμενες παραγράφους. Βοηθητικά συστήματα πέδησης είναι εκείνα που ενισχύουν την προσπάθεια του οδηγού για την καλύτερη συνολική απόδοση. Από τα συστήματα αυτά δημοφιλές

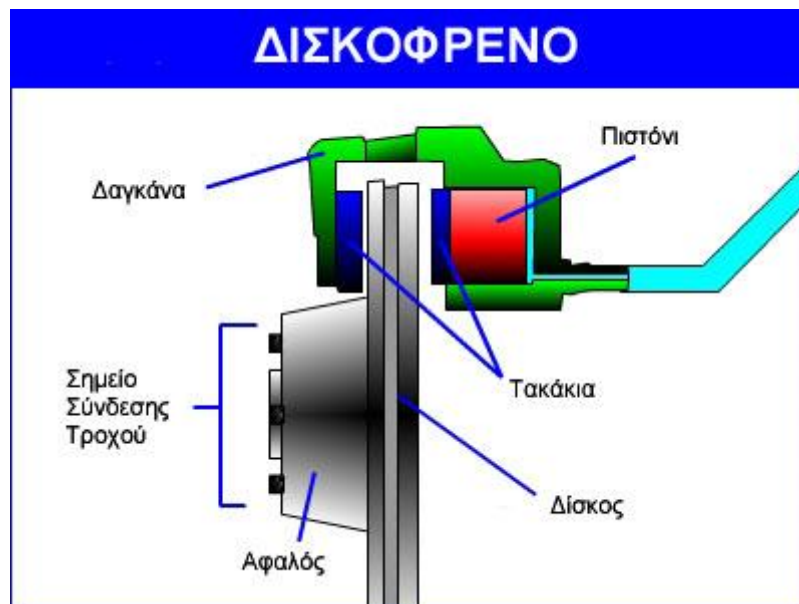
έχει υπάρξει το σύστημα αντιμπλοκαρίσματος (ABS), το οποίο και θα αναλυθεί παρακάτω. Γενικότερα, το ABS χρησιμοποιείται για την αποφυγή μπλοκαρίσματος των τροχών σε απότομα φρεναρίσματα καθώς και σε ολισθηρά οδοστρώματα. Έτσι βοηθάει το όχημα να παραμένει σταθερό στην πορεία του, πράγμα πολύ σημαντικό.

Ταμπούρα: Τα ταμπούρα τοποθετούνται μόνο στους πίσω τροχούς, γιατί οι πιέσεις που ασκούνται σε αυτούς κατά τη διάρκεια ενός φρεναρίσματος είναι πολύ μικρότερες από αυτές των μπροστινών τροχών. Υπάρχουν συνήθως σε χαμηλού κυβισμού αυτοκίνητα και η κατασκευή τους είναι ιδιαίτερα απλή και χαμηλού κόστους. Αυτό το σύστημα βασικά αποτελείται από το τύμπανο, τις σιαγόνες και τα ελατήρια επαναφοράς. Το τύμπανο αποτελεί το κάλυμμα του συστήματος, οι σιαγόνες αναλαμβάνουν την επιβράδυνση του τροχού μέσω της τριβής που ασκούν στο εσωτερικό του τύμπανου και τα ελατήρια επαναφοράς έλκουν τις σιαγόνες προς τον άξονα περιστροφής του τροχού. Η απόδοσή τους είναι μικρότερη των δίσκων και αναπτύσσουν ευκολότερα αυξημένη θερμοκρασία.



Δισκόφρενα: Τα δισκόφρενα είναι ένα σύστημα πέδησης το οποίο διαθέτουν τα περισσότερα οχήματα στους εμπρός τροχούς τους. Τόσο το υλικό των δισκόφρενων, όσο και η κατασκευή τους ποικίλουν ανάλογα με το αυτοκίνητο. Το σύστημα των δισκόφρενων διαθέτει μια σταθερή δαγκάνα και ένα έμβολο που από κοινού περιβάλλουν το δίσκο. Με το πάτημα του πεντάλ του

φρένου το έμβολο ασκεί πίεση στέλνοντας ένα υγρό με συγκεκριμένες προδιαγραφές και χημικές ιδιότητες στη δαγκάνα. Η δαγκάνα με τη σειρά της πιέζει τα τακάκια και αυτά το δίσκο μετατρέποντας την ενέργεια των φρένων σε θερμότητα και ακινητοποιώντας το αυτοκίνητο. Όταν το πεντάλ του φρένου δεν είναι πατημένο, τα τακάκια βρίσκονται πολύ κοντά με το δίσκο (από 0,1 έως 0,15 χλστ.) έτσι ώστε με το παραμικρό πάτημα του πεντάλ η απόκριση να είναι άμεση.



Οι περισσότερες δισκόπλακες κατασκευάζονται από χυτοσίδηρο, ο οποίος έχει χαμηλό κόστος και ικανοποιητική απόδοση αλλά μεγάλο βάρος. Οι οπές χρησιμοποιούνται για τη στήριξη στον άξονα του οχήματος. Μέσα από τις οπές διέρχονται τα σπειρώματα (μπουζούνια) και με τα κατάλληλα περικόχλια η δισκόπλακα στηρίζεται πάνω στον άξονα [40].



Εικόνα 19: Αριστερά απεικονίζεται δισκόφρενο και δεξιά ταμπούρο

Εκτός από τους "απλούς" δίσκους, υπάρχουν οι αεριζόμενοι οι οποίοι κατασκευάζονται σε διάφορους τύπους. Η συνηθέστερη μορφή αεριζόμενων δίσκων είναι αυτοί που αποτελούνται από δύο παράλληλους δίσκους οι οποίοι ενώνονται μέσω νευρώσεων που έχουν σκοπό να μεταφέρουν γρήγορα τη θερμοκρασία στο περιβάλλον. Άλλοι τύποι είναι οι τρυπητοί, οι χαρακτοί ή και ο συνδυασμός αυτών των δύο, οι οποίοι έχουν το πλεονέκτημα του μικρότερου βάρους και της ευκολότερης απαγωγής της θερμότητας.



Εικόνα 20: Αεριζόμενα δισκόφρενα

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως το υλικό κατασκευής των περισσότερων δίσκων είναι ο χυτοσίδηρος, ο οποίος έχει το μειονέκτημα του αυξημένου βάρους. Αυτό οδήγησε τους κατασκευαστές στην αναζήτηση νέων υλικών κατασκευής. Παράδειγμα αποτελούν τα ανθρακονήματα τα οποία είναι περίπου 4 φορές ελαφρύτερα από το χυτοσίδηρο και έχουν καλύτερο συντελεστή τριβής, ενώ είναι εξαιρετικά ανθεκτικά σε υψηλές θερμοκρασίες. Όμως η χρήση τους δεν ενδείκνυται για καθημερινή χρήση γιατί υπάρχει μεγάλη φθορά του υλικού, ενώ ο επιθυμητός συντελεστής τριβής του υλικού καθίσταται εφικτός σε θερμοκρασίες άνω των 200 βαθμών Κελσίου. Ένα άλλο νέο υλικό κατασκευής δίσκων είναι τα ανθρακονήματα με υγρό πυρίτιο, γνωστά και ως "κεραμικά" φρένα. Αυτά αντέχουν σε θερμοκρασίες πολύ πάνω από τους 2.000 βαθμούς Κελσίου και είναι ανθεκτικότερα και ελαφρύτερα από όλα τα άλλα είδη, αλλά εξαιρετικά ακριβά σε κόστος.

ABS (Σύστημα αντι-μπλοκαρίσματος τροχών): Η απόδοση ενός συστήματος πέδησης εξαρτάται από διάφορους παράγοντες που έχουν άμεση ή έμμεση σχέση με το σύστημα και επηρεάζουν τη συνολική επιβράδυνση του αυτοκινήτου. Οι παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται η συνολική απόδοση του συστήματος πέδησης είναι [40]:

1. Η λειτουργική κατάσταση του συστήματος πέδησης και ιδιαίτερα ο συντελεστής τριβής που αναπτύσσεται ανάμεσα σε τύμπανο – σιαγόνες ή ανάμεσα σε δίσκους – τακάκια.

2. Η κατάσταση των ελαστικών και του οδοστρώματος καθώς και ο συντελεστής τριβής μεταξύ ελαστικών και οδοστρώματος.

Κατά το φρενάρισμα αναπτύσσεται μία δύναμη τριβής μεταξύ ελαστικού και οδοστρώματος. Ταυτόχρονα δημιουργείται ολίσθηση ανάμεσα στο ελαστικό και την επιφάνεια του οδοστρώματος. Όσο πιο μεγάλος είναι ο συντελεστής τριβής και όσο πιο μικρό το ποσοστό της ολίσθησης κάθε τροχού, τόσο καλύτερη είναι και η απόσταση φρεναρίσματος.

Όταν μπλοκάρει ένας τροχός, επομένως, έχει ολίσθηση 100% και η δύναμη τριβής είναι κατά κανόνα μικρότερη από εκείνη που εμφανίζεται σε τροχό που κυλάει ακόμα. Το σύστημα ABS δημιουργεί τέτοιες συνθήκες δυνάμεων πέδησης στον τροχό έτσι, ώστε να εξασφαλίζεται η μέγιστη δύναμη τριβής. Ταυτόχρονα απομένει μία αρκετά μεγάλη δύναμη πλάγιας ευστάθειας για να υπάρχει ικανότητα εκτέλεσης ελιγμών και να εξασφαλίζεται η ευστάθεια της πορείας.

Για να επιτύχει τις παραπάνω ιδανικές συνθήκες πέδησης, το σύστημα ABS ελέγχει την πίεση των υγρών των φρένων. Ο έλεγχος της πίεσης των υγρών των φρένων περιλαμβάνει τρία βασικά **στάδια λειτουργίας** του συστήματος:

1. Την αύξηση της πίεσης.
2. Την συγκράτηση της πίεσης σε σταθερή τιμή.
3. Την μείωση της πίεσης.

Η αρχική αύξηση της πίεσης προέρχεται από τη δύναμη που ασκεί ο οδηγός στο πεντάλ του φρένου. Στη συνέχεια η συγκράτηση, η μείωση και η αύξηση πάλι της πίεσης γίνεται από το ίδιο το σύστημα.

Στα κύρια εξαρτήματα ενός συστήματος ABS περιλαμβάνονται οι:

- **Αισθητήρες στροφών.** Οι αισθητήρες στροφών των τροχών ανιχνεύουν την ταχύτητα περιστροφής καθενός τροχού και παράγουν σήματα εξόδου. Τα σήματα αυτά πληροφορούν την ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου για την ολίσθηση ή μη των τροχών. Ο αισθητήρας στροφών είναι αισθητήρας επαγωγικού τύπου. Αποτελείται από ένα πηνίο τυλιγμένο γύρω από έναν μόνιμο μαγνήτη. Μπροστά από τον αισθητήρα περιστρέφεται ένας οδοντωτός τροχός. Κατά την περιστροφή του οδοντωτού τροχού μπροστά από τον

αισθητήρα παράγεται μία εναλλασσόμενη τάση. Η συχνότητα της παραγόμενης τάσης είναι ανάλογη με την περιστροφή του τροχού. Το σήμα της παραγόμενης τάσης πληροφορεί την ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου για την περιστροφή τροχών. Ο οδοντωτός τροχός τοποθετείται στο ημιαξόνιο του τροχού, στην πλήμνη, στο διαφορικό ή στον κεντρικό άξονα. Ο αισθητήρας στροφών τοποθετείται σε σταθερή θέση, σε απόσταση 1 - 1,5 mm από τον οδοντωτό τροχό.

- **Ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου.** Η ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου (συχνά αποκαλείται "**εγκέφαλος**") του ABS, με βάση τα σήματα από τους αισθητήρες στροφών των τροχών, στέλνει σήματα λειτουργίας προς την ηλεκτροϋδραυλική μονάδα του ABS, για τον έλεγχο της πίεσης των υγρών που εφαρμόζεται στον μικρό κύλινδρο του φρένου κάθε τροχού, ώστε να αποτραπεί το μπλοκάρισμά του. Επομένως η ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου είναι ένας μικρός ηλεκτρονικός υπολογιστής. Δέχεται από τους αισθητήρες των στροφών τα ηλεκτρικά σήματα, που είναι μεγέθη ανάλογα προς την ταχύτητα των τροχών και αναφέρονται στην επιτάχυνση, την επιβράδυνση και την ολίσθηση. Με βάση τα σήματα που δέχεται υπολογίζει την ταχύτητα επιβράδυνσης των τροχών και δίνει εντολή στην ηλεκτροϋδραυλική μονάδα και τις ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες του συστήματος για τη μείωση, τη συγκράτηση ή την αύξηση της πίεσης του κυκλώματος. Συνήθως δυο ξεχωριστά ηλεκτρονικά κυκλώματα στην ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου εξασφαλίζουν την ομαλή λειτουργία του συστήματος. Ένα σύστημα αυτοδιάγνωσης, ανάλογο με αυτό που υπάρχει στα ηλεκτρονικά συστήματα ψεκασμού, ελέγχει την κατάσταση των ηλεκτρονικών κυκλωμάτων, καθώς και των καλωδιώσεων. Εάν υπάρχει κάποιο πρόβλημα στο σύστημα, τότε ανάβει η ενδεικτική λυχνία (ABS) που υπάρχει στον πίνακα των οργάνων. Έτσι, ενημερώνεται ο οδηγός ότι υπάρχει βλάβη στο σύστημα και πρέπει να το ελέγξει στο ειδικό συνεργείο. Το ίδιο το σύστημα μπορεί να τεθεί εκτός λειτουργίας, εάν υπάρχει σοβαρό πρόβλημα. Όταν υπάρχει κάποια δυσλειτουργία και έχει ανιχνευθεί κάποια βλάβη, η ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου του ABS διακόπτει τη τάση τροφοδοσίας του ηλεκτρονόμου (ρελέ) που τροφοδοτεί την ηλεκτροϋδραυλική μονάδα. Τότε το σύστημα ABS δεν λειτουργεί και το σύστημα πέδησης λειτουργεί όπως ένα συμβατικό σύστημα. Η ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου του συστήματος ABS μπορεί να είναι τοποθετημένη στον χώρο του κινητήρα, στο εσωτερικό του χώρου των επιβατών ή να είναι ενσωματωμένη μαζί με την ηλεκτροϋδραυλική μονάδα.
- **Ηλεκτροϋδραυλική μονάδα.** Η ηλεκτροϋδραυλική μονάδα του ABS, λειτουργεί σύμφωνα με τα σήματα της ηλεκτρονικής μονάδας του, για τον έλεγχο της πίεσης των υγρών που εφαρμόζεται στα κυλινδράκια των 4 τροχών. Η ηλεκτροϋδραυλική μονάδα είναι αυτή που ενεργοποιείται από το σύστημα και περιλαμβάνει **τον ηλεκτροκινητήρα και την αντλία** (που διοχετεύουν το υγρό των φρένων, το οποίο αφαιρέθηκε κατά τη μείωση της πίεσης από το

κυλινδρακι του τροχού, πάλι πίσω στο αντίστοιχο κύκλωμα των φρένων), **τον συσσωρευτή της πίεσης του κυκλώματος**, (που διατηρεί την πίεση του συστήματος σταθερή), **τις ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες**, για τη ρύθμιση της πίεσης του κυκλώματος και **τον αποσβεστήρα παλμών**. Με τη λειτουργία των ηλεκτρομαγνητικών βαλβίδων παρουσιάζεται αυξομείωση της πίεσης των υγρών των φρένων. Αυτό δημιουργεί παλμικές κινήσεις στο σύστημα, οι οποίες φθάνουν μέχρι το πεντάλ φρένων του οδηγού. Οι παλμικές αυτές κινήσεις αποσβένονται από τον αποσβεστήρα παλμών που υπάρχει στην διάταξη της ηλεκτροϋδραυλικής μονάδας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΕΥΦΥΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΟΧΗΜΑΤΩΝ

Ένα από τα πρωταρχικά ζητήματα προς εξέταση είναι η έρευνα και η ανάπτυξη των έξυπνων συστημάτων με στόχο να κάνουν τη μεταφορά πιο αποδοτική, αποτελεσματική, ασφαλή και πιο φιλική προς το περιβάλλον. Η μικρομηχανική τεχνολογία έχει συμβάλει δραστικά στην οικονομική παραγωγή προηγμένων αισθητήρων που χαρακτηρίζονται από το εξαιρετικά μικρό τους βάρος και το μικρό τους μέγεθος. Ενδεικτικά αναφέρεται πως οι αισθητήρες που κατασκευάζονται για τη διαχείριση του κινητήρα των σημερινών αυτοκινήτων χρησιμοποιούνται από το 1994, ενώ από το 1997 κατασκευάστηκαν οι πρώτοι αισθητήρες επιτάχυνσης που σχετίζονταν άμεσα με το σύστημα αντιπλοκαρίσματος των φρένων ABS. Στη συνέχεια εμφανίστηκαν και οι αισθητήρες που σχετίζονταν με την παρέκλιση του αυτοκινήτου από την κανονική του πορεία αλλά και οι αισθητήρες που εφαρμόζονται στα γνωστά συστήματα πλοήγησης. Η κατασκευή αισθητήρων που χρησιμοποιούνται στα οχήματα σημειώνει μια ανοδική πορεία διαρκούς εξέλιξης και βελτίωσης.

6.1 Τα Είδη Αισθητήρων του Αυτοκινήτου

Τα σημερινά προηγμένα συστήματα ελέγχου των αυτοκινήτων έχουν απαίτηση ενός μεγάλου αριθμού σημάτων εισόδου “έξυπνων” αισθητήρων, για να ικανοποιήσουν τις απαιτήσεις συμπεριφοράς και αξιοπιστίας των αυτοκινήτων. Αυτοί οι αισθητήρες πρέπει να έχουν υψηλές προδιαγραφές, συστήματα προστασίας και αυτοδιάγνωσης, σε συνδυασμό με πάρα πολύ χαμηλό κόστος κατασκευής.

Ο αριθμός των αισθητήρων που υπάρχουν στο σύγχρονο αυτοκίνητο ξεπερνά τους 25 σε αριθμό. Έτσι χωρίζονται σε διάφορα είδη ανάλογα με τις εφαρμογές τους στις εξής κατηγορίες [42]:

- Αισθητήρες ταχύτητας στροφών και γωνίας περιστροφικής κίνησης.
- Αισθητήρες μετατόπισης ή μεταβολής θέσης εξαρτημάτων.
- Αισθητήρες θερμοκρασίας υγρών ή αερίων σε συστήματα οχήματος.
- Αισθητήρες πίεσης υγρών ή αερίων σε συστήματα οχήματος.
- Αισθητήρες ροής - μάζας υγρών ή αερίων σε συστήματα οχήματος.
- Αισθητήρες κινητικής κατάστασης οχήματος (επιτάχυνση κλπ.)

- Αισθητήρες οξυγόνου και σύστασης καυσαερίων.
- Αισθητήρες κτυπήματος εκτόνωσης (πειράκια).
- Αισθητήρες για μετρητές ενδεικτικών οργάνων.

Αισθητήρες ταχύτητας στροφών: Ο ρόλος των αισθητήρων ταχύτητας στροφών είναι να μετρούν την ταχύτητα των στροφών ενός περιστρεφόμενου άξονα ανά λεπτό (rpm). Αυτό είναι ένα από τα θεμελιώδη μεγέθη που πρέπει να μετρηθούν σε ένα αυτοκίνητο, αφού αποτελεί τη βάση αναφοράς για τη λειτουργία και ρύθμιση άλλων συστημάτων και υποσυστημάτων.

Οι βασικές εφαρμογές των αισθητήρων αυτών στο αυτοκίνητο είναι:

- η μέτρηση της ταχύτητας των στροφών του στροφαλοφόρου άξονα, με σκοπό τη ρύθμιση του χρονισμού της ανάφλεξης και της διάρκειας του ψεκασμού του καυσίμου. Λέγεται και μέτρηση ταχύτητας κινητήρα.
- η μέτρηση της ταχύτητας των στροφών των τροχών, με σκοπό τη λειτουργία του αντιολισθητικού συστήματος φρένων (ABS).
- η μέτρηση της ταχύτητας των στροφών των γραναζιών ταχυτήτων, με σκοπό την αλλαγή τους στο ηλεκτρονικό κιβώτιο ταχυτήτων.

Η τεχνολογία έχει να παρουσιάσει πολλά είδη αισθητήρων ταχύτητας στροφών, όπως οι αισθητήρες φαινομένου Hall, οι φωτοηλεκτρικοί (οπτικού τύπου), οι αισθητήρες μεταβλητής μαγνητικής αντίστασης και οι μαγνητικοί. Η τάση της τεχνολογίας είναι να αντικαθιστά τους παλαιού τύπου αισθητήρες επαφής με μη επαφής, γιατί δεν έχουν τριβές και τους ενεργούς αισθητήρες με παθητικούς, γιατί θέλουν ελάχιστη συντήρηση.

Αισθητήρες θέσης ή μετατόπισης εξαρτημάτων: Ο ρόλος των αισθητήρων θέσης εξαρτημάτων είναι να υπολογίζουν με ακρίβεια τη θέση ενός άξονα ή ενός εξαρτήματος και να δίνουν την πληροφορία αυτή στο μικροϋπολογιστή. Τα περισσότερα εξαρτήματα στο αυτοκίνητο κινούνται με περιστροφική ή ευθύγραμμη κίνηση. Έτσι υπάρχουν αισθητήρες, που υπολογίζουν τη γωνία περιστροφής ενός άξονα, τη θέση ή τη γραμμική μετατόπιση ενός εξαρτήματος.

Οι βασικές εφαρμογές των αισθητήρων γωνίας περιστροφής είναι:

- Η μέτρηση της γωνίας του εκκεντροφόρου άξονα ως προς το άνω νεκρό σημείο της διαδρομής του εμβόλου, με σκοπό το δευτερογενή υπολογισμό της ιδανικής θέσης του

εμβόλου για την εντολή ενεργοποίησης του σπινθήρα στα μπουζί ανάφλεξης και των βαλβίδων ψεκασμού. Πολλά συστήματα έχουν δυο αισθητήρες μέτρησης της γωνίας αυτής για επαλήθευση.

- Η μέτρηση της γωνίας του άξονα τιμονιού ως προς τη θέση του για ευθεία πορεία, με σκοπό το δευτερογενή υπολογισμό του φορτίου στον κινητήρα, από τη λειτουργία του υδραυλικού τιμονιού.
- Η αναφορά της θέσης (ON-OFF) περιστροφικών διακοπών, όπως π.χ. ο διακόπτης εκκίνησης στο τιμόνι, με σκοπό την πληροφόρηση του μικροϋπολογιστή για την εκκίνηση του αυτοκινήτου.
- Η μέτρηση της γωνίας της πεταλούδας γκαζιού, με σκοπό τη ρύθμιση της ιδανικής αναλογίας αέρα - καυσίμου.
- Η μέτρηση της γωνίας της πεταλούδας του αέρα ως προς μια θέση αναφοράς (π.χ. κλειστή), με σκοπό το δευτερογενή υπολογισμό της απαιτούμενης ποσότητας αέρα. Η μέτρηση αυτή είναι απαραίτητη για τη ρύθμιση της ιδανικής αναλογίας αέρα – καυσίμου (14.7:1), τη ρύθμιση στροφών στο ρελαντί και την προσαρμογή του χρονισμού της ανάφλεξης στο φορτίο του κινητήρα.

Εκτός των εφαρμογών των αισθητήρων γωνίας περιστροφής, μερικές *εφαρμογές των αισθητήρων θέσης ή γραμμικής μετατόπισης είναι:*

- Η αναφορά της θέσης (ON-OFF) διακοπών φορτίων, όπως π.χ. είναι ο διακόπτης ενεργοποίησης του A/C, με σκοπό την πληροφόρηση του μικροϋπολογιστή για την ενεργοποίηση φορτίων (A/C, φώτα κλπ.).
- Η αναφορά της κίνησης μπουτόν θέσης ή διακοπών πεντάλ, όπως π.χ. το μπουτόν εμπλοκής ή όχι των γρاناζιών μετάδοσης της κίνησης, ο διακόπτης του πεντάλ του γκαζιού, με σκοπό την πληροφόρηση του μικροϋπολογιστή για την κίνηση και τη νέα θέση των εξαρτημάτων.
- Η επιβεβαίωση της λειτουργίας των ενεργοποιητών (ανάδραση), με σκοπό τον έλεγχο των αποτελεσμάτων της λειτουργίας των βαλβίδων, των βηματικών κινητήρων και άλλων ενεργοποιητών.
- Η μέτρηση του ύψους συμπίεσης των αμορτισέρ, με σκοπό τη ρύθμισή τους από το σύστημα ενεργής ανάρτησης.

Στις πρακτικές εφαρμογές υπάρχουν πολλά είδη αισθητήρων γωνίας περιστροφής, όπως οι αισθητήρες ποτενσιομέτρου με ωμική αντίσταση και ποτενσιομέτρου φαινομένου Hall, οι

φωτοηλεκτρικοί αισθητήρες και οι περιστροφικοί διακόπτες. Στην κατηγορία αυτή δεν υπάρχουν μαγνητικοί αισθητήρες, γιατί το φαινόμενο της μαγνητικής υστέρησης δεν βοηθάει στη μέτρηση πολύ μικρών γωνιών περιστροφής. Όσον αφορά τους αισθητήρες θέσης ή γραμμικής μετατόπισης, εκτός από τους διακόπτες και τα μπουτόν, που μπορεί να είναι μηχανικά ή και μαγνητικά, υπάρχουν επαγωγικοί, χωρητικοί και ηλεκτρομηχανικοί αισθητήρες σε πολύ μεγάλη ποικιλία.

Αισθητήρες θερμοκρασίας: Ο ρόλος των αισθητήρων θερμοκρασίας είναι να μετρούν με ακρίβεια τη θερμοκρασία υγρών ή αερίων σε διάφορα συστήματα του αυτοκινήτου και να αναφέρουν τα αποτελέσματα των μετρήσεων στο μικροϋπολογιστή, για να κάνει τις κατάλληλες ρυθμίσεις. Ο έλεγχος της θερμοκρασίας στα διάφορα συστήματα γίνεται διαρκώς και επιβάλλεται, επειδή ένας κρύος κινητήρας απαιτεί ειδικές ρυθμίσεις για την εκκίνηση και λειτουργία του.

Επιπλέον, η υψηλή θερμοκρασία μεταβάλλει την πυκνότητα υγρών και αερίων αλλάζοντας κυρίως τη σύσταση και πίεση του μείγματος καυσίμου - αέρα, ενώ παράλληλα αποτελεί κριτήριο της ομαλής λειτουργίας ενός κινητήρα και ένδειξη του φορτίου του (μεταφερόμενο βάρος, ανήφορος). Τέλος η υψηλή θερμοκρασία αποτελεί το σήμα κινδύνου για επερχόμενες βλάβες από διαστολές εξαρτημάτων λόγω υπερθέρμανσης και για την ύπαρξη συνθηκών παραγωγής βλαβερών καυσαερίων (θερμοκρασία καύσης πολύ μεγαλύτερη από 1300°C). Ταυτόχρονα, είναι το σήμα ενεργοποίησης των συστημάτων ψύξης του κινητήρα και του συστήματος συναγερμού για τον οδηγό του οχήματος, που πρέπει να κάνει αμέσως κάποιες ενέργειες.

Οι βασικές εφαρμογές των αισθητήρων θερμοκρασίας σε υγρά είναι:

- Η μέτρηση της θερμοκρασίας του ψυκτικού υγρού του κινητήρα, με σκοπό τον εμπλουτισμό του μείγματος καυσίμου - αέρα στον κρύο κινητήρα και την ενεργοποίηση του συστήματος ανακυκλοφορίας καυσαερίων στον υπέρθερμο κινητήρα, προκειμένου να γίνει μείωση των ρύπων οξειδίων του αζώτου NO_x.
- Η μέτρηση της θερμοκρασίας καυσίμου, με σκοπό τη ρύθμιση πολλών παραμέτρων, που αφορούν στη σύσταση και στη διάρκεια ψεκασμού του καυσίμου μείγματος.
- Η μέτρηση της θερμοκρασίας της βαλβολίνης σε ηλεκτρονικά κιβώτια ταχυτήτων, με σκοπό την αποδοτικότερη λειτουργία και την πρόληψη φθορών από υπερφόρτιση του συστήματος μετάδοσης κίνησης.

Οι βασικές εφαρμογές των αισθητήρων θερμοκρασίας σε αέρια είναι:

- Η μέτρηση της θερμοκρασίας του εισερχόμενου αέρα στην πολλαπλή εισαγωγή, με σκοπό τη ρύθμιση της ποσότητας του απαιτούμενου αέρα για τη διατήρηση των στροφών του κρύου κινητήρα στο ρελαντί, τη θέρμανση του εισερχόμενου αέρα και γενικά τη βελτίωση της συμπεριφοράς του κρύου κινητήρα.
- Η μέτρηση της θερμοκρασίας των καυσαερίων, με σκοπό τη ρύθμιση παραμέτρων, που αφορούν στη σύσταση και στη διάρκεια ψεκασμού του καυσίμου μείγματος.
- Στην περίπτωση ύπαρξης συστήματος ενίσχυσης της ισχύος του κινητήρα (turbo), η θερμοκρασία των καυσαερίων παίζει ιδιαίτερο ρόλο, αφού τα καυσαέρια είναι η κινητήρια δύναμη της συμπίεσης του αέρα και η σταθερή θερμοκρασία τους είναι κριτήριο της ομαλής λειτουργίας αυτού του συστήματος.
- Η μέτρηση της θερμοκρασίας περιβάλλοντος και του αέρα στο χώρο των επιβατών, με σκοπό τη ρύθμιση του συστήματος κλιματισμού.

Από τα διάφορα είδη αισθητήρων θερμοκρασίας, το επικρατέστερο είναι το γνωστό θερμίστορ. Ένα άλλο είδος αισθητήρα θερμοκρασίας είναι ο διμεταλλικός διακόπτης.

Αισθητήρες πίεσης: Πίεση είναι η δύναμη που ασκείται στη μονάδα κάθε επιφάνειας. Στην περίπτωση της ατμόσφαιρας, η πίεση που ασκείται στις επιφάνειες όλων των σωμάτων λέγεται ατμοσφαιρική πίεση και οφείλεται στο βάρος του αέρα της ατμόσφαιρας. Η πίεση είναι μια κινητήρια δύναμη και λειτουργεί, όπως ακριβώς λειτουργεί η τάση σε ένα ηλεκτρικό κύκλωμα. Ο ρόλος των αισθητήρων πίεσης είναι να μετρούν με ακρίβεια την πίεση αερίων και υγρών σε διάφορα συστήματα του αυτοκινήτου, γιατί χωρίς πίεση η κίνηση των αερίων και των υγρών στα συστήματα αυτά θα ήταν αδύνατη.

Στην ατμόσφαιρα, κάθε στήλη ενός τετραγωνικού εκατοστού αέρα στην επιφάνεια της θάλασσας και σε κανονικές καιρικές συνθήκες ασκεί πίεση μιας ατμόσφαιρας ($1 \text{ Atm} = 1,033 \text{ Kg/cm}^2 = 14,7 \text{ psi}$). Η πίεση όμως αυτή ελαττώνεται με την αύξηση του ύψους. Έτσι σε υψόμετρο 2000 m η πίεση είναι μόλις το 0,8 της κανονικής ατμοσφαιρικής πίεσης. Κάθε πίεση μικρότερη από την ατμοσφαιρική ονομάζεται υποπίεση.

Οι κυριότερες εφαρμογές των αισθητήρων πίεσης σε αέρια είναι:

- η μέτρηση της υποπίεσης (ή της απόλυτης πίεσης) του εισερχόμενου αέρα. Οι πιο πολλοί κινητήρες λειτουργούν με φυσική εισαγωγή αέρα, δηλαδή οι κύλινδροι γεμίζουν με αέρα με τη βοήθεια της ατμοσφαιρικής πίεσης. Η υποπίεση είναι ένδειξη για το φορτίο και την ισχύ του κινητήρα, αφού μικρή υποπίεση σημαίνει ότι υπάρχει αρκετός αέρας και έτσι είναι δυνατό να καταναλωθεί πιο πολύ καύσιμο για παραγωγή ισχύος. Η πληροφορία αυτή χρησιμοποιείται για να ρυθμιστεί η πίεση στο σύστημα διανομής καυσίμου και ο χρονισμός της ανάφλεξης.
- η μέτρηση της βαρομετρικής πίεσης της ατμόσφαιρας, με σκοπό τον υπολογισμό του υψομέτρου κίνησης και τη συμπλήρωση της απώλειας ισχύος από τη μειωμένη εισαγωγή αέρα λόγω της υποπίεσης.
- η ανίχνευση των κτυπημάτων από κακή ανάφλεξη (προανάφλεξη ή αυτανάφλεξη), με σκοπό τη ρύθμιση του χρονισμού της ανάφλεξης.
- η μέτρηση της πίεσης των καυσαερίων, με σκοπό τη ρύθμιση του συστήματος ανακυκλοφορίας καυσαερίων.
- η μέτρηση της υπερσυμπίεσης στην πολλαπλή εισαγωγή και της πίεσης των καυσαερίων, με σκοπό τη ρύθμιση του συστήματος turbo , δηλαδή του συστήματος ενίσχυσης της ισχύος του κινητήρα.
- η μέτρηση της πίεσης των ατμών στη δεξαμενή καυσίμου, με σκοπό τη εκτόνωση της πίεσης των αναθυμιάσεων του καυσίμου.
- η μέτρηση της πίεσης των ελαστικών, για την ασφάλεια της οδήγησης.

Οι κυριότερες εφαρμογές των αισθητήρων πίεσης σε υγρά είναι:

- η μέτρηση της πίεσης του καυσίμου, με σκοπό τον υπολογισμό της απαιτούμενης ποσότητας καυσίμου στο σύστημα έγχυσης καυσίμου (injection), και τη διατήρηση της σταθερής πίεσης του συστήματος με την ενεργοποίηση της αντλίας καυσίμου.
- η μέτρηση της πίεσης λαδιού σε διάφορα υδραυλικά συστήματα, όπως το σύστημα του υδραυλικού τιμονιού, του ηλεκτρονικού κιβωτίου των ταχυτήτων, της κίνησης σε τέσσερις τροχούς (4WD) κλπ., με σκοπό τον έλεγχο της υδραυλικής ζεύξης για τη μετάδοση της κίνησης σε άξονες.
- η μέτρηση της πίεσης των υγρών στα φρένα, με σκοπό τον έλεγχο και τη ρύθμιση της πέδησης στο φρενάρισμα με απολίσθηση (ABS).

- Η μέτρηση της πίεσης των υγρών στο σύστημα ανάρτησης, με σκοπό τον έλεγχο και τη ρύθμιση του συστήματος ενεργής ανάρτησης. Σε πρακτικές εφαρμογές χρησιμοποιούνται διάφοροι τύποι αισθητήρων πίεσης. Από αυτούς επικρατέστεροι είναι οι πιεζοηλεκτρικοί αισθητήρες, ενώ πολλές φορές χρησιμοποιούνται και αισθητήρες πιεζοαντίστασης, που λέγονται και επιμηκυνσιόμετρα ή ακόμη και χωρητικοί αισθητήρες. Εκτός από τους αισθητήρες πίεσης υπάρχουν και διακόπτες πίεσης, που ανοιγοκλείνουν με επαφή ανάλογα με την ασκούμενη σ' αυτούς πίεση.

Οι κατασκευαστές των σύγχρονων αυτοκινήτων έχουν προχωρήσει στον έλεγχο σχεδόν όλων των λειτουργιών του αυτοκινήτου από τους μικροϋπολογιστές, για να πετύχουν οικονομία καυσίμου με παράλληλη διατήρηση της ισχύος κίνησης, την ασφάλεια, τις ανέσεις και την αξιοπιστία στην οδήγηση, χωρίς να ξεχνούν βέβαια και την προστασία του περιβάλλοντος από τα επικίνδυνα καυσαέρια. Για το σκοπό αυτό έχουν κατασκευάσει ειδικούς τύπους αισθητήρων, που είναι απαραίτητοι για την αποκλειστική λειτουργία των συστημάτων αυτών.

6.2 Ευφυή Συστήματα Πλοήγησης – Εντοπισμού Θέσης

Τα ευφυή συστήματα πλοήγησης (Intelligent Navigation Systems) είναι αποτέλεσμα μιας παγκόσμιας προσπάθειας που έχει στόχο να ενσωματώσει την τεχνολογία της πληροφορίας και των επικοινωνιών στον τομέα των μεταφορών με σκοπό τη μείωση των χρόνων μετακίνησης και του κόστους μεταφοράς. Το ενδιαφέρον για τα ευφυή συστήματα πλοήγησης προέρχεται από τα προβλήματα που προκαλούνται παγκοσμίως από την κυκλοφοριακή συμφόρηση, η οποία μειώνει την αξιοποίηση της υποδομής των μεταφορών και αυξάνει το χρόνο των μετακινήσεων.

Οι εφαρμογές ευφυούς μεταφοράς χρησιμοποιούν τις τεχνολογίες των επικοινωνιών, της ηλεκτρονικής και της πληροφορικής (υλικό και λογισμικό) για να βελτιώσουν την απόδοση και την ασφάλεια του οδικού δικτύου καθώς και τη ροή της κίνησης. Τα ευφυή συστήματα πλοήγησης είναι τεχνολογίες πληροφόρησης που όταν εφαρμόζονται σε οχήματα ή σε δρόμους μπορούν να οδηγήσουν σε μικρότερη διάρκεια ταξιδιών, σε μεγαλύτερη ασφάλεια και στη διευκόλυνση των οδηγών, καθώς και σε σημαντικές μειώσεις της κατανάλωσης ενέργειας και της ρύπανσης. Μεταξύ των ικανοτήτων των ήδη υπαρχόντων και των μελλοντικών τεχνολογιών ευφυούς πλοήγησης είναι

και οι ακόλουθες: η κυκλοφορία μπορεί να ρυθμιστεί στις κύριες αρτηρίες σημαντικών μητροπολιτικών περιοχών μέσω (1) του ελέγχου των διασταυρώσεων και της πρόσβασης σε κεντρικούς δρόμους, (2) της γρήγορης ανίχνευσης και απάντησης σε γεγονότα όπως ατυχήματα ή έντονη κυκλοφοριακή συμφόρηση και (3) της επικοινωνίας και παροχής οδηγιών στους οδηγούς και τους επιβάτες για τα επίπεδα της κίνησης. Επιπλέον, ο αυτόματος προσδιορισμός των οχημάτων και η αυτόματη πληρωμή των διοδίων ανοίγουν το δρόμο στη μεταβλητή τιμολόγηση της πρόσβασης στις οδικές αρτηρίες (δηλαδή τιμολόγηση βασισμένη στην κυκλοφοριακή συμφόρηση).

Στο μέλλον, με τη χρήση των ευφυών συστημάτων πλοήγησης θα είναι διαθέσιμη στους ταξιδιώτες μια ευρεία ποικιλία συστημάτων πληροφόρησης (π.χ. καθοδήγηση στους δρόμους, ενημέρωση για κοντινά εστιατόρια ή άλλες ταξιδιωτικές πληροφορίες). Οι οδηγοί και οι επιβάτες θα μπορούν να λάβουν τις πληροφορίες είτε διαβάζοντας διάφορες υποδείξεις στους δρόμους, είτε ακούγοντας τις οδηγίες από κατάλληλες συσκευές που θα τοποθετούνται μέσα στο αυτοκίνητο. Επίσης, οι οδηγοί θα μπορούν να ειδοποιηθούν αυτόματα για το πόσο κοντά βρίσκονται άλλα οχήματα ή τυχόν εμπόδια. Με ορισμένες προηγμένες τεχνολογίες ευφυών συστημάτων πλοήγησης, θα είναι δυνατός και ο αυτόματος έλεγχος της οδήγησης και ο έλεγχος της απόστασης μεταξύ των οχημάτων, το οποίο θα διευκολύνει την αποφυγή συγκρούσεων και θα αυξήσει την απόδοση των εθνικών οδών. Οι οδηγοί εμπορικών οχημάτων θα μπορούν να λαμβάνουν αυτόματα έγγραφα όπως άδειες και θα μπορούν επίσης να υποβληθούν σε αυτόματο έλεγχο βάρους χωρίς να πρέπει να σταματούν. Επίσης θα μπορεί να πραγματοποιηθεί συνεχής έλεγχος της καλής ή κακής κατάστασης του οδοστρώματος με την έγκαιρη προειδοποίηση για φθορές ή κατασκευαστικές ατέλειες μέσω ενός δικτύου ελέγχων που θα ενσωματώνεται στη φυσική υποδομή του δρόμου.

Κάποιες εφαρμογές ευφυών συστημάτων μεταφοράς που χρησιμοποιούνται σήμερα και συνδυάζουν όλα τα παραπάνω είναι:

- Έλεγχος κίνησης με κλειστά κυκλώματα τηλεόρασης, αισθητήρες, αυτόματη αναγνώριση οχημάτων, επεξεργασία video και εικόνας
- Βελτιστοποίηση του συγχρονισμού των φωτεινών σηματοδοτών ανάλογα με την υπάρχουσα κίνηση
- Υλοποίηση ηλεκτρονικής συναλλαγής χρημάτων σε διόδια
- Γρηγορότερη και εκ των προτέρων απόκριση σε γεγονότα που συμβαίνουν στους δρόμους, όπως αυτόματη ειδοποίηση σε περίπτωση ατυχήματος
- Παροχή πληροφοριών στους ταξιδιώτες για τις συνθήκες του ταξιδιού καθώς και παρουσίαση εναλλακτικών διαδρομών

Οι τεχνολογίες εντοπισμού θέσης που έχουν αναπτυχθεί έως σήμερα έδωσαν τη δυνατότητα να υλοποιηθούν συστήματα εύρεσης πορείας τα οποία είναι σε πολύ μεγάλο βαθμό ακριβή και αξιόπιστα. Τα συστήματα αυτά χρησιμοποιούνται ως οδηγοί πλοήγησης σε αυτοκίνητα, πλοία και αεροπλάνα. Η εφαρμογή τους σε κινητές συσκευές τα κάνει πιο προσιτά στο ευρύ κοινό και η χρησιμότητά τους γίνεται ολοένα και πιο σημαντική. Το πιο διαδεδομένο σύστημα εντοπισμού θέσης είναι το γνωστό GPS (Global Positioning System).

GPS (Global Positioning System): Το NAVSTAR/G.P.S. (NAVigation Satellite Timing And Ranging – Global Positioning System) ή απλά GPS είναι ένα παγκόσμιο δορυφορικό σύστημα προσδιορισμού θέσης (συντεταγμένες), χρόνου και ταχύτητας, οπουδήποτε στην επιφάνεια της γης ή και κάτω από αυτήν, σε οποιαδήποτε χρονική στιγμή και ανεξάρτητα από καιρικές συνθήκες . Το σύστημα σχεδιάστηκε τη δεκαετία του 1970, αναπτύχθηκε τη δεκαετία του 1980 και βρίσκεται συνεχώς υπό τον έλεγχο του Υπουργείου Άμυνας των ΗΠΑ (Department of Defence). Αρχικά σχεδιάστηκε για την κάλυψη των αναγκών της ναυσιπλοΐας και για στρατιωτικούς σκοπούς με στόχο να είναι δυνατός ο προσδιορισμός θέσης ενός αντικειμένου σε πραγματικό χρόνο με ακρίβεια ± 10 -15 m. Γρήγορα έγινε αντιληπτή η δυνατότητα χρήσης του συστήματος και για την κάλυψη πολιτικών αναγκών πλοήγησης. Η πολιτική χρήση του GPS, όπως είναι οι τοπογραφικές και γεωδαιτικές εφαρμογές υψηλής ακρίβειας ή οι χαμηλότερης ακρίβειας εφαρμογές GIS, οι εφαρμογές πλοήγησης και διαχείρισης στόλου οχημάτων, έγινε δυνατή ύστερα από απόφαση των ΗΠΑ (1983, με αφορμή κάποιο αεροπορικό δυστύχημα), σχεδόν από τα πρώτα βήματα, με πρόβλεψη για περαιτέρω βελτίωση.

Τα κυριότερα πλεονεκτήματα του GPS έναντι των άλλων παλαιότερων επίγειων και δορυφορικών μεθόδων είναι [42]:

1. Δίνει απευθείας τη θέση ενός σημείου στην επιφάνεια της γης, συνεπώς γνωρίζουμε κάθε στιγμή τη θέση μας σε καρτεσιανές συντεταγμένες X,Y,Z.
2. Είναι ένα σύστημα "παντός καιρού", δηλαδή μπορεί να χρησιμοποιηθεί κάτω από όλες τις καιρικές συνθήκες.
3. Για τον προσδιορισμό θέσης δεν απαιτεί αμοιβαία ορατότητα μεταξύ των σημείων της παρατήρησης. Απαιτείται μόνο ορατότητα προς ικανοποιητικό αριθμό δορυφόρων (ανοιχτός ορίζοντας στα σημεία στάσης).
4. Μπορεί να συνεργαστεί με άλλα συστήματα προσδιορισμού θέσης (LORAN-C, Αδρανειακά συστήματα, κ.α.) καθώς και με άλλες σύγχρονες εφαρμογές και συστήματα (GIS, Φωτογραμμετρία, κ.α.).

5. Η διαδικασία των μετρήσεων είναι αρκετά απλή και απαιτείται μικρός χρόνος μέτρησης. Η εκτέλεση των μετρήσεων είναι δυνατή όλο το 24ωρο με μικρό αριθμό προσωπικού (ένα άτομο ανά σημείο παρατήρησης ή και ένα άτομο σε πολλά σημεία παρατήρησης μιας και ο δέκτης αφού ξεκινήσει τις μετρήσεις δεν χρειάζεται επιπλέον επίβλεψη ή χειρισμό).
6. Δίνει καλή ακρίβεια προσδιορισμού θέσης με πολύ μικρότερο χρόνο μέτρησης σε σχέση με άλλες μεθόδους.

Αντίθετα τα μόνο μειονεκτήματα του GPS έναντι των άλλων μεθόδων είναι ότι:

- Απαιτεί ανοιχτό ορίζοντα για να έχει οπτική επαφή με δορυφόρους, γεγονός που κάνει δύσκολη τη χρήση του μέσα σε πόλεις και πυκνοκατοικημένες περιοχές
- Η μείωση της ακρίβειας του συστήματος και η εισαγωγή σφαλμάτων από πλευρά των ΗΠΑ κατά χρονικά διαστήματα λόγω του στρατιωτικού χαρακτήρα του συστήματος δεν εγγυώνται την απρόσκοπτη λειτουργία του.

Το σύστημα GPS αποτελείται ουσιαστικά από "πομπούς σε τροχιά" που είναι οι δορυφόροι GPS και από δέκτες GPS στη γήινη επιφάνεια. Ο δέκτης μπορεί να αναπτύσσεται όπως ένα κλασικό τοπογραφικό όργανο σε τρίποδα, βάθρο, στυλεό, να τοποθετείται σε κινούμενο όχημα ή ακόμα και να κρατιέται στην παλάμη του χεριού και να λαμβάνει ηλεκτρομαγνητικά σήματα που εκπέμπονται και λαμβάνονται από τους ορατούς ως προς το δέκτη δορυφόρους.

Τα δορυφορικά σήματα χρησιμοποιούνται για την εκτέλεση μετρήσεων από το δέκτη, που ισοδυναμούν σε αποστάσεις μεταξύ δέκτη και δορυφόρων σε κάθε χρονική στιγμή. Οι παρατηρήσεις και άλλες πληροφορίες καταγράφονται στη μνήμη του δέκτη και επεξεργάζονται είτε εσωτερικά από το λογισμικό του δέκτη σε πραγματικό χρόνο είτε εκ των υστέρων, παρέχοντας τη θέση (συντεταγμένες), ή την ταχύτητα και τον χρόνο. Κατά τη διάρκεια των μετρήσεων ο δέκτης "διαβάζει" και ένα μήνυμα δεδομένων-πλοήγησης που περιλαμβάνει απαραίτητες πληροφορίες για τον υπολογισμό της θέσης σε πραγματικό χρόνο, όπως είναι τα στοιχεία τροχιάς των δορυφόρων, από τα οποία υπολογίζονται οι συντεταγμένες των δορυφόρων, οι παράμετροι διόρθωσης χρόνου και άλλα συστηματικά σφάλματα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΕΠΙΛΟΓΗ ΟΧΗΜΑΤΟΣ ΕΛΑΧΙΣΤΩΝ ΡΥΠΩΝ

Στην εργασία αυτή έγινε ανάπτυξη διάφορων τεχνολογιών που έχουν συμβάλει στο σχεδιασμό ενός οχήματος ελαχίστων ρύπων που θα κινείται σε ένα αστικό περιβάλλον. Το σύστημα κίνησης, το οποίο παίζει καθοριστικό ρόλο, τα υλικά κατασκευής και οι διαστάσεις αποτελούν βασικές παραμέτρους στην επιλογή ενός οικολογικού αυτοκινήτου για την πόλη.

Ανακεφαλαιώνοντας, τα σύγχρονα βενζινοκίνητα αυτοκίνητα είναι κατά πολύ φιλικότερα προς το περιβάλλον από τα αντίστοιχα που κατασκευάζονταν μέχρι και πριν λίγα χρόνια. Στην πράξη, από πλευράς εκπομπών αερίων ρύπων, τα βενζινοκίνητα οχήματα λίγο διαφέρουν από τα αντίστοιχα οχήματα που κινούνται με υγραέριο ή φυσικό αέριο.

Τα οχήματα που κινούνται με πετρέλαιο έχουν γίνει επίσης πιο οικονομικά και φιλικά προς το περιβάλλον, στην περίπτωση που διαθέτουν φίλτρα σωματιδίων και παρουσιάζουν πλεονεκτήματα στις εκπομπές CO₂.

Τόσο οι βενζινοκινητήρες όσο και οι πετρελαιοκινητήρες είναι κατάλληλοι για χρήση σε οχήματα που κινούνται με υβριδική τεχνολογία, τα οποία προσφέρουν σημαντικές δυνατότητες αύξησης της αποδοτικότητας και μείωσης των εκπομπών CO₂ των οχημάτων. Ακόμη οι κινητήρες βενζίνης και Diesel μπορούν να λειτουργήσουν με βιοκαύσιμα τα οποία προσφέρουν περαιτέρω μείωση των εκπομπών CO₂.

Επίσης, όπως έχει αναφερθεί, έχουν επανέλθει στο προσκήνιο τα ηλεκτροκίνητα οχήματα, πράγμα λογικό αφού είναι οχήματα μηδενικής ρύπανσης, απλά στην κατασκευή τους, απαιτούν ελάχιστη συντήρηση και έχουν υψηλό βαθμό ενεργειακής απόδοσης. Όμως, από πλευράς συνολικής ρύπανσης του πλανήτη πρέπει να συμβάλλουν οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας στην παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας.

Οι ειδήσεις που αφορούν τις προσπάθειες για εισαγωγή ηλεκτρικών αυτοκινήτων στην κυκλοφορία όχι μόνο αυξάνονται, αλλά και αποκτούν διαρκώς αυξανόμενο ειδικό βάρος. Για παράδειγμα τα 100.000 ηλεκτρικά αυτοκίνητα που προτίθεται να βάλει στην αγορά – μόνο της Δανίας και του

Ισραήλ – μέχρι το 2016 το γρουπ Renault – Nissan, του οποίου ο πρόεδρος προέβλεψε ότι, μέχρι το 2020 το 10% της αγοράς αυτοκινήτων θα είναι ηλεκτρικά. Η RWE (Rheinisch-Westfalischen Elektrizitätswerks, μία από τις πέντε μεγαλύτερες εταιρείες ενέργειας της Ευρώπης) συμμετέχει στη δημιουργία υποδομής για τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα στη Γερμανία. Στόχος της είναι τα 500 σημεία σε όλη τη Γερμανία μέχρι τα μέσα του 2010. Σημειώνουμε εδώ την εκτίμηση της RWE πως μέχρι το 2020 θα κυκλοφορούν στη χώρα 2,5 εκατομμύρια ηλεκτρικά αυτοκίνητα. Στη Γερμανία επίσης ενισχύεται με 500 εκατομμύρια ευρώ η ανάπτυξη ηλεκτρικών οχημάτων και των αντίστοιχων συσσωρευτών και υποδομών που απαιτούνται για την κυκλοφορία τους, ενώ τη δική της σημασία έχει και η απόφαση των Mitsubishi και PSA (Peugeot – Citroen) να αρχίσουν στα τέλη το 2010 τη διάθεση στην αγορά ενός μικρού τετραθέσιου ηλεκτρικού αυτοκινήτου (i-MiEV). Τέλος, η μικρή αμερικάνικη εταιρία Tesla έχει πουλήσει ήδη περισσότερα από 1.000 σπορ ηλεκτρικά μοντέλα «Roadster» σε Ευρώπη και Αμερική, έχοντας στην αναμονή αρκετές ακόμα παραγγελίες.

Παρόλες τις προσπάθειες για την εισαγωγή ηλεκτρικών αυτοκινήτων στην αγορά τα αμιγώς ηλεκτρικά οχήματα δεν θα μπορούσαν να αποτελέσουν άμεση λύση διότι παρουσιάζουν ακόμα πολλά μειονεκτήματα.

Σήμερα, τα μειονεκτήματα των αμιγώς ηλεκτρικών αυτοκινήτων είναι το γεγονός ότι έχουν μικρή ακτίνα ενέργειας για κάθε κύκλο φόρτισης των συσσωρευτών τους και είναι βαριά σε σχέση με το μέγεθός τους (λόγω του βάρους των συσσωρευτών). Απαιτούν πολλές ώρες για τον ανεφοδιασμό τους ή ειδικές εγκαταστάσεις σε περίπτωση που ο χρόνος ανεφοδιασμού πρέπει να συντομευτεί. Χαρακτηριστικό παράδειγμα της προσπάθειας της βελτιστοποίησης χρόνου ανεφοδιασμού, αποτελεί η περίπτωση της Better Place, μιας εταιρείας από το Ισραήλ, που προτείνει ένα σύστημα που θα δίνει τη δυνατότητα να αλλάζει η άδεια μπαταρία με μια γεμάτη μέσα σε λίγα λεπτά. Η μπαταρία θα είναι τοποθετημένη κάτω από το πάτωμα και η αλλαγή θα γίνεται αυτόματα από ειδικά μηχανήματα. Απαιτούν σύνδεση με το δίκτυο για τον ανεφοδιασμό τους (ηλεκτρικός αγωγός ή επαγωγική σύζευξη). Το πολύ χαμηλό λειτουργικό τους κόστος τελικά πλησιάζει εκείνο των συμβατικών αυτοκινήτων λόγω του περιορισμένου χρόνου ζωής των συσσωρευτών τους και του υψηλού κόστους αντικατάστασης. Αυτό το μειονέκτημα αναμένεται να περιοριστεί με την τεχνολογική εξέλιξη αλλά όχι να εξαλειφθεί. Τα μειονεκτήματα αυτά περιορίζουν τις δυνατότητες χρήσης των ηλεκτρικών αυτοκινήτων με συσσωρευτές, με συνέπεια σήμερα να μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε ορισμένες περιπτώσεις, κυρίως επαγγελματικές δραστηριότητες περιορισμένης ακτίνας δράσης και περιορισμένου χρονικού διαστήματος μέσα στην ημέρα, ενώ υπάρχει και επαρκής χρόνος επαναφόρτισης των συσσωρευτών. Οι περιορισμοί αυτοί είναι δεδομένο ότι μπορούν να αμβλυνθούν ή και να αρθούν πλήρως σε συνθήκες διευρυμένης αγοράς

των ηλεκτρικών αυτοκινήτων, όπου θα έχουν διαμορφωθεί κατάλληλες υποδομές και συνθήκες εξυπηρέτησης των χρηστών τους.

Τα υβριδικά αυτοκίνητα επιλύουν το σημαντικό πρόβλημα της αυτονομίας των αμιγώς ηλεκτρικών οχημάτων, διατηρώντας τα πλεονεκτήματα της ηλεκτροκίνησης (οδική συμπεριφορά, αθόρυβη λειτουργία κλπ) με σημαντικά μειωμένους ρύπους και ιδιαίτερα χαμηλή κατανάλωση καυσίμου. Η μειωμένη κατανάλωση σε καύσιμα οφείλεται στη εφαρμογή συγκεκριμένων αρχιτεκτονικών οι οποίες μπορούν να μειώσουν τον όγκο της μηχανής και συνεπώς και το φορτίο της. Επιπλέον, οφείλεται στο σύστημα ανάκτησης ενέργειας που επιτυγχάνεται μέσω του φρεναρίσματος.

Αξίζει να προστεθεί ότι τα υβριδικά αυτοκίνητα χρησιμοποιούν καύσιμα που διατίθενται κανονικά στην αγορά και παρουσιάζουν μεγάλη ενεργειακή πυκνότητα. Δεν είναι δυσκολότερα στην οδήγηση από τα συμβατικά οχήματα πόλης. Οι αλλαγές από την ΜΕΚ στον ηλεκτροκινητήρα γίνονται αυτόματα. Επίσης δεν απαιτείται να συνδεθούν με την παροχή ηλεκτρικού ρεύματος και σε αυτό το χαρακτηριστικό βασίζεται η αυτονομία τους. Τέλος έχουν αυτόματο σύστημα μετάδοσης.

Τα υβριδικά ηλεκτρικά οχήματα δίνουν άμεση λύση στο περιβαλλοντικό πρόβλημα που έχει προκληθεί από τα μέσα μεταφοράς διότι έχουν τη δυνατότητα να μειώσουν την ατμοσφαιρική ρύπανση και να βελτιώσουν την κατανάλωση καυσίμου χωρίς να θυσιάζουν την απόδοση του αυτοκινήτου και διατηρώντας την υπάρχουσα δομή των συμβατικών αυτοκινήτων. Η έρευνα που γίνεται πάνω στα υβριδικά με τη βοήθεια και αλγορίθμων βελτιστοποίησης έχει στόχο την καλύτερη δυνατή σχεδίαση του αυτοκινήτου, των συστημάτων ενεργειακής αποθήκευσης και την ανάπτυξη των συστημάτων πρόωθης του.

Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και αυτοκίνηση

Αναφέρθηκε ήδη ότι για την αυτοκίνηση, οι εναλλακτικές λύσεις στα μέχρι σήμερα χρησιμοποιούμενα ορυκτά καύσιμα είναι: τα βιοκαύσιμα, η ηλεκτροκίνηση, με χρήση συσσωρευτών, και η χρήση του υδρογόνου

Και στις τρεις αυτές επιλογές, η αξιοποίηση των τεχνολογιών των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας μπορεί να είναι σημαντική, ενώ εάν συνυπολογισθούν στη σωστή τους διάσταση τα περιβαλλοντικά οφέλη που θα προκύψουν, μπορούμε να πούμε ότι ο ρόλος των ΑΠΕ θα είναι κρίσιμος για την αντιμετώπιση των προβλημάτων της κλιματικής αλλαγής.

Είδαμε προηγουμένως τις ΑΠΕ, από τις οποίες μπορεί να παραχθεί ηλεκτρική ενέργεια που θα διοχετευθεί στο δίκτυο. Σήμερα, ειδικά τα αιολικά συστήματα είναι τα πλέον παραγωγικά, από τις υπόλοιπες ΑΠΕ, σε ηλεκτρική ενέργεια σε όλο τον κόσμο, και ειδικά στην Ευρώπη. Στην Ελλάδα, υπάρχει έντονο ενδιαφέρον από ιδιωτικές εταιρίες για την εγκατάσταση αιολικών πάρκων. Η σημερινή εγκατεστημένη ισχύς, που φθάνει περίπου τα 300 MW, είναι αρκετά μικρή για το υπάρχον τεχνικά και οικονομικά εκμεταλλεύσιμο αιολικό δυναμικό, που θεωρητικά τουλάχιστον θα μπορούσε να λειτουργήσει υπερδεκαπλάσια εγκατεστημένη ισχύ. Με τον τρόπο αυτό, μπορούμε να έχουμε σημαντική παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με καθαρό τρόπο (πράσινης ενέργειας) που θα τροφοδοτεί το δίκτυο. Έτσι, η αυξημένη χρήση ηλεκτρικών αυτοκινήτων και οι απαιτήσεις για τη φόρτιση των συσσωρευτών τους, δε θα δημιουργούν περιβαλλοντικά προβλήματα ούτε στην παραγωγή της ενέργειας ούτε στην πραγματοποίηση το μεταφορικού έργου.

Υδρογόνο

Υπάρχουν σημαντικά προβλήματα ασφάλειας, όσον αφορά την αποθήκευση, μεταφορά, διανομή και ευρεία χρήση του υδρογόνου καθώς είναι εύφλεκτο αέριο. Επίσης, δεν πρέπει να παραβλέπεται η οικονομική διάσταση της άμεσης αντικατάσταση όλων των γραμμών παραγωγής των κινητήρων των σημερινών αυτοκινήτων, του κυκλώματος εξόρυξης, μεταφοράς και επεξεργασίας, καθώς και των δικτύων διανομής και πώλησης των υγρών καυσίμων, και τέλος των δικτύων συντήρησης και επισκευής κινητήρων.

Έτσι, εάν η είσοδος του υδρογόνου στην αγορά γίνει με ένα τρόπο ομαλό, δηλαδή με χαμηλό σχετικά κόστος και με μεσοπρόθεσμη εξοικίωση των οδηγών και επιβατών, θεωρείται δεδομένο ότι θα μπορέσει να επικρατήσει χωρίς αρνητικές επιπτώσεις στον τομέα των μεταφορών και ειδικότερα του επιβατικού αυτοκινήτου (ας μην ξεχνάμε το χρόνο που απαιτήθηκε για τη χρήση της αμόλυβδης βενζίνης και την παράλληλη χρήση της με την απλή και τη βενζίνη super).

Λύσεις στην κατάσταση αυτή δίνει η χρήση του υδρογόνου ως καυσίμου στους συμβατικούς κινητήρες εσωτερικής καύσης, με μικρές μόνο μετατροπές τους. Η δυνατότητα αυτή έχει ήδη δοκιμαστεί με ιδιαίτερα θετικά αποτελέσματα. Στην περίπτωση ενός τέτοιου κινητήρα τα υποπροϊόντα της καύσης στους θαλάμους καύσης, δηλαδή τα καυσαέρια, θεωρητικά, δεν είναι παρά υδρατμοί και σταγόνες νερού. Θα πρέπει ωστόσο να αναφερθεί, ότι λόγω των υψηλών θερμοκρασιών καύσης, παράγονται και οξείδια του αζώτου. Η μελέτες και δοκιμές που γίνονται εξετάζουν την περίπτωση κατά τη μεταβατική περίοδο κατά την οποία οι σταθμοί ανεφοδιασμού με υδρογόνου θα είναι περιορισμένοι σε αριθμό, να υπάρχει η δυνατότητα χρήσης στον ίδιο κινητήρα

(μετά από κατάλληλες μετατροπές) είτε υδρογόνου, είτε βενζίνης, αφού τα αυτοκίνητα μπορούν να είναι εφοδιασμένα με δύο συστήματα δεξαμενών καυσίμου.

Η BMW ασχολείται με το υδρογόνο από το 1978. Πριν από περίπου δύο χρόνια, οι Γερμανοί έκαναν ένα μεγάλο βήμα με την έναρξη της παραγωγής σε περιορισμένη κλίμακα – και της διάθεσης για αξιολόγηση σε διάφορους παράγοντες της κοινωνικής ζωής – του Hydrogen 7. Πρόκειται για μια έκδοση της σειράς 7, με 12κύλινδρο κινητήρα 6 λίτρων (260 PS) και τελική ταχύτητα 215 χλμ/ώρα, ικανή να λειτουργήσει τόσο με υδρογόνο όσο και με βενζίνη.

Το δικό της ερευνητικό πρόγραμμα έχει σε εξέλιξη η Mazda και χρησιμοποιεί γι' αυτόν το σκοπό αυτοκίνητα με περιστροφικούς (Βάνκελ) κινητήρες. Πρόκειται για το Hydrogen RE, την έκδοση διπλού καυσίμου του γνωστού σπορ μοντέλου RX-8. Τριάντα αυτοκίνητα αυτού του τύπου δόθηκαν στον εθνικό οργανισμό HyNor της Νορβηγίας για αξιολόγηση. Είχαν προηγηθεί παραδόσεις και άλλων Hydrogen RE σε κυβερνητικές υπηρεσίες και ιδιωτικές εταιρείες στην Ιαπωνία.

Όπως, όμως, έχουμε ήδη αναφέρει, για να χρησιμοποιηθεί σε ευρεία κλίμακα το υδρογόνο ως καύσιμο στα αυτοκίνητα θα πρέπει πρώτα να έχουν επιλυθεί τα θέματα ασφαλούς μεταφοράς και διανομής του. Οι τεχνικές λύσεις που προτείνονται είναι οι ακόλουθες:

- Ο εφοδιασμός του αυτοκινήτου με κάποιο καύσιμο, όπως μεθανόλη, και με μια ενσωματωμένη συσκευή να απελευθερώνεται το υδρογόνο εν κινήσει όσο απαιτείται.
- Συμπύεση του υδρογόνου και εφοδιασμός των αυτοκινήτων με κατάλληλες δεξαμενές υψηλής πίεσης (περίπου 700bar). Μειονέκτημα της λύσης αυτής είναι ότι με τη συμπύεση αυτή αυξάνεται ο κίνδυνος ανάφλεξης του υδρογόνου με εκρηκτικό τρόπο.
- Αποθήκευση του υδρογόνου σε στερεά μορφή, αντιδρώντας με διάφορα μέταλλα για το σχηματισμό υδριδίων τα οποία αποσυντίθενται είτε με νερό είτε με θέρμανση, παρέχοντας το υδρογόνο. Με τον τρόπο αυτό μπορούν να αποθηκευθούν μεγάλες ποσότητες αερίου σε μικρό όγκο, να μην υπάρχει κίνδυνος διαρροής ή ανάφλεξης και το υδρογόνο να είναι διαθέσιμο, όποτε και σε όση ποσότητα χρειάζεται.
- Τέλος, αποθήκευση υγρού υδρογόνου σε κρυογονικές δεξαμενές, αφού όμως επιλυθούν τα προβλήματα που σχετίζονται ή/και δημιουργούνται με τις πολύ χαμηλές θερμοκρασίες.

Φαίνεται λοιπόν πως μπορεί να αποτελέσει την απόλυτη ενεργειακή επιλογή, αλλά σε μακροπρόθεσμη βάση, καθώς τα οικονομικοτεχνικά ζητήματα που πρέπει να λυθούν πριν από την ευρεία διάδοσή του είναι πολλά και μεγάλα.

Πλεονεκτήματα fuel cell οχημάτων

Συνοψίζοντας, τα θετικά χαρακτηριστικά των οχημάτων που φέρουν fuel cells είναι τα κάτωθι:

- Μείωση εκπομπής αερίων που συμβάλλουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου: Η χρήση καυσίμων όπως η βενζίνη ή το diesel συμβάλλει στην ατμοσφαιρική ρύπανση και στο φαινόμενο του θερμοκηπίου. Τα FCVs χρησιμοποιώντας καθαρό υδρογόνο δεν εκπέμπουν ατμοσφαιρικούς ρύπους. Εάν το υδρογόνο παράγεται με τον ανασχηματισμό καυσίμων, μερικά αέρια απελευθερώνονται, αλλά πολύ λιγότερα σε σχέση με αυτά που εκπέμπουν τα συμβατικά οχήματα.
- Αύξηση ενεργειακής απόδοσης: Οχήματα με μηχανές εσωτερικής καύσης μετατρέπουν λιγότερο από το 20% της ενέργειας του καυσίμου σε κινητική ενέργεια. Τα οχήματα που χρησιμοποιούν ηλεκτρικούς κινητήρες που τροφοδοτούνται από κυψέλες υδρογόνου είναι πιο αποδοτικά αφού εκμεταλλεύονται το 40-60% της ενέργειας των καυσίμων. Ακόμη και τα FCVs που παίρνουν το υδρογόνο από τη βενζίνη μπορούν να χρησιμοποιούν το 40% της ενέργειας του καυσίμου.
- Ευελιξία στο σχεδιασμό: Τα κύτταρα καυσίμου μπορούν να παρέχουν πολύ περισσότερη ηλεκτρική ενέργεια από τις μπαταρίες των 12 V των συμβατικών αυτοκινήτων. Επομένως, τα FCVs μπορούν να εξοπλιστούν με περιπλοκότερα και ισχυρότερα ηλεκτρονικά συστήματα από εκείνα που βρίσκονται στα συμβατικά οχήματα βενζίνης. Παραδείγματος χάριν, μερικοί κατασκευαστές οχημάτων σχεδιάζουν οχήματα τα οποία χρησιμοποιούν ηλεκτρονική οδήγηση και φρενάρισμα. Η εξάλειψη του τιμονιού και του άξονα τιμονιού μπορεί να καταστήσει αυτά τα οχήματα ασφαλέστερα.
- Αθόρυβα: Τα οχήματα με κύτταρα καυσίμου είναι πολύ πιο αθόρυβα από αυτά με μηχανές εσωτερικής καύσης αν και ο θόρυβος του αέρα και του δρόμου θα ενοχλεί όσο υψηλότερες είναι οι ταχύτητες.
- Δεν χρειάζονται πετρέλαιο: Μειώνουν με αυτόν τον τρόπο την εξάρτηση από το πετρέλαιο.

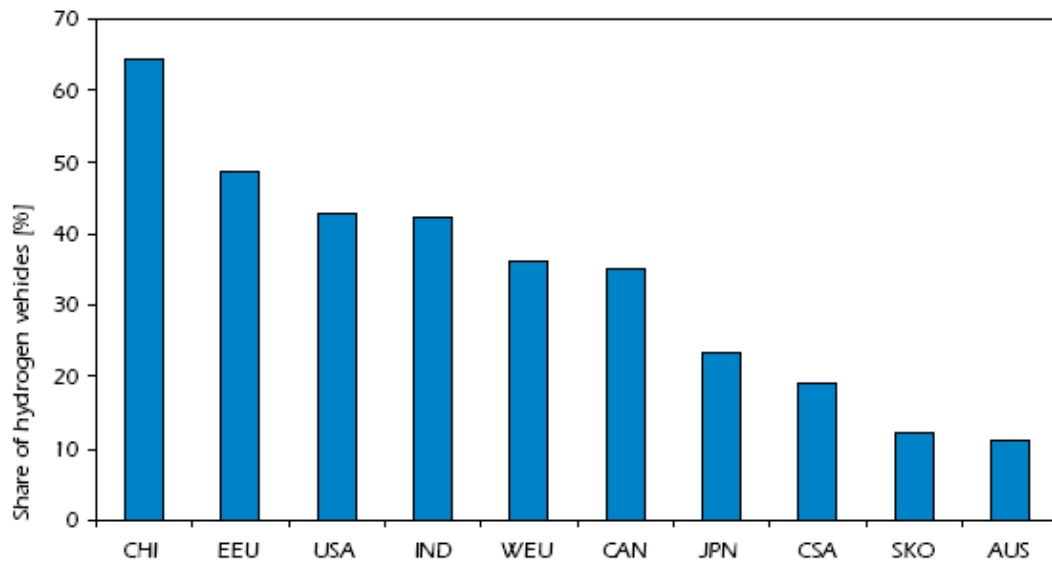
Αυτά τα βασικά χαρακτηριστικά έχουν οδηγήσει πολλούς επιστήμονες στο συμπέρασμα ότι σε αυτές βρίσκεται το μέλλον, με αποτέλεσμα πολλές μεγάλες αυτοκινητοβιομηχανίες να επικεντρώνουν τις προσπάθειές τους στον τομέα αυτόν. Με την υπάρχουσα όμως τεχνολογία, το κόστος της ενέργειας που παράγουν οι κυψέλες είναι εξαιρετικά υψηλό: μία κυψέλη 1 kW κοστίζει 10.000 ευρώ.

Από τους βασικότερους υποστηρικτές αυτής της επιλογής είναι η Honda. Δεκαεννέα χρόνια οι τεχνικοί της εταιρείας πασχίζουν στον συγκεκριμένο τομέα για να φτάσουν στο FCX Clarity. Είχαν προηγηθεί δύο γενιές του μικρότερου σε μέγεθος, τρίθυρου FCX, το οποίο έχει διατεθεί ακόμα και σε οικογένειες στην Καλιφόρνια. Επειδή δε η διάδοση της τεχνολογίας του υδρογόνου θα απαιτήσει τη δημιουργία αντίστοιχης υποδομής, η Honda εξελίσσει παράλληλα οικιακούς σταθμούς παραγωγής υδρογόνου, που λειτουργούν με φυσικό αέριο (πρόσφατα παρουσιάστηκε ένας ακόμα που λειτουργεί με φωτοβολταϊκά στοιχεία) και που εκτός των άλλων παράγουν ηλεκτρικό ρεύμα για το σπίτι. 200 FCX Clarity θα μοιραστούν σε επιλεγμένους χρήστες σε όλο τον κόσμο, στο πλαίσιο ενός τριετούς προγράμματος δοκιμών.

Ανάμεσα στις εταιρείες που πιστεύουν στις κυψέλες είναι και η Mercedes, που έχει δείξει ξεκάθαρα την προτίμησή της σε αυτές με έρευνες που ξεκίνησαν το 1994, όταν παρουσίαζε το NECAR 1 (New Electric Car 1), για να έχει σήμερα στην κυκλοφορία περισσότερα από 100 αυτοκίνητα με ενεργειακές κυψέλες. Η εμπειρία που απέκτησε όλα αυτά τα χρόνια χρησιμοποιώντας ως πλατφόρμα δοκιμών την A-Class, αξιοποιήθηκε και για τη δημιουργία του νέου της αυτοκινήτου ενεργειακών κυψελών, που βασίζεται στην B-Class.

Από τη μεριά της η GM, έχει ήδη πάνω από 100 οχήματα Hydrogen 4 που βρίσκονται σε προγράμματα δοκιμών σε Αμερική, Ιαπωνία, Κορέα, Κίνα και Γερμανία. Μέχρι σήμερα 3.400 άνθρωποι έχουν οδηγήσει το όχημα και 30 οικογένειες το έχουν χρησιμοποιήσει σε καθημερινή βάση για 2 με 3 μήνες. Συνολικά, τα οχήματα έχουν διανύσει σχεδόν 700.000 χλμ.

Συμπερασματικά το υδρογόνο είναι μια πολύ καλή λύση σε μακροπρόθεσμη βάση, ειδικά από περιβαλλοντικής απόψεως και δυνατοτήτων. Στο παρακάτω διάγραμμα φαίνεται ένα αισιόδοξο σενάριο για τη χρήση των κυψελών υδρογόνου σε παγκόσμια κλίμακα έως το 2050.



Διάγραμμα 1: Σενάριο για τη χρήση των κυψέλων υδρογόνου σε παγκόσμια κλίμακα έως το 2050

Η επίλυση των όποιων τεχνικών προβλημάτων, η μείωση του κόστους παραγωγής του υδρογόνου, η δημιουργία της αναγκαίας υποδομής για τη διανομή του και η μαζική παραγωγή υδρογονοκίνητων οχημάτων που θα λειτουργήσει στην κατεύθυνση της μείωσης του κόστους τους είναι τα σημεία – κλειδιά που θα καθορίσουν τις εξελίξεις. Αυτήν τη στιγμή, στην Ευρώπη, Mercedes, General Motors, Ford, BMW, Volkswagen, Aral, BVG, GHW, Linde και MAN συνεργάζονται στο πλαίσιο της Clean Energy Partnership (κοινοπραξία για καθαρή ενέργεια), που έχει έδρα το Βερολίνο. Το πρόγραμμα ξεκίνησε τον Ιούνιο το 2002 με σκοπό τη δημιουργία των υποδομών που θα βοηθήσουν στη διάδοση του υδρογόνου.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1]. Tomlinson S. (2009) Breaking the climate deadlock: Technology for a low carbon future, E3G with The Climate Change Group, The Office of Tony Blair, report online available on 01/09/2009: http://tonyblairoffice.org/180_TCG_BTCD_TB%20TECH%20REPORT.pdf
- [2]. Εφημερίδα “Η Καθημερινή”, ένθετο: “Πράσινο Αυτοκίνητο με Μηδενικούς Ρύπους και Ελάχιστα Έξοδα Κίνησης και Συντήρησης”, Τεύχος 30, Απρίλιος 2010.
- [3]. www.toyota.gr
- [4]. <http://www.auto24.gr/html/ent/250/ent.28250.asp>
- [5]. Τσουλφάς Τ., “Nissan Νunu: Ηλεκτροκίνητο και Ευέλικτο στην πόλη”, 2008, www.makthes.gr/news/reportage/30740/
- [6]. <http://www.hyundai.gr/hyundai/top/tech/eco/index.html>
- [7]. <http://www.autotriti.gr/magazine/dataposleitourgei.asp?idsubcat=294>
- [8]. <http://www.automobilesreview.com/auto-news/lightweight-design-its-an-art-the-audi-asf-design-principle/7386/>
- [9]. Madslie, J. (2009) “The future of electric motoring”, BBC News, dated on 16/04/2009, online available: <http://news.bbc.uk/1/hi/business/8001667.stm>
- [10]. Plug-In America (2009) <http://www.pluginamerica.org/>
- [11]. Cooke P. & Zhang F., (2009), “The Green Vehicle Trend: Electric, Plug-in hybrid or Hydrogen fuel cell?”
- [12]. Ρακόπουλος Κ., (1988), “Αρχές Εμβολοφόρων Μηχανών Εσωτερικής Καύσης. Εισαγωγή-Λειτουργία-Θερμοδυναμική”, Εκδόσεις “Φούντας”, Αθήνα
- [13]. Τσεκούρας Π., (2009), “Έλεγχος Ηλεκτρικού Υβριδικού Οχήματος με Κινητήρα Εσωτερικής Καύσης Υδρογόνου”

- [14]. Energy Saving Trust, Ευρωπαϊκό Έργο IEE-Treatise, (2005), “Cleaner Fuels & Vehicles”
- [15]. www.ema.gr
- [16]. <http://etam14-13.blogspot.com/2009/05/mek.html>
- [17]. Ρίκος Ε., (2005), “Μέθοδοι Εξοικονόμησης Ενέργειας σε Ηλεκτροκίνητα Οχήματα”
- [18]. Naunin D., (1996), “Electric Vehicles”, Industrial Symposium on Industrial Electronics
- [19]. Νέγκας Δ., (2002), “Κατηγορίες Αυτοκινήτων Νέας Τεχνολογίας που Βρίσκονται Σήμερα σε Εξέλιξη”
- [20]. Chan C., Chau K., (1997), “An Overview of Power Electronics in Electric Vehicles”, IEEE Transaction on Industrial Electronics
- [21]. Σαφάκας Α., “Ηλεκτρονικά Ισχύος, Θερμίστορ-Μετατροπείς-Εφαρμογές”, Οργανισμού Εκδόσεων Διδακτικών Βιβλίων, Αθήνα, (1985).
- [22]. Σπέντζας Κ., (2009), “Ηλεκτροκίνητα Οχήματα στην Ελλάδα: Δυνατότητες και Προοπτικές”
- [23]. Παλαιολούγκα Ε., Φράγκος Π., (2009), “Η Οικονομία του Υδρογόνου”
- [24]. www.batteryuniversity.com
- [25]. Βαμβαράκης Π., (2007), “Ανασκόπηση Τεχνολογιών Υβριδικών Οχημάτων με Ηλεκτροκινητήρα και Εμβολοφόρο ΜΕΚ”
- [26]. Kutkut N., Wiegman L., Divan N., Novotny D., “Design Considerations for Charge Equalization of an Electric Vehicle Battery System”, IEEE Transactions on Industry Applications, January/February (1999)
- [27]. Inderka R., Menne M., De Doncker R., “Generator Operation of Switched Reluctance Machine Drives for Electric Vehicles”, EPE Journal, 2001
- [28]. Ζαχαρίας Θ., “Ηπιες Μορφές Ενέργειας II”, Οργανισμός Εκδόσεων Διδακτικών Βιβλίων, Αθήνα, 1986

- [29]. Dougal R., Liu S., White E., "Power and Life Extension of Battery Ultracapacitor Hybrids", IEEE Transactions on Components and Packaging Technologies, March 2002
- [30]. Dixon J., Ortuzar M., "Ultracapacitors and DC Converters in Regenerative Braking System", IEEE AESS Systems Magazine, August 2002
- [31]. www.kape.gr
- [32]. Καλδέλης Ι., "Πηγές Ενέργειας: Συμβατικές και Ανανεώσιμες", Εκδόσεις Σύγχρονη Εκδοτική, 2005
- [33]. Γελεγένης Ι., (2005) "Πηγές Ενέργειας: Συμβατικές και Ανανεώσιμες", Εκδόσεις Σύγχρονη Εκδοτική
- [34]. Αγερίδης Γ., (2003) "Καθαρά Αυτοκίνητα: Οι Προοπτικές τους στο Μέλλον"
- [35]. Wymann C.E., Hinman N.D., (1990) "Ethanol: Fundamentals of Production from Renewable Feedstocks and Use as a Transportation Fuel"
- [36]. Buchanan E.J., (1989), "Production of Fuel Ethanol from Sugar"
- [37]. Amann C.A. (1996), "Alternative Fuels and Power Systems in the Long Term", Int J Vehicle Design 17
- [38]. Pearl G.G (2002) "Animal Fat Potential for Bioenergy Use"
- [39]. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΥ ΙΙ, Αθήνα 2001, Κύκλος Μηχανολογικού Τομέα ΤΕΕ
- [40]. www.f1live.gr
- [41]. Καλογερίδης Γ., (2009), "Σύγχρονη αντίληψη για τους αισθητήρες του αυτοκινήτου-Ασφάλεια του οχήματος και του πληρώματος"
- [42]. Καρπούζας Η., "Εφαρμογές παγκόσμιου δορυφορικού συστήματος εντοπισμού θέσης (GPS)" Μάρτιος (2008)

[43]. Offer G., Howey D., Contestabile M., Clague R., Brandon N., "Comparative analysis of battery electric, hydrogen fuel cell and hybrid vehicles in a future sustainable road transport system", Energy Policy 38 (2010)

[44]. Brown S., Pyke D., Steenhof P., "Electric vehicles: The role and importance of standards in an emerging market", Energy Policy (2010)

[45]. Avadikyan S., Lierena P., "Areal options reasoning approach to hybrid vehicle investments" Technological Forecast and Social Change 77 (2010)

[46]. Sandy Thomas C., "Transportation options in a carbon-constrained world: Hybrids, plug-in hybrids, biofuels, fuel cell electric vehicles, and battery electric vehicles", International Journal of Hydrogen Energy 34 (2009)