



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ-ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ

ΕΡΓΑΣΙΑ ΦΥΣΙΚΗΣ

ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ: Γ. ΤΣΙΓΑΡΙΔΑΣ

ΜΗΧΑΝΕΣ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗΣ ΚΑΥΣΗΣ

ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ ΣΠΟΥΔΑΣΤΗ

ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΚΟΝΤΟΥΛΗΣ (Α.Μ.: mm21032)

ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΓΛΕΝΤΗΣ (Α.Μ.: mm21061)

ΕΞΑΜΗΝΟ: 1ο

ΑΘΗΝΑ ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ 2022

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	- 2 -
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΜΕ ΣΧΗΜΑΤΑ	- 4 -
ΛΙΣΤΑ ΜΕ ΑΚΡΩΝΥΜΙΑ	- 5 -
1. ΠΕΡΙΛΗΨΗ	- 6 -
2. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	- 7 -
3. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ	- 11 -
3.1. <i>ΜΕΤΑΒΟΛΕΣ ΑΕΡΙΩΝ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΤΑΤΙΚΕΣ ΕΞΙΣΩΣΕΙΣ ΑΕΡΙΩΝ</i>	- 11 -
3.2. <i>ΑΡΧΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΕΜΒΟΛΟΦΟΡΩΝ- ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΙΚΩΝ ΜΕΚ</i>	- 13 -
3.3. <i>ΑΡΧΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΙΚΩΝ ΜΕΚ</i>	- 16 -
3.4. <i>ΑΡΧΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΑΕΡΙΟΣΤΡΟΒΙΛΩΝ</i>	- 18 -
3.5. <i>ΚΥΚΛΟΣ CARNOT</i>	- 19 -
3.6. <i>ΚΥΚΛΟΣ OTTO</i>	- 21 -
3.7. <i>ΚΥΚΛΟΣ DIESEL</i>	- 22 -
3.8. <i>ΚΥΚΛΟΣ BRAYTON</i>	- 24 -
4. ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΚΙΝΗΣΗ	- 25 -
4.1. <i>Εισαγωγή στην κίνηση.</i>	- 25 -
4.2. <i>Τεχνολογία Υβριδικών Οχημάτων.</i>	- 25 -
4.3. <i>Τεχνολογία Ηλεκτρικών Οχημάτων.</i>	- 27 -

<i>4.4. Τεχνολογία Κυψελών Καυσίμου.</i>	- 29 -
<i>4.5. Τύποι Ηλεκτρικών/Υβριδικών Οχημάτων.</i>	- 32 -
5. ΕΝΝΑΛΑΚΤΙΚΑ ΚΑΥΣΙΜΑ.	- 36 -
<i>5.1. Εισαγωγή.</i>	- 36 -
<i>5.2. Ορίζοντας τα ενναλακτικά καύσιμα.</i>	- 37 -
<i>5.3. Σπουδαιότητα ενναλακτικών καυσίμων.</i>	- 38 -
<i>5.4. Ιδιότητες ενναλακτικών καυσίμων.</i>	- 39 -
<i>5.5. Ενναλακτικά καύσιμα κινητήρων ανάφλεξης με σπινθήρα.</i>	- 40 -
<i>5.6. Ενναλακτικά καύσιμα κινητήρων ανάφλεξης με συμπίεση.</i>	- 44 -
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	- 46 -

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΜΕ ΣΧΗΜΑΤΑ

<i>Εικόνα 1: Μεταβολές της κατάστασης ενός αερίου [5].</i>	- 12 -
<i>Εικόνα 2: Παλινδρομικό και περιστρεφόμενο τμήμα διωστήρα.</i>	- 14 -
<i>Εικόνα 3: Λειτουργία Τετράχρονου κινητήρα εσωτερικής καύσης με καύσιμο βενζίνη</i>	- 15 -
<i>Εικόνα 4: Λειτουργία δίχρονου κινητήρα εσωτερικής καύσης με καύσιμο βενζίνη.....</i>	- 16 -
<i>Εικόνα 5: Εμβολοφόρες περιστροφικές MEK, Κινητήρας Wankel.</i>	- 17 -
<i>Εικόνα 6: Λειτουργία Κινητήρα Wankel.</i>	- 18 -
<i>Εικόνα 7: Κύκλος λειτουργίας κινητήρα αεροστροβίλου.</i>	- 19 -
<i>Εικόνα 8: Η μηχανή του Carnot και οι μεταβολές του κύκλου.</i>	- 20 -
<i>Εικόνα 9: Διαγραμματική απεικόνιση ιδανικού θερμοδυναμικού κύκλου Carnot.</i>	- 20 -
<i>Εικόνα 10: Κίνηση εμβόλου μηχανής ιδανικού κύκλου Otto.</i>	- 21 -
<i>Εικόνα 11: Διαγραμματική απεικόνιση ιδανικού θερμοδυναμικού κύκλου Otto.....</i>	- 21 -
<i>Εικόνα 12: Λειτουργία Τετράχρονου κινητήρα εσωτερικής καύσης με καύσιμο Diesel</i>	- 22 -
<i>Εικόνα 13: Διεργασίες Τετράχρονου κινητήρα εσωτερικής καύσης με καύσιμο Diesel</i>	- 23 -
<i>Εικόνα 14: Διαγραμματική απεικόνιση ιδανικού θερμοδυναμικού κύκλου Diesel</i>	- 23 -
<i>Εικόνα 15: Διαγραμματική απεικόνιση μηχανής Brayton ανοικτού και κλειστού τύπου.</i>	- 24 -
<i>Εικόνα 16: Διαγραμματική απεικόνιση ιδανικού θερμοδυναμικού κύκλου Brayton.</i>	- 24 -
<i>Εικόνα 17: Εξαρτήματα Υβριδικού Οχήματος.</i>	- 26 -
<i>Εικόνα 18: Εξαρτήματα ηλεκτρικού οχήματος.</i>	- 27 -
<i>Εικόνα 19: Εξαρτήματα κυψελών καυσίμου.</i>	- 30 -
<i>Εικόνα 20: Battery Electric Vehicle (BEV).</i>	- 32 -
<i>Εικόνα 21: Hybrid Electric Vehicle (HEV).</i>	- 33 -
<i>Εικόνα 22: Plug-in Hybrid Electric Vehicle (PHEV).</i>	- 34 -
<i>Εικόνα 23: Fuel Cell Electric Vehicle (FCEV).</i>	- 35 -

ΛΙΣΤΑ ΜΕ ΑΚΡΩΝΥΜΙΑ

<i>M.E.K.</i>	Μηχανές Εσωτερικής Καύσης
<i>Θ. Μ.</i>	Θερμικές Μηχανές
<i>K. Μ.</i>	Κινητήριες Μηχανές
<i>A.N.Σ.</i>	Άνω Νεκρό Σημείο
<i>K.N.Σ.</i>	Κάτω Νεκρό Σημείο
<i>C.N.G.</i>	Compressed Natural Gas
<i>L.N.G.</i>	Liquefied Natural Gas
<i>E.V.</i>	Electric Vehicle
<i>B.E.V.</i>	Battery Electric Vehicle
<i>H.E.V.</i>	Hybrid Electric Vehicle
<i>P.H.E.V.</i>	Plug-in Hybrid Electric Vehicle
<i>F.C.E.V.</i>	Fuel Cell Electric Vehicle
<i>L.H.V.</i>	Lower heating value (LHV).

1. ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα εργασία θα γίνει μία βιβλιογραφική παρουσίαση των Μηχανών Εσωτερικής Καύσης (MEK), που χρησιμοποιούνται ευρέως για βιομηχανική χρήση αλλά και κίνηση.

Σκοπός της εργασίας είναι να παρουσιαστούν οι διάφοροι τύποι MEK, που δύναται να ταξινομηθούν με βάση τις μεταξύ τους ομοιότητες, ανάλογα με τον τρόπο μετατροπής της θερμικής ενέργειας σε μηχανικό έργο, το είδος του καυσίμου που χρησιμοποιείται καθώς και τις διαφοροποιήσεις στον τρόπο και το χρόνο παραγωγής του ωφέλιμου χρόνου.

Έμφαση θα δοθεί στην παρουσίαση των φάσεων λειτουργίας των κυριότερων κύκλων λειτουργίας (Carnot, Otto, Diesel και Brayton), οι οποίοι αποτελούν βάση για την μελέτη των κυριότερων εφαρμογών καθώς και η φυσική επεξήγησή τους μέσω της θερμοδυναμικής ανάλυσης.

Τέλος, η σύγκριση των εναλλακτικών και των συμβατικών καυσίμων καθώς και της εφαρμογής των τεχνολογικών εξελίξεων στην εξοικονόμηση ενέργειας και την προστασία του περιβάλλοντος πρόκειται να προσδιορίσει την πορεία για τις μελλοντικές εξελίξεις και τις δυνατότητες που προσφέρει η χρήσης τους.

2. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Μηχανή Εσωτερικής Καύσης (MEK) ονομάζεται η κινητήρια θερμική μηχανή στην οποία η καύση του καυσίμου γίνεται στο εσωτερικό σώμα της ίδιας της μηχανής και η παραγόμενη ενέργεια προέρχεται από τα προϊόντα καύσης. Αυτό επί της ουσίας είναι ότι το ωφέλιμο μηχανικό έργο παράγεται, μέσα σε ένα θάλαμο καύσης, που βρίσκεται στον ίδιο χώρο, όπου γίνεται η πρόσδοση θερμότητας μέσω της καύσης [1].

Η καύση είναι η βασική χημική διαδικασία απελευθέρωσης ενέργειας από μίγμα καυσίμου και αέρα που αντιδρά για να δώσει νέα συστατικά (διοξείδιο του άνθρακα, νερό κ.ά.). Η χημική αντίδραση αποτελεί εξώθερμη αντίδραση και η αποδιδόμενη ενέργεια εμφανίζεται με την μορφή της θερμότητας. Ποσοστό της θερμότητας ανεβάζει την θερμοκρασία των αερίων προϊόντων της καύσης, αυξάνοντας την πίεσή τους. Με κατάλληλες διατάξεις εξαρτημάτων και μηχανισμών, που για διαφορετικές μηχανές θα παρουσιαστούν αναλυτικότερα παρακάτω, εκμεταλλευόμαστε τα υπερσυμπιεσμένα αέρια, ώστε να μετατρέψουμε την θερμότητα σε κινητική ενέργεια. Τα αέρια που απελευθερώνονται αποτελούν τους αέριου ρύπους της καύσης καθώς και το υπολειπόμενο τμήμα της της θερμότητας εκλύεται στο περιβάλλον [2].

Ο λόγος, δηλαδή, ανάμεσα στη θερμότητα που αξιοποιείται (μετατρέπεται σε μηχανική ενέργεια) και στη θεωρητικά διαθέσιμη ενέργεια ονομάζεται **θερμοδυναμική απόδοση των κινητήρων**. Αποτελεί παράμετρο σχεδιασμού των κινητήρων και όσο πιο υψηλή είναι τόσο πιο αποδοτικός είναι ο κινητήρας. Η βελτίωση της θερμοδυναμικής απόδοσης ενός κινητήρα σημαίνει αύξηση της αποδιδόμενης ισχύος για την ίδια κατανάλωση καυσίμων, ή μείωση της κατανάλωσης για την ίδια απόδοση ισχύος [2].

Οι MEK λειτουργούν σύμφωνα με μια **κυκλική μεταβολή** που αντιστοιχεί σε συγκεκριμένο ιδανικό θερμοδυναμική κύκλο [3]. Με την εξέταση των **ιδανικών κύκλων** διευκολύνεται η θερμοδυναμική μελέτη των αντίστοιχων μηχανών, οι υπολογισμοί που γίνονται δίνουν αποτελέσματα που απέχουν από την πραγματική λειτουργία, δίνουν όμως χρήσιμα στοιχεία για τη λειτουργία των κύκλων, ταυτόχρονα δε υπάρχει μια βάση σύγκρισης. Οι αποκλείσεις που παρατηρούνται οφείλονται στο ότι ο θερμικός κύκλος δεν είναι στην πραγματικότητα κλειστός, διότι το σύστημα στην τελική κατάσταση είναι διαφορετικό από την αρχική (σ.σ. τα καυσαέρια εξέρχονται στην ατμόσφαιρα). Αποτελεί όμως, ένα μηχανικό κύκλο.

Δεν είναι επομένως εφικτό να παρασταθεί με ένα θερμοδυναμικό κύκλο αλλά μόνο με μια κυκλική ακολουθία φυσικών φαινομένων. Η πραγματική κυκλική μεταβολή προκύπτει από την προσαρμογή των μαθηματικών σχέσεων που περιγράφουν τον ιδανικό θερμοδυναμικό κύκλο, με την προσθήκη κατάλληλων δεικτών απόδοσης, που προσδιορίζονται από την θερμοδυναμική θεωρία [3].

Με σκοπό να κατασκευαστούν αποδοτικότερες μηχανές, ιστορικά δοκιμάστηκαν διαφορετικές διαμορφώσεις μηχανών, διαφορετικά καύσιμα και διαφορετικοί θερμικοί κύκλοι. Άλλες προτάσεις δεν υλοποιήθηκαν ποτέ, άλλες δεν απέδωσαν τα αναμενόμενα και άλλες δεν εξελίχθηκαν έγκαιρα ή ξεπεράστηκαν από άλλες σύγχρονες προτάσεις. Αυτό αιτιολογεί το μεγάλο εύρος διαφορετικών μηχανών, τις διαφορετικές κατατάξεις, την ποικιλία εφαρμογών. Στην παρούσα εργασία θα γίνει κατάταξή τους σύμφωνα με την [2]. Έτσι, ανάλογα με τον τρόπο μετατροπής της θερμικής ενέργειας σε μηχανικό έργο οι MEK διακρίνονται σε:

- **Εμβολοφόρες ή παλινδρομικές**, όπου η ροή εντός του κυλίνδρου παρουσιάζει περιοδική μεταβολή, ταυτόχρονα μεταβάλλονται και οι θερμοδυναμικές ιδιότητες του ρευστού, που εξαρτώνται άμεσα την διεργασία που εκτυλίσσεται κάθε χρονική στιγμή
- **Περιστροφικές ή στροβίλους ή αεριοστροβίλους**, όπου η ροή του αέρα είναι συνεχής και σε κάθε θέση της μηχανής επικρατούν πάντοτε οι ίδιες συνθήκες.

Υπάρχουν πάρα πολλές υποκατηγορίες καθώς και τρόποι διαχωρισμού των κατηγοριών. Συγκριμένα οι κινητήρες των MEK διαχωρίζονται στις ακόλουθες κατηγορίες σύμφωνα με [2]:

- **Καύσιμο**, για καύσιμα που είναι ρευστά (βαρέως πετρελαίου ή μαζούτ), υγρά (όπως βενζίνη, πετρέλαιο) ή αέρια (υγραέριο και φυσικό αέριο).
- **Τον τρόπο εγκατάστασής**, όπου διακρίνονται σε: Μηχανές σταθερής ή μόνιμης βάσεως και Μηχανές κινούμενου φορέα (κινητές ή φορητές)
- **Την χρήση τους**, όπου διακρίνονται σε: Μηχανές οχημάτων, Ναυτικές ή Βιομηχανικές μηχανές.
- **Παραγόμενη ισχύ**, όπου διακρίνονται σε:
 - ✓ Μικρής ισχύος (μέχρι 20 PS)
 - ✓ Μέσης ισχύος (μέχρι 200 PS)
 - ✓ Μεγάλης ισχύος (άνω των 200 PS)

- **Τρόπο αποδόσεως της ισχύος**, όπου διακρίνονται σε:
 - ✓ Σταθερών στροφών (και μεταβλητού φορτίου)
 - ✓ Μεταβλητών στροφών
- **Γωνιακή ταχύτητα περιστροφής άξονα**, όπου διακρίνονται σε:
 - ✓ Αργόστροφες, έως 350 rpm (μηχανές πλοίων)
 - ✓ Μεσόστροφες, έως 1500 rpm (μηχανές πλοίων, τρένων και ηλεκτροπαραγωγή ζεύγη)
 - ✓ Πολύστροφες, έως 5000 rpm (μηχανές τροχοφόρων)
 - ✓ Ταχύστροφες, με ταχύτητα περιστροφής άνω των 5000 rpm (αυτοκίνητα νέας τεχνολογίας, αγωνιστικά αυτοκίνητα, δίτροχα μεγάλου κυβισμού)

Ειδικότερα, οι εμβολοφόρες παλινδρομικές MEK μπορούν ενδεικτικά να κατηγοριοποιηθούν, σύμφωνα με πλήθος επιπρόσθετων παραγόντων, όπως [4]:

- **Τρόπο εναύσεως (αναφλέξεως)**, όπου διακρίνονται σε:
 - ✓ Μηχανές εναύσεως με σπινθήρα ή βενζινομηχανές ή κινητήρες Otto
 - ✓ Μηχανές εναύσεως με συμπίεση ή πετρελαιομηχανές ή κινητήρες Diesel
- **Πίεση και ποσότητα αέρα που εισάγεται στον κύλινδρο**, όπου διακρίνονται σε:
 - ✓ Ατμοσφαιρικές μηχανές ή μηχανές φυσικής αναπνοής
 - ✓ Υπερπληρωμένες
- **Μέθοδο εισαγωγής καυσίμου**: με εξαεριωτήρα ή αντλία εγχύσεως και εγχυτήρα
 - ✓ Με εξαεριωτήρα ή με αντλία εγχύσεως και εγχυτήρα
- **Αριθμό των διαδρομών του εμβόλου για την ολοκλήρωση του κύκλου λειτουργίας**, όπου διακρίνονται σε τετράχρονες και δίχρονες
- **Αριθμό των κυλίνδρων**, σε Μονοκύλινδρες και Πολυκύλινδρες
- **Διάταξη των κυλίνδρων**:
 - ✓ Κατακόρυφες ή εν σειρά
 - ✓ Τύπου V, W, H, Δ, X
 - ✓ Οριζόντιες (boxer)
 - ✓ Αστεροειδείς (κινητήρες ελικοφόρων αεροσκαφών)
 - ✓ Σταυροειδείς, πολυγωνικές, διπλών εμβόλων κτλ
- **Τρόπο ψύξεως των κυλίνδρων**:
 - ✓ Αερόψυκτες

- ✓ Υδροψυκτες Τρόπο σύνδεσης εμβόλου – διωστήρα
- ✓ Με βάκτρο και ζύγωμα
- ✓ Χωρίς βάκτρο και ζύγωμα

Στο Κεφάλαιο με την επωνυμία «Θεωρητικό Υπόβαθρο» αρχικά γίνεται μια αναφορά στις μεταβολές αερίων και τος καταστατικές εξισώσεις. Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι βασικές αρχές της λειτουργίας των ΜΕΚ και αναλύεται εκτενέστερα η αρχή λειτουργία των εμβολοφόρων - παλιδρομικών, των περιστροφικών και αεροστροβίλων. Στην συνέχεια ακολουθούν οι κυκλικές μεταβολές των θερμικών μηχανών Otto, Diesel, Carnot και Brayton και δίνεται περιγραφή των ιδανικών και πραγματικών κύκλων τους.

Στο επόμενο Κεφαλαίο θα αναφερθούν βασικά στοιχεία για την κίνηση οχημάτων με στόχο την εξοικονόμηση ενέργειας. Θεωρώντας ότι τα οχήματα «φιλικά» προς το περιβάλλον βρίσκονται στην κορυφή της λίστας των διαθέσιμων επιλογών για καθαρές τεχνολογίες οχημάτων, θα δοθεί ανάλυση των τεχνολογιών με στόχο την κατανόηση της λειτουργίας τους, αλλά και οι βασικότερες εφαρμογές στην σύγχρονη εποχή.

Στο τελευταίο Κεφάλαιο παρουσιάζονται οι κινητήρες ανάφλεξης με συμπίεση και οι κινητήρες ανάφλεξης με σπινθήρα που έχουν υιοθετηθεί ως βασική πηγή ισχύος στα οχήματα καθώς και στη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σε πλήθος βιομηχανικών εφαρμογών, λόγω της υψηλής πυκνότητας ισχύος και της υψηλής απόδοσης. Επιπρόσθετα, θα παρουσιαστεί η σπουδαιότητα της χρήσης των εναλλακτικών καυσίμων, οι ιδιότητές και τα χαρακτηριστικά των κυριότερων από αυτά.

3. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ

3.1. ΜΕΤΑΒΟΛΕΣ ΑΕΡΙΩΝ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΤΑΤΙΚΕΣ ΕΞΙΣΩΣΕΙΣ ΑΕΡΙΩΝ

Η κατάσταση ενός αερίου χαρακτηρίζεται από την καταστατική εξίσωση των ιδανικών αερίων που συνδέει δύο καταστάσεις ενός ιδανικού αερίου. Προκύπτει από τους νόμους των Μπόιλ-Μαριότ και του Γκαί-Λυσάκ και ισούται, στην πιο συνήθη μορφή της, με [3]:

$$P V = n R T$$

Όπου:

P: η πίεση του αερίου,

V: ο όγκος του αερίου,

n: ο αριθμός των γραμμομορίων του αερίου,

R: η παγκόσμια σταθερά των αερίων,

T: η απόλυτη θερμοκρασία σε μονάδες Kelvin

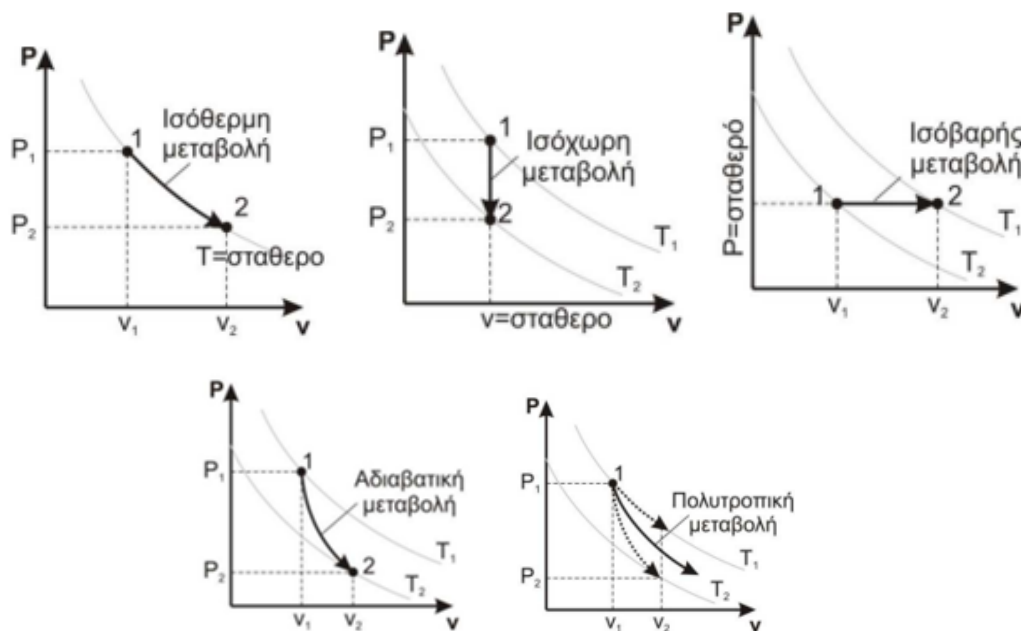
Η μεταβολή στην κατάσταση ενός αερίου, δύναται να απεικονιστεί σε ένα διάγραμμα μεταβολής P-V, όπου στον κάθετο άξονα μετράτε η πίεση του αερίου και στο οριζόντιο ο ειδικός όγκος [3] ή σε ένα διάγραμμα T-S, όπου στον κάθετο άξονα μετράτε η Θερμοκρασία του αερίου και στο οριζόντιο η εντροπία [3]. Και στα δυο διαγράμματα η επιφάνεια που περικλείεται από τη διεργασία, αντιπροσωπεύει το έργο που παράγει ο κύκλος.

Το T-s διάγραμμα παρέχει μια καλύτερη οπτική εποπτεία της διεργασίας διότι:

- ✓ Η μεταβολή της εντροπίας οφείλεται αποκλειστικά σε συναλλαγές θερμότητας (επειδή οι μεταβολές θεωρούνται αντιστρεπτές).
- ✓ Η αύξηση της εντροπίας σημαίνει πρόσδοση θερμότητας και η μείωση απόρριψη θερμότητας από το σύστημα, ενώ μια ισεντροπική μεταβολή (αντιστρεπτή + αδιαβατική) γίνεται χωρίς μεταβολή της εντροπίας.

Οι μεταβολές της κατάστασης ενός ιδανικού αερίου είναι οι ακόλουθες [5]:

- **Ισόθερμη:** όταν η μεταβολή στην κατάσταση ενός θερμοδυναμικού συστήματος, πραγματοποιείται με την Θερμοκρασία του συστήματος να παραμένει σταθερή.
- **Ισόχωρη:** όταν η μεταβολή στην κατάσταση ενός θερμοδυναμικού συστήματος, πραγματοποιείται με τον Όγκο του συστήματος να παραμένει σταθερός.
- **Ισοβαρής:** όταν η μεταβολή στην κατάσταση ενός θερμοδυναμικού συστήματος, πραγματοποιείται με την Πίεση του συστήματος να παραμένει σταθερή.
- **Αδιαβατική:** όταν η μεταβολή στην κατάσταση ενός θερμοδυναμικού συστήματος συμβαίνει χωρίς το αέριο να ανταλλάσσει θερμότητα με το περιβάλλον του.
- **Πολυτροπική:** κάθε μεταβολή στην κατάσταση του αερίου που βρίσκεται ενδιάμεσα της αδιαβατικής και της ισόθερμης μεταβολής.



Εικόνα 1: Μεταβολές της κατάστασης ενός αερίου [5].

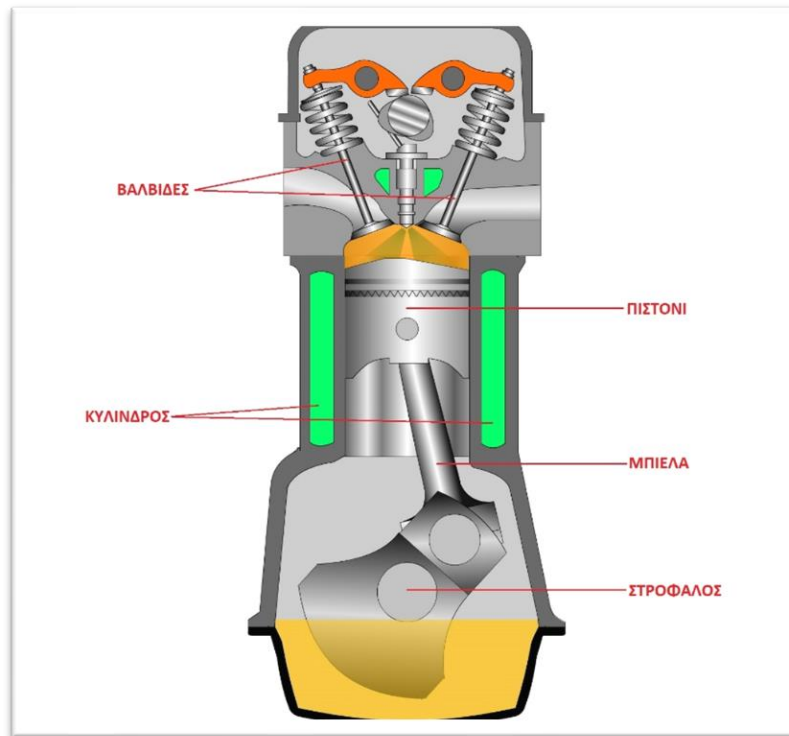
3.2. *ΑΡΧΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΕΜΒΟΛΟΦΟΡΩΝ- ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΙΚΩΝ ΜΕΚ*

Οι εμβολοφόρες – παλινδρομικές ΜΕΚ βασίζονται στην αρχή της μετατροπής της ελκυσόμενης θερμικής ενέργειας σε μηχανικό έργο, μέσω της κίνησης εμβόλων σε ειδικά διαμορφωμένο θάλαμο καύσης και με την βοήθεια κατάλληλων εξαρτημάτων – μηχανισμών και διατάξεων.

Η παλινδρομική κίνηση του εμβόλου στον κύλινδρο της μηχανής πραγματοποιείται ως συνέπεια των πιέσεων που προκαλούνται από την καύση της καύσιμης ύλης και την προκαλούμενη ελεγχόμενη μεταβολή του θαλάμου καύσης. Ο θάλαμος καύσης ορίζεται από τα εσωτερικά τοιχώματα του κυλίνδρου, το καπάκι της μηχανής και την επιφάνεια.

Αυτή η παλινδρομική κίνηση των εμβόλων, μετατρέπεται σε περιστροφική, μέσω κατάλληλων κινηματικών μηχανισμών, που σε μία απλουστευμένη μορφή αποτελούνται από τον διωστήρα και τον στρόφαλο, και τον στροφαλοφόρο άξονα. Συνοπτικά, ο ρόλος τους στην διάταξη είναι ο ακόλουθος [2]:

- ✓ **Στροφαλοφόρος άξονας:** Πρόκειται για το εξάρτημα που μετατρέπει την παλινδρομική κίνηση των εμβόλων σε περιστροφική.
- ✓ **Πιστόνι:** Τα πιστόνια ενός θερμικού κινητήρα αναλαμβάνουν την μετάδοση της πίεσης που ασκούν τα καυσαέρια ως δύναμη προς το στροφαλοφόρο άξονα.
- ✓ **Βαλβίδες εισαγωγής-εξαγωγής:** Εξαρτήματα που επιτρέπουν την εισαγωγή του μείγματος και την εξαγωγή των καυσαερίων αντίστοιχα από τον θάλαμο καύσης.
- ✓ **Ο διωστήρας,** ή η ευρέως γνωστή μπιέλα αναλαμβάνει την «γεφύρωση» του εμβόλου με τον στροφαλοφόρο άξονα, συνδεδεμένος με το έμβολο μέσω ενός πείρου και με ένα καβαλέτο με τον στροφαλοφόρο άξονα, προκειμένου η παλινδρομική κίνηση του εμβόλου να μετατραπεί σε περιστροφική.
- ✓ **Εκκεντροφόρος:** Ο άξονας που είναι υπεύθυνος για την κίνηση των βαλβίδων.
- ✓ **Σφόνδυλος,** εξάρτημα που συνδέεται με τον στροφαλοφόρο άξονα και ο ρόλος του είναι να παρέχει την δυνατότητα αποθήκευσης ενέργειας επιτρέποντας έτσι την διατήρηση των μετακινήσεων μεταξύ των νεκρών σημείων.



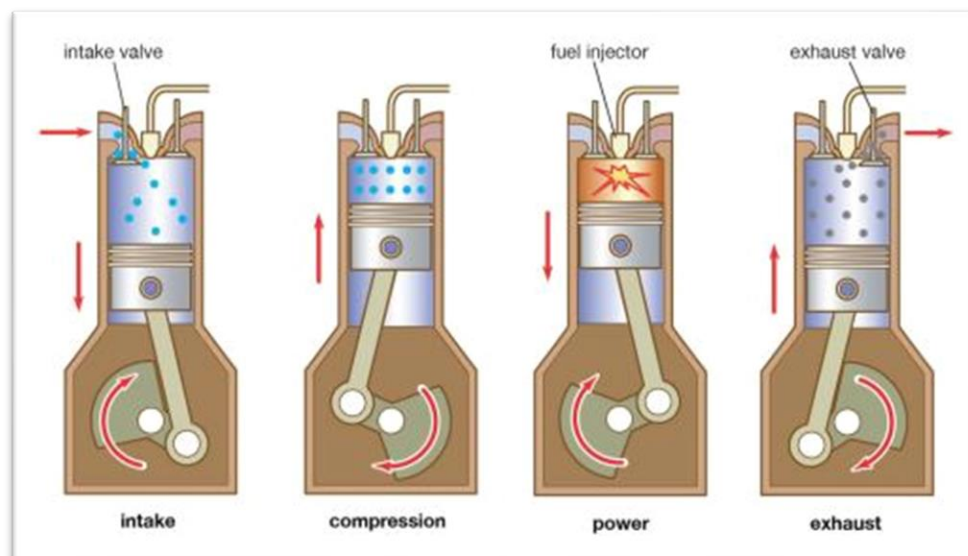
Εικόνα 2: Παλινδρομικό και περιστρεφόμενο τμήμα διωστήρα.

Στο θάλαμο καύσης εισέρχεται το μείγμα αέρα καυσίμου και εξέρχονται τα καυσαέρια που προκύπτουν από την καύση με την βοήθεια κατάλληλων βαλβίδων εισαγωγής και εξαγωγής, που ανοιγοκλείνουν σύμφωνα με τις ανάγκες λειτουργίας. Ανάλογα με το είδος του κινητήρα, η εισαγωγή του καυσίμου γίνεται είτε ταυτόχρονα με τον αέρα εισαγωγής, είτε με απευθείας ψεκασμό μέσω εγχυτήρα είτε με ψεκασμό σε προθάλαμο καύσης [3].

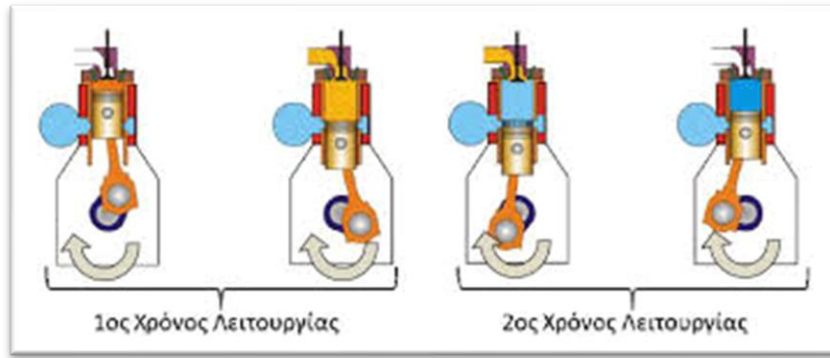
Η κίνηση του εμβόλου πραγματοποιείται σε δύο ακραίες θέσεις το Άνω Νεκρό Σημείο (Α.Ν.Σ.) και το Κάτω Νεκρό Σημείο (Κ.Ν.Σ.). Χρόνος λειτουργίας ορίζεται η διαδρομή του εμβόλου μεταξύ Α.Ν.Σ. και Κ.Ν.Σ. και οφείλεται στο παραγόμενο έργο από την εκτόνωση των καυσαερίων. Κατά την διάρκεια όμως αυτής της εκτόνωσης οι μετακινήσεις μεταξύ των ακραίων σημείων απαιτούν επιπλέον έργο, που παρέχεται από τον σφόνδυλος, ο οποίος είναι συνδεδεμένος με το στροφαλοφόρο άξονα [4].

Οι τετράχρονοι κινητήρες εσωτερικής καύσης με καύσιμο βενζίνη έχουν τέσσερις φάσεις λειτουργίας. Άρα για να πραγματοποιηθεί ένας πλήρης κύκλος λειτουργίας πρέπει το έμβολο να κάνει τέσσερις διαδρομές, γι' αυτό ο κινητήρας αυτός λέγεται τετράχρονος. Οι φάσεις λειτουργίας είναι οι ακόλουθοι [2]:

- **Εισαγωγή.** Το καύσιμο μείγμα εισέρχεται στο θάλαμο καύσης από την ανοιχτή βαλβίδα εισαγωγής,
- **Συμπίεση.** Το έμβολο κινείται προς το άνω νεκρό σημείο και συμπιέζει το καύσιμο μείγμα,
- **Ανάφλεξη, Καύση/Εκτόνωση.** Η ταχεία αύξηση της θερμοκρασίας, σε συνδυασμό με τον ηλεκτρικό σπινθήρα που δίνεται από το μπουζί (βενζινοκινητήρες), προκαλούν την ανάφλεξη του καυσίμου μείγματος. Η έναυση δεν γίνεται στο ΑΝΣ αλλά λίγο πιο πριν. Το μείγμα καίγεται και εκτονώνεται, πιέζοντας το έμβολο προς το ΚΝΣ, παράγοντας ωφέλιμο έργο.
- **Εξαγωγή.** Το έμβολο, που λόγω της πίεσης των αερίων της καύσης έχει φτάσει στο ΚΝΣ, λόγω της αδράνειας του συστήματος έμβολο-στροφαλοφόρος-σφόνδυλος, αρχίζει να κινείται προς τα άνω, σπρώχνοντας τα αέρια προς την ανοιχτή βαλβίδα εξαγωγής. Έτσι τα προϊόντα της καύσης εξέρχονται από το θάλαμο καύσης.



Εικόνα 3: Λειτουργία Τετράχρονου κινητήρα εσωτερικής καύσης με καύσιμο βενζίνη

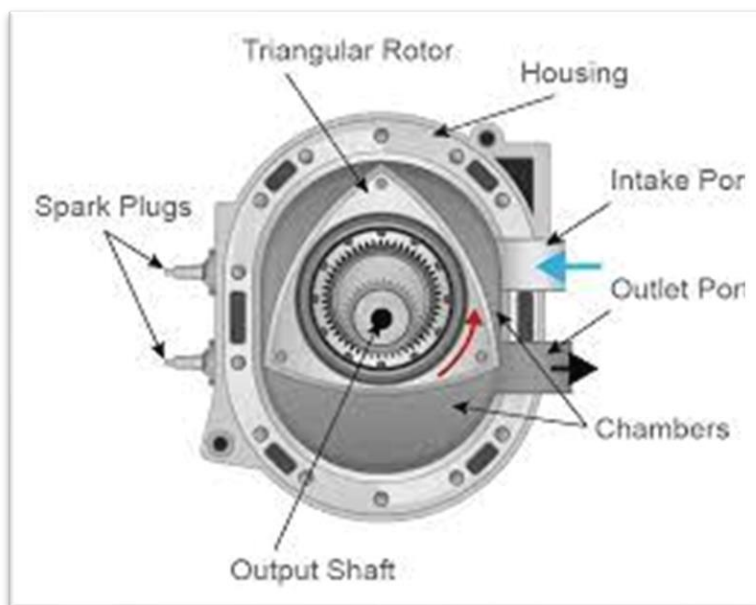


Εικόνα 4: Λειτουργία δίχρονου κινητήρα εσωτερικής καύσης με καύσιμο βενζίνη

Ωστόσο, τα παραπάνω στάδια μπορούν να πραγματοποιούνται σε δύο ή τέσσερις διαδρομές του εμβόλου (χρόνους), δηλαδή σε μία ή δύο ολοκληρωμένες περιστροφές του στροφαλοφόρου άξονα. Η ολοκλήρωση των σταδίων ενός κύκλου λειτουργίας σε δύο ή τέσσερις διαδρομές του εμβόλου, χαρακτηρίζουν τους κινητήρες σε δίχρονους και τετράχρονους. Ακόμα, ισχύς και ο αριθμός στροφών ενός κινητήρα έχει άμεση σχέση με τη ρύθμιση της παροχής του καυσίμου. Έτσι όταν αυξάνεται η ποσότητα καυσίμου, αυξάνονται παράλληλα οι στροφές και η παραγόμενη ισχύς, ενώ το αντίθετο συμβαίνει όταν μειώνεται η ποσότητα [4]. Τέλος, πολλοί κινητήρες επικαλύπτουν αυτά τα βήματα στο χρόνο, οι αεριοστροβιλοκινητήρες κάνουν όλα τα βήματα ταυτόχρονα σε διάφορα μέρη του κινητήρα, ενώ ορισμένοι κινητήρες εσωτερικής καύσης έχουν επιπλέον βήματα.

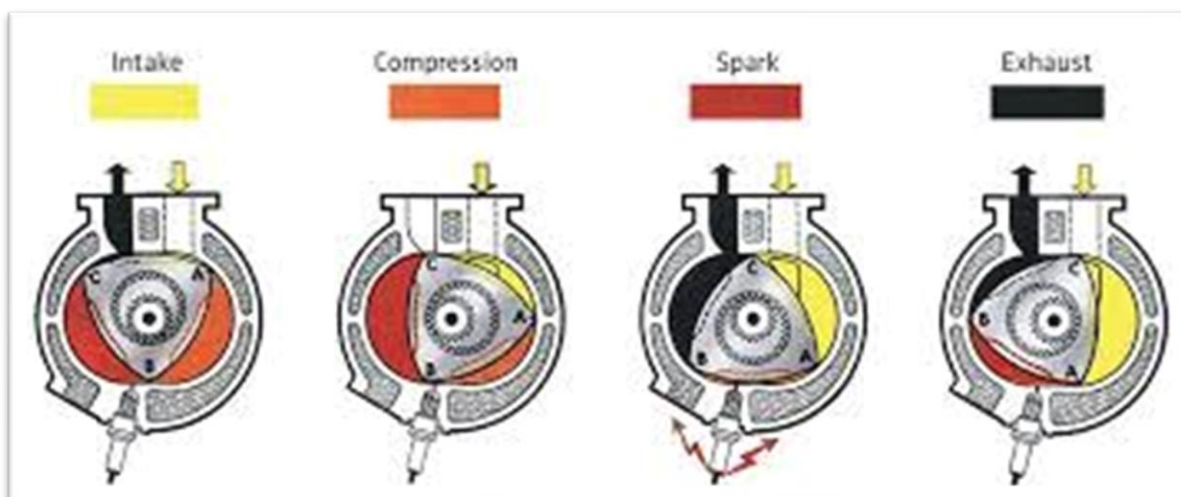
3.3. ΑΡΧΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΙΚΩΝ ΜΕΚ

Για την κατανόηση της λειτουργίας των εμβολοφόρων περιστροφικών ΜΕΚ δίνεται περιγραφή της αρχής λειτουργίας του κινητήρα Wankel, ένα κινητήρα που υλοποιείται εισαγωγή, συμπίεση, καύση και εξάτμιση κατά την διάρκεια μιας περιστροφικής κίνησης. [1] Το έμβολο που είναι τοποθετημένο στο εσωτερικό του κινητήρα Wankel έχει ιδιόμορφο σχήμα αφού είναι καμπυλωμένου τριγωνικού πρίσματος με ενσωματωμένη εσωτερική οδόντωση εμπλεκόμενη έκκεντρα με μικρότερο οδοντωτό τροχό, που είναι σταθερά προσαρμοσμένος στον κινητήρα. Ο θάλαμος που βρίσκεται το έμβολο είναι ελλειψοειδής, δημιουργώντας μεταξύ τους διάκενα και καθώς περιστρέφεται πραγματοποιούνται οι διαδοχικές φάσεις λειτουργίας των ΜΕΚ, δηλαδή εισαγωγή μείγματος καυσίμου-αέρα, συμπίεση, καύση-εκτόνωση και εξαγωγή.



Εικόνα 5: Εμβολοφόρες περιστροφικές ΜΕΚ, Κινητήρας Wankel.

Το μείγμα καυσίμου-αέρα, προερχόμενο από έναν εξαερωτήρα, εισέρχεται μέσω αυλού εισαγωγής στους θαλάμους καύσης σε μία από τις ακραίες πλάκες του κελύφους. Το καύσιμο μείγμα ωθούμενο από το τριγωνικό έμβολο ακολουθεί την περιστροφική κίνηση, ενώ τα ελατήρια του τοιχώματος του κυλίνδρου παρέχουν την απαιτούμενη στεγανότητα. Έτσι έπειτα από περιστροφή μερικών μοιρών το μείγμα έχει μεταφερθεί στο στάδιο της πλήρους συμπίεσης. Εκεί θα δεχτεί σπινθηρισμό από αναφλεκτήρα που βρίσκεται σε εσοχή που επικοινωνεί με τους θαλάμους μέσα από ένα στένωμα, στην απέναντι πλευρά του κελύφους. Έπειτα ακολουθεί η καύση του μείγματος και η εκτόνωση των δημιουργούμενων καυσαερίων, καθώς με την περιστροφή του εμβόλου ο όγκος μέσα στον οποίο βρίσκονται μεγαλώνει. Στη συνέχεια τα καυσαέρια αποβάλλονται από τον θάλαμο καύσης δια μέσω της αυλού εξαγωγής, ενώ η περιστροφή συνεχίζεται όσο διατηρείται η καύση [1].

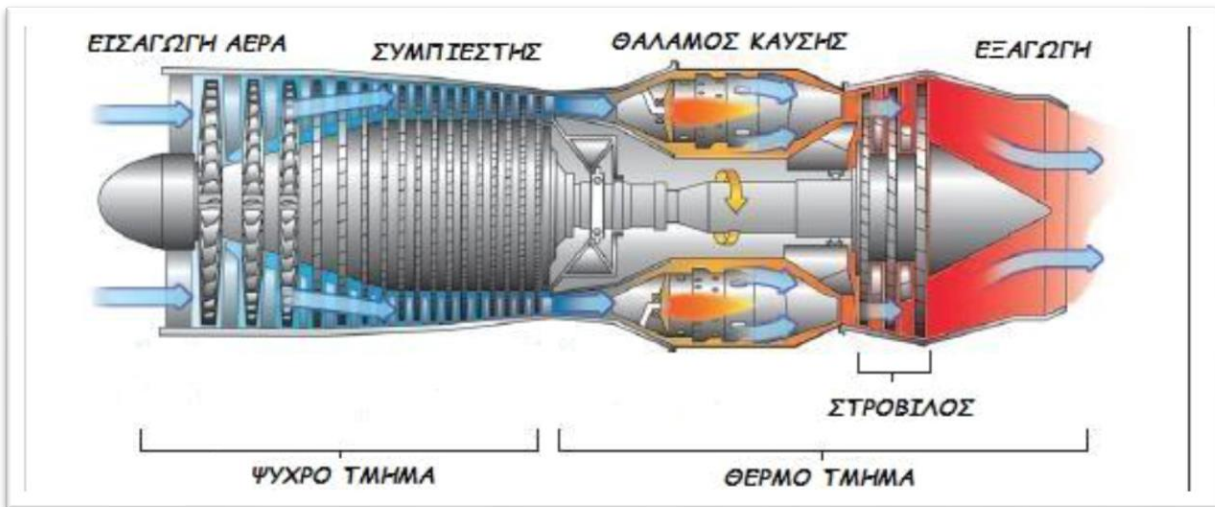


Εικόνα 6: Λειτουργία Κινητήρα Wankel.

Από τα ανωτέρω γίνεται κατανοητό ότι στην ουσία εντός του κινητήρα πραγματοποιούνται τρεις ανεξάρτητοι κύκλοι λειτουργίας σε διαφορετική φάση ο καθένας. Συνέπεια αυτού είναι οι κινητήρες να χαρακτηρίζονται για την συμπαγή κατασκευή, το μικρό όγκο, το χαμηλό κέντρο βάρους, το μικρό κυβισμό και τη μεγάλη παραγωγή ισχύος. Ωστόσο, αυτό που είναι αξιοσημείωτο είναι ότι δεν υπάρχουν παλινδρομικές μάζες με συνέπεια να μην υπάρχουν προβλήματα ταλαντώσεων [4].

3.4. ΑΡΧΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΑΕΡΙΟΣΤΡΟΒΙΛΩΝ

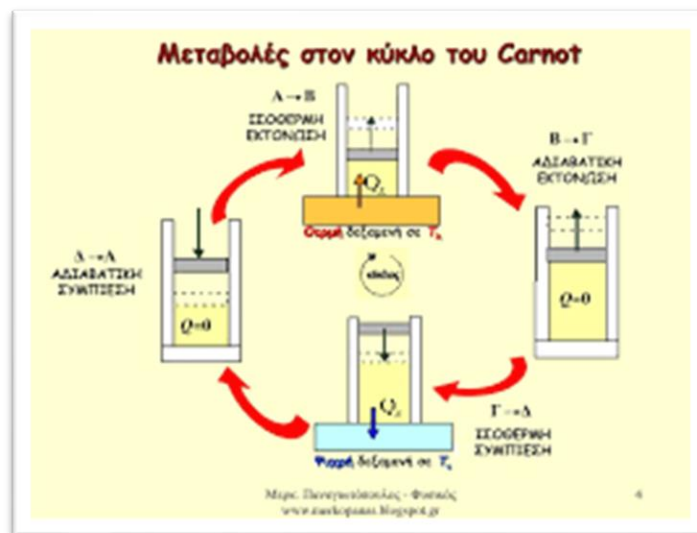
Οι αεροστροβίλοι παρουσιάζουν λίγο διαφορετική αρχή λειτουργία από αυτή των εμβολοφόρο και παλινδρομικών μηχανών [5]. Αρχικά ο αέρας εισέρχεται στην εισαγωγή και προωθείται στον συμπίεστη, όπου και συμπιέζεται σε υψηλή πίεση. Στη συνέχεια, ο συμπίεσμένος αέρας εισέρχεται στο θάλαμο καύσης και ταυτόχρονα προστίθεται καύσιμο, το οποίο αναφλέγεται και εκρήγνυται. Μέρος του έργου της εκτόνωσης που ακολουθεί κινεί το στρόβιλο, που με την σειρά του περιστρέφει τον συμπίεστη μέσω ενός άξονα – ατράκτου που υλοποιεί τη μηχανική σχέση. Το υπολειπόμενο της εκτόνωσης αποτελεί το ωφέλιμο έργο της εξόδου του κινητήρα. Το έργο αυτό στους αεροπορικούς κινητήρες παίρνει τη μορφή προωθητικής ενέργειας με την βοήθεια κατάλληλου ακουσίου εξαγωγής ενώ στους βιομηχανικούς αεροστροβίλους μετατρέπεται σε μηχανική ενέργεια συνήθως με την βοήθεια πρόσθετου στροβίλου ισχύος [5].



Εικόνα 7: Κύκλος λειτουργίας κινητήρα αεροστροβίλου.

3.5. ΚΥΚΛΟΣ CARNOT

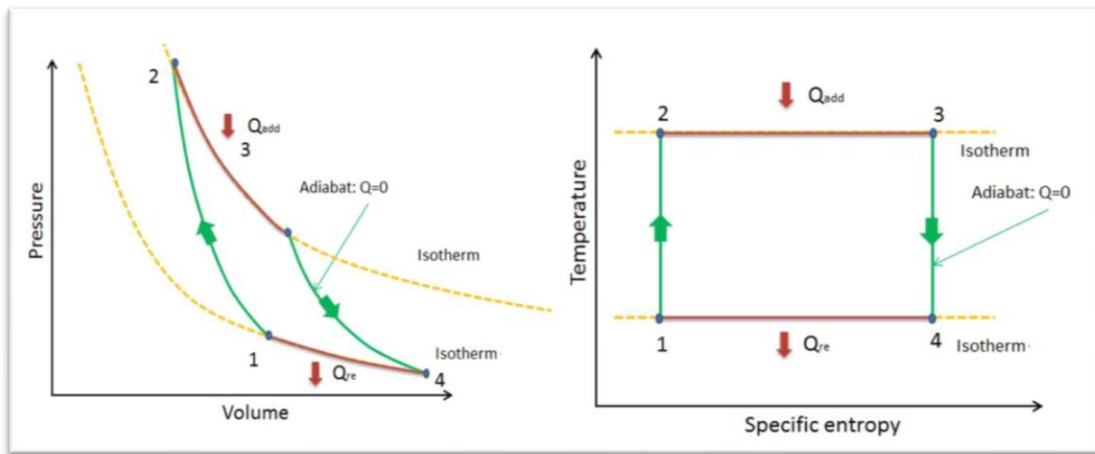
Μια μηχανή Carnot είναι μια ιδανική μηχανή που λειτουργεί σύμφωνα με τον ομώνυμο θερμοδυναμικό κύκλο Carnot, ο οποίος είναι ένας θεωρητικός ιδανικός κύκλος με τον οποίο συγκρίνονται οι πραγματικοί κύκλοι. Η μηχανή Carnot αποτελείται από έναν κύλινδρο στον οποίο κινείται το έμβολο χωρίς την παρουσία τριβών. Η παράπλευρη επιφάνεια του κυλίνδρου και το έμβολο είναι φτιαγμένα από αδιαβατικά τοιχώματα, ενώ ο πυθμένας αποτελείται από ιδανικό αγωγό θερμότητας. Το αέριο μέσω του πυθμένα μπορεί να έρχεται σε επαφή είτε με θερμή είτε με ψυχρή δεξαμενή είτε να κρατιέται θερμικά μονωμένο [3].



Εικόνα 8: Η μηχανή του Carnot και οι μεταβολές του κύκλου.

Ο κύκλος Carnot αποτελείται από τις εξής διεργασίες [3]:

- ✓ 1-2: Αδιαβατική (ή ισεντροπική) συμπίεση
- ✓ 2-3: Ισόθερμη εκτόνωση
- ✓ 3-4: Αδιαβατική (ή ισεντροπική) εκτόνωση
- ✓ 4-1: Ισόθερμη συμπίεση

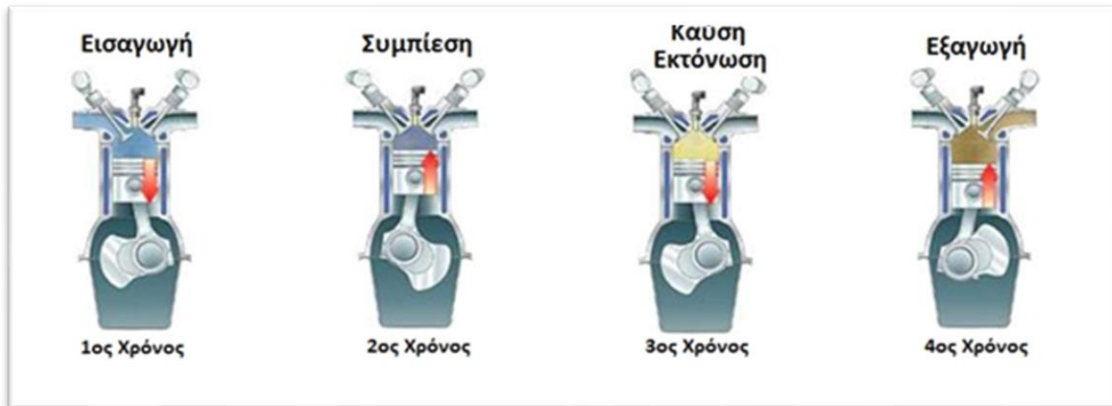


Εικόνα 9: Διαγραμματική απεικόνιση ιδανικού θερμοδυναμικού κύκλου Carnot.

Με τον κύκλο Carnot αποδεικνύεται ότι έστω και κάτω από ιδανικές συνθήκες μια θερμική μηχανή δεν έχει την δυνατότητα να μετατρέψει όλη την προδιδόμενη σε αυτή θερμική ενέργεια σε μηχανική. Στην ουσία μια μηχανή δέχεται θερμότητα από πηγή υψηλής θερμότητας και μετατρέπει ένα μέρος αυτής σε μηχανικό έργο και το υπόλοιπο απορρίπτεται σε μια δεξαμενής χαμηλής θερμοκρασίας. Όσο μεγαλύτερη είναι η διαφορά μεταξύ των θερμοκρασιακών ορίων των δεξαμενών, τόσο μεγαλύτερη είναι η απόδοση της μηχανής [6].

3.6. ΚΥΚΛΟΣ ΟΤΤΟ

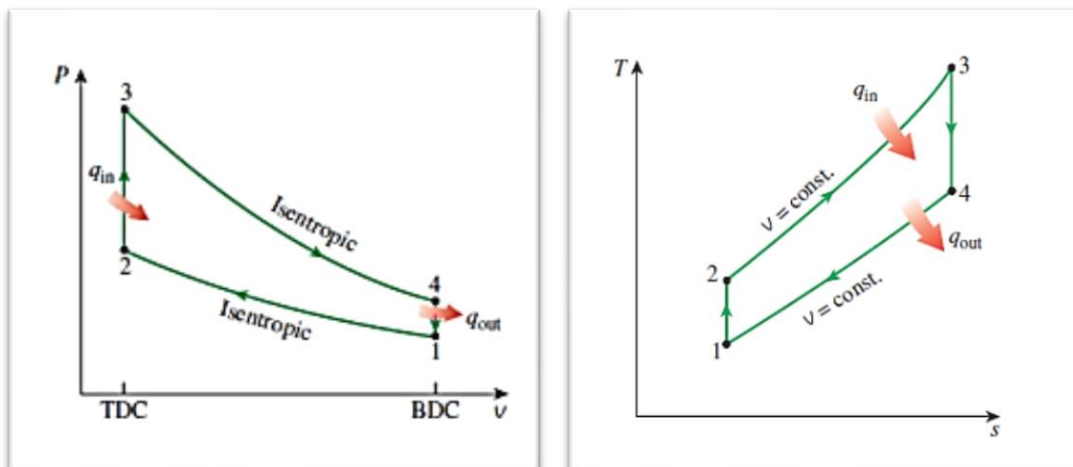
Στον κύκλο Otto βασίζεται η λειτουργία των βενζινοκινητήρων. Ο κύκλος Otto πραγματοποιείται από μια αδιαβατική διάταξη κυλίνδρου – εμβόλου που διαθέτει τουλάχιστον μια βαλβίδα εισαγωγής και μιας εξαγωγής καθώς και τουλάχιστόν ένα αναφλεκτήρα (μπουζί) [2].



Εικόνα 10: Κίνηση εμβόλου μηχανής ιδανικού κύκλου Otto.

Ο ιδανικός θερμοδυναμικός κύκλος αποτελείται από 4 αντιστρεπτές διεργασίες [3]:

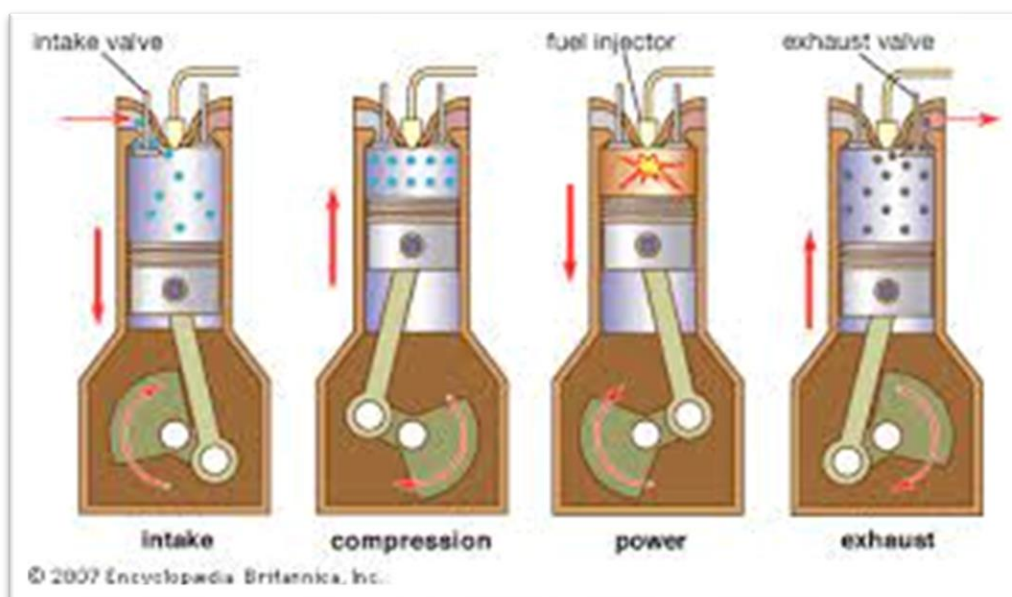
- ✓ 1-2: ισεντροπική συμπίεση
- ✓ 2-3 :ισόογκη πρόσδοση θερμότητας
- ✓ 3-4 :ισεντροπική εκτόνωση
- ✓ 4-1: ισόογκη απόρριψη θερμότητας



Εικόνα 11: Διαγραμματική απεικόνιση ιδανικού θερμοδυναμικού κύκλου Otto.

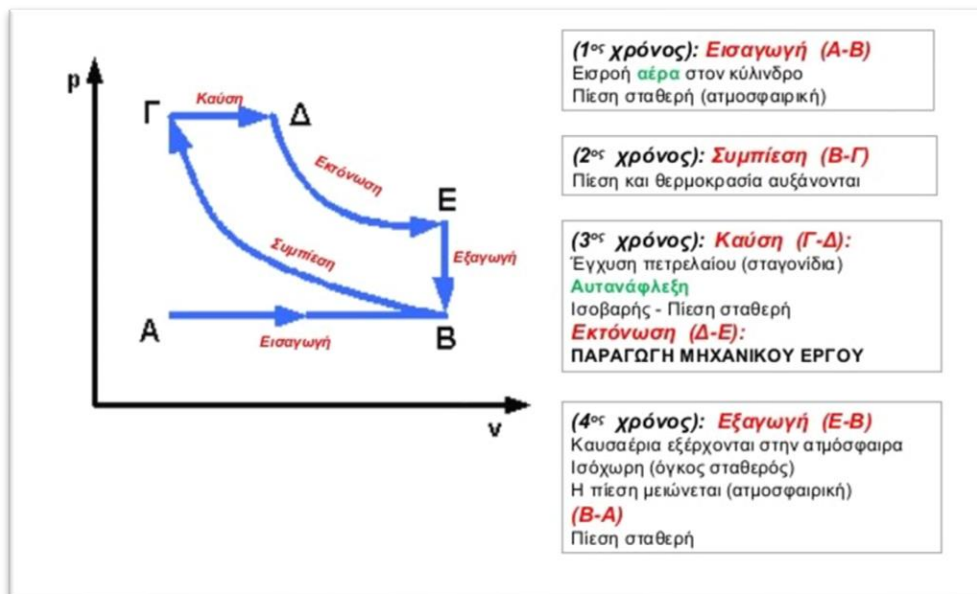
3.7. **KYKΛΟΣ DIESEL**

Η λειτουργία των πετρελαιοκινητήρων βασίζονται στον θερμοδυναμικό Diesel. Το καύσιμο που εισάγεται διαχέεται με ισχυρό περίσσειμα αέρα, το οποίο συμπυκνώνεται με μια σχέση 25:1 και αυτοαναφλέγεται στη θερμοκρασία των 700 - 900 °C. Ο κύκλος Diesel πραγματοποιείται σε μια αδιαβατική διάταξη κυλίνδρου – εμβόλου που διαθέτει τουλάχιστον μια βαλβίδα εισαγωγής και μια εξαγωγής αλλά όχι και αναφλεκτήρα. Η ανάφλεξη είναι αυτοπυροδοτούμενη, δηλαδή ο αέρας συμπιέζεται σε σχετικά υψηλή πίεση και στη συνέχεια γίνεται έγχυση σε αυτόν πετρελαίου, το οποίο λόγω της πολύ υψηλής θερμοκρασίας του συμπιεσμένου αέρα και του σχετικά χαμηλού ορίου αυτανάφλεξης του πετρελαίου αναφλέγεται [2].



Εικόνα 12: Λειτουργία Τετράχρονου κινητήρα εσωτερικής καύσης με καύσιμο Diesel

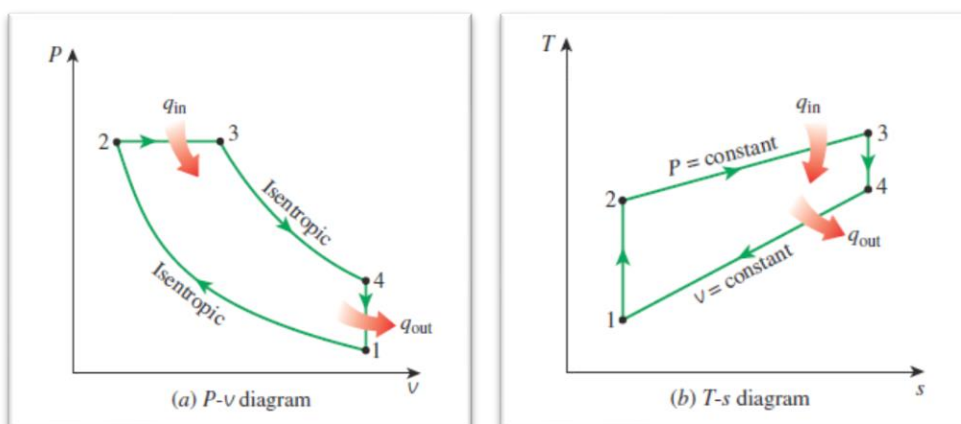
Η έγχυση του καυσίμου στις μηχανές Diesel πραγματοποιείται όταν το έμβολο βρίσκεται λίγο πριν το ΑΝΣ και συνεχίζεται μέχρι το πρώτο στάδιο της φάσης παραγωγής ισχύος. Η διεργασία καύσης γίνεται σε μεγαλύτερο διάστημα. Για το λόγο αυτό η διεργασία μπορεί να θεωρηθεί ισοβαρής μεταβολή. Αυτή η μεταβολή αυτή αποτελεί και τη μόνη διαφορά μεταξύ του κύκλου Otto και Diesel.



Εικόνα 13: Διεργασίες Τετράχρονου κινητήρα εσωτερικής καύσης με καύσιμο Diesel

Οι διεργασίες που λαμβάνουν χώρα στις μηχανές Diesel είναι [3]:

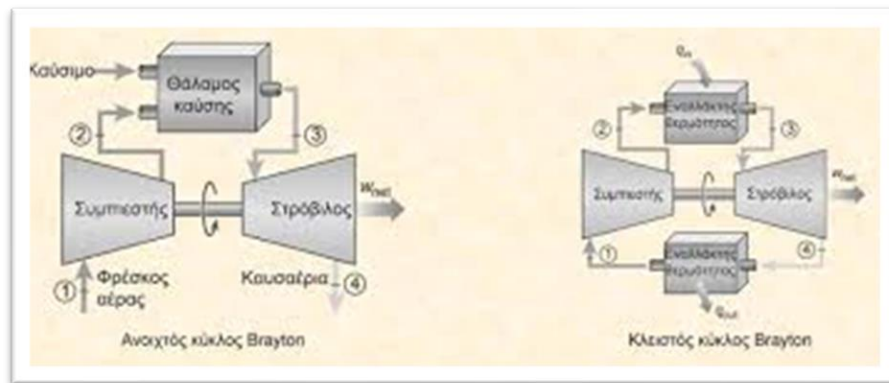
- ✓ 1-2: Ισεντροπική συμπίεση
- ✓ 2-3: Ισοβαρής πρόσδοση θερμότητας
- ✓ 3-4: Ισεντροπική εκτόνωση
- ✓ 4-1: Ισόχωρη απόρριψη θερμότητας



Εικόνα 14: Διαγραμματική απεικόνιση ιδανικού θερμοδυναμικού κύκλου Diesel

3.8. ΚΥΚΛΟΣ BRAYTON

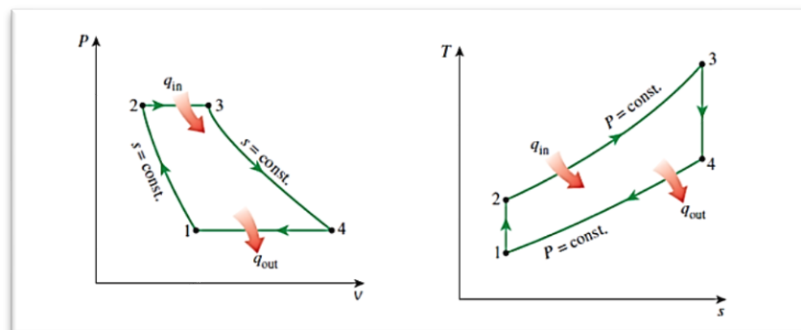
Η ισχύ που παράγουν οι αεριοστρόβιλοι οφείλεται στο καύσιμο που καίγεται, όπου τα ταχέως ρέοντα αέρια καύσης κινούν έναν στρόβιλο με πανομοιότυπο τρόπο που ο ατμός υψηλής πίεσης κινεί έναν ατμοστρόβιλο. Ένας αεριοστρόβιλος αποτελείται από συμπιεστή, καυστήρα και στρόβιλό ισχύος καθώς και τα απαραίτητα εξαρτήματα σύνδεσης αυτού. Ένας αεριοστρόβιλος βασίζεται στον θερμοδυναμικό κύκλο Brayton όπου ο πεπιεσμένος αέρας αναμειγνύεται με καύσιμο και καίγεται υπό συνθήκες σταθερής πίεσης [6].



Εικόνα 15: Διαγραμματική απεικόνιση μηχανής Brayton ανοικτού και κλειστού τύπου.

Οι ισεντροπικές διαδικασίες του κύκλου Brayton είναι αντιστρεπτές. Οι διεργασίες που λαμβάνουν χώρα σε έναν ιδανικό κύκλο Brayton είναι οι ακόλουθες [3]:

- ✓ 1-2 Ισεντροπική συμπίεση (σε έναν συμπιεστή)
- ✓ 2-3 Ισοβαρής θέρμανση
- ✓ 3-4 Ισεντροπική εκτόνωση (σε ένα στρόβιλο)
- ✓ 4-1 Ισοβαρής ψύξη



Εικόνα 16: Διαγραμματική απεικόνιση ιδανικού θερμοδυναμικού κύκλου Brayton.

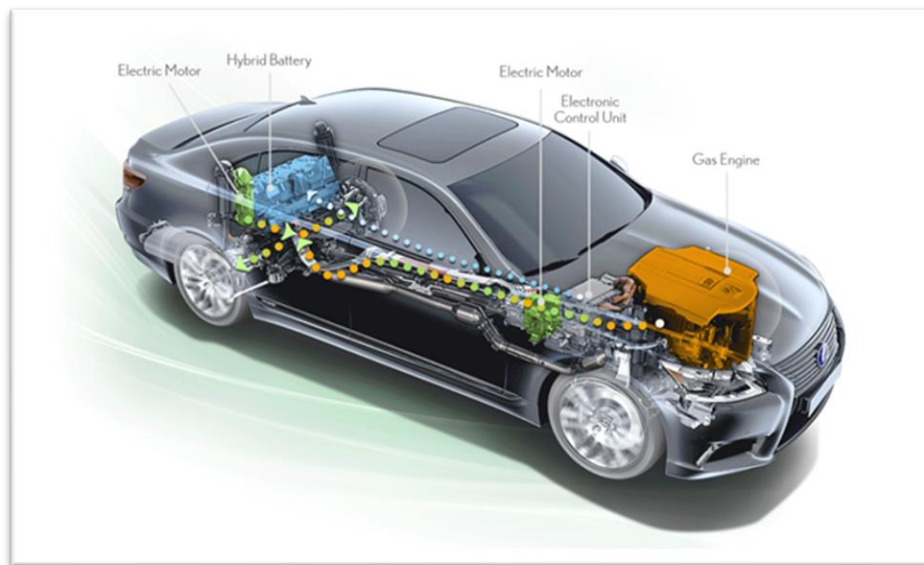
4. ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΚΙΝΗΣΗ

4.1. Εισαγωγή στην κίνηση.

Τα τελευταία χρόνια διακρίνονται ραγδαίες εξελίξεις στον τομέα της αυτοκινητοβιομηχανίας. Τα «νέα» οχήματα θα πρέπει να έχουν ως γνώμονα την μη επιβάρυνση του περιβάλλοντος με ταυτόχρονη βελτίωση της αποτελεσματικότητας τους. Με στόχο την επίτευξη των ανωτέρων οι ερευνητές και οι επιστήμονες έχουν στραφεί στα εναλλακτικά καύσιμα όπως είναι συμπιεσμένο φυσικό αέριο (CNG), υγρό φυσικό αέριο (LNG), υδρογόνο κ.ά. Ωστόσο, έχουν πραγματοποιήσει μια σειρά καινοτόμων κινητήρων όπως είναι τα ηλεκτρικά οχήματα, υβριδικά οχήματα, οχήματα κυψελών καυσίμου κ.ά. Σε αυτή την ενότητα θα αναφερθούν βασικά στοιχεία για την κίνηση οχημάτων με στόχο την εξοικονόμηση ενέργειας. Θεωρώντας ότι τα οχήματα «φιλικά» προς το περιβάλλον βρίσκονται στην κορυφή της λίστας των διαθέσιμων επιλογών για καθαρές τεχνολογίες οχημάτων, θα δοθεί ανάλυση των τεχνολογιών με στόχο την κατανόηση της λειτουργίας τους.

4.2. Τεχνολογία Υβριδικών Οχημάτων.

Η υβριδική τεχνολογία στα οχήματα καλείται ο συνδυασμός δύο ή περισσότερων τεχνολογιών με στόχο να επιτευχθεί η κίνηση τους. Ουσιαστικά οι τεχνολογίες αυτές περιλαμβάνουν κλασικό κινητήρα ΜΕΚ σε συνδυασμό με μία πιο «φιλική» τεχνολογία προς το περιβάλλον. Τέτοιες τεχνολογίες είναι οι ηλεκτρικοί κινητήρες, οι κινητήρες βιοκαυσίμου ή φυσικού αερίου κ.ά. Τα υβριδικά οχήματα κατατάσσονται στην κατηγορία των φιλικών προς το περιβάλλον και ως χρησιμοποιούν και ορυκτά καύσιμα διότι σε κάθε περίπτωση οι εκπομπές ρύπων τους είναι μειωμένες. Η τεχνολογία υβριδικού οχήματος βασίζεται, όπως προαναφέρθηκε στον διπλό τρόπο κίνησης αφού χρησιμοποιεί έναν κινητήρα ΜΕΚ και έναν ηλεκτροκινητήρα. Η λειτουργία κίνησης του οχήματος γίνεται είτε μεμονωμένα ή ταυτόχρονα. Ένα από τα βασικότερα σημεία της υβριδικής τεχνολογίας των οχημάτων είναι ο ηλεκτροκινητήρας ο οποίος λειτουργεί με μπαταρίες. Ωστόσο, αυτές οι μπαταρίες δεν απαιτούν φόρτιση από τον ιδιοκτήτη αφού η φόρτισή τους προέρχεται αυτόματα από το φρενάρισμα του οδηγού, χρησιμοποιώντας την ενέργεια που απομακρύνεται κατά την διαδικασία αυτή. Η κατασκευή των υβριδικών οχημάτων δεν παρουσιάζει μεγάλες αλλαγές και διαφοροποιήσεις από τα συμβατικά βενζινοκίνητα οχήματα.



Εικόνα 17: Εξαρτήματα Υβριδικού Οχήματος.

Τα κυριότερα **Πλεονεκτήματα** της Υβριδικής Τεχνολογίας είναι τα ακόλουθα:

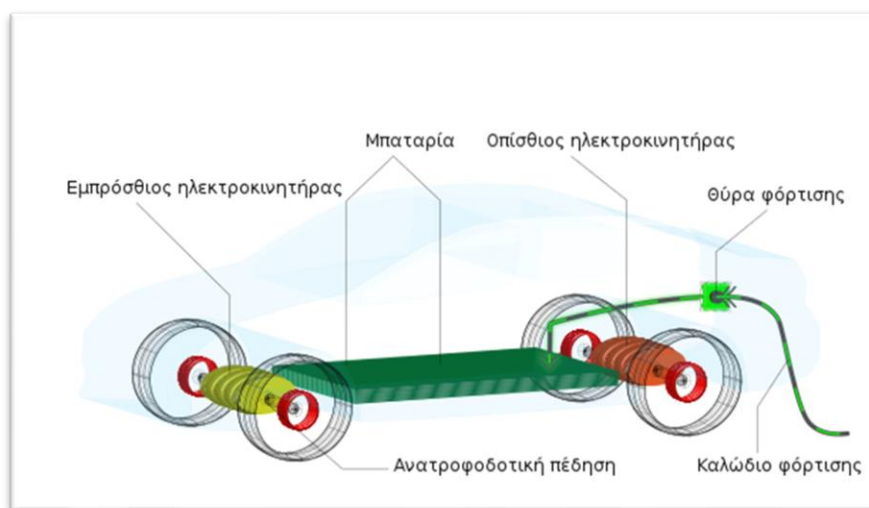
- ✓ Μείωση στην κατανάλωση καυσίμων. Παρουσιάζουν την δυνατότητα μείωσης κατανάλωσης ορυκτού καυσίμου σε ποσοστό από 20%-40% συγκριτικά με ένα συμβατικό όχημα.
- ✓ Απαλλαγή από δασμούς και τέλη κυκλοφορίας, για τα πέντε πρώτα έτη κυκλοφορίας.
- ✓ Απαλλαγή απο δαχτύλιο.
- ✓ Μείωση εκπομπών ρύπων (CO₂).

Τα κυριότερα **Μειονεκτήματα** της Υβριδικής Τεχνολογίας είναι τα ακόλουθα:

- ✓ Μεγαλύτερο κόστος αγοράς.
- ✓ Αρνητική οδηγική συμπεριφορά λόγω του αυξημένου βάρους του οχήματος (μπαταρίες).
- ✓ Αυξημένο κόστος αντικατάστασης μπαταριών (μετά από τα δέκα έτη).
- ✓ Μικρή χωρητικότητα αποθηκευτικού χώρου (πορτ-μπαγκάζ).
- ✓ Δεν υπάρχουν εναλλακτικοί τρόποι φόρτισης των μπαταριών που έχει ως αποτέλεσμα ο ηλεκτροκινητήρας να λειτουργεί για περιορισμένο χρονικό διάστημα και σε μεγάλες αποστάσεις να χρησιμοποιείται και ο βενζινοκινητήρας.

4.3. Τεχνολογία Ηλεκτρικών Οχημάτων.

Τα ηλεκτρικά οχήματα (EV) θεωρούνται ευρέως ως λύση στα προβλήματα της αύξησης των εκπομπών άνθρακα και της εξάρτησης από τα ορυκτά καύσιμα. Με την χρήση των ηλεκτρικών οχημάτων δίνεται η δυνατότητα εξοικονόμησης ενέργειας. Όλα τα ηλεκτρικά οχήματα λειτουργούν μόνο με ηλεκτρικό ρεύμα. Συγκεκριμένα, το Ηλεκτρικό Όχημα χρησιμοποιεί την ηλεκτρική ενέργεια, που αποθηκεύεται σε επαναφορτιζόμενες συστοιχίες συσσωρευτών. Τα ηλεκτρικά οχήματα χρησιμοποιούν ηλεκτρικούς κινητήρες αντί των μηχανών εσωτερικής καύσης. Τα αυτοκίνητα με συσσωρευτές που μπορούν να φορτιστούν και να χρησιμοποιηθούν χωρίς ΜΕΚ αποτελούν ένα είδος ηλεκτροκίνητων οχημάτων με συσσωρευτές (αμιγώς ηλεκτροκίνητα), ενώ δεν καταναλώνουν καύσιμα.



Εικόνα 18: Εξαρτήματα ηλεκτρικού οχήματος.

Τα κυριότερα **Πλεονεκτήματα** των Ηλεκτρικών Οχημάτων είναι τα ακόλουθα:

- ✓ Δεν παράγουν κανενός είδους ρύπους εξάτμισης.
- ✓ Προκαλούν την ελάχιστη δυνατή ρύπανση σε μακροχρόνια βάση, υπό τον όρο ότι χρησιμοποιούν ηλεκτρική ενέργεια από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Υπό αυτή την προϋπόθεση, μπορούν να μετριάσουν την παγκόσμια θέρμανση, που προκαλείται από το φαινόμενο του θερμοκηπίου και να μειώσουν την εξάρτηση από το πετρέλαιο.
- ✓ Επιτυγχάνουν σχεδόν σταθερή ροπή από την ακινησία έως το μέγιστο όριο στροφών λειτουργίας.

- ✓ Είναι πιο αθόρυβα από τα αυτοκίνητα εσωτερικής καύσης, μειώνοντας την ηχορύπανση στις πόλεις και δημιουργώντας μικρότερη επιβάρυνση στα φυσικά οικοσυστήματα.
- ✓ Έχουν ευχέρεια να λειτουργούν σε πιο υψηλές στροφές από τους βενζινοκινητήρες, συχνά ακόμα και ως τις 14.000 στροφές το λεπτό.
- ✓ Έχουν χαμηλότερο κόστος μετακίνησης, καθώς η τιμή του ρεύματος είναι αρκετά χαμηλότερη ανά μονάδα ενέργειας από τη βενζίνη, η οποία μάλιστα επηρεάζεται από την αύξηση της τιμής του πετρελαίου. Επιπλέον, τα ΗΑ σχεδιάζονται έτσι ώστε να αυτο-φορτίζονται κατά τις επιβραδύνσεις του οχήματος, βελτιώνοντας παραπάνω τον δείκτη κατανάλωσης, ενώ κατά τη στάση (π.χ. φανάρια) δεν καταναλώνουν καθόλου ενέργεια.
- ✓ Χρειάζονται πολύ λιγότερο σέρβις και συντήρηση, καθώς δεν:
 - Απαιτούν τις τακτικές αλλαγές λαδιών.
 - Έχουν σύστημα εξαγωγής καυσαερίων και διάταξη εξάτμισης, ούτε σιγαστήρα (σιλανσιέ) προ της εξάτμισης, καταλύτη ή φίλτρο καπνού.
 - Απαιτούν αντικατάσταση ή έστω συντήρηση σε μηχανικά μέρη, όπως σύστημα ανάφλεξης, πιστόνια, βαλβίδες ή εκκεντροφόρους, διότι στα ΗΑ δεν υπάρχουν, ενώ οι μηχανές εσωτερικής καύσης έχουν πάνω από 100 κινούμενα μέρη.
- ✓ Οδηγούνται πιο εύκολα (δεν έχουν συμπλέκτη και ταχύτητες, επιβραδύνουν αφήνοντας το γκάζι)
- ✓ Δημιουργούν μικρότερη θερμική επιβάρυνση στον πλανήτη, καθώς δεν απαιτούν το σύστημα ψύξης των μηχανών εσωτερικής καύσης.

Τα κυριότερα **Μειονεκτήματα** των Ηλεκτρικών Οχημάτων είναι τα ακόλουθα:

- ✓ Υψηλές δαπάνες κατασκευής, με αποτέλεσμα την υψηλή τιμή πώλησης.
- ✓ Μεγάλος χρόνος επαναφόρτισης, συνήθως 6 ώρες για πλήρη επαναφόρτιση. Ωστόσο, αρκετά σύγχρονα μοντέλα μπορούν να φορτιστούν κατά 80% σε χρόνο λιγότερο της 1 ώρας.
- ✓ Περιορισμένη διάρκεια ζωής μπαταριών, συνήθως 3 - 5 χρόνια.

- ✓ Περιορισμένη απόσταση ταξιδιού μεταξύ κάθε επαναφόρτισης της μπαταρίας. Στο παρελθόν κάθε 60 - 100 χιλιόμετρα χρειάζονταν επαναφόρτιση. Ωστόσο, τα πιο σύγχρονα μοντέλα επιτυγχάνουν αυτονομίες που ξεκινούν από 100 έως 120 χιλιόμετρα στα αυτοκίνητα πόλης και φτάνουν στα 300 - 500 χιλιόμετρα ή και παραπάνω, σε αυτοκίνητα μεγάλης ισχύος (Tesla Model S: 630 χλμ). Το σημερινό ρεκόρ ανήκει σε ένα ηλεκτροκίνητο με το όνομα The Phoenix, που κατάφερε να διανύσει 1.608,54 χιλιόμετρα (999,5 μίλια) με μία μόνο φόρτιση. Το ρεκόρ επετεύχθη στις 16 Οκτωβρίου 2017, κατά τη διάρκεια του Auto Club Motor Speedway, στις ΗΠΑ.

4.4. Τεχνολογία Κυψελών Καυσίμου.

Καθώς η υβριδική τεχνολογία κερδίζει έδαφος, η τεχνολογία των κυψελών καυσίμων (fuel cells) παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον. Οι κυψέλες καυσίμου αποτελούν σήμερα σημαντική διάταξη παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας μέσω του υδρογόνου. Οι εφαρμογές που έχουν πραγματοποιηθεί με κυψέλες καυσίμου είναι σε διαστημικές εφαρμογές, στη βιομηχανία ως βοηθητικές μονάδες παραγωγής ενέργειας σε ώρες αιχμής και στη αυτοκινητοβιομηχανία.

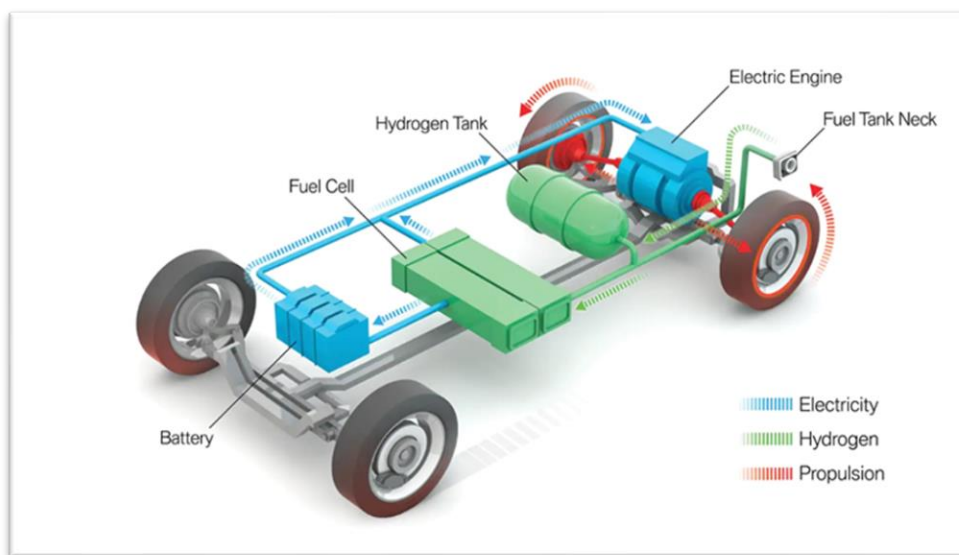
Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από κυψέλες καυσίμου πραγματοποιείται μέσω της χημικής αντίδρασης υδρογόνου και οξυγόνου χωρίς την εκπομπή ρύπων. Στην ουσία οι κυψέλες καυσίμου είναι ηλεκτροχημικές συσκευές που παρέχουν την δυνατότητα μετατροπής της χημικής ενέργειας σε ηλεκτρική μέσω μιας αντίδρασης.

Η δομή μιας κυψέλης καυσίμου αποτελείται από μια μεμβράνη ηλεκτρολύτη, μικρού πάχους, η οποία βρίσκεται ανάμεσα από πορώδες υλικό όπου από την μία πλευρά είναι η άνοδος και η άλλη η κάθοδος. Μια κυψέλη καυσίμου παρουσιάζει χαρακτηριστικά και στοιχεία πανομοιότυπα με αυτά των συσσωρευτών, όμως επί τις ουσίας υπάρχουν σημαντικές διαφορές. Πραγματοποιώντας μια σύγκριση των συσσωρευτών με τις κυψέλες καυσίμου διακρίνεται ότι οι συσσωρευτές είναι μονάδες αποθήκευσης ενέργειας. Η ποσότητα διαθέσιμης ενέργειας αντιστοιχεί στην ποσότητα χημικής ενέργειας που είναι αποθηκευμένη στο συσσωρευτή.

Ωστόσο, στην περίπτωση που καταναλωθεί η χημική ενέργεια τότε ο συσσωρευτής σταματά να παράγει ηλεκτρική ενέργεια και είναι σε κατάσταση αποφόρτισης. Η επαναφόρτιση του συσσωρευτή μπορεί να πραγματοποιηθεί με την τροφοδοσία ενέργειας από εξωτερική πηγή. Στην περίπτωση της κυψέλης καυσίμου, είναι μια συσκευή που μπορεί να μετατρέπει την ενέργεια και να την παράγει σε ηλεκτρική καθ' όλη την διάρκεια, δηλαδή όσο το καύσιμο και το οξειδωτικό παρέχονται στα ηλεκτρόδια. Ωστόσο, αυτό δεν μπορεί να γίνει επ' άπειρο αφού με το πέρασμα του χρόνου δημιουργείται χημική διάβρωση με συνέπεια να υπάρχει δυσλειτουργία στη λειτουργία των κυψελών καυσίμου.

Αυτό που θα πρέπει να σημειωθεί είναι ότι το υδρογόνο ως αέριο είναι ένα καύσιμο για πλήθος εφαρμογών, εξαιτίας της υψηλής του αντιδραστικότητας, της δυνατότητας του να παράγεται από υδρογονάνθρακες και της υψηλής του ενεργειακής πυκνότητας όταν αποθηκεύεται κρυογενικά. Από την άλλη πλευρά όσο αφορά το οξυγόνο είναι το πιο κοινόοξειδωτικό αφού είναι ευρέως διαθέσιμο στην ατμόσφαιρα και εύκολα αποθηκεύεται.

Στην περίπτωση των οχημάτων που χρησιμοποιούν κυψέλες καυσίμου και κατατάσσονται στα υβριδικά, το υδρογόνο αποθηκεύεται σε δεξαμενές καυσίμου, οι οποίες βρίσκονται σε ειδικά διαμορφωμένο χώρο του οχήματος, και η ηλεκτρική ενέργεια παράγεται από την κυψέλη καυσίμου η οποία με την σειρά της τροφοδοτεί τον συσσωρευτή ο οποίος ενεργοποιεί τον ηλεκτροκινητήρα που είναι υπεύθυνος για την κίνηση των τροχών.



Εικόνα 19: Εξαρτήματα κυψελών καυσίμου.

Τα κυριότερα **Πλεονεκτήματα** Τεχνολογίας Κυψελών Καυσίμου είναι τα ακόλουθα:

- ✓ Ελάχιστες εκπομπές ρύπων παρουσιάζοντας φιλικό προφίλ προς το περιβάλλον.
- ✓ Οι κυψέλες δεν αποτελούνται από κινητά μέρη με συνέπεια να έχουν αθόρυβη λειτουργία.
- ✓ Χαμηλό κόστος συντήρησης.
- ✓ Μεγάλη απόδοση στην μετατροπή ηλεκτρισμού της τάξης του 40-65%.
- ✓ Εξοικονόμηση ενέργειας.
- ✓ Δυνατότητα φύλαξης του υδρογόνου είτε σε αέρια είτε σε υγρή μορφή και δυνατότητα χρήσης τους σε πλήθος εφαρμογών που γίνεται χρήση καυσίμου.
- ✓ Χαμηλό κόστος μετακινήσεων του υδρογόνου σε άλλες ηπείρους ως συμπιεσμένο αέριο με την βοήθεια σωληνώσεων. Το υγρό υδρογόνο είναι η ασφαλέστερη και πιο οικονομική επιλογή για την κίνηση της ενέργειας από τους ωκεανούς.
- ✓ Το υδρογόνο κατατάσσεται στην κατηγορία των πιο ασφαλών καυσίμων. Το βασικό του πλεονέκτημα είναι ότι το αέριο αυτό είναι δεκατέσσερις (14) φορές πιο ελαφρύ από τον αέρα με συνέπεια να διαχέεται στην ατμόσφαιρα με μεγάλη ταχύτητα στην περίπτωση ατυχήματος.
- ✓ Δυνατότητα χρήσης σε εφαρμογές μεγέθους από Watt μέχρι MegaWatt.

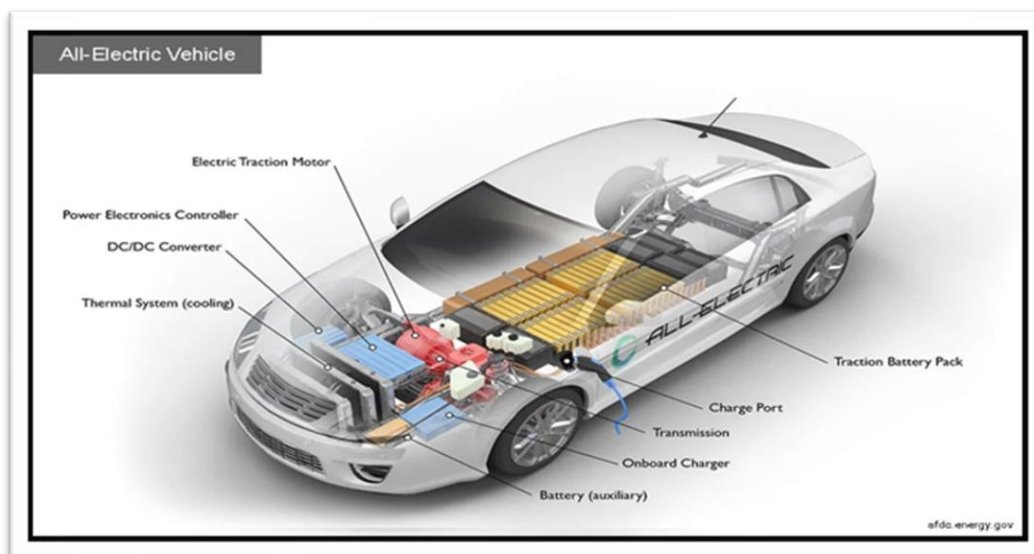
Τα κυριότερα **Μειονεκτήματα** της Τεχνολογίας Κυψελών Καυσίμου είναι τα ακόλουθα:

- ✓ Το υδρογόνο χαρακτηρίζεται «πράσινος κίνδυνος», θεωρείται ότι τις επόμενες δεκαετίες ίσως δημιουργηθεί πρόβλημα στο στρώμα του όζοντος, διότι σύμφωνα με μελέτες το υδρογόνο διαρρέει το περιβάλλον ανεβαίνει πολύ γρήγορα στη στρατόσφαιρα - το υδρογόνο είναι το πιο ελαφρύ στοιχείο - όπου θα αντιδρά με το οξυγόνο για το σχηματισμό νερού.
- ✓ Άγνωστοι παράμετροι που μπορεί να υπάρξουν από τη διαρροή από τις μονάδες παραγωγής, αποθήκευσης και διανομής του καυσίμου θα αντιστοιχεί στο 20% της ολικής ποσότητας υδρογόνου
- ✓ Υψηλό κόστος η χρήση των κυψελών καυσίμου.

4.5. Τύποι Ηλεκτρικών/Υβριδικών Οχημάτων.

Battery Electric Vehicle (BEV)

Πρόκειται για την πιο γνωστή κατηγορία ηλεκτροκινήτρων. Αυτή που αφορά τα αμιγώς ηλεκτροκίνητα. Άλλωστε, είναι και η τεχνολογία που χρησιμοποιεί η Tesla, η εταιρεία που έφερε στο προσκήνιο την παραγωγή ηλεκτρικών αυτοκινήτων. Ένα ηλεκτρικό όχημα με μπαταρία (BEV) λειτουργεί εξ ολοκλήρου με μπαταρία και με ένα ηλεκτρικό σύστημα μετάδοσης κίνησης. Το σύστημα αυτό είναι αρκετό για να καλύψει τις ανάγκες του οχήματος, ενώ απουσιάζει τελείως οποιουδήποτε άλλου είδους κινητήρα. Η ηλεκτρική ενέργεια αποθηκεύεται σε μια μεγάλη μπαταρία που φορτίζεται συνδεδεμένη στο ηλεκτρικό.

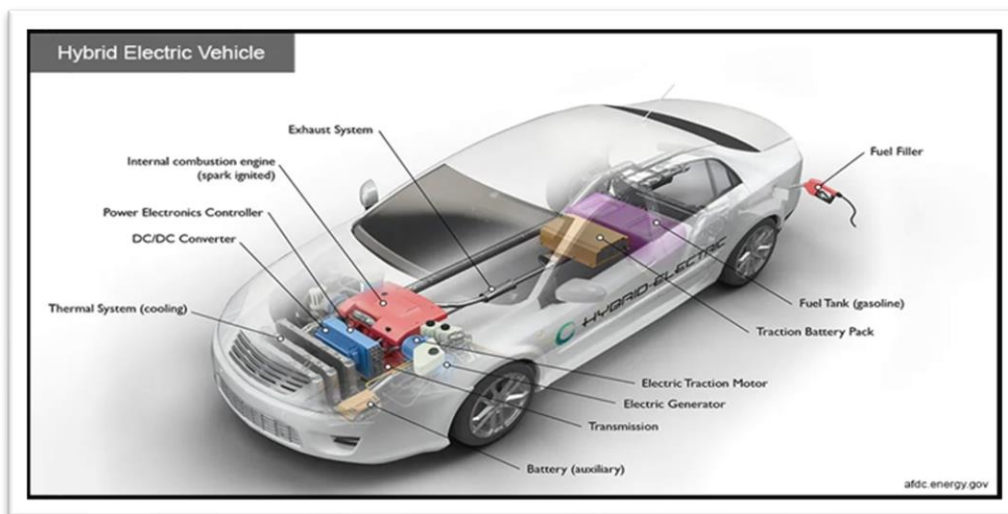


Εικόνα 20: Battery Electric Vehicle (BEV).

Hybrid Electric Vehicle (HEV)

Τα HEV είναι στην ουσία αυτά που συναντάμε ως υβριδικά αυτοκίνητα. Τα αυτοκίνητα αυτά διαθέτουν έναν ηλεκτροκινητήρα αλλά κι έναν κινητήρα εσωτερικής καύσης. Ο κινητήρας εσωτερικής καύσης λαμβάνει ενέργεια από το καύσιμο (βενζίνη ή πετρέλαιο), ενώ το μοτέρ παίρνει ηλεκτρική ενέργεια από τις μπαταρίες. Ο βενζινοκινητήρας και ο ηλεκτροκινητήρας λειτουργούν ταυτόχρονα και σε συνδυασμό με το κιβώτιο ταχυτήτων, το οποίο με τη σειρά τους παρέχει κίνηση στους τροχούς.

Η διαφορά μεταξύ HEV σε σύγκριση με τα BEV – που αναφέρθηκαν παραπάνω – και τα Plug-In Υβριδικά είναι όπου ότι οι μπαταρίες στα υβριδικά (HEV) μπορούν να φορτιστούν μόνο μέσα από τον κινητήρα εσωτερικής καύσης και την κίνηση των τροχών. Δεν υπάρχει, δηλαδή, θύρα φόρτισης. Έτσι, η μπαταρία να δε μπορεί να επαναφορτιστεί εξωτερικά, όπως για παράδειγμα μέσα από το ηλεκτρικό δίκτυο.



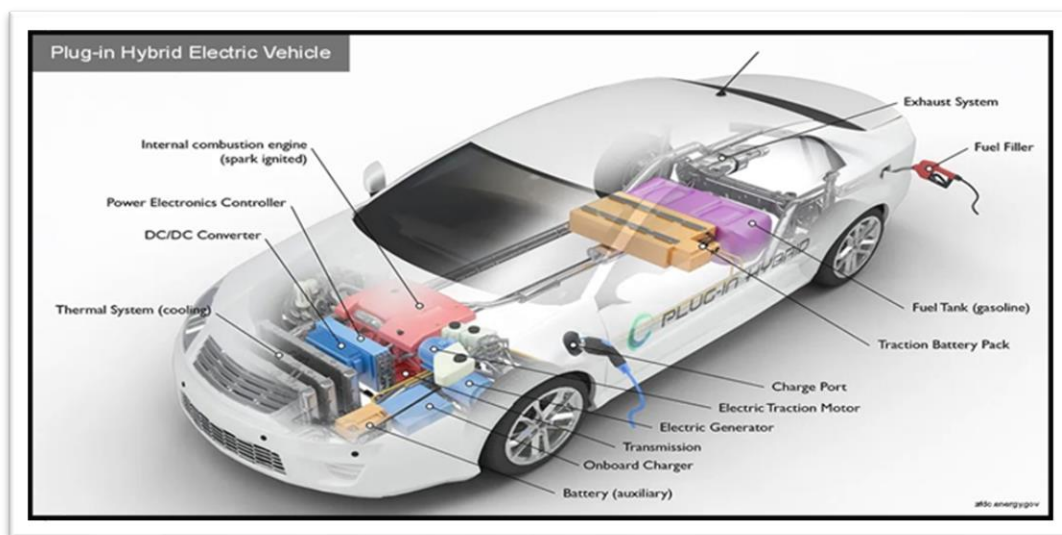
Εικόνα 21: Hybrid Electric Vehicle (HEV).

Plug-in Hybrid Electric Vehicle (PHEV)

Τα Plug-In υβριδικά ήρθαν για να ισορροπήσουν μεταξύ δύο κόσμων, των πλήρως ηλεκτρικών, αλλά και των υβριδικών. Τα PHEV διαθέτουν και αυτά τόσο έναν κινητήρα εσωτερικής καύσης όσο κι έναν ηλεκτροκινητήρα. Η βασική διαφορά με τα υβριδικά (HEV) που αναφέρθηκαν παραπάνω, είναι πως σε αυτή την περίπτωση η φόρτιση γίνεται εξωτερικά μέσω ενός καλωδίου.

Στην ουσία, τα PHEV είναι κάτι στη μέση μεταξύ ηλεκτρικού και συμβατικού/υβριδικού αυτοκινήτου. Διαθέτουν έναν ηλεκτροκινητήρα του οποίου η φόρτιση γίνεται με το καλώδιο και τον κλασικό τρόπο – όπως ακριβώς σε ένα υβριδικό, αλλά κι έναν κινητήρα εσωτερικής καύσης ο οποίος δέχεται καύσιμο όπως ακριβώς κι ένα συμβατικό αυτοκίνητο. Τα Plug-In υβριδικά αυτοκίνητα διαθέτουν δύο λειτουργίες.

Μία πλήρως ηλεκτρική, στην οποία ο κινητήρας και η μπαταρία παρέχουν όλη την ενέργεια του αυτοκινήτου. Και μία υβριδική λειτουργία, στην οποία χρησιμοποιούνται τόσο ηλεκτρική ενέργεια όσο και βενζίνη. Μερικά PHEV μπορούν να ταξιδέψουν περισσότερα από 70 μίλια μόνο με ηλεκτρισμό.

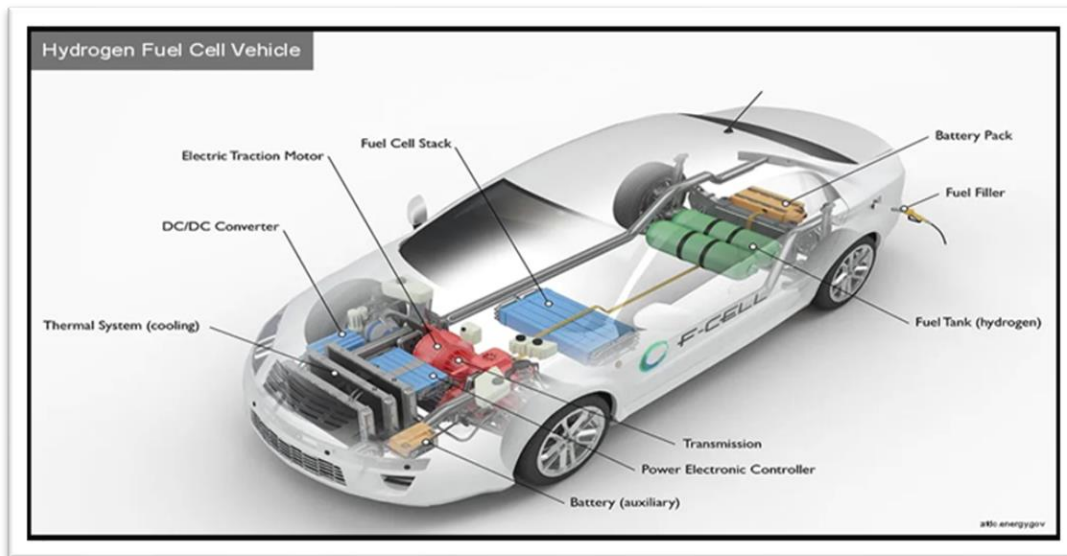


Εικόνα 22: Plug-in Hybrid Electric Vehicle (PHEV).

Fuel Cell Electric Vehicle (FCEV)

Τα ηλεκτρικά οχήματα με κυψέλες υδρογόνου (FCEV) είναι γνωστά και ως αυτοκίνητα υδρογόνου. Αποτελούν έναν τύπο αυτοκινήτων που χρησιμοποιούν τεχνολογία «κυψελών υδρογόνου» για την παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας που απαιτείται για τη λειτουργία του οχήματος. Σε αυτόν τον τύπο οχημάτων, η χημική ενέργεια του καυσίμου μετατρέπεται απευθείας σε ηλεκτρική ενέργεια. Οι ηλεκτροκινητήρες που χρησιμοποιούνται είναι παρόμοιοι με τους ηλεκτροκινητήρες των αμιγώς ηλεκτρικών αυτοκινήτων, με μία διαφορά.

Τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα παίρνουν την ενέργεια αποκλειστικά από την μπαταρία, ενώ στα αυτοκίνητα υδρογόνου προέρχεται από γεννήτρια που χρησιμοποιεί υδρογόνο και μόνο η επιπλέον ενέργεια αποθηκεύεται στην μπαταρία. Δεν έχουν καμία σχέση με τα αυτοκίνητα υγραερίου LPG (ή CNG) και η λειτουργία τους είναι πολύ διαφορετική από αυτήν. Τα FCEV δε διαθέτουν κινητήρα εσωτερικής καύσης.



Εικόνα 23: Fuel Cell Electric Vehicle (FCEV)

Ουσιαστικά, η κυψέλη καυσίμου παράγει ηλεκτρική ενέργεια χρησιμοποιώντας υδρογόνο. Για να κινηθεί θα πρέπει ο οδηγός να γεμίσει τη δεξαμενή του με υδρογόνο, με τη μόνη εκπομπή ρύπων να είναι το νερό (H_2O).

5. ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΑ ΚΑΥΣΙΜΑ.

5.1. Εισαγωγή.

Οι κινητήρες ΜΕΚ, όπως έχει προαναφερθεί, είναι θερμικές μηχανές που μετατρέπουν την θερμότητα που παράγεται από την καύση του καυσίμου σε μηχανικό έργο. Τα βασικά θέματα είναι ότι οι κινητήρες ανάφλεξης με συμπίεση και η κινητήρες ανάφλεξης με σπινθήρα χρησιμοποιούνται ευρέως στα οχήματα είτε επιβατικά είτε εμπορικά. Οι συγκεκριμένοι κινητήρες δεν χρησιμοποιούνται πλέον στην βιομηχανία αφού οι κινητήρες εξωτερικής καύσης θεωρούνται καταλληλότεροι. Οι κινητήρες ανάφλεξης με συμπίεση και οι κινητήρες ανάφλεξης με σπινθήρα έχουν υιοθετηθεί ως βασική πηγή ισχύος στα οχήματα καθώς και στη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σε πλήθος βιομηχανικών εφαρμογών, λόγω της υψηλής πυκνότητας ισχύος και της υψηλής απόδοσης.

Η καύση είναι μια από τις βασικές διαδικασίες μετατροπής ενέργειας όπου πραγματοποιείται η μετατροπή της χημικής ενέργειας του καυσίμου σε θερμότητα. Αυτό δικαιολογεί και την αυξανόμενη χρήση των ορυκτών καυσίμων για την υλοποίηση των ανθρώπινων δραστηριοτήτων. Ωστόσο, η αύξηση του πληθυσμού καθώς επίσης και των καθημερινών ενεργειακών αναγκών οδήγησε στην ραγδαία αύξηση ζήτησης των ορυκτών καυσίμων. Με την πάροδο των χρόνων όμως και με την αλόγιστη κατανάλωση των ορυκτών καυσίμων δημιουργήθηκε η ανάγκη για χρήση εναλλακτικών καυσίμων και καυσίμων από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.

Η εξέλιξη της τεχνολογίας δίνει το προβάδισμα στην δημιουργία νέων τεχνολογιών με χρήση καυσίμων φιλικών προς το περιβάλλον και αναμένεται να παίξουν σημαντικό ρόλο στα επόμενα χρόνια στον τομέα της ενέργειας. Όμως, για κάποιες δεκαετίες ακόμα τα ορυκτά καύσιμα θα έχουν πρωταρχικό ρόλο στον τομέα αυτό. Τα δύο κύρια καύσιμα που είχαν αναπτυχθεί και χρησιμοποιηθεί ευρέως μαζί με την ανάπτυξη των ΜΕΚ και των αυτοκινητοβιομηχανιών τον περασμένο αιώνα είναι η βενζίνη και το πετρέλαιο. Στην περίπτωση που το καύσιμο είναι βενζίνη τότε η διάδοση της φλόγας πραγματοποιείται από έναν σπινθήρα που ανάβει το μείγμα αέρα – καυσίμου, η ανάφλεξη αυτού του τύπου γίνεται σε κινητήρες ανάφλεξης με σπινθήρα.

Στην περίπτωση που το καύσιμο είναι πετρέλαιο, η ανάφλεξη γίνεται αυτόματα και το καύσιμο εκτίθεται σε αέριο υψηλών θερμοκρασιών, η ανάφλεξη αυτού του τύπου πραγματοποιείται σε κινητήρες ανάφλεξης με συμπίεση. Ωστόσο, παρά το γεγονός ότι χρήση των δύο βασικών ορυκτών καυσίμων είναι καθιερωμένη στην κίνηση και τη βιομηχανία, η αναζήτηση εναλλακτικών καυσίμων έχει αρχίσει να αναδύεται εδώ και τρείς δεκαετίες.

5.2. Ορίζοντας τα εναλλακτικά καύσιμα.

Ως εναλλακτικά καύσιμα νοούνται για τους σκοπούς της οδηγίας: τα καύσιμα ή οι πηγές ενέργειας που χρησιμεύουν, έστω και εν μέρει, ως υποκατάστατο για τις πηγές ορυκτού πετρελαίου στον ενεργειακό εφοδιασμό στις μεταφορές και που έχουν τη δυνατότητα να συμβάλουν στην απαλλαγή των μεταφορών από τις ανθρακούχες εκπομπές και να ενισχύσουν τις περιβαλλοντικές επιδόσεις του εν λόγω τομέα. Σε αυτά περιλαμβάνονται, μεταξύ άλλων:

- ✓ Η ηλεκτρική ενέργεια.
- ✓ Το υδρογόνο.
- ✓ Τα βιοκαύσιμα.
- ✓ Τα συνθετικά και παραφινικά καύσιμα.
- ✓ Το φυσικό αέριο, συμπεριλαμβανομένου του βιομεθανίου, σε αέρια και σε υγροποιημένη μορφή.
- ✓ Το υγροποιημένο πετρελαϊκό αέριο (υγραέριο — LPG).



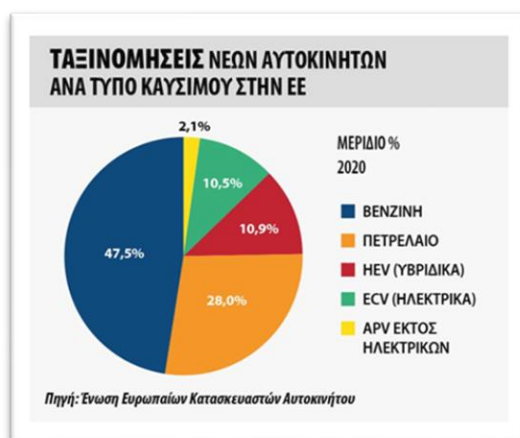
Εικόνα 24: Εναλλακτικά καύσιμα.

5.3. Σπουδαιότητα εναλλακτικών καυσίμων.

Η σπουδαιότητα στη χρήση των εναλλακτικών καυσίμων προσδιορίζεται ως:

- ✓ Ενεργειακή βιωσιμότητα με την χρήση εναλλακτικών καυσίμων και περιορισμός της χρήσης των ορυκτών καυσίμων.
- ✓ Βελτίωση της αποδοτικότητας των κινητήρων με ταυτόχρονη μείωση των εκπεμπόμενων αέριων ρύπων με την βοήθεια των φυσικοχημικών ιδιοτήτων των εναλλακτικών καυσίμων συγκρινόμενα με τα συμβατικά καύσιμα.
- ✓ Ανακούφιση της μη ισορροπημένης χρήσης συμβατικών ορυκτών καυσίμων με βάση το πετρέλαιο.

Ο ενεργειακός εφοδιασμός απαιτεί να υπάρχει η κατάλληλη σταθερότητα από τους ενεργειακούς πόρους που χρησιμοποιούνται συνδυάζοντας κατάλληλα την χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και εναλλακτικών καυσίμων. Απαιτείται ο περιορισμός των ορυκτών καυσίμων αφού η διαθεσιμότητα τους ολοένα και μειώνεται. Ωστόσο, παρά την πρόβλεψη ότι τα συμβατικά υγρά καύσιμα με βάση το πετρέλαιο θα εξακολουθούν να κυριαρχούν στα καύσιμα μεταφοράς για τα επόμενα 50 χρόνια, η επιθυμία για ενεργειακή ασφάλεια (ενεργειακή βιωσιμότητα) και η ανησυχία για τη μείωση των εκπομπών αέριων θερμοκηπίου οδήγησαν επίσης στην αυξημένη χρήση ανανεώσιμων βιοκαυσίμων. Η χρήση ορυκτών καυσίμων συμβάλλει σημαντικά στις εκπομπές CO₂, όπου οι ανθρώπινες δραστηριότητες παράγουν περίπου 25 δισεκατομμύρια τόνους CO₂ ετησίως.



Εικόνα 25: Οχήματα ανά τύπο καυσίμου.

Η χρήση βιοκαυσίμων μπορεί να οδηγήσει στη δημιουργία ενός κύκλου ζωής του CO₂, ο οποίος μπορεί να συμβάλει στη συνολική μείωση των εκπομπών CO₂. Οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου παράγονται από την παραγωγή, τη μεταφορά και την αποθήκευσή τους, καθώς και τις εκπομπές που σχετίζονται με τη χρήση τους σε οχήματα, αφαιρούμενες από τις ποσότητες CO₂ που λαμβάνονται από την ατμόσφαιρα από τη βιομάζα στη φάση ανάπτυξής της.

5.4. *Ιδιότητες εναλλακτικών καυσίμων.*

Μερικές από τις κοινές κρίσιμες εκτιμήσεις για εναλλακτικά καύσιμα και για τους κινητήρες MEK συνοψίζονται παρακάτω:

- ✓ Ιδιότητες του καυσίμου που συμπεριλαμβάνονται οι χημικές ιδιότητες όπως αριθμός οκτανίων.
- ✓ Φυσικές ιδιότητες καυσίμου ποσότητα και αναλογία μείγματος, που επηρεάζουν την λειτουργικότητα του κινητήρα στο εύρος θερμοκρασιών Lower heating value
- ✓ Συμβατότητα, η οποία περιλαμβάνει την έγκριση από κατασκευαστικές εταιρείες κινητήρων και οχημάτων.
- ✓ Οικονομικό κόστος για την κατασκευή και την υποδομή των συστημάτων

Οι ιδιότητες των εναλλακτικών καυσίμων καθορίζουν την ποιότητα των καυσίμων καθώς και την δυνατότητα τους να χρησιμοποιηθούν για την λειτουργία των κινητήρων. Εξίσου σημαντικές είναι οι φυσικές ιδιότητες των καυσίμων αφού από αυτές επηρεάζεται ο σχηματισμός τους καυσίμου μείγματος. Επιπλέον, σημαντική παράμετρος είναι το LHV, από την οποία εξαρτάται η αποτελεσματικότητα του καυσίμου ως φορέα ενέργειας, που αποτελεί μια από τις βασικότερες παραμέτρους που ελέγχονται με στόχο την μη απόρριψη του καυσίμου.

Ωστόσο, στα εναλλακτικά καύσιμα θα πρέπει να ελέγχεται και η συμβατότητα τους με τους κινητήρες της αγοράς και συγκεκριμένα αν παρέχεται η κατάλληλη υποδομή ώστε να χρησιμοποιηθούν χωρίς να δημιουργηθούν προβλήματα και καταστροφή του κινητήρα. Αυτός ο τρόπος θα βοηθήσει στην καλύτερη και πιο αποτελεσματική διείσδυση των εναλλακτικών καυσίμων στην αγορά. Σε περίπτωση μη συμβατότητας θα προκόψει μεγάλο κόστος τροποποίησης των συστημάτων με συνέπεια να μην θεωρηθεί ως εφικτή λύση η χρήση των εναλλακτικών καυσίμων παρά το πλήθος πλεονεκτημάτων που προσφέρουν.

5.5. Ένναλακτικά καύσιμα κινητήρων ανάφλεξης με σπινθήρα.

Φυσικό αέριο.

Το φυσικό αέριο λαμβάνεται ως υποπροϊόν κατά την διάρκεια της διύλισης του αργού πετρελαίου. Το αέριο που συλλέγεται μεταφέρεται με αγωγούς με στόχο την χρήση του για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ή παραδίδεται σε τελικούς χρήστες με σκοπό την χρήση του σε πλήθος εφαρμογών. Σημειώνεται ότι, για την χρήση του σε πλήθος εφαρμογών η εξαγωγή του γίνεται σε μορφή υγροποιημένου φυσικού αερίου (liquefied natural gas, LNG) είτε μέσω τεχνολογιών μετατρέπεται σε υγρό αέριο (gas to liquid, GTL).

Το υγροποιημένο φυσικό αέριο γενικεύεται εκ νέου αεριοποιημένο, προτού τροφοδοτηθεί μέσω των αγωγών στο δίκτυο διανομής. Το αέριο χρησιμοποιείται επίσης άμεσα στον τομέα των μεταφορών, λόγω της χαμηλότερης τιμής του σε σύγκριση με άλλα συμβατικά καύσιμα. Η αφθονία του φυσικού αερίου καθώς και η εξέλιξη της τεχνολογίας με στόχο τη ανάκτηση του, το καθιστά αρκετά ελκυστικό για την ευρύτερη χρήση του καυσίμου στους κινητήρες MEK. Επιπλέον, η αφθονία μπορεί να εξασφαλίσει δύο βασικούς παράγοντες που είναι το σταθερό κόστος και η σταθερή παροχή ενέργειας.

Όσον αφορά τις εκπομπές αερίων θερμοκηπίου για συμπιεσμένο φυσικό αέριο βρίσκονται μεταξύ βενζίνης και πετρελαίου. Από μια μακροπρόθεσμη προοπτική, των εκπομπών των οχημάτων με χρήση συμπιεσμένου φυσικού αερίου και από τις δύο συμβατικές πηγές και σχιστολιθικού φυσικού αερίου θα είναι χαμηλότερη από εκείνη της βενζίνης, που κυμαίνονται περίπου 220g CO₂ eq/km. Το φυσικό αέριο αποτελείται κυρίως από μεθάνιο (CH₄) έως και 94,4%, ακολουθούμενο από άλλες δευτερεύουσες ουσίες, όπως το αιθάνιο (C₂H₆), το βουτάνιο (C₄H₁₀) και το προπάνιο (C₃H₈). Το φυσικό αέριο χαρακτηρίζεται από τον υψηλό αριθμό LHV ανά μονάδα μάζας από οποιοδήποτε άλλο καύσιμο.

Επιπλέον, η χαμηλή αναλογία του μεταξύ άνθρακα και υδρογόνου εκπέμπει μικρά ποσοστά CO₂ εκπομπών σε σύγκριση με οποιαδήποτε άλλα καύσιμα υδρογονανθράκων, όταν καίγονται ίσες ποσότητες μάζας καυσίμων. Το καύσιμο χρησιμοποιείται με τη μορφή συμπιεσμένου φυσικού αερίου (CNG).

Παρόλο που το φυσικό αέριο έχει υψηλή ενεργειακή πυκνότητα σε μάζα, η ενεργειακή πυκνότητα σε όγκο είναι χαμηλότερη από εκείνη της βενζίνης και του πετρελαίου. Ωστόσο, η χρήση του φυσικού αερίου που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την κίνηση των οχημάτων υιοθετείται σε πόλεις και σε προαστιακές περιοχές, με βασικό στοιχείο τις μικρές αποστάσεις και τις άρτιες υποδομές εφοδιασμού.

Υδρογόνο.

Το υδρογόνο κατατάσσεται στα πιο δημοφιλή καύσιμα αφού μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε πλήθος εφαρμογών όχι μόνο στην κίνηση αλλά και στη βιομηχανία. Χρησιμοποιείται ιδιαίτερα σε αεροδιαστημικές εφαρμογές λόγω των χαρακτηριστικών που παρουσιάζει, που είναι η υψηλή ενεργειακή πυκνότητα σε μάζα, η υψηλή ταχύτητα της φλόγας καθώς και της καλής ευφλεκτότητας. Ωστόσο, ενδείκνυται για την χρήση του και ως καύσιμο οχημάτων από συμβατική έως προηγμένη ιδέα καύσης. Παράγεται είτε από ορυκτούς πόρους (φυσικό αέριο, άνθρακα) είτε από ανανεώσιμους πόρους (βιομάζα).

Αξιοσημείωτη όμως είναι η παραγωγή του μέσω ηλεκτρόλυσης νερού με ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από ηλιακή ενέργεια όσον αφορά τη μείωση των εκπομπών CO₂. Σύμφωνα με τα πιο πρόσφατα δεδομένα το μεγαλύτερο ποσοστό (90%) παράγεται από ορυκτούς πόρους και ειδικότερα από φυσικό αέριο, πετρέλαιο, άνθρακα κ.ά. Αξιοσημείωτο όμως είναι ο υψηλός αριθμός οκτανίου υδρογόνου ο οποίος δίνει την δυνατότητα της αύξηση του λόγου συμπίεσης με απώτερο στόχο την βελτίωση της απόδοσης του κινητήρα. Τα ευρύτατα όρια ευφλεκτότάς του επιτρέπουν επίσης τη μη πεταλούμενη λειτουργία με λιτή καύση. Η υψηλή φλόγα στρωτή ταχύτητα, μία τάξη μεγέθους από υψηλότερες υδρογονάνθρακες, είναι μια ξεχωριστή χαρακτηριστικό καύσεως του υδρογόνου.

Μια μηχανή MEK που κάνει χρήση υδρογόνου παρουσιάζει μεγαλύτερη θερμική απόδοση συγκρινόμενη με μηχανή MEK που κάνει χρήση βενζίνης, κάτι που οφείλεται σε παράγοντες όπως υψηλή ταχύτητα φλόγας και υψηλή αναλογία συμπίεσης. Ωστόσο, προσοχή θα πρέπει να δοθεί στη δυνατότητα των απωλειών μεταφοράς μεγαλύτερης θερμότητας μέσω του κυλίνδρου-τοιχώματος με υδρογόνο ως καύσιμο κινητήρων. Τέλος, κατά την διάρκεια καύσης του δεν παράγει CO και CO₂, γεγονός που οφείλεται στην απουσία ατόμων άνθρακα (C).

Υγραέριο.

Υπάρχουν τρεις διαφορετικοί τρόποι παραγωγής υγραερίου. Η πρώτη περίπτωση είναι ως υποπροϊόν κατά τη διύλιση αργού πετρελαίου, όπου τα ελαφρά συστατικά καύσιμα όπως το προπάνιο και το βουτάνιο παράγονται μέσω απόσταξης, αναμόρφωσης, ρωγμών και άλλων διαδικασιών. Αυτά τα αέρια συλλέγονται και έχουν ήδη χρησιμοποιηθεί ευρέως σε ορισμένες περιφερειακές αγορές ως εναλλακτικά καύσιμα στον τομέα των επιβατικών οχημάτων.

Η δεύτερη περίπτωση είναι η εξαγωγή από την επεξεργασία κατά τη διάρκεια της εξαγωγής φυσικού αερίου (ή μη συνδεδεμένου αερίου). Το υγραέριο εξάγεται για να αποτρέψει τη συμπύκνωση του αερίου και προκαλεί προβλήματα με τη μεταφορά φυσικού αερίου. Η τελευταία περίπτωση προέρχεται από τη διαδικασία κατά την εξαγωγή λαδιού. Περίπου το 60% του υγραερίου παγκοσμίως παράγεται με τη διαδικασία ανάκτησης από την εξόρυξη καυσίμων, ενώ το υπόλοιπο 40% προέρχεται από τη διύλιση του αργού πετρελαίου.

Λόγω της διακύμανσης των πηγών και των διαδικασιών επεξεργασίας, η σύνθεση του υγραερίου είναι πολύ μεταβλητή τόσο σε ολόκληρο τον κόσμο όσο και κατά τη διάρκεια του έτους. Ενώ η περιεκτικότητα σε υγραέριο ποικίλλει σημαντικά σε ολόκληρο τον κόσμο, είναι κυρίως ένα μείγμα τεσσάρων ειδών: προπάνιο, προπυλένιο, ισο-βουτάνιο και ν-βουτάνιο. Κάθε συστατικό των τεσσάρων ειδών έχει αριθμό οκτανίων άνω των RON 100, που είναι υψηλότερος από αυτόν της βενζίνης.

Επομένως, η αύξηση του λόγου συμπίεσης του κινητήρα είναι επίσης δυνατή με καύσιμο υγραέριο (liquefied petroleum gas, LPG). Ο υψηλός αριθμός οκτανίων του υγραερίου είναι ευεργετικός στην αύξηση της θερμικής απόδοσης του φρένου, με βελτιστοποιημένο χρονισμό ανάφλεξης χωρίς εμφάνιση χτυπήματος και αύξηση του λόγου συμπίεσης. Οι εκπομπές του υγραερίου ήταν χαμηλότερες από εκείνες της βενζίνης έως και 45%.

Ο βελτιωμένος σχηματισμός μείγματος λόγω της ευρύτερης γωνίας ψεκασμού και του βρασμού του σε φλας έδωσε χώρο για μείωση των εκπομπών ρύπων, ανεξάρτητα από την έγχυση αερίου ή υγρής φάσης, σε σύγκριση με το καύσιμο βενζίνης. Επιπλέον, οι εκπομπές σωματιδίων (PN) με εφαρμογή έγχυσης κατεύθυνσης υγρού πετρελαίου (LPDI) μειώθηκαν κατά 94% σε σύγκριση με εκείνες της βενζίνης λόγω του καλύτερου σχηματισμού μείγματος.

Αλκοολούχα καύσιμα Μεθανόλη-Αιθανόλη.

Μέσα από τη βιομηχανική επανάσταση στον 19^ο και στις αρχές του 20^{ου} αιώνα, το αλκοόλ άρχισε να κερδίζει την προσοχή ως καύσιμο αυτοκινήτων. Η δυνατότητα επίτευξης υψηλότερης θερμικής απόδοσης και χαμηλότερων εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου λόγω των μοναδικών ιδιοτήτων και της ανανεώσιμης παραγωγής της από τα εργοστάσια δημιούργησε ιδιαίτερο ενδιαφέρον για έρευνα και ανάπτυξη.

Από τα βασικά καύσιμα αλκοόλης είναι η μεθανόλη (CH_3OH), αιθανόλη ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$), προπανόλη ($\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}$) και βουτανόλη ($\text{C}_4\text{H}_9\text{OH}$) μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμα αυτοκινήτων. Η εισαγωγή της μεθανόλης και της αιθανόλης ως εναλλακτικά καύσιμα θεωρείται επιτυχής διότι μπορούν να χρησιμοποιηθούν στους συμβατικούς κινητήρες ανάφλεξης με σπινθήρα με τη μορφή πρόσθετων καυσίμων, καυσίμων ανάμιξης και δι-καυσίμων, για τεχνικούς και οικονομικούς λόγους. Η μεθανόλη μπορεί να παρασκευαστεί από άνθρακα, φυσικό αέριο, αέριο οπτάνθρακα, υδρογόνο και βιομάζα. Ωστόσο, η περισσότερη μεθανόλη παράγεται από αέριο σύνθεσης, το οποίο αποτελείται από μονοξείδιο του άνθρακα και υδρογόνο. Η παραγωγή αιθανόλης έχει δύο κύριους δρόμους βιομηχανικής παραγωγής.

Ένα μονοπάτι είναι η αντίδραση του αιθανίου με ατμό, ενώ το άλλο μονοπάτι είναι η αλκοολική ζύμωση. Ο λόγος για τον οποίο η αιθανόλη ονομάζεται συχνά βιοαιθανόλη είναι ότι η αιθανόλη παράγεται από ανανεώσιμες βιο-οργανικές ύλες και αυτά τα βιολογικά υλικά μπορούν να λειτουργήσουν ως νεροχύτης άνθρακα στη διάρκεια ζωής της. Η αιθανόλη μπορεί εύκολα να παραδοθεί και να παρασχεθεί με κάποιες μικρές τροποποιήσεις χρησιμοποιώντας την τρέχουσα υποδομή, επειδή βρίσκεται σε υγρή φάση και εύκολο στη χρήση, σε σύγκριση με τα αέρια εναλλακτικά καύσιμα.

Η μεθανόλη και η αιθανόλη έχουν παρόμοιες ιδιότητες με τα καύσιμα αλκοόλης. Και τα δύο είναι οξυγονωμένα υγρά υδρογονάνθρακα. Είναι γνωστό ότι τα διακριτικά χαρακτηριστικά αυτών των καυσίμων αλκοόλης προκύπτουν βασικά λόγω της ύπαρξης της ομάδας υδροξυλίου στην αλυσίδα άνθρακα. Αυτό το τμήμα υδροξυλίου καθιστά μεθανόλη και αιθανόλη υδρόφιλη, και έχει διπολική ροπή. Αυτή η πόλωση από τη διπολική ροπή επηρεάζει τις διαμοριακές αλληλεπιδράσεις και τις καθιστά υδρόφιλες και συμπεριφέρονται κοντά σε ένα αζεοτροπικότανα αναμιγνύεται με βενζίνη.

5.6. Εναλλακτικά καύσιμα κινητήρων ανάφλεξης με συμπίεση.

Βιοντίζελ.

Το βιοντίζελ είναι ένα εναλλακτικό καύσιμο βασισμένο σε βιολογικές πρώτες ύλες. Μια ποικιλία πρώτων υλών λαδιού μπορεί να μετατραπεί σε καύσιμο. Αυτά περιλαμβάνουν φυτικό έλαιο, ζωικό λίπος και απόβλητα μαγειρικά έλαια. Τα κραμβέλαιο και τα σογιέλαια είναι οι πιο συχνά χρησιμοποιούμενες πρώτες ύλες για καύσιμα βιοντίζελ. Το σογιέλαιο αντιπροσώπευε μόνο το 65% της παραγωγής των ΗΠΑ το 2013. Η επαναχρησιμοποίηση των χρησιμοποιημένων μαγειρικών ελαίων έχει προσελκύσει την προσοχή, επειδή μπορεί να εξαλείψει τα προβλήματα διάθεσης. Το βιοντίζελ που προέρχεται από μαγειρικό λάδι παρουσίασε τις χαμηλότερες εκπομπές WTW GHG, με περίπου 82% εκπομπές GHG σε σύγκριση με το συμβατικό ντίζελ. Οι προτιμήσεις των πρώτων υλών διαφέρουν σε διαφορετικές χώρες, βάσει του περιφερειακού κόστους παραγωγής, των περιβαλλοντικών επιπτώσεων και των γεωργικών στρατηγικών.

Διμεθυλαιθέρας.

Ο διμεθυλαιθέρας χρησιμοποιείται εδώ και δεκαετίες ως προωθητικό αερολύματος στη βιομηχανία προσωπικής φροντίδας. Έχει κερδίσει την προσοχή ως ένα καθαρό εναλλακτικό καύσιμο για το υγραέριο, το ντίζελ και τη βενζίνη, με φυσικές ιδιότητες πολύ παρόμοιες με εκείνες του υγραερίου. Προσφέρει αξιοσημείωτο δυναμικό όχι μόνο ως καύσιμο αυτοκινήτων, αλλά και για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, και σε οικιακές εφαρμογές όπως η θέρμανση και το μαγείρεμα.

Οδιμεθυλαιθέρας (DME), το οποίο αναμένεται επίσης να παραχθεί από πόρους βιομάζας στο μέλλον, είναι ελκυστικό ως λύση για την ενεργειακή βιωσιμότητα και περιβαλλοντικά προβλήματα. Ο διμεθυλαιθέρας (DME) μπορεί να προέρχεται από πολλές πηγές, όπως ορυκτά καύσιμα (φυσικό αέριο και άνθρακας) και ανανεώσιμα υλικά (βιομάζα, απόβλητα και γεωργικά προϊόντα). Υπάρχουν δύο μέθοδοι για την παραγωγή DME ως καυσίμου σε μεγάλη ποσότητα με σχετικά χαμηλό κόστος.

Οι μέθοδοι περιλαμβάνουν μια διαδικασία δύο σταδίων (έμμεση μέθοδος) προσθήκης ενός σταδίου αφυδάτωσης στο τελευταίο μέρος της βιομηχανικής επεξεργασίας μεθανόλης και μια διαδικασία ενός σταδίου (άμεση μέθοδος) σύνθεσης DME απευθείας από αέριο σύνθεσης (H_2, CO). Ορισμένες πρόσφατες εξελίξεις στις μεθόδους σύνθεσης του διμεθυλαιθέρα (DME), τις συμβατικές διαδικασίες και τις καινοτόμες τεχνολογίες στο σχεδιασμό αντιδραστήρων, και

οι χρησιμοποιούμενοι καταλύτες επέτρεψαν την αποτελεσματική παραγωγή του. Συνολικά, το ποσό παραγωγής είναι μικρό, περίπου 150.000 τόνοι παγκοσμίως.

Νέφτι.

Μελέτες σχετικά με την ανάφλεξη συμπίεσης (gasoline compression ignition, GCI) που χρησιμοποιούν καύσιμα τύπου βενζίνης με ανώτερη αντοχή στην αυτόματη ανάφλεξη και υψηλότερη πτητικότητα, ισχυρίζονται ότι η νάφθα είναι κατάλληλη για τη δημιουργία καλά προαναμεμιγμένου ή σωστά στρωματοποιημένου μίγματος πριν από την ανάφλεξη και για τη μείωση των εκπομπών NO_x και αιωρούμενων σωματιδίων, διατηρώντας παράλληλα παρόμοια απόδοση. Η έρευνα διεξαχθεί τόσο στους μετασκευασμένους εμπορικούς κινητήρες βενζίνης όσο και στους μετασκευασμένους πετρελαιοκινητήρες για υψηλότερη αναλογία συμπίεσης.

Λόγω της υψηλής αντοχής στην ανάφλεξη της βενζίνης σε συνθήκες χαμηλού φορτίου, ορισμένοι ερευνητές πρότειναν ότι το βέλτιστο καύσιμο για κινητήρες ανάφλεξης συμπίεσης βενζίνης θα ήταν πολύ λιγότερο επεξεργασμένο καύσιμο, όπως η νάφθα. Το ελαφρύ κλάσμα που προκύπτει από απόσταξη και βρασμό, σε ένα εύρος θερμοκρασιών που κυμαίνεται από 30°C έως και 200°C καλείται νάφθα. Η νάφθα αποτελείται από μείγμα μορίων υδρογονανθράκων που με την σειρά του αποτελούνται από 5 έως και 11 άτομα άνθρακα. Επιπλέον, η νάφθα είναι μέρος του αργού πετρελαίου και κατά βάρος κατέχει το ποσοστό από 15% έως και 30%. Ο αριθμός RON της νάφθας είναι περίπου 70.

Βασικό χαρακτηριστικό της νάφθας είναι ότι κατατάσσεται στα προϊόντα με την μικρότερη μεταποίηση κατά την διάρκεια διύλιση της, άρα απαιτεί και την μικρότερη ενέργεια για την παραγωγή της. Επιπλέον παρουσιάζει την μικρότερη επίδραση της στο CO₂ σε σύγκριση με τα συμβατικά καύσιμα (βενζίνη και πετρέλαιο). Επίσης, το οικονομικό κόστος για την παραγωγή της είναι σε χαμηλότερα επίπεδα σε σχέση με την βενζίνη. Όπου η σύγκριση γίνεται λόγω ότι παρουσιάζουν πανομοιότυπες ιδιότητες. Επιπλέον, ελαφριά κλάσματα όπως η νάφθα θα είναι άμεσα διαθέσιμα και θα μπορούσαν να είναι πλεόνασμα, καθώς η ζήτηση μετατοπίζεται προς βαρύτερα καύσιμα για χρήση στις εμπορικές μεταφορές.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Η. Εγκυκλοπαίδεια, «<https://el.wikipedia.org/wiki/>,» [Ηλεκτρονικό].
- [2] Λ. Κλιάνης, Ι. Νικολός και Ι. Σιδέρης, Μηχανές Εσωτερικής Καύσεως, Αθήνα: Εκδόσεις Ιδρύματος Ευγενίδου, 2002.
- [3] Χ. Καραπάνος, Α. Κοτσιλιέρης και Λ. Κουντουράς, Μηχανές Εσωτερικής Καύσης II, Αθήνα, 2001.
- [4] Ν. Σουλτισιώτης, Μηχανές Εσωτερικής Καύσης, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο.
- [5] Α. Πολυζάκης , Λειτουργία Αεριοστροβίλων και Παραγωγή Ενέργειας - Προώθηση, θεωρία, Πτολεμαΐδα, 2012.
- [6] Κ. Μαυρίδης, Μηχανές Εσωτερικής Καύσης, Αθήνα: Εκδόσεις ΙΩΝ, 2007.