

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ  
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Τ.Ε.

## ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ 1541



# ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΝΑΚΤΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΑ ΥΒΡΙΔΙΚΑ ΟΧΗΜΑΤΑ

Μπάκολης Χαράλαμπος 5782

Φυτίλης Δήμος 6124

ΕΠΟΠΤΕΥΟΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: Χαραλαμπάκος Βασίλειος

ΠΑΤΡΑ 22/11/15



## **Πρόλογος**

Το παραπάνω θέμα αποτελείται από δύο σκέλη. Το ένα είναι η ανάκτηση ενέργειας και το άλλο τα υβριδικά αυτοκίνητα. Στην παρούσα εργασία, στόχος μας είναι η όσο τον δυνατόν λεπτομερέστερη ανάλυση διάφορων συστημάτων ανάκτησης ενέργειας που χρησιμοποιούνται στα υβριδικά οχήματα, εξηγώντας πρώτα τι είναι υβριδικό όχημα. Στο πρώτο κεφάλαιο λοιπόν, θα ορισθεί και θα αναλυθεί η υβριδική τεχνολογία, ενώ στο δεύτερο κεφάλαιο θα εμβαθύνουμε και θα αναλύσουμε εκτενώς τα συστήματα ανάκτησης ενέργειας που χρησιμοποιούνται στα υβριδικά οχήματα.

## Περίληψη

Η παρούσα πτυχιακή εργασία έχει τίτλο Συστήματα Ανάκτησης Ενέργειας στα Υβριδικά Αυτοκίνητα. Δηλαδή διαπραγματεύεται τα συστήματα εκείνα με τα οποία είναι εφοδιασμένα ή πρόκειται να εφοδιαστούν στο μέλλον, διάφορα υβριδικά οχήματα ώστε να είναι σε θέση να ανακτούν όσο το δυνατόν μεγαλύτερα ποσά ενέργειας τα οποία υπό διαφορετικές συνθήκες θα πήγαιναν ανεκμετάλλευτα.

Στο κεφάλαιο 1 γίνεται μια αναφορά γενικά για την κατανάλωση ενέργειας, την ρύπανση του περιβάλλοντος και γιατί είναι σημαντικό να εξοικονομούμε ενέργεια ειδικά από τον τομέα των μεταφορών, καθώς επίσης ορίζεται ο όρος υβριδικό όχημα και πραγματοποιείται μια σύντομη ιστορική αναδρομή.

Στο κεφάλαιο 2 εμβαθύνουμε στην υβριδική τεχνολογία και αναλύουμε λεπτομερώς κάθε τύπο υβριδικού οχήματος που μπορεί να συναντήσουμε, καθώς επίσης στο τέλος του κεφαλαίου αναφέρουμε λίγα λόγια για μέσα αποθήκευσης ενέργειας αλλά και για ηλεκτρικές μηχανές μιας και αποτελούν ζωτικά μέρη των οχημάτων αυτών.

Στο κεφάλαιο 3 εμβαθύνουμε και μπαίνουμε στην καρδιά του θέματος που είναι τα Συστήματα Ανάκτησης Ενέργειας. Παρουσιάζονται οκτώ διαφορετικοί τύποι Συστημάτων Ανάκτησης Ενέργειας και αναλύονται όσο πιο αναλυτικά γίνεται.

Τέλος στο κεφάλαιο 4 αναφέρουμε ένα επιπρόσθετο θέμα στο οποίο ο ηλεκτροκινητήρας είναι ενσωματωμένος μέσα στο τροχό και κινεί το όχημα. Επίσης αναφέρουμε διάφορες ευκολίες και πλεονεκτήματά τα οποία μπορεί να έχει ο κάτοχος ενός υβριδικού αυτοκινήτου και παραθέτουμε συμβουλές για σωστή οδήγηση, χρήση, και συντήρηση του αυτοκινήτου. Τέλος γίνεται μια παρουσίαση άξιων αναφερθέντων υβριδικών με τα τεχνικά τους χαρακτηριστικά.

## Περιεχόμενα

### Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή στην υβριδική τεχνολογία

1.0 Σημερινή και μελλοντική κατανάλωση ενέργειας.....	8
1.0.1. Βελτίωση του βιοτικού επιπέδου των αναπτυσσόμενων χωρών.....	9
1.0.2. Παγκόσμια αύξηση πληθυσμού.....	10
1.1 Κατανάλωση ενέργειας και μεταφορές.....	11
1.2 Περιβαλλοντικές επιπτώσεις.....	12
1.3 Πετρελαϊκή κρίση.....	14
1.3.1. πληθωριστικές τάσεις.....	16
1.3.2. Με Επιδείνωση του Εμπορικού Ισοζυγίου.....	16
1.3.3. Επιπτώσεις στον οικογενειακό προγραμματισμό.....	16
1.4. Προσπάθειες για μείωση των ρύπων στον τομέα των μεταφορών.....	16
1.5. «Πράσινα» οχήματα.....	17
1.6. Υβριδικά οχήματα και υβριδική τεχνολογία.....	20
1.6.1. Ορισμός υβριδικού οχήματος.....	20
1.6.2 Εισαγωγή στην υβριδική τεχνολογία.....	20
1.7. Ιστορική αναδρομή.....	23

### Κεφάλαιο 2: Υβριδική τεχνολογία –τεχνικά χαρακτηριστικά – πλήρης ανάλυση

2.0. Υβριδική τεχνολογία –τεχνικά χαρακτηριστικά – πλήρης ανάλυση.....	27
2.1. Αμιγώς ηλεκτρικά οχήματα (All electric vehicles).....	29
2.1.1. Συστήματα ηλεκτρικής κίνησης οχημάτων.....	32
2.2. Υβριδικά ηλεκτρικά οχήματα (Hybrid electric vehicles).....	39
2.2.1. Μικρο-υβριδικά (Micro Hybrids).....	39
2.2.2. Ήπια Υβριδικά (Mild Hybrids).....	40
2.2.3. Πλήρως υβριδικά (Full Hybrids).....	41
2.2.3.1. Υβριδικό ηλεκτρικό όχημα σειράς (Series Hybrid).....	42
2.2.3.2. Παράλληλο υβριδικό ηλεκτρικό όχημα (Parallel Hybrid).....	43
2.2.3.3. Σειριακό-παράλληλο υβριδικό ηλεκτρικό όχημα.....	46
2.3. Οχήματα με κυψέλες καυσίμου (Fuel cells vehicles).....	47
2.4. Τεχνικές εξοικονόμησης καυσίμου.....	50
2.4.1. Αναγεννητική πέδηση.....	50
2.4.2. Idle-off (ρελαντί).....	50
2.4.3. Υποδιαστασιολόγηση της μηχανής εσωτερικής καύσης.....	51
2.4.4. Αποκλειστική λειτουργία κινητήρα.....	51
2.4.5. Επαναφόρτιση εκτός οχήματος.....	51
2.5. Κάποια μειονεκτήματα των υβριδικών.....	52
2.6. Κάποια πλεονεκτήματα των υβριδικών.....	52
2.7. Συνήθεις τύποι ηλεκτρικών μηχανών στα υβριδικά οχήματα.....	53
2.7.1. Επαγωγικός τριφασικός κινητήρας εναλλασσόμενου ρεύματος.....	54
2.7.2. Κινητήρας συνεχούς ρεύματος μόνιμου μαγνήτη.....	55
2.7.2.1. Πλεονεκτήματα κινητήρα συνεχούς ρεύματος μόνιμου μαγνήτη.....	56
2.7.2.2. Μειονεκτήματα κινητήρα συνεχούς ρεύματος μόνιμου μαγνήτη.....	57
2.7.3. Σύγχρονος κινητήρας μόνιμου μαγνήτη.....	57
2.8. Συστήματα αποθήκευσης και μετατροπής ενέργειας.....	58

2.8.1. Μπαταρία.....	58
2.8.1.1. Χαρακτηριστικά μεγέθη.....	58
2.8.1.2. Δομή μπαταριών.....	59
2.8.2. Είδη μπαταριών.....	59
2.8.2.1. Μπαταρίες μολύβδου-οξέος (Lead-Acid Battery).....	59
2.8.2.2. Μπαταρίες νικελίου-υδριδίου μετάλλου (NiMH).....	59
2.8.2.2.1. Πλεονεκτήματα μπαταριών νικελίου-υδριδίου μετάλλου (NiMH).....	60
2.8.2.2.2. Μειονεκτήματα μπαταριών νικελίου-υδριδίου μετάλλου (NiMH).....	60
2.8.2.3. Μπαταρίες ιόντων λιθίου (Li-Ion).....	60
2.8.2. Υπερπυκνωτές.....	61
2.8.2.1. Πυκνωτές διπλού ηλεκτροχημικού στρώματος (EDLCs).....	61
2.8.2.2. Ψευδοπυκνωτές.....	61
2.8.3. Σφόνδυλος.....	62
2.9. Συμπεράσματα Μπαταριών.....	62

### Κεφάλαιο 3: Συστήματα Ανάκτησης Ενέργειας

3.1. Ορισμοί και εισαγωγή.....	63
3.2. Ηλεκτρικό σύστημα ανάκτησης κινητικής ενέργειας.....	65
3.2.1. Κατανάλωση ενέργειας κατά την πέδηση.....	67
3.2.2. Τρόποι αποθήκευσης ενέργειας.....	68
3.2.3. Λίγα λόγια για το σύστημα πέδησης.....	69
3.2.4. Λίγα λόγια για την σύζευξη Μ.Ε.Κ., ηλεκτρικού κινητήρα και γεννήτριας... 70	
3.3. Μηχανικό σύστημα ανάκτησης κινητικής ενέργειας.....	72
3.3.1. Κατασκευαστικά χαρακτηριστικά.....	76
3.3.2. Σύγκριση των σφονδύλων με άλλα συστήματα αποθήκευσης.....	76
3.3.3. Πλεονεκτήματα των σφονδύλων.....	77
3.4. Ηλεκτρομηχανικό σύστημα ανάκτησης κινητικής ενέργειας.....	78
3.4.1. Τα κυριότερα ενός συστήματος αποθήκευσης ενέργειας με σφόνδυλο.....	80
3.4.2. Κάποια μειονεκτήματα των συστημάτων με στρεφόμενους σφονδύλους.....	81
3.4.3. Χαρακτηριστικά συστημάτων flywheels.....	81
3.5. Σύστημα ανάκτησης κινητικής ενέργειας από τα καυσαέρια των Μ.Ε.Κ.....	83
3.5.1. Ελαχιστοποίηση του turbo lag.....	85
3.5.2. Λίγα λόγια για το υβριδικό σύστημα κίνησης της F1 2014.....	87
3.6. Σύστημα ανάκτησης θερμικής ενέργειας από τα καυσαέρια.....	88
3.6.1 Λίγα λόγια για τους Ατμοστρόβιλους (steam turbines).....	90
3.7. Θερμοηλεκτρική γεννήτρια (thermoelectric generator) (TEG).....	91
3.7.1. Λίγα λόγια για την αρχή λειτουργίας των Θερμοηλεκτρικών Στοιχείων.....	93
3.7.2. Θερμοηλεκτρική γεννήτρια στο ερευνητικό όχημα BMW Σειρά 5.....	94
3.8. Υβραβλικό σύστημα ανάκτησης κινητικής ενέργειας.....	95
3.8.1. Γνωριμία με την φιλοσοφία του ομίλου PSA-Bosch.....	95
3.8.2. Αρχή λειτουργίας.....	96
3.8.3. Λεπτομερής τεχνική περιγραφή.....	97
3.8.4. Φιλοσοφία υβριδικού οχήματος.....	99
3.8.5. Μέση κατανάλωση 2,9 lt/100km.....	102
3.9. Πνευματικό σύστημα ανάκτησης ενέργειας.....	102
3.9.1. Πνευματικά αυτοκίνητα.....	104

## Κεφάλαιο 4: Επίλογος

4.1. E-wheel drive technology.....	107
4.2. Οικονομική ανάλυση Μικροοικονομική ανάλυση – Λόγοι υπεροχής υβριδικών αυτοκινήτων.....	110
4.3. Φορολογικές διευκολύνσεις.....	112
4.4. Επιδοτήσεις.....	112
4.5. Συμβουλές για σωστή οδήγηση, χρήση, συντήρηση του αυτοκινήτου.....	113
4.5.1. Η σωστή χρήση του αυτοκινήτου.....	113
4.5.2. Οδηγώντας σωστά.....	113
4.5.3. Σωστή συντήρηση του αυτοκινήτου.....	114
4.6. Παραδείγματα σύγχρονων υβριδικών οχημάτων.....	116
4.6.1. Toyota Prius THS και THS II.....	116
4.6.2. Ford Escape Hybrid.....	124
4.6.3. Honda Civic Hybrid.....	128
<b>Βιβλιογραφία.....</b>	<b>130</b>

## Εισαγωγή

### Κεφάλαιο 1

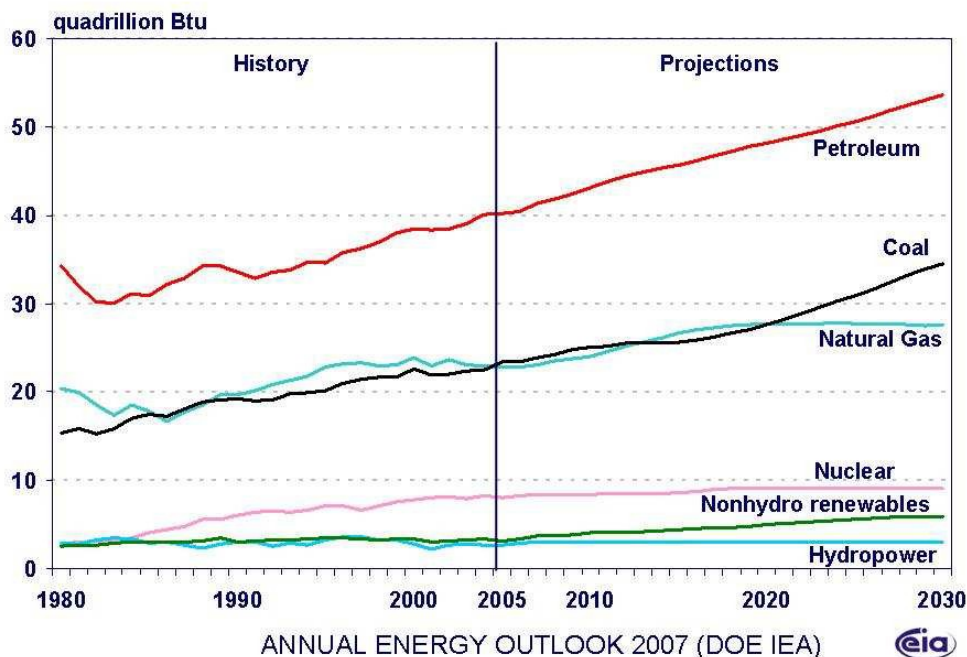
#### 1.0. Σημερινή και μελλοντική κατανάλωση ενέργειας

Η εφεύρεση και η εδραίωση της χρήσης των μηχανών εσωτερικής καύσης στις αρχές του 20ου αιώνα συνέβαλλε σε μεγάλο βαθμό στην εκθετική αύξηση της κατανάλωσης ενέργειας. Η ενέργεια αυτή προερχόταν και συνεχίζει να παράγεται κατά κύριο λόγο από την καύση των ορυκτών καυσίμων, είτε αυτή συμβαίνει στους κυλίνδρους των αυτοκινήτων με σκοπό την παραγωγή κίνησης, είτε στα εργοστάσια παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας όπου η χημική ενέργεια των ορυκτών καυσίμων μετατρέπεται σε ηλεκτρική.

Η κοινωνική ευημερία, όπως τουλάχιστον την αντιλαμβανόμαστε μέσα από το «δυτικό» τρόπο ανάπτυξης του πολιτισμού, συνδέθηκε με την ικανοποίηση ολοένα και αυξανόμενων αναγκών μέσα από μια διαδικασία συνεχούς και αδιάκοπης κατανάλωσης ενεργειακών πόρων, κυρίως πετρελαίου. Αναμφισβήτητα η υψηλή κατανάλωση ενέργειας ταυτίστηκε με τον εκσυγχρονισμό των κοινωνιών. Σύμφωνα με την ετήσια έκθεση ενέργειας του αμερικανικού υπουργείου ενέργειας για το έτος 2005, τα τελευταία 20 χρόνια η κατανάλωση ενέργειας αυξάνεται με ταχύτατους ρυθμούς. Οι προβλέψεις για την μελλοντική κατανάλωση ενέργειας κάνουν λόγο για περαιτέρω αύξηση κατά τον ίδιο ρυθμό. Αξίζει να σημειωθεί ότι το μεγαλύτερο μέρος της παραγόμενης ενέργειας προέρχεται από πρωτογενείς μορφές ενέργειας δηλαδή πετρέλαιο, άνθρακα και φυσικό αέριο.

Παρατηρείται επίσης ότι αν και τα τελευταία χρόνια οι λεγόμενες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας είναι ιδιαίτερα δημοφιλείς, δεν ενδέχεται στο άμεσο μέλλον να αποτελέσουν την κύρια πηγή ενέργειας. Παράλληλα η πυρηνική ενέργεια παρουσιάζει τα δικά της επιμέρους προβλήματα και έτσι ούτε και αυτή αναμένεται να αποτελέσει την κυρίαρχη ενεργειακή πηγή. Τα προαναφερθέντα στοιχεία παρουσιάζονται στο γράφημα που ακολουθεί.

Energy Consumption by Fuel, 1980-2030



Κατανάλωση Ενέργειας ανά πηγή ενέργειας

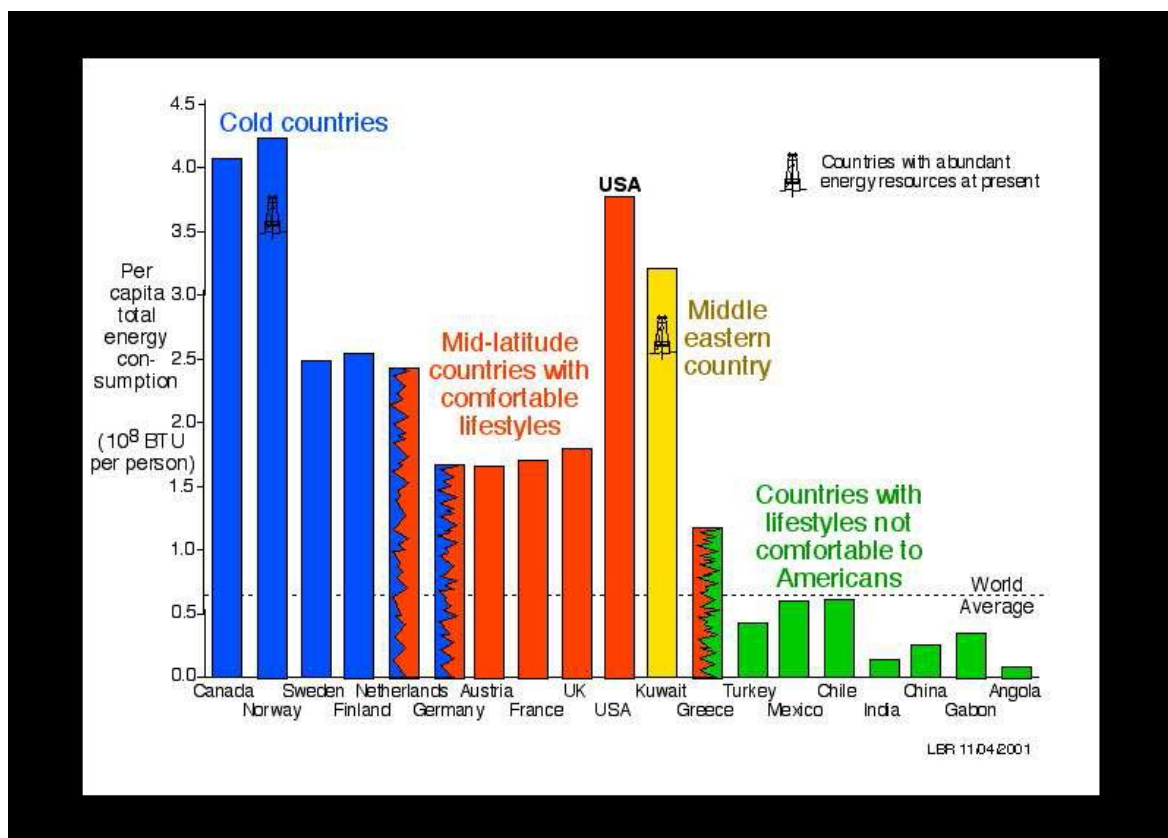


Οι βασικότερες αιτίες της αναμενόμενης αύξησης της κατανάλωσης ενέργειας είναι δύο και παρουσιάζονται στη συνέχεια.

### 1.0.1. Βελτίωση του βιοτικού επιπέδου των αναπτυσσόμενων χωρών

Όπως προαναφέρθηκε η κατανάλωση ενέργειας σε μια χώρα είναι στενά συνδεδεμένη με την ευημερία που απολαμβάνουν οι πολίτες της. Το ποσό της κατά κεφαλήν καταναλισκόμενης ενέργειας στις ανεπτυγμένες κοινωνίες είναι αναμφίβολα κατά πολύ μεγαλύτερο σε σχέση με τις αναπτυσσόμενες ή τις μη ανεπτυγμένες. Από το γράφημα που παρατίθεται στη συνέχεια παρατηρείται ότι σε ορισμένες χώρες όπως για παράδειγμα οι Η.Π.Α, γίνεται αλόγιστη χρήση ενέργειας (μόνο το 5% του παγκόσμιου πληθυσμού καταναλώνει το 23% της παγκόσμιας ενέργειας) ενώ αντιθέτως σε χώρες όπως η Κίνα και η Ινδία, ο μέσος πολίτης καταναλώνει λιγότερο και από το μισό του παγκόσμιου μέσου όρου.

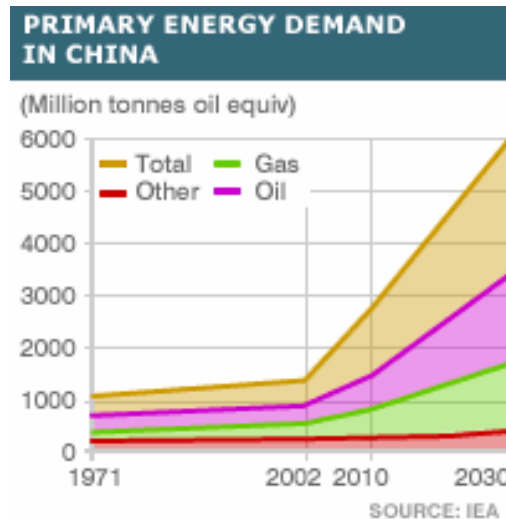
Θα πρέπει ακόμη να τονιστεί ότι συγκρίνοντας μόνο τις ανεπτυγμένες χώρες στην ευρωπαϊκή και αμερικανική ήπειρο προκύπτει ένα πολύ σημαντικό συμπέρασμα για την διαφορά της ευαισθητοποίησης ως προς την κατανάλωση ενέργειας. Παρατηρείται σύμφωνα με το παρακάτω γράφημα ότι ο μέσος Αμερικανός πολίτης καταναλώνει τη διπλάσια ενέργεια σε σχέση με το μέσο δυτικοευρωπαϊκό παρόλο που απολαμβάνουν την ίδια ευημερία. Το γεγονός αυτό είναι αποτέλεσμα αφενός της μακροχρόνιας προσπάθειας των ευρωπαϊκών χωρών για την ενημέρωση των πολιτών όσον αφορά τη λελογισμένη χρήση της ενέργειας (αποφυγή άσκοπης χρήσης ηλεκτρικών συσκευών και φωτισμού, αντικατάσταση ενεργοβόρων συσκευών κ.ά.), και αφετέρου των ενεργειακών πολιτικών που επιβάλλουν σε ιδιωτικούς και δημόσιους φορείς.



Ετήσια κατά κεφαλήν κατανάλωση ενέργειας

Τα στοιχεία του παραπάνω γραφήματος είναι αποτέλεσμα της σημερινής διεθνούς τάξης πραγμάτων. Παρόλα αυτά παρατηρώντας κανείς τους ρυθμούς ανάπτυξης των οικονομιών μερικών κρατών όπως για παράδειγμα η Κίνα, θα πρέπει να περιμένει ότι μελλοντικά θα αλλάξει άρδην η κατά κεφαλήν κατανάλωση ενέργειας στις χώρες αυτές.

Σύμφωνα με την Υπηρεσία, διεθνούς Ενέργειας (IEA) θα τετραπλασιαστεί η ζήτηση της ενέργειας από την Κίνα μέχρι το 2030.



#### Ζήτηση πρωτογενούς ενέργειας από την Κίνα

Οι κυριότεροι παράγοντες που οδηγούν στην κατεύθυνση αυτή είναι δύο:

- Η πλειοψηφία των ανθρώπων στις αναπτυσσόμενες χώρες στηρίζονται σήμερα αφενός σε παραδοσιακά καύσιμα βιομάζας (ξύλα, απόβλητα καλλιεργειών, κοπριές ζώων) για την κάλυψη των ενεργειακών τους αναγκών και αφετέρου στις φυσικές τους δυνάμεις και στις δυνάμεις των ζώων για την διεκπεραίωση των εργασιών τους.

Δεδομένης όμως της οικονομικής ανάπτυξης είναι λογικό ότι μελλοντικά οι πρωτόγονες μορφές ενέργειας σχεδόν θα εξαφανιστούν και θα αντικατασταθούν από σύγχρονες μορφές αλλά και από σύγχρονες τεχνολογικές εφαρμογές, όπως τα αυτοκίνητα, γεγονός που θα δώσει το έναυσμα για εκθετική αύξηση της κατανάλωσης ενέργειας.

- Η οικονομική ανάπτυξη συμβαδίζει ως επί των πλείστον με την ανάπτυξη των εμπορικών, βιομηχανικών και οδικών υποδομών, η κατασκευή των οποίων απαιτεί τεράστια ποσά ενέργειας και υλικών.

#### **1.0.2. Παγκόσμια αύξηση πληθυσμού**

Τους τελευταίους δύο αιώνες έχει παρατηρηθεί μια συνεχόμενη αύξηση του παγκόσμιου πληθυσμού. Ιδιαίτερα τα τελευταία 50 χρόνια ο ρυθμός αύξησης είναι ασύλληπτος και παρατηρείται κυρίως στις αναπτυσσόμενες χώρες.

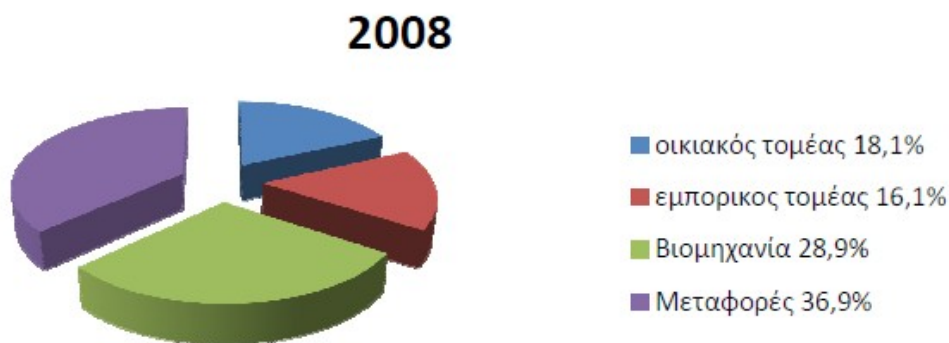
Ο παγκόσμιος πληθυσμός αναμένεται να αυξηθεί περαιτέρω παρ' όλες τις προσπάθειες για έλεγχο των γεννήσεων σε αναπτυσσόμενες χώρες όπως η Κίνα. Η μελλοντική αύξηση βέβαια αναμένεται

να πραγματοποιηθεί με χαμηλότερο ρυθμό σε σχέση με το ρυθμό αύξησης των τελευταίων χρόνων. Σύμφωνα με την παγκόσμια τράπεζα ο πληθυσμός της γης το 2020 θα ανέρχεται περίπου σε 7 δισεκατομμύρια άτομα. Στην ίδια πηγή αναφέρεται ότι η μεγαλύτερη αύξηση πληθυσμού αναμένεται να συμβεί στην αφρικανική και στην ασιατική ήπειρο σε ποσοστά 30% και 58% αντίστοιχα της συνολικής αύξησης. Στη μεν Ασία η αύξηση θα προκληθεί λόγω της ήδη υπάρχουσας μεγάλης πληθυσμιακής βάσης ενώ στην Αφρική λόγω του υψηλού ποσοστού γονιμότητας.

Από τα παραπάνω γίνεται αντιληπτό ότι η παγκόσμια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας θα συνεχίσει να αυξάνεται, ακολουθώντας τους ρυθμούς αύξησης του πληθυσμού της γης και τη σχετική βελτίωση του βιοτικού επιπέδου των κατοίκων της. Η παγκόσμια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας εκτιμάται ότι το 2020 θα είναι κατά 50% υψηλότερη σε σχέση με αυτή στις αρχές του 21ου αιώνα, εξυπηρετώντας την παγκόσμια ζήτηση ενέργειας η οποία εκτιμάται κατά 65% μεγαλύτερη σε σχέση με το 2000. Διεθνώς συνεχίζεται η αύξηση της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας καθώς επίσης και της ενέργειας που καταναλώνεται στον τομέα των μεταφορών ο οποίος αναπτύσσεται και θα συνεχίσει να αναπτύσσεται έντονα.

### 1.1. Κατανάλωση ενέργειας και μεταφορές

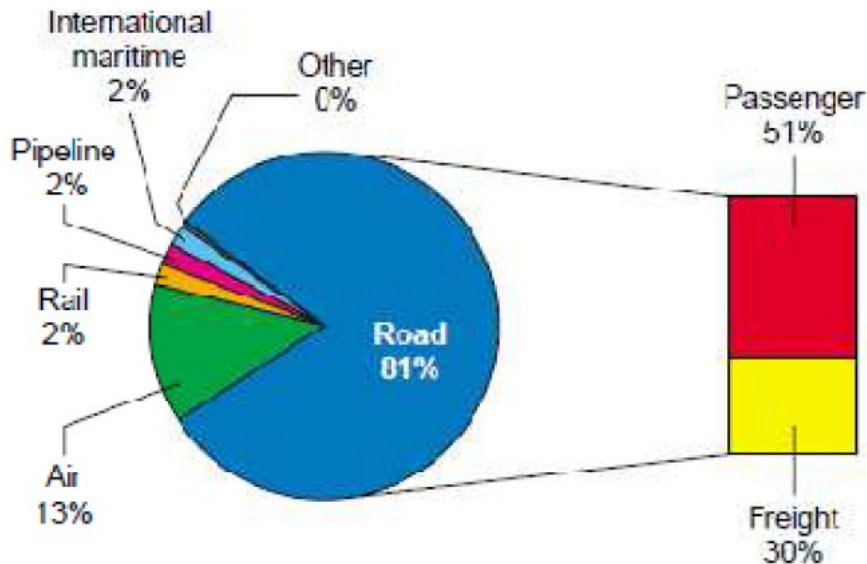
Σύμφωνα με έκθεση του Οργανισμού για την Οικονομική Συνεργασία & Ανάπτυξη (ΟΟΣΑ) για το έτος 2008 ο τομέας των μεταφορών απορροφά το μεγαλύτερο ποσοστό ενέργειας, σε σχέση με τις υπόλοιπες δραστηριότητες. Το ποσοστό αυτό ανέρχεται περίπου στο 37% της παγκόσμιας πρωτογενούς ενέργειας και ευθύνεται σε πολύ μεγάλο βαθμό για τη ρύπανση του περιβάλλοντος. Οι χώρες που ανήκουν στον (ΟΟΣΑ), στις οποίες συγκαταλέγεται και η Ελλάδα, απορροφούν συνολικά περισσότερο από το 75% της παγκόσμιας κατανάλωσης, η οποία ανέρχεται σε 1,75 Gtoe\*. Συγκεκριμένα οι Ηνωμένες Πολιτείες, η Ευρωπαϊκή Ένωση και η Ιαπωνία καταναλώνουν το 55%.



Εικόνα 1.5-Κατανομή της καταναλισκόμενης ενέργειας ανά τομέα για το έτος 2008,[5]

Σύμφωνα με την ίδια έκθεση οι χερσαίες μεταφορές παίζουν τον κυρίαρχο ρόλο αφού αποτελούν το 81% των συνολικών μεταφορών. Από αυτές το 51% αφορά μεταφορές για ιδιωτικούς σκοπούς ενώ

το 30% εμπορικούς. Στα τελευταία 25 χρόνια ο αριθμός των οχημάτων στις χώρες του ΟΟΣΑ διπλασιάστηκε και αποτελεί το 80% του παγκόσμιου. Σήμερα υπάρχουν καταγεγραμμένα παγκοσμίως περισσότερα από 600 εκατομμύρια επιβατικά αυτοκίνητα ιδιωτικής χρήσης και 210 εκατομμύρια ελαφριά φορτηγά.



Εικόνα 1.6-Συμμετοχή των χερσαίων μεταφορών στην κατανάλωση ενέργειας,[3]

Δεδομένης της οικονομικής ανάπτυξης χωρών όπως η Κίνα και η Ινδία, ραγδαία αύξηση στη ζήτηση των οδικών μεταφορών αναμένεται για τον 21ο αιώνα. Στην Κίνα ήδη, τα τελευταία χρόνια, η παραγωγή οχημάτων αυξήθηκε κατά 900% και έφτασε τα 4,4 εκατομμύρια οχήματα το 2003, ισοδύναμο περίπου με το 20% της ευρωπαϊκής παραγωγής. Η ιδιοκτησία οχημάτων βέβαια παραμένει στα 10 οχήματα ανά 1000 κατοίκους, ενώ στις ΗΠΑ η τιμή αυτή είναι 775 οχήματα ανά 1000 κατοίκους και στις Ευρωπαϊκή Ένωση και Ιαπωνία 500. Υπολογίζεται όμως ότι μέχρι το 2030 ο παγκόσμιος αριθμός οχημάτων θα διπλασιαστεί και θα ξεπεράσει τα 1,3 δισεκατομμύρια οχήματα. Κατ' αντιστοιχία η παγκόσμια ζήτηση ενέργειας για τις μεταφορές θα αγγίξει τα 3,2 Gtoe\*, με το πετρέλαιο να καλύπτει το 95% αυτής της ζήτησης, γεγονός που συνεπάγεται τεράστια αύξηση εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα.

\* *Gigatons of Oil Equivalent (Gtoe)*: Ο τόνος ισοδύναμου πετρελαίου (ΤΠΠ) είναι μια μονάδα ενέργειας: το ποσό της ενέργειας που εκλύεται από την καύση ενός τόνου αργού πετρελαίου. Ισοδυναμεί περίπου με 42 GJ.

## 1.2. Περιβαλλοντικές επιπτώσεις

Όπως ήδη αναφέρθηκε, το μεγαλύτερο μέρος της σημερινής παραγόμενης ενέργειας προέρχεται από ορυκτά καύσιμα. Τις τελευταίες δεκαετίες παρατηρείται μια αυξανόμενη ανησυχία όσον αφορά τη σχέση των ορυκτών καυσίμων με τη μόλυνση του περιβάλλοντος. Σύμφωνα με τους ειδικούς, η διαδικασία της μετατροπής των ορυκτών καυσίμων σε ενέργεια παράγει ένα πλήθος από επικίνδυνες ουσίες, οι οποίες ευθύνονται για την μόλυνση του αέρα και των υδάτων, για την επιβάρυνση του φαινομένου του θερμοκηπίου, για την συσσώρευση στερεών αποβλήτων, για

πλήθος ανθρώπινων ασθενειών αλλά και για πολλά άλλα περιβαλλοντικά προβλήματα. Αξιοσημείωτο είναι ότι κάποιες από τις επιβλαβείς συνέπειες της καύσης των ορυκτών καυσίμων δεν μπορούν να γίνουν άμεσα αντιληπτές. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η απώλεια μορφών της υδρόβιας ζωής η οποία γίνεται αντιληπτή εκ των υστέρων.

Στη συνέχεια παρατίθενται μερικές από τις βλαβερότερες ουσίες που απελευθερώνονται κατά την καύση των ορυκτών καυσίμων.

- **Διοξείδιο του άνθρακα (CO<sub>2</sub>):** Το διοξείδιο του άνθρακα θεωρείται ως ο κυρίαρχος παράγοντας που συμβάλλει στην υπερθέρμανση του πλανήτη. Η επίδραση της αύξησης της θερμοκρασίας του πλανήτη στο περιβάλλον είναι σημαντική και επηρεάζει αρκετές περιοχές. Για παράδειγμα, στην Ανταρκτική υψηλότερες θερμοκρασίες ενδέχεται να συμβάλλουν στο λιώσιμο των πάγων το οποίο θα έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της στάθμης της θάλασσας. Το γεγονός αυτό ενδέχεται να οδηγήσει στην κάλυψη μεγάλων εκτάσεων παράκτιων περιοχών με ό,τι αυτό συνεπάγεται από κοινωνικής και οικονομικής άποψης.

- **Οξειδία του αζώτου(NO<sub>x</sub>):** Κατά την καύση του άνθρακα παράγονται οξείδια του αζώτου, τα οποία παραμένουν στην ατμόσφαιρα για μεγάλο χρονικό διάστημα. Οι βλαβερές επιπτώσεις αυτού του χημικού στοιχείου λέγεται ότι θα μπορούσε να πάρει μέχρι και διακόσια χρόνια για να καταστούν γνωστές. Έτσι λοιπόν είναι εύκολο να αντιληφθεί κανείς ότι είναι πολύ δύσκολο να ληφθούν μέτρα πρόληψης ή να εξαλειφθούν οι επιβλαβείς επιπτώσεις ενός γεγονότος όταν δεν τις γνωρίζουμε καν. Μοναδική λύση λοιπόν είναι να μειωθεί η παραγωγή οξειδίων του αζώτου. Σχεδόν το 50% των οξειδίων του αζώτου στην ατμόσφαιρα είναι το άμεσο αποτέλεσμα των ουσιών που απελευθερώνονται κατά την καύση του άνθρακα.

- **Διοξειδίου του θείου(SO<sub>2</sub>):** Υπολογίζεται ότι το 70% του διοξειδίου του θείου που απελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα προέρχεται από την καύση γαιανθράκων και πετρελαίου. Η χημική αυτή ουσία ευθύνεται σε μεγάλο βαθμό για τη δημιουργία του φαινομένου της όξινης βροχής. Η τελευταία έχει έντονες επιπτώσεις στα φυσικά οικοσυστήματα (δάση, υδροβιότοπους, έδαφος), απειλώντας άμεσα ή έμμεσα διάφορες μορφές ζωής και κρίνεται ιδιαίτερα επιβλαβής για την ανθρώπινη υγεία. Η ίδια ουσία ευθύνεται τέλος για τη διάβρωση των ιστορικών μνημείων.

- **Στερεά απόβλητα:** Κατά τη διαδικασία μετατροπής των ορυκτών καυσίμων σε ενέργεια, παρατηρείται επίσης συσσώρευση στερεών αποβλήτων. Όσον αφορά την οικονομική πλευρά του προβλήματος η διαχείριση των αποβλήτων απαιτεί χώρο αλλά και οικονομικούς πόρους οι οποίοι αρκετές φορές είναι δύσκολο να διατεθούν.

Η περιβαλλοντική πτυχή του προβλήματος όμως είναι πολύ πιο σημαντική καθώς γύρω από τον τόπο εναπόθεσης αυτών των αποβλήτων παρουσιάζεται αυξημένος κίνδυνος τοξικών διαρροών που μπορούν να δηλητηριάσουν τα επιφανειακά αλλά και τα υπόγεια ύδατα σε μεγάλη ακτίνα.

Ενδεικτικά αναφέρονται στη συνέχεια κάποια από τα πολύ σοβαρά προβλήματα τα οποία έχουν οδηγήσει στην ευαισθητοποίηση λαών και κυβερνήσεων όσον αφορά το οικολογικό πρόβλημα.

Στα σημαντικότερα προβλήματα που προκαλούνται από την χρήση των ορυκτών καυσίμων συγκαταλέγεται ο σχηματισμός νέφους. Εκτός του γεγονότος ότι το νέφος ευθύνεται για αρκετές ασθένειες του ανθρώπινου αναπνευστικού συστήματος, μπορεί επίσης να επηρεάσει τη βιωσιμότητα των καλλιεργειών. Το νέφος διεισδύει στο προστατευτικό στρώμα των φύλλων και καταστρέφει βασικές κυτταρικές μεμβράνες. Το γεγονός αυτό οδηγεί σε μικρότερες και πιο αδύναμες καλλιέργειες χαμηλής απόδοσης, καθώς τα φυτά αναγκάζονται να επικεντρωθούν στην εσωτερική τους επανόρθωση και δεν ευδοκιμούν.

Δεν θα πρέπει ακόμη να παραβλεφθεί το γεγονός ότι κατά τη μεταφορά των ορυκτών καυσίμων συμβαίνουν ατυχήματα τα οποία ενδέχεται να οδηγήσουν σε οικολογικές καταστροφές. Κλασσικά παραδείγματα είναι αφενός η βύθιση δεξαμενόπλοιων μεταφοράς πετρελαίου, η οποία έχει ως

αποτέλεσμα το σχηματισμό πετρελαιοκηλίδων και αφετέρου οι διαρροές από αγωγούς μεταφοράς πετρελαίου.

Επίσης τεράστιες ζημιές στα υδάτινα υπόγεια ρεύματα μπορούν να αποδοθούν στην εξόρυξη άνθρακα. Η τελευταία είναι πολύ πιθανό να είναι η μεγαλύτερη πηγή μόλυνσης του νερού σήμερα.

### 1.3. Πετρελαϊκή κρίση

Στο σημείο αυτό, ας επικεντρώσουμε την προσοχή μας, στις εύθραυστες ισορροπίες που επικρατούν στον χώρο του μαύρου χρυσού.

Δεν υπάρχει αμφιβολία ότι η παγκόσμια οικονομία βιώνει την τρίτη πετρελαϊκή κρίση. Το φαινόμενο της πετρελαϊκής κρίσης δεν είναι ούτε καινούριο ούτε κάτι περαστικό, είναι κάτι που ο κόσμος έχει ζήσει, ζει και μάλλον θα εξακολουθήσει να ζει στο μέλλον η τουλάχιστον όσο συνεχίζει να εξαρτάται από το μαύρο χρυσό.



Οι σημερινές τιμές πετρελαίου σε σταθερά δολάρια έχουν υπερβεί κατά 45% το ιστορικό μέγιστο που σημειώθηκε το 1980-81. Όμως, χάρις στην ενίσχυση του ευρώ έναντι του δολαρίου οι σημερινές τιμές του πετρελαίου σε σταθερά Ευρώ είναι λίγο χαμηλότερες από το μέγιστο του 1980-81.

Το ζήτημα είναι ότι τα καύσιμα εμπλέκονται με όλα τα μέσα μαζικής παραγωγής σε όλους τους ζωτικούς τομείς της κατασκευής, της γεωργίας και του τριτογενούς τομέα της οικονομίας, αυτού των υπηρεσιών. Η άναρχη διακύμανση των τιμών πετρελαίου έχει συντελέσει σε αρκετά σημεία του πλανήτη στην κατάρρευση δεκάδων χιλιάδων μικρομεσαίων επιχειρήσεων, αλλά και στην παράλληλη υποτίμηση και πλήρη "παράλυση" των καναλιών λειτουργίας του εσωτερικού και του διεθνούς εμπορίου. Η εκτίναξη του κόστους της βενζίνης στις αγορές λιανικής οδηγεί σε πλήρη διάλυση των τοπικών οικονομιών, σε αύξηση της συγκεντροποίησης της βιομηχανίας σε χέρια λίγων οικονομικά ισχυρών πολυεθνικών. Παράλληλα, η σπασμωδική διακύμανση των τιμών των καυσίμων επηρεάζει σημαντικά και τις εσωτερικές οικονομίες:

1. τα δημόσια συστήματα μεταφορών,
2. σχολεία και νοσοκομεία,
3. τη βιομηχανία οδικών εμπορευματικών μεταφορών,
4. διεθνούς ναυτιλίας,
5. αεροπλοΐας,

6. τουρισμού.
7. ψυχαγωγίας και
8. τις περισσότερες δημόσιες υπηρεσίες.



Οι αναπτυγμένες χώρες έχουν περιορίσει τη χρήση πετρελαίου ουσιαστικά μόνο στον τομέα των μεταφορών και στην πετροχημεία. Όμως, οι τιμές του πετρελαίου συμπαρασύρουν τις τιμές του φυσικού αερίου προς τα πάνω, το οποίο έχει αποκτήσει σημαντικό μερίδιο στο ενεργειακό ισοζύγιο των αναπτυγμένων χωρών τόσο στην ηλεκτροπαραγωγή όσο και στην τελική κατανάλωση.

Στην χώρα μας είναι σχεδόν μηδενική (με εξαίρεση τα κοιτάσματα του Πρίνου) η παραγωγή πετρελαίου. Συνεπώς η εξάρτηση από τις διεθνείς αγορές είναι άμεση και οι αντιδράσεις επέμβασης αδύνατες.

Χρόνια τώρα υπάρχει η πεποίθηση από Έλληνες επιστήμονες και όχι μόνο ότι υπάρχουν σημαντικά κοιτάσματα πετρελαίου στον ελληνικό χώρο. Το μοναδικό όμως κοιτάσμα πετρελαίου το οποίο έχει αξιοποιηθεί στην χώρα μας είναι του Πρίνου στην θαλάσσια περιοχή της Θάσου, πρόκειται για σημαντικό κοιτάσμα το οποίο έδινε 30.000 βαρέλια και κάλυπτε περίπου το 10% των αναγκών της χώρας (τόρα βρίσκεται στο τέλος του ). Πλέον έχουν γίνει έρευνες οι οποίες κάλυψαν μεγάλα τμήματα της χώρας κυρίως το ιόνιο και το αιγαίο. Στην περιοχή του ιονίου παρόλο που υπήρχαν σοβαρές ενδείξεις για ύπαρξη κοιτασμάτων (Παξοί, Ζάκυνθος), μετά από πολλές και δαπανηρές ερευνητικές εργασίες, βρέθηκε τελικά το 1983 στην θαλάσσια περιοχή του Κατάκολου ένα μικρό κοιτάσμα με πολύ υψηλό κόστος εξαγωγής όμως (1000 βαρέλια την ημέρα με κόστος 40 δολάρια το βαρέλι ). Αντιθέτως στην περιοχή του αιγαίου μετά από έρευνες είμαστε σίγουροι για την ύπαρξη πετρελαϊκού όγκου ικανού να καλύψει ακόμα και στο 100% τις ανάγκες της χώρας. Μοναδικό μειονέκτημα είναι ότι οι περιοχές αυτές τίθενται υπό αμφισβήτηση από τους Τούρκους. Επίσης, πλησίον της Λήμνου και της Μυτιλήνης, από έρευνες που πραγματοποιήθηκαν από την γαλλική Beicip για λογαριασμό της ΔΕΠ βρέθηκαν αρκετά μεγάλα κοιτάσματα πετρελαίου. Ενώ κοιτάσματα ανακαλύφθηκαν και στην περιοχή Μπάμπουρα ανατολικά της Θάσου, περιοχή η οποία τμήματα της τίθενται επίσης υπό αμφισβήτηση από τους Τούρκους (βρίσκονται μεταξύ 6 και 12 μιλίων των ελληνικών χωρικών υδάτων). Έρευνες στην περιοχή αυτή έδειξαν ότι υπάρχει βεβαιότητα για πετρελαϊκό δυναμικό που κυμαίνεται από 120 έως 200 εκατομμύρια βαρέλια που θα μπορούσε να καλύψει το 40% των αναγκών της χώρας για πολλά χρόνια. Οι οικονομικές επιπτώσεις από την διαφαινόμενη πετρελαϊκή κρίση (αν αυτή συνεχισθεί) θα είναι μεγάλες και σε όλα τα επίπεδα της οικονομικής ζωής της χώρας. Εκτιμάται ότι η πετρελαϊκή κρίση θα εκδηλωθεί κυρίως με:

### **1.3.1. πληθωριστικές τάσεις**

Οι πρώτες ενδείξεις φαίνονται με την αύξηση του πληθωρισμού. Σε έναν μεγάλο αριθμό προϊόντων και υπηρεσιών, που εξαρτώνται άμεσα ή έμμεσα από την τιμή του πετρελαίου, θα αυξηθούν ή αναμένεται να αυξηθούν οι τιμές τους. Ενδεικτικά αναφέρουμε:

- Εισιτήρια λεωφορείων, κόμιστρα φορτηγών αυτοκινήτων, κόμιστρα TAXI, εισιτήρια τραίνων πλοίων και αεροπλάνων.
- Προϊόντα που η παραγωγή τους επιβαρύνεται με σημαντικό βιομηχανικό κόστος από το πετρέλαιο.
- Αύξηση της τιμής των οικοδομών λόγω αύξησης των οικοδομικών υλικών.
- Αναπροσαρμογή των τιμών των ΔΕΚΟ που χρησιμοποιούνται καύσιμα (ΔΕΗ, Συγκοινωνίες, κλπ.).
- Με αύξηση στα καύσιμα.

### **1.3.2. Με Επιδείνωση του Εμπορικού Ισοζυγίου**

Στην χώρα μας το Εμπορικό Ισοζύγιο είναι αρνητικό με τις εξαγωγές να υπολείπονται σημαντικά των Εισαγωγών. Η περεταίρω επιδείνωσή του, μετά τις συνεχείς αυξήσεις της τιμής του πετρελαίου, θεωρείται αναπόφευκτη.

### **1.3.3. Επιπτώσεις στον οικογενειακό προγραμματισμό**

Οι επιπτώσεις στον οικογενειακό προγραμματισμό θα είναι καθοριστικές με τις αυξήσεις στους μισθούς και τις συντάξεις να υπολείπονται των συνολικών επιβαρύνσεων, από τις αυξήσεις λόγω της κρίσης. Μετακινήσεις, Θέρμανση, κόστος κατασκευής, συντήρησης ή ενοικίασης κατοικίας, τρόφιμα και υπηρεσίες να αποτελούν τα οικογενειακά μεγέθη που αναμένονται να έχουν την μεγαλύτερη επιβάρυνση.

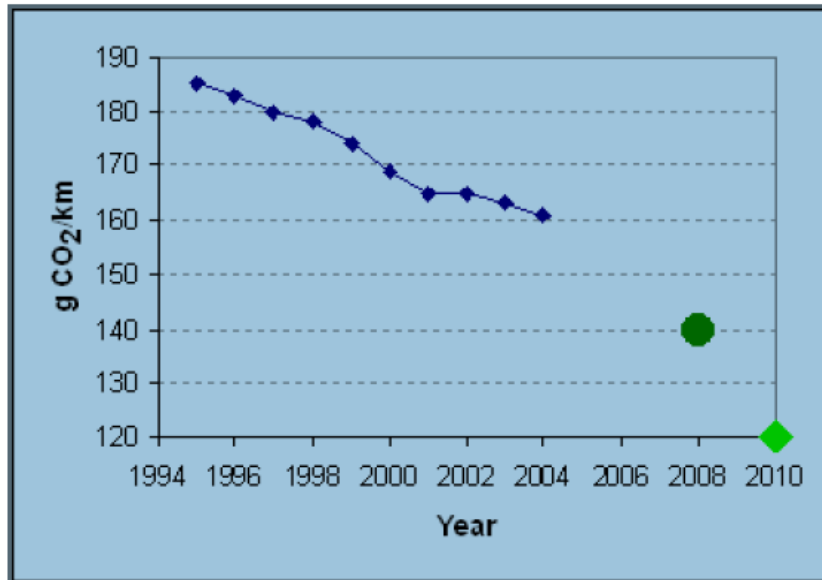
## **1.4. Προσπάθειες για μείωση των ρύπων στον τομέα των μεταφορών**

Όπως αναφέρθηκε στην ενότητα 1.1 ο τομέας των μεταφορών απορροφά το μεγαλύτερο ποσοστό ενέργειας. Είναι γεγονός όμως ότι δεν νοείται μια επιβολή μείωσης της δραστηριότητας στον τομέα των μεταφορών, με σκοπό τη μείωση της καταναλισκόμενης ενέργειας, αφού κάτι τέτοιο θα είχε σαν άμεση συνέπεια τη μείωση της παγκόσμιας οικονομικής δραστηριότητας. Έτσι λοιπόν τα τελευταία χρόνια παρατηρούνται αξιόλογες προσπάθειες για την ανάπτυξη νέων τεχνολογιών για τα μέσα μεταφοράς, με σκοπό την επίτευξη της μείωσης της κατανάλωσης ενέργειας και άρα της εκπομπής ρυπογόνων ουσιών. Οι προσπάθειες αυτές περιλαμβάνουν συμφωνίες μεταξύ των κρατών και των αυτοκινητοβιομηχανιών για μείωση των εκπομπών ρύπων από τα νέα οχήματα, αλλά και συμφωνίες με τις πετρελαιοβιομηχανίες για βελτίωση της ποιότητας καυσίμων.

Όσον αφορά την Ευρωπαϊκή Ένωση, οι πολιτικές της περιλαμβάνουν την συμφωνία, μεταξύ της Ένωσης Ευρωπαϊκών Κατασκευαστών Αυτοκινήτων (ACEA) και της Ευρωπαϊκής Επιτροπής, ώστε να περιοριστεί το ποσό του διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>) που εκπέμπεται από τα επιβατικά αυτοκίνητα που πωλούνται στην Ευρώπη. Η συμφωνία αυτή, υπεγράφη το 1998 και επέβαλε δεσμευτικό στόχο κατά μέσο όρο τα 140 γραμμάρια CO<sub>2</sub>/km έως το 2008, ποσό μειωμένο κατά 25% σε σχέση με αυτό του 1995. Επειδή ο στόχος ήταν απίθανο να επιτευχθεί, η Ευρωπαϊκή



Επιτροπή δημοσίευσε νέες προτάσεις τον Φεβρουάριο του 2007, με τις οποίες τίθενται ως όριο τα 130 γραμμάρια CO<sub>2</sub>/km για τα καινούργια αυτοκίνητα έως το 2012. Επιπλέον συμπληρωματικά μέτρα προτάθηκαν για την επίτευξη του στόχου των 120 γραμμαρίων CO<sub>2</sub>/km.



Εικόνα 1.7-Εκπομπή γραμμαρίων CO<sub>2</sub> ανά διανυθέν χιλιόμετρο,[9]

Εκτός από τη συμφωνία με την ACEA, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή συμφώνησε παρόμοιους δεσμευτικούς στόχους με την Ιαπωνική (JAMA) και την Κορεατική Ένωση Κατασκευαστών Αυτοκινήτων (KAMA). Ωστόσο, στην ευρωπαϊκή αγορά το 86,4% των αυτοκινήτων προέρχεται από τις ευρωπαϊκές αυτοκινητοβιομηχανίες, και έτσι αυτές οι συμφωνίες συνέβαλαν σε μικρό ποσοστό στη μείωση των ρύπων στην Ευρωπαϊκή Ένωση.

Ακόμη, όσον αφορά τον τομέα των καυσίμων, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή έχει εκδώσει οδηγία σύμφωνα με την οποία το 5,75% του συνόλου των ορυκτών καυσίμων για μεταφορές (βενζίνη και πετρέλαιο), θα πρέπει να αντικατασταθεί από βιοκαύσιμα έως τη 31η Δεκεμβρίου 2010. Ενδιάμεσος στόχος τέθηκε το 2% μέχρι τα τέλη του 2005. Παρόλα αυτά η εναλλακτική των βιοκαυσίμων παρουσιάζει ορισμένα αρνητικά χαρακτηριστικά. Ως γνωστόν τα βιοκαύσιμα παράγονται από ορισμένα φυτά, συνήθως σιτάρι και καλαμπόκι. Το πρόβλημα που ανακύπτει από την ανάπτυξη της εναλλακτικής αυτής είναι η σύγκρουση για την κάλυψη των αναγκών σε βιοκαύσιμα και την κάλυψη των αναγκών σε τρόφιμα.

Τέλος τον Φεβρουάριο του 2007 η Ευρωπαϊκή Επιτροπή πρότεινε ότι, από το 2011, οι προμηθευτές ορυκτών καυσίμων θα πρέπει να βελτιώσουν την ποιότητα των καυσίμων, έτσι ώστε να μειώνονται οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα ανά μονάδα ενέργειας κατά 1% ετησίως. Με αυτό το μέτρο εκτιμάται ότι έως το 2020 θα έχει επιτευχθεί μείωση της τάξης του 10%.

## 1.5. «Πράσινα» οχήματα

Μετά την επιβολή των κρατικών μέτρων στις αυτοκινητοβιομηχανίες με σκοπό την μείωση των εκπεμπόμενων ρύπων από τα αυτοκίνητα, οι εταιρείες αυτές στράφηκαν στην ανάπτυξη των λεγόμενων «πράσινων» οχημάτων. Τα φιλικά προς το περιβάλλον αυτοκίνητα είναι

αδιαμφισβήτητα τα οχήματα των μελλοντικών γενεών. Ωστόσο τέτοια αυτοκίνητα κυκλοφορούν ήδη και γίνονται όλο και πιο δημοφιλή στη σύγχρονη αγορά αυτοκινήτων. Στα πλεονεκτήματα των εν λόγω αυτοκινήτων δεν συγκαταλέγεται μόνο η ελαχιστοποίηση των ρύπων, αλλά και το χαμηλότερο κόστος καυσίμων. Ωστόσο το κόστος παραγωγής τους τα καθιστά απρόσιτα για το μέσο καταναλωτή, αλλά και ασύμφορα για τους κατασκευαστές αυτοκινήτων. Δε θα πρέπει να παραβλεφθεί όμως το γεγονός ότι το αυξημένο κόστος αγοράς των αυτοκινήτων αυτών αντισταθμίζεται κατά ένα μέρος από τη χαμηλότερη κατανάλωση καυσίμων σε σχέση με τα συμβατικά αυτοκίνητα. Οι κυβερνήσεις αρκετών χωρών για να προσελκύσουν το ενδιαφέρον πιθανών αγοραστών για τα οχήματα αυτά παρέχουν προνόμια (απαλλαγή από τα τέλη κυκλοφορίας, κυκλοφορία ανεξαρτήτως δακτυλίου κλπ.).

Στη συνέχεια παρατίθενται οι κυριότεροι τύποι των λεγόμενων «πράσινων» οχημάτων.

- **Αμιγώς ηλεκτρικά οχήματα:** Ως αμιγώς ηλεκτρικά οχήματα θεωρούνται αυτά τα οποία για την κίνησή τους στηρίζονται αποκλειστικά σε ηλεκτρικούς κινητήρες. Η παρεχόμενη ηλεκτρική ενέργεια προέρχεται είτε από το δίκτυο (η γνωστή σε όλους μας περίπτωση των Τραμ, Μετρό κτλ) είτε από μπαταρίες που βρίσκονται επί του οχήματος (ηλεκτρικά αυτοκίνητα). Είναι γεγονός ότι τα οχήματα αυτά εκπέμπουν μηδενικούς ρύπους κατά τη λειτουργία τους. Παρόλα αυτά, όταν η ηλεκτρική ενέργεια που παρέχεται στους κινητήρες αυτών των οχημάτων έχει παραχθεί από πρωτογενείς πηγές ενέργειας στα εργοστάσια παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, μπορεί κανείς να ισχυριστεί ότι αυτά τα οχήματα συμβάλλουν μόνο στην μείωση των ρύπων των πόλεων. Στην περίπτωση βέβαια που η ηλεκτρική ενέργεια παράγεται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, τότε συνεπάγονται μηδενικές εκπομπές ρύπων. Στα αρνητικά αυτών των οχημάτων προσμετρείται ακόμη το υψηλό κόστος και το πρόσθετο βάρος των συσσωρευτών που απαιτούνται για την αποθήκευση της ενέργειας, αλλά και η παρατεταμένη διάρκεια φόρτισης των μπαταριών σε σχέση με το απλό γέμισμα του ρεζερβουάρ στα συμβατικά οχήματα.
- **Ηλιακά οχήματα:** Το ηλιακό όχημα έχει αρκετά κοινά στοιχεία με το ηλεκτρικό με ουσιώδη διαφορά ότι η απαιτούμενη ενέργεια παρέχεται από τον ήλιο. Με τη βοήθεια φωτοβολταϊκών (PV) στοιχείων τα οποία τοποθετούνται κατά κύριο λόγο στην οροφή του οχήματος, η ηλιακή ενέργεια μετατρέπεται απευθείας σε ηλεκτρική. Δυστυχώς η ενέργεια που παρέχεται στο όχημα εξαρτάται άμεσα από τη διαθεσιμότητα της ηλιακής ακτινοβολίας, γεγονός το οποίο καθιστά τα ηλιακά οχήματα ιδιαίτερα αναξιόπιστα ως προς την αυτονομία τους. Μελλοντικά δεν αναμένεται να παίξουν κάποιο σοβαρό ρόλο στην αγορά του αυτοκινήτου, θεωρείται όμως σχεδόν βέβαιο ότι στα αυτοκίνητα του μέλλοντος ορισμένες ενεργειακές απαιτήσεις, όπως ο κλιματισμός, θα καλύπτονται από *ηλεκτρική* ενέργεια, η οποία θα παράγεται από φωτοβολταϊκά στοιχεία.
- **Οχήματα Υδρογόνου:** Τα οχήματα αυτά χρησιμοποιούν ως κύρια πηγή ενέργειας το υδρογόνο και κατατάσσονται σε δύο κατηγορίες:

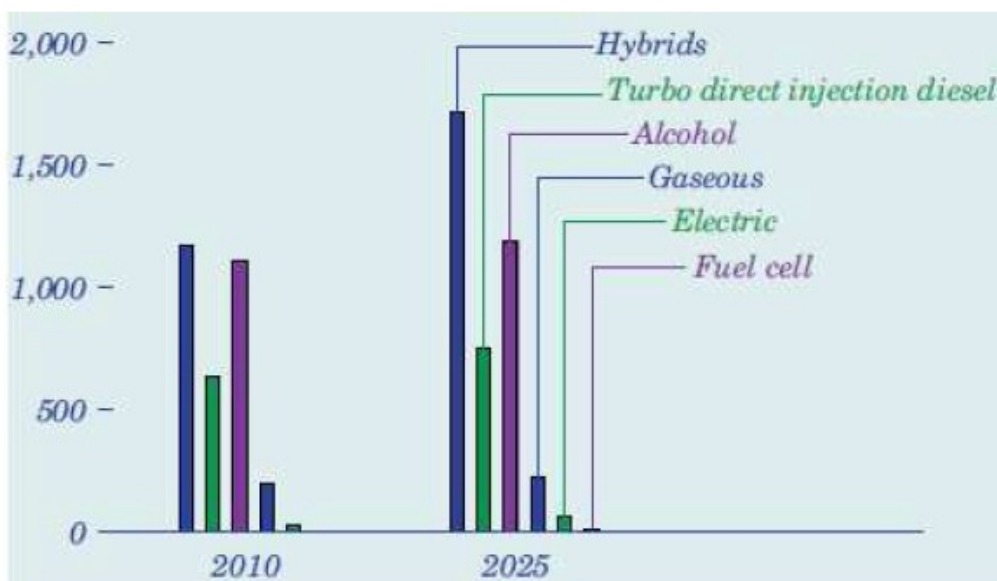
1) Μηχανή εσωτερικής καύσης υδρογόνου: Οι κινητήρες αυτοί χρησιμοποιούν το υδρογόνο ως καύσιμο με τον ίδιο τρόπο που οι συμβατικοί βενζινοκινητήρες χρησιμοποιούν την βενζίνη. Η απόδοση τους όμως είναι περίπου διπλάσια σε σχέση με τους συμβατικούς κινητήρες εσωτερικής καύσης. Κατά καιρούς έχουν κατασκευασθεί διάφορα μοντέλα αυτοκινήτων που χρησιμοποιούν την συγκεκριμένη τεχνολογία κυρίως από την Mazda και την BMW. Ο λόγος που αυτός ο τύπος οχημάτων δεν ενδέχεται να διαδραματίσει σημαντικό ρόλο στην αγορά του μέλλοντος είναι ότι η

καύση του μίγματος υδρογόνου και αέρα παράγει οξείδια του αζώτου (NOx).

2) Fuel cells: Σύμφωνα με την τεχνολογία αυτή κατά την χημική ένωση υδρογόνου και οξυγόνου παράγεται ηλεκτρισμός και νερό. Η χημική αντίδραση αυτή πραγματοποιείται μέσα στις λεγόμενες ενεργειακές κυψέλες (Fuel cells). Η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια χρησιμοποιείται για την λειτουργία ενός ηλεκτρικού κινητήρα όπως ακριβώς συμβαίνει και σε ένα αμιγώς ηλεκτροκίνητο όχημα όπου εκεί όμως η ηλεκτρική ενέργεια διοχετεύεται από τις μπαταρίες. Η τεχνολογία αυτή συνεπάγεται μηδενικούς ρύπους και για το λόγο αυτό αναμένεται ότι μελλοντικά τα οχήματα με fuel cells θα κυριαρχήσουν.

- **Υβριδικά οχήματα:** Υβριδικά ονομάζονται τα οχήματα αυτά τα οποία συνδυάζουν περισσότερες της μίας πηγές ενέργειας. Αυτός ο τύπος οχημάτων αποτελεί το ένα από τα δύο αντικείμενα της παρούσας διπλωματικής εργασίας και παρουσιάζεται λεπτομερώς στις ενότητες που ακολουθούν.

Πρέπει να τονιστεί για ακόμη μία φορά ότι ως επικρατέστερη τεχνολογία για τα αυτοκίνητα του μέλλοντος θεωρείται αυτή των fuel cells. Κατά τη διάρκεια όμως της μεταβατικής φάσης όπου η τεχνολογία των fuel cells δεν έχει ακόμη τελειοποιηθεί και ενώ ταυτόχρονα αυξάνεται η ευαισθητοποίηση του πληθυσμού και των κυβερνήσεων για εξοικονόμηση ενέργειας στις μεταφορές, βέλτιστη λύση αποτελούν τα υβριδικά αυτοκίνητα. Προς αυτή την κατεύθυνση συνηγορεί ακόμη το γεγονός ότι την παρούσα χρονική περίοδο τα συμφέροντα του συμπλέγματος των πετρελαϊκών εταιριών-αυτοκινητοβιομηχανιών είναι εξαιρετικά μεγάλα για να επιτρέψουν την ανεμπόδιστη τεχνολογική και εμπορική εξέλιξη οποιουδήποτε είδους αυτοκινήτου, το οποίο έχει μηδενική εξάρτηση από το πετρέλαιο. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η περίπτωση του ηλεκτρικού αυτοκινήτου EV1, όπου λόγω συμφερόντων δεν εγκρίθηκε η εμπορική του ανάπτυξη. Σύμφωνα με την ετήσια έκθεση ενέργειας του αμερικανικού υπουργείου ενέργειας για το 2003, όσον αφορά την αμερικανική αγορά το 2025 τα 'πράσινα' αυτοκίνητα θα αποτελούν το 21% του συνόλου. Το ποσοστό αυτό αντιστοιχεί σε 3,9 εκατομμύρια αυτοκίνητα. Υπολογίζεται ότι περίπου 1,7 εκατομμύρια θα είναι τα υβριδικά αυτοκίνητα, ενώ τα αυτοκίνητα τεχνολογίας fuel cells θα περιορίζονται σε μερικές χιλιάδες. Ιδιαίτερα μικρό αριθμό θα αποτελούν και τα αμιγώς ηλεκτρικά οχήματα. Υπολογισμός θα είναι τέλος και ο αριθμός των οχημάτων που καταναλώνουν αιθανόλη ή βελτιωμένες μορφές ορυκτών καυσίμων.



## **1.6. Υβριδικά οχήματα και υβριδική τεχνολογία**

### **1.6.1. Ορισμός υβριδικού οχήματος**

Ένα υβριδικό όχημα χαρακτηρίζεται από τη δυνατότητα του να συνδυάζει για την κίνηση του δύο, τουλάχιστον, πηγές ενέργειας μία συμβατική πηγή ενέργειας και μία εναλλακτική πηγή ενέργειας, η οποία συντελεί σε κάποιο βαθμό στην πρόωση του. Η συμβατική πηγή ενέργειας είναι τα ορυκτά καύσιμα, ενώ η εναλλακτική πηγή ενέργειας μπορεί να λάβει διάφορες μορφές.

### **1.6.2 Εισαγωγή στην υβριδική τεχνολογία**

**Η υβριδική τεχνολογία** περιλαμβάνει τις συσκευές εκείνες οι οποίες αξιοποιούν δύο ή περισσότερες διαφορετικές πηγές ενέργειας ώστε να πραγματοποιήσουν το έργο και το σκοπό για τον οποίο εφευρέθηκαν. Το σύστημα συσκευών, που χρησιμοποιεί ένα συνηθισμένο υβριδικό αυτοκίνητο, αξιοποιεί δύο πηγές ενέργειας για την εξαγωγή της κίνησης στους τροχούς.

1. Την θερμοδυναμική που παράγεται από την καύση του καυσίμου στον κινητήρα και
2. Την ηλεκτρική η οποία παράγεται από το σύστημα του ηλεκτροκινητήρα.

Για την ομαλή λειτουργία και σωστή επικοινωνία του κινητήρα με τον ηλεκτροκινητήρα, συνδυάστηκαν με συγκεκριμένο τρόπο και άλλες συσκευές όπως η μπαταρία, ο συσσωρευτής και πολλές άλλες που θα αναλυθούν παρακάτω.

Ένα πλήρως υβριδικό όχημα μπορεί να κινείται μόνο με τον βενζινοκινητήρα ή μόνο με τον ηλεκτροκινητήρα ή και τους δύο ταυτόχρονα.

Τα «ήπια» και πλήρως υβριδικά οχήματα επιτυγχάνουν μεγάλα οφέλη στην εξοικονόμηση καυσίμου και στις εκπομπές CO<sub>2</sub>. Παρά το γεγονός ότι τα παρόντα υβριδικά οχήματα δεν φορτίζονται με εξωτερικά μέσα, τα επόμενα χρόνια αναμένεται να κατασκευαστούν εξωτερικά φορτιζόμενα υβριδικά οχήματα. Μερικά από τα πιο σύγχρονα υβριδικά αυτοκίνητα πωλούνται ως υψηλού σχεδιασμού και επιδόσεων παραλλαγές των συμβατικών αυτοκινήτων. Τα υβριδικά οχήματα εκπέμπουν λιγότερο CO<sub>2</sub> από τα αντίστοιχα συμβατικά οχήματα.

Το Toyota Prius αποτελεί το πρότυπο της λεγόμενης «υβριδικής καρδιάς», την οποία η ιαπωνική εταιρεία ονομάζει THS (Toyota Hybrid System). Τα κύρια μέρη του υβριδικού συστήματος του αυτοκινήτου είναι:

- 1) ο ηλεκτροκινητήρας,**
- 2) ο κινητήρας εσωτερικής καύσεως,**
- 3) η γεννήτρια,**
- 4) η συστοιχία συσσωρευτών (μπαταρία)**
- 5) ο μετασχηματιστής ρεύματος.**

**Ο ηλεκτροκινητήρας** αναλαμβάνει εξ ολοκλήρου την κίνηση του αυτοκινήτου σε σταθερή, ομαλή πορεία και μη κεκλιμένο επίπεδο. Παρέχει επιπλέον ισχύ στο βενζινοκινητήρα μόνο στις υπόλοιπες περιπτώσεις όπως κατά την επιτάχυνση, στο κεκλιμένο επίπεδο (ανηφόρα). Είναι μόνιμα συνδεδεμένος με το πλανητικό κιβώτιο ταχυτήτων τύπου CVT (δες κεφάλαιο 2) όπου ρυθμίζεται η κατανομή ισχύος ανάμεσα στις δύο μονάδες (ηλεκτροκινητήρας – βενζινοκινητήρας) για τη μετάδοση της κίνησης στους τροχούς. Φυσικά ο ηλεκτροκινητήρας επικοινωνεί με τη γεννήτρια και

τις μπαταρίες όπου δέχεται ενέργεια. Η μεγάλη επανάσταση στο συγκεκριμένο μέρος του οχήματος είναι ότι κατά το φρενάρισμα μετατρέπεται σε γεννήτρια η οποία επαναφορτίζει τις μπαταρίες.

**Ο κινητήρας εσωτερικής καύσεως (βενζινοκινητήρας)** έχει χωρητικότητα και καταναλώνει αμόλυβδη βενζίνη, όπως και οι συμβατικοί κινητήρες. Το μπλοκ, όπως και η κυλινδροκεφαλή, είναι κατασκευασμένα από κράμα αλουμινίου, ενώ η εξαγωγή αποτελείται από ανοξείδωτο χάλυβα χαμηλής μάζας, μειώνοντας το συνολικό βάρος κατασκευής. Αρχικά φαίνεται ότι η απόδοση του είναι μικρή αλλά είναι κατάλληλη για την αντιστάθμιση του φορτίου, προκειμένου να υπάρξει ομαλή συνεργασία με τον ηλεκτροκινητήρα. Το γκάζι είναι ηλεκτρονικό για ακριβέστερη "πληροφόρηση" προς το σύστημα ψεκασμού, ενώ την ποιότητα των καυσαερίων "επιβλέπει" ένας τριοδικός καταλυτικός μετατροπέας υψηλής πυκνότητας και ταχείας προθέρμανσης για μέγιστη απόδοση.

**Η γεννήτρια** λειτουργεί μέσω του βενζινοκινητήρα και χρησιμεύει στο να επαναφορτίζει την συστοιχία των μπαταριών και να ενισχύει τον ηλεκτροκινητήρα. Ως δευτερεύουσες λειτουργίες εκκινεί τον βενζινοκινητήρα (αφού δεν υπάρχει μίζα), και λειτουργεί όπως και μια απλή γεννήτρια στους συμβατικούς κινητήρες.

**Ο μετασχηματιστής** αναλαμβάνει να μετατρέψει το συνεχές ηλεκτρικό ρεύμα (DC) της μπαταρίας σε εναλλασσόμενο. Με αμφίδρομο όμως τρόπο μπορεί να μετατρέψει το εναλλασσόμενο σε συνεχές κατά τη διαδικασία επαναφόρτισης της μπαταρίας. Επίσης, μετατρέπει την υψηλή τάση σε συμβατική, 12V, για την τροφοδότηση των επιμέρους λειτουργιών του αυτοκινήτου (ηχοσύστημα, φώτα, κλιματισμός). Η λειτουργία του συστήματος του υβριδικού κατά την οδήγηση, διαφοροποιείται σε 5 περιπτώσεις:

1. **Στην πρώτη περίπτωση:** το αυτοκίνητό μας είναι σταματημένο, έτοιμο για εκκίνηση, και με ενεργοποιημένο το σύστημα EV.
2. **Στην δεύτερη περίπτωση:** όταν το αυτοκίνητο κινείται με σταθερή πορεία τότε λειτουργεί ο κινητήρας, ή το σύστημα EV, ή ο κινητήρας μαζί με τον ηλεκτροκινητήρα.
3. **Στην τρίτη περίπτωση:** όπου θέλουμε ή να προσπεράσουμε ή να ανέβουμε κεκλιμένο επίπεδο, λειτουργεί ο κινητήρας μαζί με τον ηλεκτροκινητήρα.
4. **Στην τέταρτη περίπτωση:** κατά το φρενάρισμα γίνεται απόσβεση της ενέργειας που δώσαμε για να προσπεράσουμε ή να ανέβουμε το κεκλιμένο επίπεδο, και αυτή ανάκτηση γίνεται από τα φρένα με συγκεκριμένη τεχνολογία. (θα αναφερθεί εκτεταμένα στο κεφάλαιο 2)
5. **Στην πέμπτη περίπτωση:** το υβριδικό όχημά μας είναι ακινητοποιημένο, άρα κλειστός και ο κινητήρας και μηδενική η κατανάλωση.

Μερικά υβριδικά μοντέλα είναι εξοπλισμένα με το "EV Drive Mode" όπου επιτρέπουν στον οδηγό να επιλέξει την οδήγηση μόνο με τον ηλεκτροκινητήρα - με απλά λόγια, να οδηγήσει με κλειστό τον κινητήρα (υγρού καυσίμου). Ο τρόπος κίνησης EV ακυρώνεται αυτόματα εάν οποιοσδήποτε από τους ακόλουθους όρους εμφανίζεται:

- Πτώσεις μπαταριών κάτω από το διευκρινισμένο επίπεδο,
- Η διακινούμενη ταχύτητα οχημάτων υπερβαίνει περίπου τα 55 km/h,
- Όταν τον πετάλι επιταχύνσεως (γκάζι), υπερβαίνει συγκεκριμένη γωνία.

Φυσικά οι όροι αυτοί διαφέρουν από μοντέλο σε μοντέλο. Όταν χρησιμοποιούμε τα φρένα σε ένα συμβατικό αυτοκίνητο, η κινητική ενέργεια που έχει όταν μετακινείται μετατρέπεται σε θερμότητα. Όμως σε ένα υβριδικό αυτοκίνητο, τα φρένα παίρνουν ένα ποσοστό από την ενέργεια αυτή και αντί να χαθεί στο περιβάλλον, χρησιμοποιώντας την ηλεκτρική μηχανή ως γεννήτρια, την εναποθέτει πίσω στις μπαταρίες. Γι' αυτό τα υβριδικά διανύουν πραγματικά την μεγαλύτερη απόσταση σε μίλια μέσα στην πόλη (συνεχής έναρξη / στάση), από τις εθνικές οδούς. Κάθε **κόκκινο** φως επαναφορτίζει τις μπαταρίες. Για να μεγιστοποιήσετε τη δύναμη του αναπαραγωγικού φρεναρίσματος, είναι σημαντικό να σταματήσετε ομαλά και βαθμιαία. Το απότομο πάτημα στα φρένα ενεργοποιεί το κανονικό σύστημα ξεκλειδώματος του φρένου (anti-lock braking system), και η ενέργεια χάνεται. Το αναπαραγωγικό φρενάρισμα χρησιμοποιεί το γεγονός ότι μια ηλεκτρική μηχανή μπορεί επίσης να ενεργήσει ως γεννήτρια. Η ηλεκτρική μηχανή κίνησης του οχήματος επανασυνδέεται ως γεννήτρια κατά τη διάρκεια του φρεναρίσματος και η παραγωγή της συνδέεται με ένα ηλεκτρικό φορτίο. Συγκεκριμένα, αυτό είναι το φορτίο στη μηχανή που παρέχει το αποτέλεσμα του φρεναρίσματος.

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 «κατανομής ισχύος» που συνεχώς μεταβάλλει την κατανομή ισχύος που διατίθεται από τον κινητήρα για την κίνηση του οχήματος και την κίνηση της ηλεκτρογεννήτριας.

Στην συνέχεια η γεννήτρια τροφοδοτεί τον ηλεκτροκινητήρα ο οποίος με την 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 την 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 με κίνηση στους 4 τροχούς Lexus RX400h, είναι παρόμοιο αλλά διαθέτει δυο ηλεκτρικές μηχανές, μια για του εμπρός και μια για τους πίσω τροχούς. Παρά το γεγονός ότι προς το παρόν κανένα από τα υβριδικά οχήματα παραγωγής δεν φορτίζεται με εξωτερικά μέσα, τα επόμενα χρόνια αναμένεται να κατασκευαστούν εξωτερικά φορτιζόμενα υβριδικά οχήματα που θα συνδέονται με την παροχή ηλεκτρικού ρεύματος. Τα οχήματα αυτά θα έχουν μεγαλύτερες μπαταρίες από τα υπάρχοντα υβριδικά και θα εξασφαλίζουν μεγαλύτερη αυτονομία κίνησης του οχήματος με ηλεκτρική ενέργεια.

Το Toyota Prius για παράδειγμα, μπορεί να διανύσει μόνο 2 έως 3 χιλιόμετρα χρησιμοποιώντας μόνο την μπαταρία χωρίς αυτή να φορτίζεται. Οι χρήστες των οχημάτων αυτών δεν θα χρειάζεται οπωσδήποτε να συνδέουν τις μπαταρίες με την παροχή ρεύματος, αλλά σε περίπτωση που επιλέξουν την δυνατότητα αυτή, θα έχουν σημαντική αυτονομία κίνησης του οχήματος με ηλεκτρική ενέργεια (πιθανόν 50 έως 65 χιλιόμετρα ανά φόρτιση).

Επομένως με τον τρόπο αυτό οι χρήστες θα επιτυγχάνουν περαιτέρω εξοικονόμηση καυσίμων και θα προστατεύουν το περιβάλλον, τουλάχιστον σε αστικό και τοπικό επίπεδο δεδομένου ότι με τον ηλεκτρισμό το όχημα δεν εκπέμπει ρύπους, όμως οι ρύποι αυτοί εκπέμπονται στην περιοχή που βρίσκεται η θερμική μονάδα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

Η παρούσα έλλειψη εξωτερικά φορτιζόμενων υβριδικών οχημάτων στην αγορά, είναι πιθανό να οφείλεται εν μέρει στην επιδίωξη των κατασκευαστών να γίνει σαφής διαχωρισμός των υβριδικών

οχημάτων και των κλασικών ηλεκτρικών οχημάτων στην αγοραστική συνείδηση των καταναλωτών.

## 1.7. ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

**Η υβριδική τεχνολογία** μπορεί να θεωρείται από πολλούς ως κάτι σύγχρονο και επίκαιρο λόγω της εποχής που ζούμε και των αναγκών που έχουν δημιουργηθεί αλλά στην πραγματικότητα περιπτώσεις υβριδικών οχημάτων υπήρξαν από την “γέννηση” του αυτοκινήτου. Το γεγονός αυτό ότι η βενζίνη ήταν πιο δυσεύρετη τότε, είχε οδηγήσει κατασκευαστές του κλάδου στο να πειραματιστούν με εναλλακτικές τεχνολογίες και πηγές ενέργειας. Το παράδοξο είναι ότι ένας εκ των “πατέρων” της σπορ αυτοκίνησης είναι ταυτόχρονα και ο δημιουργός του πρώτου υβριδικού οχήματος στην ιστορία.

**Το 1899 ο Δρ. Φέρντιναντ Πόρσε**, ως νέος μηχανικός τότε στην εταιρεία **Jacob Lohner & Co** κατασκεύασε το πρώτο υβριδικό αυτοκίνητο.



**Εικόνα 1.1 : Lohner-Porsche Mixte**

Το **Lohner-Porsche Mixte** (εικόνα 1.1), ηλεκτρικό-βενζινοκίνητο χρησιμοποιούσε λειτουργία κινητήρα βενζίνης σε σταθερή ταχύτητα ώστε να κινεί το δυναμό το οποίο με την σειρά του φόρτιζε μία συστοιχία από συσσωρευτές οι οποίοι στην συνέχεια τροφοδοτούσαν με ρεύμα τους ηλεκτρικούς κινητήρες που βρίσκονταν στο μπροστινό μέρος του αυτοκινήτου. Η απλότητα του σχεδίου επέτρεψε στο εγχείρημα να λειτουργήσει άψογα και η απουσία βασικών μηχανικών εξαρτημάτων όπως άξονας και κιβώτιο μετάδοσης, συμπλέκτης, ταχύτητες, μίαντες και αλυσίδες προσέδωσε αξιοπιστία στην κατασκευή.

Παρουσιάστηκε στο ευρύ κοινό τον Απρίλιο του 1900 στην Διεθνή Έκθεση του Παρισιού και εξέπληξε τους πάντες ευχάριστα με την πρωτοτυπία και την λειτουργικότητα του και αυτό οδήγησε στην πώληση συνολικά 300 μονάδων. Η επιτυχία της καινοτομίας αυτής έχτισε και την φήμη του κατασκευαστή της, Φέρντιναντ Πόρσε.

Μέχρι και το 1920 πολλοί κατασκευαστές δημιούργησαν υβριδικά αυτοκίνητα στα ίδια πρότυπα. Υβριδικά αυτοκίνητα όπως το Βελγικό Auto-Mixte (εικόνα 1.2) που παρήχθη το 1907 στην Λειψία

πρόσθεσε ένα καινούργιο σύστημα γνωστό ως Henri-Pieper.

Ο κινητήρας των 24 ίππων χρησιμοποιούσε μαγνητικό δίσκο συμπλέκτη και δυναμό χωρίς κιβώτιο ταχυτήτων και μετέδιδε την κίνηση στους πίσω τροχούς μέσω αλυσίδας. Υπό κανονικές συνθήκες ο κινητήρας αρκούσε για να δώσει ώθηση στο όχημα αλλά η καινοτομία του συστήματος αυτού ήταν η ανάκτηση κινητικής ενέργειας κατά την πέδηση και αναλόγως του ζητουμένου φορτίου η ενέργεια αυτή φόρτιζε τις μπαταρίες του ή προσέδιδε στην ώθησή του.



**Εικόνα 1.2 : Belgian Auto-Mixte**

**Το 1905 ο Χ. Πάιπερ** κατέθεσε πατέντα για κατασκευή βενζινοηλεκτρικού οχήματος στο οποίο ο ηλεκτροκινητήρας θα λειτουργούσε βοηθητικά σε σειρά με τον βενζινοκινητήρα για να επιτευχθεί η μέγιστη ταχύτητα των 40 χλμ/ώρα. Μέχρι να εκδοθεί η άδεια πέρασαν 3 χρόνια και οι κινητήρες που παράγονταν ήταν αρκετά δυνατοί για να φτάσουν αυτήν την ταχύτητα.

Η έναρξη της αυτοματοποιημένης μαζικής παραγωγής αυτοκινήτων από τον Χένρυ Φόρντ καθώς επίσης και τα φτηνά πια καύσιμα “σκότωσαν” σταδιακά τα υβριδικά αυτοκίνητα.

Μία λαμπρή εξαίρεση αποτέλεσε το Owen Magnetic Model 60 Touring (εικόνα 1.3) του 1921 το οποίο χρησιμοποιούσε λειτουργία βενζινοκινητήρα με μόνο σκοπό την φόρτιση των μπαταριών του ηλεκτροκινητήρα, ο οποίος έδινε την κίνηση στους πίσω τροχούς.

Τα υβριδικά οχήματα επανεμφανίστηκαν στα μέσα της δεκαετίας του '60 όταν αυτοκίνητα όπως το **1965 GM512** και το **1973 VW Taxi Hybrid Vehicle** παρήχθησαν κατά την περίοδο του Αραβικού Πετρελαιοικού Εμπάργκο. Μόνο οι ανάγκες και τα προβλήματα της σύγχρονης εποχής όπως το φαινόμενο του θερμοκηπίου καθώς επίσης και η αναζήτηση πιο οικονομικών μέσων μεταφοράς κατάφεραν να επαναφέρουν την υβριδική τεχνολογία στο προσκήνιο.

Συνοπτικά αναφέρουμε όλα τα υβριδικά αυτοκίνητα που δημιουργήθηκαν κατά την πάροδο των χρόνων :

**1897**

Παραγωγή του **Lohner-Porsche Mixte**, του πρώτου υβριδικού αυτοκινήτου.

**1905**

Ο **Χ. Πάιπερ** καταθέτει πατέντα για κατασκευή βενζινοηλεκτρικού οχήματος στο οποίο ο



ηλεκτροκινητήρας θα λειτουργούσε βοηθητικά σε σειρά με τον βενζινοκινητήρα.

**1905**

Η εταιρία **Woods Interurban** δημιουργεί όχημα στο οποίο η μετάβαση από τον ηλεκτροκινητήρα στον βενζινοκινητήρα θα γινόταν κατά βούληση του οδηγού και θα αποτελούσε θεωρητικά διαδικασία μερικών λεπτών. Το εγχείρημα απέτυχε καθώς πούλησε ελάχιστες μονάδες.

**1910**

Η εταιρία **Commercial** κατασκευάζει υβριδικό φορτηγό το οποίο χρησιμοποιεί 4κύλινδρο βενζινοκινητήρα για να φορτίζει ηλεκτρική γεννήτρια εξαλείφοντας την ανάγκη για ύπαρξη μετάδοσης και συστοιχίας μπαταριών.

**1916**

Δύο διακεκριμένοι κατασκευαστές ηλεκτρικών οχημάτων, οι **Baker** και **Woods** κατασκεύασαν υβριδικό όχημα το οποίο σύμφωνα με τους ίδιους πετύχαινε μεγάλη τελική ταχύτητα για τα τότε δεδομένα σε συνδυασμό με χαμηλή κατανάλωση καυσίμου. Λόγω του υψηλού κόστους αγοράς του, το αυτοκίνητο δεν πούλησε τα προσδοκώμενα.

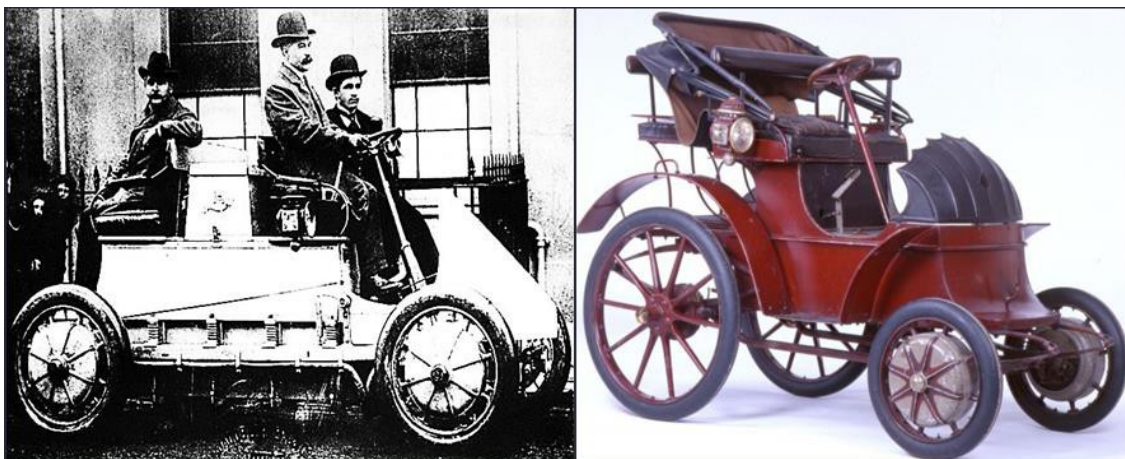
**1969**

Παραγωγή των **GM512** και **VW Taxi Hybrid Vehicle** με σκοπό να αποτελέσουν λύση στο πρόβλημα που δημιουργήθηκε λόγω του Αραβικού Πετρελαϊκού Εμπάργκο.

**1997**



**Εικόνα 1.3 : Owen Magnetic Model 60 Touring**



**Εικόνα 1: Όχημα Lohner-Porsche Mixte Voiturette**

Στην σημερινή εποχή τα υβριδικά αυτοκίνητα αποτελούν μία από τις τελευταίες καινοτομίες στο χώρο της αυτοκινητοβιομηχανίας. Περιγράφονται ως μία διασταύρωση μεταξύ ενός συμβατικού αυτοκινήτου κινούμενου με καύσιμο και ενός ηλεκτρικού. Προσφέρει τη δυνατότητα να εξοικονομηθούν χρήματα από τις συνεχώς αυξανόμενες τιμές της βενζίνης και ταυτόχρονα βοηθά στον περιορισμό της ρύπανσης του περιβάλλοντος.

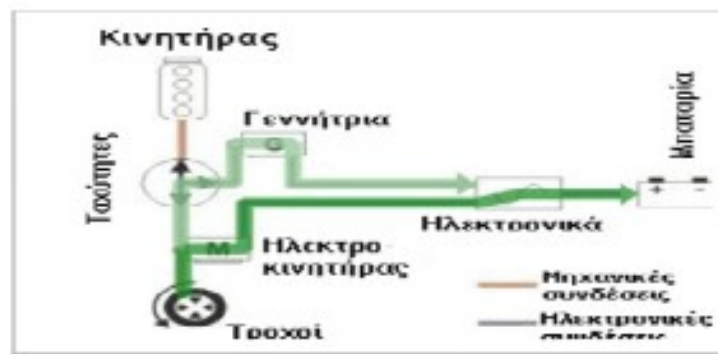
Τα υβριδικά αυτοκίνητα γίνονται ολοένα και περισσότερο δημοφιλή. Μάλιστα όλο και περισσότεροι άνθρωποι εξετάζουν το ενδεχόμενο να απαλλαγούν από το συμβατικό τους αυτοκίνητο και να αγοράσουν ένα υβριδικό το οποίο μπορεί να τους ωφελήσει οικονομικά. Ωστόσο δεν μπορούν όλοι οι άνθρωποι να δουν τα οφέλη των υβριδικών αυτοκινήτων. Αρκετοί πιστεύουν ότι τείνουν να είναι πιο ακριβά από τα συμβατικά. Όμως αυτό που δεν καταλαβαίνουν είναι τα μακροπρόθεσμα οφέλη που ένα υβριδικό αυτοκίνητο μπορεί να τους προσφέρει. Μπορεί να αξιοποιήσει αποτελεσματικά τα καύσιμα του, να λειτουργήσει αθόρυβα, να επιτυγχάνει χαμηλές εκπομπές τοξικών ρύπων και επίσης να γλυτώσει τους επίδοξους κατόχους του από περιττά έξοδα με τις μεγάλες φορολογικές ελαφρύνσεις που προσφέρονται.

## Κυρίως θέμα

### Κεφάλαιο 2

#### 2.0 Υβριδική τεχνολογία – τεχνικά χαρακτηριστικά – πλήρης ανάλυση.

Στο σημείο αυτό της εργασίας, θα αναφέρουμε αναλυτικά, όλες τα στοιχεία τα οποία έχουμε συλλέξει σχετικά με την υβριδική τεχνολογία, και τα οποία θεωρούμε ότι συμβάλλουν τα μέγιστα στην δημιουργία μιας σφαιρικής εικόνας, σε ότι αφορά τα υβριδικά αυτοκίνητα.



Κανείς δεν μπορεί να αρνηθεί ότι η υβριδική αυτοκίνηση εδώ και ενάμιση δεκαετία περίπου φαντάζει ως μια από τις πιο αξιόπιστες και εφαρμόσιμες λύσεις για τα «καθαρά» αυτοκίνητα του μέλλοντος.

**Ως «υβριδικό», όπως αναφέραμε και παραπάνω, θεωρούμε ένα όχημα το οποίο χρησιμοποιεί περισσότερες από μια (συνήθως δύο) πηγές ενέργειας για την κίνησή του, οι οποίες μπορούν να είναι διασυνδεδεμένες παράλληλα ή σειριακά και να συνεισφέρουν στην κίνηση του οχήματος με οποιοδήποτε ποσοστό. Ανάλογα με τον τύπο του οχήματος και την χρήση για την οποία προορίζεται, έχουν κατά καιρούς παρουσιαστεί υβριδικά οχήματα τα οποία κάνουν χρήση κάθε δυνατού συνδυασμού πηγών ενέργειας για να κινηθούν.**

**Υβριδικό, έχει επικρατήσει το αυτοκίνητο που χρησιμοποιεί ένα συνδυασμό κινητήρα εσωτερικής καύσης (βενζίνης, πετρελαίου, φυσικού αερίου κοκ.) και ηλεκτροκινητήρα. Ο κινητήρας εσωτερικής καύσης μετατρέπει τη χημική ενέργεια του καυσίμου σε κινητική, ενώ αντίστοιχα ο ηλεκτροκινητήρας μετατρέπει την ηλεκτρική ενέργεια που βρίσκεται αποθηκευμένη σε μπαταρίες ή πυκνωτές σε κινητική.**

Η συνεισφορά της υβριδικής τεχνολογίας στην επίτευξη χαμηλότερης κατανάλωσης και μειωμένων εκπομπών ρύπων μπορεί να συνοψιστεί σε δύο κύριους άξονες:

- Τη βελτιστοποίηση της λειτουργίας του κινητήρα εσωτερικής καύσης και τη μεγιστοποίηση του βαθμού απόδοσής του.
- Την ανάκτηση μέρους της κινητικής ενέργειας του αυτοκινήτου κατά τη διαδικασία της επιβράδυνσης και όχι μόνο. (αναλυτικά θα μιλήσουμε στο κεφάλαιο 2)



Ως γνωστόν, ο κινητήρας εσωτερικής καύσης έχει ένα σχετικά περιορισμένο εύρος στροφών και φορτίων στα οποία δουλεύει με υψηλό βαθμό απόδοσης, ενώ η λειτουργία του σε οποιαδήποτε άλλη περιοχή έξω από αυτή την «βέλτιστη ζώνη» είναι (λιγότερο ή περισσότερο) αντιοικονομική.

Σε ένα υβριδικό αυτοκίνητο, ο ηλεκτροκινητήρας αναλαμβάνει να «υποβοηθήσει» τον κινητήρα εσωτερικής καύσης όταν ο τελευταίος δουλεύει σε κάποια από αυτές τις αντιοικονομικές περιοχές.

Τυπικά παραδείγματα είναι η κίνηση με μικρές ταχύτητες και μεγάλα φορτία και η επιτάχυνση με πλήρες γκάζι. Σε αυτές τις περιπτώσεις η υποβοήθηση του ηλεκτροκινητήρα μπορεί να επιφέρει μείωση της κατανάλωσης και ταυτόχρονη μείωση των εκπομπών καυσαερίων. Επιπλέον, επιτρέπει τη χρήση ενός μικρότερου βενζινοκινητήρα για την ίδια απαιτούμενη ισχύ, κάτι που σημαίνει μείωση του βάρους και των τριβών, άρα επιπλέον οικονομία.

Τέλος, ο ηλεκτροκινητήρας σε ένα υβριδικό αυτοκίνητο μπορεί να λειτουργήσει σαν μια μεγάλη και ακούραστη μίζα. Για αυτό το λόγο, η μονάδα ελέγχου μπορεί να σβήνει εντελώς τον κινητήρα όταν το αυτοκίνητο σταματά και να τον θέτει πάλι αυτόματα σε λειτουργία μόλις ο οδηγός πατήσει γκάζι. Με αυτό τον τρόπο εξασφαλίζουμε επιπλέον οικονομία και μείωση των εκπομπών καυσαερίων, αφού ο κινητήρας δεν λειτουργεί όσο το αυτοκίνητο είναι σταματημένο στα φανάρι ή στην κίνηση.

Σε ότι αφορά τις δυνατότητες ανάκτησης ενέργειας των υβριδικών αυτοκινήτων, αυτές οφείλονται στη διττή φύση του ηλεκτροκινητήρα, ο οποίος αναλόγως των συνθηκών μπορεί να αντιστρέψει πλήρως τη ροή ισχύος του και να λειτουργήσει ως γεννήτρια. Έτσι, σε περιπτώσεις που το όχημα κινείται με σταθερή ταχύτητα χωρίς φορτίο ή φρενάρει, ο ηλεκτροκινητήρας «μετατρέπεται» σε γεννήτρια, και δεσμεύει μέρος την κινητικής ενέργειας του αυτοκινήτου, τη μετατρέπει σε ηλεκτρική και την αποθηκεύει στις μπαταρίες ή τους πυκνωτές του οχήματος. Με αυτό τον τρόπο έχουμε ανάκτηση ενός ποσοστού ενέργειας η οποία διαφορετικά θα μετατρεπόταν σε θερμική με το φρενάρισμα και θα εκλυόταν στο περιβάλλον, άρα άλλον ένα παράγοντα ο οποίος συμβάλλει στην οικονομία. **Τα ηλεκτρικά οχήματα** μπορούν να κατηγοριοποιηθούν ανάλογα με το βαθμό διεύθυνσης του συστήματος ηλεκτρικής κίνησης και τον τύπο της πηγής ισχύος σε:

### **2.1. Αμιγώς ηλεκτρικά οχήματα (All electric vehicles)**

### **2.2. Υβριδικά ηλεκτρικά οχήματα (Hybrid electric vehicles)**

### **2.3. Οχήματα με κυψέλες καυσίμου (Fuel cells vehicles)**

Εμείς σε αυτό το σημείο θα ασχοληθούμε περισσότερο με τα δύο πρώτα, και λιγότερο με την τελευταία κατηγορία μιας και η εργασία μας επικεντρώνεται στην υβριδική ηλεκτρική τεχνολογία, την οποία αναλύουμε παρακάτω.

## 2.1. Αμιγώς ηλεκτρικά οχήματα

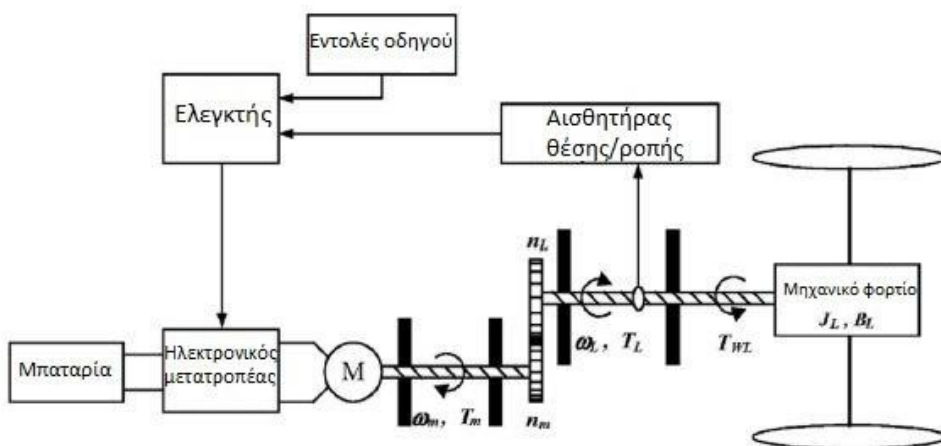
Ως αμιγώς ηλεκτρικά οχήματα θεωρούνται αυτά τα οποία για την κίνησή τους στηρίζονται αποκλειστικά σε ηλεκτρικούς κινητήρες. Η παρεχόμενη ηλεκτρική ενέργεια προέρχεται είτε από το δίκτυο (πχ. Τραμ, Μετρό) είτε από μπαταρίες που βρίσκονται επί του οχήματος (ηλεκτρικά αυτοκίνητα).

Αρχικά, τα αμιγώς ηλεκτρικά οχήματα προέκυπταν από μετατροπή των συμβατικών οχημάτων μέσω αντικατάστασης της μηχανής εσωτερικής καύσης και της δεξαμενής καυσίμου από έναν ηλεκτροκινητήρα και ένα συσσωρευτή με διατήρηση όλων των υπολοίπων διατάξεων. Αυτός ο τύπος όμως ηλεκτρικού οχήματος είχε μειονεκτήματα, όπως μεγάλο βάρος, μικρή ευελιξία και μειωμένη απόδοση. Στη θέση του εμφανίστηκαν τα σύγχρονα ηλεκτρικά οχήματα, που κατασκευάζονται με γνώμονα νέα και πρωτότυπα σχέδια για το σύνολο της δομής. Αυτό επιτρέπει τη δημιουργία οχημάτων που εκμεταλλεύονται την μεγάλη ευελιξία της ηλεκτρικής πρόωσης. Η δομή ενός τέτοιου ηλεκτρικού οχήματος φαίνεται στα Σχήματα 1.1– 1.2. Αποτελείται από:

1. ένα συσσωρευτή (μπαταρία),
2. έναν ηλεκτρονικό μετατροπέα,
3. έναν ή περισσότερους ηλεκτροκινητήρες (M) και
4. αισθητήρες ροπής και ταχύτητας.

Δεδομένου ότι η πρόωση επιτυγχάνεται μέσω των ηλεκτροκινητήρων, τα ηλεκτρικά οχήματα αυτά θεωρούνται οχήματα μηδενικής εκπομπής ρύπων (Zero Emission Vehicles, ZEVs). Σημαντικό ρόλο στη λειτουργία του οχήματος διαδραματίζει ο ηλεκτρονικός ελεγκτής. Η διαδρομή ισχύος του οχήματος αποτελείται από τρία μεγάλα υποσυστήματα:

1. την ηλεκτρική πρόωση,
2. την πηγή ενέργειας και
3. τα βοηθητικά συστήματα.



**Το σύστημα ηλεκτρικής πρόωσης αποτελείται:**

- από τον ελεγκτή του οχήματος,
- τον ηλεκτρονικό μετατροπέα ισχύος,
- τον ηλεκτροκινητήρα,
- το σύστημα μηχανικής μετάδοσης και
- τους τροχούς.

**Το υποσύστημα πηγής ενέργειας περιλαμβάνει:**

- την πηγή ενέργειας,
- τη μονάδα διαχείρισης ενέργειας και
- τη μονάδα αναπλήρωσης ενέργειας.

**Τέλος, το βοηθητικό υποσύστημα αποτελείται :**

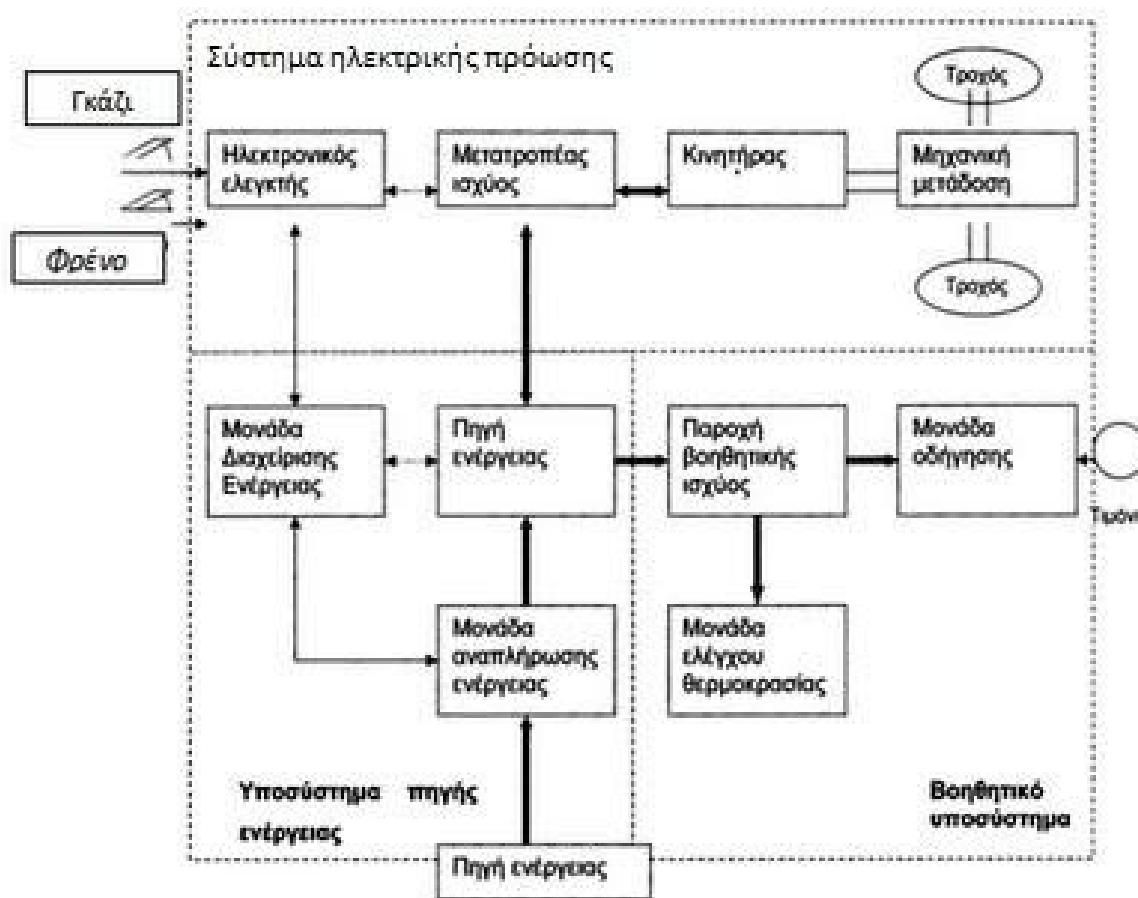
- από τη μονάδα οδήγησης,
- τη μονάδα ελέγχου της θερμοκρασίας και
- τη μονάδα βοηθητικής ισχύος.

Ο ελεγκτής του οχήματος, βασιζόμενος στις εισόδους από τα πεντάλ επιτάχυνσης και πέδησης, παρέχει κατάλληλα σήματα ελέγχου στον ηλεκτρονικό μετατροπέα, ο οποίος επιτρέπει την αμφίδρομη μεταφορά ισχύος μεταξύ του ηλεκτροκινητήρα και της πηγής ισχύος.

**Συγκεκριμένα, η κατάσταση λειτουργίας κατά την οποία ενέργεια μεταφέρεται από τον κινητήρα προς την πηγή ονομάζεται "Αναγεννητική πέδηση (regenerative braking).** (εκτένης περιγραφή στο κεφάλαιο 2) Αυτό σημαίνει ότι η ενέργεια που ανακτάται από την πέδηση του οχήματος μπορεί να αποθηκευτεί στην πηγή ισχύος, με την προϋπόθεση ότι η τελευταία μπορεί να την αποθηκεύσει.

Οι περισσότεροι συσσωρευτές ηλεκτρικών οχημάτων (αλλά και οι υπερ-πυκνωτές) έχουν την ικανότητα να αποθηκεύουν την ανακτώμενη ενέργεια και να την παρέχουν μετέπειτα στο σύστημα χωρίς σημαντικές απώλειες. Η μονάδα διαχείρισης ενέργειας συνεργάζεται με τον ηλεκτρονικό ελεγκτή για να ελέγξει τη διαδικασία αυτή. Επίσης, η μονάδα διαχείρισης ενέργειας επικοινωνεί με τη μονάδα αναπλήρωσης ενέργειας και ελέγχει τη δυνατότητα χρήσης της πηγής ισχύος.

Τέλος, η μονάδα βοηθητικής ισχύος παρέχει την απαιτούμενη ισχύ στα κατάλληλα επίπεδα τάσης των βοηθητικών διατάξεων του οχήματος.

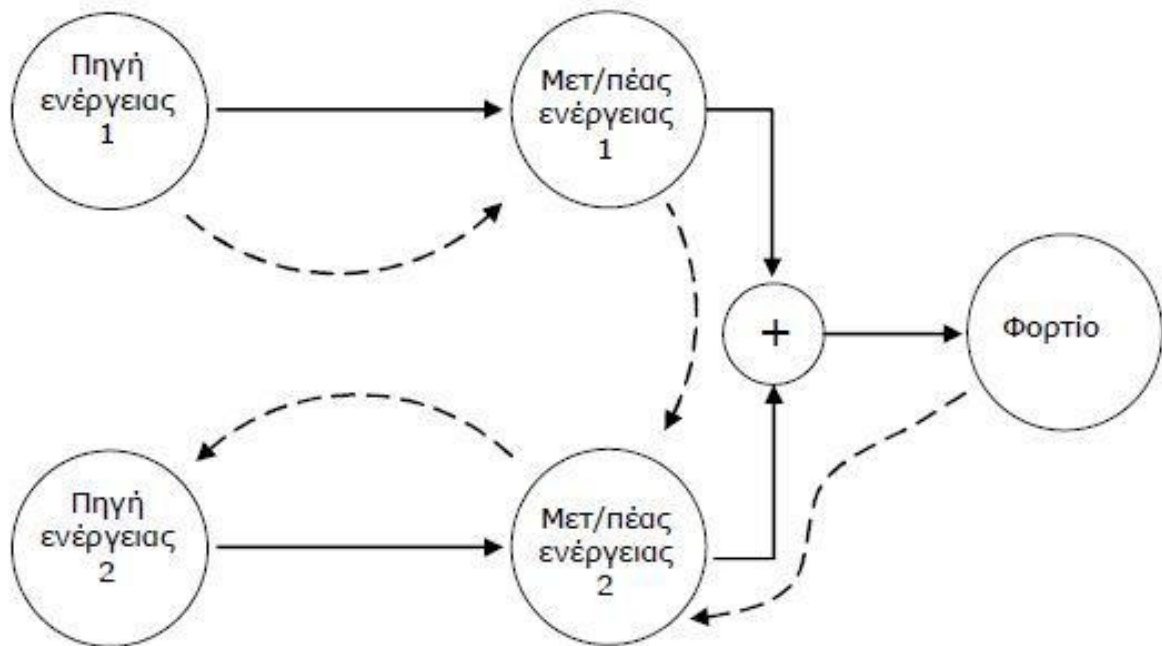


Σχήμα 1.2 – Διασύνδεση υποσυστημάτων σε ένα αμιγώς ηλεκτρικό όχημα

Η τεχνολογία των υβριδικών ηλεκτρικών οχημάτων είναι μια συμφέρουσα πρακτική λύση για την επίτευξη οικονομίας στα καύσιμα και χαμηλής εκπομπής ρύπων.

Το υβριδικό όχημα είναι ο συνδυασμός της μηχανής εσωτερικής καύσης (ΜΕΚ) ενός συμβατικού οχήματος με το συσσωρευτή και τον ηλεκτροκινητήρα ενός ηλεκτρικού οχήματος. Έτσι, επιτυγχάνεται ισχύς πρόωσης από περισσότερες από μία πηγές. Η ύπαρξη δύο πηγών ενέργειας προσφέρει το πλεονέκτημα της υψηλότερης απόδοσης, καταλήγοντας σε μεγάλη οικονομία καυσίμου και χαμηλές εκπομπές ρύπων. Συνήθως, ένα υβριδικό όχημα αποτελείται από δύο διαδρομές ισχύος (πηγή και μετατροπείς ενέργειας). Περισσότερες διαδρομές θα οδηγούσαν σε ένα πιο πολύπλοκο σύστημα. Μία από τις δύο διαδρομές επιτρέπει την αμφίδρομη ανταλλαγή ισχύος μεταξύ φορτίου και πηγής, μετατρέποντας την κινητική ενέργεια κατά την πέδηση του οχήματος σε ηλεκτρική (αναγεννητική πέδηση).

Στο Σχήμα 2.1 απεικονίζεται η γενική περίπτωση των δύο διαφορετικών διαδρομών ισχύος σε ένα υβριδικό όχημα. Όπως είναι φανερό, προκύπτουν διαφορετικές καταστάσεις λειτουργίας των ανωτέρω πηγών, ώστε να ικανοποιηθούν οι απαιτήσεις του φορτίου του οχήματος και της αναγεννητικής πέδησης.



**Σχήμα 2.1 – Διαδρομές ισχύος σε ένα υβριδικό όχημα**

### **2.1.1. Συστήματα ηλεκτρικής κίνησης οχημάτων**

Τα τελευταία χρόνια γίνεται όλο και πιο επιτακτική η ανάγκη μείωσης των εκπομπών ρύπων, μεγάλο μέρος των οποίων προέρχεται αναμφισβήτητα από τις μηχανές εσωτερικής καύσης στον τομέα των μεταφορών. Έτσι, πραγματοποιούνται προσπάθειες ανάπτυξης νέων τεχνολογιών στα μέσα μεταφοράς, με σκοπό τη μείωση των εκπομπών ρυπογόνων ουσιών των βενζινοκινητήρων και πετρελαιοκινητήρων. Η λύση των ηλεκτρικών οχημάτων συμβάλλει προς την κατεύθυνση αυτή και για το λόγο αυτό, ήδη κάποιες αυτοκινητοβιομηχανίες έχουν αναπτύξει και εντάξει τα ηλεκτρικά οχήματα στις γραμμές παραγωγής τους. Αναμένεται ότι στο εγγύς μέλλον η πλειονότητα των κατασκευαστών αυτοκινήτων θα προσφέρει τέτοιου τύπου οχήματα. Τα ηλεκτρικά οχήματα αποτελούν ενδεχομένως το μελλοντικό όχημα ευρείας χρήσης, όπως συμβαίνει σήμερα με τα οχήματα που χρησιμοποιούν μηχανές εσωτερικής καύσης.

Οι βασικότεροι λόγοι που οδηγούν σε αυτή την ελπιδοφόρα προσέγγιση είναι οι εξής:

- Δεν εκπέμπουν ρύπους
- Είναι σχεδόν αθόρυβα
- Λειτουργούν με ηλεκτρική ενέργεια, η οποία είναι ανεξάντλητη
- Ο βαθμός απόδοσης ενός ηλεκτροκίνητου οχήματος έναντι ενός θερμικού είναι 3:1
- Έχει υπολογιστεί ότι η διάρκεια ζωής ενός ηλεκτρικού κινητήρα αντιστοιχεί σε 1.000.000km ενός συμβατικού βενζινοκινητήρα



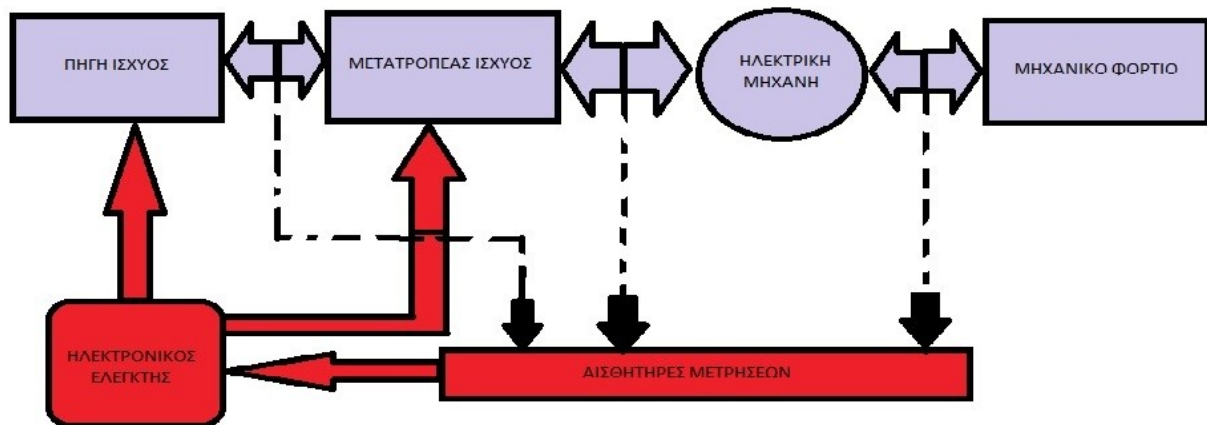
- Ο ηλεκτρικός κινητήρας δεν χρειάζεται εκκινήτη ή άλλο αντικείμενο το οποίο εμφανίζει φθορές
- Ο ηλεκτρικός κινητήρας δεν χρειάζεται λίπανση ανά σύντομα χρονικά διαστήματα
- Ο ηλεκτρικός κινητήρας εμφανίζει χαμηλό λειτουργικό κόστος αφού δεν υπάρχουν εξαρτήματα που χρήζουν αλλαγής
- Ο ηλεκτρικός κινητήρας δεν καταναλώνει ενέργεια σε στάσεις
- Ο ηλεκτρικός κινητήρας δίνει τη δυνατότητα ανάκτησης ενέργειας σε περιπτώσεις πέδησης (αναγεννητική πέδηση)

Λαμβάνοντας υπόψη τους λόγους που αναφέρθηκαν, εύκολα αντιλαμβάνεται κανείς ότι τα ηλεκτρικά οχήματα εμφανίζουν στοιχεία που τα καθιστούν εξαιρετικά χρήσιμα στην καθημερινή ζωή των ανθρώπων και μάλιστα μπορούν να μετατραπούν σε ένα «μέσο μετακίνησης» πόλης δεδομένης της μικρής αυτονομίας τους. Επίσης, τα ηλεκτρικά οχήματα μπορούν να αντικαταστήσουν θερμικά γερανοφόρα οχήματα που χρησιμοποιούνται σε εργοστάσια, δεδομένου ότι μπορούν να χρησιμοποιηθούν και σε εσωτερικούς χώρους. Συμπερασματικά, φαίνεται ότι τα ηλεκτρικά οχήματα μπορούν εν δυνάμει να υποκαταστήσουν τα συμβατικά σε αρκετές εφαρμογές.



Η γενική μορφή ενός συστήματος ηλεκτρικής κίνησης παρουσιάζεται στο Σχήμα 1.1 και αποτελείται από τα εξής υποσυστήματα:

- 2.1.1.1. Την πηγή ισχύος*
- 2.1.1.2. Το μετατροπέα ισχύος*
- 2.1.1.3. Την ηλεκτρική μηχανή*
- 2.1.1.4. Τον ηλεκτρονικό ελεγκτή*
- 2.1.1.5. Τους αισθητήρες μετρήσεων*



**Σχήμα 1.1 – Γενική μορφή συστήματος ηλεκτρικής κίνησης**

Οι βασικές απαιτήσεις ενός συστήματος ηλεκτρικής κίνησης αφορούν:

1. Στην ικανότητα κάλυψης αναγκών φορτίων υψηλής ισχύος,
2. Στην ανάπτυξη υψηλής ροπής στις χαμηλές στροφές (π.χ. εκκίνηση) και υψηλών στροφών στις χαμηλές ροπές φορτίου,
3. Στο ευρύ φάσμα στροφών,
4. Στην υψηλή απόδοση της αναγεννητικής πέδησης (αν υπάρχει),
5. Στην υψηλή αξιοπιστία και σταθερότητα για ποικίλες συνθήκες λειτουργίας και
6. Στο λογικό κόστος.

Το **μπλέ** χρώμα του Σχήματος 1.1 υποδηλώνει ότι το υποσύστημα ανήκει στο κύκλωμα ισχύος, ενώ το **κόκκινο** χρώμα ότι ανήκει στο σύστημα ελέγχου.

Στο κύκλωμα ισχύος, όπως υποδεικνύει και η ονομασία του, πραγματοποιείται η μεταφορά και η διαχείριση της κύριας ισχύος του συστήματος. Μία σημαντική απαίτηση των συστημάτων ηλεκτρικής κίνησης είναι η αμφίδρομη μεταφορά ισχύος που μεταφράζεται ως λειτουργία τεσσάρων τεταρτημορίων στο πεδίο ροπής-ταχύτητας του Σχήματος 1.2.

Συγκεκριμένα, όταν η ροπή και η ταχύτητα έχουν το ίδιο πρόσημο τότε η μηχανή λειτουργεί σαν κινητήρας (1ο – 3ο τεταρτημόριο), ενώ όταν είναι ετερόσημες η μηχανή λειτουργεί σαν γεννήτρια (2ο – 4ο τεταρτημόριο) και ισχύς μεταφέρεται από τα μηχανή στην πηγή ισχύος. Η τελευταία περίπτωση αποτελεί τη λειτουργία **αναγεννητικής πέδησης**.



**Σχήμα 1.2 – Λειτουργία 4 τεταρτημορίων στο επίπεδο ροπής – ταχύτητας**

Το κύκλωμα ελέγχου λειτουργεί σε πολύ μικρότερη τάξη ισχύος συγκριτικά με το κύκλωμα ισχύος και είναι υπεύθυνο για την εποπτεία και τον έλεγχο του συστήματος. Οι αισθητήρες μετρούν τα απαιτούμενα μεγέθη (τάση, ρεύμα, ροπή, ταχύτητα) και τα μετατρέπουν σε σήματα ανάδρασης κατάλληλα για ανάγνωση από τον ηλεκτρονικό ελεγκτή. Ο ελεγκτής μετατρέπει τα σήματα αυτά σε ψηφιακά, τα επεξεργάζεται και παράγει κατάλληλα σήματα ελέγχου προς το μετατροπέα ισχύος ανάλογα με τον αλγόριθμο ελέγχου που χρησιμοποιείται.

#### **2.1.1.1. Πηγή ισχύος**

Η πηγή ισχύος μπορεί να είναι συνεχούς ή εναλλασσομένου ρεύματος. Στη δεύτερη περίπτωση, συνήθως χρησιμοποιείται το δίκτυο ηλεκτρισμού της εκάστοτε τοποθεσίας. Για εφαρμογές μικρής ισχύος χρησιμοποιείται μονοφασική παροχή, ενώ για μεγάλες απαιτήσεις ισχύος χρησιμοποιείται τριφασική. Πηγή εναλλασσομένου ρεύματος μπορεί επίσης να αποτελέσει και κάποιο

ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος. Στην περίπτωση της πηγής συνεχούς ρεύματος, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ανορθωμένη τριφασική ή μονοφασική τάση του δικτύου ηλεκτρισμού, συστοιχίες συσσωρευτών, κυψέλη υδρογόνου ή ακόμη και συστοιχία φωτοβολταϊκών πάνελ.

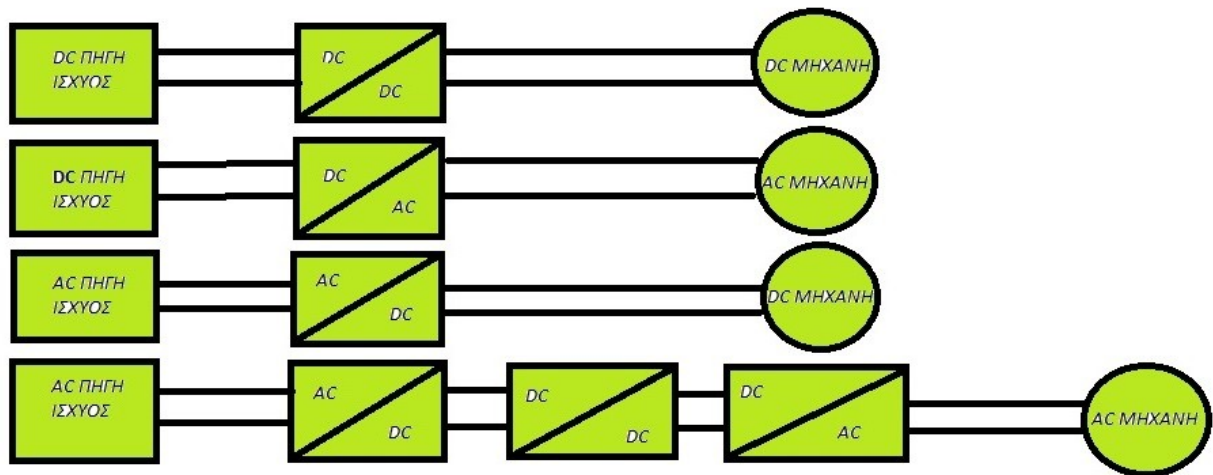
#### **2.1.1.2. Μετατροπέας ισχύος**

Ο μετατροπέας ισχύος παρεμβάλλεται μεταξύ της πηγής ισχύος και του κινητήρα και

μετασχηματίζει την ισχύ εισόδου σε τάση και ρεύμα εξόδου κατάλληλης μορφή και πλάτους. Το είδος του μετατροπέα που απαιτείται για κάθε εφαρμογή εξαρτάται από το είδος της πηγής ισχύος και το είδος της μηχανής. Οι συνηθέστεροι μετατροπείς που χρησιμοποιούνται στα συστήματα ηλεκτρικής κίνησης είναι οι εξής:

- ◆ DC – DC μετατροπέας (chopper, DC converter)
- ◆ AC – DC μετατροπέας, ανορθωτής (AC – DC converter, rectifier)
- ◆ DC – AC μετατροπέας, αντιστροφέας (DC – AC converter, inverter)

**Οι συνηθέστερες τοπολογίες και συνδυασμοί μετατροπέων με πηγές ισχύος και μηχανές φαίνονται στο Σχήμα 1.3:**



**Σχήμα 1.3 – Τοπολογίες σύνδεσης μετατροπέων ισχύος**

Οι μετατροπείς ισχύος χρησιμοποιούν ημιαγωγά στοιχεία ισχύος ως διακόπτες, τα οποία με κατάλληλους παλμούς ελέγχου άγουν ή βρίσκονται σε αποκοπή. Οι διαθέσιμοι ημιαγωγοί ισχύος μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε τρεις ομάδες ανάλογα με το βαθμό ελεγχιμότητάς τους :

- **Δίοδοι.**

Οι καταστάσεις αγωγής (ON) και αποκοπής (OFF) της διόδου εξαρτώνται αποκλειστικά από το κύκλωμα ισχύος.

- **Θυρίστορ.**

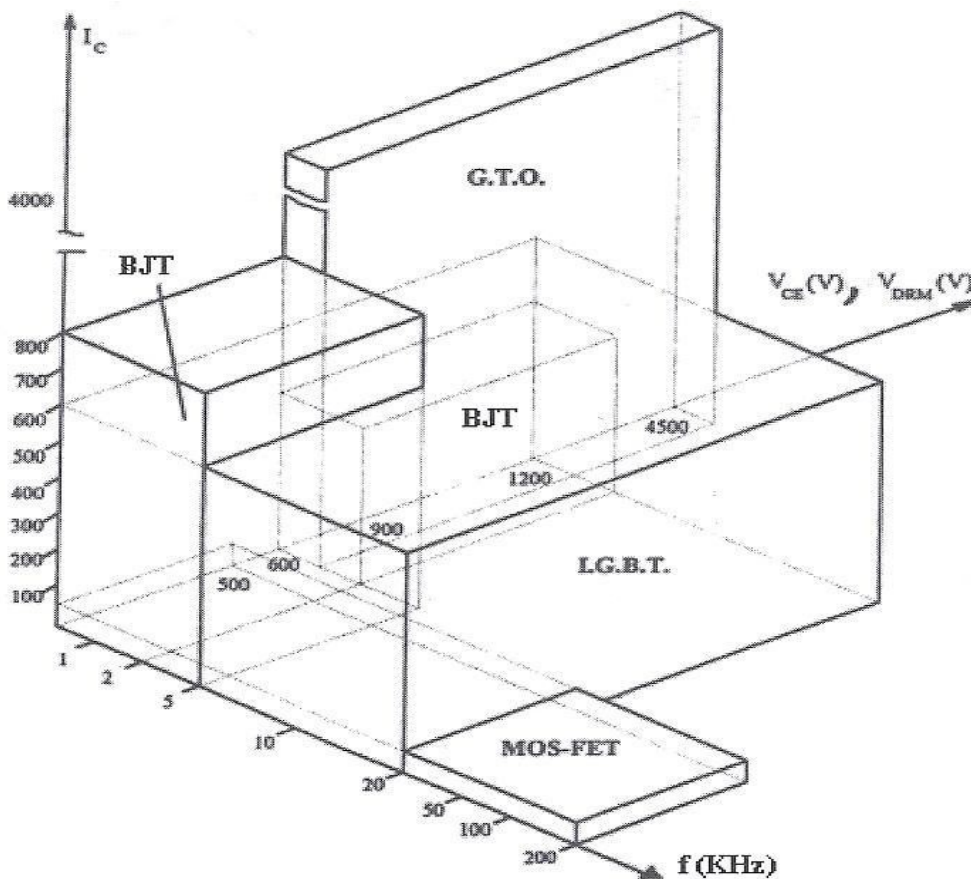
Μεταβαίνουν στην κατάσταση αγωγής (ON) μέσω σήματος ελέγχου, αλλά η σβέση τους

εξαρτάται από το κύκλωμα ισχύος.

- **Ελεγχόμενοι διακόπτες.**

Οι καταστάσεις αγωγής (ON) και αποκοπής τους (OFF) καθορίζονται από σήματα ελέγχου. Η κατηγορία αυτή περιλαμβάνει αρκετούς τύπους ημιαγωγών συμπεριλαμβανομένων των διπολικών τρανζίστορ ένωσης (Bipolar Junction Transistors, BJTs), των τρανζίστορ

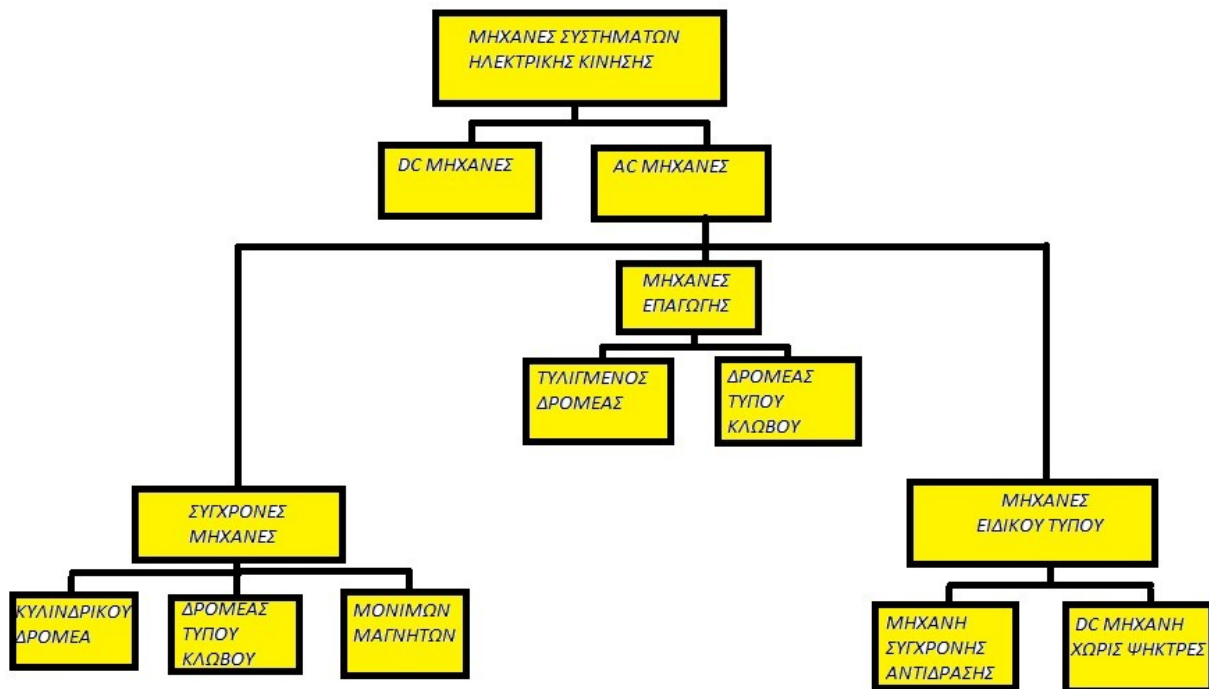
επίδρασης πεδίου μετάλλου-οξειδίου-ημιαγωγού (Metal-Oxide-Semiconductor Field-Effect Transistors, MOSFETs), των διπολικών τρανζίστορ με μονωμένη πύλη (Insulated Gate Bipolar Transistors, IGBTs) και των θυρίστορ με σβέση μέσω της πύλης τους (Gate Turn Off Thyristors, GTOs). Η επιλογή του κατάλληλου τύπου ημιαγωγού ισχύος είναι καθοριστικής σημασίας για τον μετατροπέα, καθώς τα στοιχεία αυτά χαρακτηρίζονται από διακοπτικές απώλειες λόγω των υψηλών συχνοτήτων λειτουργίας τους (τάξη πολλών kHz). Επίσης, θα πρέπει να ληφθούν υπόψη τα λειτουργικά χαρακτηριστικά του ημιαγωγού που τον καθιστούν κατάλληλο για τη συγκεκριμένη εφαρμογή. Το Σχήμα 1.4 παρουσιάζει την κατηγοριοποίηση των ημιαγωγών στοιχείων συναρτήσει της διακοπτικής συχνότητας, του ονομαστικού ρεύματος και της ονομαστικής τάσης λειτουργίας.



**Σχήμα 1.4– Κατηγοριοποίηση ημιαγωγών ανάλογα με τη διακοπτική συχνότητα, το ονομαστικό ρεύμα και την ονομαστική τάση λειτουργίας**

### 2.1.1.3. Ηλεκτρική μηχανή

Το είδος της μηχανής που θα επιλεγεί σε κάθε εφαρμογή ηλεκτρικής κίνησης εξαρτάται από ποικίλους παράγοντες. Εν γένει μπορεί να ειπωθεί ότι τείνουν να επικρατήσουν οι μηχανές εναλλασσομένου ρεύματος, κυρίως λόγω του χαμηλότερου κόστους κατασκευής και της αυξημένης αξιοπιστίας τους συγκριτικά με τις μηχανές συνεχούς ρεύματος, παρότι απαιτούν πιο πολύπλοκες μεθοδολογίες ελέγχου. Η κατηγοριοποίηση των μηχανών που χρησιμοποιούνται στα συστήματα ηλεκτρικής κίνησης παρουσιάζεται στο ακόλουθο σχήμα:



Σχήμα 1.5 – Κατηγοριοποίηση μηχανών συστημάτων ηλεκτρικής κίνησης

### 2.1.1.4. Ηλεκτρονικός ελεγκτής

Ο ηλεκτρονικός ελεγκτής αποτελεί τη μονάδα ελέγχου του κινητηρίου συστήματος και είναι υπεύθυνος για την παλμοδότηση των ημιαγωγών στοιχείων μετά την εκτέλεση του αλγορίθμου ελέγχου. Η απόκριση του συστήματος ηλεκτρικής κίνησης εξαρτάται από τις τιμές των μεταβλητών ελέγχου που δίνονται ως εξωτερικοί είσοδοι από το χρήστη στον ηλεκτρονικό ελεγκτή (σήμα ροπής, σήμα ταχύτητας κτλ). Ο αλγόριθμος ελέγχου υλοποιείται σε κατάλληλη γλώσσα προγραμματισμού ή ακόμα και σε μπλοκ διαγράμματα σε κατάλληλο περιβάλλον, ανάλογα με τον τύπο του ελεγκτή. Έτσι, το υλοποιημένο πρόγραμμα:

1. συγκεντρώνει τις πληροφορίες των μεταβλητών ελέγχου,
2. τις μετρήσεις των αισθητήρων,

3. επεξεργάζεται και υπολογίζει δεδομένα και παράγει τους παλμούς ελέγχου του ηλεκτρονικού μετατροπέα.

Επίσης, οι ελεγκτές μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την εποπτεία του συστήματος υλοποιώντας συγκεκριμένες προστασίες υπέρτασης ή υπερέντασης. Οι ηλεκτρονικοί ελεγκτές είναι γνωστοί με ονομασίες όπως **μικροεπεξεργαστές (microprocessors)**, **μικροελεγκτές (microcontrollers)** ή **επεξεργαστές ψηφιακού σήματος (Digital Signal Processors, DSPs)**. Οι δημοφιλέστεροι αλγόριθμοι ελέγχου που χρησιμοποιούνται στα συστήματα ηλεκτρικής κίνησης είναι οι ακόλουθοι:

- Έλεγχος στροφών μέσω ελέγχου τάσης τυμπάνου και πεδίου διεγέρσεως (DC κινητήρες)
- Βαθμωτός (ή μονόμετρος) έλεγχος (scalar control)
- Διανυσματικός έλεγχος (Vector Control) με προσανατολισμό πεδίου (FOC, Field Oriented Control) και άμεσο έλεγχο ροπής και ροής (DTFC, Direct Torque and Flux Control)
- Έλεγχος με ασαφή λογική (Fuzzy Logic Control)
- Προσαρμοστικός έλεγχος (Adaptive Control)
- Έλεγχος με χρήση νευρωνικών δικτύων (Neural Networks)

#### **2.1.1.5. Αισθητήρες μετρήσεων**

Η χρήση αισθητήρων μετρήσεων αποσκοπεί στη μετατροπή των μεγεθών του κινητηρίου συστήματος, όπως τάσεις, ρεύματα, θέση του δρομέα, ταχύτητα, ροπή, πεπλεγμένες ροές και θερμοκρασία, σε κατάλληλης μορφής αναλογικά σήματα χαμηλής ισχύος που μπορούν ακολούθως να υποστούν επεξεργασία από κάποιον επεξεργαστή ψηφιακού σήματος (DSP). Με τον τρόπο αυτό γίνεται δυνατή η εκτίμηση της κατάστασης του συστήματος ανά πάσα στιγμή και, ανάλογα με τις μετρήσεις των αισθητήρων, ο επεξεργαστής οδηγεί το σύστημα στην επιθυμητή κατάσταση λειτουργίας.

## **2.2. Υβριδικά ηλεκτρικά οχήματα**

Τα υβριδικά ηλεκτρικά οχήματα μπορούν να κατηγοριοποιηθούν ανάλογα με το βαθμό υβριδοποίησής τους.

Ως **βαθμός υβριδοποίησης** ενός οχήματος ορίζεται ο λόγος της ισχύος του κινητήρα που εκμεταλλεύεται τη δευτερεύουσα πηγή ενέργειας, προς την ισχύ του κινητήρα που τροφοδοτείται από την κύρια πηγή ενέργειας.

Στα ηλεκτρικά υβριδικά οχήματα, ο λόγος αυτός υπολογίζεται από τη διαίρεση της ισχύος του ηλεκτροκινητήρα (ή των ηλεκτροκινητήρων) προς την ισχύ του κινητήρα εσωτερικής καύσης. Σύμφωνα με το κριτήριο αυτό, προκύπτουν οι εξής κατηγορίες υβριδικών οχημάτων:

### **2.2.1. Μικρο-υβριδικά (Micro Hybrids)**

Τα 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 μικρο-υβριδικό βενζινοκίνητο όχημα μπορεί αυτόματα να σβήνει τον κινητήρα του όταν το όχημα ακινητοποιείται (πχ. σε φωτεινούς σηματοδότες) και να επανεκκινεί 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 μικρο-υβριδικά οχήματα** φέρουν έναν ηλεκτροκινητήρα και μια διάταξη αποθήκευσης ενέργειας, τα οποία έχουν πολύ περιορισμένη ισχύ. Συγκεκριμένα ο βαθμός υβριδοποίησης είναι στα όρια του 5 με 15%. Το ηλεκτρικό σύστημα του οχήματος δεν προορίζεται για συμμετοχή στην πρόωση του οχήματος. Όμως, είναι συνδεδεμένο με τους τροχούς του οχήματος, έτσι ώστε να ανακτά μέρος της κινητικής ενέργειας της πέδησης λειτουργώντας ως γεννήτρια. Η ενέργεια αυτή αποθηκεύεται σε συστοιχία συσσωρευτών ή στη συμβατική μπαταρία του οχήματος, που έχει βελτιωμένα χαρακτηριστικά. Η ανακτημένη ενέργεια χρησιμοποιείται για την τροφοδοσία των ηλεκτρικών υποσυστημάτων του οχήματος, όπως :

1. **το κύκλωμα φωτισμού,**
2. **το κύκλωμα εξαερισμού ή την αντλία του συστήματος ψύξης, αλλά και**
3. **μπορεί να αντικαταστήσει τη μίζα του οχήματος.**

**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-συνήθως περίπου 10% όμως έχουν το πλεονέκτημα του χαμηλού κόστους. Ένα παράδειγμα ενός υβριδικού αυτοκινήτου «στάσης-εκκίνησης» είναι το Citroen C3.

### **2.2.2. Ήπια Υβριδικά (Mild Hybrids)**

**Τα «ήπια» υβριδικά οχήματα** διαθέτουν λειτουργία «στάσης-εκκίνησης» όπως περιγράφηκε παραπάνω, αλλά συνήθως χρησιμοποιούν τον ηλεκτροκινητήρα τους και 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 την διάρκεια λειτουργίας του συμβατικού κινητήρα υπό υψηλό φορτίο (πχ. κατά τις στιγμές μεγάλης επιτάχυνσης).

Τα «ήπια» υβριδικά έχουν επίσης το πλεονέκτημα της ανάκτησης ενέργειας μέσω του φρεναρίσματος, δηλαδή κατά την διάρκεια του φρεναρίσματος μετατρέπουν μέρος της πλεονάζουσας κινητικής ενέργειας του κινητήρα σε ηλεκτρική ενέργεια, η οποία χρησιμοποιείται για την φόρτιση των συσσωρευτών (μπαταριών).

Ένα παρόμοιο «ήπιο» υβριδικό σύστημα έχει εγκατασταθεί στα μοντέλα Insight και Civic (και Accord σε ορισμένες αγορές) της εταιρείας Honda (Integrated Motor Assist). Το σύστημα της Honda έχει επίσης την δυνατότητα απομόνωσης της λειτουργίας τριών από τους τέσσερις κυλίνδρους του κινητήρα για την αύξηση της απόδοσης. Το υβριδικό Honda Civic εκπέμπει σχεδόν 25% λιγότερο CO<sub>2</sub> σε σύγκριση με ένα όμοιο μη υβριδικό.

Στα ήπια υβριδικά το ποσοστό υβριδοποίησης κυμαίνεται μεταξύ 15 και 25%. Ο ηλεκτροκινητήρας είναι μεγαλύτερος από των μικρο-υβριδικών και είναι ικανός να συμμετέχει εν μέρει στην πρόωση του οχήματος. Εκτός από τη συμμετοχή στην κίνηση, ο ηλεκτροκινητήρας μπορεί να ανακτήσει ενέργεια και να υποκαταστήσει τη μίζα.



### 2.2.3. Πλήρως υβριδικά (Full Hybrids)

Η κατηγορία αυτή αφορά στα οχήματα που ο ηλεκτροκινητήρας τους μετέχει με το μεγαλύτερο ποσοστό, άνω του 25%, στο ισοζύγιο ισχύος του αυτοκινήτου.

**Στα πλήρως υβριδικά οχήματα**, η ισχύς του ηλεκτροκινητήρα είναι τέτοια ώστε να επαρκεί για την εξ' ολοκλήρου κίνηση στις χαμηλές ταχύτητες και στα χαμηλά φορτία. Όταν οι απαιτήσεις ισχύος αυξηθούν, συμμετέχει και ο κινητήρας εσωτερικής καύσης στη διαδικασία μετάδοσης κίνησης στους τροχούς. Και εδώ ο ηλεκτροκινητήρας ανακτά ενέργεια κατά την πέδηση, αλλά μπορεί να λειτουργήσει και ως γεννήτρια χρησιμοποιώντας την κίνηση του άξονα του βενζινοκινητήρα, όταν οι μπαταρίες απαιτούν φόρτιση λόγω χαμηλών αποθεμάτων. Ο διαμοιρασμός της ισχύος γίνεται συνήθως μέσω μίας μηχανικής μονάδας με πλανητικούς μειωτήρες. (κεφάλαιο 2) Τα υβριδικά ηλεκτρικά οχήματα ταξινομούνται επίσης ανάλογα με την αρχιτεκτονική δομή τους.

**Η αρχιτεκτονική** ενός υβριδικού οχήματος ορίζεται ως ο τρόπος σύνδεσης μεταξύ των διατάξεων που ρυθμίζει τη ροή ενέργειας και τις θύρες ελέγχου. Παραδοσιακά, τα υβριδικά ηλεκτρικά οχήματα ταξινομούνταν σε δύο βασικούς τύπους:

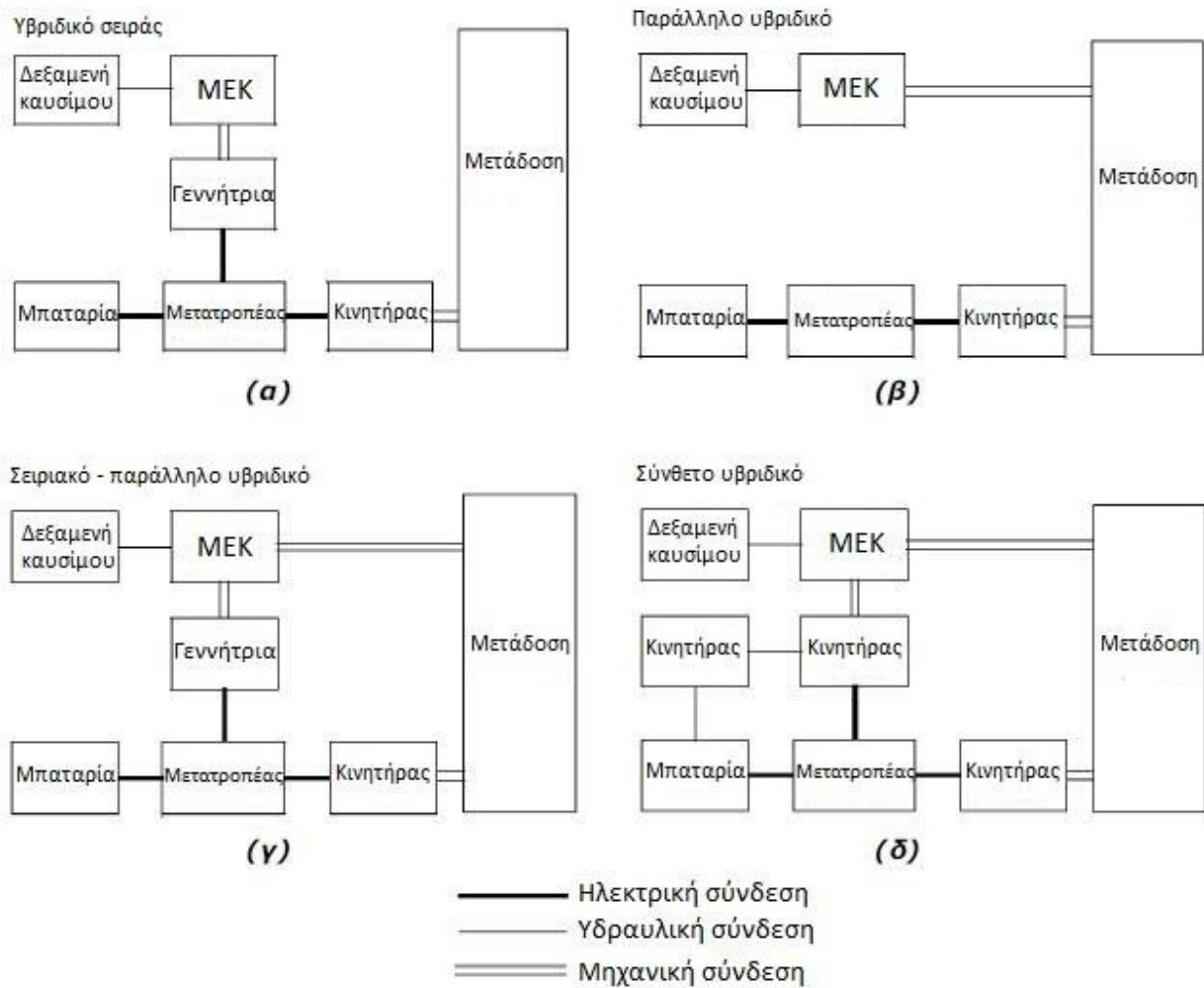
#### → σειράς και παράλληλα.

Ωστόσο, πρόσφατα κάποια νέα οχήματα δεν μπορούσαν να ταξινομηθούν με βάση αυτούς τους δύο τύπους. Έτσι, δημιουργήθηκαν δύο νέοι τύποι υβριδικών:

#### → τα σειράς-παράλληλα και τα σύνθετα.

Η βασική δομή αυτών των τεσσάρων τύπων απεικονίζεται στο Σχήμα 2.2, όπου θεωρήθηκε ότι οι δύο πηγές ενέργειας του οχήματος είναι η ηλεκτρική (μπαταρία – ηλεκτροκινητήρας) και η βενζίνη (δεξαμενή βενζίνης – μηχανή εσωτερικής καύσης, ΜΕΚ).



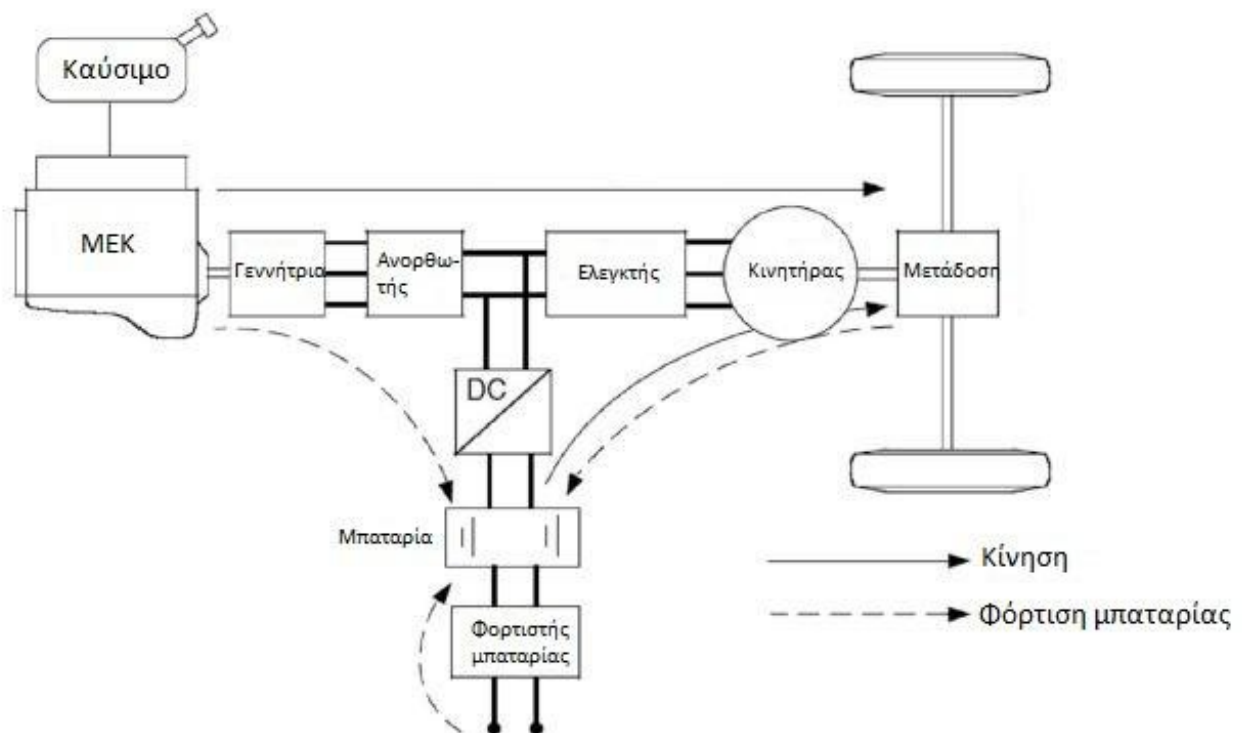


Σχήμα 2.2 – Κατηγορίες υβριδικών ηλεκτρικών οχημάτων ανάλογα με την αρχιτεκτονική τους

### 2.2.3.1. Υβριδικό ηλεκτρικό όχημα σειράς (Series Hybrid)

Ένα υβριδικό ηλεκτρικό όχημα σειράς αποτελείται από δύο πηγές ενέργειας, οι οποίες τροφοδοτούν έναν ηλεκτροκινητήρα που προωθεί το όχημα. Στο σχήμα 2.3 απεικονίζεται η πιο κοινή δομή ενός τέτοιου οχήματος.

- **Η πρώτη πηγή ενέργειας** είναι μια δεξαμενή καυσίμου και ο μετατροπέας της είναι μια μηχανή εσωτερικής καύσης σε σύζευξη με μια ηλεκτρική γεννήτρια. Η έξοδος της γεννήτριας συνδέεται σε κατάλληλο δίαυλο συνεχούς ρεύματος (DC bus) μέσω ενός ανορθωτή.
- **Η δεύτερη πηγή ενέργειας** είναι μια ηλεκτροχημική μπαταρία που συνδέεται με τον ίδιο δίαυλο μέσω ενός μετατροπέα DC/DC. Ο δίαυλος συνεχούς ρεύματος καταλήγει στον ηλεκτρονικό ελεγκτή του ηλεκτροκινητήρα.



**Σχήμα 2.3 – Δομή υβριδικού ηλεκτρικού οχήματος σειράς**

Όπως είναι φανερό, σε αυτό το είδος διάταξης, ο βενζινοκινητήρας δεν είναι συνδεδεμένος με τους κινητήριους τροχούς. Ο προορισμός του είναι να φορτίσει το μέσο αποθήκευσης ενέργειας (μπαταρίες) στρέφοντας τη γεννήτρια, η οποία είναι συνδεδεμένη μηχανικά με τον άξονα της μηχανής εσωτερικής καύσης. Η γεννήτρια αυτή λειτουργεί ως μίζα και ως δυναμό αντικαθιστώντας τα συμβατικά συστήματα. Η πρόωση του οχήματος γίνεται εφικτή λόγω της ύπαρξης του ηλεκτροκινητήρα που είναι συνδεδεμένος με τους τροχούς του οχήματος. Ο κινητήρας αυτός αντλεί ενέργεια από τις μπαταρίες ή απ' ευθείας από τη γεννήτρια.

**Η κίνηση του οχήματος, λοιπόν, είναι καθαρά ηλεκτρική και ο ρόλος της ΜΕΚ είναι να μετατρέπει τη χημική ενέργεια του καυσίμου σε ηλεκτρική για να διατηρεί τη στάθμη φόρτισης των συσσωρευτών σε υψηλά επίπεδα.** Το σύστημα μπορεί να ανακτήσει την κινητική ενέργεια της πέδησης εάν η ηλεκτρική μηχανή που είναι συνδεδεμένη με τους τροχούς, λειτουργήσει σαν γεννήτρια. Στην περίπτωση αυτή φορτίζει τους συσσωρευτές μετατρέποντας τη μηχανική ενέργεια σε ηλεκτρική.

### **2.2.3.2. Παράλληλο υβριδικό ηλεκτρικό όχημα (Parallel Hybrid)**

**Η παράλληλη διάταξη** αποτελεί την πιο διαδεδομένη τοπολογία κινητήριου συστήματος σε υβριδικά οχήματα. Σε αυτό το είδος διάταξης την κίνηση των τροχών αναλαμβάνει είτε:

- ◆ ο ηλεκτροκινητήρας,
- ◆ ο κινητήρας εσωτερικής καύσης,

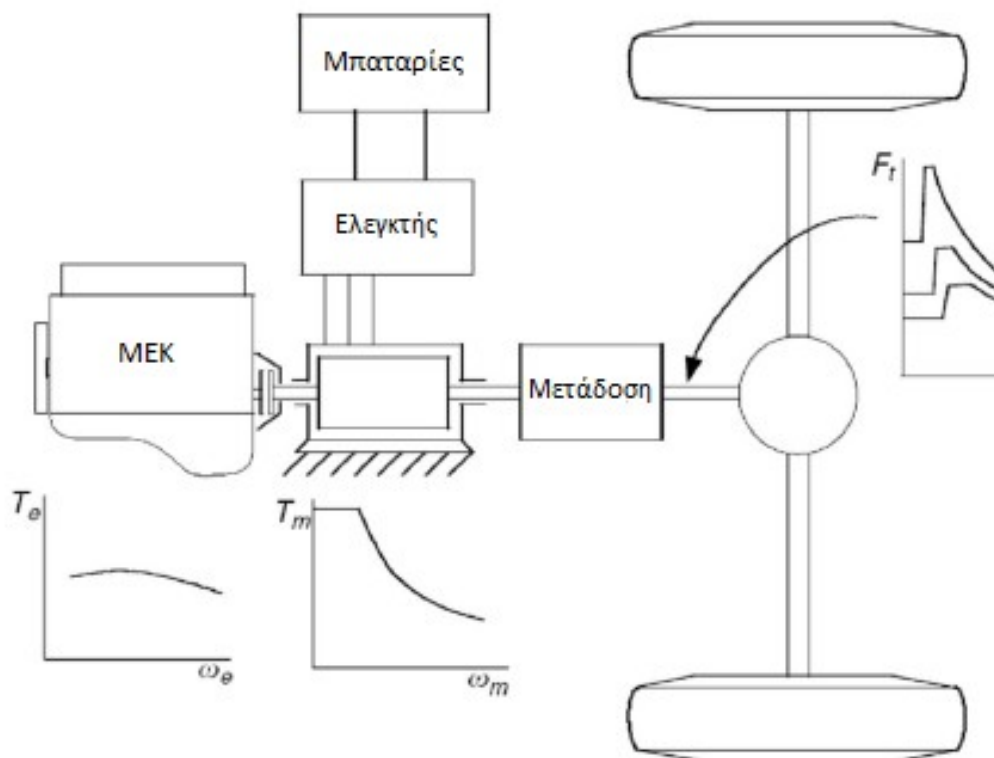
◆ και οι δύο ταυτόχρονα.

Η συνεργασία και η συμμετοχή στην κίνηση των δύο διαφορετικών κινητήριων μονάδων ελέγχεται από μικροελεγκτή. Η διάταξη αυτή διακρίνεται σε δύο υποκατηγορίες:

- την παράλληλη διάταξη με υποβοήθηση στο σύστημα κίνησης (ένας άξονας) και
- την πλήρως παράλληλη διάταξη (δύο άξονες).

Στην παράλληλη διάταξη με υποβοήθηση στο σύστημα κίνησης, η μηχανή εσωτερικής καύσης και ο ηλεκτροκινητήρας μεταδίδουν την κίνηση μέσω κοινού άξονα, πάνω στον οποίο έχουν προσαρμοστεί κατάλληλα. Όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.4, το κιβώτιο μετάδοσης της κίνησης τοποθετείται ανάμεσα από τις δύο μηχανές και τους τροχούς. Ανάλογα με την ισχύ της ηλεκτρικής μηχανής που θα χρησιμοποιηθεί, καθορίζεται και το ποσοστό συμμετοχής αυτής στην κίνηση του οχήματος. Σε αυτή τη διάταξη χρησιμοποιείται συνήθως μικρή ηλεκτρική μηχανή και γι αυτό είναι περιορισμένη η επιπρόσθετη ισχύς που μπορεί να παρέχει. Όταν το όχημα βρίσκεται σε στάση, η μηχανή εσωτερικής καύσης απενεργοποιείται τελείως, εξοικονομώντας ενέργεια. Όμως, όταν το όχημα είναι έτοιμο να εκκινήσει, η τελευταία τίθεται και πάλι σε λειτουργία από τον ηλεκτροκινητήρα.

Τέλος, παρέχεται η δυνατότητα αναγεννητικής πέδησης.

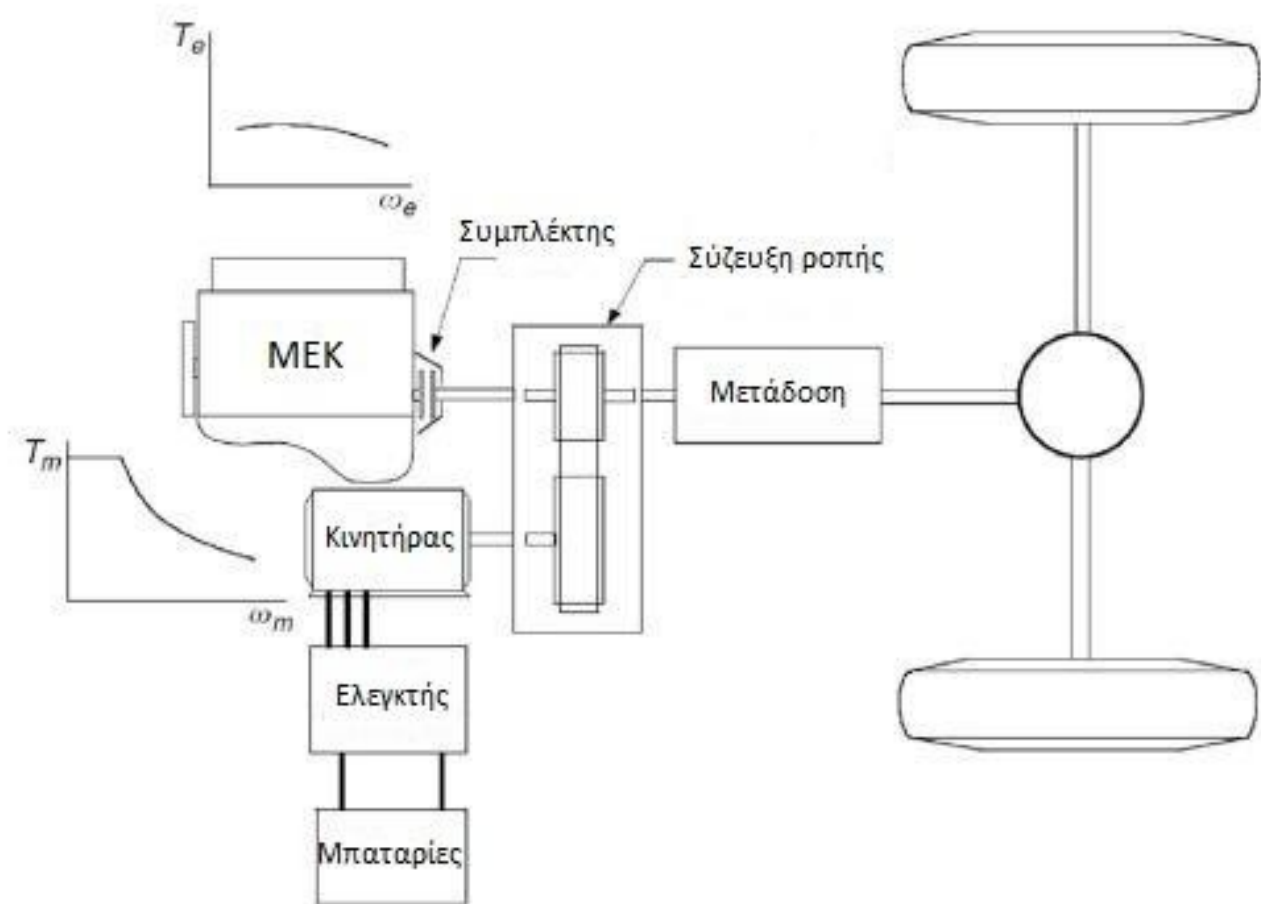


Σχήμα 2.4 – Δομή παράλληλης διάταξης με υποβοήθηση στο σύστημα κίνησης

**Στην πλήρως παράλληλη διάταξη** του Σχήματος 2.5, η δυνατότητα ταυτόχρονης λειτουργίας της μηχανής εσωτερικής καύσης και της ηλεκτρικής μηχανής απαιτεί τη μηχανική συμπλοκή τους με το σύστημα μετάδοσης της κίνησης. Κατά την ομαλή εκκίνηση του οχήματος και στις χαμηλές ταχύτητες, την κίνηση αναλαμβάνει η ηλεκτρική μηχανή η οποία λειτουργεί σαν κινητήρας. Όταν απαιτείται μεγαλύτερη ισχύς, όπως σε μία επιτάχυνση ή κίνηση του οχήματος με μεγαλύτερες ταχύτητες, στην κίνηση συνεισφέρουν και οι δύο κινητήριες μονάδες. Το ποσοστό συμβολής της καθεμιάς καθορίζεται από τη μονάδα ελέγχου του αυτοκινήτου.

Επιπρόσθετα, κατά τη διάρκεια της κίνησης του οχήματος, η μηχανή εσωτερικής καύσης αναλαμβάνει τη φόρτιση των μπαταριών όταν η στάθμη της ενέργειάς τους πέσει σε χαμηλά επίπεδα, ώστε να υπάρχει εκ νέου διαθέσιμη ηλεκτρική ισχύς. Σε αυτή τη φάση η ηλεκτρική μηχανή λειτουργεί ως γεννήτρια.

Τέλος, κατά τη φάση της επιβράδυνσης, η ηλεκτρική μηχανή λειτουργεί ως γεννήτρια και εκμεταλλευόμενη την κινητική ενέργεια των τροχών επιστρέφει σημαντικά ποσά ενέργειας φορτίζοντας τους ηλεκτρικούς συσσωρευτές.



**Σχήμα 2.5 – Δομή πλήρους παράλληλης διάταξης**

### 2.2.3.3. Σειριακό – παράλληλο υβριδικό ηλεκτρικό όχημα (Series/Parallel Hybrid)

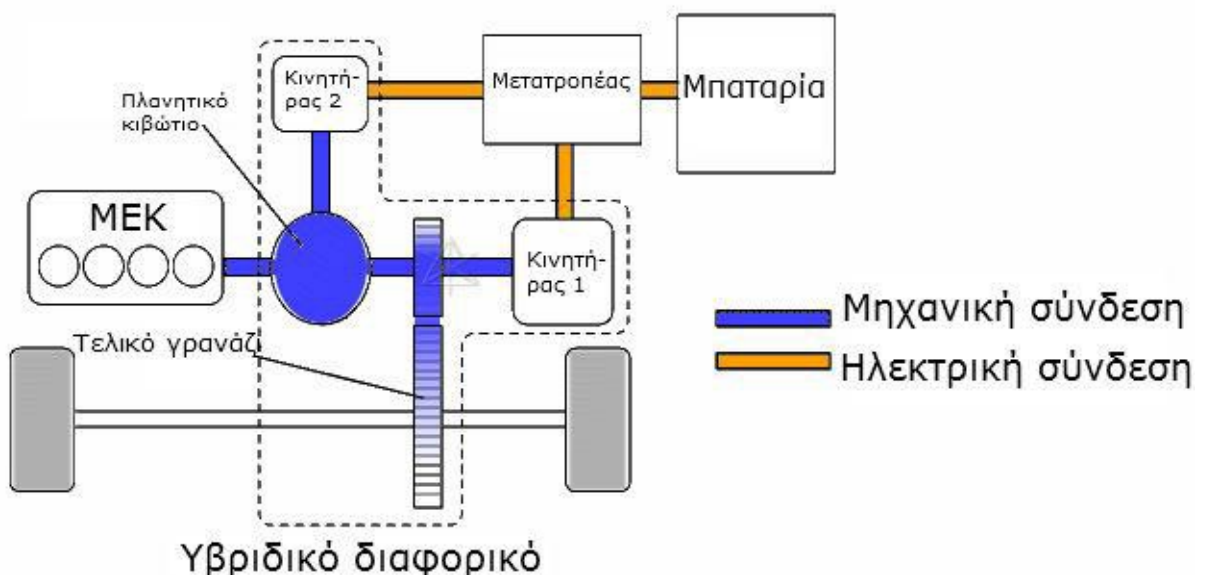
Το σειριακό – παράλληλο ή συνδυαστικό σύστημα είναι ένας συνδυασμός των δύο ανωτέρω διατάξεων και αποτελείται από:

1. μια μηχανή εσωτερικής καύσης,
2. έναν ηλεκτρικό κινητήρα,
3. μία ηλεκτρική γεννήτρια και
4. τη συστοιχία των μπαταριών.

Ουσιαστικά η διάταξη των εξαρτημάτων είναι ίδια με του παράλληλου υβριδικού, μόνο που στην περίπτωση αυτή χρησιμοποιείται ξεχωριστά μία δεύτερη ηλεκτρική μηχανή ως γεννήτρια για την φόρτιση των ηλεκτρικών συσσωρευτών. Επίσης, η συνεισφορά των διαφόρων υποσυστημάτων στην κίνηση είναι παρόμοια με την παράλληλη διάταξη. Η διαφορά έγκειται στο ότι η μηχανή εσωτερικής καύσης προσδίδει κίνηση στους τροχούς του οχήματος όταν είναι συμπλεγμένη με το σύστημα μετάδοσης ή φορτίζει τις μπαταρίες μέσω της ηλεκτρικής γεννήτριας, **αλλά όχι και τα δύο ταυτόχρονα.**

**Σε χαμηλές ταχύτητες** η Μ.Ε.Κ. είναι αποσυνδεδεμένη από το σύστημα μετάδοσης της κίνησης και η συγκεκριμένη διάταξη εμφανίζει χαρακτηριστικά της σειριακής. Έτσι, ο κινητήρας εσωτερικής καύσης έχει τη δυνατότητα να δουλεύει σε αυτή την περίπτωση στο βέλτιστο βαθμό απόδοσής του και την πρόωση του οχήματος αναλαμβάνει ο ηλεκτρικός κινητήρας τροφοδοτούμενος από τις μπαταρίες.

**Σε υψηλότερες ταχύτητες ή επιταχύνσεις**, όπου η Μ.Ε.Κ. μπορεί να προσφέρει πιο αποδοτικά ισχύ για την κίνηση του οχήματος, περιορίζεται η λειτουργία της σειριακής διάταξης και την κίνηση αναλαμβάνει η παράλληλη διάταξη. Η επιλογή της παράλληλης ή της σειριακής λειτουργίας επιλέγεται μέσω της μονάδας ελέγχου και υλοποιείται μέσω ενός συμπλέκτη, όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.6.



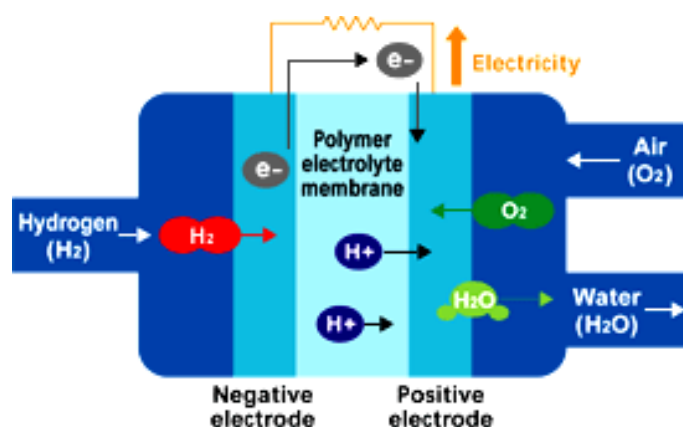
Σχήμα 2.6 – Δομήσειριακού – παράλληλου υβριδικού οχήματος

Τέλος, αξίζει να αναφερθεί ότι στην κατηγοριοποίηση των ηλεκτρικών οχημάτων μπορούν να συμπεριληφθούν και **τα ηλιακά οχήματα (Solar vehicles)**, η χρήση των οποίων είναι προς το παρόν περιορισμένη.

Στα οχήματα αυτά χρησιμοποιούνται φωτοβολταϊκά (PV) στοιχεία, τα οποία τοποθετούνται κυρίως στην οροφή και μετατρέπουν την ηλιακή ακτινοβολία σε ηλεκτρική ενέργεια. Η αρχιτεκτονική τους δομή είναι παραπλήσια με αυτή των αμιγώς ηλεκτρικών οχημάτων, με τη διαφορά ότι το υποσύστημα πηγής ενέργειας αποτελείται μόνο από τα φωτοβολταϊκά στοιχεία (Σχήμα 2.7). Ο ηλεκτρονικός ελεγκτής πρέπει σε αυτή την περίπτωση να μεριμνά για τη λειτουργία των στοιχείων κοντά στην περιοχή του σημείου μέγιστης ισχύος (MPP, Maximum Power Point). Εναλλακτικά, τα φωτοβολταϊκά στοιχεία θα μπορούσαν να υβριδοποιηθούν με μία δεύτερη πηγή ισχύος, έτσι ώστε να ανακτάται η ενέργεια κατά την πέδηση του οχήματος.

### 2.3. Οχήματα με κυψέλες καυσίμου

Καθώς τα HEV κερδίζουν έδαφος, η τεχνολογία των κυψελών καυσίμου (fuel cells) στα οχήματα αρχίζει να αποκτά ενδιαφέρον. Οι κυψέλες καυσίμου με υδρογόνο χρησιμοποιούνται εδώ και καιρό για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σε διαστημικές εφαρμογές και ως βοηθητικές μονάδες παραγωγής ενέργειας σε περίπτωση αιχμής. Οι κυψέλες καυσίμου παράγουν ηλεκτρική ενέργεια μέσω χημικής αντίδρασης μεταξύ υδρογόνου και οξυγόνου χωρίς να παράγουν βλαβερές εκπομπές. Ουσιαστικά, οι κυψέλες καυσίμου είναι ηλεκτροχημικές συσκευές που μετατρέπουν τη χημική ενέργεια μιας αντίδρασης απευθείας σε ηλεκτρική. Η βασική φυσική δομή μιας κυψέλης καυσίμου (Σχήμα 3.5) αποτελείται από μια λεπτή μεμβράνη ηλεκτρολύτη που έρχεται σε επαφή με μια πορώδη άνοδο από τη μια πλευρά και μια πορώδη κάθοδο από την άλλη. Μια σχηματική αναπαράσταση κυψέλης καυσίμου, με τα αντιδρώντα και τα παράγωγα καθώς και η πορεία των ιόντων διαμέσου της κυψέλης, φαίνεται παρακάτω.



Σχήμα 3.5 Σχηματική αναπαράσταση λειτουργίας μιας κυψέλης καυσίμου

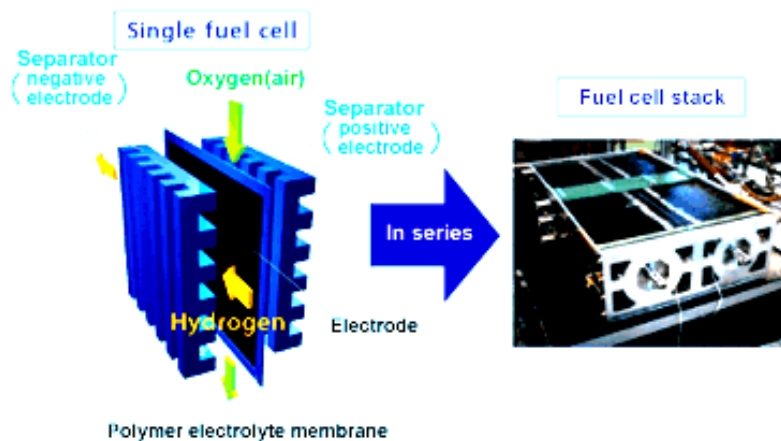
Σε μια συνήθη κυψέλη καυσίμου τα καύσιμα αέριας μορφής (π.χ. υδρογόνο) τροφοδοτούνται συνεχώς προς την άνοδο (αρνητικό ηλεκτρόδιο) και ένα οξειδωτικό (π.χ. οξυγόνο) τροφοδοτείται προς την κάθοδο (θετικό ηλεκτρόδιο). Οι ηλεκτροχημικές αντιδράσεις λαμβάνουν χώρα στα ηλεκτρόδια για την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος. Μια κυψέλη καυσίμου, αν και έχει στοιχεία

και χαρακτηριστικά παρόμοια με αυτά μιας μπαταρίας, διαφέρει με αυτήν αρκετά. Η μπαταρία είναι μονάδα αποθήκευσης ενέργειας. Η μέγιστη διαθέσιμη ενέργεια καθορίζεται από την ποσότητα της χημικής ενέργειας που είναι αποθηκευμένη στην μπαταρία. Η μπαταρία θα σταματήσει να παράγει ηλεκτρική ενέργεια όταν η χημική της ενέργεια καταναλωθεί, δηλαδή όταν αυτή αποφορτιστεί. Για την επαναφόρτιση της, πρέπει να την τροφοδοτήσουμε με ενέργεια από μια εξωτερική πηγή. Από την άλλη, η κυψέλη καυσίμου είναι μια συσκευή μετατροπής ενέργειας που θεωρητικά έχει τη δυνατότητα να παράγει ηλεκτρική ενέργεια όσο το καύσιμο και το οξειδωτικό παρέχονται στα ηλεκτρόδια. Στην πραγματικότητα όμως, η χημική διάβρωση και η δυσλειτουργία των υλικών περιορίζει πρακτικά τη λειτουργική διάρκεια των κυψελών καυσίμου.

Το αέριο υδρογόνο είναι το καύσιμο για τις περισσότερες εφαρμογές, εξαιτίας της υψηλής του αντιδραστικότητας, της δυνατότητας να παράγεται από υδρογονάνθρακες και της υψηλής του ενεργειακής πυκνότητας όταν αποθηκεύεται κρυογενικά, όπως στο διάστημα.

Παρομοίως, το οξυγόνο είναι το πιο κοινό οξειδωτικό αφού είναι ευρέως διαθέσιμο στην ατμόσφαιρα και εύκολα αποθηκεύεται.

#### ■ Fuel cell structure

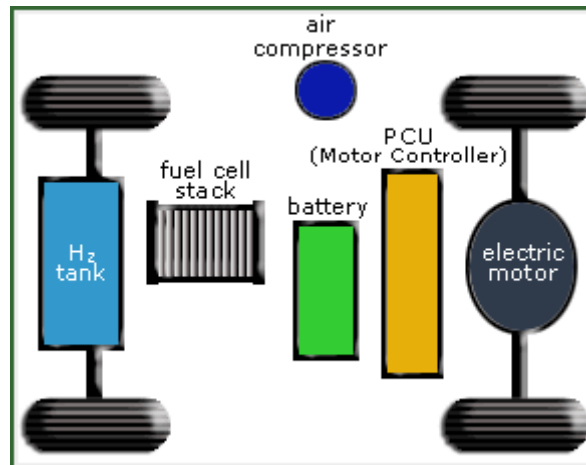


**Σχήμα 3.6 Η δομή μιας κυψέλης καυσίμου**

Στα υβριδικά οχήματα κυψελών καυσίμου (FCVs), (Σχήμα 3.7), το υδρογόνο αποθηκεύεται σε δεξαμενές καυσίμου που βρίσκονται επί του οχήματος και η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από την κυψέλη καυσίμου τροφοδοτεί μια μπαταρία που ενεργοποιεί τον ηλεκτροκινητήρα που δίνει κίνηση στους τροχούς. Όσο λοιπόν είναι γεμάτη η δεξαμενή με το υδρογόνο, η αντίδραση οξυγόνου υδρογόνου θα εξακολουθεί να υφίσταται στην κυψέλη, οπότε και η μπαταρία θα φορτίζεται και το όχημα θα κινείται. Τα FCVs μπορεί να είναι δυο φορές πιο αποδοτικά από τα αντίστοιχα συμβατικού τύπου.

Μπορούν επίσης να εξοπλιστούν με άλλες σύγχρονες τεχνολογίες για αύξηση της απόδοσης, όπως συστήματα ανάκτησης ισχύος κατά το φρενάρισμα που 'αιχμαλωτίζουν' την ενέργεια που χάνεται στο φρενάρισμα και την αποθηκεύουν σε μια μεγάλων διαστάσεων μπαταρία.





**Σχήμα 3.7** Βασικά στοιχεία ενός υδρογονικού FCV

Τα FCVs μπορούν να τροφοδοτούνται με αέριο υδρογόνο που αποθηκεύεται απευθείας στο όχημα μέσα σε δεξαμενές ή παράγεται από ένα δευτερεύον καύσιμο, όπως η μεθανόλη, η αιθανόλη ή το φυσικό αέριο που περιέχει οξυγόνο. Αυτά τα δευτερεύοντα καύσιμα μετατρέπονται σε αέριο υδρογόνο από έναν αναμορφωτή καυσίμου (reformer) που είναι επί του οχήματος. Τα FCVs που τροφοδοτούνται αμέσως με υδρογόνο -δεν εκπέμπουν ρύπους μόνο υδρατμό και θερμότητα-, ενώ αυτά που κάνουν χρήση δευτερευόντων αερίων και ενός αναμορφωτή καυσίμου (reformer) παράγουν μικρές ποσότητες αερίων ρύπων. Όπως και με τα άλλα ηλεκτρικά αυτοκίνητα, τα οχήματα κυψελών καυσίμου είναι αθόρυβα, κινούνται ομαλά, είναι ευχάριστα στην οδήγηση και θα πρέπει να έχουν την ίδια αποδοχή όπως και τα συμβατικά.

Τα πλεονεκτήματα των κυψελών καυσίμου είναι πέρα από μια απλή προσφορά λύσης σε περιβαλλοντικά και ενεργειακά ζητήματα. Επειδή οι κυψέλες καυσίμου παράγουν λίγη θερμότητα, λειτουργούν αθόρυβα χωρίς δονήσεις και μεταδίδουν την ενέργεια τους σε μορφή ηλεκτρισμού, μπορούν να τοποθετηθούν οπουδήποτε σε ένα όχημα. Η ισχύς δεν χρειάζεται να μεταδοθεί μηχανικά από έναν κινητήρα στους τροχούς, οπότε οι μηχανικοί έχουν μεγαλύτερη ευχέρεια στη μελέτη κατασκευής του οχήματος. Αναιρώντας τους συμβατικούς σχεδιαστικούς περιορισμούς, οι κυψέλες καυσίμου δίνουν τη δυνατότητα για νέες ιδέες στον σχεδιασμό των αυτοκινήτων.

Το Toyota Fine-X που παρουσιάστηκε στην 39η έκθεση στο Τόκιο είναι παράδειγμα αυτού του είδους της επαναστατικής, υψηλά αποδοτικής δημιουργίας. Χρησιμοποιώντας μια συμβατική κυψέλη καυσίμου κάτω από το δάπεδο του αυτοκινήτου και τέσσερις ηλεκτροκινητήρες στους τροχούς, το Fine-X προσφέρει άνεση στην εσωτερική καμπίνα.



**Σχήμα 3.8** Toyota Fine-X

## 2.4. Τεχνικές εξοικονόμησης καυσίμου

Τα υβριδικά οχήματα μπορούν να ενσωματώνουν πολλές διαφορετικές τεχνικές εξοικονόμησης καυσίμου. Οι κυριότερες αναφέρονται παρακάτω.

### 2.4.1. Αναγεννητική πέδηση

Οι επιδόσεις πέδησης του οχήματος είναι αναμφισβήτητα ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες που επηρεάζουν την ασφάλεια των οχημάτων. Ένα επιτυχώς σχεδιασμένο σύστημα πέδησης πρέπει να πληροί πάντα δύο απαιτήσεις.

**Πρώτον**, σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης πέδησης, το σύστημα να ακινητοποιεί το όχημα στη μικρότερη δυνατή απόσταση.

**Δεύτερον**, θα πρέπει να διατηρεί τον έλεγχο της κατεύθυνσης του οχήματος.

Η πρώτη απαιτεί το σύστημα πέδησης να είναι σε θέση να παράσχει επαρκή ροπή πέδησης σε όλους τους τροχούς, ενώ η δεύτερη απαιτεί να διανεμηθεί η δύναμη πέδησης σε όλους τους τροχούς εξίσου.

Γενικά, η ροπή πέδησης που απαιτείται είναι πολύ μεγαλύτερη από τη ροπή που μπορεί να παράγει ένας ηλεκτρικός κινητήρας. Στα ηλεκτρικά και υβριδικά οχήματα το μηχανικό σύστημα πέδησης συνυπάρχει με το αναγεννητικό. (εκτενής ανάλυση στο κεφάλαιο 2) Επομένως, είναι απαραίτητος ο σωστός σχεδιασμός και των δύο συστημάτων πέδησης. Στα συμβατικά οχήματα κατά τη διάρκεια της πέδησης ή της επιβράδυνσης χάνεται μεγάλη ποσότητα ενέργειας. Η ενέργεια αυτή πρωταρχικά καταναλώνεται σε τριβές των φρένων και της μηχανής εσωτερικής καύσης. Στην περίπτωση των υβριδικών οχημάτων, ο ηλεκτρικός κινητήρας λειτουργεί ως γεννήτρια για να αιχμαλωτίσει αυτή την ενέργεια. Όταν το όχημα επιβραδύνει ή φρενάρει, ο ηλεκτρικός κινητήρας αναγεννά την ηλεκτρική ενέργεια από την ορμή προς την κατεύθυνση πορείας, που διαφορετικά θα χανόταν στα συμβατικά οχήματα. Η ενέργεια αυτή αποθηκεύεται στη συστοιχία μπαταριών, έως ότου επαναχρησιμοποιηθεί στην επιτάχυνση. Αυτή η διαδικασία ονομάζεται «**αναγεννητική πέδηση**».

Αξίζει να σημειωθεί πως ο ηλεκτρικός κινητήρας δεν μπορεί να ανακτήσει όλη την ενέργεια που διατίθεται κατά την πέδηση του οχήματος, ειδικά όταν συμβαίνουν απότομα σταματήματα. Η διατιθέμενη ενέργεια κατά την πέδηση είναι η κινητική ενέργεια που αποκτήθηκε κατά τις επιταχύνσεις του οχήματος. Ως εκ τούτου, το σύστημα αναγεννητικής πέδησης θα πρέπει να συνυπάρχει με το κλασικό σύστημα πέδησης. Η αναγεννητική πέδηση δίνει τη δυνατότητα στο όχημα να αυξήσει το εύρος ηλεκτροκίνησης του οχήματος έως και 15%.

### 2.4.2. Idle-off (ρελαντί)

Οι αυτοκινητοβιομηχανίες έχουν αναπτύξει υβριδικά οχήματα, στα οποία η ηλεκτρική γεννήτρια συνδέεται απευθείας στον στροφαλοφόρο άξονα της μηχανής εσωτερικής καύσης (ολοκληρωμένος συνδυασμός εκκινητή – γεννήτριας, ISG), αντικαθιστώντας τον συμβατικό εκκινητή, το δυναμό και τον σφόνδυλο. Η διάταξη αυτή παρέχει τη δυνατότητα μείωσης της κατανάλωσης καυσίμου, καθώς η μηχανή εσωτερικής καύσης απενεργοποιείται στο ρελαντί (<γαλλική ralenti), ή και στην επιβράδυνση περιορίζοντας δραστικά την κατανάλωση καυσίμου και τις εκπομπές ρύπων και θορύβου.

Επιπλέον, το σύστημα ολοκληρωμένου συνδυασμού εκκινητή - γεννήτριας (ISG) παρέχει τη

δυνατότητα για την παραγωγή υψηλότερης ισχύος από τους εναλλάκτες των τωρινών συμβατικών οχημάτων. Επιπλέον, μία ισχυρή ηλεκτρική γεννήτρια μπορεί να επανεκκινήσει τη μηχανή εσωτερικής καύσης πολύ ταχύτερα από ό,τι ο απλός εκκινητής του συμβατικού οχήματος. Στις περισσότερες περιπτώσεις, η ηλεκτρική γεννήτρια είναι αρκετά ισχυρή για να θέσει σε κανονική λειτουργία τη μηχανή εσωτερικής καύσης σε διάστημα μόλις 0,2 του δευτερολέπτου. Αυτό επιτρέπει την ομαλή, γρήγορη επανεκκίνηση που είναι αποδεκτή από τον οδηγό.

Επιπροσθέτως, στα υβριδικά οχήματα ο ψεκασμός καυσίμου συνήθως ξεκινά, αφού η μηχανή εσωτερικής καύσης λειτουργήσει σε κανονική ταχύτητα, κάτι το οποίο ουσιαστικά εξαλείφει τα άκαυστα καύσιμα και τις παρελκόμενες εκπομπές CO<sub>2</sub>. Το μέσο όχημα βρίσκεται σε λειτουργία «ρελαντί» περίπου 20% της συνολικής του λειτουργίας. Ως εκ τούτου, με την τεχνική **Idle-off** επιτυγχάνεται μείωση κατανάλωσης καυσίμου περίπου κατά 5% - 10% .

#### **2.4.3. Υποδιαστασιολόγηση της μηχανής εσωτερικής καύσης**

Γενική αρχή για όλα τα οχήματα είναι πως η μέγιστη απαίτηση σε ιπποδύναμη και ροπή αυξάνεται κατά τη διάρκεια της επιτάχυνσης και σε οδήγηση σε ανηφορικές κλίσεις. Αντίθετα, αρκεί η ελάχιστη ισχύς για να διατηρηθεί σταθερή η ταχύτητα του οχήματος κατά την πορεία σε ευθεία κλίση.

Επομένως, η μηχανή εσωτερικής καύσης μπορεί να είναι μικρότερων ονομαστικών μεγεθών χρησιμοποιώντας έναν ηλεκτρικό κινητήρα για την ενίσχυση της ισχύος της, όταν αυτό είναι απαραίτητο. Με σταθερές τις υπόλοιπες παραμέτρους, μία μικρότερη μηχανή εσωτερικής καύσης είναι αποδοτικότερη για ένα συγκεκριμένο φορτίο, καθώς έχει λιγότερες απώλειες τριβής και λιγότερες απώλειες θερμότητας στο εσωτερικό της και στους κυλίνδρους.

#### **2.4.4. Αποκλειστική λειτουργία κινητήρα**

Μία ακόμα τεχνική που προάγει την εξοικονόμηση καυσίμου είναι η λειτουργία του οχήματος οδηγούμενο αμιγώς από τον ηλεκτρικό κινητήρα (Motor-only Operation). Τα υβριδικά οχήματα χρησιμοποιούν τον ηλεκτροκινητήρα για την πρόωση του οχήματος σε χαμηλές ταχύτητες και φορτία, ελαχιστοποιώντας τη συνεισφορά της μηχανής εσωτερικής καύσης στις μη αποδοτικές φάσεις οδήγησης.

Επιπλέον, η μακράς περιόδου εφαρμογή της αποκλειστικής λειτουργίας κινητήρα απαιτεί μεγαλύτερες μπαταρίες, εκτοξεύοντας το κόστος και το βάρος τους. Επομένως, η περιορισμένη χρήση της λειτουργίας Motor-only σε χαμηλές ταχύτητες μπορεί να επιτύχει βελτίωση της αποδοτικότητας σε λογικό κόστος, αλλά το συνολικό όφελος είναι σχετικά μικρό.

#### **2.4.5. Επαναφόρτιση εκτός οχήματος**

Τέλος, τα υβριδικά οχήματα χαρακτηρίζονται ως Plug-in (εξωτερικής φόρτισης) αν διαθέτουν τη δυνατότητα φόρτισης από το ηλεκτρικό δίκτυο εκτός από τη φόρτιση εντός του οχήματος. Ένα Plug-in όχημα μπορεί να είναι είτε παράλληλης είτε σειριακής συνδεσμολογίας. Με τον τρόπο αυτόν αυξάνεται το εύρος της αμιγούς ηλεκτρικής λειτουργίας.

## 2.5. Κάποια μειονεκτήματα των υβριδικών:

- Αν παρατηρήσετε τα αυτοκίνητα που συναντάτε καθημερινά στους δρόμους θα δείτε πως τα νέας τεχνολογίας οχήματα (ηλεκτρικά, υβριδικά ή ακόμα και με ενεργειακές κυψέλες) έχουν ακόμα πολύ μακρύ δρόμο να διανύσουν μέχρι να αποτελέσουν κοινό θέαμα. Οι λόγοι είναι κυρίως τεχνολογικοί, η εξέλιξη δεν έχει φτάσει σε τέτοιο σημείο ώστε οι εταιρίες να μπορούν να προσφέρουν πρακτικά αυτοκίνητα με μηδενικούς ρύπους (ή σχεδόν), ελάχιστη κατανάλωση βενζίνης και προσιτό κόστος.
- Τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα αν και φαινομενικά είναι η φιλικότερη προς το περιβάλλον λύση (εφόσον βέβαια ξεχάσουμε το πώς παράγεται το ρεύμα που καταναλώνουν) παρουσιάζουν πολλά σοβαρά μειονεκτήματα που καθιστούν την χρήση τους πολύ δύσκολη και τα έχουν περιορίσει σε βοηθητικούς ρόλους με κυρίως πειραματικό χαρακτήρα. Το κυριότερο πρόβλημα που αντιμετωπίζουν είναι οι 'μπαταρίες' που είναι υποχρεωμένα να χρησιμοποιούν. Εκτός του ότι είναι πανάκριβες και χρειάζονται αντικατάσταση κάθε μερικά χρόνια είναι πολύ βαριές και ογκώδεις. Από την άλλη όμως έχουν μηδενικές εκπομπές ρύπων και ο ηλεκτροκινητήρας μπορεί να παρέχει το μέγιστο της ροπής του από σχεδόν μηδενικούς ρυθμούς περιστροφής.
- Τα υβριδικά αυτοκίνητα προσπαθούν να συνδυάσουν τα πλεονεκτήματα των ηλεκτρικών και των συμβατικών αυτοκινήτων, με βενζινοκινητήρα ή ντίζελ. Χρησιμοποιούν μηχανή εσωτερικής καύσης και ηλεκτροκινητήρα μαζί με μία συστοιχία μπαταριών (πολύ μικρότερη βέβαια ενός καθαρά ηλεκτρικού αυτοκινήτου). Η μπαταρία φορτίζεται από τον βενζινοκινητήρα και δεν χρειάζεται να συνδέεται το αυτοκίνητο με το ηλεκτρικό δίκτυο, διαδικασία ιδιαίτερα χρονοβόρα και προβληματική όπως δείχνει η πείρα από την χρήση καθαρά ηλεκτροκίνητων αυτοκινήτων.
- Ακόμα μέχρι πριν λίγο καιρό η τεχνολογική ανάπτυξη των υβριδίων δεν επέτρεπε την ύπαρξη 4x4 αυτοκινήτων. Ωστόσο πρόσφατα αυτό έγινε πραγματικότητα και τα 4x4 υβριδικά αυτοκίνητα βγήκαν στην αγορά. Αλλά παρότι βγήκαν χρειάζονται πολλές μελέτες για να μειωθεί η καύση τους, αφού είναι αρκετά υψηλή. Γι' αυτό το λόγο τα υβριδικά 4x4 έχουν πολλά περιθώρια βελτίωσης.

## 2.6. Κάποια πλεονεκτήματα των υβριδικών:

- Τα υβριδικά αυτοκίνητα συνδυάζουν βενζινοκινητήρα και ηλεκτροκινητήρα επιτυγχάνοντας μείωση στην κατανάλωση καυσίμου (άρα και στην εκπομπή ρύπων) έως και 40% - 50% μέσα στην πόλη.
- Γιατί να αγοράσετε ένα υβριδικό αυτοκίνητο;  
Τα υβριδικά αυτοκίνητα είναι δημοφιλή επειδή απευθύνονται σε ένα ευρύ φάσμα των καταναλωτών. Ο Οικολογικά συνειδητός οδηγός μπορεί να εκτιμήσει τις υπερβολικά χαμηλές εκπομπές και την καταπληκτική οικονομία καυσίμων, ενώ οικονομικά ο συνειδητός μπορεί να εκτιμήσει τη χαμηλή εξαγωγή ενέργειας και τη μεγάλη αποταμίευση στην αντλία. Οι χαμηλότερες εκπομπές καυσίμων βοηθούν να συγκρατήσουν το κακόφημο "φαινόμενο του θερμοκηπίου."
- Τα υβριδικά αυτοκίνητα έχουν υψηλή ζήτηση, και λόγω αυτού, κρατούν την αξία τους πολύ καλύτερη από τα περισσότερα αυτοκίνητα βενζίνης. Η καύση απελευθερώνει τους ενδεχομένως επιβλαβείς ρύπους, αλλά η μείωση του ποσού καυσίμων που πρέπει να καεί μπορεί να επιτρέψει στο περιβάλλον να διαλύσει αυτούς τους ρύπους με φυσικά μέσα.

- Τα υβριδικά αυτοκίνητα προσφέρουν τεράστια αποταμίευση στην αντλία. Η μεταπήδηση από το μέσο συμβατικό στο μέσο υβρίδιο θα μπορούσε να σώσει τον οδηγό άνω των 500 δολαρίων ετησίως!
- Η υβριδική τεχνολογία αυτοκινήτων έχει γίνει αποδεκτή ως λύση για τα προβλήματα ρύπανσης από τα αυτοκίνητα. «Οι αγοραστές των υβριδικών αυτοκινήτων είναι συνειδητοποιημένοι καταναλωτές. Ξέρουν πολύ καλά τι αγοράζουν, καμιά φορά καλύτερα και από εμάς», σημειώνει με έμφαση η κ. Κλαίρη Χατζηγιάννη, από τις Δημόσιες Σχέσεις της Toyota.
- Αξίζει να σημειωθεί ότι οι κάτοχοι υβριδικών αυτοκινήτων δεν πρέπει να ανησυχούν όσον αφορά την υποστήριξη και την τεχνική βοήθεια.
- Οι κάτοχοι υβριδικών, πάντως, κάνουν απόσβεση των αυξημένων τιμών μέσα σε μερικά χρόνια, λόγω της μειωμένης κατανάλωσης βενζίνης και των απαλλαγών από τα τέλη κυκλοφορίας και ταξινόμησης.
- Τα υβριδικά διατηρούν την αξιοζήλευτη απόδοσή τους ενώ παράλληλα όλο ένα και περισσότερο σέβονται το περιβάλλον. Είτε με την μείωση των ρύπων είτε με τα ίδια τα υλικά που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή τους.

## **2.7. Συνήθεις τύποι ηλεκτρικών μηχανών στα υβριδικά οχήματα**

Η ηλεκτρική μηχανή που προορίζεται να λειτουργήσει ως κινητήρας, δηλαδή τόσο για επιτάχυνση όσο και για την αναγεννητική πέδηση, χρειάζεται να διαθέτει υψηλή απόδοση και να αποδίδει μεγάλη ροπή. Αν ο κινητήρας είναι τοποθετημένος ανάμεσα στη μηχανή εσωτερικής καύσης και στον άξονα μετάδοσης, τότε απαιτείται συμπαγής σχεδιασμός υψηλής θερμό-αντοχής. Τα σημαντικά χαρακτηριστικά ενός κινητήρα για να ενταχθεί σε ένα υβριδικό ή ηλεκτρικό όχημα είναι τα εξής:

- 1. Ανοχή σφαλμάτων**
- 2. Ευέλικτος έλεγχος οδήγησης**
- 3. Χαμηλός ακουστικός θόρυβος**
- 4. Αποδεκτό κόστος μαζικής παραγωγής**
- 5. Υψηλή απόδοση για ευρύ φάσμα ταχυτήτων**

Οι απαιτήσεις από έναν κινητήρα ηλεκτρικού οχήματος συνοπτικά είναι:

- 1. Χαμηλό κόστος συντήρησης**
- 2. Ανθεκτικότητα και αξιοπιστία**
- 3. Λειτουργία σε υψηλή ταχύτητα**
- 4. Υψηλός λόγος ισχύος προς βάρος**
- 5. Εκτεταμένη περιοχή σταθερής ισχύος λειτουργίας**

6. Υψηλή ικανότητα υπερφόρτισης για τη φάση της προσπέρασης

7. Χαμηλό επίπεδο ακουστικού θορύβου & ηλεκτρομαγνητικών παρεμβολών

8. Ικανότητα ροπής κορυφής περίπου 200% - 300% της ονομαστικής συνεχούς ροπής

9. Υψηλός λόγος ροπής προς αδράνεια. Όσο πιο υψηλός ο λόγος, τόσο μεγαλύτερη ικανότητα επιτάχυνσης διαθέτει το όχημα.

Οι τύποι των ηλεκτρικών κινητήρων που τοποθετούνται στα υβριδικά ηλεκτρικά οχήματα εξετάζονται στα ακόλουθα τρία εδάφια.

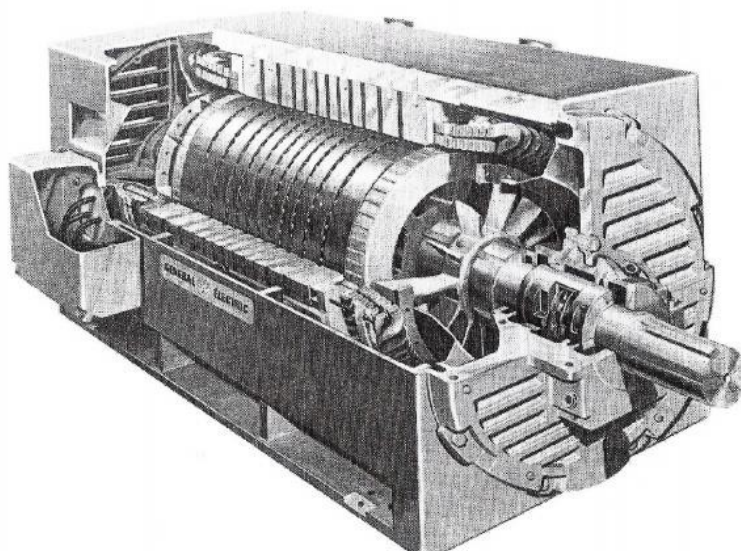
### 2.7.1. Επαγωγικός τριφασικός κινητήρας εναλλασσόμενου ρεύματος

Ο συγκεκριμένος τύπος κινητήρα δε χρησιμοποιεί κύκλωμα διέγερσης, καθώς κατασκευάζεται με τυλίγματα απόσβεσης. Το ρεύμα διέγερσης παράγεται στον δρομέα, η τάση του οποίου επάγεται στα τυλίγματά του, αντί να του προσφέρεται με κάποια εξωτερική ηλεκτρική σύνδεση. Επομένως, δεν είναι απαραίτητο να τροφοδοτείται με συνεχές ρεύμα διέγερσης. Κατ' ουσίαν, ο επαγωγικός κινητήρας είναι ένας στρεφόμενος μετασχηματιστής, καθώς ακολουθεί την αρχή λειτουργίας του. Εντός του στάτη οι επαγωγικοί κινητήρες φέρουν **δρομείς δύο τύπων**, είτε **δρομέα βραχυκυκλωμένου κλωβού** (Εικόνα 2) είτε **δακτυλιοφόρο δρομέα** (Εικόνα 3).

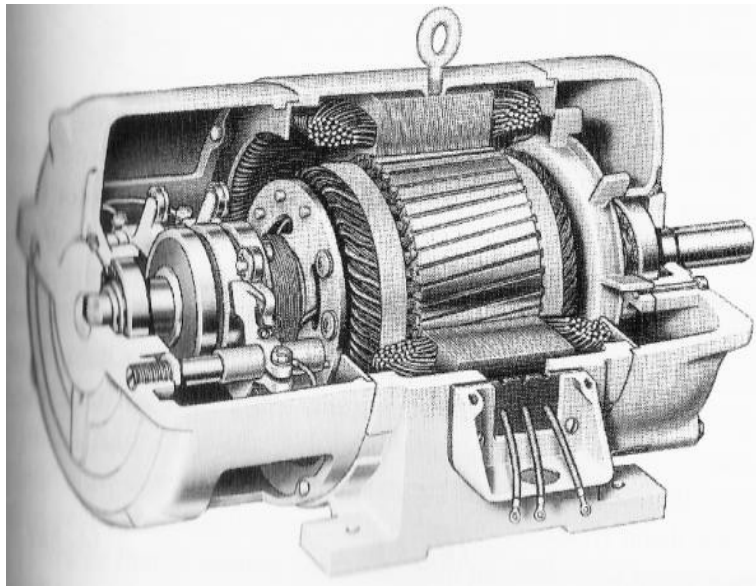
Στον τομέα της αυτοκινητοβιομηχανίας, οι επαγωγικοί κινητήρες που χρησιμοποιούνται είναι οι βραχυκυκλωμένου κλωβού. Τα κύρια πλεονεκτήματά τους είναι:

1. η ανθεκτική κατασκευή,
2. το χαμηλό κόστος και
3. η υψηλή αξιοπιστία τους.

Για τη λειτουργία τους χρειάζεται ένας αντιστροφέας dc/ac ο οποίος τους συνδέει με μία πηγή συνεχούς ρεύματος, όπως είναι οι κυψέλες καυσίμου, οι μπαταρίες, κ.ά.. Προηγμένες μεθοδολογίες ελέγχου, όπως ο διανυσματικός έλεγχος, ο άμεσος έλεγχος ροπής και ο έλεγχος προσανατολισμένου πεδίου, είναι ευρέως γνωστοί για τον έλεγχο του επαγωγικού κινητήρα.



**ΕΙΚΟΝΑ 2 ΕΠΑΓΩΓΙΚΟΣ ΚΙΝΗΤΗΡΑΣ ΒΡΑΧΥΚΥΚΛΩΜΕΝΟΥ ΚΛΩΒΟΥ ΜΕΓΑΛΟΥ ΜΕΓΕΘΟΥΣ ΣΕ ΤΟΜΗ**



**ΕΙΚΟΝΑ 3**  
**ΕΠΑΓΩΓΙΚΟΣ ΚΙΝΗΤΗΡΑΣ ΔΑΚΤΥΛΙΟΦΟΡΟΥ ΔΡΟΜΕΑ ΣΕ ΤΟΜΗ**

### 2.7.2. Κινητήρας συνεχούς ρεύματος μόνιμου μαγνήτη

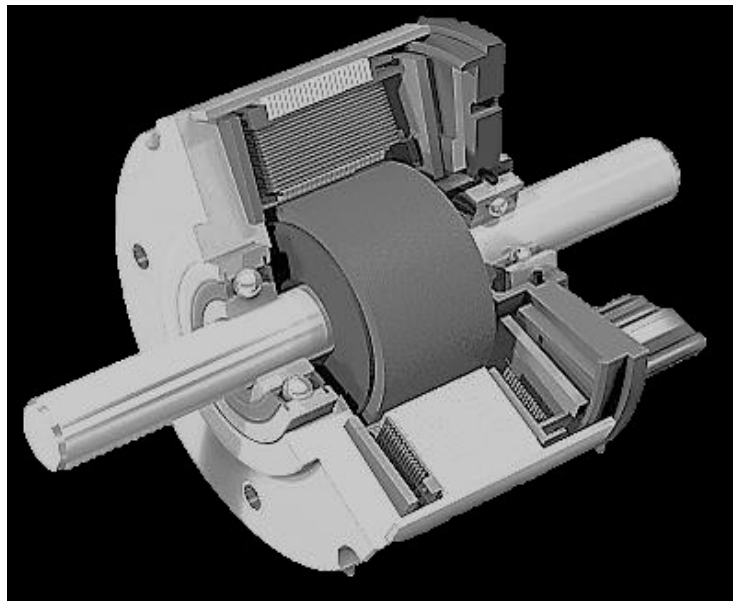
Ο **κινητήρας συνεχούς ρεύματος** εφαρμόζεται σε μεγάλο βαθμό στα επιβατικά αυτοκίνητα, λεωφορεία και αεροπλάνα. Εξυπηρετούν περιπτώσεις όπου το σύστημα ισχύος τροφοδοτείται με συνεχές ρεύμα και απαιτούνται συχνές και μεγάλες μεταβολές της ταχύτητας περιστροφής. Χρησιμοποιεί τριφασικά τυλίγματα στον στάτη και διακοπτικά στοιχεία για να ελέγχει τη ροή της ηλεκτρικής ισχύος διαδοχικά για κάθε φάση. Ο συγκεκριμένος τύπος κινητήρα (Εικόνα 4) είναι ευρέως διαδεδομένος στην κατασκευή υβριδικών οχημάτων και μπορεί να αναλάβει και ρόλο γεννήτριας.

Οι **κινητήρες συνεχούς ρεύματος μόνιμου μαγνήτη άνευ ψηκτρών (BLDC)** είναι οι πιο αποδοτικοί, οι πιο συμπαγείς και οι ελαφρύτεροι. Ο χαρακτηρισμός αυτός (**BLDC**) οφείλεται στο γεγονός ότι ο συγκεκριμένος κινητήρας προσεγγίζει τη συμπεριφορά ενός κινητήρα συνεχούς ρεύματος με ψήκτρες με τη διαφορά όμως ότι τα ηλεκτρονικά ισχύος αντικαθιστούν τις ψήκτρες. Οι πόλοι του είναι κατασκευασμένοι από μαγνήτες. Ο πιο αποδοτικός κινητήρας συνεχούς ρεύματος μόνιμου μαγνήτη χωρίς ψήκτρες διαθέτει μαγνήτες κατασκευασμένους από σπάνιες γαίες, όπως το νεοδύμιο. Εκτός από τη λειτουργία σε υψηλές ροπές, ακόμη ένας αξιοσημείωτος παράγοντας σχεδιασμού είναι η τάση ενός υβριδικού συστήματος.

Πιο συγκεκριμένα, ο κινητήρας δύναται να επιτύχει υψηλότερη απόδοση ισχύος σε υψηλότερες τάσεις. Επομένως, αφού το ρεύμα είναι μικρότερης κλίμακας, χρησιμοποιούνται μικρότερα καλώδια και ως εκ τούτου ενισχύεται η απόδοση του κινητήρα και των μετατροπών. Επιπλέον, το επίπεδο της τάσης λειτουργίας επηρεάζει την επιλογή της μπαταρίας και των ηλεκτρονικών ισχύος, συστήματα εξαιρετικά δαπανηρά για τον σχεδιασμό του οχήματος. Αν ο ηλεκτρικός κινητήρας βρίσκεται μεταξύ του σφονδύλου (βολάν) και του συμπλέκτη μετάδοσης, είναι σημαντικό ο κινητήρας να σχεδιαστεί όσο το δυνατόν λεπτότερος, ώστε να μην αυξηθεί το μήκος του άξονα μετάδοσης.

Τέλος, οι μόνιμοι μαγνήτες παρουσιάζουν σταθερή μαγνητική ροή και κατά συνέπεια δεν μπορεί να ρυθμιστεί η ταχύτητα του κινητήρα μέσω ρύθμισης της ροής. Οι μόνιμοι τρόποι ελέγχου της

ταχύτητας του κινητήρα είναι ο έλεγχος μέσω τάσης ή της αντίστασης οπλισμού.



**Εικόνα 4: Κινητήρας συνεχούς ρεύματος μόνιμου μαγνήτη**

### **2.7.2.1. Πλεονεκτήματα κινητήρα συνεχούς ρεύματος μόνιμου μαγνήτη**

#### **1. Υψηλή απόδοση**

Οι κινητήρες συνεχούς ρεύματος άνευ ψηκτρών διαθέτουν την υψηλότερη απόδοση συγκριτικά με τους υπόλοιπους κινητήρες χάρη στην παρουσία των μονίμων μαγνητών, οι οποίοι δεν παρουσιάζουν απώλειες χαλκού και εμφανίζουν ελάχιστες μηχανικές απώλειες τριβής.

#### **2. Ιδιότητα συμπαγούς**

Η ενσωμάτωση μαγνητών υψηλής ενεργειακής πυκνότητας (μαγνήτες σπάνιων γαιών) επιτυγχάνει πυκνότητα υψηλής ροής στους κινητήρες συνεχούς ρεύματος άνευ ψηκτρών. Κατά συνέπεια, επιτυγχάνονται υψηλές ροπές.

#### **3. Ευχέρεια στη διαμόρφωση ελέγχου**

Ένας κινητήρας συνεχούς ρεύματος άνευ ψηκτρών μπορεί να ελεγχθεί το ίδιο εύκολα, όσο ένας συμβατικός κινητήρας συνεχούς ρεύματος.

#### **4. Εύκολη ψύξη**

Δεν υπάρχει ροή ρεύματος στον κινητήρα. Επομένως, ο δρομέας δε θερμαίνεται. Η μόνη παραγόμενη θερμότητα εντοπίζεται στον στάτη, ο οποίος είναι πιο εύκολο να ψυχθεί απ' ό,τι ο δρομέας, αφού είναι σταθερός και βρίσκεται στην περιφέρεια του κινητήρα.

#### **5. Χαμηλό κόστος συντήρησης, μεγάλη διάρκεια ζωής και αξιοπιστία**

Η απουσία ψηκτρών και μηχανικών μεταγωγέων καταστέλλει την ανάγκη για τακτική συντήρηση. Η μακροζωία του κινητήρα, επομένως, εξαρτάται μόνο από τη μόνωση των τυλιγμάτων και τη διάρκεια ζωής του μαγνήτη.



## 6. Μικρότερο μέγεθος

Η απουσία τυλιγμάτων διέγερσης τους καθιστά μικρότερους σε σχέση με εκείνους της παράλληλης διέγερσης.

### 2.7.2.2. Μειονεκτήματα κινητήρα συνεχούς ρεύματος μόνιμου μαγνήτη

#### 1. Κόστος

Οι μαγνήτες σπάνιων γαιών κοστίζουν περισσότερο από τα υπόλοιπα μαγνητικά υλικά.

#### 2. Περιορισμένο εύρος σταθερής ισχύος

Ένα μεγάλο εύρος σταθερής ισχύος είναι κρίσιμο για την επίτευξη υψηλής απόδοσης.

#### 3. Κίνδυνος απομαγνήτισης

Οι μαγνήτες μπορεί να απομαγνητιστούν εξαιτίας μεγάλων θερμοκρασιών και του μεγάλου ρεύματος οπλισμού. Οπότε απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή στην κατασκευή του συστήματος ψύξης τους και στη συχνότητα παρατεταμένων υπερφορτίσεων.

#### 4. Περιορισμένη επαγόμενη ροπή

Επειδή οι μόνιμοι μαγνήτες δεν μπορούν να παράγουν τόσο μεγάλη μαγνητική επαγωγή όσο ένα ξεχωριστό κύκλωμα διέγερσης, η επαγόμενη ροπή ανά μονάδα ρεύματος οπλισμού του κινητήρα μόνιμου μαγνήτη είναι μικρότερη από ό,τι ενός κινητήρα παράλληλης διέγερσης ίδιου μεγέθους και δομής.

### 2.7.3. Σύγχρονος κινητήρας μόνιμου μαγνήτη

- **Οι μόνιμοι μαγνήτες** δημιουργούν τη διέγερση πεδίου. Ο δρομέας λειτουργεί στην ίδια ταχύτητα με το στρεφόμενο μαγνητικό πεδίο του στάτη.
- **Οι μόνιμοι μαγνήτες** παράγουν δικό τους μαγνητικό πεδίο, το οποίο αλληλεπιδρά με το στρεφόμενο μαγνητικό πεδίο που παράγεται από τα τυλίγματα του στάτη.

Η κύρια διαφορά μεταξύ του κινητήρα συνεχούς ρεύματος μόνιμου μαγνήτη και του σύγχρονου κινητήρα μόνιμου μαγνήτη (Εικόνα 5) εντοπίζεται στην κυματομορφή των ρευμάτων του στάτη, η οποία είναι ορθογώνια στους κινητήρες συνεχούς ρεύματος και ημιτονοειδής στους σύγχρονους.



**Εικόνα 5: Σύγχρονος  
κινητήρας μόνιμου μαγνήτη  
30-70 kW**

## 2.8. Συστήματα αποθήκευσης και μετατροπής ενέργειας

### 2.8.1. Μπαταρία

**Οι μπαταρίες είναι το κύριο είδος αποθήκευσης ενέργειας για τα υβριδικά ηλεκτρικά οχήματα. Οι αποθήκες ενέργειας χρησιμοποιούνται στις περιπτώσεις επιτάχυνσης, αναγεννητικής πέδησης και στη λειτουργία χαμηλής ταχύτητας και χαμηλής ισχύος.**

Σε υψηλότερα φορτία, είναι πιο αποδοτικό από πλευράς κόστους να χρησιμοποιείται η μηχανή εσωτερικής καύσης για την πρόωση του οχήματος από το να αυξηθεί το μέγεθος της μπαταρίας. Επομένως, οι απαιτήσεις ισχύος από την μπαταρία των υβριδικών οχημάτων είναι είτε σύντομες είτε σε χαμηλό φορτίο.

Από την άλλη πλευρά, οι απαιτήσεις ισχύος κατέχουν σπουδαίο ρόλο και οι σχεδιαστές οχημάτων δίνουν προτεραιότητα στην πλήρωση των απαιτήσεων αυτών. Ακόμη και για ένα μικρό αυτοκίνητο, ο ηλεκτρικός κινητήρας χρειάζεται να έχει ονομαστική ισχύ τουλάχιστον 10 kw (περίπου 13 hp). Οι απαιτήσεις ισχύος του κινητήρα αυξάνονται με το μέγεθος του οχήματος και με τη χρήση της καθαρής ηλεκτρικής λειτουργίας. Άρα, οι μπαταρίες για τα υβριδικά οχήματα πρέπει να είναι σε θέση να παρέχουν ή να απορροφούν ισχύ σε μεγάλο ρυθμό, κατά τη διάρκεια των επιταχύνσεων ή των σύντομων πεδησεων. Οι μπαταρίες που είναι σχεδιασμένες για τα αμιγώς ηλεκτρικά οχήματα δεν είναι κατάλληλες για τα υβριδικά.

**Οι κατάλληλες μπαταρίες για τα υβριδικά οχήματα πρέπει να διαθέτουν:**

- ◆ Υψηλή ευρωστία
- ◆ Υψηλή αξιοπιστία
- ◆ Υψηλή ειδική ισχύ
- ◆ Μεγάλο κύκλο ζωής
- ◆ Υψηλή ειδική ενέργεια
- ◆ Χαμηλό αρχικό κόστος
- ◆ Χαμηλό κόστος αντικατάστασης

#### 2.8.1.1. Χαρακτηριστικά μεγέθη

- **Χωρητικότητα**

Πρόκειται για το ολοκλήρωμα του ρεύματος το οποίο μπορεί να διανεμηθεί υπό ορισμένες συνθήκες. Εκφράζεται σε Ah.

- **Στάθμη Φόρτισης**

Αποτελεί μία αδιάστατη παράμετρο, η οποία περιγράφει την ποσότητα του φορτίου που απομένει στην μπαταρία και εκφράζεται ως το ποσοστό επί της ονομαστικής χωρητικότητας.

- **Ειδική Ενέργεια**

Ειδική ενέργεια ονομάζεται η ενέργεια που μπορεί να αποθηκευτεί στην μπαταρία ανά μονάδα μάζας. Τυπικά εκφράζεται σε Wh / kg . Η ειδική ενέργεια επηρεάζει τη μάζα των μπαταριών που πρόκειται να τοποθετηθούν στο όχημα, άρα και το εύρος λειτουργίας του οχήματος ως αμιγώς ηλεκτρικού.

- **Ειδική Ισχύς**

Για τα υβριδικά οχήματα είναι το μέγεθος που κατέχει τη μέγιστη σημασία. Η ειδική ισχύς σχετίζεται με την επιτάχυνση και τα επίπεδα απόδοσης που μπορεί να επιτύχει το όχημα. Εκφράζεται σε W / kg .

### 2.8.1.2. Δομή μπαταριών

**Οι μπαταρίες** χρησιμοποιούν μία χημική διαδικασία για να αποθηκεύουν ενέργεια. Διαφορετικοί τύποι μπαταριών είναι διαθέσιμοι και η ηλεκτροχημική σειρά ορίζει την τάση της μίας κυψέλης (VPC) να κυμαίνεται στο διάστημα 1V - 4V.

Το σύστημα μετάδοσης ενός ηλεκτρικά τροφοδοτούμενου οχήματος απαιτεί υψηλές τάσεις, ώστε να διατηρείται το ρεύμα σε χαμηλές τιμές για ορισμένη ποσότητα ισχύος. Για τον λόγο αυτόν, **οι κυψέλες συνδέονται εν σειρά**.

Οι περισσότερες μπαταρίες χαρακτηρίζονται από τη χωρητικότητα φορτίου σε Ah. Από την οπτική των ηλεκτρονικών ισχύος και των ηλεκτρικών κινητήρων, οι μπαταρίες θα έπρεπε να είχαν υψηλότερη τάση. Οι υψηλότερες τάσεις οδηγούν σε χαμηλότερα ρεύματα για την ίδια ισχύ, τα οποία είναι πιο εύκολο να τα χειριστεί κανείς και προκαλούν μικρότερες απώλειες. Από την οπτική των μπαταριών, είναι πιο εύκολο να αυξηθεί η περιεχόμενη ενέργεια αυξάνοντας τη χωρητικότητα μέσω της αύξησης των κυψελών. Το κύριο μειονέκτημα, όμως, σε αυτή τη λογική είναι πως περισσότερες κυψέλες σημαίνουν περισσότερες συνδέσεις και προβλήματα αστάθειας.

### 2.8.2. Είδη μπαταριών

#### 2.8.2.1. Μπαταρίες μολύβδου-οξέος (Lead-Acid Battery)

**Το κύριο πλεονέκτημα** των μπαταριών μολύβδου-οξέος είναι το χαμηλό κόστος. Για τα υβριδικά ηλεκτρικά οχήματα σχεδιάστηκαν μπαταρίες μολύβδου-οξέος υψηλότερης ισχύος, όπως η μπαταρία μολύβδου-οξέος με βαλβίδα ρύθμισης (VRLA). Ωστόσο, ακόμη και οι μπαταρίες VRLA έχουν σχετικά χαμηλή ενεργειακή πυκνότητα και σύντομο κύκλο ζωής, καθώς η περιοδική αντικατάσταση αυξάνει σημαντικά το πραγματικό κόστος του συστήματος.

**Βασικό μειονέκτημα** είναι η χαμηλή ενεργειακή πυκνότητα εξαιτίας του υψηλού μοριακού βάρους του μολύβδου. Οι μπαταρίες μολύβδου-οξέος εφαρμόζονται σε κάποια σχετικά χαμηλής ισχύος υβριδικά οχήματα λόγω του χαμηλού κόστους τους.

#### 2.8.2.2. Μπαταρίες νικελίου-υδριδίου μετάλλου (NiMH)

Το νικέλιο είναι πιο ελαφρύ μέταλλο από τον μόλυβδο και διαθέτει πολύ καλές ηλεκτροχημικές ιδιότητες. Λόγω της ανώτερης ειδικής ενέργειας ως προς την μπαταρία νικελίου – καδμίου (NiCd)

και της μη τοξικότητας ή καρκινο-γενετικότητάς του, η μπαταρία νικελίου-υδριδίου μετάλλου αντικαθιστά την μπαταρία νικελίου-καδμίου. Η ολική αντίδραση σε μία μπαταρία νικελίου-υδριδίου μετάλλου είναι:  $MH + NiOOH = M + Ni(OH)_2$

Όταν η μπαταρία εκφορτίζεται, το υδρίδιο του μετάλλου στο αρνητικό ηλεκτρόδιο οξειδώνεται για να σχηματίσει κράμα μετάλλου και το οξυ-υδροξείδιο του νικελίου στο θετικό ηλεκτρόδιο να άγεται σε υδροξείδιο νικελίου. Κατά τη φόρτιση, λαμβάνει χώρα η αντίστροφη αντίδραση. Εν συγκρίσει με τις μπαταρίες μολύβδου-οξέος, οι μπαταρίες νικελίου-υδριδίου μετάλλου έχουν μεγαλύτερη πυκνότητα ενέργειας και ισχύος και μεγαλύτερη διάρκεια ζωής. Επίσης, είναι απολύτως ασφαλείς και η ισχύς εξόδου τους δεν επηρεάζεται από την κατάσταση φόρτισης της μπαταρίας. Οι μπαταρίες νικελίου-υδριδίου μετάλλου χρησιμοποιούνται σε υβριδικά οχήματα υψηλής ισχύος, όπως το Toyota Prius, το Honda Insight και το Civic Hybrid.

#### **2.8.2.2.1. Πλεονεκτήματα μπαταριών νικελίου-υδριδίου μετάλλου (NiMH)**

- ◆ Έχει την υψηλότερη ειδική ενέργεια (65 έως 95 Wh /kg ) και την υψηλότερη ειδική ισχύ (200 έως 300 W / kg) ως προς τις μπαταρίες που βασίζονται στο νικέλιο.
- ◆ Είναι φιλική προς το περιβάλλον, καθώς δεν περιέχει κάδμιο.
- ◆ Αντιστοιχίζεται σε επίπεδη καμπύλη εκ-φόρτισης (μικρότερη πτώση τάσης).
- ◆ Έχει ικανότητα ταχείας επαναφόρτισης.

#### **2.8.2.2.2. Μειονεκτήματα μπαταριών νικελίου-υδριδίου μετάλλου (NiMH)**

- ◆ Μεγάλο κόστος
- ◆ Υψηλοί ρυθμοί αυτό-εκφόρτισης
- ◆ Λειτουργία σε χαμηλές θερμοκρασίες
- ◆ Απαιτήσεις για ψύξη

#### **2.8.2.3. Μπαταρίες ιόντων λιθίου (Li-Ion)**

**Οι μπαταρίες ιόντων λιθίου** διαθέτουν μεγαλύτερη πυκνότητα ενέργειας και ισχύος από τις μπαταρίες νικελίου-υδριδίου μετάλλου. Έχουν, επίσης, καλή απόδοση και σε χαμηλές θερμοκρασίες, και ο ρυθμός αυτο-εκφόρτισής τους είναι χαμηλός. Εντούτοις, χρειάζονται βελτιώσεις στη διάρκεια ζωής τους και το κόστος, ώστε να καταστούν βιώσιμες για τα υβριδικά ηλεκτρικά οχήματα.

#### **2.8.2. Υπερπυκνωτές**

Οι υπερπυκνωτές (UC) αποτελούν μία ανταγωνιστική εναλλακτική λύση για την αποθήκευση της

ενέργειας. Η λειτουργία συχνής εκκίνησης και ακινητοποίησης των ηλεκτρικών και υβριδικών οχημάτων απαιτεί πολύ χαμηλότερη μέση ισχύ από την ισχύ κορυφής στις επιταχύνσεις και στις αναβάσεις. Ο λόγος ισχύος κορυφής προς μέση ισχύ μπορεί να υπερβεί το 10:1.

Κατά τον σχεδιασμό των ηλεκτρικών υβριδικών οχημάτων, η ικανότητα ισχύος κορυφής της μονάδας αποθήκευσης ενέργειας είναι πιο σημαντική από την ικανότητα ενέργειας. Η πρόκληση στον σχεδιασμό των ηλεκτρικών υβριδικών οχημάτων είναι η ταυτόχρονη παροχή υψηλών τιμών ειδικής ενέργειας, ειδικής ισχύος και κύκλου ζωής. Η λύση δίνεται από την υβριδοποίηση μίας πηγής ενέργειας και μίας πηγής ισχύος. Η πηγή ενέργειας μπορεί να αποτελείται από μπαταρίες και κυψέλες καυσίμων και παρέχει υψηλή ειδική ενέργεια.

Οι υπερπυκνωτές λειτουργούν ως πηγή ισχύος, διαθέτουν υψηλή ειδική ισχύ και μπορούν να ανατροφοδοτούνται από την πηγή ενέργειας σε λειτουργία χαμηλών οδηγικών απαιτήσεων ή μέσω αναγεννητικής πέδησης. Επιπροσθέτως, υπερέχουν σε ταχεία μεταφορά ισχύος και προσφέρουν τη δυνατότητα για μεγαλύτερη διάρκεια με τις ελάχιστες απαιτήσεις ψύξης. Είναι ιδανικοί για την υποβοήθηση της επιτάχυνσης και την εκμετάλλευση της αναγεννητικής πέδησης. Ωστόσο, χαρακτηρίζονται από πολύ χαμηλή ενεργειακή πυκνότητα και δεν μπορούν να αποθηκεύσουν αρκετή ενέργεια για να καλύψουν τις απαιτήσεις υψηλών φορτίων, όπως οδήγηση σε ανωφέρεια. Οι υπερπυκνωτές κατατάσσονται στις εξής δυο κατηγορίες με κριτήριο τον μηχανισμό αποθήκευσης φορτίου:

### 2.8.2.1. Πυκνωτές διπλού ηλεκτροχημικού στρώματος (EDLCs)

Μία καθαρή ηλεκτροστατική έλξη λαμβάνει χώρα μεταξύ των ιόντων που συσσωρεύονται στη διεπαφή ηλεκτροδίου/ηλεκτρολύτη. Το ηλεκτρόδιο είναι συνήθως κατασκευασμένο από ενεργό άνθρακα.

### 2.8.2.2. Ψευδοπυκνωτές

Τα ηλεκτρόνια εμπλέκονται σε ταχείες Φαραδικές αντιδράσεις και μεταφέρονται προς ή από τις ζώνες σθένους του αντιδραστηρίου της οξειδοαναγωγικής καθόδου και ανόδου όταν, για παράδειγμα, χρησιμοποιούνται αγώγιμα πολυμερή. Η ενεργειακή πυκνότητα είναι τόσο χαμηλή που σπάνια οι κατασκευαστές τους εντάσσουν στα υβριδικά οχήματα. Εντούτοις, βρίσκουν συχνή εφαρμογή στα οχήματα κυψελών καυσίμου για την παροχή σύντομης υποβοήθησης. Εντούτοις, η ενσωμάτωση του υλικού του γραφενίου στους πυκνωτές διπλού ηλεκτροχημικού στρώματος (EDLC) για τα ηλεκτρικά οχήματα προοιωνίζει μια σημαντική ανακάλυψη στην τεχνολογική πρόοδο των στον τομέα των μεταφορών. Οι υπερπυκνωτές αυτοί θα έχουν τη δυνατότητα να φορτίζουν και να εκφορτίζουν σε λίγα δευτερόλεπτα ή λεπτά για απεριόριστους κύκλους φόρτισης.

Συγκριτικός πίνακας τεχνολογιών αποθήκευσης ενέργειας				
Μονάδα αποθήκευσης ενέργειας	Ειδική ενέργεια (Wh/kg)	Ειδική ισχύς (W/kg)	Ενεργειακή απόδοση (%)	Κύκλος ζωής
Μολύβδου - Οξέος	30 – 50	150 – 400	50 – 92	500 – 800
Νικελίου-υδριδίου μετάλλου	30 – 80	200 – 1000	66 – 70	500 – 1000
Ιόντων λιθίου	150 – 250	300 – 1500	80 – 90	400 – 1200
Υπερπυκνωτές	0,5 – 30	1000 – 9000	90	1000000

### 2.8.3. Σφόνδυλος (εκτενής αναφορά θα γίνει στο κεφάλαιο 2)

**Ο σφόνδυλος** είναι είδος μονάδας παροχής ενέργειας, η οποία αποθηκεύει ενέργεια σε μηχανική μορφή. Οι σφόνδυλοι αποθηκεύουν κινητική ενέργεια μέσω ενός στρεφόμενου τροχού, σαν δρομέα ή δίσκου. Εξομαλύνουν την ισχύ που παρέχεται από τους απότομους παλμούς της μηχανής εσωτερικής καύσης. Ωστόσο, η ποσότητα της αποθηκευμένης ενέργειας που ζητείται από τον σφόνδυλο των μηχανών εσωτερικής καύσης είναι μικρή και περιορίζεται από την ανάγκη του οχήματος να επιταχύνει γρήγορα. Οι σφόνδυλοι μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε υβριδικά ηλεκτρικά οχήματα ως σύστημα υποβοήθησης ισχύος της μηχανής εσωτερικής καύσης. Εναλλακτικά, μπορούν να αντικαταστήσουν τις μπαταρίες στα ηλεκτρικά οχήματα ως πρωτεύουσα πηγή ενέργειας ή να λειτουργήσουν σε συνδυασμό με αυτές. Η αποθηκευμένη στον σφόνδυλο ενέργεια είναι ίση με:

$$U = \frac{1}{2} J \omega^2.$$

## 2.9. Συμπεράσματα Μπαταριών

Μία πιθανή μακροπρόθεσμη λύση θα μπορούσε να είναι ο συνδυασμός **υπερπυκνωτή και μπαταρίας**. Θεωρητικά, ο υπερπυκνωτής μπορεί να παρέχει τη μέγιστη ισχύ για σύντομες επιταχύνσεις και πεδήσεις και στη συνέχεια η μικρότερου μεγέθους συστοιχία μπαταριών θα μπορούσε να τον επαναφορτίζει. Σημειώνουμε πως οι υπερπυκνωτές μπορούν να αποθηκεύουν μικρή ποσότητα ενέργειας. Στην ουσία ο υπερπυκνωτής λειτουργεί ως χώρος προσωρινής αποθήκευσης (buffer) για τη συστοιχία. Με τον τρόπο αυτόν, εξοικονομείται χώρος αποθήκευσης ενέργειας και κόστος.

## Κυρίως Μέρος

### Κεφάλαιο 3

#### Συστήματα Ανάκτησης Ενέργειας

Στο πρώτο μέρος αυτής της εργασίας κάναμε μία εκτενής ανάλυση στα υβριδικά οχήματα και γενικότερα στην υβριδική τεχνολογία. Στο κεφάλαιο αυτό θα ασχοληθούμε με τα σημαντικότερα συστήματα ανάκτησης ενέργειας με τα οποία είναι εφοδιασμένα τα διάφορα υβριδικά αυτοκίνητα που υπάρχουν ήδη στην αγορά, αλλά και άλλα τα οποία βρίσκονται υπό εξέλιξη ώστε να εμφανιστούν στην αγορά αργότερα. Τα υβριδικά συστήματα που περιγράψαμε στο κεφάλαιο 2 είναι εξοπλισμένα με ηλεκτρικό σύστημα υποβοήθησης της Μ.Ε.Κ. και η ανάκτηση ενέργειας γίνεται ηλεκτρικά. Εμείς στο κεφάλαιο αυτό θα δούμε και άλλα συστήματα υποβοήθησης της Μ.Ε.Κ. όπως το μηχανικό, το ηλεκτρομηχανικό, το υδραυλικό και άλλα, τα οποία συλλέγουν την <χαμένη> ενέργεια, είτε μηχανικά αν πρόκειται για μηχανικό σύστημα, είτε υδραυλικά αν πρόκειται για υδραυλικό σύστημα.

#### 3.1 Ορισμοί και εισαγωγή

Με τον όρο "Ανάκτηση Ενέργειας" εννοούμε τη διαδικασία με την οποία επιτυγχάνεται αξιοποίηση μέρους της Ενέργειας η οποία υπό διαφορετικές συνθήκες θα πήγαινε ανεκμετάλλευτη.

"Συστήματα ανάκτηση ενέργειας" είναι οι διατάξεις εκείνες που μας επιτρέπουν την συλλογή μέρους από την ενέργεια η οποία θα πήγαινε ανεκμετάλλευτη.

Η ανάκτηση ενέργειας σχετίζεται άμεσα με την έννοια της εξοικονόμησης ενέργειας. Αν είμαστε σε θέση να ανακτήσουμε ενέργεια και να την ξανά χρησιμοποιήσουμε εκ νέου τότε αντιλαμβανόμαστε ότι εξοικονομούμε σημαντική ενέργεια.

"Εξοικονόμηση Ενέργειας" είναι η συμπεριφορά που οδηγεί στο αποτέλεσμα λιγότερης κατανάλωσης ενέργειας. Όπως για παράδειγμα, το κλείσιμο των φώτων του δωματίου όταν φεύγουμε, είναι μια συμπεριφορά που βοηθά στη εξοικονόμηση ενέργειας.

"Ενεργειακή Απόδοση" είναι η χρήση τεχνολογίας που παράγει το ίδιο αποτέλεσμα με λιγότερη ενέργεια. Η χρήση λαμπτήρων φθορισμού αντί των συνήθων λαμπτήρων πυρακτώσεως, οι οποίοι παράγουν την ίδια ποσότητα φωτός χρησιμοποιώντας λιγότερη ενέργεια, είναι ένα παράδειγμα ενεργειακής απόδοσης. Ωστόσο, η απόφαση αντικατάστασης των λαμπτήρων πυρακτώσεως με λαμπτήρες καλύτερης ενεργειακής απόδοσης είναι μια δράση εξοικονόμησης ενέργειας. Ομοίως και τα υβριδικά αυτοκίνητα έχουν σημαντικά μεγαλύτερη ενεργειακή απόδοση σε σχέση με τα συμβατικά οπότε η χρήση τους είναι μια πράξη εξοικονόμησης ενέργειας.

Η εξοικονόμηση ενέργειας είναι αναμφίβολα ο ταχύτερος, ο οικονομικότερος και ο πιο αποτελεσματικός τρόπος για μείωση της εξάρτησης από τα ορυκτά καύσιμα καθώς και για μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα εξαιτίας της χρήσης τους. Το σκεπτικό της εξοικονόμησης ενέργειας βασίζεται στην προσπάθεια για εξεύρεση τρόπων που θα μειώσουν

την κατανάλωση ενέργειας και θα βελτιώσουν την ενεργειακή απόδοση του εξοπλισμού που καταναλώνει ενέργεια, χωρίς να επηρεάζονται οι συνθήκες άνεσης των χρηστών. Με το τρόπο αυτό επιτυγχάνεται μείωση της ζήτησης ενέργειας και συνεπώς μείωση της κατανάλωσης καυσίμων.

Γιατί πρέπει να εξοικονομώ ενέργεια;

Επειδή έτσι....

- Μειώνω την κατανάλωση των ορυκτών καυσίμων που είναι μη ανανεώσιμα και τείνουν να εξαντληθούν.
- Βοηθώ στην προσπάθεια της χώρας μου να μειώσει τις εισαγωγές καυσίμων και να εξαρτάται λιγότερο από αυτά.
- Μειώνω τη ρύπανση του περιβάλλοντος.
- Προστατεύω τη δική μου υγεία και την υγεία των ανθρώπων που αγαπώ.
- Πληρώνω λιγότερα χρήματα για την ενέργεια που χρησιμοποιώ και δεν κάνω άσκοπες σπατάλες.
- Δίνω το καλό παράδειγμα και σε άλλους να κάνουν το ίδιο.

Γιατί οι άνθρωποι δεν εξοικονομούν ενέργεια;

Επειδή...

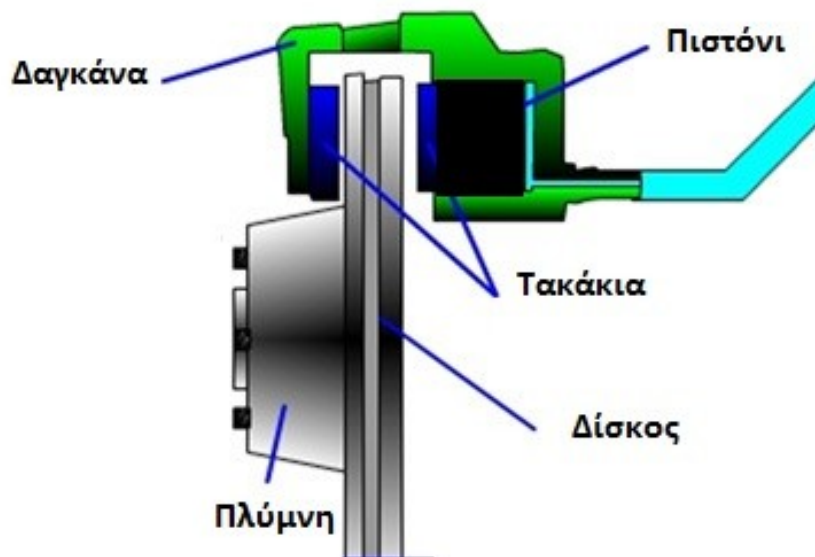
- ✓ Δεν γνωρίζουν ότι πρέπει να εξοικονομούν ενέργεια
- ✓ Δεν γνωρίζουν πού να εξοικονομήσουν
- ✓ Δεν γνωρίζουν πώς να εξοικονομήσουν
- ✓ Δεν ενθαρρύνονται να εξοικονομήσουν



### 3.2. Ηλεκτρικό σύστημα ανάκτησης κινητικής ενέργειας

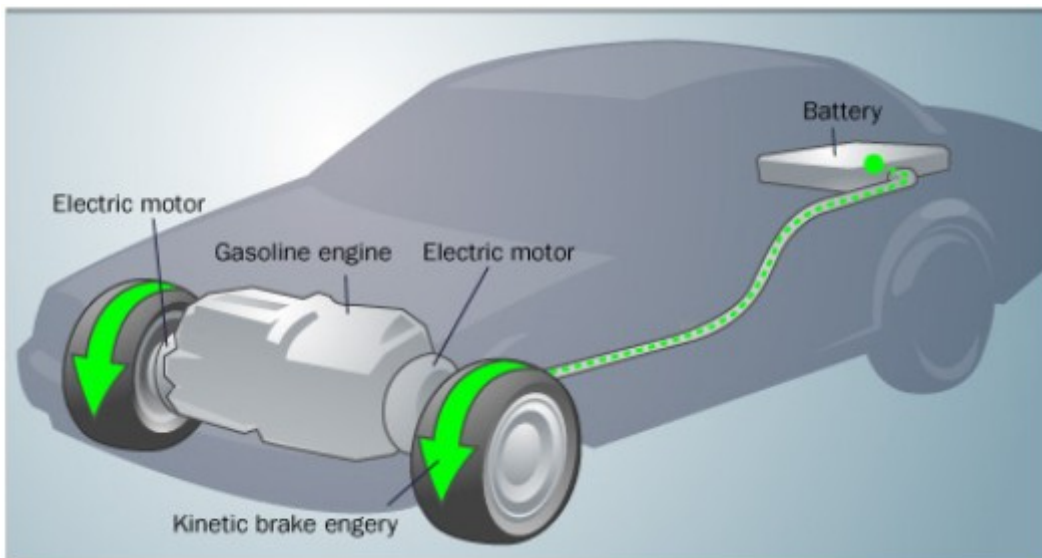
Η μεγάλη επανάσταση στα υβριδικά οχήματα είναι η δυνατότητα ανάκτησης ενέργειας, η οποία σε διαφορετική περίπτωση θα πήγαινε χαμένη. (μετατροπή πιθανότατα σε θερμότητα και διοχέτευση στο περιβάλλον). Το ερώτημα που τίθεται είναι ποια η ενέργεια που μπορεί να ανακτηθεί;

Ας υποθέσουμε ότι ένα όχημα κινείται με σταθερή ταχύτητα και ξαφνικά για κάποιο λόγο πρέπει να επιβραδυνθεί ή να ακινητοποιηθεί. Το αυτοκίνητο όταν προχωράει έχει κινητική ενέργεια. Όταν εμείς πατάμε φρένο, τα τακάκια τρίβονται με τους δίσκους (επόμενη εικόνα) οπότε ένα μέρος της μετατρέπεται σε θερμική ενέργεια. Όσο δηλαδή περισσότερη είναι η θερμική ενέργεια τόσο η κινητική ενέργεια μειώνεται.



Όπως γίνεται εύλογα αντιληπτό η κινητική ενέργεια που έχει το όχημα θα μετατραπεί σε θερμότητα και θα εκλυθεί στο περιβάλλον. Στόχος των υβριδικών οχημάτων είναι η αποταμίευση όσο γίνεται μεγαλύτερου μέρους αυτής της ενέργειας.

Η λειτουργία που μας επιτρέπει την ανάκτηση της χαμένης κινητικής ενέργειας ονομάζεται αναγεννητική πέδηση (regenerative braking). Άμεσα αντιλαμβανόμαστε ότι ανακτώντας ένα ποσοστό από την αρχική μας ενέργεια, που αλλιώς θα πήγαινε χαμένη, αυτομάτως έχουμε σημαντική εξοικονόμηση καυσίμου και προφανώς λιγότερες εκπομπές ρύπων στο περιβάλλον. Η αναγεννητική πέδηση είναι η λειτουργία κατά την οποία κάποιος από τους ηλεκτροκινητήρες του υβριδικού οχήματος περνά σε λειτουργία γεννήτριας κατά την διάρκεια της πέδησης (φρενάρισμα). Στην επόμενη εικόνα βλέπουμε τους δύο ηλεκτροκινητήρες που χρησιμοποιούνται για την πρόωση του οχήματος, να έχουν περάσει σε λειτουργίας γεννήτριας κατά το φρενάρισμα (περισσότερα για την λειτουργία κινητήρα-γεννήτριας σε αντίστοιχο κεφάλαιο).



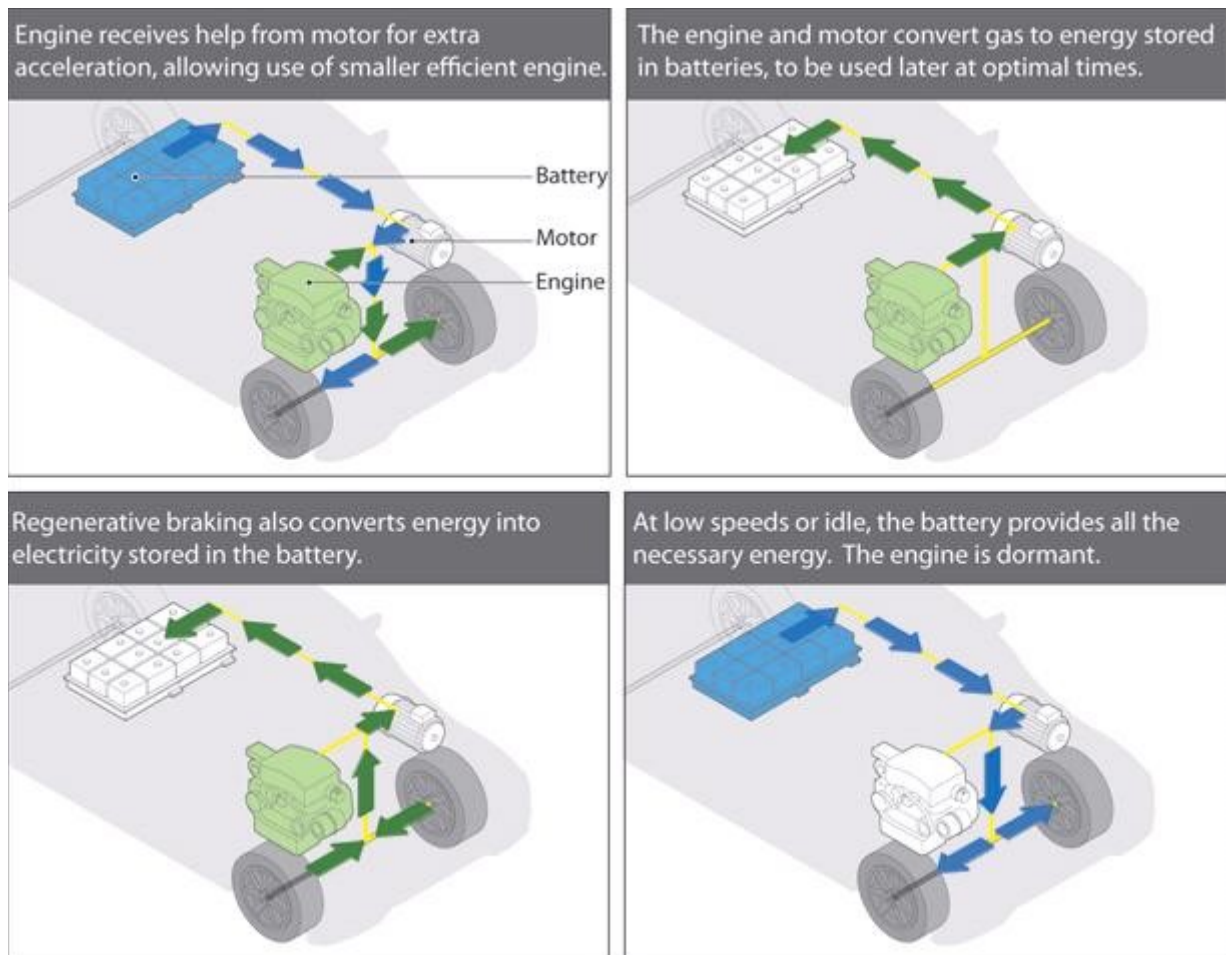
Κατά την φάση αυτή προσλαμβάνουν μηχανική ενέργεια από την κίνηση του οχήματος και στρέφονται παράγοντας ηλεκτρική ενέργεια που κατευθύνεται προς τα στοιχεία συσσωρευτών ή λοιπών διατάξεων για αποθήκευση ή προς άλλα συστήματα για άμεση χρήση. Όπως αναφέρθηκε, σε ένα συμβατικό όχημα η ενέργεια από τη επιβράδυνση χάνεται με τη μορφή θερμότητας στο μηχανικό σύστημα πέδησης. Η αποθηκευμένη ενέργεια τώρα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την δύσκολη φάση της εκκίνησης του οχήματος (υπερνίκηση τριβών και αδράνειας) όπου απαιτούνται μεγάλες ποσότητες καυσίμου.

Εδώ πρέπει να σημειωθεί ότι κατά τη διαδικασία της εκκίνησης ενός οχήματος, η παραμικρή βοήθεια που μπορεί να του παρασχεθεί για την ανάπτυξη της επιθυμητής του ταχύτητας έχει σαν αποτέλεσμα τη δραματική μείωση της κατανάλωσης και των εκπομπών του.

Η ακριβής διαδικασία σύνδεσης των κινητήριων μονάδων κατά την αναγεννητική πέδηση ποικίλλει ανάλογα με την τοπολογία του συστήματος (Σειριακή διάταξη, Παράλληλη διάταξη, Σειριακή – παράλληλη διάταξη, κτλ). Δηλαδή το ποιά από της δυο ηλεκτρικές μηχανές θα γίνει γεννήτρια και ποιά θα παραμείνει κινητήρας, εξαρτάται από την τοπολογία του συστήματος και τη στρατηγική του εκάστοτε κατασκευαστή.

Σημειώνουμε ότι εν γένει δεν είναι δυνατή η δέσμευση όλης της ενέργειας που είναι διαθέσιμη κατά την πέδηση του οχήματος, ιδιαίτερα κατά τις απότομες επιβραδύνσεις. Η διαθέσιμη ενέργεια κατά την πέδηση είναι η κινητική ενέργεια που αποκτήθηκε από την επιτάχυνση του οχήματος. Η συνολική ενέργεια είναι συνήθως αρκετά υψηλή για να την επεξεργαστεί ένας ηλεκτρικός κινητήρας που προωθεί το όχημα. Η επεξεργασία υψηλής ενέργειας σε σύντομο χρονικό διάστημα απαιτεί τη χρήση ενός τεράστιου ηλεκτροκινητήρα, κάτι που δεν είναι καθόλου πρακτικό. Έτσι, τόσο τα υβριδικά όσο και τα αμιγώς ηλεκτρικά οχήματα οφείλουν να είναι εφοδιασμένα και με σύστημα μηχανικής πέδησης ακόμη και αν ο ηλεκτροκινητήρας σχεδιάζεται με δυνατότητα επαναπαραγωγής ενέργειας. Ωστόσο, η αναγεννητική πέδηση δύναται να εξοικονομήσει σημαντικό ποσό ενέργειας, επεκτείνοντας την αυτονομία ενός οχήματος κατά 10% έως 15%.

Πιο συγκεκριμένα, στην κατάσταση λειτουργίας αναγεννητικής πέδησης, πραγματοποιείται επεξεργασία της κινητικής ενέργειας του οχήματος από την ηλεκτρική μηχανή και επιστρέφεται ως ηλεκτρική ενέργεια στην πηγή (π.χ. μπαταρία). Από πλευράς ηλεκτρικής μηχανής, πρόκειται απλώς για τη λειτουργία της ως γεννήτρια. Με άλλα λόγια, η ηλεκτρική μηχανή μετατρέπει τη μηχανική ενέργεια που είναι διαθέσιμη από την κίνηση του οχήματος σε ηλεκτρική επιβραδύνοντας ταυτόχρονα το όχημα. Εν γένει μπορεί κάποιος να ισχυριστεί ότι όσο περισσότερη μηχανική ενέργεια μετατρέψει σε ηλεκτρική τόσο μεγαλύτερη πέδηση προσφέρει στο όχημα. Η ισχύς ρέει από τους τροχούς προς την πηγή, η οποία στην περίπτωση αυτή λειτουργεί σαν αποθήκη ενέργειας. Προφανώς η ανακτημένη ενέργεια δεν επαρκεί για την κάλυψη όλων των ηλεκτρικών αναγκών του οχήματος. Επί παραδείγματι, στα πλήρως υβριδικά αυτοκίνητα η εκκίνηση τους μέχρι τα 50-60 km/h πραγματοποιείται αποκλειστικά από τον ηλεκτροκινητήρα. Αυτό συνεπάγεται επιπλέον ενέργεια πέρα της ανακτημένης, η οποία θα δοθεί από τη μηχανή εσωτερικής καύσης (Μ.Ε.Κ) φορτίζοντας την μπαταρία.



### 3.2.1. Κατανάλωση ενέργειας κατά την πέδηση

Σημαντικό ποσό ενέργειας καταναλώνεται κατά την πέδηση. Το φρενάρισμα ενός οχήματος 1500kg

από τα 100km/h στη μηδενική ταχύτητα απαιτεί την κατανάλωση περίπου 0.16kWh ενέργειας σε μερικές δεκάδες μέτρα. Εάν αυτή η ενέργεια καταναλώνονταν κατά την κίνηση του οχήματος με μοναδική απαίτηση την υπερπήδηση των αντιστάσεων (αντίσταση κύλισης και αεροδυναμική αντίσταση) χωρίς πέδηση, το όχημα θα ταξίδευε περίπου 2km.

Όταν τα οχήματα ταξιδεύουν σε αστικές περιοχές κάτω από συνθήκες συνεχών εκκινήσεων και στάσεων, ένα σημαντικό ποσόν ενέργειας καταναλώνεται στα απότομα και συνεχή φρεναρίσματα, οδηγώντας σε υψηλή κατανάλωση καυσίμου. Ο πίνακας 4.1 παρουσιάζει τη μέγιστη ταχύτητα, τη μέση ταχύτητα, τη συνολική ενέργεια έλξης στους τροχούς κίνησης και τη συνολική ενέργεια που καταναλώνεται από αντιστάσεις και πέδηση ανά 100km διανυόμενης απόστασης από ένα επιβατηγό αυτοκίνητο (στην παρούσα εργασία μας ενδιαφέρει κυρίως η ενέργεια πέδησης ως ποσοστό της συνολικής). Από τον πίνακα γίνεται φανερό ότι η ενέργεια πέδησης σε τυπικές αστικές περιοχές μπορεί να φτάσει στο 25% της συνολικής ενέργειας έλξης του οχήματος. Σε μεγάλες δε πόλεις, όπως η Νέα Υόρκη, μπορεί να φτάσει ακόμα και το 70%. Συνεπώς, η αποτελεσματική αναγεννητική πέδηση μπορεί να βελτιώσει σημαντικά την οικονομία καυσίμου στα υβριδικά και ηλεκτρικά οχήματα.

#### ΠΙΝΑΚΑΣ 4.1

##### ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΙΝΗΣΗΣ ΕΠΙΒΑΤΗΓΟΥ ΟΧΗΜΑΤΟΣ

	FTP 75 Αστική	FTP 75 Ταχείας κυκλοφορίας	US06 Αυτοκινητόδρομος	Νέα Υόρκη
Μέγιστη ταχύτητα (km/h)	86.4	97.7	128.5	44.6
Μέση ταχύτητα (km/h)	27.9	79.3	77.5	12.2
Συνολική ενέργεια αντιστάσεων (kWh)	10.47	10.45	17.03	15.51
Συνολική ενέργεια έλξης (kWh)	5.95	9.47	11.73	4.69
Συνολική ενέργεια κατά την πέδηση (kWh)	4.52	0.98	5.3	10.82
Ποσοστό (%) ενέργειας πέδησης προς συνολική	43.17	9.38	31.12	69.76

#### 3.2.2. Τρόποι αποθήκευσης ενέργειας

Ως σήμερα έχουν αναπτυχθεί διάφορες τεχνολογίες αποθήκευσης ενέργειας οι οποίες μπορούν να κατηγοριοποιηθούν ανάλογα με τη μορφή της αποθηκευμένης ενέργειας. Έτσι μπορούμε να αποθηκεύσουμε ενέργεια μηχανικά, ηλεκτρικά και ηλεκτροχημικά. Στη μηχανική αποθήκευση ενέργειας θα αναφερθούμε αναλυτικά σε επόμενο κεφάλαιο. Στην ηλεκτρική αποθήκευση ενέργειας θα μας απασχολήσουν οι υπερπυκνωτές, ενώ από την ηλεκτροχημική αποθήκευση, οι μπαταρίες.

Οι ηλεκτροχημικοί συσσωρευτές, ή κοινώς μπαταρίες, είναι το πλέον διαδεδομένο μέσο για την αποθήκευση ηλεκτρικής ενέργειας, την οποία για το σκοπό αυτό μετατρέπουν σε χημική.

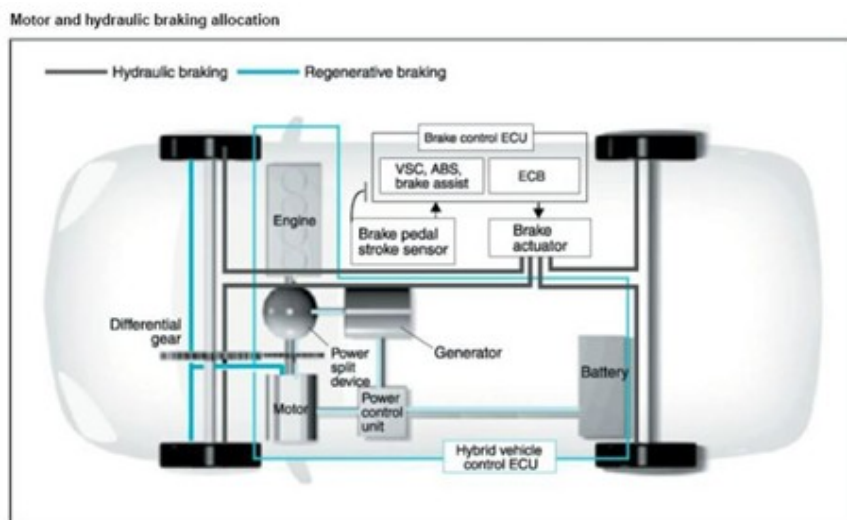
Το πρόβλημα με τις μπαταρίες είναι ότι αυξάνουν τον όγκο και το βάρος του οχήματος, κάτι το οποίο έχει αντίκτυπο στο κόστος και στην κατανάλωση. Επιπρόσθετα η συνεχόμενη και ταχεία μεταβολή των φορτίων από την ανάκτηση της ενέργειας κατά τα φρεναρίσματα και την φόρτιση από την Μ.Ε.Κ. ουσιαστικά αχρηστεύει και μικραίνει την διάρκεια ζωής των μπαταριών οι οποίες έχουν περιορισμένο αριθμό φορτίσεων-εκφορτίσεων. Το πρόβλημα είναι ότι για την ουσιαστική εκμετάλλευση του κύκλου ζωής των μπαταριών απαιτείται χρόνος φόρτισης πολλαπλάσιος από εκείνο που διαρκεί ή αναγεννητική πέδηση.

Από την άλλη πλευρά έχουμε τους υπερπυκνωτές οι οποίοι χρησιμοποιούνται σε ολόένα και περισσότερες εφαρμογές. Οι τελευταίοι έχουν την δυνατότητα να αποθηκεύουν προσωρινά μεγάλα ποσά ενέργειας, με πολύ γρήγορους χρόνους φόρτισης και εκφόρτισης. Οι υπερπυκνωτές είναι καταλληλότεροι για απότομες επιβραδύνσεις και καταπονούνται λιγότερο από τις συχνές φορτίσεις και εκφορτίσεις.

### 3.2.3. Λίγα λόγια για το σύστημα πέδησης

Η αναγεννητική πέδηση στα ηλεκτρικά και υβριδικά οχήματα προσθέτει κάποια πολυπλοκότητα στη σχεδίαση του συστήματος πέδησης. Έχει όμως ένα σημαντικό πλεονέκτημα πέρα της ανάκτησης ενέργειας. Αυτό της λιγότερη καταπόνηση (άρα και λιγότερης συντήρησης) του κλασικού συστήματος πέδησης το οποίο έχουν τα κλασικά αυτοκίνητα, μίας και η ηλεκτρική μηχανή αναλαμβάνει μέρος της επιβράδυνσης του οχήματος.

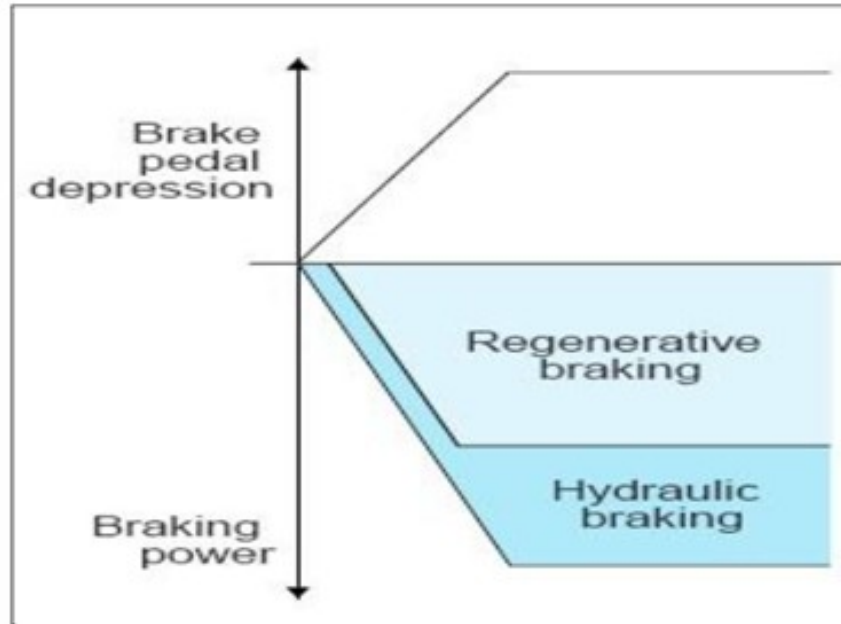
Στις εικόνες 2,17 και 2,18 που ακολουθούν, βλέπουμε ένα παράδειγμα πέδησης ενός οχήματος και τον τρόπο με τον οποίο συνεργάζονται τα δύο συστήματα πέδησης. Το σύστημα αναγεννητικής πέδησης συνήθως εμπλέκεται στους μπροστινούς τροχούς, (ανάλογα με την τοπολογία του οχήματος μπορεί η γεννήτρια να εφαρμόζεται και στο πίσω άξονα) ενώ υπάρχει και συμμετοχή από το σύστημα υδραυλικής πέδησης για το φρενάρισμα στους τέσσερις τροχούς. Η αναλογία συμμετοχής του κάθε συστήματος εξαρτάται από πολλούς παράγοντες όπως η ταχύτητα του



Εικόνα 2.17 Συμμετοχή των δύο συστημάτων πέδησης (αναγεννητικής, με μπλε χρώμα, και υδραυλικής, με γκρι χρώμα) κατά την επιβράδυνση ενός υβριδικού ηλεκτρικού οχήματος [18]

οχήματος, η ασκούμενη δύναμη στο πεντάλ του φρένου από τον οδηγό κ.α. Κυρίως σε συνθήκες που το αυτοκίνητο βρίσκεται σε κατάσταση οδήγησης στην πόλη, όπου

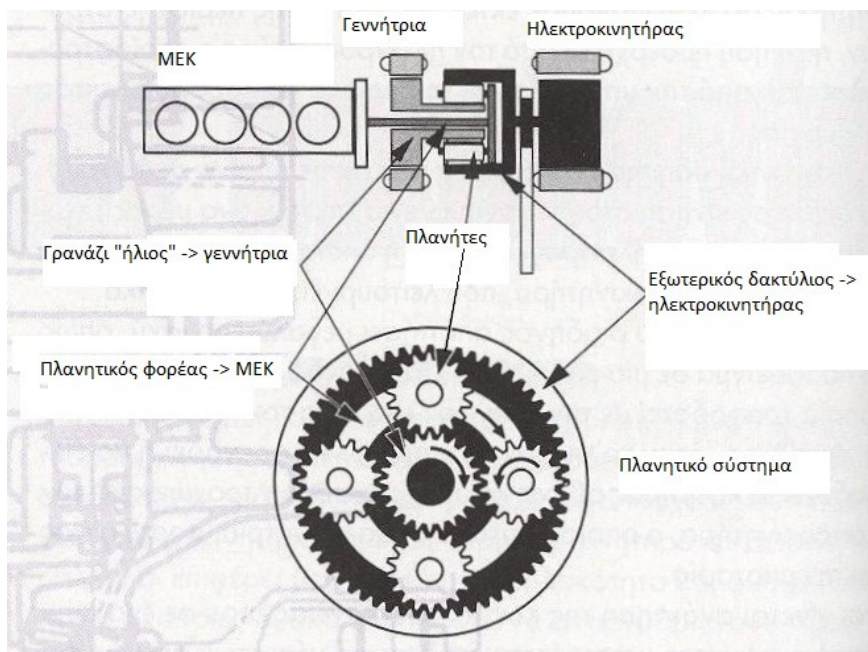
υπάρχουν επαναλαμβανόμενες ομαλές αυξομειώσεις μικρών ταχυτήτων και συνεχόμενων φρεναρισμάτων, το ηλεκτρικό σύστημα αναλαμβάνει συνήθως κατά μεγάλο ποσοστό την πέδηση του αυτοκινήτου.



Εικόνα 2.18 Συμμετοχή της αναγεννητικής και της υδραυλικής πέδησης συναρτήσει του ρυθμού αύξησης της ασκούμενης πίεσης στον ποδομοχλό του φρένου [18]

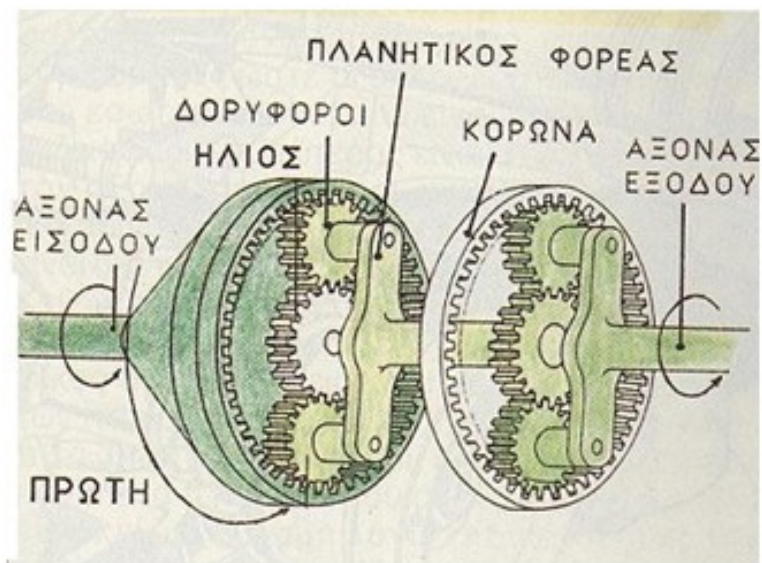
### 3.2.4. Λίγα λόγια για την σύζευξη Μ.Ε.Κ., ηλεκτρικού κινητήρα και γεννήτριας

Η κατανομή της ισχύος μεταξύ του βενζινοκινητήρα, του ηλεκτροκινητήρα και της γεννήτριας γίνεται μέσω ενός πλανητικού συστήματος σύμφωνα με την παρακάτω εικόνα.



Στον «ήλιο» του διαφορικού συνδέεται η γεννήτρια, στο φορέα των πλανητών η ΜΕΚ και στη στεφάνη, (εξωτερικός δακτύλιος) μέσω της οποίας γίνεται η έξοδος της ισχύος, ο ηλεκτρικός κινητήρας. Συνεπώς, ο ηλεκτροκινητήρας είναι συνεχώς συνδεδεμένος με τον άξονα μετάδοσης της κίνησης, δηλαδή με σταθερή ταχύτητα του οχήματος στρέφεται με σταθερό αριθμό στροφών. Αντίθετα, ο βενζινοκινητήρας και η γεννήτρια έχουν συνεχώς μεταβαλλόμενο ρυθμό περιστροφής ανάλογα με τις απαιτήσεις κίνησης του οχήματος.

Στην επόμενη εικόνα φαίνεται ο άξονας εξόδου του πλανητικού συστήματος από τον οποίο αναλαμβάνει να μεταφέρει την κίνηση ένα σύστημα μετάδοσης συνεχών μεταβαλλόμενων σχέσεων CVT.



Ένα σύστημα μετάδοσης συνεχών μεταβαλλόμενων σχέσεων CVT βασίζεται στην απλή ιδέα της ύπαρξης δύο γραναζιών μεταβλητής διαμέτρου, (επόμενες εικόνες) ώστε η σχέση μετάδοσης μεταξύ τους να αλλάζει ανάλογα με τις ανάγκες οδήγησης (δεύτερη εικόνα). Στο CVT η επιλογή της σχέσης βασίζεται σε έναν πολύπλοκο αλγόριθμο, ο οποίος λαμβάνει υπόψη του την ταχύτητα του οχήματος, το φορτίο και τις απαιτήσεις του οδηγού. Το εύρος των σχέσεων που προσφέρει είναι μεγαλύτερο από αυτό του πεντατάχυτου κιβωτίου. Η πρώτη σχέση είναι πιο «κοντή» και η τελική πιο «μακριά» συγκριτικά με το συμβατικό κιβώτιο.

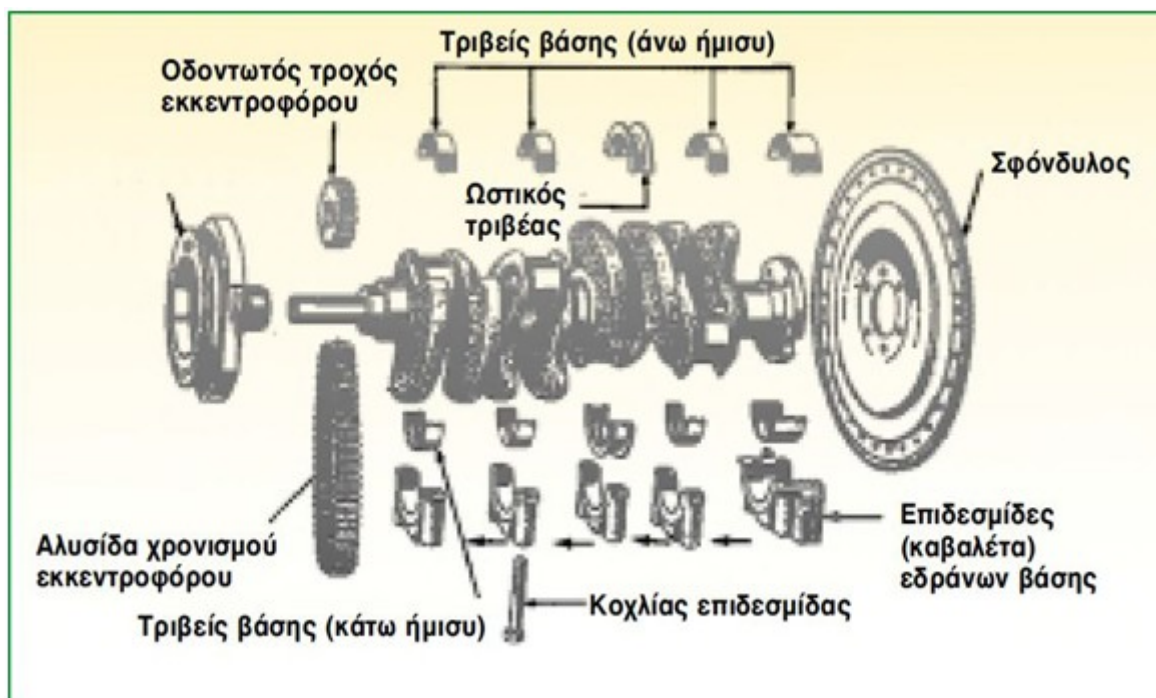


### 3.3. Μηχανικό σύστημα ανάκτησης κινητικής ενέργειας

Και σε αυτή την περίπτωση η ανάκτηση ενέργειας πραγματοποιείται κατά την διάρκεια της πέδησης. Η κινητική ενέργεια που έχει το όχημα κατά την πορεία του αντί να γίνει θερμότητα πάνω στα τακάκια των φρένων και να χαθεί στο περιβάλλον, ανακτάται και πάλι. Αυτό που αλλάζει είναι ο τρόπος σύλληψης και αποθήκευσής της. Στο μηχανικό σύστημα ανάκτησης κινητικής ενέργειας η αποθήκευση γίνεται μηχανικά, σε αντίθεση με το ηλεκτρικό σύστημα ανάκτησης που η μηχανική ενέργεια των τροχών του οχήματος αποθηκεύεται ηλεκτρικά (με τη συμβολή γεννήτριας). Αμέσως γίνεται αντιληπτό ότι η ενέργεια δεν χρειάζεται να υποστεί καμία μετατροπή, περιορίζοντας τις απώλειες από τη μετατροπή από την μια μορφή ενέργειας σε άλλη. Μηχανική ενέργεια προσλαμβάνουμε, μηχανική ενέργεια αποθηκεύουμε και μηχανική ενέργεια ελευθερώνουμε για την προώθηση του οχήματος μας.

Ο μηχανικός συσσωρευτής που μας επιτρέπει την αποθήκευση ενέργειας με μηχανικό τρόπο λέγεται στα ελληνικά **σφόνδυλος**. Πιο διαδεδομένη είναι η γαλλική ονομασία του **βολάν**, ενώ στα αγγλικά ονομάζεται **flywheel**.

Το βολάν οι περισσότεροι το έχουμε ακούσει σε θέματα που αφορούν το αυτοκίνητο. Το βολάν στο αυτοκίνητο αποτελεί την αποθήκη ενέργειας της Μ.Ε.Κ. Αποθηκεύει κινητική ενέργεια κατά την εκτόνωση και την παρέχει όταν ο κινητήρας βρίσκεται στη φάση της συμπίεσης.



Επειδή όμως δεν είμαστε όλοι το ίδιο εξοικειωμένοι σε μηχανολογικά θέματα αυτοκινήτου, ας πιάσουμε το σφόνδυλο από την αρχή.

Ο σφόνδυλος είναι μια μεγάλη μάζα που περιστρέφεται γύρο από τον άξονα της. (επόμενη εικόνα)

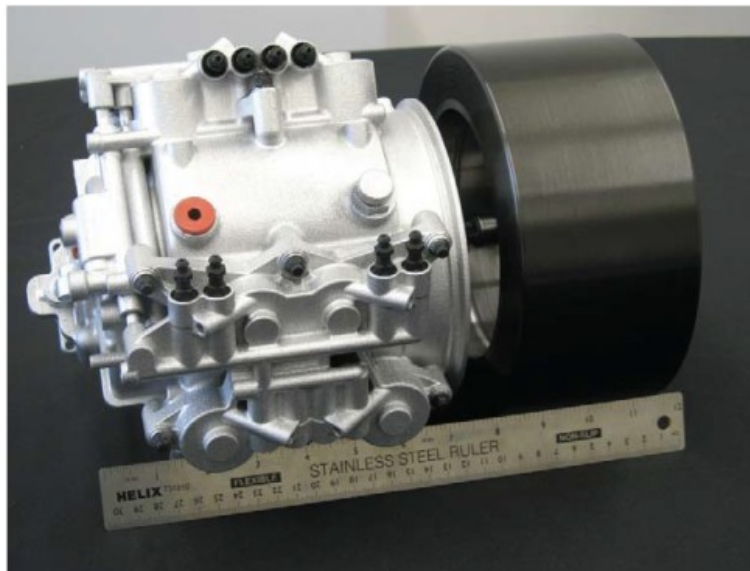


Φανταστείτε ένα μεγάλο τροχό όπου η μεγαλύτερη μάζα του είναι συγκεντρωμένη στην περιφέρεια όπου κατά την περιστροφή του παράγει ροπή. Ιδιαίτερο χαρακτηριστικό των σφονδύλων και ταυτόχρονα βασικό πλεονέκτημα τους, αποτελεί η ικανότητα τους να αντιστέκονται στις μεταβολές τις περιστροφικής τους ταχύτητας, λόγω της μεγάλης τους αδράνειας.

Η ενέργεια που αποθηκεύεται σε ένα σφόνδυλο δίνεται από τη σχέση:

$$E = \frac{1}{2} J \omega^2$$

όπου J η ροπή αδράνειας ( $\text{kg}\cdot\text{m}^2$ ) της συνολικής μάζας του κινητού μέρους και  $\omega$  η γωνιακή ταχύτητα περιστροφής ( $\text{rad}/\text{sec}$ ). Δηλαδή ενέργεια που αποθηκεύει ένας σφόνδυλος εξαρτάται κυρίως από την μάζα του και από την ταχύτητα περιστροφής του.



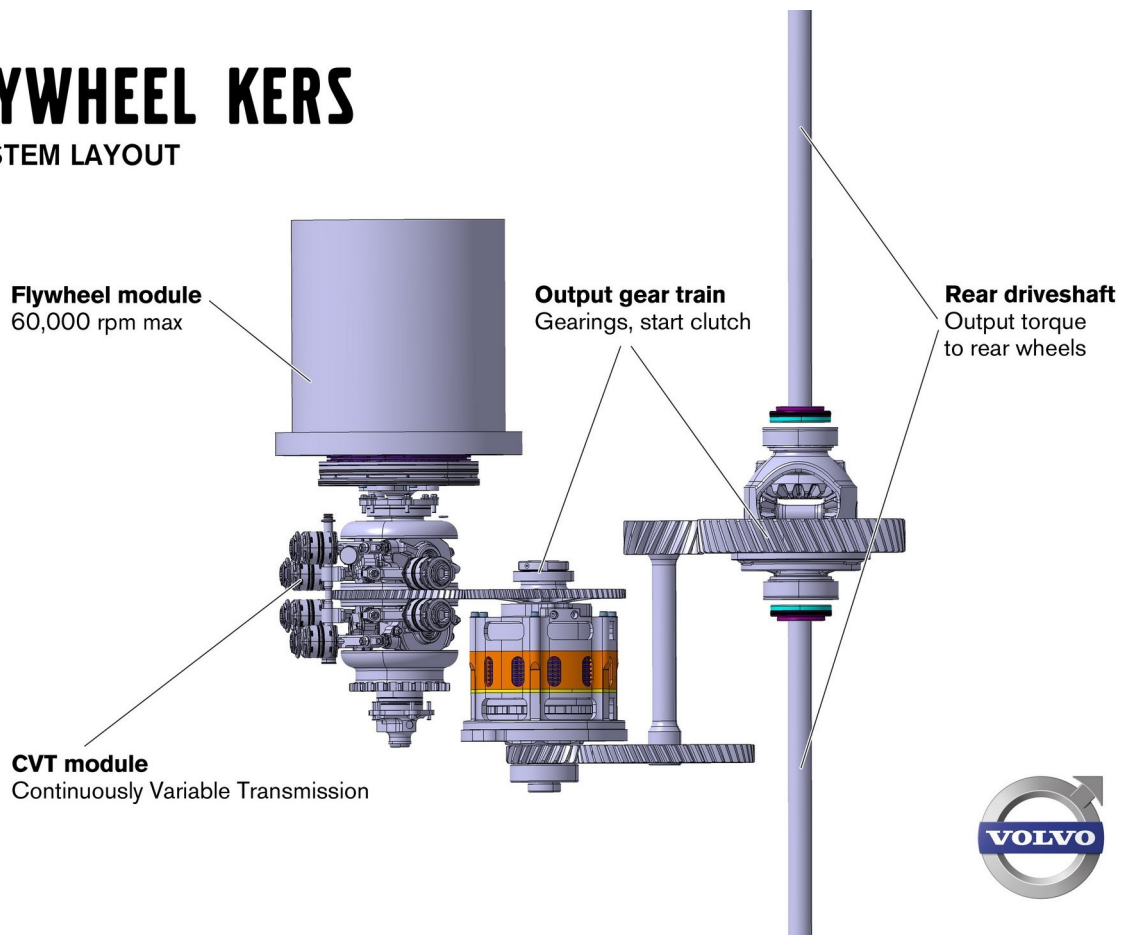
Οι στρεφόμενοι σφόνδυλοι είναι οι γηραιότερες και πιο απλές συσκευές αποθήκευσης ενέργειας. Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται μια χειροκίνητη ραπτομηχανή.



Αν περιστρέψουμε την ραπτομηχανή θα παρατηρήσουμε ότι δεν θα σταματήσει αμέσως μόλις σταματήσουμε να περιστρέφουμε το χερούλι της. Αυτό οφείλεται στην ενέργεια που έχει αποθηκεύσει ο κυκλικός δίσκος στα δεξιά της ραπτομηχανής, που εδώ λειτουργεί σαν αποθήκη ενέργειας.

Ας δούμε τώρα πως μπορούμε να τον χρησιμοποιήσουμε για να αποταμιεύσουμε την ενεργεία που κατά το κοινό φρενάρισμα θα πήγαινε <<χαμένη>>.

## FLYWHEEL KERS SYSTEM LAYOUT



Όπως βλέπουμε και από την παραπάνω φωτογραφία ο σφόνδυλος ως επί το πλείστον τοποθετείτε στον πίσω άξονα και παίρνει κίνηση από το διαφορικό. Αρχικά αυτός είναι ακίνητος. Μόλις ο οδηγός ενεργοποιήσει το πεντάλ του φρένου τότε μέσω ενός συμπλέκτη, εμπλέκεται και απορροφά μέρος της κινητικής ενέργειας του οχήματος. Την ενέργεια που απορρόφησε την αποθηκεύει υπό μορφή περιστροφική κίνησης. Μόλις ο οδηγός του οχήματος αποφασίσει την επιτάχυνση του (κυρίως από στάση) τότε ο σφόνδυλος ο οποίος έχει αποθηκευμένη κινητική ενέργεια ξανά εμπλέκεται με την βοήθεια του συμπλέκτη στους τροχούς. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την επιβράδυνση του σφονδύλου αλλά και την πρόσδοση κινητικής ενέργειας στους τροχούς τους αμαξιού για την πρόωση του, στην ενεργοβόρα φάση της εκκίνησης. Στην παραπάνω εικόνα βλέπουμε επίσης και μια μετάδοση τύπου cvt. Αυτή χρησιμοποιείται ώστε ο σφόνδυλος να επιτύχει την μέγιστες δυνατές στροφές κατά την φάση της απορρόφησης ενέργειας και στην συνέχεια να

δώσει την μέγιστη ροπή κατά την εκκίνηση στο όχημα.

Στις επόμενες φωτογραφίες, αρχικά το όχημα κινείται με σταθερή ταχύτητα (εικόνα 1) και ο σφόνδυλος είναι ανενεργός (αποσυμπλεγμένος από το σύστημα κίνησης). Στην εικόνα 2 έχει ενεργοποιηθεί το πεντάλ του φρένου και ο σφόνδυλος εμπλέκεται στο σύστημα κίνησης απορροφώντας και αποθηκεύοντας κινητική ενέργεια (φόρτιση σφονδύλου) επιβραδύνοντας το όχημα. Για όση ώρα το όχημα είναι ακινητοποιημένο ο σφόνδυλος μένει αποσυνδεδεμένος από το σύστημα κίνησης αλλά διατηρεί την φόρτιση του σε πολύ ικανοποιητικά επίπεδα (υπό μορφή περιστροφικής κίνησης) για την επόμενη εκκίνηση του οχήματος. (εικόνα 3)



(1)



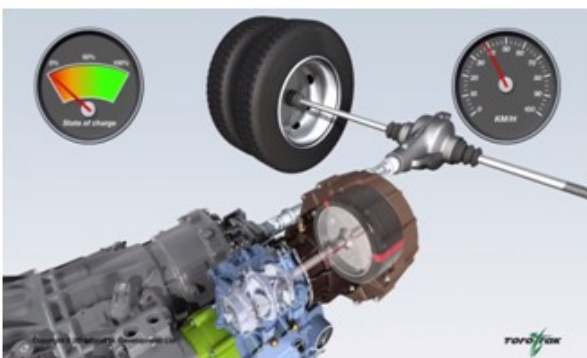
(2)



(3)



(4)



(5)

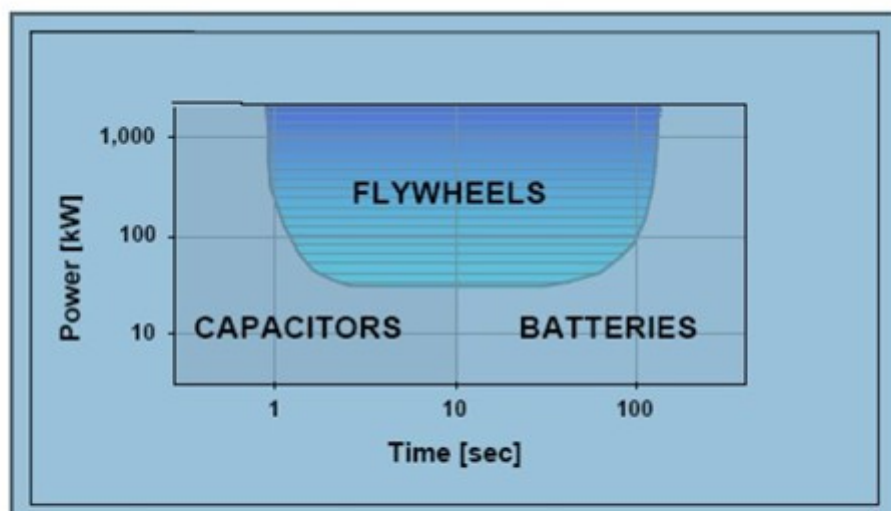
Στην εικόνα 4 έχει ενεργοποιηθεί το πεντάλ του γκαζιού με αποτέλεσμα την σύνδεση του σφονδύλου με το σύστημα κίνησης, την αποφόρτιση του, αλλά ταυτόχρονα την παροχή κινητικής ενέργειας για την οικονομική πρόωση του οχήματος. Τέλος στην εικόνα 5 ο σφόνδυλος έχει δώσει όλη του την ενέργεια, έχει βοηθήσει σημαντικά στην προώθηση του αυτοκινήτου αλλά από εδώ και στο εξής η Μ.Ε.Κ. είναι αυτή που θα αναλάβει την περαιτέρω προώθηση του οχήματος.

### 3.3.1. Κατασκευαστικά χαρακτηριστικά

Ο σφόνδυλος είναι κατασκευασμένος από ανθρακόνημα για να υπάρχει η μεγαλύτερη δυνατή αδράνεια και η μέγιστη επιτάχυνση ώστε η ταχύτητα περιστροφής να εκτοξεύεται στο μέγιστο σε ελάχιστο χρόνο. Στο εσωτερικό του σφονδύλου υπάρχει κενό αέρος ώστε να αποφευχθεί αεροδυναμική υπερθέρμανση με επερχόμενες φθορές ενώ μαγνητικά έδρανα λειτουργούν σαν αμορτισέρ αποσβένοντας τους κραδασμούς διατηρώντας σταθερό τον σφόνδυλο χωρίς να "τραυματιστεί". Η παραμικρή ταλάντωση σε τόσο υψηλή ταχύτητα περιστροφής θα μπορούσε εύκολα να διαλύσει τα "σωθικά" του.

### 3.3.2. Σύγκριση των σφονδύλων με άλλα συστήματα αποθήκευσης

Σύμφωνα με έρευνες της California Energy Commission τα συστήματα σφονδύλων είναι ιδανικά για χρόνους εκφόρτισης από 10 δευτερόλεπτα ως δύο λεπτά. Ενώ οι μπαταρίες είναι ασυναγώνιστες για μεγάλους χρόνους εκφόρτισης και οι πυκνωτές για πολύ μικρούς. Οι σφόνδυλοι παρουσιάζουν σημαντικά πλεονεκτήματα για χρόνους εκφόρτισης από 1 έως 100 δευτερόλεπτα και για ισχείς εκφόρτισης πάνω από 20 kW όπως φαίνεται και στο σχήμα 2.3



Σχήμα 2.3: Καταλληλότητα διάφορων συστημάτων αποθήκευσης ως προς την ισχύ και τον χρόνο εκφόρτισης.

Συγκρινόμενοι οι σφόνδυλοι με τις μπαταρίες έχουν μεγαλύτερο κόστος που οφείλεται κυρίως στα στοιχεία βελτίωσής τους (ηλεκτρονικά ισχύος, μαγνητικά ρουλεμάν, συνθετικά υλικά, ειδικό δοχείο για τη δημιουργία κενού). Ωστόσο παρουσιάζουν μεγαλύτερη πυκνότητα ισχύος (power density). Για την ίδια ισχύ εξόδου καταλαμβάνουν μόλις το 10-20% του χώρου που καταλαμβάνουν οι μπαταρίες.

Επίσης απαιτούν απλούστερη και λιγότερο συχνή συντήρηση και δεν αντιμετωπίζουν προβλήματα ασφάλειας που σχετίζονται με διαρροή χημικών. Η συχνότητα φόρτισης- εκφόρτισης ελάχιστα επηρεάζει τη ζωή του σφονδύλου σε αντίθεση με τις μπαταρίες, η ζωή των οποίων μειώνεται σημαντικά. Ειδικά για εφαρμογές σε UPS η ζωή των σφονδύλων είναι τυπικά περίπου 20 χρόνια ενώ οι μπαταρίες διαρκούν μόλις 3 ως 5 χρόνια.

Σημαντικά οφέλη προκύπτουν σε εφαρμογές UPS με τη χρησιμοποίηση συνδυασμού σφονδύλων και μπαταριών ως σύστημα αποθήκευσης. Κάθε φορά που καλείται το σύστημα αποθήκευσης να επέμβει στο δίκτυο αρχικά αποκρίνεται ο σφόνδυλος και στη συνέχεια, εφόσον χρειαστεί, η μπαταρία. Αν αναλογιστεί κανείς ότι η πλειοψηφία των διαταραχών ισχύος διαρκούν 5 δευτερόλεπτα ή και λιγότερο, αντιλαμβάνεται ότι τα περισσότερα προβλήματα αντιμετωπίζονται από τον σφόνδυλο η ζωή και η απόδοση του οποίου μένουν ανεπηρέαστες από τη συχνότητα φόρτισης-εκφόρτισης. Με τον τρόπο αυτό προστατεύεται η μπαταρία και αυξάνεται η διάρκεια ζωής της.

Αξίζει να σημειωθεί ότι τα συστήματα σφονδύλων δεν πρέπει να χρησιμοποιούνται μόνα τους, χωρίς υποστήριξη από μπαταρίες, για εφεδρεία (μεγάλους χρόνους εκφόρτισης) και στις περιπτώσεις που δεν είναι σίγουρο ότι η γεννήτρια θα ανακτήσει την πλήρη ισχύ της σε λίγα δευτερόλεπτα (~10 sec).

### **3.3.3. Πλεονεκτήματα των σφονδύλων**

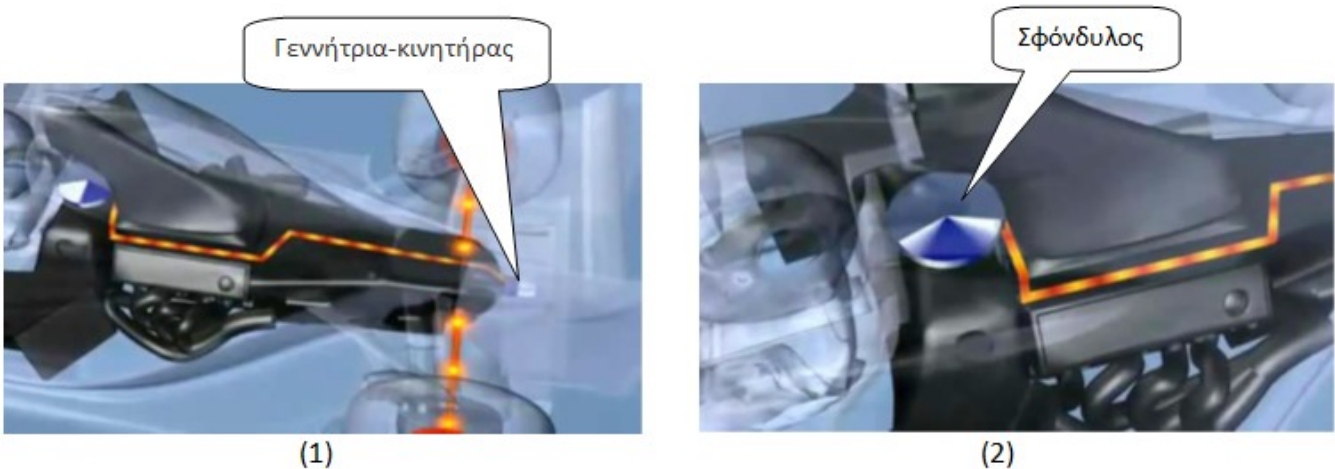
Στη συνέχεια συνοψίζονται τα πλεονεκτήματα των συστημάτων αποθήκευσης που χρησιμοποιούν σφονδύλους:

- Απαιτούν εύκολη, φθηνή και όχι συχνή συντήρηση.
- Η ενεργειακή τους χωρητικότητα δε φθίνει με τη συχνότητα φόρτισης-εκφόρτισης και το χρόνο και η λειτουργία τους δεν επηρεάζεται από τη θερμοκρασία.
- Έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής (εκατοντάδες χιλιάδες κύκλους).
- Παρουσιάζουν μεγάλη πυκνότητα ισχύος (καταλαμβάνουν λίγο χώρο για την ισχύ που αποδίδουν).
- Έχουν γρήγορη απόκριση και γρήγορη επαναφόρτιση.

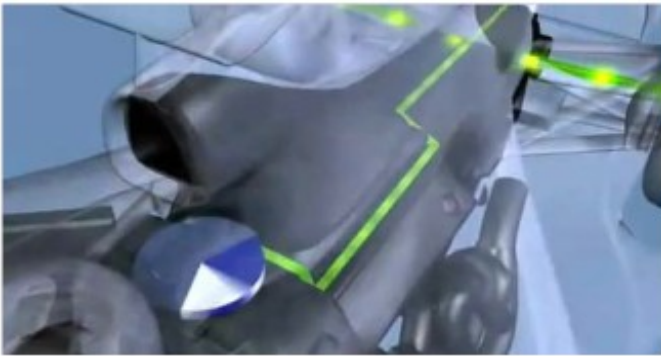
- Παρουσιάζουν μεγάλη απόδοση και ελάχιστες απώλειες (οι απώλειες όταν βρίσκονται εκτός λειτουργίας – standby losses – κυμαίνονται περίπου από 0.1 ως 1% της ονομαστικής τους ισχύος)
- Έχουν προβλέψιμη λειτουργία, αφού γνωρίζοντας την ταχύτητα περιστροφής τους, ξέρουμε πάντα την διαθέσιμη αποθηκευμένη ενέργεια.
- Τέλος, είναι φιλική για το περιβάλλον τεχνολογία.

### 3.4. Ηλεκτρομηχανικό σύστημα ανάκτησης κινητικής ενέργειας

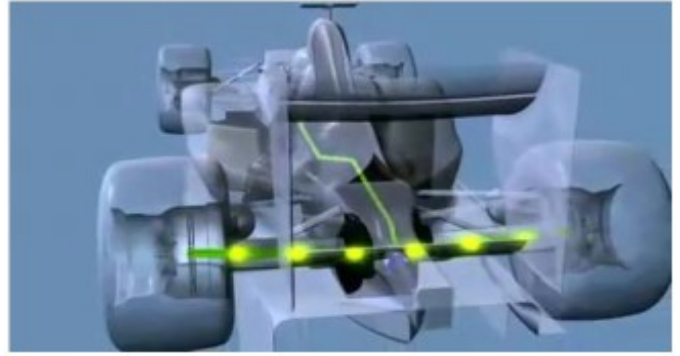
Το σύστημα αυτό είναι ο συνδυασμός των δύο παραπάνω συστημάτων ανάκτησης ενέργειας. Κάνει χρήση τόσο μηχανικής όσο και ηλεκτρικής ενέργειας. Η ενέργεια προσλαμβάνεται και πάλι κατά την διάρκεια της πέδησης και μετατρέπεται σε ηλεκτρική μέσω μια γεννήτριας. Η έξοδος της γεννήτριας σε αντίθεση με το ηλεκτρικό σύστημα ανάκτησης της πρώτης περίπτωσης που κατευθυνόταν σε μια μπαταρία τώρα κατευθύνεται σε έναν ηλεκτρικό κινητήρα ο οποίος στον άξονα του περιστρέφεται ένας σφόνδυλος σαν και αυτόν που αναφέρθηκε παραπάνω.



Στην εικόνα 1 βλέπουμε στο πίσω μέρος του οχήματος τοποθετημένη την ηλεκτρική μηχανή η οποία κατά την φάση της επιβράδυνσης λειτουργεί σαν γεννήτρια. Κατά αυτή της την λειτουργία της απορροφά ενέργεια από τους τροχούς (αφού έχει ενεργοποιηθεί το φρένο) και στέλνει ρεύμα στο ηλεκτροκινητήρα που βρίσκεται συνδεδεμένος στην έξοδο της. Η ηλεκτρική μηχανή δεχόμενη τάση στα άκρα της αρχίζει να λειτουργεί σαν κινητήρας περιστρέφοντας τον σφόνδυλο για όσο διάστημα διαρκεί η πέδηση (εικόνα 2). Μόλις η διαδικασία της πέδησης λάβει τέλος η γεννήτρια σταματά να τροφοδοτεί με ρεύμα το κινητήρα με αποτέλεσμα αυτός να σταματήσει να περιστρέφει το σφόνδυλο. Ο τελευταίος όμως συνεχίζει να κινείται λόγω της μεγάλης αδράνειας που έχει (η οποία των καθιστά να μετατρέπεται σε αποθήκη ενέργειας). Μόλις ο οδηγός πατήσει το πεντάλ του γκαζιού οι ρόλοι των δυο ηλεκτρικών μηχανών αντιστρέφονται.



(3)

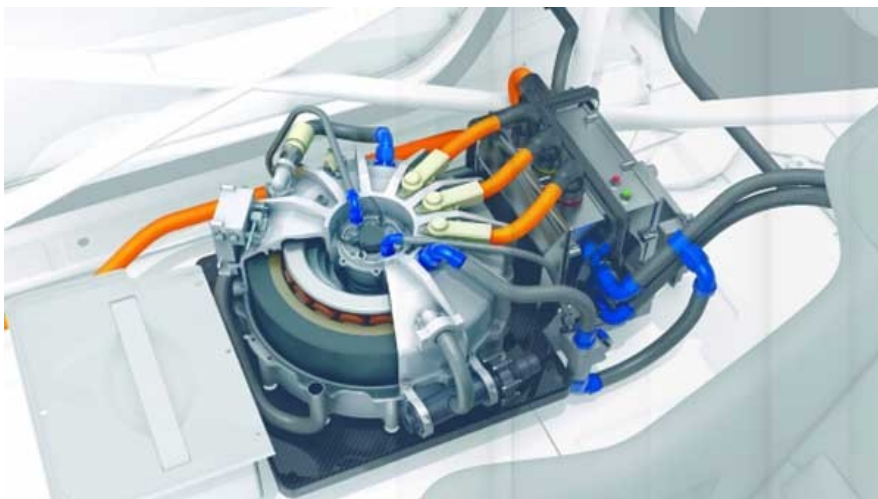


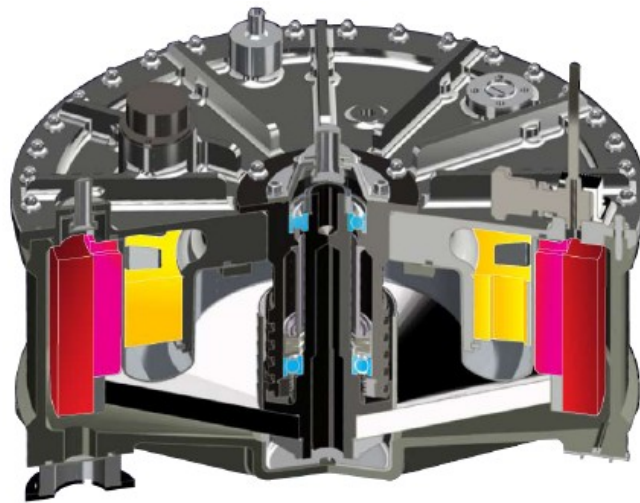
(4)

Ο σφόνδυλος ο οποίος είναι συνδεδεμένος μηχανικά με την ηλεκτρική μηχανή (εικόνα 3) την αναγκάζει τώρα να λειτουργήσει σαν γεννήτρια μετατρέποντας την περιστροφική κίνηση που έχει αποταμιεύσει σε ηλεκτρική ενέργεια. Η ηλεκτρική ενέργεια κατευθύνεται προς την ηλεκτρική μηχανή η οποία βρίσκεται το στο πίσω μέρος του οχήματος και έχει επαφή με το σύστημα κίνησης (εικόνα 4).

Η ενέργεια αυτή μετατρέπει σε ηλεκτροκινητήρα την μηχανή δίνοντας μηχανική ισχύ και βοηθώντας σημαντικά στην προώθηση του αυτοκινήτου, ενώ ταυτόχρονα ο σφόνδυλος επιβραδύνεται. Μόλις ο αποφορτιστεί πλήρως τότε και οι δυο ηλεκτρικές μηχανές αδρανοποιούνται μέχρι την επόμενη επιβράδυνση. Την περεταίρω πρόωση του οχήματος συνεχίζει η Μ.Ε.Κ.

Στην παρακάτω φωτογραφία φαίνεται πιο ρεαλιστικά πως είναι ακριβώς ο σφόνδυλος με την ενσωματωμένη ηλεκτρική μηχανή που καμία φορά αποκαλείται το όλο σύστημα και μηχανική μπαταρία.





- Carbon fibre
- Stator
- Ceramic bearings
- Magnetic Loaded Composite

### 3.4.1. Τα κυριότερα ενός συστήματος αποθήκευσης ενέργειας με σφόνδυλο

- Ηλεκτρική Μηχανή. Πρόκειται για το ηλεκτρικό μέρος του συστήματος. Χρησιμοποιείται για την μετατροπή της ηλεκτρικής ενέργειας σε κινητική-περιστροφική ενέργεια του σφονδύλου, όταν η μηχανή λειτουργεί ως κινητήρας και αντιστρόφως όταν αυτή λειτουργεί ως γεννήτρια. Θεωρητικά μπορεί να χρησιμοποιηθεί οποιοσδήποτε τύπος μηχανής. Πρακτικά όμως στους μεγάλους και αργούς σφονδύλους χρησιμοποιούνται οι ασύγχρονες επαγωγικές μηχανές, ενώ στους μικρότερους και ταχύτερους ιδανικές είναι εκείνες του μόνιμου μαγνήτη.
- Περιστρεφόμενη Μάζα. Είναι ο σφόνδυλος με όλα τα χαρακτηριστικά που προαναφέρθηκαν σε προηγούμενη παράγραφο. Ο σφόνδυλος συνδέεται με το δρομέα της ηλεκτρικής μηχανής και θεωρείται ουσιαστικά η συνέχεια του.
- Ρουλεμάν. Κατά κόρον χρησιμοποιούνται μαγνητικά ρουλεμάν –αντί μηχανικών- για την στήριξη των αξόνων του δρομέα της μηχανής και του σφονδύλου. Με τον τρόπο αυτό πετυχαίνεται η ελαχιστοποίηση των τριβών.
- Θάλαμος Κενού. Ο σφόνδυλος μαζί με τα μαγνητικά ρουλεμάν τοποθετούνται σε ένα θάλαμο κενού αέρα για την μεγαλύτερη δυνατή μείωση των τριβών. Αποτέλεσμα αυτής της κατασκευής



είναι η περιστροφή του σφονδύλου σε εξαιρετικά μεγάλες ταχύτητες, οι οποίες πρακτικά αγγίζουν τις 20000 με 50000 rpm.

· Ηλεκτρονικά Ισχύος. Είναι οι διακοπτικές διατάξεις ελέγχου τις ροής της ισχύος. Αποτελούνται από δύο τριφασικούς μετατροπείς διακοπτικού τύπου των οποίων οι ρόλοι (ανόρθωση-αντιστροφή) εναλλάσσονται ανάλογα με τη ροή της ισχύος (φόρτιση ή εκφόρτιση του συστήματος αποθήκευσης). Οι τριφασικές γέφυρες αυτών των μετατροπέων αποτελούνται από το συνδυασμό IGBT's και διόδων, ενώ ο έλεγχος των διακοπών (ON-OFF) γίνεται με διαμόρφωση εύρους παλμών και συγκεκριμένα στο μοντέλο που ακολουθείται εδώ μέσω ημιτονοειδούς διαμόρφωσης PWM.

· Διάταξη Ελέγχου. Πρόκειται για τη διάταξη που καθορίζει τη ροή της ισχύος, δηλαδή τη φόρτιση ή την εκφόρτιση του συστήματος αποθήκευσης, στέλνοντας τα κατάλληλα σήματα ελέγχου στους μετατροπείς, ανάλογα με τις συνθήκες που επικρατούν στο σύστημα.

### **3.4.2. Κάποια μειονεκτήματα των συστημάτων με στρεφόμενους σφονδύλους**

- Υψηλό κόστος σε σχέση με τα συστήματα μπαταριών,
- Τα τρέχοντα συστήματα flywheels λειτουργούν σε χαμηλά επίπεδα ενέργειας,
- Κίνδυνος καταστροφής του σφονδύλου από τις αναπτυσσόμενες φυγόκεντρες δυνάμεις, όταν υπερβεί το σύστημα την ονομαστική ταχύτητα περιστροφής του,
- Αυξάνεται το βάρος και ο όγκος του συστήματος μιας και λόγω του προηγούμενου κινδύνου, απαιτείται ο σφόνδυλος να είναι κλεισμένος σε ειδικά κατασκευασμένο δοχείο, έτσι ώστε σε περίπτωση καταστροφής του τα κομμάτια που θα εκτιναχθούν να μην το τρυπήσουν και προκαλέσουν επιπλέον ζημιές.
- Ένας σφόνδυλος δεν μπορεί να συνδυαστεί με μπαταρίες (με σκοπό να τις φορτίσει). Η συνεχόμενη και ταχεία μεταβολή των φορτίων από τους σφονδύλους ουσιαστικά αχρηστεύει και μικραίνει την διάρκεια ζωής των μπαταριών. Το πρόβλημα με την φόρτιση των μπαταριών είναι πως απαιτεί χρόνο με αποτέλεσμα να υπάρχουν απώλειες. Με λίγα λόγια οι μπαταρίες χρειάζονται πολλαπλάσιο διάστημα για να φορτισθούν, έχουν μεγάλο βαθμό απώλειας, μικρότερο κύκλο ζωής, επηρεάζονται από τις θερμοκρασιακές μεταβολές και έχουν υψηλότερο βάρος. Ένας σφόνδυλος μπορεί να συνδράμει σε ένα όχημα για μικρά χρονικά διαστήματα σαν εφεδρικό boost και όχι για συνεχή παροχή ενέργειας (τουλάχιστον μέχρι να εξαντληθούν οι μπαταρίες).

### **3.4.3. Χαρακτηριστικά συστημάτων flywheels**

Τα χαρακτηριστικά μεγέθη ενός συστήματος στρεφόμενου σφονδύλου είναι:

- Η dc τάση λειτουργίας του συστήματος μετατροπής ισχύος (PCS),
- Η μέγιστη και ελάχιστη ταχύτητα περιστροφής του σφονδύλου (σε rpm),
- Η ειδική ενέργεια και η ειδική ισχύς. Οι ατσάλινοι σφόνδυλοι έχουν ειδική ενέργεια περίπου 5Wh/kg, ενώ οι υψηλής ταχύτητας σφόνδυλοι από ελαφρύτερα υλικά πετυχαίνουν ειδική ενέργεια μέχρι 100Wh/kg. Οι ειδικές αυτές ενέργειες είναι σαφώς μικρότερες από τις μέγιστες θεωρητικές, για τους περιορισμούς που αναφέρθηκαν στην προηγούμενη παράγραφο. Η ειδική ισχύς είναι συνάρτηση κυρίως του κέντρου βάρους του σφονδύλου, της ηλεκτρικής μηχανής και των ηλεκτρονικών ισχύος. Έχουν επιτευχθεί τιμές έως 1600W/kg. Όταν λαμβάνουμε υπόψη το ολικό βάρος του συστήματος (μαζί με τα ηλεκτρονικά ισχύος, το σύστημα κενού, το δοχείο τοποθέτησης του στροφάλου
- κτλ) τόσο η ειδική ενέργεια και ισχύς μειώνονται κατά έναν παράγοντα 10,
- Η διάρκεια ζωής (σε χρόνια) και ο αριθμός κύκλων φόρτισης-εκφόρτισης,
- Η χωρητικότητα ενέργειας (σε KWh) και η ισχύς του σφονδύλου. Η χωρητικότητα ενέργειας για έναν απλό σφόνδυλο κυμαίνεται από 0,25KWh έως 6KWh. Σε διατάξεις πολλαπλών σφονδύλων παράλληλα τοποθετημένων σε έναν κοινό dc δίαυλο, η χωρητικότητα αυξάνει ακόμη περισσότερο,
- Η απόδοση ενέργειας. Για ονομαστική ισχύ είναι πάνω από 90%. Για μικρούς χρόνους εκφόρτισης μειώνεται λόγω κυρίως του ότι είναι συνάρτηση της απόδοσης των ηλεκτρονικών ισχύος. Όσο μεγαλύτερος είναι ο βαθμός αυτοεκφόρτισης, τόσο μειώνεται και η απόδοση ενέργειας όταν οι εναλλαγές φόρτισης-εκφόρτισης δεν είναι συνεχείς,
- Οι απώλειες αναμονής (standby losses). Οι απώλειες αυτοεκφόρτισης ενός συστήματος flywheels αναλύονται σε δύο τύπους: *ανοιχτού κυκλώματος*, όταν το σύστημα μετατροπής ισχύος είναι 'off' και οι απώλειες τότε συνδέονται με το σφόνδυλο και τα ρουλεμάν, και *αναμονής (standby)*, όταν το σύστημα μετατροπής είναι 'on' προκειμένου να διατηρήσει μια συνεχή ταχύτητα. Τα συστήματα flywheels δε λειτουργούν για μεγάλες περιόδους σε κατάσταση ανοιχτού κυκλώματος γι' αυτό και οι κατασκευαστές δίνουν σαν απώλειες αυτοεκφόρτισης τις απώλειες μόνο για κατάσταση αναμονής.
- Ο βαθμός αυτοεκφόρτισης. Ο λόγος των απωλειών αυτοεκφόρτισης (δηλαδή των απωλειών αναμονής) προς την ολική χωρητικότητα του σφονδύλου C ανά ώρα, ορίζεται ως βαθμός εκφόρτισης. Ο βαθμός αυτός κυμαίνεται από 1,8--2% της ονομαστικής χωρητικότητας C ανά ώρα. Αυτό δείχνει ότι τα συστήματα με flywheels δεν είναι κατάλληλα για μακροπρόθεσμη αποθήκευση ενέργειας,
- Η θερμοκρασία λειτουργίας. Παρά το γεγονός ότι οι σφόνδυλοι από μόνοι τους μπορούν να λειτουργήσουν σε μεγάλο εύρος θερμοκρασιών, το σύστημα μετατροπής ισχύος θέτει ένα σοβαρό περιορισμό στο εύρος αυτό. Οι περισσότεροι κατασκευαστές δίνουν ένα εύρος λειτουργίας από 20°C έως 40°C. Η θερμοκρασία λειτουργίας εξαρτάται από τον τρόπο εγκατάστασης του σφονδύλου και του συστήματος μετατροπής (αν είναι τοποθετημένα στο ίδιο περίβλημα, ή αν ο σφόνδυλος είναι τοποθετημένος υπόγεια κτλ).

Τα τελευταία χρόνια στο σχεδιασμό των στρεφόμενων μαζών η έμφαση έχει μετατοπιστεί από το σχεδιασμό της γεωμετρίας της μάζας, στην προσπάθεια να επιτευχθούν υψηλές περιστροφικές

ταχύτητες. Ταχύτητες μέχρι 40.000rpm έχουν ήδη επιτευχθεί, ενώ μέχρι 60.000rpm προβλέπονται για τις μελλοντικές γενιές.

Ο χρόνος εκφόρτισης αυτών των διατάξεων κυμαίνεται μεταξύ λίγων sec και μέχρι 15-30 min, βοηθώντας περισσότερο από τις μπαταρίες σε εφαρμογές ισχύος παρά ενέργειας.

Αντίθετα από τις μπαταρίες, τα συστήματα flywheels δεν είναι ευαίσθητα στη θερμοκρασία και η απόδοσή τους μπορεί αν φτάσει ως και 80-90% χωρίς ιδιαίτερη πτώση της απόδοσης τους με το χρόνο ζωής τους ο οποίος φτάνει τα 15-20 χρόνια (για χρήση σε υψηλές συχνότητες) με μικρή συντήρηση και εγκατάσταση.

Οι στρεφόμενοι σφόνδυλοι μπορούν να συμπληρώσουν τις μπαταρίες στα ΣΗΕ (συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας) με υψηλή διείσδυση μονάδων ΑΠΕ (ανανεώσιμων πηγών ενέργειας) εξισορροπώντας τις απότομες και γρήγορες μεταβολές λόγω των περιορισμένων κύκλων ζωής που έχουν.

### **3.5. Σύστημα ανάκτησης κινητικής ενέργειας από τα καυσαέρια των Μ.Ε.Κ.**

(με την χρήση τουρμπίνας και γεννήτριας)

Οι τουρμπίνες σαν και αυτή της παρακάτω εικόνας χρησιμοποιούνται εδώ και χρόνια στις Μ.Ε.Κ για την αύξηση της ισχύος τους.

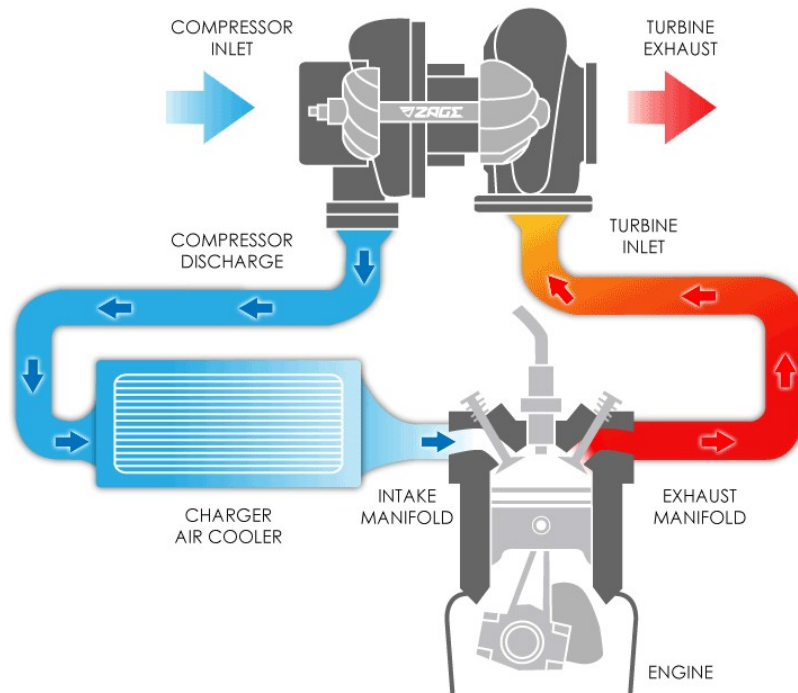


www.shutterstock.com · 149235392

Η λειτουργία τους με την βοήθεια της παρακάτω εικόνας έχει ως εξής.

Ο υπερσυμπιεστής καυσαερίων (turbo) χρησιμοποιείται, προκειμένου να αυξηθεί η ιπποδύναμη ενός κινητήρα. Τα καυσαέρια, μέσω της εξαγωγής, (κόκκινος σωλήνας) οδηγούνται σε μία

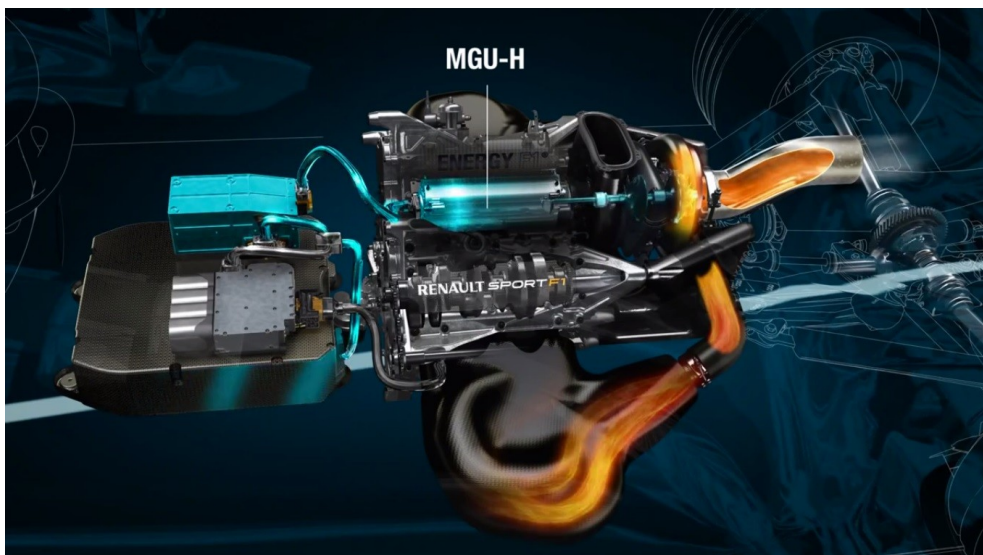
φτερωτή, (turbine wheel) προκαλώντας την περιστροφή της. Μέσω ενός μικρού άξονα, η περιστροφική κίνηση μεταβιβάζεται σε μία άλλη έλικα, που είναι τοποθετημένη στην απέναντι άκρη του (compressor wheel) και η οποία συμπιέζει αέρα στο σύστημα εισαγωγής του κινητήρα(μπλε σωλήνας).



Πρακτικά,

δηλαδή, ρουφάει με πολλή πίεση αέρα και τον οδηγεί στο θάλαμο καύσης, επιτυγχάνοντας έτσι καλύτερη αναλογία οξυγόνου και ποσότητας καυσίμου.

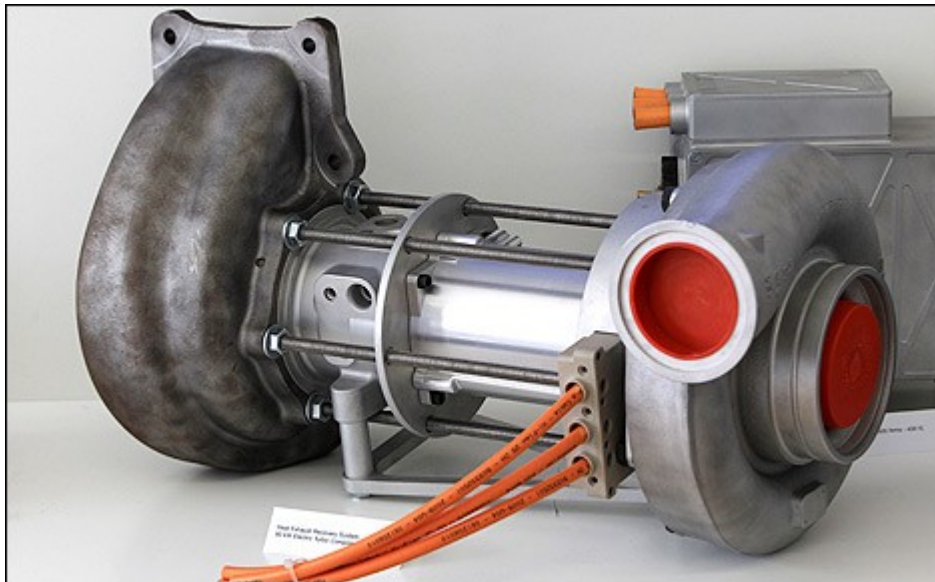
Από μια πρώτη ματιά βλέπουμε ότι το παραπάνω σύστημα, αν και αρκετά παλιό ήδη κάνει χρήση της κινητικής ενέργειας των καυσαερίων που σε άλλη περίπτωση θα πήγαιναν χαμένα. Έτσι λοιπόν αποφασίστηκε η περεταίρω εκμετάλλευση της κινητικής-θερμικής ενέργειας των προϊόντων της καύσης με την προσθήκη μια γεννήτριας η οποία θα παίρνει κίνηση από τον άξονα της φτερωτής της τουρμπίνας. (επόμενη εικόνα)



Κατά την λειτουργία της Μ.Ε.Κ. η φτερωτή της τουρμπίνας περιστρέφεται από τα καυσαέρια και η κίνηση περνάει μέσω ενός μικρού άξονα στην γεννήτρια. (στην συγκεκριμένη εικόνα ονομάζεται MGU-H) Η γεννήτρια αφού δέχεται κινητική ενέργεια και περιστρέφεται παράγει ηλεκτρική ενέργεια η οποία οδηγείται προς αποθήκευση (μέσω των κατάλληλων ηλεκτρονικών διατάξεων) σε μια μπαταρία.

Όπως καταλαβαίνουμε ο ρόλος της τουρμπίνας εδώ είναι διπλός. Από την μία συμβάλει στην αύξηση της ιπποδύναμης της Μ.Ε.Κ. και από την άλλη μας παρέχει (μέσω της γεννήτριας) ηλεκτρική ενέργεια για τη φόρτιση μπαταριών. Ενέργεια που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την πρόωση του οχήματος ή την λειτουργία άλλων συστημάτων του όπως ο κλιματισμός το ηχοσύστημα κτλ.

Μια πιο ρεαλιστική φωτογραφία του συστήματος τουρμπίνα-γεννήτρια φαίνεται παρακάτω.



### 3.5.1. Ελαχιστοποίηση του turbo lag

Η μηχανική σύνδεση της φτερωτής της τουρμπίνας με την ηλεκτρική γεννήτρια μας δίνει μια ακόμα σημαντική δυνατότητα. Αυτή της ελαχιστοποίησης του turbo lag.

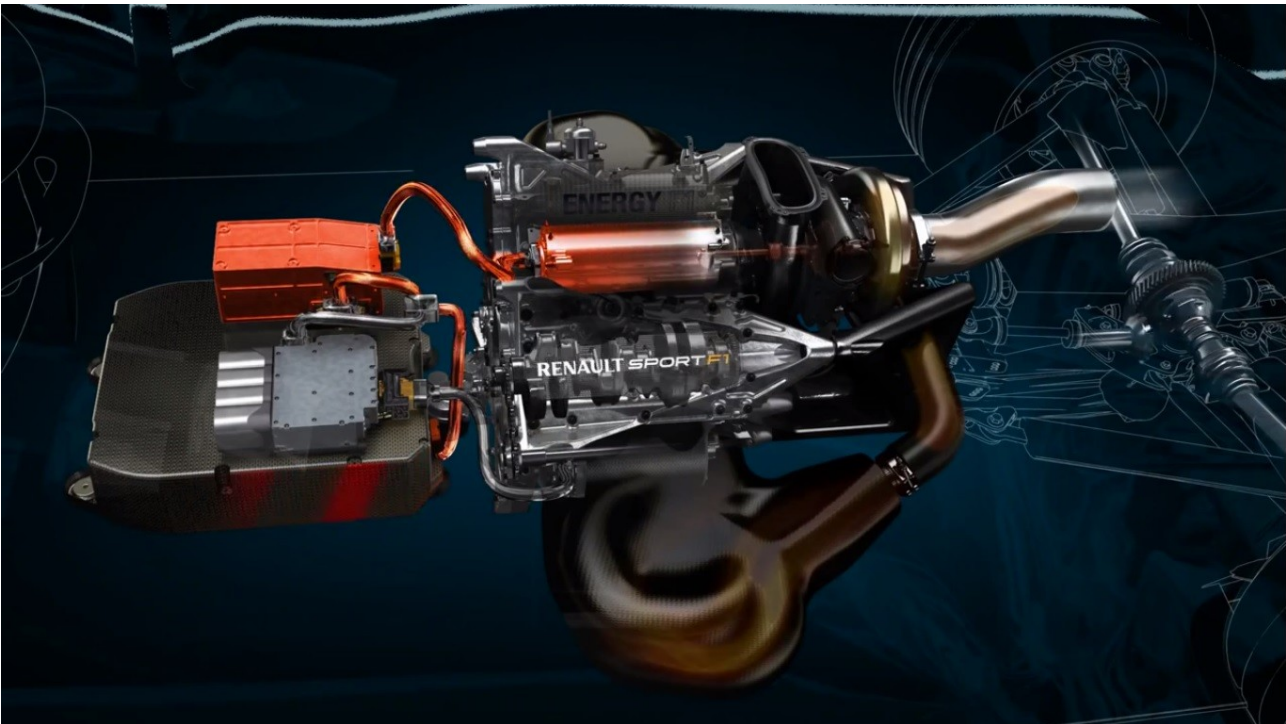
Turbo lag είναι ο χρόνος που απαιτείται ώστε να επιταχυνθεί η φτερωτή από τα καυσαέρια και να ανεβάσει πίεση. Δηλαδή να εισαχθεί αρκετά μεγάλη ποσότητα αέρα στους κυλίνδρους. Το αποτέλεσμα είναι μια καθυστέρηση από το πάτημα του γκαζιού μέχρι την απόκριση του κινητήρα και θεαματική και απότομη αύξηση της ισχύος όταν όπως λέγεται "μπει" το turbo. Όσο μεγαλύτερη είναι η φτερωτή τόσο πιο μεγάλη η αδράνειά της άρα θα αργήσει να ανεβάσει πίεση αλλά και τόσο μεγαλύτερη η απόδοσή της όταν ανεβάσει πίεση.

Με πιο απλά λόγια καθώς ο κινητήρας λειτουργεί (π.χ. με μεσαίες στροφές) τα καυσαέρια περιστρέφουν την φτερωτή και έτσι επιτυγχάνεται η αύξηση της ισχύος του κινητήρα. Όταν όμως αφήσουμε το πόδι μας από το γκάζι, τότε τα καυσαέρια είναι πολύ λίγα και δεν μπορούν να

γυρίσουν την έλικα της τουρμπίνας. Αυτό έχει σαν συνέπεια την επόμενη φορά που θα πατήσουμε ξανά το γκάζι να μην πάρουμε αμέσως την μέγιστη ισχύ του κινητήρα μας, αλλά να χρειαστεί να περιμένουμε λίγο. Δηλαδή υπάρχει μια μικρή υστέρηση στην απόκριση του γκαζιού γνωστή και ως turbo lag.

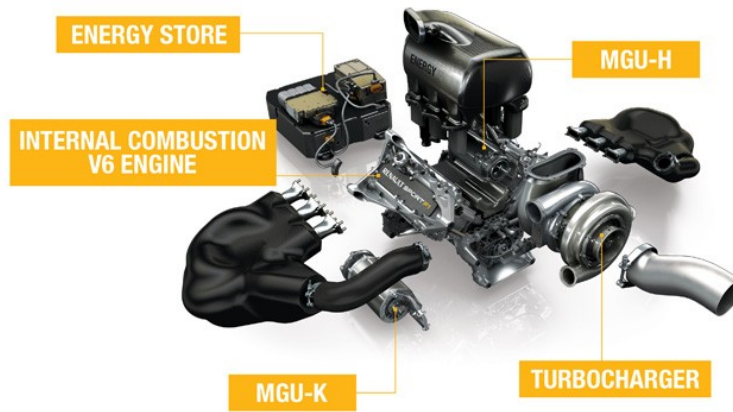
Εμείς για να εξαλείψουμε αυτό το φαινόμενο λειτουργούμε την γεννήτρια ως κινητήρα (παίρνοντας μια μικρή ισχύ από την μπαταρία) για την περιστροφή της φτερωτής της τουρμπίνας κατά το διάστημα που τα καυσαέρια είναι πολύ λίγα ώστε να μην πέσουν σημαντικά οι στροφές της. Αυτό έχει σαν συνέπεια την επόμενη φορά που ο οδηγός θα ενεργοποιήσει το πεντάλ του γκαζιού να έχει στην διάθεση του την πλήρη ισχύ της Μ.Ε.Κ.

Αυτό φαίνεται στην παρακάτω εικόνα όπου μπαταρία και κινητήρας έχουν χρωματιστεί με κόκκινο χρώμα για τονιστεί η αντίστροφη λειτουργία.

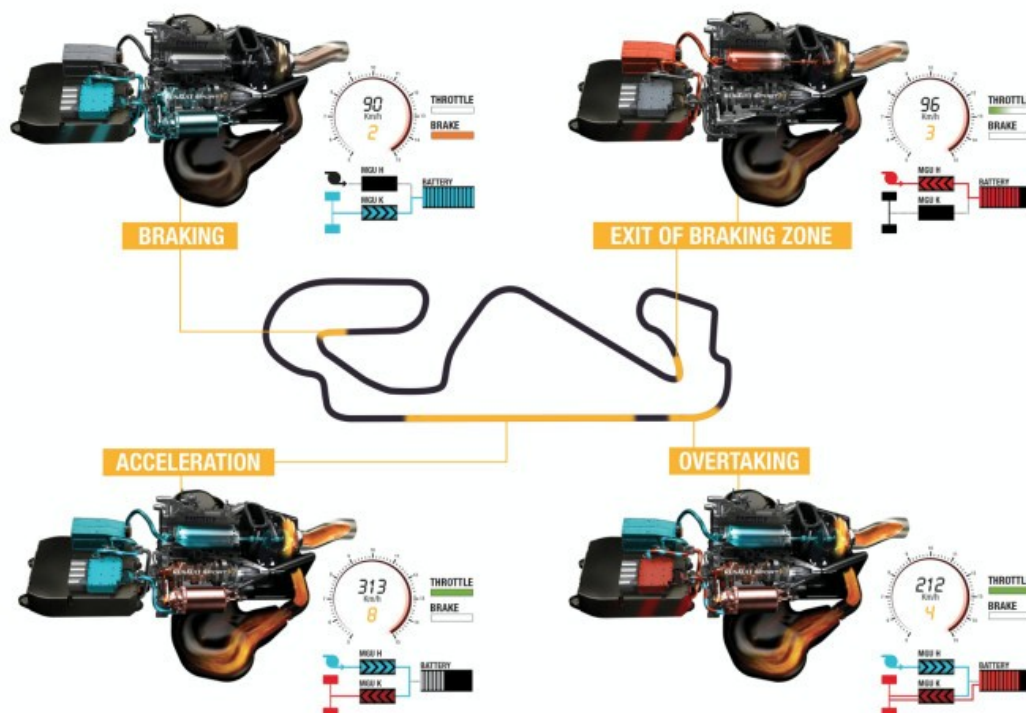


Το παραπάνω σύστημα ανάκτησης ενέργειας μπορεί να συνδυαστεί με την αναγεννητική πέδηση που αναφέρθηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο για ακόμα μεγαλύτερη ανάκτηση ενέργειας. Επίσης το σύστημα ανάκτησης αυτό πρωτοεμφανίστηκε το 2014 στην formula 1 και από όσο γνωρίζουμε μέχρι σήμερα, δεν έχει εφαρμοστεί σε κάποιο συμβατικό αυτοκίνητο. Παρόλα αυτά έχει γίνει αντικείμενο έρευνας και μελέτης για τους περισσότερους κατασκευαστές αυτοκινήτων για την περαιτέρω εξέλιξη του και την τοποθέτηση του σε συμβατικά οχήματα. Αξίζει να σημειωθεί ότι το συγκεκριμένο σύστημα ανάκτησης ενέργειας στην F1 συνδυάζεται και με αναγεννητική πέδηση για περαιτέρω ανάκτηση ενέργειας και φόρτιση των μπαταριών. Όλα αυτά γίνονται στα πλαίσια ενός πιο οικολογικού προσώπου που θέλει να δήξει η διοργανώτρια αρχή στοχεύοντας στην μείωση του καταναλισκόμενου καυσίμου (μιας και κάθε μονοθέσιο θα έχει μόνο 100 λίτρα).

### 3.5.2. Λίγα λόγια για το υβριδικό σύστημα κίνησης της F1 2014



Κατά τη διάρκεια της επιτάχυνσης θα λειτουργεί ο 1.600αρης κινητήρας ο οποίος θα καταναλώνει καύσιμο, με την τουρμπίνα να στροφάρει στις 100.000 σ.α.λ. Η MGU-H λειτουργεί ως γεννήτρια, ανακτώντας ενέργεια από τη θερμότητα που χάνεται στις εξατμίσεις. Η ενέργεια αυτή περνά είτε στη MGU-K είτε στη μπαταρία, για αποθήκευση και μελλοντική χρήση. Η MGU-K, η οποία είναι συνδεδεμένη με τον στροφαλοφόρο άξονα, μεταφέρει την επιπλέον δύναμη στους πίσω τροχούς, είτε για να αυξήσει την παραγόμενη ιπποδύναμη, είτε για να εξοικονομήσει καύσιμο από τον κινητήρα εσωτερικής καύσης, με την κεντρική ηλεκτρονική μονάδα (ECU) να αποφασίζει αναλόγως των συνθηκών και των απαιτήσεων ποιο από τα παραπάνω δύο θα συμβεί.

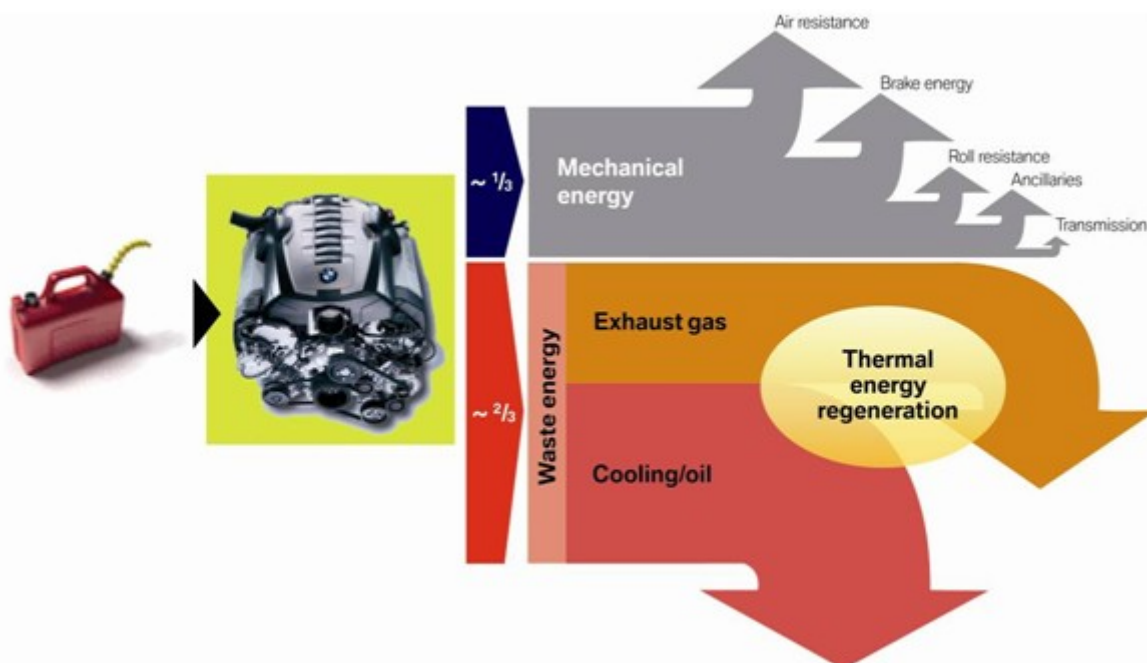


Στο τέλος της ευθείας, ο οδηγός φρενάρει, με την MGU-K να παίρνει σειρά και να μετατρέπει τη παραγόμενη ενέργεια από το σύστημα πέδησης σε ηλεκτρική, η οποία αποθηκεύεται στη μπαταρία. Κατά το φρενάρισμα η MGU-H ενεργοποιείται προσπαθώντας να κρατήσει τη ταχύτητα περιστροφής της φτερωτής της τουρμπίνας για να αποφευχθεί το φαινόμενο του turbo lag. Όταν ο οδηγός πατήσει πάλι το γκάζι και παραχθούν αρκετά καυσαέρια, το turbo μπορεί να πάρει χρόνο ώστε να λειτουργήσει και πάλι στις 100.000 σ.α.λ. Για να αποφευχθεί το turbo lag, η MGU-H ενεργοποιείται ξανά για να διατηρήσει την ταχύτητα περιστροφής της φτερωτής της τουρμπίνας όσο πιο κοντά στο βέλτιστο. Όταν ο οδηγός βγει από τη στροφή και πατήσει πλήρως το γκάζι, η MGU-H λειτουργεί ως γεννήτρια, απορροφώντας ενέργεια από τον άξονα της φτερωτής του turbo για τη μετατροπή της θερμικής ενέργειας από τα καυσαέρια σε ηλεκτρική. Η ενέργεια που ανακτάται μπορεί είτε να χρησιμοποιηθεί στην MGU-K, είτε στην μπαταρία για αποθήκευση και μελλοντική χρήση, σε μια προσπάθεια είτε να κρατηθεί η κατανάλωση του καυσίμου όσο το δυνατόν χαμηλότερη, είτε να φορτίσει τη μπαταρία. Κατά τη διάρκεια ενός γύρου, η ισορροπία μεταξύ της παραγόμενης ενέργειας, της διαχείρισης της ενέργειας και της κατανάλωσης καυσίμου θα παρακολουθείται προσεκτικά από την ECU.

### 3.6. Σύστημα ανάκτησης θερμικής ενέργειας από τα καυσαέρια

(ΣΥΣΤΗΜΑ ΣΥΝΔΥΑΣΜΕΝΟΥ ΚΥΚΛΟΥ (BMW TurboSteamer))

Ακόμα και ένας πολύ αποδοτικός κινητήρας εσωτερικής καύσης μετατρέπει μόνο το ένα τρίτο περίπου της ενέργειας του καυσίμου σε μηχανική ισχύ, προκειμένου να κινήσει το όχημα. Η υπόλοιπη χάνεται μέσα από τη θερμότητα που εκβάλλεται στο περιβάλλον και αποβάλλεται μέσα από τα καυσαέρια και το ψυγείο και ονομάζεται 'απόβλητη θερμότητα'.





Ένα από τα ερευνητικά προγράμματα της BMW είναι το λεγόμενο Turbosteamer που χρησιμοποιεί απόβλητη θερμότητα στο ψυκτικό υγρό και στα καυσαέρια, για αύξηση της κινητήριας ισχύος και της ροπής, και ταυτόχρονα μείωση της κατανάλωσης. Δοκιμές στο Δυναμόμετρο έχουν δείξει ήδη ότι αυτή η τεχνολογία μπορεί να βελτιώσει την απόδοση του κινητήρα και να μειώσει την κατανάλωση υπό εργαστηριακές συνθήκες μέχρι 15%.

Το Turbosteamer βασίζεται στην ίδια αρχή με τον κινητήρα ατμού, ο οποίος παράγει ατμό σε δύο κυκλώματα, πράγμα που χρησιμεύει στην περιστροφή ενός κινητήρα.

Η ομάδα ερευνών και εξέλιξης της BMW, θέλοντας να εκμεταλλευτεί αυτή τη θερμική ενέργεια των καυσαερίων, επινόησε ένα σύστημα, το οποίο θα εκμεταλλεύεται την ενέργεια των καυσαερίων, σε ποσοστό μεγαλύτερο από 80%. Ο όρος συνδυασμένος κύκλος αναφέρεται σε συστήματα με δύο θερμοδυναμικούς κύκλους, οι οποίοι συνδέονται μεταξύ τους με κάποιο εργαζόμενο ρευστό και λειτουργούν σε διαφορετικές θερμοκρασίες. Ο κύκλος υψηλής θερμοκρασίας (κορυφής) αποβάλλει θερμότητα, που ανακτάται και χρησιμοποιείται από τον κύκλο χαμηλής θερμοκρασίας (βάσης) για την παραγωγή πρόσθετης ηλεκτρικής ή μηχανικής ενέργειας, αυξάνοντας έτσι το βαθμό απόδοσης.

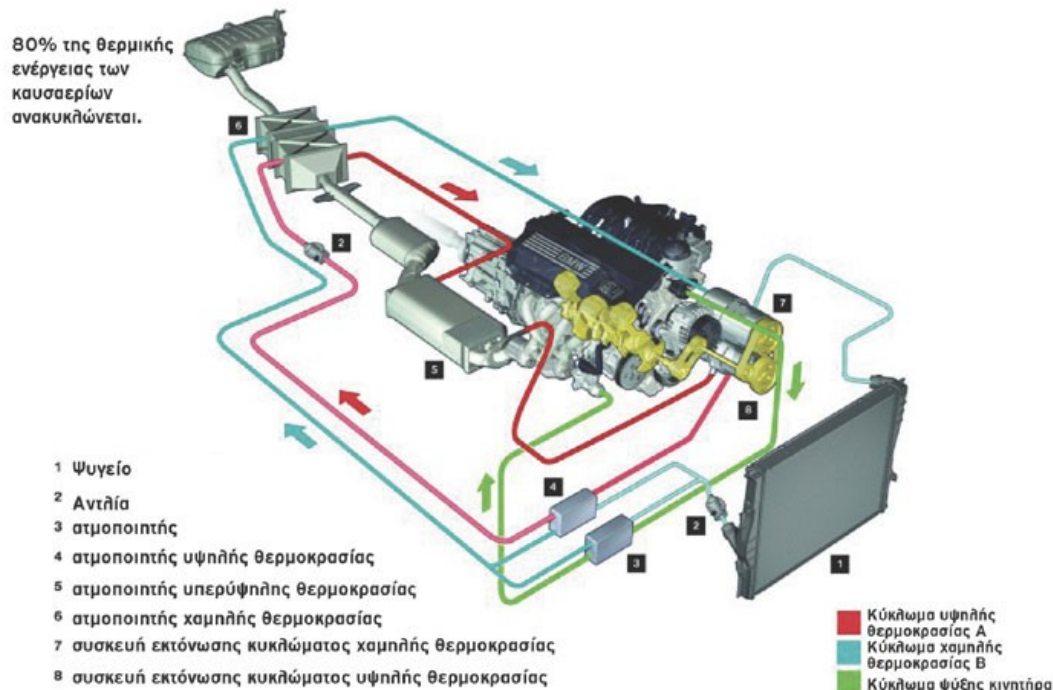
Οι μηχανικοί της BMW χρησιμοποίησαν τη θερμότητα των καυσαερίων για τη θέρμανση ενός ρευστού, το οποίο στη συνέχεια αλλάζει φάση και γίνεται ατμός. Ο ατμός οδηγείται (προς εκτόνωση σε ένα στρόβιλο, ο οποίος είναι συνδεδεμένος με τη στροφαλοφόρο άτρακτο του κινητήρα και η λειτουργία του στηρίζεται στην ίδια αρχή λειτουργίας με του κοινούς ατμοστρόβιλους. Για τη θέρμανση του ρευστού εκτός από τη θερμότητα των καυσαερίων, χρησιμοποιείται, ως δεύτερη πηγή ενέργειας, και η θερμότητα από το σύστημα ψύξης του κινητήρα. Η θερμότητα των καυσαερίων και του συστήματος ψύξης του κινητήρα προσδίδεται στο ρευστό, μέσω εναλλακτών θερμότητας.

Η λειτουργία του συστήματος αυτού, το οποίο λειτουργεί ως βοηθητικό, σε συνδυασμό με τη λειτουργία του υπόλοιπου συστήματος παραγωγής και μετάδοσης της ισχύος, έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της συνολικής ισχύος έως και 15%.

Ειδικότερα, η χρήση του συστήματος (σε πειραματικό στάδιο) σε έναν τετρακύλινδρο κινητήρα της BMW κυβισμού 1.8 Lt, είχε ως αποτέλεσμα την αύξηση της ισχύος κατά 10 KW, την αύξηση της ροπής κατά 20 Nm και μείωση της κατανάλωσης πάνω από 15%. Όλα αυτά επετεύχθησαν χωρίς κάποιο ενεργειακό κόστος, παρά μόνο με την εκμετάλλευση της θερμότητας των καυσαερίων και αυτή του συστήματος ψύξης του κινητήρα.

Ένα ακόμη πλεονέκτημα αυτού του συστήματος είναι ότι τα εξαρτήματα που το αποτελούν έχουν σχεδιαστεί με τέτοιο τρόπο, ώστε το σύστημα να μην απαιτεί μεγάλο χώρο για την τοποθέτηση του, και χάρη σε αυτό μπορεί να τοποθετηθεί και σε μοντέλα που ήδη έχουν βγει στην παραγωγή ιδιαίτερα στη BMW σειρά 3. Το σύστημα αυτό επιλύει από τη μία μεριά τις αντιφάσεις που υπάρχουν μεταξύ κατανάλωσης και εκπεμπόμενων ρύπων και από την άλλη μεριά της απόδοσης και της ευστροφίας. Για τον λόγο αυτό, η περαιτέρω εξέλιξη του συστήματος αποσκοπεί στην κατασκευή πιο απλών και πιο μικρών εξαρτημάτων που θα αποτελούν το σύστημα.

Στην επόμενη εικόνα βλέπουμε την διάταξη ενός τέτοιου συστήματος.



Πρωτεύον κύκλωμα:

Το κύκλωμα υψηλής θερμοκρασίας (κόκκινο) συλλέγει θερμότητα στον πρώτο εναλλάκτη (4) και, μετά διέρχεται διαδοχικά από σημεία όλο και μεγαλύτερης θερμοκρασίας (την εξάτμιση πίσω (6) και εμπρός (5)), όπου ατμοποιείται. Στη συσκευή εκτόνωσης (8), ο ατμός σπρώχνει το στρόβιλο, που με τη σειρά του κινεί το στροφαλοφόρο και ξαναρχίζει τον κύκλο του.

Δευτερεύον κύκλωμα:

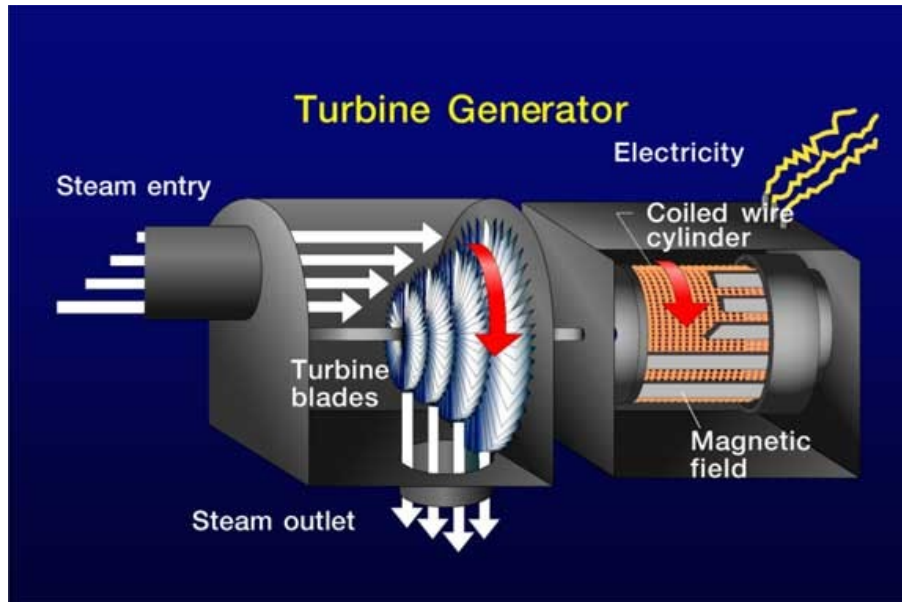
Το κύκλωμα χαμηλής θερμοκρασίας συλλέγει την υπόλοιπη θερμότητα από το πίσω μέρος της εξάτμισης (6) και από το κύκλωμα ψύξης του κινητήρα (3) και, εκτός του ότι τη μεταφέρει στο πρωτεύον κύκλωμα, στην αρχή του κύκλου του (4) για προθέρμανση, κάνει και τον ίδιο κύκλο εκτόνωσης στη δεύτερη συσκευή (7), που επίσης κινεί το στροφαλοφόρο.

### 3.6.1 Λίγα λόγια για τους Ατμοστρόβιλους (steam turbines)

Οι ατμοστρόβιλοι (τουρμπίνες) είναι κινητήριες μηχανές που χρησιμοποιούν ατμό υψηλής πίεσης για την παραγωγή κινητικής ενέργειας. Αποτελούνται από τον ρότορα ο οποίος είναι ένα περιστρεφόμενο τύμπανο εφοδιασμένο περιφερειακά με πτερύγια. (επόμενη εικόνα) Ο ατμός μέσω των ακροφυσίων διοχετεύεται στα πτερύγια. Η ενέργεια του ατμού προκαλεί την περιστροφή του ρότορα. Ο άξονας του ρότορα δεν πηγαίνει όπως στην παραπάνω εικόνα σε μια γεννήτρια αλλά συνδέεται με το στροφαλοφόρο άξονα της Μ.Ε.Κ. αυξάνοντας την ροπή και ταυτόχρονα

μειώνοντας της κατανάλωση και τζεκπομπέζτης. Τα βασικά χαρακτηριστικά των στροβίλων είναι:

1. Η κατανάλωση ατμού, tn/h
2. Ο ολικός και οι μερικοί βαθμοί απόδοσης
3. Η πραγματική ισχύς.



### 3.7. Θερμοηλεκτρική γεννήτρια (thermoelectric generator) (TEG)

(ηλεκτρική ισχύς από την 'απόβλητη θερμότητα')

Μέχρι σήμερα, η παραγωγή ηλεκτρικής ισχύος στο όχημα παραμένει μία αλυσίδα διαδικασιών με σημαντικές απώλειες. Αυτό συμβαίνει επειδή η χημική ενέργεια του καυσίμου που ρέει μέσα στον κινητήρα, αρχικά μετατρέπεται σε μηχανική ενέργεια, και μετά χρειάζεται μία γεννήτρια για τη μετατροπή της μηχανικής σε ηλεκτρική ισχύ.

Στην πράξη, αυτό σημαίνει ότι ο κινητήρας καύσης πρέπει να παρέχει σταθερά περίπου 2 watt μηχανική ενέργεια για την παραγωγή 1 watt ηλεκτρικής ενέργειας.

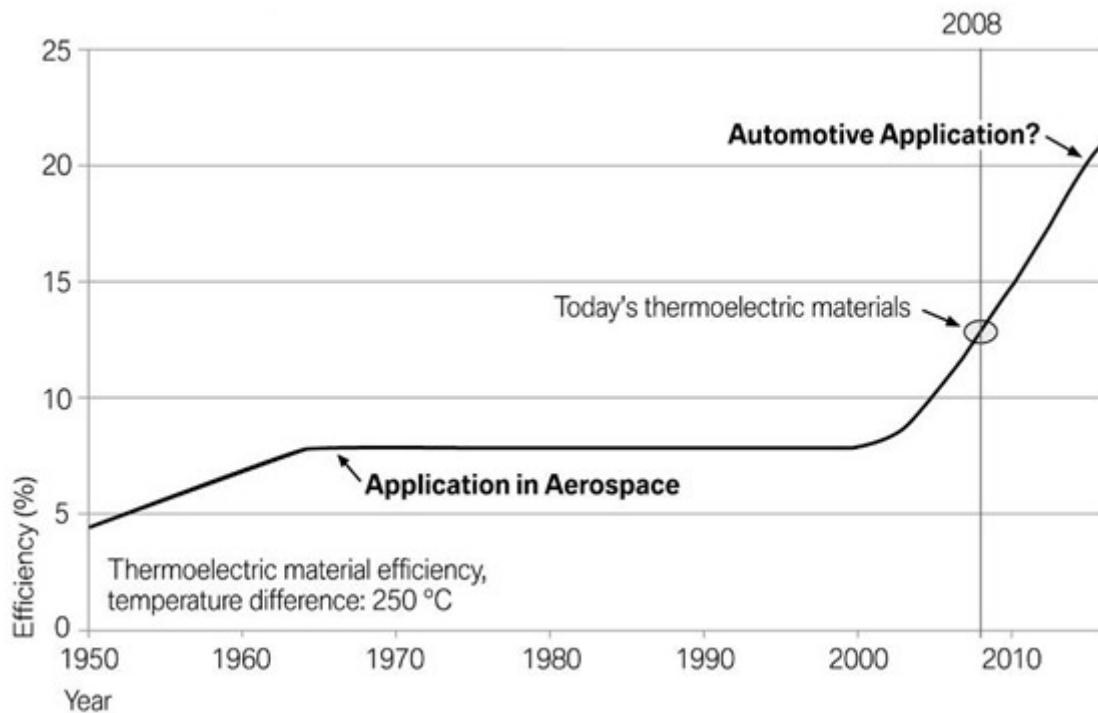
Γι' αυτό ακριβώς, οι μηχανικοί της BMW Group δουλεύουν πάνω σε διάφορες λύσεις, προκειμένου να επιτύχουν ένα ανώτερο πρότυπο απόδοσης στην παραγωγή ηλεκτρικής ισχύος στο όχημα. Εκτός από τη χρήση κυψελών καυσίμου (Auxiliary Power Units – APU), δουλεύουν σταθερά πάνω στη χρήση των καυσαερίων ή της απόβλητης θερμότητας.

Οι μηχανικοί του BMW Group μελετούν μία τεχνολογία η οποία μπορεί να μετατρέψει τη θερμική ενέργεια των καυσαερίων, απευθείας σε ηλεκτρική ισχύ. Στην περίπτωση αυτή, οι μηχανικοί

χρησιμοποιούν μία τεχνολογία την οποία η NASA, (US Space Agency), υιοθετεί για την παραγωγή ηλεκτρικής ισχύος στα μη επανδρωμένα διαστημικά οχήματα εδώ και τέσσερις δεκαετίες περίπου. Η φυσική Αρχή που εφαρμόζεται σ' αυτή τη διαδικασία παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας είναι ότι θερμοηλεκτρικά στοιχεία ημιαγωγών παράγουν ηλεκτρική τάση υπό θερμοκρασιακές διαφορές (φαινόμενο Seebeck).

Μέχρι πριν από μερικά χρόνια, ωστόσο, τέτοιες θερμοηλεκτρικές γεννήτριες (TEG) ήταν ακατάλληλες για χρήση στο αυτοκίνητο, λόγω του χαμηλού επιπέδου απόδοσής τους. Αλλά επειδή τελευταία έχει σημειωθεί σημαντική πρόοδος στην έρευνα των υλικών, οι επιδόσεις και η απόδοση τέτοιων μονάδων έχει αυξηθεί σημαντικά.

Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται η πρόοδος που έχει επιτευχθεί στην εξέλιξη θερμοηλεκτρικών υλικών τα τελευταία χρόνια.



#### Πρόοδος στην Εξέλιξη Θερμοηλεκτρικών Υλικών

Για την παραγωγή ηλεκτρικής ισχύος στο όχημα, μία θερμοηλεκτρική γεννήτρια ενσωματώνεται στην πολλαπλή εξαγωγή. Ενώ η ηλεκτρική ισχύς που μπορεί να παράγει ένα τέτοιο σύστημα είναι σχετικά μικρή - μέγιστη τιμή 200 W, η ραγδαία πρόοδος στην έρευνα υλικών ήδη καθιστά ρεαλιστικό το φιλόδοξο στόχο παραγωγής μέχρι 1.000 W - οπωσδήποτε μία εφικτή πρόταση.

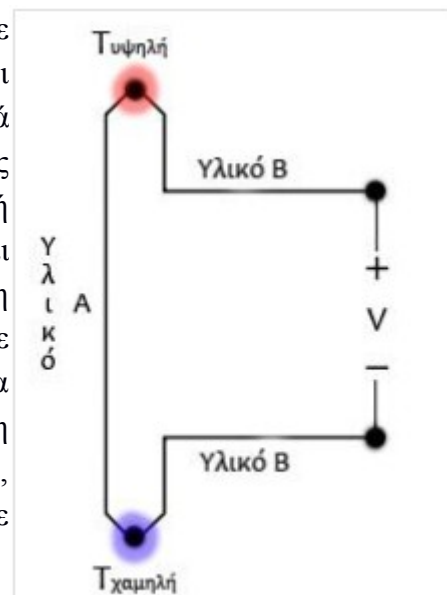
Αυτό το σύστημα παραγωγής ενέργειας έχει και πρόσθετα αποτελέσματα, όπως η παροχή έξτρα θερμότητας για τον κινητήρα ή το σύστημα θέρμανσης σε κρύες εκκινήσεις (αντιστροφή λειτουργίας της Θερμοηλεκτρικής γεννήτριας. Περαιτέρω ανάπτυξη παρακάτω). Επομένως, η θερμοηλεκτρική γεννήτρια συμπληρώνει ιδανικά το Brake Energy Regeneration, ένα από τα στοιχεία του BMW EfficientDynamics. Γιατί ενώ το Brake Energy Regeneration χρησιμεύει για

ανάκτηση ισχύος κατά το ρολλάρισμα και το φρενάρισμα, το TEG προσφέρει τα πλεονεκτήματά του στις απολαυστικές στιγμές της οδήγησης, δηλαδή κατά την επιτάχυνση. Στο μέλλον, θερμοηλεκτρικές γεννήτριες θα μπορούν να μειώνουν την κατανάλωση, κάτω από πραγματικές οδηγικές συνθήκες, μέχρι 5%.

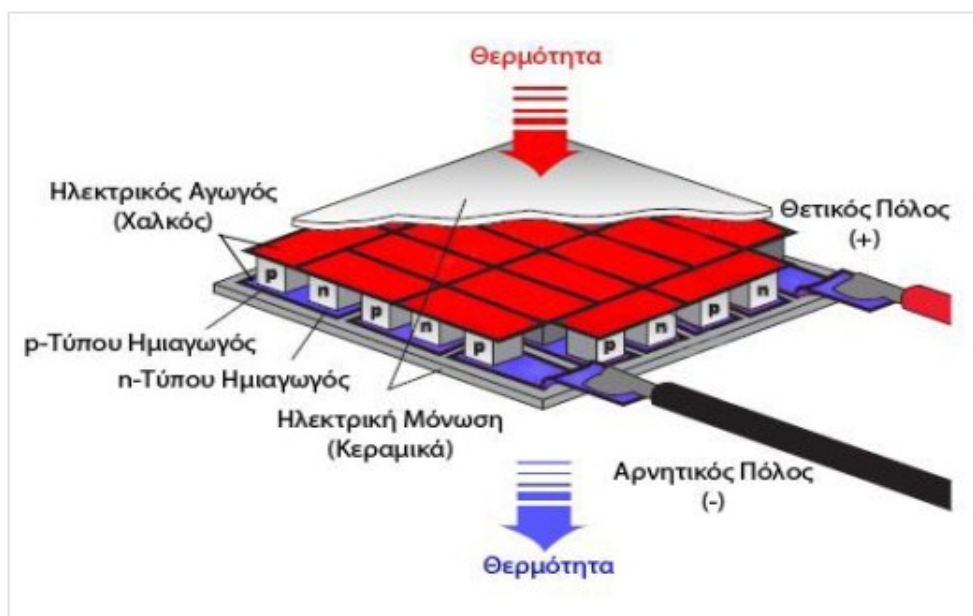
### 3.7.1. Λίγα λόγια για την αρχή λειτουργίας των Θερμοηλεκτρικών Στοιχείων

Η μετατροπή της θερμικής ενέργειας, που εμφανίζεται ως ροή θερμότητας από σώματα υψηλής προς σώματα χαμηλότερης θερμοκρασίας, σε ηλεκτρική ενέργεια, γίνεται μέσω του φαινομένου Seebeck χρησιμοποιώντας θερμοηλεκτρικά στοιχεία που ονομάζονται Θερμοηλεκτρογεννήτριες.

Στο φαινόμενο Seebeck βασίζεται η λειτουργία των γνωστών σε όλους θερμοζευγών, στοιχείων από τα οποία αποτελούνται οι θερμοηλεκτρογεννήτριες. Όταν δύο διαφορετικά θερμοηλεκτρικά υλικά, A και B, έχουν αντίστοιχα τις δύο άκρες τους σε δύο διαφορετικές θερμοκρασίες, Τυψηλή και Τχαμηλή και ενωθούν σε σειρά μεταξύ τους ηλεκτρικά, όπως φαίνεται και στο διπλανό σχήμα, τότε εμφανίζεται ηλεκτρεγερτική δύναμη που είναι ανάλογη της διαφοράς θερμοκρασίας και εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τα δύο διαφορετικά χρησιμοποιούμενα υλικά. Η διαφορά δυναμικού αυτή, οφείλεται στην μετακίνηση των ελεύθερων φορτίων, όπως είναι τα ηλεκτρόνια και οι οπές, καθώς και στις ταλαντώσεις πλέγματος, που περιγράφονται με τα κβάντα κυμάτων που ονομάζονται φωνόνια.



Η βασική δομή των θερμοηλεκτρικών στοιχείων φαίνεται στο επόμενο σχήμα. Όπως παρατηρείται και στην εικόνα, τα θερμοηλεκτρικά στοιχεία αποτελούνται από δυο επιφάνειες, την θερμή και την ψυχρή. Οι επιφάνειες αυτές αποτελούνται συνήθως από θερμικά αγωγά κεραμικά υλικά. Στην εσωτερική πλευρά αυτών των επιφανειών, βρίσκονται αντίστοιχα οι δύο ενώσεις των υλικών που αποτελούν τα θερμοζεύγη. Τα υλικά που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή των θερμοζευγών είναι κατά κύριο λόγο κράματα ημιαγωγών p και n τύπου. Στις σύγχρονες θερμοηλεκτρογεννήτριες υπάρχουν συνήθως 74, 128 ή 172 θερμοζεύγη, που συνδέονται ηλεκτρικά σε σειρά και παράλληλα θερμικά, για μεγαλύτερη απόδοση. Αξίζει να σημειωθεί ότι τα θερμοζεύγη τα είδαμε για πρώτη φορά στο εργαστήριο αισθητήρια και τεχνολογία. Με την χρήση τους κάναμε μέτρηση της θερμοκρασίας διαφόρων υγρών ως εξής. Όταν θερμαίναμε το θερμοζεύγος τότε στα άκρα του εμφανίζονταν διαφορά δυναμικού (της τάξης των mV) την οποία την μετράγαμε με ένα βολτόμετρο και στην συνέχεια τη μετατρέπαμε σε θερμοκρασία με την βοήθεια ενός πίνακα ο οποίος ήταν κατάλληλος για το συγκεκριμένο τύπο θερμοζεύγους.



### 3.7.2. Θερμοηλεκτρική γεννήτρια στο ερευνητικό όχημα BMW Σειρά 5.

Αυτό το είδος συστήματος θερμικής ανακύκλωσης προσφέρει επίσης την ευκαιρία παροχής πρόσθετης θερμότητας σε διάφορα επιμέρους συστήματα του αυτοκινήτου (όπως η μετάδοση) π.χ. σε μία κρύα εκκίνηση, συμβάλλοντας στη βελτίωση της συνολικής απόδοσης.

Με ένα ακόμα βήμα προόδου, ενδέχεται να καταστεί δυνατή στο μέλλον η ενσωμάτωση μιας καινοτομικής μονάδας παραγωγής ισχύος σε έναν καταλυτικό μετατροπέα. Στη συνέχεια, αναστρέφοντας την όλη διαδικασία και αποστέλλοντας ηλεκτρική ισχύ στους ημιαγωγούς (φαινόμενο Peltier), το σύστημα μπορεί να χρησιμεύσει για να θερμάνει τον κινητήρα ή τη μετάδοση με στόχο τη μείωση των εκπομπών ρύπων σε μία κρύα εκκίνηση. Μόλις τα καυσαέρια ζεσταθούν αρκετά, η διαδικασία μπορεί να αναστραφεί και πάλι για την παραγωγή ηλεκτρικής ισχύος.

Σήμερα, το σύστημα μπορεί να παράγει περίπου 200 watts ηλεκτρικής ισχύος. Αλλά καθώς η έρευνα των υλικών συνεχίζεται με ταχύ ρυθμό, ο φιλόδοξος στόχος της αύξησης της απόδοσης του συστήματος στα 1.000 watts είναι απόλυτα ρεαλιστικός και λίγο απέχει από την πραγματικότητα. Στο μέλλον, αυτό μπορεί να χρησιμεύσει για μείωση της κατανάλωσης υπό συνήθεις οδηγικές συνθήκες μέχρι 5%. Η τεχνολογία TEG συμπληρώνει ιδανικά το Brake Energy Regeneration: ενώ το Brake Energy Regeneration χρησιμεύει για ανάκτηση ισχύος κατά το ρολλάρισμα και στο φρενάρισμα για μεγαλύτερη οικονομία καυσίμου, το TEG προσφέρει τα πλεονεκτήματά του στις ευχάριστες στιγμές της οδήγησης, δηλαδή κατά την επιτάχυνση.

### **3.8. Υδραυλικό σύστημα ανάκτησης κινητικής ενέργειας**

Γύρο από το συγκεκριμένο σύστημα ανάκτησης ενέργειας υπάρχει μια σύγχυση. Η σύγχυση αυτή έχει να κάνει με το αν το εν λόγω σύστημα θεωρείται υδραυλικό ή πνευματικό ή ένας συνδυασμός αυτών των δύο. Δημιουργοί αυτού του συστήματος ανάκτησης ενέργειας είναι η εταιρία Bosh μαζί με τον όμιλο PSA Peugeot-Citroen. Ο όμιλος PSA Peugeot-Citroen αποκαλεί το συγκεκριμένο σύστημα που τοποθετεί σε δοκιμαστικά οχήματα air hybrid system. Επίσης ενημερωτικά άρθρα από διάφορα περιοδικά και εφημερίδες (που δεν μπαίνουν σε πολλές τεχνικές λεπτομέρειες) αναφέρουν ότι τα αυτοκίνητα αυτά χρησιμοποιούν για τη προώθηση τους, τον αέρα, ενισχύοντας την άποψη ότι το όχημα έχει πνευματικό υβριδικό σύστημα ανάκτησης ενέργειας. Φως τελικά έρχεται να ρίξει ένα άρθρο από την ελληνική Bosh (Bosh Hellas) το οποίο ξεκαθαρίζει ότι αέρας συμπιέζεται και χρησιμοποιείται για την προώθηση ρευστού το οποίο θα τροφοδοτήσει έναν υδραυλικό κινητήρα.

#### **3.8.1. Γνωριμία με την φιλοσοφία του ομίλου PSA-Bosch**

Η ιδέα είναι απλή, ευφυής και δεν είναι νέα. Ταιριάζει όμως γάντι στα αυτοκίνητα μικρών κατηγοριών, αφού, αφενός, δεν ανεβάζει το κόστος σε δυσθεώρητα ύψη, όπως η ηλεκτρική υβριδική τεχνολογία, αφετέρου, έχει μεγάλο βαθμό απόδοσης και προσφέρει σημαντικά οφέλη στην κατανάλωση και εκπομπή CO<sub>2</sub>. Επιπλέον η αυτοκινητοβιομηχανία βρίσκεται μπροστά σε ένα δίλημμα όσον αφορά την περαιτέρω εξέλιξη των μικρών κατηγοριών, εκεί όπου οι κινητήρες ντίζελ, τα υβριδικά και η ηλεκτροκίνηση συνεπάγονται επιπλέον κόστος. Αυτός είναι και ο λόγος άλλωστε, που τα ντιζελοκίνητα της κατηγορίας A είναι είδος προς εξαφάνιση στην Ευρώπη, αφού ο μέσος καταναλωτής δεν είναι πρόθυμος να καταβάλει παραπάνω χρήματα, όχι μόνο για τον πετρελαιοκινητήρα, αλλά ούτε καν για προαιρετικό εξοπλισμό. Η λύση; Υδραυλική υβριδική τεχνολογία, απαντούν PSA και Bosch. Η υδραυλική υβριδική τεχνολογία αναπτύχθηκε από την εταιρεία Volvo Flygmotor και χρησιμοποιήθηκε πειραματικά σε λεωφορεία από τις αρχές του 1980 και παραμένει ακόμα μια ενεργή περιοχή ερευνητικά. Η αρχική σύλληψη είχε να κάνει με έναν τεράστιο σφόνδυλο για αποθήκευση συνδεδεμένο σε ένα υδροστατικό κιβώτιο αλλά αργότερα μετατράπηκε σε απλούστερο σύστημα κάνοντας χρήση ενός υδραυλικού συσσωρευτή συνδεδεμένου σε μια υδραυλική αντλία.

Όπως τα ηλεκτρικά υβριδικά αυτοκίνητα που χρησιμοποιούν έναν κινητήρα εσωτερικής καύσης και ένα ηλεκτρικό μοτέρ, αποθηκεύοντας ενέργεια σε μια μπαταρία, έτσι και τα υδραυτικά υβριδικά βασίζονται στο συνδυασμό κινητήρα εσωτερικής καύσης (βενζίνης ή ντίζελ), υδραυλικής αντλίας-κινητήρα και υδραυλικού συσσωρευτή (αποθήκη ενέργειας), και διακρίνονται και αυτά, ανάλογα με τη διάταξή τους, σε εν σειρά και παράλληλα συστήματα. Η υπό εξέλιξη εφαρμογή της PSA-Bosch θα είναι παράλληλη και θα επιτρέπει στο αυτοκίνητο να κινείται είτε με το συμβατικό, μηχανικό τρόπο, είτε αμιγώς υδραυτικά, είτε συνδυαστικά. Επίσης, σε αντίθεση με τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα, που ανακτούσαν ενέργεια σε ηλεκτρική μορφή, το υδραυλικό υβριδικό σύστημα ανακτά την ενέργεια από το φρενάρισμα στη μορφή πεπιεσμένου υδραυλικού υγρού.

### 3.8.2. Αρχή λειτουργίας

Ένα εναλλακτικό σύστημα παραγωγής και μετάδοσης ισχύος που προσφέρει έναν αποδοτικό τρόπο ανάκτησης της ενέργειας πέδησης, αναφέρει αρχικά η Bosch και συνεχίζει.

- Μειώνει την κατανάλωση καυσίμου σε αστικές συνθήκες έως και 45%
- Χαμηλού κόστους, ανθεκτική και εύκολη στη συντήρηση μετάδοση κίνησης
- Το πρώτο παγκοσμίως υβριδικό υδραυλικό σύστημα με συσσωρευτή πνευματικής πίεσης

Το νέο, υδραυλικό, πλήρως υβριδικό σύστημα παραγωγής και μετάδοσης ισχύος της Bosch, αποδεικνύει ότι η οικονομία μπορεί να είναι διασκεδαστική. Η τεχνολογία που αναπτύσσει η Bosch σε συνεργασία με τον όμιλο PSA Peugeot Citroën, έχει σαφείς στόχους: τη διάθεση ενός υβριδικού υδραυλικού συστήματος παραγωγής και μετάδοσης ισχύος που θα μειώνει σημαντικά την κατανάλωση καυσίμου και τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα των αυτοκινήτων πόλης. Το σύστημα είναι επίσης συμβατό με επιβατηγά αυτοκίνητα άλλων κατηγοριών οχημάτων, καθώς επίσης και με ελαφρά φορτηγά τροφοδοσίας που κινούνται σε αστικό περιβάλλον.

Το υβριδικό υδραυλικό σύστημα είναι σχεδιασμένο για να προσφέρει πρόσθετη ώθηση, η οποία κανονικά είναι δυνατό να παραχθεί μόνον από περίπλοκα ηλεκτρικά συστήματα μετάδοσης κίνησης. Στην περίπτωση μας, ένας συμβατικός κινητήρας εσωτερικής καύσης συνδυάζεται με τις υδραυλικές μονάδες και το συσσωρευτή πίεσης αζώτου ώστε να παρέχει μια σύντομη ώθηση στην επιτάχυνση. Το υβριδικό σύστημα μπορεί να υποστηρίξει τόσο βενζινοκινητήρες όσο και ντιζελοκινητήρες, στο εύρος λειτουργίας όπου λειτουργούν σε μη βέλτιστη απόδοση.

Η ιδέα του διαχωρισμού της ισχύος επιτρέπει διάφορες επιλογές μετάδοσης της κίνησης. Για σύντομες διαδρομές, η αποθηκευμένη ενέργεια μπορεί να χρησιμοποιηθεί για κίνηση αποκλειστικά με την υδραυλικά παραγόμενη ισχύ, ενώ ο κινητήρας εσωτερικής καύσης παραμένει αδρανής με αποτέλεσμα το όχημα να παράγει μηδενικούς ρύπους. Για μεγαλύτερες διαδρομές ή σε οδήγηση με υψηλότερες ταχύτητες, η ισχύς επιτάχυνσης παρέχεται από τον κινητήρα εσωτερικής καύσης. Εναλλακτικά, οι δύο τύποι παραγωγής και μετάδοσης ισχύος μπορούν να συνδυαστούν μεταξύ τους. Σε αυτή την περίπτωση, η ενέργεια που αποθηκεύεται στο υδραυλικό σύστημα και το καύσιμο που καίγεται στον κινητήρα εσωτερικής καύσης συνεργάζονται για την κίνηση του οχήματος παρέχοντας επίσης το χαρακτηριστικό της σύντομης ώθησης.

Η Bosch και ο όμιλος PSA Peugeot Citroën θεωρούν ότι αυτή η τεχνολογία έχει τεράστιες προοπτικές. Στο νέο ευρωπαϊκό κύκλο οδήγησης, έχει τη δυνατότητα να μειώνει την κατανάλωση καυσίμου έως και 30% σε σχέση με έναν συμβατικό κινητήρα εσωτερικής καύσης. Σε οδήγηση αποκλειστικά μέσα στην πόλη, το ποσοστό αυτό αυξάνεται σε 45%. Συνεπώς, με τη χρήση αυτού του εναλλακτικού συστήματος παραγωγής και μετάδοσης ισχύος, η γκάμα των αυτοκινήτων πόλης μπορεί να εμπλουτιστεί σημαντικά. Η βελτιωμένη απόδοση οφείλεται στην προσεκτική διαμόρφωση των δύο στοιχείων παραγωγής και μετάδοσης της ισχύος.

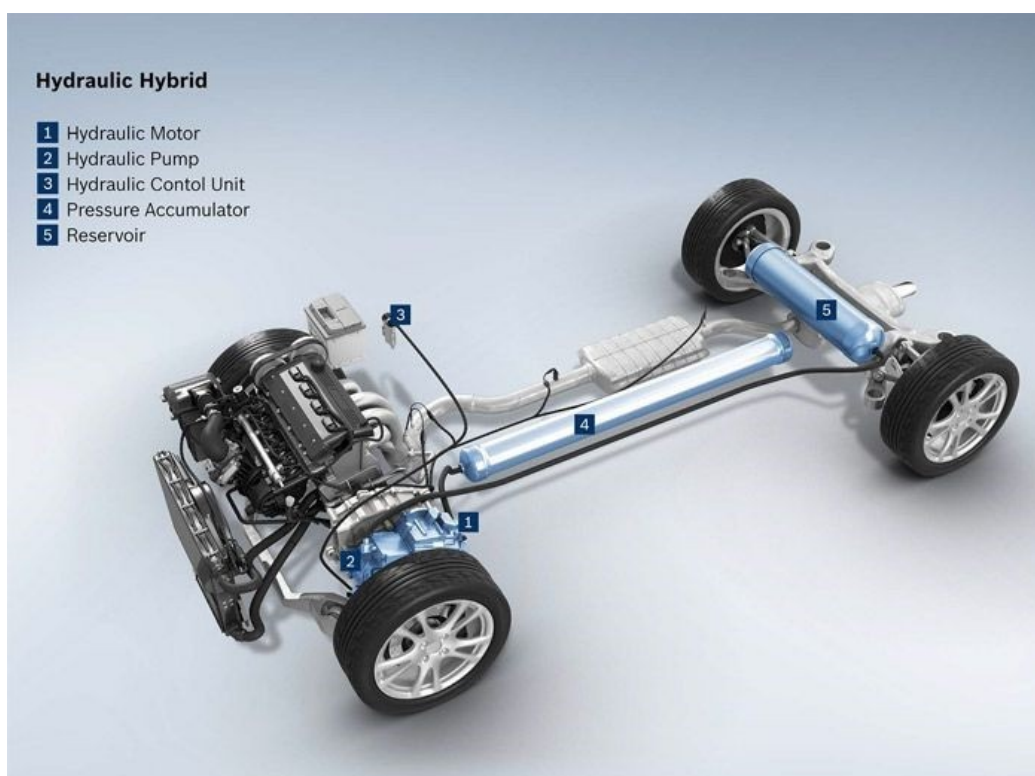
Επιπροσθέτως, το υβριδικό σύστημα αξιοποιεί την ενέργεια που κανονικά θα έμενε ανεκμετάλλευτη. Κατά την πέδηση, για παράδειγμα, γίνεται γρήγορη πλήρωση του υδραυλικού συσσωρευτή: η κινητική ενέργεια που δεσμεύεται κατά την πέδηση μετατρέπεται σε υδραυλική και αποθηκεύεται στο συσσωρευτή πίεσης. Κανονικά, αυτή η ενέργεια θα έμενε ανεκμετάλλευτη και



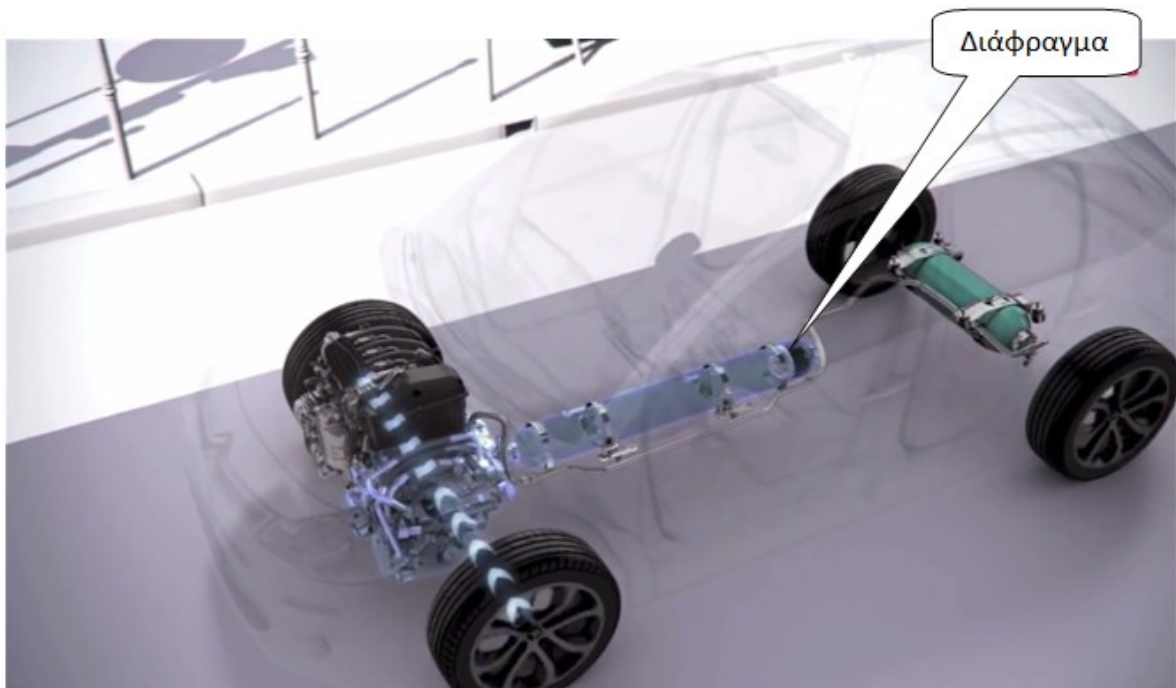
θα μετατρέπονταν σε θερμότητα στα τακάκια των φρένων. Τα πλεονεκτήματα του υβριδικού συστήματος παραγωγής και μετάδοσης ισχύος είναι εξίσου εμφανή όταν το όχημα κινείται με σταθερή ταχύτητα. Στην περίπτωση αυτή, ο κινητήρας μπορεί να λειτουργεί εντός του εύρους απόδοσής του, ενώ παράλληλα πραγματοποιείται πλήρωση του συσσωρευτή υδραυλικής ενέργειας. Αυτό το υδραυλικό-μηχανικό σύστημα προσφέρει ένα χαμηλού κόστους, ανθεκτικό και εύκολο στη συντήρηση υβριδικό σύστημα μετάδοσης ισχύος. Καθώς δεν απαιτεί κάποια ιδιαίτερη υποδομή, μπορεί να χρησιμοποιηθεί οπουδήποτε.

### 3.8.3. Λεπτομερής τεχνική περιγραφή

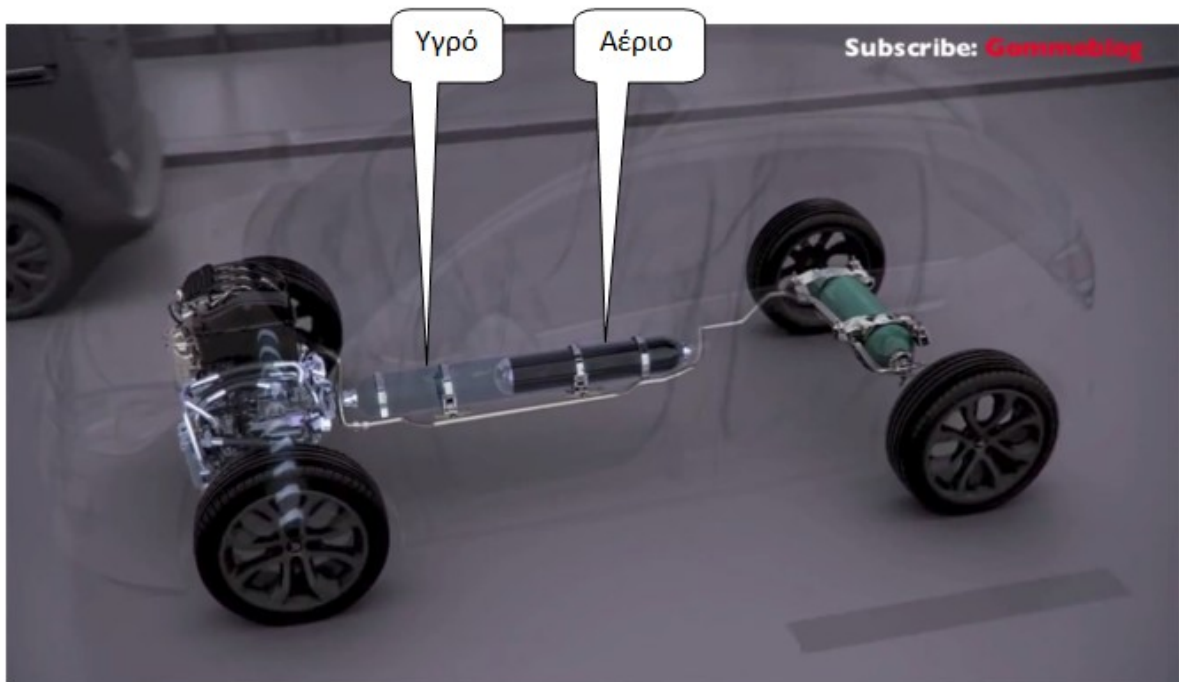
Επιπλέον ενός συμβατικού κινητήρα εσωτερικής καύσης, ένα υβριδικό υδραυλικό σύστημα παραγωγής και μετάδοσης ισχύος περιλαμβάνει επίσης έναν συσσωρευτή πίεσης, μια δεξαμενή αποθήκευσης (δοχείο εκτόνωσης ) και έναν υδραυλικό κινητήρα-αντλία. (επόμενη εικόνα)



Οι υδραυλικές μονάδες συμπιέζουν το διάφραγμα αερίου χρησιμοποιώντας το υδραυλικό υγρό, είτε κατά την διάρκεια του φρεναρίσματος είτε κατά την λειτουργία της Μ.Ε.Κ. Το υγρό και το αέριο παραμένουν διαχωρισμένα το ένα από το άλλο. Το διάφραγμα αερίου αποθηκεύει ενέργεια καθώς το αέριο συμπιέζεται όπως ένα σπειροειδές ελατήριο (επόμενη εικόνα). Σε αυτό το σημείο, η πίεση στο σύστημα υπερβαίνει τα 300 bar.



Η ποσότητα της ενέργειας που μπορεί να αποθηκευτεί στο συσσωρευτή πίεσης εξαρτάται από το μέγεθος του συστήματος. Μόλις εκτονωθεί η πίεση στο εσωτερικό του συσσωρευτή, το σύστημα λειτουργεί αντίστροφα (επόμενη εικόνα). Το αέριο διαστέλλεται και πάλι ασκώντας μια συμπιεστική δύναμη στο υδραυλικό υγρό και κινεί τον υδραυλικό κινητήρα. Ο κινητήρας αυτός παίρνει την αποθηκευμένη ενέργεια και την επιστρέφει στο όχημα μέσω του συστήματος μετάδοσης κίνησης.

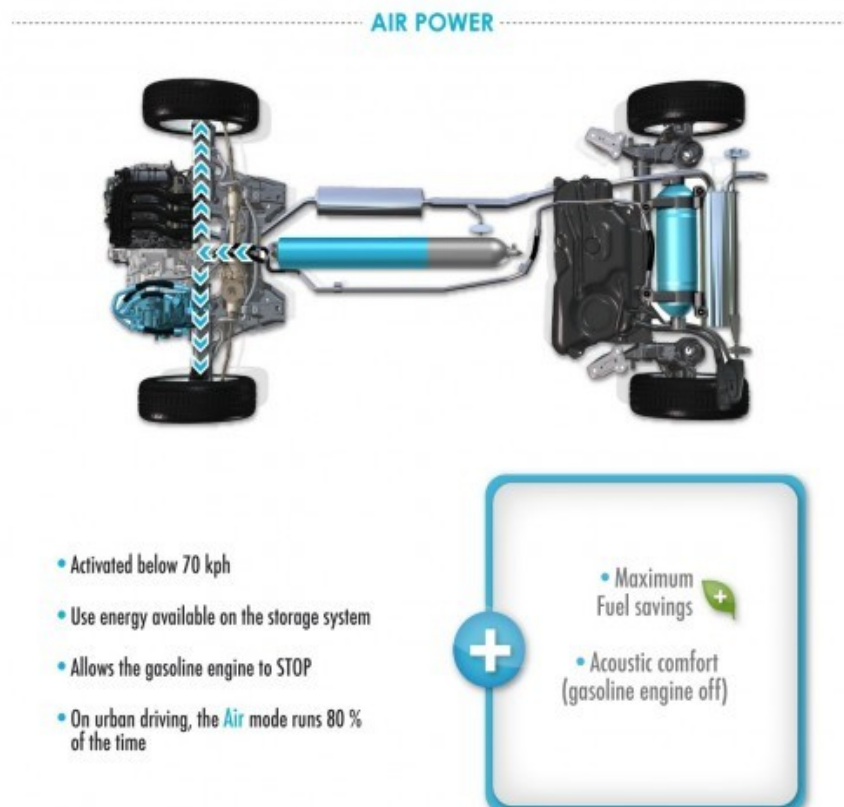


Είναι αλήθεια ότι ο συσσωρευτής πίεσης έχει πιο περιορισμένη χωρητικότητα και εύρος απόδοσης από τις μπαταρίες ιόντων λιθίου που διαθέτουν τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα. Ωστόσο, επαναφορτίζεται πολύ πιο γρήγορα και χρησιμοποιεί πιο αποδοτικά την πρόσθετη ενέργεια που παρέχεται από τον κινητήρα εσωτερικής καύσης.

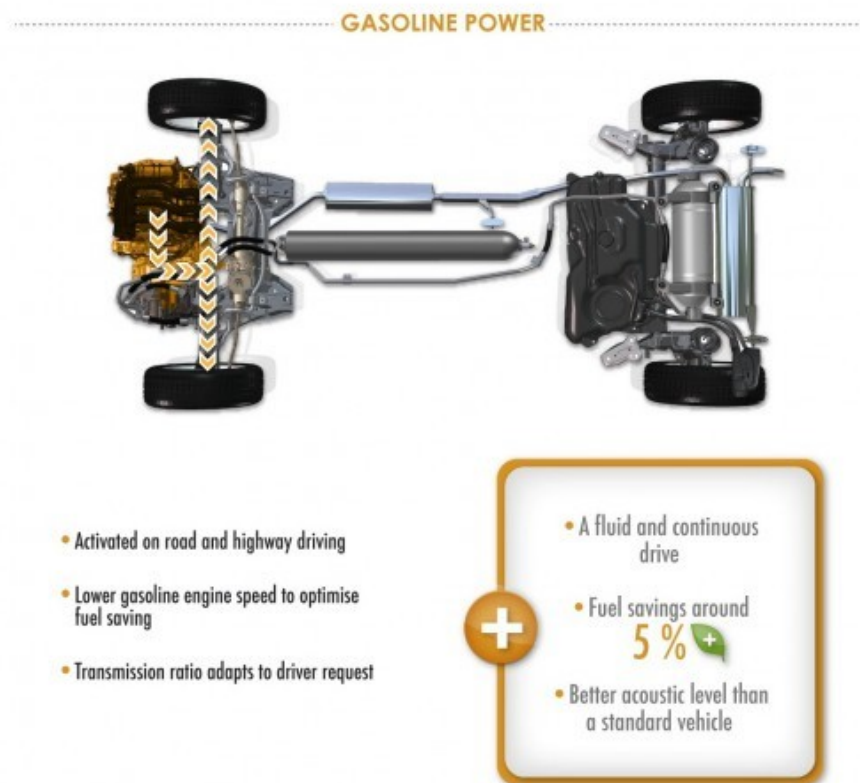
### 3.8.4. Φιλοσοφία υβριδικού οχήματος

Ο θερμικός κινητήρας που χρησιμοποιεί ο όμιλος PSA είναι τρικύλινδρος κινητήρας βενζίνης 1.200 κυβικών. Το σύστημα μετάδοσης EGC (Electronic Gearbox Control) είναι επικυκλικό, με ηλεκτρονική διαχείριση και αντικαθιστά το κλασικό μηχανικό κιβώτιο. Εξασφαλίζει τη βέλτιστη συνεργασία του κινητήρα με την ενέργεια του συμπιεσμένου αέρα, καθώς και την αυτοματοποιημένη αλλαγή ταχυτήτων. Η ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου, διαχειρίζεται τις δυο πηγές ενέργειας για να επιτύχει την αποδοτικότερη λειτουργία, ανάλογα με τις συνθήκες οδήγησης. Η εναλλαγή ανάμεσα στα τρία διαθέσιμα προγράμματα λειτουργίας γίνεται με τρόπο μη αντιληπτό από τον οδηγό:

1. Στην λειτουργία “Air” (ZEV-ZeroEmissionVehicle), το όχημα κινείται αποκλειστικά με την ενέργεια από τον συμπιεσμένο αέρα, ο οποίος εκτονώνεται ελεγχόμενα μέσα στη δεξαμενή, εκτοπίζοντας υδραυλικό λάδι αντίστοιχου όγκου. Το λάδι αυτό είναι ο φορέας ενέργειας που τροφοδοτεί τον υδραυλικό κινητήρα, ο οποίος με τη σειρά του περιστρέφει τους τροχούς μέσω του επικυκλικού συστήματος μετάδοσης. Αφού στη φάση αυτή ο βενζινοκινητήρας είναι σβηστός, το όχημα κινείται με μηδενική κατανάλωση καυσίμου και χωρίς να εκπέμπει CO<sub>2</sub>. Αυτός ο τρόπος λειτουργίας κυριαρχεί κατά την κίνηση μέσα στην πόλη.

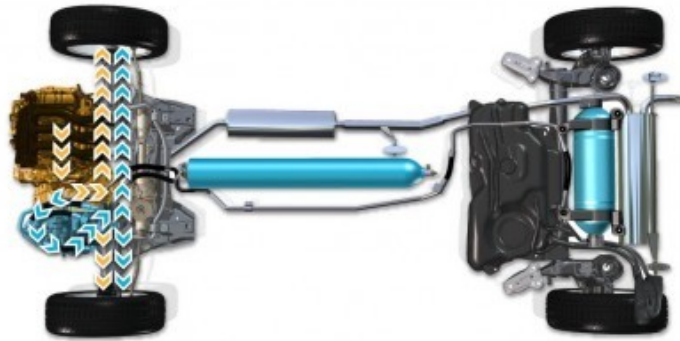


2. Στη λειτουργία “**Βενζίνη**”, το αυτοκίνητο κινείται αποκλειστικά από τον 3κύλινδρο βενζινοκινητήρα 1.2 VTi. Αυτό ο τρόπος κίνησης είναι ιδανικά προσαρμοσμένος για οδήγηση σε ανοικτό δρόμο ή αυτοκινητόδρομο, με σταθερές ταχύτητες.



3. Στη **συνδυασμένη λειτουργία**, ο κινητήρας βενζίνης και το υδραυλικό σύστημα λειτουργούν ταυτόχρονα για την κίνηση του αυτοκινήτου, σε αναλογία προσαρμοσμένη στις συνθήκες οδήγησης και με στόχο τη χαμηλότερη δυνατή κατανάλωση. Η ταυτόχρονη λειτουργία και των δύο κινητήρων χρησιμοποιείται κυρίως κατά την έντονη επιτάχυνση και είναι ικανή να παράγει σημαντικά ποσά ισχύος (μέχρι περίπου 122 ίπους στην περίπτωση του κινητήρα 1.2VTi 82). Το σύστημα HYbrid Air λειτουργεί ευέλικτα αφού μπορεί να τροφοδοτήσει τον υδραυλικό κινητήρα με δύο τρόπους: Όσο ο συμπιεσμένος αέρας επαρκεί για να εξυπηρετήσει τις ανάγκες του οδηγού, το υδραυλικό σύστημα κίνησης τροφοδοτείται από αυτόν. Εάν είναι απαραίτητο, τότε μπορεί να τροφοδοτηθεί απευθείας από την υδραυλική αντλία. Αυτό το πρόγραμμα λειτουργίας προορίζεται ειδικά για τις μεταβατικές φάσεις οδήγησης, στην πόλη αλλά και στον ανοικτό δρόμο (επιταχύνσεις, εκκινήσεις από στάση).

COMBINED POWER

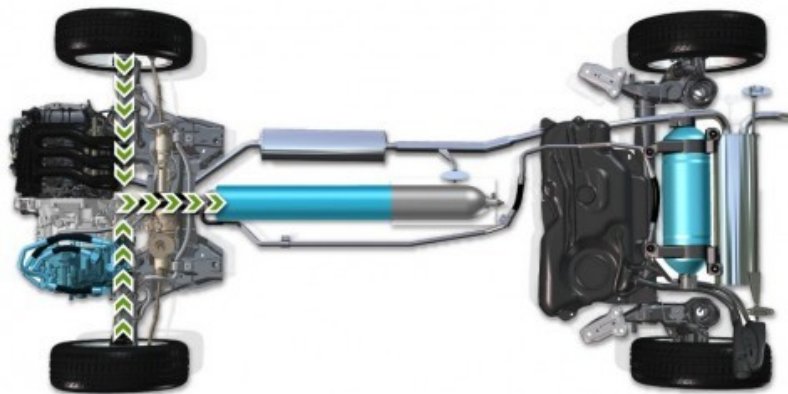


- Two different power sources: **Gasoline** and **Air**
- Selects Automatically:
- The best power association to respond to driver request in all situations
  - To refill energy storage system in low speed drive



Η πλήρωση του δοχείου αποθήκευσης ενέργειας γίνεται με δύο τρόπους: Φρενάροντας, η επιβράδυνση επιτυγχάνεται όχι μόνο από την πίεση των υλικών τριβής (τακάκια) πάνω στους δίσκους φρένων, αλλά και από την αντίσταση που προκαλεί η διεργασία συμπίεσης του αέρα μέσα στο δοχείο. Εναλλακτικά, εκκινείτε ο θερμικός κινητήρας και ένα μέρος της ενέργειας που παράγεται από την καύση της βενζίνης, χρησιμοποιείται για τη συμπίεση του αέρα. Και στις δύο

BRAKE ENERGY REGENERATION



- Storage system recovers energy while decelerating or braking
- Energy regeneration is available on all modes (**Gasoline**, **Combined** or **Air**)

περιπτώσεις, η μέγιστη ενέργεια στο δοχείο πίεσης επιτυγχάνεται πολύ γρήγορα, μόλις σε 10 δευτερόλεπτα. Ένα βασικό πλεονέκτημα του συστήματος HYbrid Air είναι η δυνατότητα προσθήκης του σε οποιαδήποτε υπαρκτή πλατφόρμα αυτοκινήτου, χωρίς αλλαγές στη χωρητικότητα της δεξαμενής βενζίνης.

### **3.8.5. Μέση κατανάλωση 2,9 lt/100km**

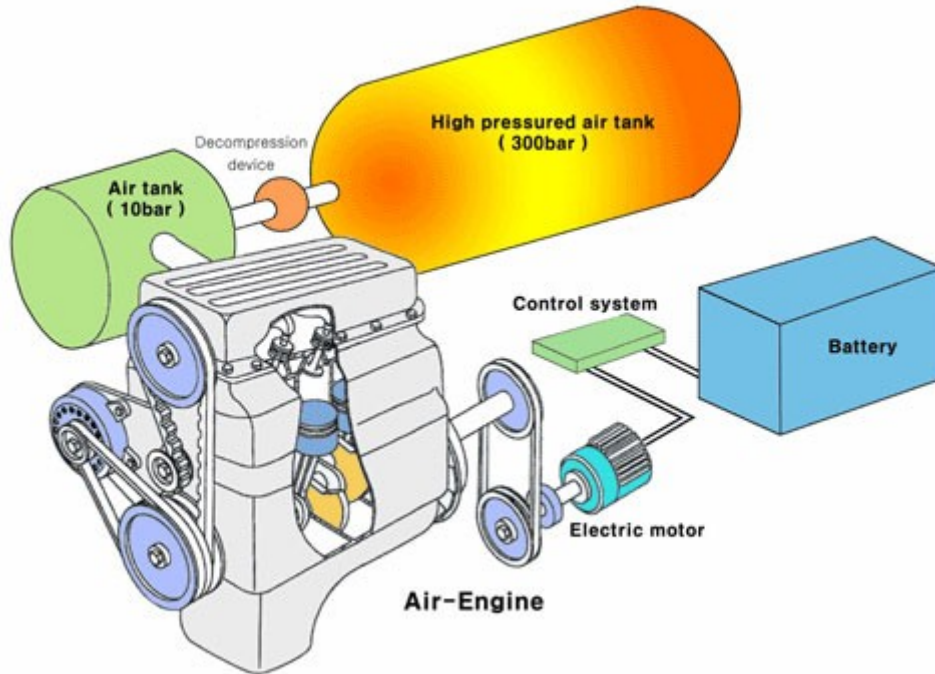
Το Peugeot 2008 HYbrid Air μπορεί μέσα στην πόλη να λειτουργεί στο πρόγραμμα «AIR» (ZEV) έως και στο 80% του συνολικού χρόνου οδήγησης, εξοικονομώντας μεγάλη ποσότητα καυσίμου. Σύμφωνα με την Peugeot, στη συνδυασμένη λειτουργία η μείωση της κατανάλωσης στον κύκλο πόλης φτάνει το 45%, ενώ κατά τη διάρκεια των δοκιμών για την πιστοποίηση του συστήματος, οι μετρήσεις έδειξαν μέση κατανάλωση μόλις 2,9 lt/100km και εκπομπές CO<sub>2</sub> 69g/km. Η τεχνολογία Hybrid Air δεν χρησιμοποιεί επιπλέον μπαταρίες με αποτέλεσμα να είναι προσιτή για όλες τις αγορές. Επίσης η απόδοση του συστήματος δεν επηρεάζεται από τις καιρικές συνθήκες, ενώ η παρουσία του δεν περιορίζει τον διαθέσιμο χώρο για τους επιβάτες και τις αποσκευές. Τέλος οι αμιγώς μηχανικές λύσεις προσφέρουν απλούστερες διαδικασίες συντήρησης, αλλά και ανακύκλωσης στο τέλος της ζωής του αυτοκινήτου.

## **3.9. Πνευματικό σύστημα ανάκτησης ενέργειας**

Για να καταφέρουμε να κινήσουμε ένα αυτοκίνητο, πρέπει να δημιουργήσουμε πίεση στο έμβολο, αυτό να κινήσει τον στροφαλοφόρο άξονα και να μεταδοθεί η κίνηση στους τροχούς. Η δύναμη στο έμβολο επιτυγχάνεται μέσω της έκρηξης μίγματος αέρα και καυσίμου (βενζίνη, πετρέλαιο). Γιατί όμως να χρησιμοποιούμε καύσιμο και να μην χρησιμοποιήσουμε συμπιεσμένο αέρα; Αυτή τη σκέψη έκανε ο γάλλος μηχανικός Guy Negre και κατασκεύασε το 1996 έναν κινητήρα που λειτουργεί με αέρα.

Ένα πνευματικό σύστημα αποτελείται από ένα κινητήρα ο οποίος για τη λειτουργία του απαιτεί πεπιεσμένο αέρα. Ο πεπιεσμένος αέρας χρησιμοποιείται για την κίνηση των εμβόλων με σκοπό τη δημιουργία κίνησης όπως ακριβώς συμβαίνει και σε ένα κινητήρα εσωτερικής καύσης. Στην περίπτωση της M.E.K. τα προϊόντα της καύσης ήταν αυτά που κινούσαν τα έμβολα, ενώ εδώ είναι ο αέρας υπό πίεση. Ο συμπιεσμένος αέρας από τις δεξαμενές βρίσκεται υπό πίεση 300 bar, μεταφέρεται προς τον κινητήρα και μειώνεται η πίεση του στα 10-20 bar (αυτό συμβαίνει για να μην έρθει σε επαφή ο υψηλής πίεσης αέρας με το λιπαντικό και δημιουργηθεί έκρηξη). Στην συνέχεια εισάγεται στον θάλαμο καύσης, όπου συμπιέζει το έμβολο και περιστρέφει τον στροφαλοφόρο. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η μεταφορά κίνησης από το έμβολο στον στρόφαλο, όπως μπορείτε να παρατηρήσετε στην φωτογραφία 1. Ο μηχανισμός αυτός επιλέχθηκε αντί της συμβατικής μπιέλας, ώστε το έμβολο να παραμένει περισσότερο χρόνο στο άνω νεκρό σημείο και να αναπτύσσεται η μέγιστη πίεση στο έμβολο. Το πνευματικό σύστημα μπορεί να

λειτουργήσει σε συνδυασμό με ένα βενζινοκινητήρα ή με ένα ηλεκτροκινητήρα. Στην επόμενη εικόνα έχουμε το συνδυασμό ενός πνευματικού κινητήρα (μην μας ξεγελάει που μοιάζει με Μ.Ε.Κ) με έναν ηλεκτροκινητήρα.



Μπιέλα πνευματικού κινητήρα



Συμβατική μπιέλα

φωτογραφία 1

Κατά την εκκίνηση του οχήματος ο πεπιεσμένος αέρας, ο οποίος είναι αποθηκευμένος στο δοχείο αέρα υψηλής πίεσης, οδηγεί τα έμβολα και έτσι μεταφέρεται η κίνηση στους τροχούς. Ο ηλεκτροκινητήρας μπαίνει σε λειτουργία όταν το όχημα έχει αποκτήσει σταθερή ταχύτητα και η ζήτηση ροπής είναι μικρή. Σε περίπτωση επιτάχυνσης συμμετέχουν και οι δύο κινητήρες για να επιτευχθεί η απαιτούμενη ζήτηση ροπής. Κατά την επιβράδυνση δεν παρατηρείται απώλεια ενέργειας όπως στα συμβατικά οχήματα αφού κατά τη φάση αυτή η μηχανή αέρα παίζει το ρόλο του συμπιεστή αέρα μετατρέποντας την κινητική ενέργεια των

τροχών σε ενέργεια πεπιεσμένου αέρα και αποθηκεύοντας τη στο δοχείο υψηλής πίεσης για μελλοντική χρήση. Επιπλέον τα πνευματικά οχήματα που συνδυάζονται με ηλεκτροκινητήρα (παραπάνω εικόνα) μπορούν να τον χρησιμοποιήσουν ως γεννήτρια κατά το φρενάρισμα για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

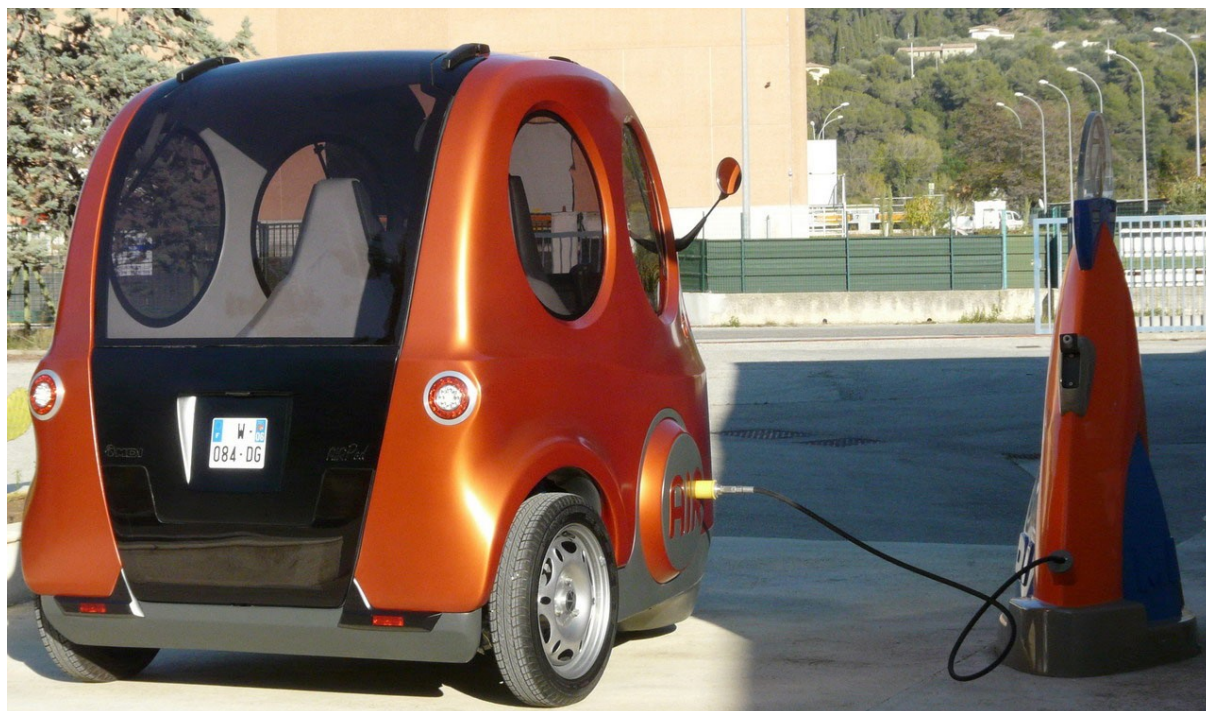
Δύστυχος δεν υπάρχουν περαιτέρω πληροφορίες για την ακριβή λειτουργία αυτού του εμβολοφόρου πνευματικού κινητήρα, ούτε για το πώς ακριβώς γίνεται η ανάκτηση ενέργειας.

### **3.9.1. Πνευματικά αυτοκίνητα**

Στις αρχές του 2012, η ινδική αυτοκινητοβιομηχανία Tata Motors ανακοίνωνε πως σε σύντομο χρονικό διάστημα θα ήταν έτοιμη να βγάλει στους δρόμους το πρώτο αυτοκίνητο το οποίο θα κινούνταν με πεπιεσμένο αέρα. (επόμενες δυο εικόνες) Κάποιοι, γέλασαν. Κάποιοι άλλοι βιάστηκαν να μιλήσουν για το αύριο της αυτοκίνησης. Το θέμα είναι ότι το αυτοκίνητο με καύσιμο κίνησης τον πεπιεσμένο αέρα, χρησιμοποιεί μια τεχνολογία η οποία είναι ευρέως γνωστή εδώ και πολλές 10ετίες. Είναι η ίδια τεχνολογία η οποία χρησιμοποιείται στα αεροβόλα όπλα, αλλά και στα μηχανήματα εξόρυξης μεταλλευμάτων. Το ζητούμενο επομένως αυτή την στιγμή είναι το αν θα μπορέσει ένα αυτοκίνητο με την συγκεκριμένη τεχνολογία να φτάσει στο στάδιο της μαζικής παραγωγής, κάτι που κανείς δεν μπορεί να προεξοφλήσει.







Τον Φεβρουάριο του 2008 υπήρξαν εκτενή σχόλια στον διεθνή Τύπο για την γαλλική εταιρία MDI, που κέρδισε την παραγγελία της Tata για την παρουσίαση ενός αυτοκινήτου που θα κινείται με πεπιεσμένο αέρα. Ήδη, εκείνη την εποχή, η γαλλική εταιρία είχε συμπληρώσει μια 10ετία έρευνας στο πεδίο της κίνησης οχημάτων με πεπιεσμένο αέρα. Μάλιστα το όχημα που είχε προκριθεί έφερε την ονομασία OneCat, (επόμενη εικόνα) ήταν κατασκευασμένο από φάιμπερ γκλας, ζύγιζε περίπου 350 κιλά, μπορούσε να ανεφοδιαστεί σε μόλις 2 λεπτά και είχε αυτονομία 250 χλμ. Το κόστος ανεφοδιασμού δεν ξεπερνούσε το 1,5 ευρώ και η τιμή αγοράς του αυτοκινήτου ήταν γύρω στα 4.000 ευρώ.



Τέσσερα χρόνια αργότερα, η Tata παρουσίασε την τελική εκδοχή του οχήματος το οποίο θα κοστίζει 7.500 ευρώ, έχει αυτονομία 300 χλμ., αναπτύσσει μέγιστη ταχύτητα 105 χλμ./ώρα και το κόστος ανεφοδιασμού του ανέρχεται στο εξευτελιστικό ποσό του 1 ευρώ. (επόμενη εικόνα)



Μια τέτοια λύση, δηλαδή ένας κινητήρας που καίει αέρα, πέραν του αν είναι ή όχι εφικτή, έχει να ξεπεράσει μια σειρά από σκοπέλους. Για παράδειγμα θα έβαζε τέλος σε μια σειρά από τεχνολογίες που έχουν αναπτυχθεί τα τελευταία χρόνια με στόχο να μειώσουν τις εκπομπές ρύπων στην ατμόσφαιρα. Τέτοιες τεχνολογίες συναντάμε στα υβριδικά αλλά και τα ηλεκτρικά οχήματα. Θα αντέξει η παγκόσμια αυτοκινητοβιομηχανία να σηκώσει το βάρος της οικονομικής επένδυσης που έχει κάνει σε αυτές τις εναλλακτικές μορφές κινητηρίων μέσω; Ή θα πρέπει να αποσβέσει πρώτα την επένδυσή της και μετά να προχωρήσει στο καινούργιο; Όσοι τώρα αρέσκονται σε σενάρια συνομοσίας, θέλουν να πιστεύουν ότι πίσω από αυτή την καθυστέρηση –ή και ματαίωση - μια προσπάθειας για την ανάπτυξη και παραγωγή ενός αυτοκινήτου που θα χρησιμοποιεί ως καύσιμο τον αέρα, κρύβονται οι κολοσσοί που ελέγχουν το πετρέλαιο (εξόρυξη, επεξεργασία, διάθεση στην αγορά κλπ), οι αυτοκινητοβιομηχανίες και ένα σημαντικό πλέγμα βιομηχανιών που κινούνται γύρω από αυτές (ανταλλακτικά, ορυκτέλαια, καταλύτες, μπαταρίες κλπ). Όλο αυτό το πλέγμα που αποτελεί σήμερα τον σκληρό πυρήνα της καπιταλιστικής οικονομίας θα δεχόταν ένα ισχυρό κτύπημα, θα βρίσκονταν ξαφνικά χωρίς, ή με δραματικά μειωμένο, αντικείμενο ενασχόλησης και ο κίνδυνος της κατάρρευσης θα ήταν κάτι παραπάνω από ορατός. Από την άλλη δεν πρέπει να περνά απαρατήρητο ότι η συγκεκριμένη τεχνολογία βρίσκεται στα σπάργα. Έτσι, θα πρέπει να ξεπεράσει ένα τεράστιο μειονέκτημα που είναι η χαμηλή απόδοση των συγκεκριμένων κινητήρων, κάτι που έχει αντίκτυπο στις επιδόσεις των αυτοκινήτων που είναι κακές.

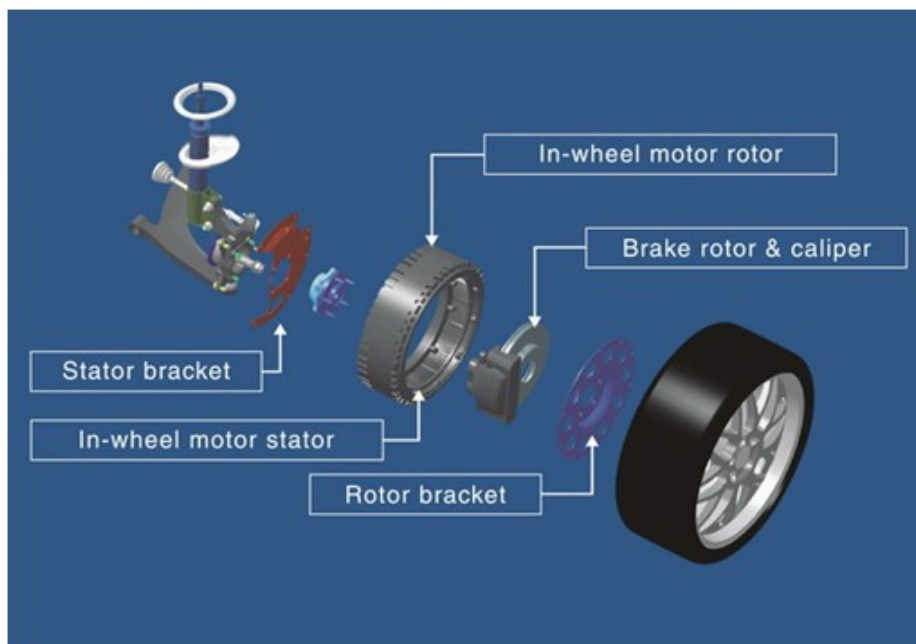
## Επίλογος

### Κεφάλαιο 4

#### 4.1. E-wheel drive technology ή active wheel ή wheel hub drive

Κλείνοντας αυτή την εργασία θα αναφέρουμε στα επιλογικά την παραπάνω τεχνολογία η οποία όταν την ανακαλύψαμε μας προξένησε εντύπωση.

Η συγκεκριμένη τεχνολογία που την συναντάμε με τα πολλά (για την ώρα) ονόματα έχει να κάνει με την ενσωμάτωση του ηλεκτροκινητήρα μέσα στον τροχό. Δηλαδή ο ηλεκτροκινητήρας δεν βρίσκεται πλέον κάτω από το καπό ή προσαρμοσμένος στον πίσω άξονα, αλλά είναι τοποθετημένος μέσα στο τροχό του αυτοκινήτου. (επόμενες εικόνες)



Η Ford η οποία ηγείται της τεχνολογίας αυτής χαρακτηριστικά αναφέρει:

- Η Ford και η εταιρός της σε θέματα τεχνολογίας Schaeffler παρουσιάζουν το ερευνητικό όχημα eWheelDrive που βασίζεται στο Fiesta και χρησιμοποιεί δύο ανεξάρτητους ηλεκτροκινητήρες στους δύο πίσω τροχούς, χωρίς συμβατικό κινητήρα
- Με τα πλεονεκτήματα μειωμένων διαστάσεων θα μπορούν να δημιουργηθούν μικρότερα, πιο ευέλικτα οχήματα, βελτιστοποιημένα για αστικές περιοχές και με δυνατότητες πλάγιας κίνησης για παρκάρισμα
- Η Ford θα συνεργαστεί με τη Schaeffler και άλλους εταιρους σε επόμενο ερευνητικό project, συμπεριλαμβανομένης της παραγωγής δύο πιο λειτουργικών οχημάτων μέχρι το 2015

Η Ford Motor Company και η Schaeffler παρουσίασαν το eWheelDrive, ένα λειτουργικό ερευνητικό όχημα βασισμένο στο Fiesta, το οποίο ενδεχομένως διευκολύνει την αστική μετακίνηση και τη διαδικασία στάθμευσης, κάνοντας εφικτή τη δημιουργία μικρότερων και πιο ευέλικτων αυτοκινήτων.



Χρησιμοποιώντας δύο ανεξάρτητους ηλεκτροκινητήρες στους δύο πίσω τροχούς, η τεχνολογία eWheelDrive προσφέρει χώρο κάτω από το καπό, ο οποίος στα συμβατικά αυτοκίνητα καταλαμβάνεται από τον κινητήρα και το κιβώτιο και στα ηλεκτρικά από ένα κεντρικό ηλεκτροκινητήρα.

Αυτή η τεχνολογία θα μπορούσε μελλοντικά να υποστηρίξει την εξέλιξη ενός τετραθέσιου

αυτοκινήτου, με εξωτερικές διαστάσεις που δεν θα υπερβαίνουν τις αντίστοιχες ενός σημερινού διαθέσιμου μοντέλου. Ταυτόχρονα, η σχεδίαση του συστήματος διεύθυνσης του eWheelDrive θα επιτρέπει στα οχήματα να κινούνται πλαγίως για να παρκάρουν - σημαντική εξέλιξη καθώς οι πόλεις γίνονται όλο και πιο πυκνοκατοικημένες. (επόμενη εικόνα)



Με τους ηλεκτροκινητήρες στους τροχούς, τα συστήματα κίνησης, επιβράδυνσης και υποστήριξης οδηγού είναι εγκατεστημένα σε ένα ενσωματωμένο ακραξόνιο μετάδοσης – συμπεριλαμβανομένων των συστημάτων ηλεκτροκινητήρων, πέδησης και ψύξης.

«Η πολύ συμπαγής μετάδοση μέσω του ακραξονίου (εκεί που δένεται η ζάντα) επαναπροσδιορίζει τώρα τη φιλοσοφία ενός αυτοκινήτου πόλης χωρίς περιορισμούς και ενδέχεται να αποτελέσει καθοριστικό παράγοντα στις νέες φιλοσοφίες και πλατφόρμες οχημάτων στο μέλλον» δήλωσε ο Peter Gutzmer, επικεφαλής τεχνικός διευθυντής της Schaeffler.

Η συνεχής ισχύς του κάθε ηλεκτροκινητήρα ανέρχεται σε 45 PS, ενώ μπορούν να προσφέρουν συνδυαστικά για λίγο έως 110 PS. Η μέγιστη ροπή είναι διαθέσιμη από την πρώτη στιγμή και ανέρχεται στα 71,4 kgm ανά ηλεκτρικό μοτέρ. Οι πίσω τροχοί δέχονται σημαντικά μεγαλύτερο βάρος (+45 kg ο καθένας), γεγονός που αποτέλεσε πρόκληση για την οδική συμπεριφορά του ηλεκτρικού Fiesta. Οι πλήρως ενσωματωμένες μονάδες κίνησης πλήμνης τροχού έχουν συνολικό βάρος 53 κιλών, οπότε η αύξηση στο βάρος σε σύγκριση με έναν συμβατικό τροχό με ρουλεμάν

τροχού και σύστημα πέδησης είναι 45 κιλά. Η μονάδα τοποθετείται μέσα σε μια ζάντα 16 ιντσών. Απόντος κινητήρα εσωτερικής καύσης ή ηλεκτρικού μοτέρ κάτω από το καπό, η Ford και η Schaeffler χρησιμοποίησαν το διαθέσιμο χώρο για τη φιλοξενία των μπαταριών ιόντων λιθίου. Εφόσον όμως οι μπαταρίες τοποθετηθούν κάτω από το πάτωμα, θα υπάρχουν μελλοντικά δύο επιλογές: είτε ο χώρος στο εμπρός μέρος του αυτοκινήτου να χρησιμοποιηθεί για τοποθέτηση αποσκευών, είτε να μειωθεί σημαντικά το μήκος του αμαξώματος. Έτσι, ένα τετραθέσιο αυτοκίνητο θα έχει τις διαστάσεις ενός σημερινού διθέσιου. Ένα άλλο πλεονέκτημα της τεχνολογίας αυτής είναι ότι εκτός από τον ήχο των ελαστικών δεν ακούγεται τίποτα άλλο μιας και απουσιάζει η Μ.Ε.Κ. καθώς και τα πολύπλοκα συστήματα μετάδοσης. Επίσης και άλλες εταιρίες όπως η Michelin ερευνούν την κατασκευή ενεργών τροχών για την μετατροπή συμβατικών αυτοκινήτων σε ηλεκτρικά. (επόμενη εικόνα)



#### **4.2. Οικονομική ανάλυση Μικροοικονομική ανάλυση – Λόγοι υπεροχής υβριδικών αυτοκινήτων**

Τα υβριδικά αυτοκίνητα έχουν πολλά αίτια υπεροχής έναντι των συμβατικών αυτοκινήτων. Σκοπός αυτού του κεφαλαίου, είναι μέσα από μια μικροοικονομική ανάλυση, να καταθέσουμε και να παρουσιάσουμε, όλους εκείνους τους λόγους για τους οποίους ένα υβριδικό αυτοκίνητο υπερτερεί έναντι των υπολοίπων. Σίγουρα, από ότι έχουμε αναφέρει μέχρι στιγμής, δημιουργούνται αρκετές “υποψίες”, σχετικά με τα αίτια και τους λόγους, όμως υπάρχουν και αρκετά δεδομένα τα οποία δεν έχουμε προσέξει, και τα οποία θα τα σημειώσουμε στην συνέχεια. Οι κυριότεροι λόγοι λοιπόν, που δημιουργείτε μια πιο ελκυστική εικόνα γύρω από τα υβριδικά αυτοκίνητα είναι οι εξής :

- Οι χαμηλότερες εκπομπές ρύπων βοηθούν στο να συγκρατηθεί το φαινόμενο του θερμοκηπίου.
- Στα υβριδικά με **Κυψέλες Καυσίμου**:  
Η κυψέλη καυσίμου παράγει ηλεκτρική ενέργεια επιτυγχάνοντας μία χημική αντίδραση υδρογόνου / οξυγόνου χωρίς να κάψει καθόλου υδρογόνο, αποτελώντας “καθαρή” και ιδιαίτερα αποτελεσματική λύση. Τα ηλεκτρόνια και τα ιόντα του υδρογόνου αναμιγνύονται με το οξυγόνο της ατμόσφαιρας και σχηματίζουν νερό. Επίσης η κυψέλη καυσίμου δεν εκπέμπει διοξείδιο του άνθρακα ή άλλους ρύπους. Το μόνο υποπροϊόν είναι το νερό.
- Τα υβριδικά αυτοκίνητα έχουν μεγάλη ζήτηση ως αποτέλεσμα να διατηρούν υψηλή αξία μεταπώλησης.
- Τα χαμηλά επίπεδα καυσαερίων τα οποία παράγονται επιτρέπουν στο περιβάλλον να τα διαλύσει με φυσικά μέσα.
- Ένα πλήρως υβριδικό σύστημα έχει την δυνατότητα να κινεί το όχημα μόνο με τον βενζινοκινητήρα ή μόνο με τον ηλεκτροκινητήρα ή και τους δύο ταυτόχρονα.
- Σπουδαίο είναι ότι η ηλεκτρική ενέργεια που χρησιμοποιεί το όχημα παράγεται εντός του οχήματος σε ελεγχόμενες συνθήκες ώστε να μην είναι καθόλου ρυπογόνα διαδικασία.
- Το όχημα απενεργοποιεί τον κινητήρα σε στάσεις στην κίνηση ή στα φανάρια μειώνοντας την σπατάλη.
- Όταν χρησιμοποιούμε τα φρένα σε ένα συμβατικό αυτοκίνητο, η κινητική ενέργεια που έχει όταν μετακινείται μετατρέπεται σε θερμότητα. Σε ένα υβριδικό αυτοκίνητο, τα φρένα παίρνουν ένα ποσοστό από την ενέργεια αυτή και αντί να χαθεί στο περιβάλλον, χρησιμοποιώντας την ηλεκτρική μηχανή ως γεννήτρια την εναποθέτει πίσω στις μπαταρίες.
- Αποφεύγεται η εκκίνηση του βενζινοκινητήρα όταν είναι κρύος αλλά χρησιμοποιείτε ο ηλεκτροκινητήρας οπότε αποφεύγεται μεγάλο μέρος της ρύπανσης.
- Καταναλώνουν πολύ λιγότερο καύσιμο. Σε ειδικές μετρήσεις που έχουν γίνει έχει αποδειχθεί ότι ένα υβριδικό καταναλώνει από 20%-40% λιγότερο από ένα αντίστοιχης ισχύος συμβατικό αυτοκίνητο, ανάλογα με το πού κινείται.  
Στην πόλη για παράδειγμα όπου ο ηλεκτροκινητήρας δουλεύει πιο πολύ μπορεί να φτάσει το 40%, ενώ στον αυτοκινητόδρομο που θέλουμε όλη την ισχύ η οικονομία «πέφτει» στο 20% .
- Ένας μέσος οδηγός μπορεί να αποταμιεύσει αρκετά παραπάνω από 600 ευρώ τον χρόνο σε καύσιμα.
- Η υβριδική τεχνολογία είναι πλέον μετά από τόσα χρόνια εφαρμογής η πλέον αξιόπιστη λύση αφού είναι ακίνδυνη και χωρίς προβλήματα και ζημιές.



### 4.3. Φορολογικές διευκολύνσεις

Μια επίσης πολύ σημαντική αιτία προτίμησης των υβριδικών αυτοκινήτων, είναι οι διευκολύνσεις που παρέχονται στον τομέα του φορολογικού. Ειδικά στις μέρες μας, όπου οι κάθε λογής φόροι μας “κτυπούν” από παντού, είναι πολύ σπουδαίο να υπάρχει μια τέτοια πρόνοια, η οποία να προνοεί, ελαφρύτερο πακέτο φορολογίας.

Σύμφωνα με την Ελληνική νομοθεσία, για να είναι ελκυστικότερη η αγορά ενός υβριδικού αυτοκινήτου, προνοούνται τα εξής :

- Δεν έχουν τέλη ταξινόμησης (νόμος 2960/2001 ΦΕΚ Α 265/ 22 Νοεμβρίου 2001 άρθρο 121)
- Δεν έχουν τέλη κυκλοφορίας (νόμος 2960/ 2001 ΦΕΚ Α 265 / 22 Νοεμβρίου 2001 άρθρο 121 )
- Κυκλοφορούν μέσα στο δακτύλιο (ΔΜΕΟ 1889/φ.911ΦΕΚ Β 1140 / 11 Αυγούστου 2003)
- Δεν περνάνε ΚΤΕΟ

### 4.4. Επιδοτήσεις

Επίσης, πέραν από φορολογικές διευκολύνσεις, πολλές χώρες προσφέρουν και πακέτα επιδοτήσεων, για να “προσκαλέσουν”, τους υποψήφιους αγοραστές αυτοκινήτων, να στρέψουν την προσοχή τους, στην αγορά υβριδικών αυτοκινήτων.

Όπως θα αντιληφθούμε στη συνέχεια, οι περισσότερες από τις επιδοτήσεις αυτές, είναι αρκετά συμφέρουσες, και σίγουρα σε κάθε περίπτωση, ακόμα και στις περιπτώσεις αγοραστών που δεν έχουν σκοπό να αγοράσουν υβριδικό αυτοκίνητο, δημιουργούν διλήμματα στους αγοραστές. Τα πακέτα επιδοτήσεων τα οποία προσφέρονται λοιπόν, είναι τα εξής :

- Στην Αυστρία , το ΦΠΑ μειώνεται στο μισό. Επίσης , υπάρχει επιδότηση μέχρι 15%, απαλλαγή από το τέλος ταξινόμησης και τα τέλη κυκλοφορίας, κυκλοφοριακές διευκολύνσεις και μειωμένα ασφάλιστρα.
- Στην Ιταλία επιδοτούνται μέχρι και το 65% της διαφοράς της τιμής. Απαλλάσσονται επίσης από τα τέλη ταξινόμησης και κυκλοφορίας.
- Στην Ολλανδία έχουν απαλλαγεί πλήρως από την φορολογία , γεγονός που σημαίνει ότι είναι φθηνότερα περίπου 7.000 – 8.000 ευρώ. Επίσης , προβλέπεται επιπλέον μειωμένος ΦΠΑ και απαλλαγή από τέλη κυκλοφορίας.
- Στο Βέλγιο , τα κίνητρα περιλαμβάνουν επιδότηση μέχρι 4.000 ευρώ και κυκλοφοριακές διευκολύνσεις.
- Στην Γαλλία , επιδοτούνται μέχρι 3.800 ευρώ , απαλλαγή από τέλη κυκλοφορίας και κυκλοφοριακές διευκολύνσεις.
- Στην Βρετανία πληρώνουν μειωμένους φόρους, ενώ παρέχεται δωρεάν πρόσβαση στο δακτύλιο του Λονδίνου.
- Στην Ιρλανδία οι φόροι είναι ανάλογοι των εκπομπών CO<sub>2</sub>. Τα υβριδικά αυτοκίνητα επιδοτούνται με 2.500 ευρώ. Επιβαρύνονται με την χαμηλότερη ζώνη τελών κυκλοφορίας που αντιστοιχεί σε 1 ευρώ.
- Στο Λουξεμβούργο φορολογική ελάφρυνση της τάξεως των 750 ευρώ.
- Στην Ισπανία επιδότηση 2.000 ευρώ.
- Στην Φινλανδία ο φόρος είναι ανάλογα με τις εκπομπές ρύπων.
- Στην Σλοβενία κανένας φόρος.



- Στις ΗΠΑ υπάρχει φορολογική μείωση διαφορετική για κάθε μοντέλο αυτοκινήτου και κυμαίνεται από 1.300 δολάρια μέχρι 3.000 δολάρια αναλόγως τον τύπο του αυτοκινήτου.

Σε γενικές γραμμές να αναφέρουμε ότι τα υβριδικά αυτοκίνητα είναι δημοφιλή επειδή απευθύνονται σε ένα ευρύ φάσμα καταναλωτών, ο οικολογικά συνειδητός οδηγός μπορεί να εκτιμήσει τις υπερβολικά χαμηλές εκπομπές και την καταπληκτική οικονομία καυσίμου, φυσικά και ο οικονόμος οδηγός εκτιμά τις σπανιότερες επισκέψεις στην αντλία. Όλα αυτά είναι μερικοί από τους σημαντικότερους λόγους που ωθούν τους αγοραστές στην κατεύθυνση των υβριδικών αυτοκινήτων.

## **4.5. Συμβουλές για σωστή οδήγηση, χρήση, συντήρηση του αυτοκινήτου**

### **4.5.1. Η σωστή χρήση του αυτοκινήτου**

Πραγματικά, ακόμα και ένα αυτοκίνητο που μπορεί να είναι από κατασκευής περισσότερο ρυπογόνο, μπορεί τελικά να επιβαρύνει το περιβάλλον λιγότερο, αν χρησιμοποιείται με μέτρο. Σε κάθε περίπτωση το περιβάλλον και η τσέπη μας μπορούν να ωφεληθούν σημαντικά με μερικές απλές αλλαγές στον τρόπο μετακίνησής μας:

- Για μετακινήσεις μικρότερες από 5 χλμ. Επίλεξε μη ρυπογόνους τρόπους μετακίνησης, όπως το περπάτημα, το ποδήλατο και τα μέσα μαζικής μεταφοράς. Θα γλιτώσετε χρόνο, χρήμα και θα ωφελησετε την υγεία σας.
- Να γνωρίζεται ότι το πρώτο χιλιόμετρο με το αυτοκίνητο ρυπαίνει δύο φορές περισσότερο από τα υπόλοιπα. Η χρήση του αυτοκινήτου για πολύ μικρές αποστάσεις είναι η πλέον ρυπογόνος και αυτή που μπορεί να αποφευχθεί πιο εύκολα.
- Αποφεύγεται να μετακινήστε μόνος/η με ένα αυτοκίνητο, ούτως ώστε να βελτιστοποιήσετε την χρήση του. Μοιραστείτε το αυτοκίνητο με άλλους, ώστε να εξοικονομήτε χρήματα. Κανονίστε τις μετακινήσεις σας. Θα εξοικονομήσετε χρόνο, χρήματα και ψυχική ηρεμία.
- Αποφεύγεται κατά το δυνατόν να κινείστε σε ώρες αιχμής και σε δρόμους με μεγάλη κίνηση. Τα μποτιλιαρίσματα αυξάνουν κατακόρυφα τον χρόνο των μετακινήσεων και την κατανάλωση του αυτοκινήτου.

### **4.5.2. Οδηγώντας σωστά**

Παρότι δεν μπορεί να πει κανείς ότι υπάρχει οικολογική οδήγηση, αν υιοθετήσουμε έναν αποδοτικό τρόπο οδήγησης του αυτοκινήτου μπορούμε να μειώσουμε σημαντικά την κατανάλωση (από 10% έως 30%) και συνεπώς τη ρύπανση που προκαλεί. Ταυτόχρονα, ο ίδιος τρόπος οδήγησης συμβάλει στην μικρότερη φθορά του αυτοκινήτου, εξοικονομώντας χρήματα από συντήρηση και επισκευές και μειώνοντας τις σχετικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

Βασικοί κανόνες σωστής οδήγησης:

- Οδηγείται το αυτοκίνητο στις 2000-2500 στροφές αλλάζοντας σχέσεις για να πετύχεται την αναγκαία ταχύτητα κίνησης.
- Οδηγείτε με όσο το δυνατό σταθερότερη ταχύτητα, αποφεύγοντας τις απότομες επιβραδύνσεις και επιταχύνσεις. Προσπαθείτε να παρακολουθείται την πορεία της κίνησης, ώστε αυτό να είναι εφικτό.

- Αποφεύγετε να ξεπερνάτε την ταχύτητα των 100-120 χλμ, καθώς η κατανάλωση καυσίμου ανεβαίνει ραγδαία πέραν αυτής της ταχύτητας.
- Όταν το αυτοκίνητο <<ρολάρει>> μην πατάτε τον συμπλέκτη και μην βγάζετε την ταχύτητα. Τα περισσότερα σύγχρονα αυτοκίνητα διαθέτουν σύστημα διακοπής τροφοδοσίας για μείωση της κατανάλωσης, η οποία για να δουλέψει χρειάζεται το αυτοκίνητο να <<ρολάρει>> με ταχύτητα στο κιβώτιο.
- Στις ανηφόρες να κινήστε με την μέγιστη δυνατή σχέση στο μετάδοσης και χρησιμοποιείτε αρκετό γκάζι. Στις κατηφόρες εκμεταλλευτείτε την ταχύτητα που αποκτά το όχημα χωρίς να χρησιμοποιείτε το γκάζι.
- Οδήγηση σε στροφές: Επιβραδύνεται ομαλά πριν από την στροφή, εάν είναι δυνατόν χωρίς τη χρήση φρένου.
- Σβήνεται τον κινητήρα σε κάθε στάση διάρκειας μεγαλύτερης του 1 λεπτού.
- Μην μεταφέρεται περιττά φορτία.
- Αποφεύγεται οποιαδήποτε αξεσουάρ μεταβάλει την αεροδυναμική του αυτοκινήτου (σχάρες, ποδηλατιέρες, αεροτομές, κοκ), όταν αυτό δεν είναι απαραίτητο. Προσοχή όμως οι εργοστασιακές αεροτομές αποτελούν απαραίτητο εξοπλισμό ασφαλείας και δεν πρέπει να απομακρύνονται από το αυτοκίνητο.
- Μην ανοίγεται άσκοπα τα παράθυρα ειδικά σε μεγάλες ταχύτητες. Το καλοκαίρι κάνετε χρήση του κλιματισμού μόνο όταν είναι απαραίτητο και ρυθμίζοντας τον πάνω από τους 27 βαθμούς Κελσίου.

Εκτός από τα παραπάνω διαβάστε προσεκτικά τις οδηγίες χρήσης του αυτοκινήτου σας. Όλα τα σύγχρονα αυτοκίνητα περιλαμβάνουν στα εγχειρίδιά τους λεπτομερείς οδηγίες εξοικονόμησης καυσίμου, ειδικά διαμορφωμένες για το κάθε μοντέλο.

#### 4.5.3. Σωστή συντήρηση του αυτοκινήτου

Η σωστή συντήρηση του αυτοκινήτου, σύμφωνα πάντα με τις προδιαγραφές του κατασκευαστή, είναι απαραίτητη για την ορθή λειτουργία του οχήματος, την ασφάλεια και των επιβατών και την αποφυγή βλαβών. Είναι επίσης καταλυτικής σημασίας για τη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων, καθώς η καλή συντήρηση μπορεί να μειώσει την ρύπανση κατά 20% και την κατανάλωση κατά 10%. Ακολουθείτε πάντα τις προδιαγραφές και συστάσεις του κατασκευαστή και έχετε στο νου σας τα παρακάτω:

- Χρησιμοποιείτε πάντα κατάλληλα ανταλλακτικά και αναλώσιμα, σύμφωνα με τις προδιαγραφές της κατασκευάστριας εταιρίας. Τα ακατάλληλα υλικά έχουν σαν αποτέλεσμα την κακή λειτουργία του κινητήρα και συνεπώς την αύξηση της κατανάλωσης και της ρύπανσης.
- Κάνετε όλους τους προβλεπόμενους έλεγχους του αυτοκινήτου και αλλάζεται τα αναλώσιμα (λάδια, μπουζί, υγρά κοκ), όταν και όποτε πρέπει. Η καθυστερημένη αλλαγή των αναλώσιμων αυξάνει τη ρύπανση και την φθορά του κινητήρα, ενώ η συχνότερη από την ενδεδειγμένη αλλαγή, προκαλεί απόβλητα που μπορούν να αποφευχθούν.
- Ακολουθήστε πιστά τις επιταγές της νομοθεσίας για τεχνικούς ελέγχους καυσαερίων. Προχωρήστε σε εθελοντικό έλεγχο, όποτε έχετε αίσθηση ότι η λειτουργία του κινητήρα δεν είναι απόλυτα ικανοποιητική.
- Μην προχωράτε σε οποιαδήποτε μετασκευή του αυτοκινήτου με σκοπό την αύξηση των επιδόσεων. Πέρα του ότι είναι παράνομο και εν δυνάμει επικίνδυνο, αυξάνει ραγδαία την κατανάλωση και την εκπομπή ρύπων.

Κατά την αλλαγή ελαστικών, χρησιμοποιήστε μόνο τις διαστάσεις που προτείνονται από τον κατασκευαστή και προτιμήστε ελαστικά χαμηλής αντίστασης, τα οποία χωρίς να μειώνουν την ασφάλεια, μειώνουν σημαντικά την κατανάλωση.

Καιρός είναι πια να καταλάβουμε ότι η εποχή των τζετ, των ιδιωτικών αυτοκινήτων, των κλιματιστικών, φτάνει σ' ένα τέλος με τη μορφή τουλάχιστον που την ξέραμε. Κανένα καύσιμο (π.χ. κάρβουνο, φυσικό αέριο) δεν μπορεί να αντικαταστήσει το πετρέλαιο σε όλες τις χρήσεις ακόμη και αν υποθέσουμε ότι θα προλάβαιναν να γίνουν οι απαραίτητες μετατροπές και να χτιστούν νέες εγκαταστάσεις. Αν σκεφτούμε την επερχόμενη πετρελαϊκή κρίση σε συνδυασμό με το φαινόμενο του θερμοκηπίου, τις συνέπειες του οποίου ήδη βιώνουμε, θα καταλάβουμε ότι ο, «ορθολογικός» κατά τα άλλα, δυτικοευρωπαϊκός πολιτισμός διέπραξε τερατώδη ύβρη απέναντι στη φύση. Κατασπατάλησε, μέσα σε 100 μόλις χρόνια, πηγές ενέργειας που χρειάστηκαν πεντακόσια εκατομμύρια χρόνια να σχηματιστούν χωρίς να λογαριάσει τις παρενέργειες για το περιβάλλον, ούτε τα μελλοντικά αδιέξοδα.

Σήμερα, μόνη πραγματική λύση είναι η αυστηρή περιστολή κάθε ενεργειακής σπατάλης, η ταχεία εξάπλωση των ήπιων μορφών ενέργειας και η στροφή προς κοινωνικά μοντέλα αργής οικονομικής μεγέθυνσης και λελογισμένης κατανάλωσης. Χρειάζεται γνώση της τεχνολογίας και στήριξη πράσινων προγραμμάτων ούτως ώστε να καταφέρουμε να μειώσουμε τα επίπεδα μόλυνσης και να έχουμε ίση απόδοση με αυτή του πετρελαίου, αλλά επίσης και οικολογική παιδεία και συναίσθηση για να καταφέρουμε ο κάθε ένας από εμάς να φέρεται πιο υπεύθυνα.

Πρόκειται για μια επείγουσα αναγκαιότητα, που όλο και περισσότερες χώρες την λαμβάνουν. Γι' αυτό φροντίζουν τις μαζικές συγκοινωνίες τους, επεκτείνουν τους ποδηλατοδρόμους, κατασκευάζουν βιοκλιματικά σπίτια, στήνουν αιολικά πάρκα, ανακυκλώνουν, αυξάνουν την



ενεργειακή απόδοση, κατευθύνουν τις οικονομίες τους προς την ποιοτική ανάπτυξη μάλλον παρά προς την ποσοτική μεγέθυνση.

Η στροφή στην λεγόμενη πράσινη οικονομία, μια οικονομία η οποία πρόκειται να παίξει πρωταγωνιστικό ρόλο στις αγορές του μέλλοντος, να δημιουργήσει θέσεις εργασίας και να μειώσει την μόλυνση του περιβάλλοντος.

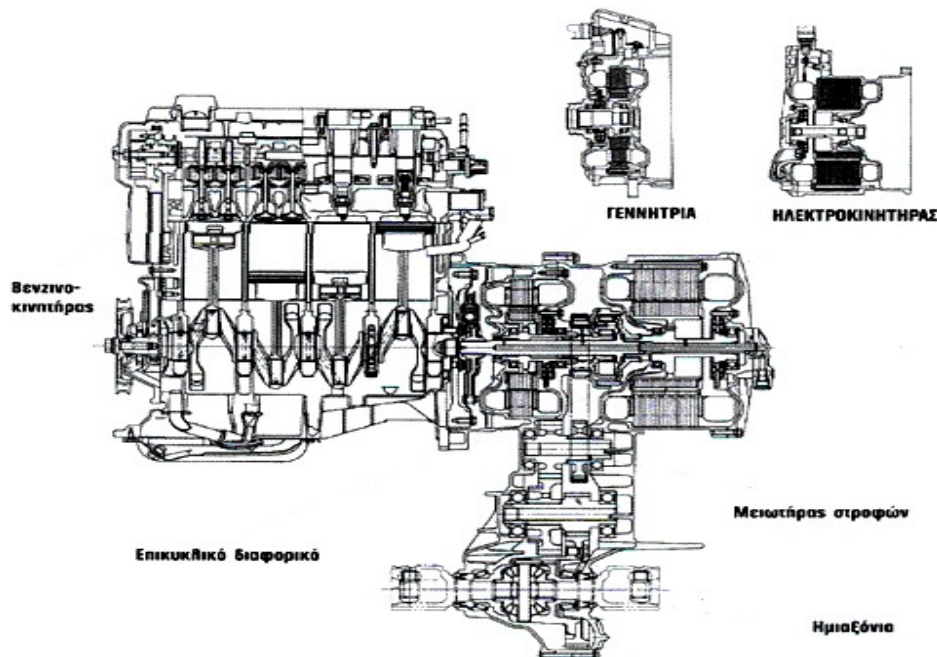
Παρακολουθώντας τις εξελίξεις στον ενεργειακό τομέα στις μέρες μας μπορεί να δει ότι ο πλανήτης την παρούσα χρονική στιγμή διανύει την τρίτη πετρελαϊκή κρίση, φαινόμενο που από μόνο του προκαλεί μια γενικότερη αύξηση τιμών με αποτέλεσμα την μείωση της αγοραστικής δύναμης των ανθρώπων.

Η ανάγκη πλέον για εναλλακτικές μορφές ενέργειας είναι επιτακτική όχι μόνο λόγω της τιμής του πετρελαίου αλλά και λόγω των επιπτώσεων στο περιβάλλον καθώς η στάθμη της θάλασσας έχει ανέβει ήδη κατά 10 εκατοστά, στο βόρειο ημισφαίριο το καλοκαίρι μεγάλωσε κατά 11 ημέρες όπως επίσης λέγεται ότι μέσα στον 21ο αιώνα η θερμοκρασία της γης θα ανέβει από 1,4 μέχρι 5,8 βαθμούς κελσίου. Πρόσφατα άλλωστε για αυτούς τους λόγους πραγματοποιήθηκε η συνδιάσκεψη του Ντερμπαν όπου συμμετείχε και ο Έλληνας υπουργός Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής.

## 4.6. Παραδείγματα σύγχρονων υβριδικών οχημάτων

### 4.6.1. Toyota Prius THS και THS II

Τα αρχικά THS (Toyota Hybrid System) πρωτοχρησιμοποιήθηκαν το 1997, στο πρώτο Toyota Prius και συμβολίζουν την “έξυπνη” διασύνδεση ενός βενζινοκινητήρα με έναν ηλεκτροκινητήρα και μια γεννήτρια, σε συνδυασμό με ένα σύστημα ανάκτησης ενέργειας κατά την πέδηση.



Σχήμα 7.1 Το ηλεκτρομηχανικό μέρος του THS



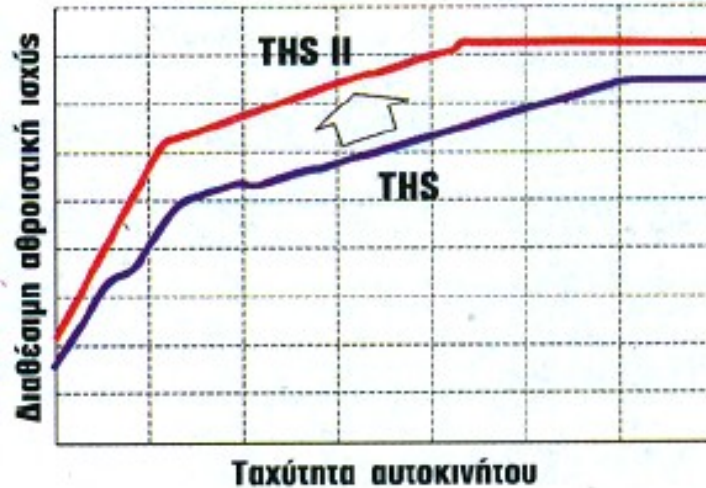
**Το πρώτο Toyota Prius**

Παρακάτω παρατίθεται ένας πίνακας όπου γίνεται μια σύγκριση τεχνικών χαρακτηριστικών ανάμεσα στα δυο συστήματα.

	Χαρακτηριστικό	THS II	THS
Θερμικός κινητήρας	Τύπος	Βενζινοκινητήρας σε κύκλο Atkinson	
	Μέγιστη ισχύς kw (Ps)/σαθ.	57 (78)/5.000	53 (72)/4.500
	Μέγιστη ροπή Nm (kgm)/rpm	115 (11,7)/4.200	115 (11,7)/4.200
Ηλεκτροκινητήρας	Τύπος	Σύγχρονος, εναλλασσομένου ρεύματος	
	Μέγιστη ισχύς kw(PS)/σ.α.θ.	50 (68)/1.200-1.540	33 (45)/1.040-5.600
	Μέγιστη ροπή Nm (kgm)/σ.α.θ.	400(40.8)/0-1,200	350(35.7)/0-400
Αθροιστική απόδοση	Μέγιστη ισχύς kw(PS)/ταχύτητα οχήματος σε χ.α.ω.	82(113)/85 και πάνω	74 (101)/120 και πάνω
	Ισχύς στα 85 χ.α.ω. σε kW (PS)	82 (113)	65 (88)
	Μέγιστη ροπή Nm (kgm)/ ταχύτητα οχήματος σε χ.α.ω.	478(48.7)/22 και κάτω	421 (42.9)/11 και κάτω
	Ροπή στα 22 χ.α.ω. σε Nm (kgm)	478 (48,7)	378 (38,5)
Συμσωρευτής	Τύπος	Νικελίου-Υδριδίου	

**Σύγκριση τεχνικών χαρακτηριστικών ανάμεσα στα THS και THS II**

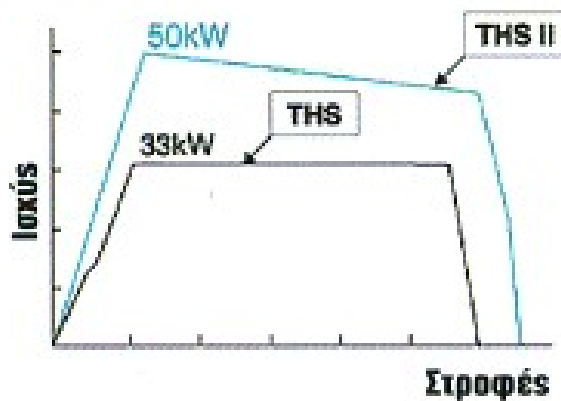
Όσον αφορά τη μέγιστη αθροιστική ισχύ, στο THS αυτή εμφανιζόταν από τα 120 km/h και πάνω ενώ στο THS II η εμφάνιση της αρχίζει από τα 85 km/h και πάνω και η τιμή της είναι επίσης μεγαλύτερη, κατά 20% περίπου.



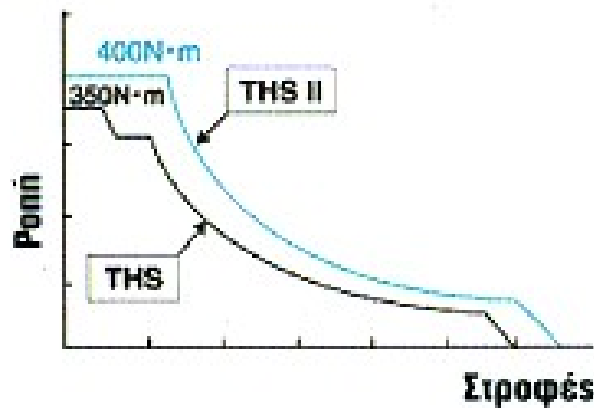
**Σύγκριση διαθέσιμης αθροιστικής ισχύος ανάλογα με την ταχύτητα του οχήματος ανάμεσα στα THS και THS II**

Από το παραπάνω διάγραμμα διαπιστώνουμε ότι η μέγιστη αθροιστική ισχύς βενζινοκινητήρα και ηλεκτροκινητήρα (οριζόντιο τμήμα καμπύλης) του Prius THS II είναι διαθέσιμη από πολύ μικρότερη ταχύτητα, σε σύγκριση με το αρχικό THS που αντικατέστησε. Το αρχικό ευθύγραμμο διαγώνιο διάγραμμα κάθε καμπύλης φανερώνει ότι και η μέγιστη αθροιστική ροπή του THS II είναι διαθέσιμη, σε σύγκριση με το THS, για πολύ μεγαλύτερη ταχύτητα, μετά την εκκίνηση από στάση. Πέρα από τους 6 επιπλέον ίππους που διαθέτει ο βενζινοκινητήρας του νέου Prius έναντι του (ίδιου κυβισμού) προηγούμενου, η ουσιαστική βελτίωση των επιδόσεων έρχεται από τον αναβαθμισμένο ηλεκτροκινητήρα του THS II, ο οποίος είναι ισχυρότερος σε όλο το εύρος στροφών από αυτό που αντικαθιστά. Η μέγιστη διαφορά ανάμεσα στις δυο ιπποδυνάμεις φτάνει τα 17 kW και η ροπή τα 50 Nm. Πιο κάτω παρατίθενται τα συγκριτικά διαγράμματα ισχύος και ροπής για τον ηλεκτροκινητήρα ανάμεσα στα δυο υβριδικά συστήματα.

**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΙΣΧΥΟΣ**



**Συγκριτικό διάγραμμα ισχύος για τον ηλεκτροκινητήρα ανάμεσα στο Prius THS καιτο Prius THS II**

**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΡΟΠΗΣ**

Συγκριτικό διάγραμμα ροπής για τον ηλεκτροκινητήρα ανάμεσα στο Prius THS και το Prius THS I

Η διαφορά ανάμεσα στον καινούριο και παλιό ηλεκτροκινητήρα (που και στις δυο περιπτώσεις είναι ένας κινητήρας συνεχούς ρεύματος, τροφοδοτούμενος από «παλμούς» εναλλασσόμενου), εντοπίζεται στην εσωτερική θέση των μονίμων μαγνητών (από νεοδύμιο) η οποία, στη νέα έκδοση, έχει τροποποιηθεί ώστε να γίνεται καλύτερη «μηχανική» εκμετάλλευση των παλμών του ρεύματος τροφοδοσίας.

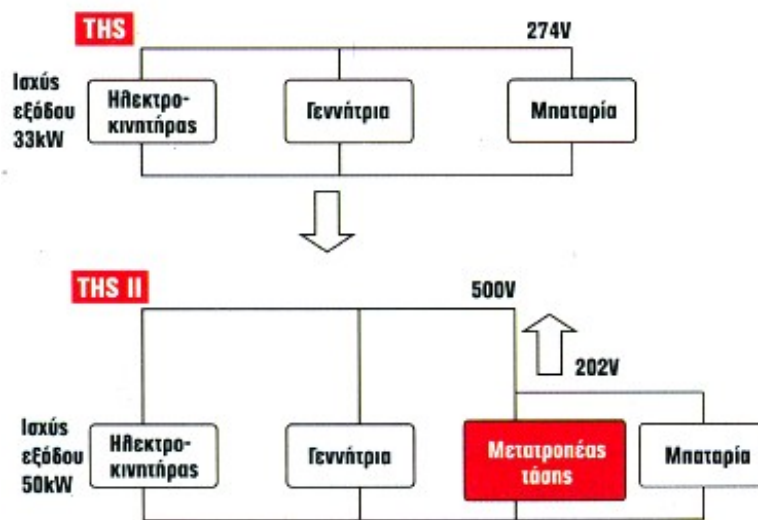


Η προηγούμενη και η νέα βελτιωμένη διάταξη των μαγνητών νεοδυμίου στον ηλεκτροκινητήρα

Η ουσιαστική όμως αύξηση της απόδοσης του ηλεκτροκινητήρα έχει επιτευχθεί από την αύξηση της ισχύος τροφοδοσίας του, μέσω της αντίστοιχης αύξησης της τάσης, διατηρώντας στα ίδια επίπεδα την ένταση. Η αύξηση της τάσης επιτεύχθηκε με την παρεμβολή στην έξοδο της μπαταρίας ενός κυκλώματος που μετατρέπει τα 202 V της σε 500 V.

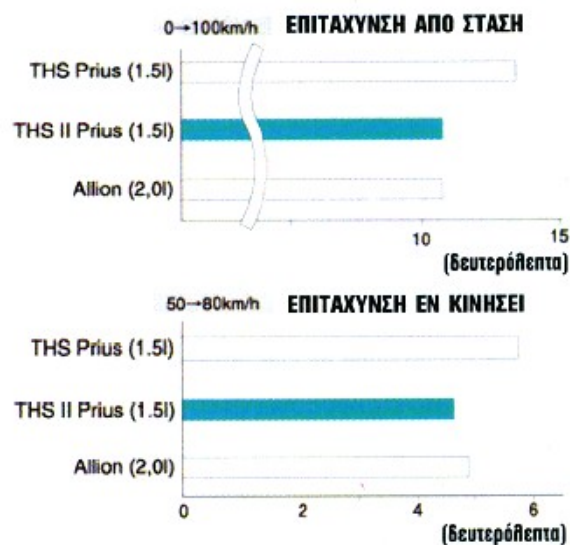
Στο πρώτο THS, η τάση ήταν ενιαία στο κύκλωμα μπαταρίας – γεννήτριας – ηλεκτροκινητήρα, με τιμή 274 V.

Στο THS II προστέθηκε ένας μετατροπέας τάσης παράλληλα προς την μπαταρία με αποτέλεσμα η ισχύς εξόδου να αυξηθεί κατά 50% περίπου, χωρίς να αυξηθεί η ένταση του ρεύματος που διαρρέει τις περιελίξεις.



**Αύξηση της απόδοσης του ηλεκτροκινητήρα μέσω της προσθήκης ενός μετατροπέα τάσης στο THS II**

Αναβαθμισμένο, σε σχέση με το προηγούμενο THS, είναι και το λογισμικό του THS II μέσω του οποίου ελέγχεται ο βαθμός επενέργειας του συστήματος ανάκτησης ισχύος από την πέδηση. Έτσι, πολύ μεγαλύτερο μέρος του φρεναρίσματος εκτελείται από την αναστροφή πολικότητας του ηλεκτροκινητήρα και αντιστοίχως πολύ λιγότερο από το (ηλεκτρικά ελεγχόμενο) υδραυλικό κύκλωμα των φρένων. Ο αλγόριθμος διαχείρισης της επιβράδυνσης έγινε πολύ πιο πολύπλοκος καθώς η αναβάθμιση της επενέργειας του συστήματος ανάκτησης πρέπει να λάβει υπόψη της και τις πάγιες ανάγκες για (ηλεκτρονικό) έλεγχο της κατανομής πέδησης (EBD) ανάμεσα στους εμπρός και τους πίσω τροχούς. Παρακάτω είναι εμφανής η υπεροχή του Prius THS II στην επιτάχυνση στα 0 -100 km/h και στην επιτάχυνση εν κινήσει (50-80 km/h) συγκριτικά με την προηγούμενη έκδοση THS αλλά και η υπεροχή του στην επιτάχυνση εν κινήσει συγκριτικά με ένα συμβατικό δίλιτρο αυτοκίνητο της Toyota, με ατμοσφαιρικό κινητήρα.



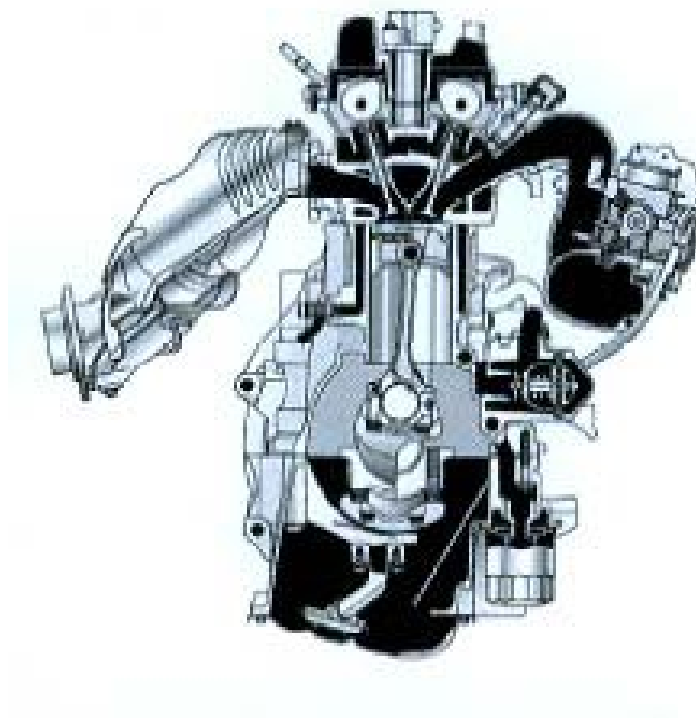
**Σύγκριση επιδόσεων του Prius THS II με το προηγούμενο THS αλλά και με ένα συμβατικό δίλιτρο αυτοκίνητο της Toyota, με ατμοσφαιρικό κινητήρα.**





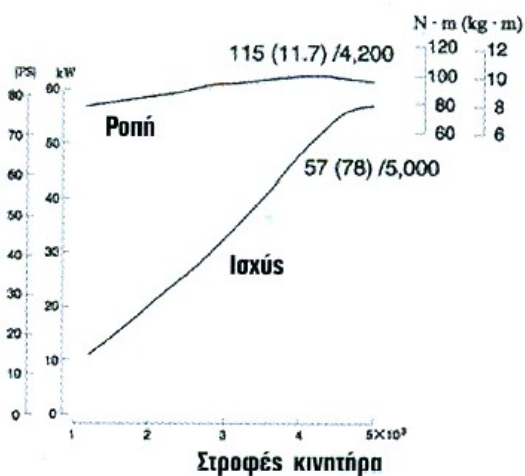
### **Το νέο Toyota Prius THS II**

Το νέο Prius έχει τον ίδιο τετρακύλινδρο, 16-δεκαεξαβάλβιδο κινητήρα με αυτόν του προκατόχου του. Έναν κινητήρα 1497 κ.εκ. με «υποτετράγωνες» διαστάσεις (διάμετρος 75, διαδρομή 84,7mm) και βαθμό συμπίεσης 13:1, που με το νέο χρονισμό του αποδίδει 78 ίππους στις 5000 rpm έναντι 72 ίππων στις 4500 rpm του προηγούμενου, ενώ η ροπή είναι ίδια και στους δυο κινητήρες και συγκεκριμένα 11,7kgm / 4200 rpm.



**Ο κινητήρας του Prius είναι υποτετράγωνος, με το στροφαλοφόρο τοποθετημένο ελαφρά πιο «πίσω» από το νοητό επίπεδο των αξόνων των κυλίνδρων**

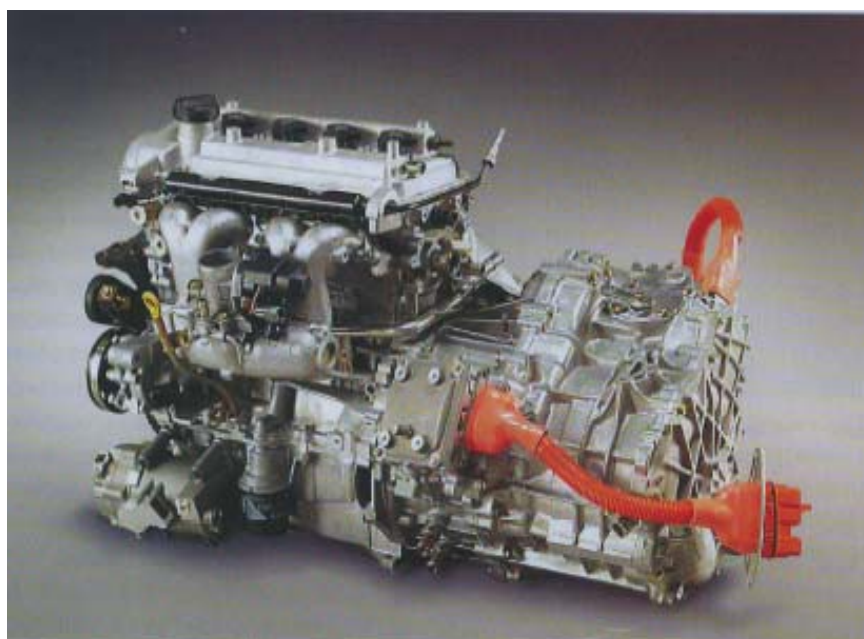
Παρακάτω παρουσιάζεται ένα ενοποιημένο διάγραμμα ροπής – ισχύος για τον κινητήρα του Prius THS II.



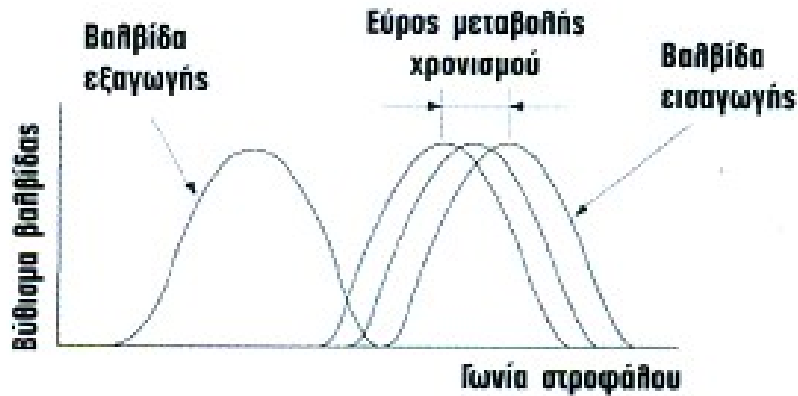
Διάγραμμα ροπής και ισχύος του Prius THS II

Η σχεδίαση αυτού του κινητήρα δεν είχε ως στόχο να αποδώσει μεγάλη ισχύ, όσο να έχει υψηλό βαθμό απόδοσης όταν λειτουργεί σε συνθήκες αντίστοιχες ενός «φυσιολογικού» κινητήρα που λειτουργεί με το γκάζι πατημένο λιγότερο από το μέγιστο.

Η λειτουργία αυτού του βενζινοκινητήρα σε κύκλο Atkinson βασίζεται στη μεγαλύτερη διαδρομή που εκτελεί το έμβολο όταν βρίσκεται στο χρόνο εκτόνωσης από αυτή που εκτελεί στη φάση συμπίεσης. Για να επιτευχθεί κάτι τέτοιο, στον κινητήρα του Prius η συμπίεση αρχίζει πολύ αργότερα από το Κ.Ν.Σ. – το πότε θα αρχίσει άρα και το πότε θα κλείσει από το σύστημα μεταβλητού χρονισμού, WT*i*, η βαλβίδα εισαγωγής για να σφραγιστεί ο κύλινδρος, εξαρτάται από τον επιθυμητό βαθμό πλήρωσης.



Ρεαλιστική απεικόνιση του κινητήρα του Prius



Η έναρξη του «ενεργού» χρόνου συμπίεσης μεταβάλλεται ανάλογα με το πόσο «καθυστερημένα» το σύστημα μεταβλητού χρονισμού (WT-i) κλείνει τη βαλβίδα εισαγωγής



Μια εσωτερική «ματιά» στο THS II κάτω από το καπό του Prius

Η ποσότητα τοξικών εκπομπών του Prius THS II (άθροισμα άκαυτων υδρογονανθράκων και οξειδίων του αζώτου) είναι 0,02g/km – με άλλα λόγια, μόλις το 1/5 του Prius THS που εξέπεμπε 0,10 g/km. Πρέπει εδώ να υπενθυμιστεί ότι τα αντίστοιχα όρια προδιαγραφών Euro IV είναι εξαιρετικά υψηλότερα, φτάνοντας τις τιμές 0,18 για τους βενζινοκινητήρες (9 φορές υψηλότερα) και 0,30 για τους πετρελαιοκινητήρες (15 φορές υψηλότερα).

Εν ολίγοις, οι ολικές εκπομπές του Prius THS II σε άκαυτους υδρογονάνθρακες και οξείδια του αζώτου είναι 88% χαμηλότερες από τα όρια των προδιαγραφών Euro IV για τα αυτοκίνητα με κινητήρες βενζίνης και κατά 93% από τις αντίστοιχες για τα πετρελαιοκίνητα.

Η κατανάλωση του Prius THS II , για το μικτό κύκλο οδήγησης είναι μόλις 4,3 λίτρα/ 100 km και δεν ξεπερνά τα 5,0 στον κύκλο πόλης – με αντίστοιχα μικρές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα.

Και εδώ βρίσκονται τα δυο πιο σημαντικά σημεία όσον αφορά στην προσέγγιση των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου:

- 1) Ένα αντίστοιχου μεγέθους και επιδόσεων πετρελαιοκίνητο όχημα έχει υψηλότερη κατανάλωση από αυτή του βενζινοκίνητου Prius, τη στιγμή που
- 2) από μόνο του, το κάθε λίτρο βενζίνης, όταν καίγεται, παράγει 15% λιγότερο διοξείδιο του άνθρακα από το αντίστοιχο λίτρο πετρελαίου. (Λογικό αν ληφθεί υπόψη ότι στο πετρέλαιο αφθονούν τα βαριά μόρια, τα πλούσια σε άνθρακα – που σχηματίζει διοξείδιο όταν καίγεται -, ενώ στη βενζίνη αφθονούν μόρια πλούσια σε υδρογόνο, του οποίου η καύση σχηματίζει νερό).

#### 4.6.2. Ford Escape Hybrid

Το Ford Escape Hybrid, το οποίο μπήκε στην αγορά το 2004, είναι ένα υβριδικό όχημα που λειτουργεί με βενζινοκίνητηρα και ηλεκτροκίνητηρα και είναι εκδοχή του Ford Escape SUV.



Το διακριτικό “Hybrid” στο Ford Escape Hybrid

Το υβριδικό Escape είναι ένα πλήρως υβριδικό ηλεκτρικό σύστημα, εννοώντας δηλαδή ότι το σύστημα αυτό μπορεί να λειτουργήσει αυτόματα μονάχα με τον ηλεκτροκίνητηρα ή μόνο με τον βενζινοκίνητηρα ή με συνδυασμό και των δυο ταυτόχρονα για τη μέγιστη απόδοση και καλύτερη επίδοση σε όλες τις ταχύτητες και σε όλα τα φορτία. Όταν φρενάρει ή επιβραδύνει, το υβριδικό σύστημα του Escape κάνει χρήση του συστήματος ανάκτησης ισχύος, όπου ο ηλεκτροκίνητηρας μετατρέπεται σε γεννήτρια και απορροφά το ποσό της κινητικής ενέργειας του οχήματος το οποίο μετατρέπεται σε ηλεκτρική και αποθηκεύεται στις μπαταρίες. Έτσι, λοιπόν, το υβριδικό σύστημα του Escape λειτουργεί σε τέσσερις φάσεις:

**1. Εκκίνηση/Σταμάτημα** – Όταν πατηθεί η μίζα του Escape Hybrid, ενεργοποιείται ο ηλεκτροκίνητηρας. Ο ηλεκτροκίνητηρας με τη σειρά του εκκινεί και τον βενζινοκίνητηρα. Το όχημα τότε επιδίδεται σε μια σειρά από ελέγχους για να καθορίσει αν η λειτουργία του θα βασιστεί μόνο στον ηλεκτροκίνητηρα. Ελέγχει δηλαδή αν οι μπαταρίες είναι φορτισμένες, αν οι θερμοκρασίες λειτουργίας είναι φυσιολογικές και αν οι εσωτερικές ρυθμίσεις του κλιματισμού είναι σε κανονικά επίπεδα (η ρύθμιση του κλιματιστικού στο μέγιστο απαιτεί τη λειτουργία του

βενζινοκινητήρα). Αν όλα λοιπόν ελεγχθούν, ο κινητήρας θα σβήσει, αφήνοντας το όχημα να λειτουργεί μόνο με τον ηλεκτροκινητήρα. Η διαδικασία αυτή διαρκεί μόνο ένα με δύο δευτερόλεπτα. Όταν ακινητοποιηθεί το Escape Hybrid, ο βενζινοκινητήρας σβήνει. Το όχημα λειτουργεί μόνο με τον ηλεκτροκινητήρα όταν βρίσκεται για παράδειγμα σε φανάρι με κόκκινο ή σε ένα μπουτλιάρισμα. Η Ford κατέβαλλε μεγάλες προσπάθειες για να είναι οι κύκλοι on-off του βενζινοκινητήρα όσο πιο ομαλοί και ανεπαίσθητοι γίνεται, ωστόσο διάφοροι ελεγκτές ανέφεραν ένα αισθητό “τρέμουλο” στο όχημα όταν ο κινητήρας έσβηνε ή άναβε.

**2. Λειτουργία του ηλεκτροκινητήρα** – Όταν το Escape Hybrid επιταχύνει από στάση, το πραγματοποιεί μόνο με χρήση του ηλεκτροκινητήρα. Οι ηλεκτροκινητήρες μπορούν και παράγουν ροπή σε χαμηλές στροφές, οπότε και χρησιμοποιούνται για το σκοπό αυτό. Περίπου στα 39 mph, αρχίζει ο βενζινοκινητήρας τη βοήθεια του στον ηλεκτροκινητήρα. Αν το όχημα οδηγείται σε πυκνή κυκλοφορία μέσα στην πόλη, τότε θα λειτουργεί μόνο ο ηλεκτροκινητήρας. Μπορεί να διανυθεί μια απόσταση 1.5 έως 1.8 μιλίων με λειτουργία μόνο του ηλεκτροκινητήρα πριν αποφορτιστούν οι μπαταρίες και αρχίσει η λειτουργία του βενζινοκινητήρα. Όταν αρχίσει η επιβράδυνση και η ταχύτητα πέσει κάτω από τα 40 mph με το φρένο πάντα να οδηγεί σε ομαλή επιβράδυνση και όχι σε απότομη, ο βενζινοκινητήρας σβήνει και το όχημα συνεχίζει χωρίς να καταναλώνει βενζίνη. Η λειτουργία του ηλεκτροκινητήρα κάτω από 10 οC, δεν είναι τόσο αποδοτική ενώ η επίδοση του γίνεται όλο και χειρότερη όσο η θερμοκρασία πέφτει ακόμα περισσότερο.

**3. Ανάκτηση ισχύος κατά το φρενάρισμα** – Όταν πατηθούν τα φρένα σε ένα αυτοκίνητο τότε η κινητική ενέργεια του οχήματος χάνεται με τη μορφή θερμότητας. Στο Ford Escape Hybrid όμως, όπως και σε κάθε υβριδικό όχημα, μέρος αυτής της κινητικής ενέργειας αποθηκεύεται μέσω της γεννήτριας στις μπαταρίες. Αυτός είναι και ο λόγος που τα υβριδικά οχήματα έχουν καλύτερες επιδόσεις σε οδηγικές συνθήκες εκκίνησης/στάσης παρά σε ανοιχτούς αυτοκινητόδρομους. Μπορεί να ειπωθεί ότι η στάση σε κάθε κόκκινο φανάρι είναι αρκετή για τη φόρτιση των μπαταριών. Για τη μεγιστοποίηση της ενέργειας που ανακτάται κατά το φρενάρισμα, είναι σημαντικό η επιβράδυνση να γίνεται ομαλά και σταδιακά. Πατώντας τα φρένα δυνατά, έχει σαν αποτέλεσμα να ενεργοποιείται το ABS και να αχρηστεύεται έτσι η κινητική ενέργεια.

**4. Σταθερής ταχύτητας διαδρομή υποβοηθούμενη από τον Η/Κ** – Σε σταθερές ταχύτητες αυτοκινητοδρόμου (80-110 km/h), ο βενζινοκινητήρας είναι κυρίως υπεύθυνος για την προώθηση του οχήματος, αφού είναι πιο αποδοτικός σε αυτό το πεδίο ταχυτήτων. Επειδή, όμως, το Escape Hybrid έχει ένα μικρό, 4-κύλινδρο κινητήρα, χρειάζεται μια μικρή υποβοήθηση για παράδειγμα κατά το προσπέρασμα. Έτσι, όταν απαιτείται μια επιτάχυνση του οχήματος, ο ηλεκτροκινητήρας θα ενεργοποιηθεί και θα προσθέσει την ιπποδύναμη του σε αυτήν του βενζινοκινητήρα. Το Escape Hybrid κάνει χρήση μιας ηλεκτρονικά συνεχώς μεταβαλλόμενης σχέσης μετάδοσης (eCVT). Υπολογιστές μέσα στην καμπίνα του οχήματος ρυθμίζουν τη βέλτιστη σχέση στο κιβώτιο για την επίτευξη της εξοικονόμησης καυσίμου, καταφέροντας έτσι μια κατά 30% αύξηση της απόδοσης σε σχέση με ένα συμβατικό κιβώτιο ταχυτήτων, σύμφωνα με τους μηχανικούς της Ford. Η Ford κατασκεύασε 17,000 Escape Hybrids στο δεύτερο μισό του 2004, τέσσερις φορές περισσότερα από όσα είχε αρχικά σχεδιάσει να κατασκευάσει. Το Escape Hybrid χρησιμοποιεί τεχνολογία παρόμοια με αυτή του Toyota Prius.



Η μπαταρία Νικελίου – Υβριδίου Μετάλλου (NiMH) του Escape Hybrid

Οι 133 ίπποι (99kW) του βενζινοκινητήρα σε συνδυασμό με τους 94 ίππους του ηλεκτροκινητήρα δίνουν παρόμοιες επιδόσεις με τον 200 ίππων V6 κινητήρα που χρησιμοποιείται στην κανονική έκδοση του Escape. Το υβριδικό έχει κατά 75% καλύτερη απόδοση με 33 έως 36 mpg στην κίνηση μέσα στην πόλη (έχει δείξει ότι μπορεί να διασχίσει 400 – 500 μίλια με νεπόζιτο γεμάτο στα 16.5 γαλόνια βενζίνης σε οδηγικές συνθήκες πόλης) και 29 έως 31 mpg στον αυτοκινητόδρομο. Σε αντίθεση με τα συμβατικά αυτοκίνητα, τα υβριδικά επιτυγχάνουν καλύτερες επιδόσεις στην πόλη επειδή δεν ξοδεύουν ενέργεια όταν λειτουργούν στο ρελαντί και μπορούν να ανακτήσουν μέρος της ενέργειας όταν επιβραδύνουν, ενώ τα συμβατικά κατά το φρενάρισμα χάνουν την αντίστοιχη ενέργεια. Το Escape Hybrid πληρεί τα επίπεδα εκπομπών που θέτουν τα πρότυπα εκπομπών της California SULEV και PZEV, με εκπομπές κατά 90% λιγότερες από το μέσο όρο του 2003 και καθώς και μηδενικές εκπομπές ατμών βενζίνης.



Κάτω από το καπό του Ford Escape Hybrid



Μια πιο κοντινή άποψη του βενζινοκινητήρα του Ford Escape Hybrid

Για να βελτιώσει την απόδοση στον βενζινοκινητήρα, η Ford χρησιμοποίησε έναν 4-κύλινδρο κινητήρα με κύκλο Atkinson στην υβριδική έκδοσή του Escape. Ο αλουμινένιος, 4-κύλινδρος, κινητήρας του Escape των 2.3 λίτρων, με διπλό εκκεντροφόρο επικεφαλής, παράγει 133 ίππους στις 6000 rpm. Ο τριφασικός, μονίμου μαγνήτη, σύγχρονος ηλεκτροκινητήρας προσθέτει 94 επιπλέον

ίππους στις 3000 – 5000 rpm. Μόνος του ο βενζινοκινητήρας μπορεί να μεταφέρει 129 lb-ft ροπής στις 4500 rpm. Για σύγκριση, ο 4-κύλινδρος κινητήρας στο συμβατικό Escape παράγει 153 ίππους στις 5800 rpm και 152 lb-ft ροπής στις 4250 rpm. Το AWD Escape Hybrid ζυγίζει 1.766 kg – τα επιπλέον στοιχεία που απαρτίζουν το υβριδικό σύστημα μετάδοσης ισχύος προσθέτουν επιπλέον 500 pounds(230 kg) στο βάρος του Escape. Με ένα μεταξόνιο των 261.9 cm και μια απόσταση των 20 cm από το έδαφος, αποτελεί είδος της κατηγορίας των SUV.



**To Ford Escape Hybrid σε “ανατομική” μορφή**



**Η εσωτερική καμπίνα του Ford Escape Hybrid**

### 4.6.3. Honda Civic Hybrid

Το Honda Civic Hybrid είναι η υβριδική εκδοχή του Honda Civic sedan. Στο μοντέλο Civic του 2003 η Honda προσέθεσε το συνεχώς μεταβαλλόμενης σχέσης μετάδοσης κιβώτιο ταχυτήτων (CVT) και το Integrated Motor Assist υβριδικό σύστημα, παρόμοιο με αυτό του Honda Insight (το πρώτο υβριδικό της Honda), δημιουργώντας έτσι ένα υβριδικό sedan με καλή οικονομία καυσίμου. Δεν ανήκει στα πλήρως υβριδικά οχήματα αλλά στην κατηγορία των power assist hybrid, δηλαδή υβριδικό όχημα του οποίου ο ηλεκτροκινητήρας κατά κανόνα δεν μπορεί να λειτουργήσει αυτόνομα. Το 2004 η νέα έκδοση, μαζί με το συμβατικό Civic, ήταν αναβαθμισμένη στιλιστικά, ενώ ανασχεδιάστηκε το 2006 και απέκτησε τη νέα μορφή που έχει και το συμβατικό Civic.

Η τεχνολογία IMA (Integrated Motor Assist) είναι τεχνολογία που υιοθετήθηκε από τη Honda για την κατασκευή των υβριδικών οχημάτων της και εισήχθη για πρώτη φορά το 1999 στο πρώτο υβριδικό μοντέλο της Honda, το Insight. Κάνει χρήση ενός ηλεκτροκινητήρα που είναι τοποθετημένος μεταξύ του κινητήρα και του κιβωτίου ταχυτήτων και ο οποίος ενεργεί σαν κινητήρας εκκίνησης, σαν κινητήρας εξισορρόπησης και σαν βοηθητικός κινητήρας προώθησης. Η πρώτη γενιά της τεχνολογίας IMA δεν μπορούσε να προωθήσει το όχημα μόνο με τον ηλεκτροκινητήρα αλλά έκανε χρήση του ηλεκτροκινητήρα για την υποβοήθηση του κινητήρα ή για την εκκίνηση του οχήματος. Το μοντέλο 2006 Civic Hybrid, ωστόσο, μπορεί σε μέσες ταχύτητες ταξιδιού να ενεργοποιεί τον ηλεκτροκινητήρα για την αποκλειστική προώθηση του οχήματος, όμως σε αντίθεση με το σύστημα Synergy της Toyota ή τα αντίστοιχα υβριδικά συστήματα των εταιριών General Motors και DaimlerChrysler, το IMA έχει ένα λιγότερο ισχυρό ηλεκτροκινητήρα/γεννήτρια που επιτρέπει στο όχημα να μειώνει το ρυθμό επιβράδυνσης του σε

μικρότερο βαθμό. Η θεωρία πίσω από το IMA και ο στόχος ήταν να γίνει χρήση της ανάκτησης ισχύος κατά το φρενάρισμα για την αξιοποίηση της ενέργειας που χάνεται στην επιβράδυνση έτσι ώστε αυτή να χρησιμοποιείται εκ νέου για την επιτάχυνση του οχήματος σε μεταγενέστερο χρόνο.

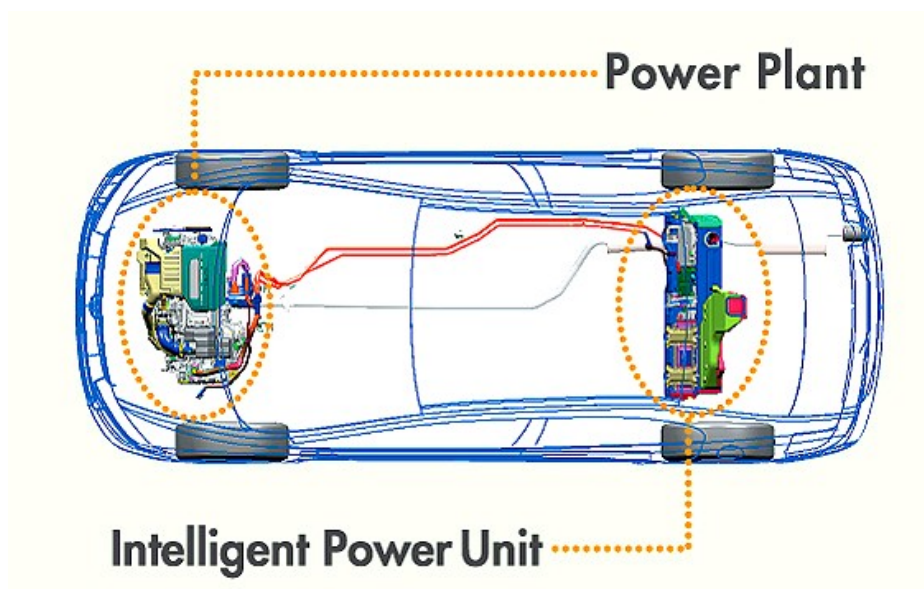
Αυτό έχει δυο αποτελέσματα: αυξάνει το ρυθμό επιτάχυνσης του οχήματος και μειώνεται έργο του βενζινοκινητήρα. Αυτή η αύξηση στην επιτάχυνση είναι σημαντική διότι επιτρέπει την μείωση του μεγέθους του κινητήρα, ενός κινητήρα με καλύτερη οικονομία καυσίμου, χωρίς να καθιστά το αυτοκίνητο πιο αργό. Αυτός ο μικρότερος κινητήρας είναι ο πρωταρχικός λόγος γιατί τα αυτοκίνητα που είναι εξοπλισμένα με το σύστημα IMA έχουν καλύτερη επίδοση σε mpg (μίλια ανά γαλόνι) από τα αντίστοιχα συμβατικά. Επιπρόσθετα, οχήματα με τεχνολογία IMA μπορούν να σβήσουν τον βενζινοκινητήρα τους όταν το όχημα είναι ακινητοποιημένο και να χρησιμοποιήσουν τον ηλεκτροκινητήρα τους για μια γρήγορη εκκίνηση. Μπορούν επίσης να εκκινήσουν και με τον συμβατικό τρόπο, επιλέγοντας την απενεργοποίηση του ηλεκτρικού τους συστήματος και χρησιμοποιώντας μόνο τον κινητήρα, κάτι το οποίο λειτουργεί περισσότερο σαν εφεδρικό σύστημα σε περίπτωση ανάγκης.

Οι τρόποι λειτουργίας του νέου Civic Hybrid είναι οι παρακάτω:

- Όχημα σε στάση – Ο κινητήρας είναι σβηστός και η κατανάλωση καυσίμου είναι μηδενική.
- Εκκίνηση και επιτάχυνση – Ο κινητήρας λειτουργεί με χρονισμό βαλβίδων βελτιστοποιημένο για χαμηλές στροφές (low-speed valve timing mode), με τη βοήθεια του ηλεκτροκινητήρα.
- Απότομη Επιτάχυνση – Ο κινητήρας λειτουργεί με χρονισμό βαλβίδων βελτιστοποιημένο για υψηλές στροφές (high-speed valve timing mode), με τη βοήθεια του ηλεκτροκινητήρα.
- Σταθερή πορεία χαμηλής ταχύτητας – Οι βαλβίδες και των τεσσάρων κυλίνδρων του κινητήρα κλείνουν και η καύση σταματάει. Ο ηλεκτροκινητήρας κινεί αποκλειστικά το όχημα.



- Ομαλή επιτάχυνση σε πορεία υψηλής ταχύτητας – Ο κινητήρας λειτουργώντας με χρονισμό βαλβίδων βελτιστοποιημένο για χαμηλές στροφές (low-speed valve timing mode) προωθεί το όχημα.
- Επιβράδυνση – Οι βαλβίδες και των τεσσάρων κυλίνδρων κλείνουν και η καύση σταματάει. Ο ηλεκτροκινητήρας δρα ως γεννήτρια και ανακτά μέρος της κινητικής ενέργειας από το φρενάρισμα, το οποίο το αποθηκεύει στις μπαταρίες.



Το υβριδικό σύστημα του Honda Civic



Το νέο Honda Civic Hybrid

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- 1) Κ. Δ. Ρακόπουλος (1988), «Αρχές εμβολοφόρων μηχανών εσωτερικής καύσης. Εισαγωγή–Λειτουργία–Θερμοδυναμική», Εκδόσεις «Γρηγ. Φούντας», Αθήνα.
- 2) «Καύσιμα αυτοκινήτου: Το μέλλον», ΠΕΡΙΟΔΙΚΟΣ ΤΥΠΟΣ Α.Ε., Energy Point, Τεύχος 25, Ιούλιος – Αύγουστος 2009
- 3) Θ. Κοσμάνης, Διδακτικές σημειώσεις του μαθήματος “ηλεκτρικά και υβριδικά οχήματα”
- 4) Εφημερίδα Τα Νέα : *Μας τελειώνει το πετρέλαιο.*
- 5) Γιάννης Ελαφρός : *Υβριδικά στην Ελλάδα.* (Εφημερίδα Καθημερινή).
- 6) Εφημερίδα Το Έθνος : Κίνητρα για υβριδικά αυτοκίνητα.
- 7) “ΥΒΡΙΔΙΚΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ” Δημήτρης Χατζησαββήδης- Σουλιότης Γιώργος- Θανάσης Τοζόπουλος- Μάκης Τοπαλσάββας
- 8) Ρωμανός, Νικόλαος, Ηλεκτροκίνητα μέσα μεταφοράς στην Ελλάδα – Υφιστάμενη κατάσταση και προοπτικές, ΤΕΕ, Αθήνα, 12-13 Ιαν., 2006
- 9) Μελέτης Βούλγαρης “Τεχνολογία αυτοκινήτων”, εκδοτικός οίκος ΙΩΝ

### Ιστοσελίδες

- 10) <http://www.4troxoi.gr/phpBB3/viewtopic.php?t=6339>
- 11) <http://www.caroto.gr/tag/fl/>
- 12) <http://www.alphatv.gr/shows/all/formula1>
- 13) <http://www.psa-peugeot-citroen.com/en/automotive-innovation/innovation-by-psa/hybrid-air-engine-full-hybrid-gasoline>
- 14) [http://www.bosch.gr/el/gr/newsroom\\_15/news\\_14/news-detail-page\\_18944.php](http://www.bosch.gr/el/gr/newsroom_15/news_14/news-detail-page_18944.php)
- 15) <http://www.bmwforum.gr/forum/showthread.php?t=11569>
- 16) <https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A0%CE%B5%CF%81%CE%B9%CE%B2%CE%B1%CE%BB%CE%BB%CE%BF%CE%BD%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%AC%CF%80%CF%81%CE%BF%CE%B2%CE%BB%CE%AE%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B>
- 17) [http://www.toyota-global.com/innovation/environmental\\_technology/hybrid/](http://www.toyota-global.com/innovation/environmental_technology/hybrid/)
- 18) [http://www.eng.ucy.ac.cy/kyratsi/thermoelectrics/thermo\\_phe.html](http://www.eng.ucy.ac.cy/kyratsi/thermoelectrics/thermo_phe.html)
- 19) <http://www.hybridcars.com>