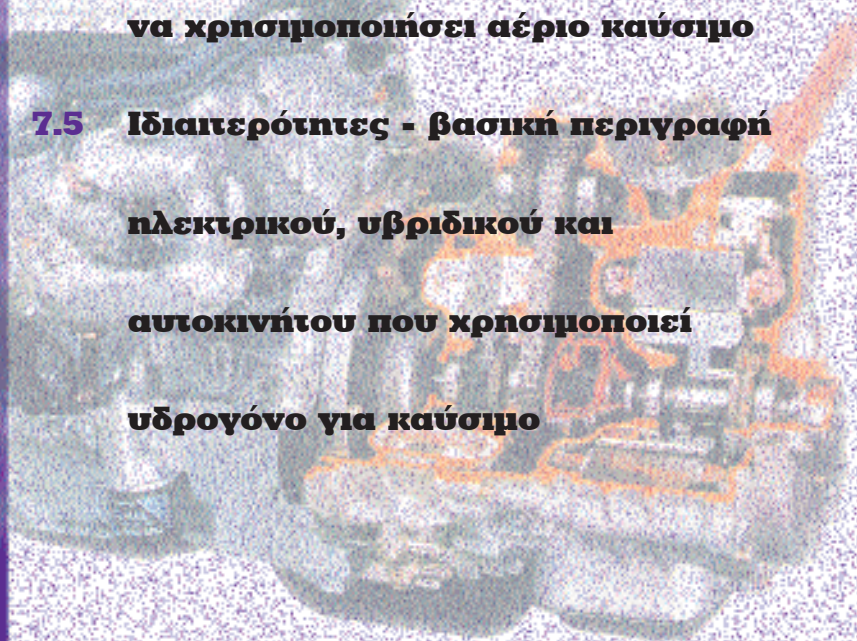


Αυτοκίνητα εναλλακτικών καυσίμων

- 7.1 Αποθήκευση αερίου καυσίμου**
- 7.2 Παρασκευή μείγματος αερίου καυσίμου - αέρα και τροφοδοσία**
- 7.3 Κινητήρες αερίου καυσίμου με ηλεκτρονικό έλεγχο και καταλύτη**
- 7.4 Μετατροπή κινητήρα ώστε να μπορεί να χρησιμοποιήσει αέριο καύσιμο**
- 7.5 Ιδιαιτερότητες - βασική περιγραφή ηλεκτρικού, υβριδικού και αυτοκινήτου που χρησιμοποιεί υδρογόνο για καύσιμο**



Διδακτικοί στόχοι

Μετά τη μελέτη αυτού του κεφαλαίου θα πρέπει να είστε σε θέση:

- Να μπορείτε να περιγράφετε και να εξηγείτε το λειτουργικό σκοπό κάθε συστήματος - διάταξης καθώς και τον ιδιαίτερο λειτουργικό σκοπό κάθε μέρους - εξαρτήματος και τον τρόπο με τον οποίο τον επιτελεί.
- Να αναγνωρίζετε τα μέρη - εξαρτήματα από τα οποία αποτελείται το σύστημα σε φυσική κατάσταση, σχέδιο ή κάθε είδους απεικόνιση, απομονωμένα ή συναρμολογημένα.
- Να περιγράφετε τα βασικά μέρη και τις αρχές λειτουργίας των ηλεκτρικών, υβριδικών και των αυτοκινήτων που χρησιμοποιούν υδρογόνο για καύσιμο.

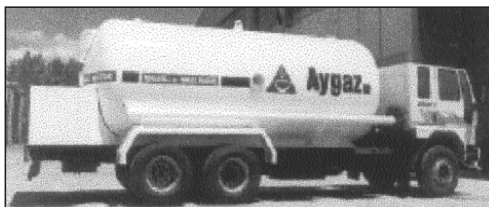
7.1 Αποθήκευση αερίου καυσίμου

7.1.1 Υγραέριο

Το υγραέριο, που είναι μείγμα προπανίου (30%) και βουτανίου (70%), μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο κινητήρων εσωτερικής καύσης. Το προπάνιο και το βουτάνιο είναι ενώσεις υδρογονανθράκων με σχετικά απλή χημική δομή. Το μόριο του προπανίου αποτελείται από 3 άτομα άνθρακα και 8 άτομα υδρογόνου, ενώ το μόριο του βουτανίου αποτελείται από 4 άτομα άνθρακα και 10 άτομα υδρογόνου.

Οι ενώσεις αυτές παράγονται είτε συνθετικά (αποτελούν παράγωγα της διύλισης του αργού πετρελαίου σε ποσοστό 4-5%) είτε φυσικά. Το υγραέριο αποθηκεύεται και μεταφέρεται σε υγρή μορφή ενώ χρησιμοποιείται σε αέρια. Η υγροποίησή του γίνεται εύκολα σε σχετικά χαμηλές πιέσεις (4 έως 12 bar) ανάλογα με τη θερμοκρασία. Το ειδικό του βάρος είναι μεγαλύτερο του αέρα, γεγονός που προκαλεί τη συγκέντρωσή του στο επίπεδο του εδάφους σε περίπτωση διαρροής και αυξάνει την πιθανότητα έκρηξης. Για το λόγο αυτό, απαιτούνται ειδικά μέτρα ασφαλείας για τη χρήση του στο αυτοκίνητο καθώς και ειδικές προδιαγραφές ασφαλείας για τα συνεργεία που εκτελούν εργασίες στα αυτοκίνητα που χρησιμοποιούν το υγραέριο ως καύσιμο.

Εικόνα 7.1.1 Βυτιοφόρο όχημα για μεταφορά υγραερίου



Εικόνα 7.1.2 Σφαίρα αποθήκευσης υγραερίου σε διυλιστήριο



Η πλέον συνηθισμένη εφαρμογή του υγραερίου ως καυσίμου γίνεται σε αυτοκίνητα που φέρουν ταυτόχρονα και το συμβατικό σύστημα τροφοδοσίας με βενζίνη. Γεγονός που προκαλεί την αύξηση του βάρους του αυτοκινήτου και τη μείωση του διαθέσιμου χώρου για αποσκευές, όταν το δοχείο αποθήκευσης του υγραερίου τοποθετείται στο χώρο των αποσκευών.

Η δομή των μορίων του προπανίου και του βουτανίου μειώνει την πιθανότητα της εμφάνισης του φαινομένου της κρουστικής καύσης σε τέτοιο βαθμό, ώστε να μην απαιτείται η χρήση προσθέτων (όπως ήταν οι ενώσεις τετρααιθυλιούχου μολύβδου στην περίπτωση της βενζίνης με μόλυβδο και οι αρωματικοί υδρογονάνθρακες στην περίπτωση της

αμόλυβδης βενζίνης), που θεωρούνται επιβλαβή για την υγεία. Η αντοχή του υγραερίου στην κρουστική καύση επιτρέπει την αύξηση της σχέσης συμπίεσης του κινητήρα έως και 12:1.

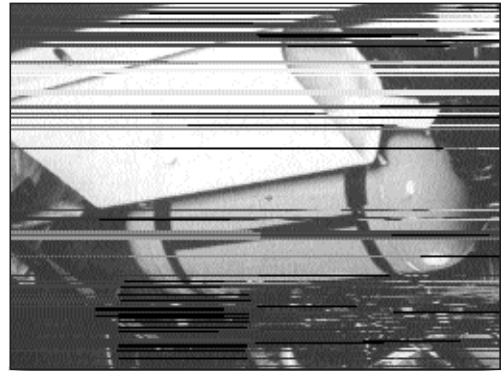
Η στοιχειομετρική αναλογία υγραερίου και αέρα είναι 15,7:1 κατά βάρος. Το γεγονός αυτό πρέπει να λαμβάνεται υπόψη κατά τη χρήση αναλυτή για τη ρύθμιση του μείγματος. Σήμερα, αρκετοί αναλυτές καυσαερίων διαθέτουν επιλογή καυσίμου μεταξύ βενζίνης και υγραερίου για την ευκολότερη χρήση τους από την πλευρά του τεχνίτη ως προς το σημείο αυτό. Σε περίπτωση που δεν υπάρχει αυτή η δυνατότητα επιλογής, οι μετρήσεις πρέπει να γίνονται με βάση την παραπάνω στοιχειομετρική αναλογία

Ένας κινητήρας υγραερίου παράγει μονοξείδιο του άνθρακα μειωμένο κατά 80% και οξείδια του αζώτου μειωμένα κατά 50% σε σχέση με τη βενζίνη, ενώ οι άκαυστοι υδρογονάνθρακες παραμένουν σε σχετικά χαμηλά επίπεδα σε σχέση με έναν συμβατικό βενζινοκινητήρα.

Ένας κινητήρας που χρησιμοποιεί υγραέριο ως καύσιμο, εμφανίζει μειωμένες ανάγκες συντήρησης σε σχέση με έναν κινητήρα που χρησιμοποιεί βενζίνη ως προς τα λιπαντικά του, γιατί το υγραέριο δεν διαλύεται σε αυτά στη φάση της κρύας λειτουργίας του κινητήρα και ως προς τα μπουζί, γιατί συσσωρεύονται λιγότερες επικαθίσεις σε αυτά. Σε έναν κινητήρα υγραερίου τα μπουζί μπορεί να χρειαστεί να αντικατασταθούν μετά από 100.000 km.

Το σύστημα αποθήκευσης και τροφοδοσίας του υγραερίου είναι ένα κλειστό σύστημα ως προς το περιβάλλον, γεγονός που δεν επιτρέπει τη διαρροή υδρογονανθράκων στο περιβάλλον κάτω από κανονικές συνθήκες.

Εικόνα 7.1.3 Τοποθέτηση δοχείου αποθήκευσης υγραερίου κάτω από το δάπεδο του αυτοκινήτου



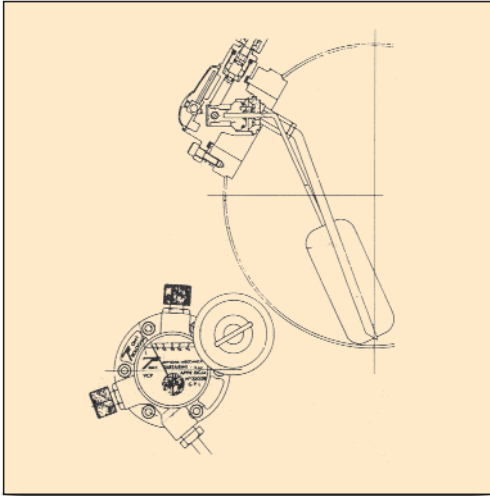
Εικόνα 7.1.4 Τοποθέτηση δοχείου αποθήκευσης στο χώρο αποσκευών.



Το υγραέριο αποθηκεύεται σε δοχεία υψηλής πίεσης, τα οποία πρέπει να ικανοποιούν ειδικές προδιαγραφές ως προς την αντοχή τους. Τα δοχεία αυτά τοποθετούνται είτε στο χώρο αποσκευών είτε στην περιοχή κάτω από το δάπεδο του αυτοκινήτου, σε σημείο τέτοιο ώστε να επηρεάζονται το λιγότερο

δυνατό από τις συνέπειες μιας σύγκρουσης.

Εικόνα 7.1.5 Διάταξη βαλβίδας διακοπής πλήρωσης (τύπου φλωτέρ) σε δοχείο αποθήκευσης υγραερίου παλαιού τύπου



Εικόνα 7.1.6 Ηλεκτρονική διάταξη διακοπής πλήρωσης δοχείου υγραερίου με αισθητήρα στάθμης και ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα



Μία ειδική διάταξη ασφαλείας (ανεπίστροφη βαλβίδα) δεν επιτρέπει τη ροή του αερίου από το δοχείο υψηλής πίεσης προς τη βαλβίδα πλήρωσης. Επίσης, μια άλλη βαλβίδα του δοχείου αποθήκευσης του υγραερίου δεν επιτρέπει τη συνέχιση της πλήρωσης του δοχείου, όταν το καύσιμο σε υγρή μορφή φτάσει στο όριο του 80% της χωρητικότητας. Ο χώρος που απομένει με το καύσιμο σε αέρια μορφή διατίθεται για τις θερμοκρασιακές διαστολές. Μια άλλη βαλβίδα που συνδέεται με αγωγό απομακρύνει το αέριο από το δοχείο πλήρωσης, σε περίπτωση που η πίεση του δοχείου ξεπεράσει τα 25-30 bar για κάποιον λόγο όπως είναι η υπερθέρμανση. Τέλος ένα μανόμετρο που είναι προσαρμοσμένο στο δοχείο δείχνει την πίεση που επικρατεί στο δοχείο.

7.1.2 Φυσικό αέριο

Εδώ και πολλά χρόνια επίσης, το φυσικό αέριο χρησιμοποιείται ως καύσιμο σε κινητήρες εσωτερικής καύσης. Το φυσικό αέριο αποτελείται κατά ποσοστό που φτάνει και 98% από μεθάνιο, ενώ η περιεκτικότητα σε βαριούς υδρογονάνθρακες ανέρχεται σε 0,8% το πολύ. Η μεταφορά του από τα σημεία άντλησης γίνεται με αγωγούς ή όταν είναι σε υγροποιημένη μορφή με ειδικά πλοία.

Εικόνα 7.1.7 Εγκαταστάσεις μεταφόρτωσης υγροποιημένου φυσικού αερίου στις ΗΠΑ



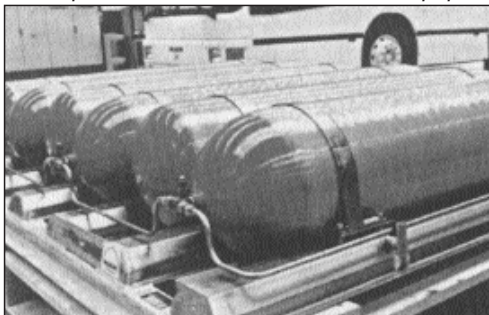
Εικόνα 7.1.8 Κατασκευή αγωγού μεταφοράς φυσικού αερίου στη Σιβηρία



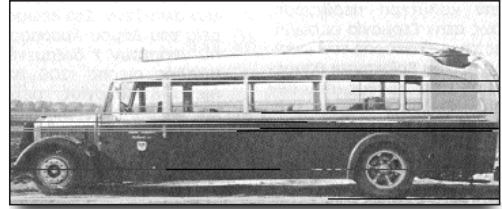
Ως καύσιμο, το φυσικό αέριο χαρακτηρίζεται από υψηλή αντοχή σε φαινόμενα κρουστικής καύσης αφού ο αριθμός οκτανίου που διαθέτει φτάνει σε 135. Η αναλογία στοιχειομετρικού μείγματος φυσικού αερίου - αέρα είναι 17,25:1.

Χαρακτηριστική ιδιότητα του φυσικού και σημείο διαφοροποίησης από το υγραέριο είναι το γεγονός ότι το φυσικό αέριο είναι ελαφρύτερο από τον αέρα. Για το λόγο αυτό, οι φιάλες αποθήκευσής του σε οχήματα, όπως τα λεωφορεία, τοποθετούνται στην οροφή, ώστε σε περίπτωση ατυχήματος να γίνει διαφυγή του αερίου προς την ατμόσφαιρα χωρίς να περάσει μέσα από περιοχές που πιθανόν να υπάρχουν εστίες θερμότητας ή σπινθήρες.

Εικόνα 7.1.9 Φιάλες αποθήκευσης φυσικού αερίου που τοποθετούνται σε λεωφορείο



Εικόνα 7.1.10 Λεωφορείο Mercedes κατασκευασμένο το 1930 που κινείται με φυσικό αέριο



Κατά τη χρήση του στο αυτοκίνητο αποθηκεύεται σε πίεση που φτάνει τα 200 bar, ενώ το όριο ασφαλείας των δοχείων που αποθηκεύεται φτάνει τα 600 bar. Η πτώση πίεσης γίνεται πρώτα στα 7 bar και στη συνέχεια στα 0,5 bar που είναι η πίεση λειτουργίας.

Τα προϊόντα της καύσης του είναι κατά πολύ μικρότερα από τα ανάλογα της βενζίνης. Συγκεκριμένα οι εκπομπές ρύπων είναι:

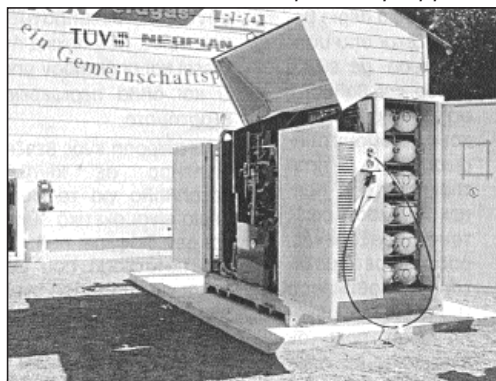
Η εκπομπή μονοξειδίου του άνθρακα είναι μειωμένη κατά 73%

Η εκπομπή ακαύστων υδρογονανθράκων είναι μειωμένη κατά 52%

Η εκπομπή οξειδίων του αζώτου είναι μειωμένη κατά 85%

Το διοξείδιο του άνθρακα που δημιουργείται κατά την καύση είναι κατά 29% μειωμένο σε σχέση με τη βενζίνη. Ο κινητήρας φυσικού αερίου χαρακτηρίζεται από τη μειωμένη εκπομπή θορύβου σε σχέση με τους πετρελαιοκινητήρες.

Εικόνα 7.1.11 Σταθμός πλήρωσης φυσικού αερίου στη Γερμανία



Εικόνα 7.1.12 Σύγχρονο λεωφορείο με κινητήρα φυσικού αερίου σε σταθμό ανεφοδιασμού φυσικού αερίου

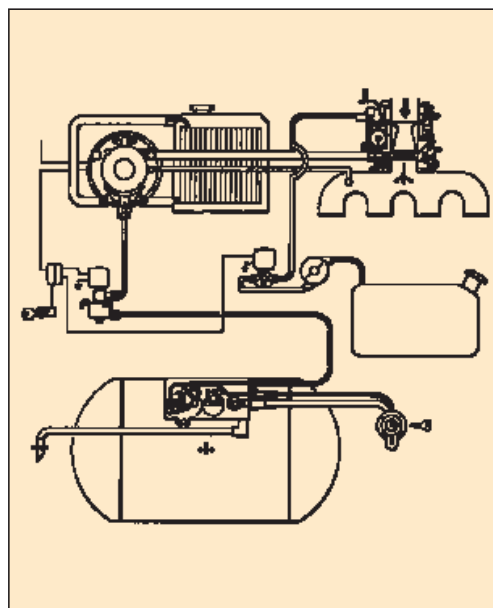


Η διαδικασία πλήρωσης των φιαλών φυσικού αερίου μπορεί να γίνει με δύο τρόπους. Είτε σε ειδικούς σταθμούς που έχουν ήδη συμπιέσει και αποθηκεύσει σε ειδικές φιάλες φυσικό αέριο σε υψηλή πίεση, οπότε η διαδικασία της πλήρωσης των φιαλών διαρκεί μόνο μερικά λεπτά, είτε με την επί τόπου συμπύεση του φυσικού αερίου από το δίκτυο οπότε η διαδικασία της πλήρωσης των φιαλών μπορεί να διαρκέσει έως και αρκετές ώρες.

7.2 Παρασκευή μείγματος αερίου καυσίμου - αέρα και τροφοδοσία

7.2.1 Συμβατικό σύστημα τροφοδοσίας κινητήρα υγραερίου

Εικόνα 7.2.1. Σχηματικό διάγραμμα συστήματος τροφοδοσίας κινητήρα υγραερίου (με ταυτόχρονη παρουσία συμβατικού συστήματος τροφοδοσίας με βενζίνη)



Το σύστημα τροφοδοσίας κινητήρα υγραερίου αποτελείται από τα εξής επιμέρους υποσυστήματα - εξαρτήματα:

- Δοχείο αποθήκευσης με συγκρότημα πολυβαλβίδας (βαλβίδα πλήρωσης, βαλβίδα ανακούφισης, αυτοματισμός διακοπής πλήρωσης, μανόμετρο).

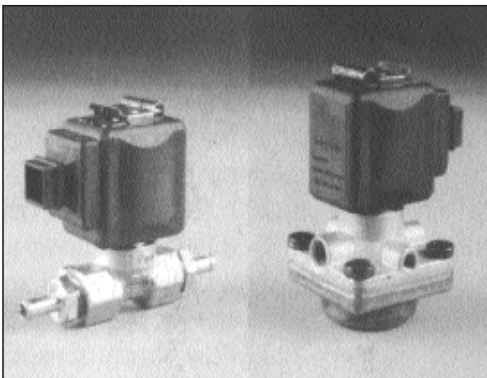
- Ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες τροφοδοσίας υγραερίου- βενζίνης.
- Υποβιβαστή - ρυθμιστή πίεσης υγραερίου (πνεύμονας)
- Αναμείκτη υγραερίου αέρα
- Διακόπτη επιλογής καυσίμου

Περιγραφή του συστήματος

Εικόνα 7.2.2 Διακόπτης επιλογής καυσίμου



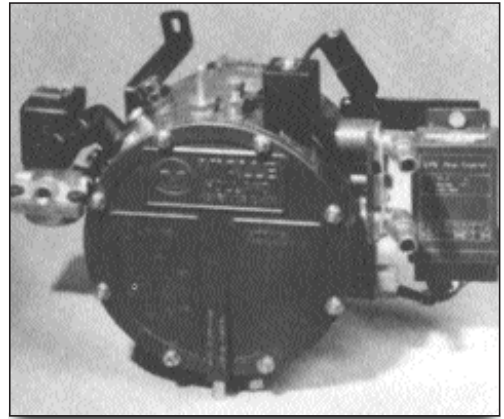
Εικόνα 7.2.3 Ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες ελέγχου ροής υγραερίου και βενζίνης



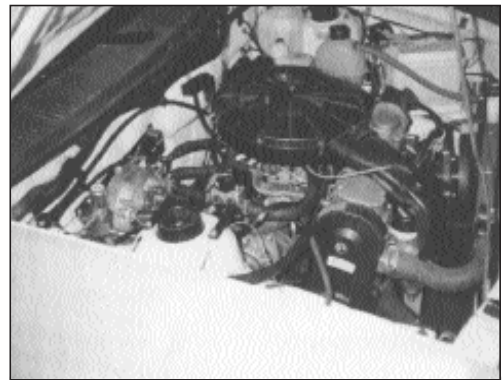
Η ροή του υγραερίου από το δοχείο υψηλής πίεσης προς τον υποβιβαστή - ρυθμιστή πίεσης ελέγχεται από την η-

λεκτρομαγνητική βαλβίδα, η οποία ανοίγει όταν έχει επιλεγεί η λειτουργία του συστήματος τροφοδοσίας του υγραερίου από το διακόπτη επιλογής καυσίμου. Ταυτόχρονα, διακόπτεται η ροή της βενζίνης από την ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα βενζίνης.

Εικόνα 7.2.4 Πνεύμονας



Εικόνα 7.2.5 Τοποθέτηση πνεύμονα σε αυτοκίνητο



Στο υποβιβαστή - ρυθμιστή πίεσης (πνεύμονας) γίνεται:

1. Μετατροπή του υγραερίου από την υγρή φάση στην αέρια

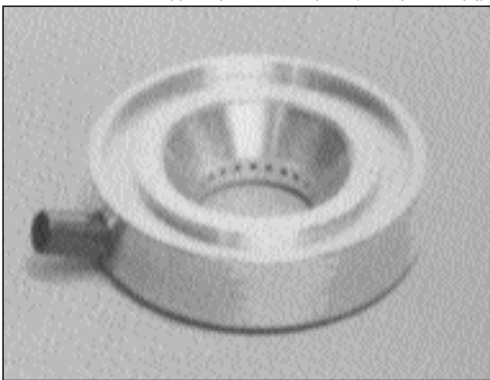
2. Ρύθμιση της πίεσης σε πίεση μικρότερη της ατμοσφαιρικής στο τελικό στάδιο υποβιβασμού της πίεσης

3. Ρύθμιση της παροχής υγραερίου προς τον αναμείκτη ανάλογα με τις στιγμιαίες ανάγκες λειτουργίας του κινητήρα. (Ρελαντί, μερικό φορτίο, επιτάχυνση, πλήρες φορτίο).

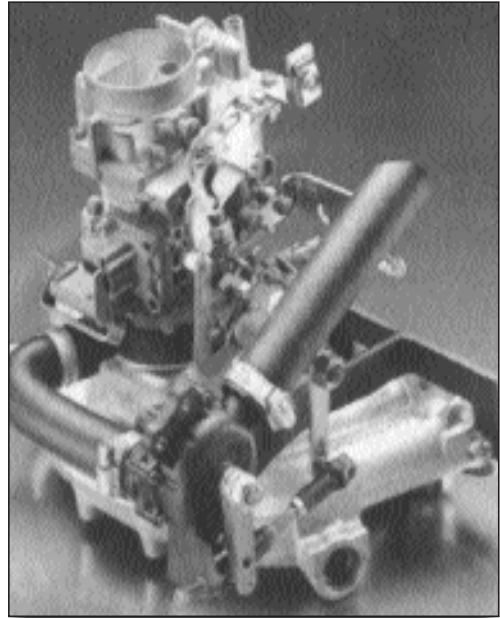
Για την μετατροπή του υγραερίου από την υγρή φάση την αέρια απαιτείται η παροχή θερμότητας, η οποία εξασφαλίζεται από το ψυκτικό του κινητήρα με ροή από το ψυγείο, και από την τοποθέτηση του πνεύμονα σε σημείο από όπου περνούν τα θερμά ρεύματα αέρα που παρατηρούνται στο περιβάλλον του κινητήρα.

Για τη ρύθμιση της στιγμιαίας ροής του υγραερίου υπάρχει σύνδεση με την υποπίεση της πολλαπλής και η αναγκαία στιγμιαία αύξηση της παροχής γίνεται με τη βοήθεια ενός ψεκαστή.

Εικόνα 7.2.6 Δακτύλιος ανάμειξης υγραερίου - αέρα (αναμείκτης)



Εικόνα 7.2.7 Συγκρότημα καρμπυρατέρ - αναμείκτη υγραερίου - αέρα - πολλαπλής εισαγωγής



Από το ρυθμιστή πίεσης το υγραέριο υπό αέρια φάση οδηγείται στον αναμείκτη υγραερίου - αέρα, ο οποίος μπορεί να είναι τοποθετημένος σε κάποια θέση του συστήματος εισαγωγής αέρα πάνω ή κάτω από την πεταλούδα του καρμπυρατέρ. Στο συγκρότημα αυτό, σχηματίζεται το καύσιμο μείγμα υγραερίου - αέρα, το οποίο οδηγείται στους θαλάμους καύσης μέσα από τους αυλούς της πολλαπλής εισαγωγής.

7.3 Κινητήρες αερίου καυσίμου με ηλεκτρονικό έλεγχο και καταλύτη

7.3.1 Ηλεκτρονικά ελεγχόμενο σύστημα αερίου καυσίμου σε συνεργασία με σύστημα τροφοδοσίας βενζίνης με μετρητή όγκου αέρα

Η θέσπιση αυστηρότερων προδιαγραφών για τα καυσαέρια και η εφαρμογή ηλεκτρονικών διατάξεων ελέγχου στα συστήματα τροφοδοσίας των αυτοκινήτων είχαν σαν αποτέλεσμα την ανάπτυξη ηλεκτρονικά ελεγχόμενων συστημάτων τροφοδοσίας υγραερίου και τη χρήση καταλυτικών μετατροπέων για τη μείωση των ρύπων.

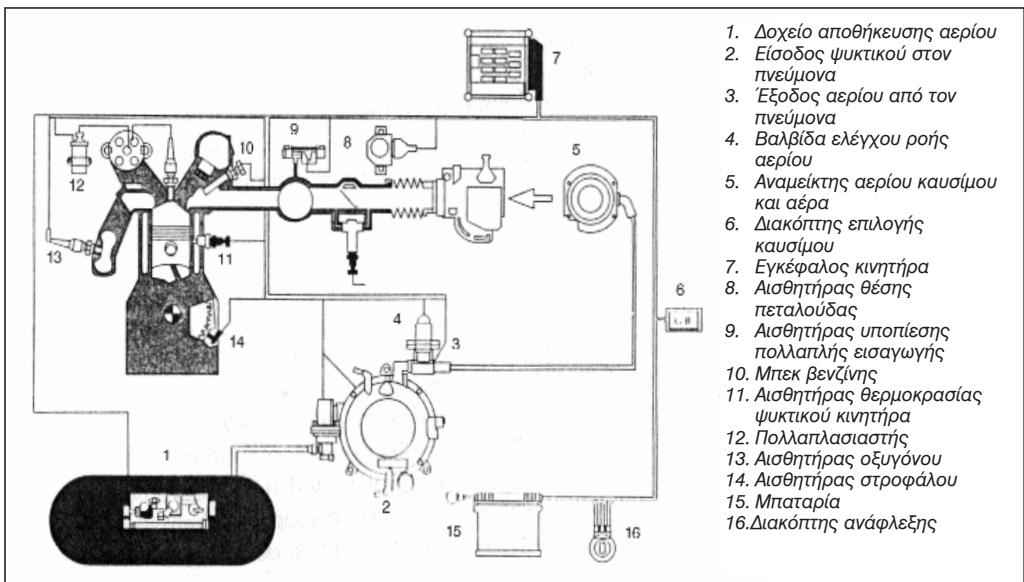
Στα πρώτα συστήματα διατηρήθηκε η βασική διάταξη τροφοδοσίας αερίου με τον πνεύμονα και τον αναμείκτη, ο

οποίος τοποθετείται σε ένα σημείο του συστήματος εισαγωγής αέρα. Στην περίπτωση αυτή, η πίεση του αερίου μετά τον πνεύμονα είναι μικρότερη της ατμοσφαιρικής.

Ο έλεγχος του συστήματος εκτελείται από την ηλεκτρονική μονάδα του συστήματος, η οποία λαμβάνει ως βασικά σήματα εισόδου το σήμα στροφών του κινητήρα και το σήμα του αισθητήρα λάμδα. Ο έλεγχος της παροχής του αερίου γίνεται από ένα βηματικό μοτέρ το οποίο είναι τοποθετημένο μεταξύ του πνεύμονα και του αναμείκτη.

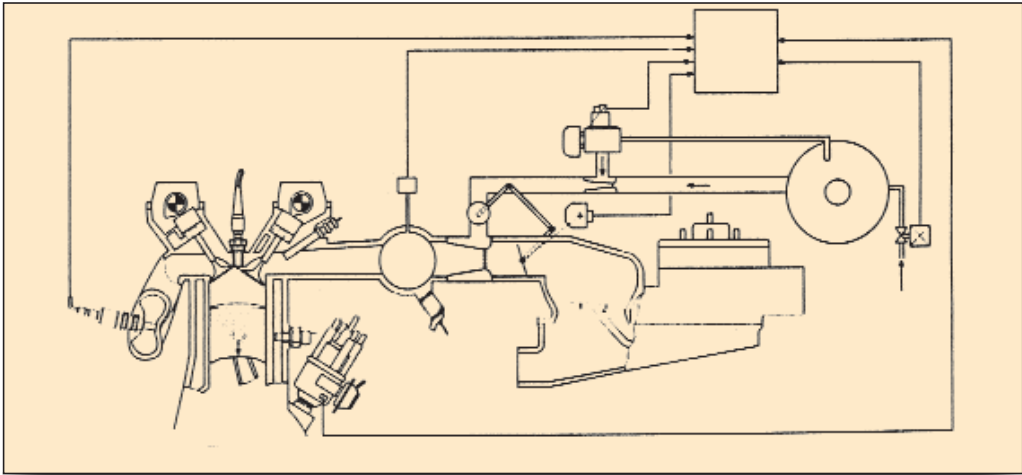
Η μονάδα ελέγχου του συστήματος εκτελεί τους υπολογισμούς με βάση την αρχή των κλειστών συστημάτων ελέγχου και μεταβάλλει ανάλογα τη θέση του βηματικού μοτέρ. Βασικό μειονέκτημα του συστήματος είναι η πιθανή εμφάνιση φλόγας στο σύστημα εισαγωγής αέρα εξαιτίας ανάφλεξης του υπάρχοντος μείγματος κάτω από ορισμένες συνθήκες.

Σχ. 7.3.1 Λειτουργικό διάγραμμα συστήματος τροφοδοσίας αερίου με κλειστό σύστημα ελέγχου και καταλύτη σε συνδυασμό με σύστημα τροφοδοσίας βενζίνης με μετρητή όγκου αέρα



7.3.2 Ηλεκτρονικά ελεγχόμενο σύστημα αερίου καυσίμου σε συνεργασία με σύστημα τροφοδοσίας βενζίνης με συνεχή μηχανικό ψεκασμό και αισθητήρα λάμδα

Σχ 7.3.2 Λειτουργικό διάγραμμα συστήματος τροφοδοσίας αερίου με κλειστό σύστημα ελέγχου σε συνδυασμό με σύστημα μηχανικού συνεχούς ψεκασμού βενζίνης



Στο σύστημα αυτό, η πίεση του αερίου μετά τον πνεύμονα είναι μικρότερη της ατμοσφαιρικής και ο μικροεπεξεργαστής ελέγχει το άνοιγμα της ηλεκτρομαγνητικής βαλβίδας προσαγωγής πρόσθετου αέρα, που είναι τοποθετημένη μεταξύ του πνεύμονα και του συστήματος εισαγωγής αέρα.

Η παροχή του αερίου ελέγχεται από μια δεύτερη βαλβίδα που είναι συνδεδεμένη με την πεταλούδα. Όσο περισσότερο ανοίγει η πεταλούδα, τόσο περισσότερο αέριο εισάγεται στο σύστημα. Το σύστημα αρχικά ρυθμίζεται έτσι ώστε να δημιουργείται πλούσιο μείγμα σε όλη την περιοχή στροφών λειτουργίας του κινητήρα. Στη συνέχεια, το μείγμα γίνεται πιο φτωχό από την προσαγωγή πρόσθετου αέρα από

τη βαλβίδα προσαγωγής πρόσθετου αέρα του συστήματος.

Για τον υπολογισμό του ανοίγματος της βαλβίδας αυτής, ο μικροεπεξεργαστής χρησιμοποιεί το σήμα του αισθητήρα λάμδα και το σήμα των στροφών του κινητήρα.

7.3.3 Ηλεκτρονικά ελεγχόμενο σύστημα αερίου καυσίμου τριτης γενιάς

Στους σύγχρονους κινητήρες χρησιμοποιούνται εξελιγμένα συστήματα ελέγχου ψεκασμού καυσίμου, ανάφλεξης και επεξεργασίας καυσαερίων, που έχουν τη δυνατότητα ικανοποίησης αυστηρότερων προδιαγραφών εκπομπών

καυσαερίων. Οι περισσότεροι από αυτούς τους σύγχρονους κινητήρες διαθέτουν επίσης σύστημα διάγνωσης βλαβών, ενώ τα περισσότερα από τα συστήματα αυτά διαθέτουν σύστημα διάγνωσης βλαβών επί του ταμπλό του αυτοκινήτου (OBD).

Η πολλαπλή εισαγωγή των βενζινοκινητήρων μεταφέρει τον αέρα προς τους θαλάμους καύσης με τρόπο τέτοιο ώστε να επιτυγχάνεται η υψηλή ογκομετρική απόδοση του κινητήρα. Στην περίπτωση που χρησιμοποιείται σύστημα ψεκασμού πολλαπλών σημείων στις θυρίδες εισαγωγής, το καύσιμο ψεκάζεται ακριβώς πριν τη βαλβίδα εισαγωγής. Πλεονέκτημα του συστήματος αυτού είναι ότι δεν παρατηρείται σχηματισμός εκρηκτικού μείγματος στην πολλαπλή εισαγωγής, όπως μπορεί να συμβεί στην περίπτωση του συστήματος ψεκασμού μονού σημείου.

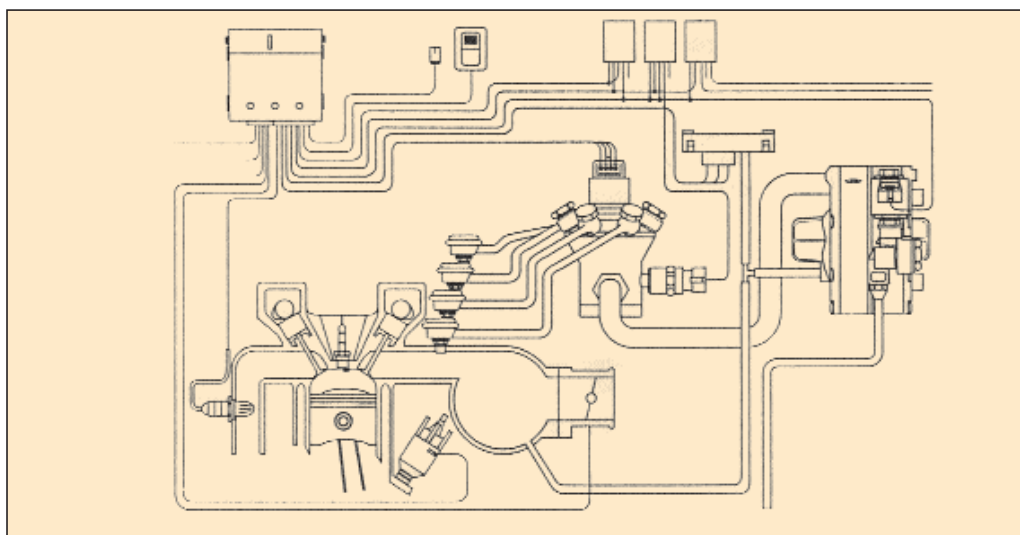
Για να αποτραπεί η εμφάνιση σχηματισμού εκρηκτικού μείγματος και η πιθανή έκρηξη του στην πολλαπλή εισα-

γωγής, οι κατασκευαστές έχουν ήδη αναπτύξει και ξεκινήσει την παραγωγή συστημάτων ψεκασμού αερίου πολλαπλών σημείων.

Τα συστήματα αυτά ελέγχονται από μικροεπεξεργαστή και η πίεση με την οποία γίνεται η τροφοδοσία του αερίου υπερβαίνει την ατμοσφαιρική σε αντίθεση με τα προγενέστερα συστήματα τροφοδοσίας αερίου καυσίμου, που η πίεση του αερίου μετά τον πνεύμονα ήταν μικρότερη της ατμοσφαιρικής. Ένα άλλο χαρακτηριστικό των συστημάτων τρίτης γενιάς είναι η ικανότητα αυτοπροσδιορισμού ορισμένων παραμέτρων λειτουργίας του κινητήρα και η απουσία δυνατότητας εξωτερικών επεμβάσεων στις ρυθμίσεις. Το καύσιμο ψεκάζεται είτε στην αέρια είτε στην υγρή μορφή.

Στο σύστημα αυτό, το καύσιμο ψεκάζεται υπό αέρια κατάσταση. Βασικός σκοπός του συστήματος αυτού είναι η αποφυγή σχηματισμού εκρηκτικού μείγματος καυσίμου και αέρα στο σύστημα

Σχ 7.3.3 Σύστημα ψεκασμού υγραερίου καυσίμου σε αέρια κατάσταση



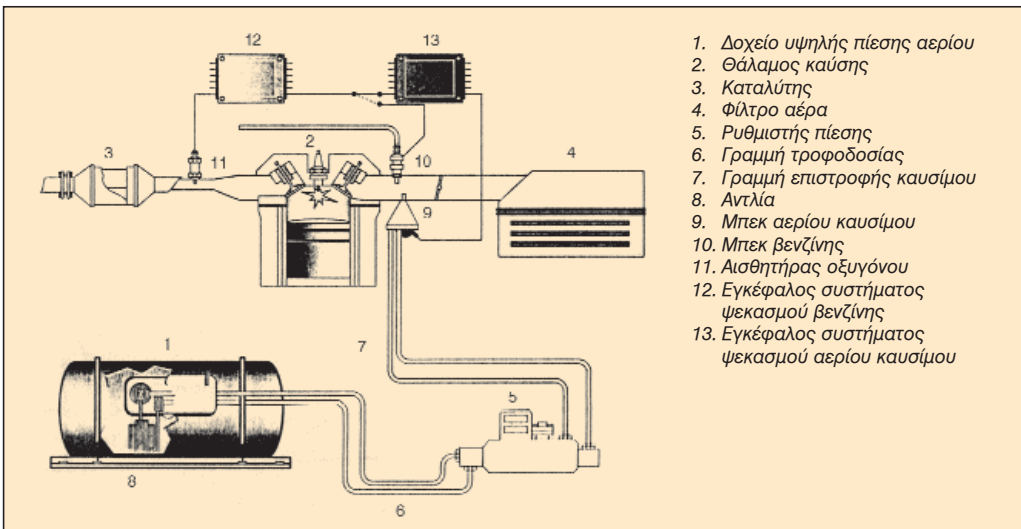
πολλαπλής εισαγωγής και η πιθανή έκρηξή του, η τροφοδοσία ποσότητας καυσίμου με μεγάλη ακρίβεια και η αξιοπιστία του συστήματος.

Στο σύστημα αυτό, ο πνεύμονας ρυθμίζει την πίεση του αερίου σε τιμή που είναι υψηλότερη της ατμοσφαιρικής. Στη συνέχεια, το καύσιμο μεταβιβάζεται μέσω του διανομέα στα μπεκ που είναι τοποθετημένα στον αυλό εισαγωγής κάθε κυλίνδρου. Η ποσότητα του παρεχόμενου καυσίμου είναι ίση σε όλους τους κυλίνδρους.

Το σύστημα αυτό χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με το συμβατικό σύστημα ψεκασμού βενζίνης, το οποίο χρησιμοποιείται για την εκκίνηση του κινητήρα. Η λειτουργία του συστήματος ελέγχεται από μικροεπεξεργαστή, δεν επιδέχεται καμία εξωτερική ρύθμιση και διαθέτει ικανότητα εκμάθησης ορισμένων παραμέτρων λειτουργίας. Σήματα που αφορούν την απόδοση, τις εκπομπές καυσαερίων και την κατανάλωση

καυσίμου τα απεξεργάζεται ο μικροϋπολογιστής του συστήματος. Στη συνέχεια, ο μικροεπεξεργαστής μεταβάλλει τη θέση του ενεργοποιητή (βηματικού μοτέρ) που είναι τοποθετημένος στο διανομέα για να μεταβληθεί ανάλογα η ποσότητα της τροφοδοσίας του καυσίμου. Για τους διάφορους υπολογισμούς, ο μικροεπεξεργαστής χρησιμοποιεί το σήμα στροφών του κινητήρα και το σήμα της υποπίεσης της πολλαπλής εισαγωγής. Άλλοι παράμετροι που λαμβάνονται υπόψη από τον μικροϋπολογιστή είναι η τιμή του αισθητήρα θέσης πεταλούδας, η τιμή του αισθητήρα λάμδα και οι θερμοκρασίες του εισερχόμενου αέρα, του ψυκτικού του κινητήρα και του καυσίμου. Στο σύστημα αυτό είναι δυνατή η εφαρμογή διαφόρων στρατηγικών λειτουργίας όπως η διακοπή τροφοδοσίας κατά την επιβράδυνση, ο έλεγχος του συστήματος ανάφλεξης και η διάγνωση των εξαρτημάτων και του συστήματος.

Σχ. 7.3.4 Λειτουργικό διάγραμμα συστήματος ψεκασμού υγραερίου σε υγρή κατάσταση



Σύστημα ψεκασμού πολλών σημείων καυσίμου σε υγρή κατάσταση

Κύριος σκοπός αυτού του συστήματος ψεκασμού καυσίμου σε υγρή κατάσταση είναι η ακριβής μέτρηση της ποσότητας του καυσίμου που ψεκάζεται, η μεγάλη αξιοπιστία του συστήματος και η διαθεσιμότητα των διαφόρων στρατηγικών λειτουργίας που απαιτούνται για την ικανοποίηση των αυστηρών ορίων για τις εκπομπές καυσαερίων. Στη διάρκεια λειτουργίας του συστήματος ψεκασμού καυσίμου σε υγρή κατάσταση γίνεται χρήση των πληροφοριών του συστήματος ψεκασμού βενζίνης, ενώ και τα δύο καύσιμα ψεκάζονται σε υγρή κατάσταση.

Το σύστημα ψεκασμού χρησιμοποιεί μια αντλία καυσίμου που βρίσκεται μέσα στο δοχείο αποθήκευσης, η οποία διατηρεί την πίεση του καυσίμου και προκαλεί την κυκλοφορία του ώστε να μην παρατηρείται ο σχηματισμός ατμών στις γραμμές μεταφοράς του προς το ρυθμιστή πίεσης. Ο ρυθμιστής πίεσης του συστήματος είναι τοποθετημένος μεταξύ του δοχείου υψηλής πίεσης και των μπεκ και συνδέεται με τα μπεκ ψεκασμού με τις γραμμές τροφοδοσίας και επιστροφής του καυσίμου. Ο ρυθμιστής διατηρεί την πίεση υψηλότερη κατά 5 bar σε σχέση με αυτήν που επικρατεί στο δοχείο υψηλής πίεσης, ώστε να μην είναι δυνατός ο σχηματισμός ατμών στις σωληνώσεις μεταφοράς και στα μπεκ.

Τα μπεκ ψεκασμού του καυσίμου είναι τοποθετημένα στις θυρίδες εισαγωγής της πολλαπλής εισαγωγής και το

καύσιμο σε υγρή κατάσταση ψεκάζεται διαδοχικά ακριβώς πριν από τη βαλβίδα εισαγωγής. Το καύσιμο που δεν χρησιμοποιείται επιστρέφει προς το δοχείο μέσα από το ρυθμιστή πίεσης. Τα μπεκ ενεργοποιούνται από τα σήματα του μικροεπεξεργαστή του συστήματος τροφοδοσίας βενζίνης.

Η πλέον σημαντική πρόσθετη παράμετρος λειτουργίας του συστήματος είναι η πίεση του ρυθμιστή του συστήματος. Ο αισθητήρας λάμδα παραμένει συνδεδεμένος με τον μικροεπεξεργαστή του συστήματος τροφοδοσίας βενζίνης ώστε να υπάρχει έλεγχος όλου του συστήματος. Το σύστημα διαθέτει λειτουργία διακοπής της τροφοδοσίας σε περίπτωση επιβράδυνσης, λειτουργία διάγνωσης επί του ταμπλό και λειτουργίες ελέγχου ανάφλεξης και λειτουργίας βαλβίδας διαφυγής καυσαερίων σε περίπτωση υπερτροφοδοτούμενου κινητήρα.

7.4 Μετατροπή κινητήρα ώστε να μπορεί να χρησιμοποιήσει αέριο καύσιμο

Ένας βενζινοκινητήρας μπορεί να μετατραπεί σε κινητήρα που καταναλώνει αέριο καύσιμο με σχετικά απλές διαδικασίες.

Η σχέση συμπίεσης του κινητήρα μπορεί να φτάνει και σε 12:1 λόγω της ανθεκτικότητας του αερίου σε εμφάνιση κρουστικής καύσης (αριθμός οκτανίων αερίων καυσίμων από 110 έως 135).

Εάν ο κινητήρας χρησιμοποιούσε ως καύσιμο βενζίνη με μόλυβδο, πρέπει να ληφθεί πρόνοια αντικατάστασης των

βαλβίδων και των εδρών με αντίστοιχες για κινητήρα που χρησιμοποιεί αμόλυβδη βενζίνη, οι οποίες πρέπει να είναι κατασκευασμένες από ανθεκτικό χάλυβα, γιατί το αέριο καύσιμο δεν περιέχει τετρααιθυλούχο μόλυβδο που εκτός των αντικροτικών ιδιοτήτων έχει και λιπαντικές για τα παραπάνω μέρη του κινητήρα.

Πρέπει να γίνουν οι αναγκαίες μετατροπές στο ψυγείο του κινητήρα ώστε να υπάρχει τροφοδοσία και επιστροφή του ψυκτικού για τη θέρμανση του πνεύμονα.

Ο πνεύμονας πρέπει να τοποθετηθεί σε σημείο τέτοιο ώστε να δέχεται στα θερμά κύματα αέρα που δημιουργούνται από τη λειτουργία του κινητήρα και να ελεγχθεί η σωστή θέση και φορά τοποθέτησής του με βάση τα πρότυπα του κατασκευαστή του.

Ο αναμείκτης πρέπει να τοποθετηθεί σε κατάλληλο σημείο του συστήματος εισαγωγής αέρα.

Όλες οι σωλήνες μεταφοράς του αερίου που χρησιμοποιούνται για τη μεταφορά του αερίου πρέπει να είναι σύμφωνες με τα ειδικά πρότυπα που ισχύουν για την περίπτωση αυτή.

Στο σύστημα τροφοδοσίας του συμβατικού καυσίμου πρέπει να τοποθετηθεί ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα διακοπής της ροής του καυσίμου, όταν είναι σε λειτουργία το σύστημα τροφοδοσίας του αερίου.

Τέλος, το δοχείο υψηλής πίεσης πρέπει να τοποθετηθεί σε σημείο που να είναι το ελάχιστο δυνατό ευαίσθητο σε πιθανές συγκρούσεις και η συγκράτηση του δοχείου να γίνει με μεγάλη προσοχή.

Το δοχείο υψηλής πίεσης πρέπει να τοποθετηθεί στο χώρο αποσκευών με τέτοιο τρόπο ώστε να μην υπάρχει δυνατότητα εισχώρησης πιθανών διαρροών αερίου στο χώρο των επιβατών (στεγανό διαχωριστικό έλασμα). Επίσης, εάν το δοχείο πρόκειται να τοποθετηθεί στο χώρο κάτω από το δάπεδο, πρέπει να χρησιμοποιηθεί προστατευτικό έλασμα γύρω από αυτό.

7.5 Ιδιαιτερότητες - βασική περιγραφή ηλεκτρικού, υβριδικού και αυτοκινήτου που χρησιμοποιεί υδρογόνο για καύσιμο.

7.5.1 Ιστορική αναδρομή

Στο δεύτερο μισό του 18ου αιώνα, στις μεγάλες πόλεις των Η.Π.Α. οι περισσότερες μεταφορές ανθρώπων και αγαθών εκτελούνταν με θορυβώδεις και ρυπογόνες ατμομηχανές ή με ιππήλατες άμαξες. Οι δρόμοι ήταν πλέον πλακόστρωτοι μέσα στις πόλεις και η τεχνολογία είχε κάνει τα πρώτα σημαντικά βήματά της με αποτέλεσμα την ανάπτυξη της υποδομής για τη χρήση νέων μέσων κίνησης που θα αντικαθιστούσαν τις θορυβώδεις ατμομηχανές. Χρειάστηκε να περάσουν αρκετές δεκαετίες στην περίοδο αυτή, για να επικρατήσει το αυτοκίνητο με κινητήρα εσωτερικής καύσης έναντι του ηλεκτρικού αυ-

τοκινήτου. Ήταν ακόμη η εποχή που το αυτοκίνητο ήταν απόδειξη οικονομικής ευμάρειας και η απόκτησή του μπορούσε να γίνει μόνο από τους πλούσιους της εποχής εκείνης.

Βασικό πλεονέκτημα των ηλεκτρικών αυτοκινήτων της εποχής εκείνης ήταν η απουσία χειροστρόφαλου (μανιβέλας) για την εκκίνησή τους έναντι των αυτοκινήτων με κινητήρα εσωτερικής καύσης, που η εκκίνησή τους γινόταν μόνο με το χειροστρόφαλο. Το 1912, στις Η.Π.Α. κυκλοφορούσαν 34.000 ηλεκτρικά αυτοκίνητα και η ταχύτητα που ανέπτυσαν ήταν 32 έως 48 χιλιόμετρα την ώρα.

Κύριος περιοριστικός παράγοντας για την εξάπλωση του ηλεκτρικού αυτοκινήτου ήταν η χρήση τους μόνο μέσα στις πόλεις. Τα ηλεκτρικά δίκτυα της εποχής εκείνης περιοριζόνταν μόνο μέσα στις πόλεις, και οι συσσωρευτές των ηλεκτρικών αυτοκινήτων δεν διέθεταν τη χωρητικότητα που θα εξασφάλιζε την κίνησή τους για μεγάλες αποστάσεις. Τεχνικό χαρακτηριστικό που ακόμη και σήμερα δεν έχει βελτιωθεί ριζικά.

Τα αυτοκίνητα με κινητήρα εσωτερικής καύσης μπορούσαν να διανύσουν μεγαλύτερες αποστάσεις, και η ανάπτυξη των δικτύων πώλησης υγρών καυσίμων ήταν γρήγορη και σε μικρό χρονικό διάστημα κάλυπτε το σύνολο των χωρών και όχι μόνο τις μεγάλες πόλεις.

Το τελειωτικό χτύπημα στα ηλεκτρικά αυτοκίνητα της εποχής εκείνης δόθηκε από την ανακάλυψη του ηλεκτρικού εκκινήτη (μίζας) το 1911. Από την στιγμή αυτή, η εξάπλωση των αυτοκινή-

των με κινητήρα εσωτερικής καύσης ήταν ραγδαία, ενώ τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα πέρασαν στην αφάνεια.

Η ραγδαία αύξηση της κυκλοφορίας των αυτοκινήτων με κινητήρα εσωτερικής καύσης συνετέλεσε και συντέλει στην ρύπανση της ατμόσφαιρας, ειδικά στις πόλεις. Το γεγονός αυτό, είχε σαν αποτέλεσμα τη θέσπιση αυστηρών κανονισμών ως προς τις εκπομπές καυσαερίων, ενώ η πρώτη ενεργειακή κρίση της δεκαετίας του 1970 είχε σαν αποτέλεσμα, όλοι οι κατασκευαστές αυτοκινήτων να προσπαθούν να κατασκευάσουν αυτοκίνητα με τη μικρότερη δυνατή κατανάλωση καυσίμου.

Για τη μείωση των εκπομπών καυσαερίων, εκτός από τις νέες τεχνολογίες στους κινητήρες εσωτερικής καύσης, χρησιμοποιείται και η τεχνική των υβριδικών συστημάτων παραγωγής και μετάδοσης κίνησης (ταυτόχρονη ύπαρξη ηλεκτρικού κινητήρα και κινητήρα εσωτερικής καύσης).

Ταυτόχρονα, σήμερα μια νέα μορφή ηλεκτρικών αυτοκινήτων κάνει την είσοδό της. Είναι τα αυτοκίνητα που δεν χρησιμοποιούν συσσωρευτές για την αποθήκευση της ηλεκτρικής ενέργειας, αλλά διαθέτουν το μηχανισμό παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας τη στιγμή που την χρειάζεται. Αυτή είναι η τεχνολογία των ενεργειακών κυψελών, οι βασικές αρχές λειτουργίας των οποίων είναι γνωστές από το 1831. Το καύσιμο που χρησιμοποιείται για τη λειτουργία των ενεργειακών κυψελών είναι εκτός των άλλων και το υδρογόνο.

Ήδη έχει δημιουργηθεί η οικονομική βάση για τη μαζική παραγωγή αυτο-

κινήτων αυτού του τύπου με τη θέσπιση του όρου Οχημάτων Μηδενικής Ρύπανσης. Το 2003 σε 10 πολιτείες των Η.Π.Α. το 10% των καινούργιων αυτοκινήτων που θα πωλούνται πρέπει να είναι οχήματα μηδενικών ρύπων. Αυτή η κρατική παρέμβαση στην αγορά των αυτοκινήτων έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία μιας σημαντικής αγοράς για τα αυτοκίνητα μηδενικής ρύπανσης.

Αρκετές αυτοκινητοβιομηχανίες έχουν ήδη αναγγείλει τη μαζική παραγωγή αυτοκινήτων μηδενικής ρύπανσης. Η μαζική παραγωγή των αυτοκινήτων αυτών θα έχει ως αποτέλεσμα τη ραγδαία μείωση της τιμής τους και την γρήγορη εξάπλωσή τους, με την προϋπόθεση ότι θα αναπτυχθεί η αναγκαία υποδομή σε ό,τι αφορά τις εγκαταστάσεις φόρτισης ηλεκτρικών αυτοκινήτων και σε ό,τι αφορά στην παραγωγή και διακίνηση των νέων καυσίμων.

7.5.2 Ηλεκτρικό αυτοκίνητο

α. Σχεδιαστικά χαρακτηριστικά του ηλεκτρικού αυτοκινήτου

Ένα ηλεκτρικό αυτοκίνητο διαφέρει σχεδιαστικά από ένα αυτοκίνητο με κινητήρα εσωτερικής καύσης σε πολλά σημεία. Οι διαφοροποιήσεις αυτές έχουν ως σκοπό την μεγαλύτερη δυνατή αύξηση της αυτοτέλειας της κίνησης του ηλεκτρικού αυτοκινήτου και την καλύτερη δυνατή εκμετάλλευση του χώρου, ώστε το αυτοκίνητο να καταλαμβάνει τον μικρότερο δυνατό χώρο κατά την κίνηση και τη στάθμευσή του. Οι σχεδιαστικές διαφοροποιήσεις μεταξύ των δύο τύπων αυτοκινήτων είναι:

1. Η ελαχιστοποίηση των αντιστάσεων του ηλεκτρικού αυτοκινήτου, που καθιστά αναγκαίο τον καλύτερο δυνατό αεροδυναμικό σχεδιασμό του καθώς και τη χρήση ελαστικών με χαμηλό συντελεστή τριβής κύλισης.

2. Ο σχεδιασμός του αμαξώματος του ηλεκτρικού αυτοκινήτου πρέπει να γίνει κατά τέτοιο τρόπο ώστε να λαμβάνεται υπόψη η κατανομή του βάρους που προκύπτει από την τοποθέτηση των συσσωρευτών και του κινητήρα για να μην επηρεάζεται η συμπεριφορά του αυτοκινήτου κατά την κίνησή του. Επίσης, πρέπει να ληφθεί πρόνοια για την τοποθέτηση των συσσωρευτών, που έχουν μεγάλο βάρος και διαστάσεις, έτσι ώστε να προκληθεί ο ελάχιστος δυνατός τραυματισμός στους επιβάτες σε περίπτωση βλάβης, χωρίς όμως να γίνει δύσκολη η πρόσβαση στο σύστημα των συσσωρευτών.

3. Η μείωση του συνολικού βάρους που είναι αναγκαία για να αντισταθμιστεί το βάρος των συσσωρευτών που είναι αρκετά μεγάλο.

4. Η απουσία παραγωγής θερμότητας από το ψυγείο του κινητήρα για τη λειτουργία του καλοριφέρ του χώρου επιβατών.

5. Δεν είναι αναγκαία η ύπαρξη κιβωτίου ταχυτήτων σε αυτοκίνητο με ηλεκτρικό κινητήρα. Ο λόγος είναι ότι ο ηλεκτρικός κινητήρας αποδίδει ροπή από τις μηδενικές στροφές και υπάρχει η δυνατότητα αλλαγής της φοράς περιστροφής του από το σύστημα ελέγχου. Τα παραπάνω σημεία διαφοροποίησης μεταξύ των ηλεκτρικών αυτοκινήτων και των αυτοκινήτων με κινητήρα εσωτερικής καύσης καθιστούν μη συμφέρουσα την μετατροπή ενός αυτοκινήτου με κινητήρα εσωτερικής καύσης σε ηλεκτρικό.

β. Δείκτης φόρτισης συσσωρευτών και δείκτης στιγμιαίας κατανάλωσης ρεύματος

Εικόνα 7.5.1 Στο ταμπλό ενός ηλεκτρικού αυτοκινήτου δεν υπάρχει στροφόμετρο, δείκτης θερμοκρασίας ψυκτικού κινητήρα, αλλά ο δείκτης κατάστασης φόρτισης των συσσωρευτών και ο δείκτης στιγμιαίας κατανάλωσης ρεύματος.



Στον πίνακα οργάνων του ηλεκτρικού αυτοκινήτου υπάρχουν δύο νέα όργανα που είναι απαραίτητα για τη σωστή λειτουργία του αυτοκινήτου. Αυτά είναι:

Ο δείκτης της κατάστασης φόρτισης των συσσωρευτών όργανο που χρησιμεύει στη σωστή χρήση και στην προστασία των συσσωρευτών. Η αξιόπιστη λειτουργία ενός δείκτη φόρτισης συσσωρευτών εξαρτάται εκτός των άλλων από τους εξής παράγοντες:

- Την ηλικία των συσσωρευτών, οι παλιοί συσσωρευτές έχουν μικρότερη χωρητικότητα.
- Τη θερμοκρασία των συσσωρευτών οι κρύοι συσσωρευτές μολύβδου - οξέος έχουν μικρότερη χωρητικότητα.

- Το ρεύμα εκφόρτισης όταν το ρεύμα με το οποίο εκφορτίζεται ο συσσωρευτής είναι υψηλό, η χωρητικότητα μειώνεται.

Ο μετρητής στιγμιαίας κατανάλωσης ρεύματος, ένα όργανο που δίνει μια ένδειξη για τη στιγμιαία κατανάλωση ρεύματος και για το στυλ οδήγησης. Το όργανο αυτό υπάρχει σε όλα τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα.

γ. Βοηθητικά ηλεκτρικά εξαρτήματα και θέρμανση

Τα ηλεκτρικά εξαρτήματα των ηλεκτρικών αυτοκινήτων (φωτισμός, υαλοκαθαριστήρες, κόρνα, ραδιόφωνο) τροφοδοτούνται συνήθως με τάση 12 V ώστε να είναι δυνατή η χρήση συμβατικών εξαρτημάτων. Για την τροφοδοσία των εξαρτημάτων συνήθως χρησιμοποιείται μια διάταξη μετατροπής συνεχούς ρεύματος υψηλής τάσης σε συνεχές ρεύμα χαμηλής τάσης (12 V), ενώ αρκετά ηλεκτρικά αυτοκίνητα διαθέτουν βοηθητική μπαταρία 12 V για τη λειτουργία αυτών των εξαρτημάτων, η οποία φορτίζεται με τη διάταξη αυτή.

Στα ηλεκτρικά αυτοκίνητα δεν παρατηρείται απώλεια ενέργειας με τη μορφή θερμότητας μεγέθους τέτοιου ώστε η θερμότητα αυτή να μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη θέρμανση του χώρου των επιβατών, όπως γίνεται με τη θερμότητα του ψυγείου του κινητήρα στην περίπτωση των κινητήρων εσωτερικής καύσης. Εάν γινόταν χρήση ηλεκτρικής ενέργειας για τη θέρμανση του χώρου των επιβατών, θα υπήρχε κατανάλωση μεγάλων ποσών ενέργειας για το σκοπό αυτό, με αποτέλεσμα την πε-

ραιτέρω μείωση της αυτοτέλειας της κίνησης του αυτοκινήτου. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιείται ένα αυτόνομο σύστημα καλοριφέρ που χρησιμοποιεί ως καύσιμο βενζίνη ή πετρέλαιο. Η χρήση αυτού του συστήματος θέρμανσης έχει ως αποτέλεσμα την απελευθέρωση καυσαερίων στο περιβάλλον, αλλά η καύση είναι πλήρης και σχεδόν 'καθαρή', οπότε θεωρείται ότι τα προϊόντα της καύσης αποτελούνται από υδρατμούς και διοξείδιο του άνθρακα μόνο.

δ. Σύστημα παραγωγής και μετάδοσης κίνησης

Εικόνα 7.5.2 Γενική άποψη χώρου κινητήρα ηλεκτρικού αυτοκινήτου



Ένα ηλεκτρικό αυτοκίνητο μπορεί να κινείται από έναν μόνο ηλεκτρικό κινητήρα και η μετάδοση της κίνησης να γίνεται με το κλασσικό σύστημα αξόνων και διαφορικού στους μπροστινούς ή στους πίσω τροχούς ή από περισσότερους κινητήρες που ο καθένας από αυτούς είναι ενσωματωμένος στο ακραξόνιο του καθενός κινητήριου τροχού. Στην περίπτωση αυτή χρησιμοποιούνται ειδικό συμπαιγείς κινητήρες δεν υπάρχουν μηχανικά μέρη όπως το διαφορικό ή οι ά-

ξονες μετάδοσης κίνησης. Ο έλεγχος των στροφών και της ροπής του κάθε κινητήρα γίνεται από ένα σύνθετο ηλεκτρονικό σύστημα ελέγχου που προσομοιάζει τη λειτουργία του διαφορικού, λαμβάνοντας υπόψη πολλούς παράγοντες της κίνησης του αυτοκινήτου όπως η καμπύλη που κινείται το αυτοκίνητο και η στιγμιαία ταχύτητα του κάθε τροχού. Η τετρακίνηση δεν αποτελεί συνηθισμένη εφαρμογή στα οχήματα αυτά γιατί η χρήση τους προορίζεται για κίνηση μέσα στην πόλη.

Για την κίνηση των ηλεκτρικών αυτοκινήτων χρησιμοποιούνται ηλεκτρικοί κινητήρες διαφόρων τύπων. Οι βασικές κατηγορίες που μπορούν να καταταχθούν οι κινητήρες αυτοί είναι οι κινητήρες συνεχούς ρεύματος και οι κινητήρες εναλλασσομένου ρεύματος. Οι θεμελιώδεις διαφορές μεταξύ ενός ηλεκτρικού κινητήρα και ενός κινητήρα εσωτερικής καύσης είναι οι παρακάτω:

- Σε αντίθεση με έναν κινητήρα εσωτερικής καύσης, ο οποίος δεν μπορεί να λειτουργήσει σε στροφές χαμηλότερες από τις στροφές ρελαντί, ο ηλεκτρικός κινητήρας μπορεί να εφαρμόσει ροπή από τις μηδενικές στροφές. Για το λόγο αυτό, το αυτοκίνητο με ηλεκτρικό κινητήρα ξεκινά με τη μέγιστη ροπή από το σημείο εκκίνησης.
- Στην περίπτωση του κινητήρα εσωτερικής καύσης, η μέγιστη ισχύς είναι διαθέσιμη σε ορισμένες στροφές λειτουργίας. Εάν οι αντιστάσεις ξεπεράσουν την ισχύ του κινητήρα, τότε ο κινητήρας θα σβήσει. Στην περίπτωση του ηλεκτρικού κινητήρα, η διαχείριση της ισχύος του κινητήρα γίνεται με έναν άλλο τρό-

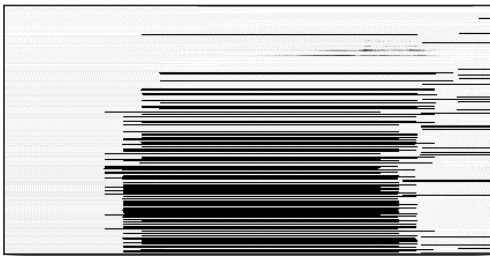
πο. Στις περισσότερες των περιπτώσεων ως ονομαστική ισχύς του κινητήρα ορίζεται η "ισχύς της μιας ώρας".

Η ισχύς αυτή είναι η μέγιστη ισχύς που μπορεί να προσφέρει ο κινητήρας με συνεχή λειτουργία του επί μια ώρα χωρίς να παρατηρηθεί υπερθέρμανσή του.

- Για μια μικρή χρονική διάρκεια όμως, ο ηλεκτρικός κινητήρας μπορεί να προσφέρει ακόμη και διπλάσια ή τριπλάσια ισχύ από την ονομαστική. Σε αυτή την περίπτωση, τα υψηλά ρεύματα που εφαρμόζονται προκαλούν την αύξηση της θερμοκρασίας του κινητήρα και καθορίζουν τα χρονικά περιθώρια που μπορεί να λειτουργήσει ο ηλεκτρικός κινητήρας σε συνθήκες υπερθέρμανσης. Ο ηλεκτρικός κινητήρας προστατεύεται από την εμφάνιση συνθηκών υπερφόρτωσης που μπορεί να προκαλέσουν προβλήματα στη λειτουργία από το σύστημα ελέγχου του.

ε. Ηλεκτρικοί κινητήρες συνεχούς ρεύματος

Εικόνα 7.5.3 Ηλεκτρικός κινητήρας ειδικά κατασκευασμένος για κίνηση ηλεκτρικών οχημάτων



Επειδή οι συσσωρευτές των ηλεκτρικών αυτοκινήτων είναι πηγές συνεχούς ρεύματος, η χρήση κινητήρων συνεχούς ρεύματος είναι λύση τεχνικά πιο απλή και πιο οικονομική γιατί δεν απαι-

τείται η μετατροπή του συνεχούς ρεύματος σε εναλλασσόμενο που απαιτείται για τη λειτουργία των κινητήρων εναλλασσομένου ρεύματος.

Ένας κινητήρας συνεχούς ρεύματος αποτελείται από ένα ακίνητο κυλινδρικό τμήμα, που ονομάζεται στάτης, και από ένα περιστρεφόμενο τμήμα, που ονομάζεται δρομέας. Στον στάτη υπάρχουν τοποθετημένοι μαγνήτες, που μπορεί να είναι μόνιμοι μαγνήτες ή ηλεκτρομαγνήτες. Οι μαγνήτες αυτοί παράγουν το μαγνητικό πεδίο που είναι απαραίτητο για τη λειτουργία του ηλεκτρικού κινητήρα. Στο δρομέα υπάρχουν τυλίγματα αγωγών που τροφοδοτούνται με ηλεκτρικό ρεύμα από ένα κυλινδρικό εξάρτημα που ονομάζεται συλλέκτης. Η τροφοδοσία του ηλεκτρικού κινητήρα γίνεται με τη χρήση των ψηκτρών, που έρχονται σε επαφή με το συλλέκτη με αποτέλεσμα τη φθορά τους λόγω της τριβής. Όταν γίνεται τροφοδοσία του κινητήρα με ηλεκτρικό ρεύμα, τότε ο κινητήρας ασκεί ροπή στο δρομέα με αποτέλεσμα την περιστροφή του. Ο κινητήρας συνεχούς ρεύματος έχει άριστα χαρακτηριστικά ροπής αλλά σε σχέση με τους κινητήρες εναλλασσομένου ρεύματος είναι ακριβός ως προς την κατασκευή του. Σχετικό μειονέκτημα αποτελεί επίσης η ανάγκη συντήρησης των ψηκτρών και του συλλέκτη. Στην περίπτωση που το μαγνητικό πεδίο του κινητήρα παράγεται από ηλεκτρομαγνήτες, αυτοί μπορεί να τροφοδοτούνται με ηλεκτρικό ρεύμα συνδεδεμένοι εν σειρά με το τύλιγμα του δρομέα, είτε μπορεί να τροφοδοτούνται από ένα ανεξάρτητο κύκλωμα.

στ. Κινητήρες εναλλασσομένου ρεύματος

Οι κινητήρες εναλλασσομένου ρεύματος αρχίζουν να χρησιμοποιούνται ό-

λο και πιο συχνά για την κίνηση ηλεκτρικών αυτοκινήτων. Αιτία είναι το γεγονός ότι οι κινητήρες εναλλασσομένου ρεύματος έχουν μικρότερο βάρος και είναι πιο φθηνοί στην κατασκευή τους. Μειονέκτημα των κινητήρων εναλλασσομένου ρεύματος αποτελεί το γεγονός ότι τα ηλεκτρονικά κυκλώματα που απαιτούνται για τη λειτουργία ενός τέτοιου ηλεκτρικού κινητήρα είναι σύνθετα και δαπανηρά. Οι κινητήρες εναλλασσομένου ρεύματος διαχωρίζονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες, τους σύγχρονους και τους ασύγχρονους κινητήρες.

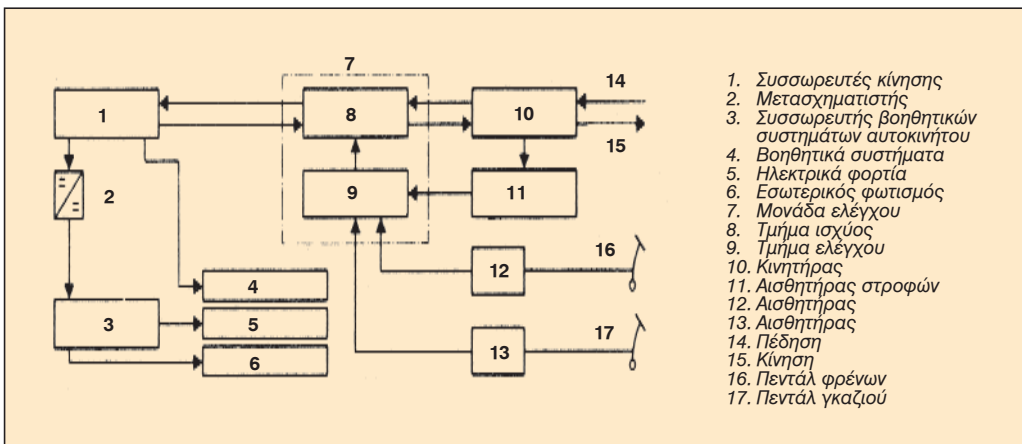
Ο ασύγχρονος κινητήρας εναλλασσομένου ρεύματος διαθέτει στάτη με τυλίγματα που δημιουργούν το αναγκαίο για τη λειτουργία του κινητήρα μαγνητικό πεδίο και μεταφέρουν την αναγκαία ενέργεια για την περιστροφή του δρομέα. Δεν υπάρχει ηλεκτρική σύνδεση μεταξύ του στάτη και του δρομέα, οπότε δεν υπάρχει το σύστημα συλλέκτη-ψηκτρών. Αυτό σημαίνει ότι δεν υπάρχει ανάγκη συντήρησης. Επίσης, υπάρχει μείωση ως προς το βάρος και τις διαστάσεις σε σχέση με τον κινητήρα συνεχούς ρεύματος, ενώ ο κινητήρας εναλλασσομένου

ρεύματος χαρακτηρίζεται από υψηλή απόδοση.

Στο σύγχρονο ηλεκτρικό κινητήρα εναλλασσομένου ρεύματος τυλίγματα υπάρχουν και στο στάτη και στο δρομέα. Στο τύλιγμα του δρομέα παράγεται το μαγνητικό πεδίο. Ο δρομέας περιστρέφεται σε συγχρονισμό με το μαγνητικό πεδίο του στάτη. Στους σύγχρονους κινητήρες που χρησιμοποιούνται στα ηλεκτρικά αυτοκίνητα η διέγερση του μαγνητικού πεδίου συνήθως γίνεται με μόνιμους μαγνήτες. Σε αυτήν την περίπτωση δεν απαιτείται η ύπαρξη συλλέκτη και ψηκτρών για την τροφοδοσία ηλεκτρικού ρεύματος.

Ένας άλλος τύπος ηλεκτρικού κινητήρα είναι ο ονομαζόμενος κινητήρας συνεχούς ρεύματος χωρίς συλλέκτη, που στην ουσία είναι κινητήρας εναλλασσομένου ρεύματος και πιο συγκεκριμένα στις περισσότερες των περιπτώσεων είναι σύγχρονος κινητήρας μόνιμου μαγνήτη. Ο κινητήρας αυτός διαθέτει ηλεκτρονικό σύστημα ελέγχου τέτοιο ώστε να προσομοιάζει τη λειτουργία του με αυτήν του κινητήρα συνεχούς ρεύματος σε ό,τι αφορά τη ροπή.

Εικόνα 7.5.4 Σχηματικό διάγραμμα συστήματος ελέγχου κινητήρα ηλεκτρικού αυτοκινήτου



ζ. Σύστημα ελέγχου του κινητήρα

Τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα διαθέτουν ένα ηλεκτρονικό σύστημα που ελέγχει τη μετάδοση ενέργειας από τους συσσωρευτές στον κινητήρα. Το σύστημα ελέγχου του κινητήρα βασίζεται στον έλεγχο της ροπής μέσω του πεντάλ του γκαζιού, ώστε να είναι δυνατή η μεταφορά της επιθυμίας του οδηγού στο σύστημα και να μην παρατηρείται απότομη μεταβολή της ταχύτητας του αυτοκινήτου (τίναγμα), που θα εμφανιζόταν εάν ο έλεγχος του κινητήρα βασιζόταν στον έλεγχο των στροφών μόνο.

Ο έλεγχος των στροφών του κινητήρα βασίζεται στον έλεγχο της ροπής, ενώ είναι δυνατή η σταθεροποίηση των στροφών λειτουργίας του κινητήρα (σύστημα cruise control). Λειτουργία που δεν είναι τόσο απαραίτητη γιατί τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα κινούνται συνήθως μέσα στις πόλεις.

Στο παρελθόν, το σύστημα ελέγχου του κινητήρα βασιζόταν στη χρήση αντιστάσεων. Η λύση αυτή είχε ως αποτέλεσμα την απώλεια ενέργειας με τη μορφή θερμότητας. Επίσης, ο έλεγχος του κινητήρα δεν ήταν πλήρως αποτελεσματικός και αξιόπιστος.

Στις σύγχρονες κατασκευές χρησιμοποιούνται εξελιγμένες ηλεκτρονικές διατάξεις ελέγχου υψηλής απόδοσης και αξιοπιστίας. Οι διατάξεις αυτές ονομάζονται choppers για την περίπτωση των κινητήρων συνεχούς ρεύματος και inverters για την περίπτωση των κινητήρων εναλλασσόμενου ρεύματος.

Η επιλογή της τάσης τροφοδοσίας εξαρτάται από το συνολικό σχεδιασμό του αυτοκινήτου και από τις απαιτήσεις ασφαλείας. Συνήθως στα επιβατηγά ηλεκτρικά αυτοκίνητα η τάση λειτουργίας είναι 150-200 V, ενώ στα λεωφορεία η τάση είναι 600 V. Με αυτές τις τάσεις λειτουργίας η ένταση που διαρρέει

το σύστημα είναι σχετικά χαμηλή με αποτέλεσμα οι απώλειες να είναι χαμηλές και τα εξαρτήματα που πρέπει να χρησιμοποιηθούν να μην είναι ακριβά.

Η τάση εξόδου μειώνεται καθώς εκφορτίζονται οι συσσωρευτές. Αποτέλεσμα του γεγονότος αυτού είναι η απόδοση του ηλεκτρικού αυτοκινήτου να εξαρτάται από την κατάσταση φόρτισης των συσσωρευτών. Το φαινόμενο αυτό αντισταθμίζεται από το σύστημα ελέγχου του κινητήρα που εξασφαλίζει τη σταθερότητα της ισχύος από το σύστημα προς τον κινητήρα. Αυτό γίνεται με την αύξηση της έντασης του ρεύματος, καθώς μειώνεται η τάση των συσσωρευτών.

Πολλά ηλεκτρικά αυτοκίνητα διαθέτουν σύστημα φρένων με ανάκτηση της ενέργειας. Το σύστημα αυτό βασίζεται στη μετατροπή του ηλεκτρικού κινητήρα σε γεννήτρια όταν ενεργοποιείται το σύστημα φρένων. Η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται στη φάση αυτή χρησιμοποιείται για την επαναφόρτιση των μπαταριών. Το σύστημα φρένων με ανάκτηση ενέργειας έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας κατά 5 έως 15% κατά μέσο όρο καθώς και μείωση της φθοράς των τακακιών των φρένων.

η. Συσσωρευτές

Το σύστημα συσσωρευτών, που είναι η 'αποθήκη ενέργειας' του ηλεκτρικού αυτοκινήτου είναι το πλέον κρίσιμο σύστημα των ηλεκτρικών αυτοκινήτων. Η λειτουργία των συσσωρευτών βασίζεται στο γεγονός σύμφωνα με το οποίο όταν δύο διαφορετικά υλικά (ηλεκτρόδια) βυθιστούν σε ένα διάλυμα ηλεκτρολύτη, τότε εμφανίζεται διαφορά δυναμικού (τάση) μεταξύ τους. Ενώ έχουν α-

ναπτυχθεί πολλοί τύποι συσσωρευτών, ελάχιστοι είναι αυτοί που μπορούν να χρησιμοποιηθούν κάτω από τις σκληρές συνθήκες λειτουργίας των ηλεκτρικών αυτοκινήτων.

Η επιλογή του κατάλληλου τύπου συσσωρευτών βασίζεται στους τρεις παρακάτω συντελεστές:

Την ενεργειακή πυκνότητα του συσσωρευτή (Wh/kg), που είναι η σχέση μεταξύ του βάρους του συσσωρευτή και της ενέργειας. Από το συντελεστή αυτό εξαρτάται η αυτοτέλεια της κίνησης του αυτοκινήτου. (Πόσα χιλιόμετρα μπορεί να διανύσει σε έναν κύκλο φόρτισης).

Την πυκνότητα ισχύος του συσσωρευτή (W/kg) που είναι η μέγιστη ισχύς που μπορεί να προσφέρει ο συσσωρευτής. Από το συντελεστή αυτό εξαρτάται η απόδοση του αυτοκινήτου (επιτάχυνση, μέγιστη ταχύτητα).

Τον κύκλο ζωής του συσσωρευτή (Αριθμός κύκλων). Ένας κύκλος είναι η διάρκεια μεταξύ φόρτισης και εκφόρτισης της μπαταρίας. Ο κύκλος ζωής του συσσωρευτή θεωρείται ότι έχει τελειώσει όταν η χωρητικότητά του πέσει κάτω από μια προκαθορισμένη τιμή. Όταν λέμε ότι ένας συσσωρευτής έχει ζωή 500 κύκλους, σημαίνει ότι ο συσσωρευτής αυτός μπορεί να φορτιστεί και να εκφορτιστεί 500 φορές. Ο συντελεστής είναι σημαντικός για τη διαμόρφωση του κόστους συντήρησης ενός ηλεκτρικού αυτοκινήτου.

Ο συσσωρευτής μολύβδου - οξέος ανακαλύφθηκε από τον Gaston Plante' το 1860. Ως προς την κατασκευή του, ο συσσωρευτής αυτός αποτελείται από πλάκες μολύβδου (αρνητικό ηλεκτρόδιο) και πλάκες διοξειδίου του μολύβδου (θετικό ηλεκτρόδιο) που είναι βυθισμένες σε διάλυμα θειικού οξέος.

Στα αυτοκίνητα με κινητήρα εσωτερικής καύσης χρησιμοποιείται αυτός ο τύπος συσσωρευτή για τις ανάγκες του συστήματος ανάφλεξης, φωτισμού και εκκίνησης. Σε αυτήν την περίπτωση, ο συσσωρευτής πρέπει να αποδίδει ρεύμα υψηλής έντασης μόνο στη φάση της εκκίνησης του κινητήρα. Για να είναι αυτό δυνατό, οι πλάκες είναι πολύ λεπτές ώστε να διαθέτουν μεγάλη ενεργό επιφάνεια και ρεύμα υψηλής έντασης.

Αυτός ο τύπος συσσωρευτών δεν είναι κατάλληλος για το σύστημα συσσωρευτών ενός ηλεκτρικού αυτοκινήτου γιατί δεν έχει σχεδιαστεί ώστε να αντέχει στους επαναλαμβανόμενες συχνές φορτίσεις - εκφορτίσεις που παρατηρούνται σε ένα ηλεκτρικό αυτοκίνητο, με αποτέλεσμα να μην έχουν μεγάλη αντοχή ως προς το χρόνο.

Μια παραλλαγή αυτού του τύπου συσσωρευτών με πιο παχιές πλάκες ηλεκτροδίων, που παρουσιάζουν μεγαλύτερη αντοχή στις βαθιές εκφορτίσεις, χρησιμοποιούνται σε ειδικά ηλεκτρικά οχήματα όπως είναι τα οχήματα των γηπέδων γκολφ. Η ενεργειακή πυκνότητα των συσσωρευτών μολύβδου - οξέος με παχιές πλάκες είναι αρκετά υψηλή και ο κύκλος ζωής τους περιορίζεται σε 500-800 κύκλους.

Στα ηλεκτρικά αυτοκίνητα χρησιμοποιούνται συσσωρευτές μολύβδου - οξέος, ειδικής κατασκευής, όπου τα θετικά ηλεκτρόδια έχουν σχήμα κυλίνδρου και είναι κατασκευασμένα από πορώδες υλικό που έχει πληρωθεί με διοξείδιο του μολύβδου. Ο κύκλος ζωής τους φτάνει έως και τους 1500 κύκλους φόρτισης - εκφόρτισης, ενώ η ενεργειακή τους πυκνότητα κυμαίνεται από 28 έως 30 Wh/kg. Μειονέκτημα αυτού του τύπου συσσωρευτών μολύβδου - οξέος είναι η υψηλή εσωτερική αντίσταση, που

οδηγεί σε χαμηλότερη πυκνότητα ισχύος σε σχέση με αυτήν που παρέχουν οι συσσωρευτές μολύβδου - οξέος με επίπεδες πλάκες.

Όλοι οι τύπου συσσωρευτών μολύβδου οξέος απαιτούν τακτική συντήρηση, δηλαδή συμπλήρωση της στάθμης του ηλεκτρολύτη με απεσταγμένο νερό. Η πτώση της στάθμης του ηλεκτρολύτη οφείλεται στην κατανάλωσή του στη διάρκεια της φόρτισης.

Ένας άλλος τύπος συσσωρευτών, είναι οι συσσωρευτές Νικελίου - Καδμίου το θετικό ηλεκτρόδιο των οποίων αποτελείται από οξειδίο του νικελίου και το αρνητικό από κάδμιο, ενώ ο ηλεκτρολύτης αποτελείται από διάλυμα υδροξειδίου του καλίου. Πλεονεκτήματα του συσσωρευτή Νικελίου - Καδμίου σε σχέση με το συσσωρευτή Οξέος - Μολύβδου είναι η υψηλότερη ενεργειακή πυκνότητα και η κατά πολύ υψηλότερη πυκνότητα ισχύος, καθώς επίσης και το γεγονός ότι οι συσσωρευτές Νικελίου - Καδμίου έχουν ικανότητα ταχείας φόρτισης και μεγάλη αντοχή σε βαθιές εκφορτίσεις.

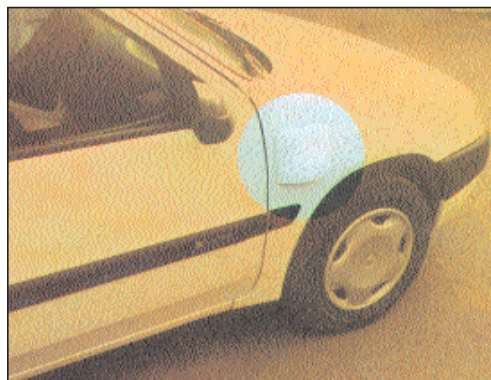
Το βασικό μειονέκτημα των συσσωρευτών Νικελίου - Καδμίου, που είναι η υψηλή τιμή τους (4 φορές υψηλότερη σε σχέση με αυτήν των συσσωρευτών Οξέος - Μολύβδου), αντισταθμίζεται από τη μεγάλη διάρκεια ζωής τους (που φτάνει τους 200 κύκλους).

Εξέλιξη των συσσωρευτών Νικελίου - Καδμίου είναι οι συσσωρευτές Νικελίου - Υβριδίου μετάλλου, που παρουσιάζουν καλύτερη περιβαλλοντική συμπεριφορά και αναμένεται να είναι πιο φτηνοί όταν αρχίσει η μαζική παραγωγής τους. Αιτία αποτελεί το γεγονός ότι δεν χρησιμοποιείται κάδμιο, που είναι βαρύ μέταλλο και υπάρχει σε περιορισμένες ποσότητες μόνο.

Τέλος, υπό εξέλιξη βρίσκονται και άλλοι τύποι συσσωρευτών, όπως είναι οι συσσωρευτές Νικελίου - Σιδήρου, Νατρίου Θείου και Λιθίου - Πολυμερούς.

θ. Φόρτιση των συσσωρευτών

Εικόνα 7.5.5. Θέση ρευματολήπτη για τη φόρτιση των συσσωρευτών ενός ηλεκτρικού αυτοκινήτου



Η φόρτιση των συσσωρευτών είναι μια σύνθετη ηλεκτροχημική διαδικασία, σύμφωνα με την οποία η ηλεκτρική ενέργεια που προσέφερε ο συσσωρευτής κατά τη λειτουργία του 'συμπληρώνεται' από το ηλεκτρικό δίκτυο. Η διαδικασία αυτή εκτελείται με το φορτιστή που πρέπει να μετατρέψει το εναλλασσόμενο ρεύμα του δικτύου σε συνεχές ρεύμα για την φόρτιση του συσσωρευτή.

Στα ηλεκτρικά αυτοκίνητα εφαρμόζονται τρεις βασικοί τύποι φόρτισης των συσσωρευτών, η κανονική φόρτιση, η ταχεία φόρτιση και η φόρτιση εξισορρόπησης.

Η κανονική ή αργή φόρτιση μπορεί να εκτελεστεί με τη βοήθεια του φορτιστή που πολλές φορές είναι τοποθετημένος μέσα στο αυτοκίνητο από το μονοφασικό δίκτυο των σπιτιών. Χαρακτηρίζεται δε, από τη μεγάλη χρονική του διάρκεια.

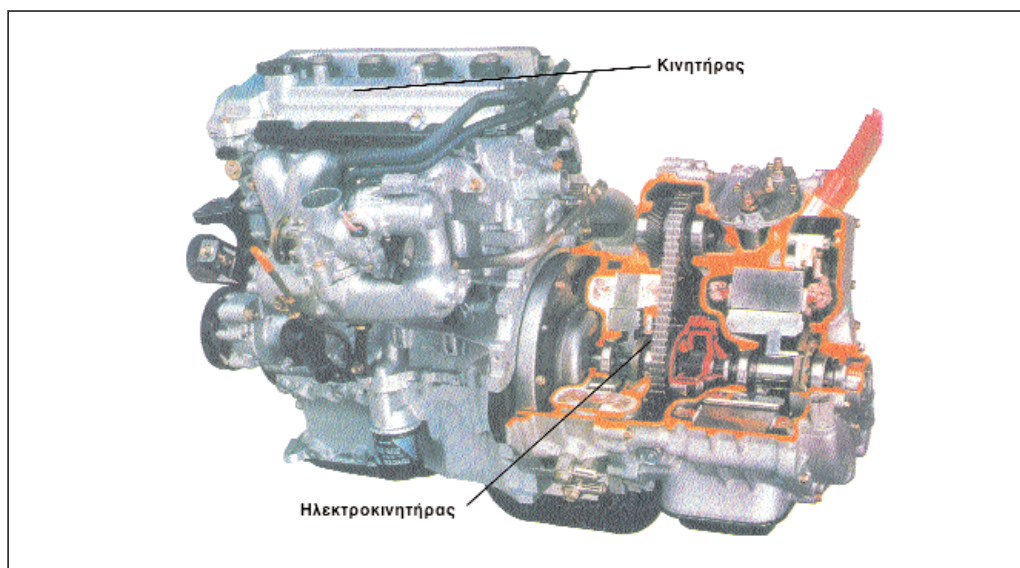
Η ταχεία φόρτιση είναι μια διαδικασία που εκτελείται σε σύντομο χρονικό διάστημα και είναι συμπληρωματική της κανονικής φόρτισης. Οι δυνατότητες της περιορίζονται από δύο παράγοντες, τα χαρακτηριστικά του συσσωρευτή και την αντοχή του ηλεκτρικού δικτύου που υποστηρίζει τη διαδικασία αυτή. Η διαδικασία αυτή εκτελείται με τη χρήση ειδικών συνδέσεων που επιτρέπουν τη γρήγορη και ασφαλή φόρτιση. Την καλύτερη συμπεριφορά στη ταχεία φόρτιση, από όλους τους τύπους συσσωρευτών, εμφανίζουν οι συσσωρευτές Νικελίου - Καδμίου που μπορούν κάτω από ορισμένες προϋποθέσεις να επαναφορτιστούν κατά 80% σε διάστημα 2 ωρών. Για τη διαδικασία αυτή χρησιμοποιείται τριφασικό ρεύμα, γεγονός που σημαίνει μεγάλη κατανάλωση ισχύος.

Από τους δύο παραπάνω τύπους φόρτισης, ο πλέον οικονομικός είναι ο πρώτος (κανονική φόρτιση) που μπορεί να γίνει με το φτηνό νυχτερινό τιμολόγιο.

η. Φόρτιση εξισορρόπησης

Μία συστοιχία συσσωρευτών που χρησιμοποιείται για την κίνηση ηλεκτρικών αυτοκινήτων αποτελείται από πολλά στοιχεία που είναι κατά βάση ίδια. Στη διάρκεια των επακόλουθων κύκλων φόρτισης και εκφόρτισης, οι τάσεις και οι καταστάσεις φόρτισης των διαφόρων στοιχείων δεν παραμένουν ίσες. Για το λόγο αυτό, πρέπει να εκτελείται η λεγόμενη φόρτιση εξισορρόπησης. Σύμφωνα με τη διαδικασία αυτή, ο συσσωρευτής υπερφορτίζεται για κάποιο χρονικό διάστημα με ρεύμα χαμηλής έντασης, ώστε να παρατηρηθεί εξισορρόπηση της κατάστασης και της τάσης όλων των στοιχείων του. Η διαδικασία της φόρτισης εξισορρόπησης πρέπει να εκτελείται σε τακτά χρονικά διαστήματα και αποτελεί μία μορφή προληπτικής συντήρησης.

Εικόνα 7.5.6 Συγκρότημα παραγωγής κίνησης υβριδικού αυτοκινήτου με βενζινοκινητήρα και ηλεκτρικό κινητήρα



7.5.3 Υβριδικό αυτοκίνητο

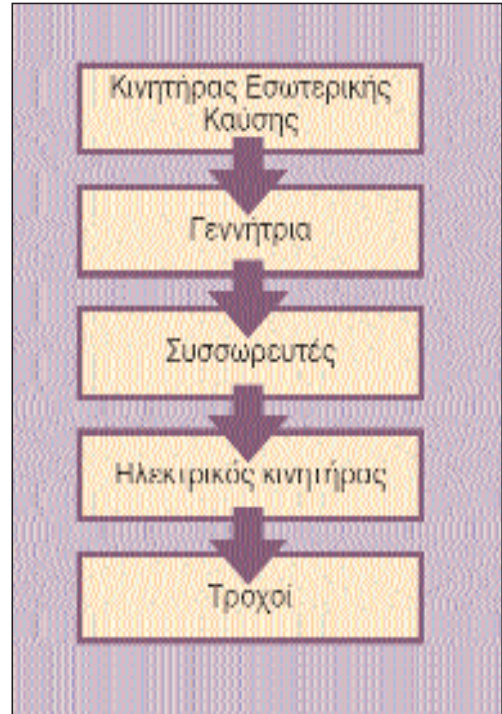
Το βασικό μειονέκτημα του ηλεκτρικού αυτοκινήτου είναι η μειωμένη αυτοτέλεια κίνησης εξαιτίας των συσσωρευτών. Ένα άλλο μειονέκτημα είναι ο χρόνος και οι εγκαταστάσεις που απαιτούνται για τη φόρτιση των συσσωρευτών.

Η ανάγκη απαλοιφής των μειονεκτημάτων αυτών καθώς και η ανάγκη μείωσης της κατανάλωσης καυσίμου και των εκπομπών καυσαερίων έχει ως αποτέλεσμα την ανάπτυξη ενός μικτού τύπου αυτοκινήτου, όπου συνυπάρχουν ο κινητήρας εσωτερικής καύσης και ο ηλεκτροκινητήρας. Τα αυτοκίνητα αυτά ονομάζονται **υβριδικά αυτοκίνητα**.

Πλεονέκτημα των υβριδικών αυτοκινήτων είναι μεν η μειωμένη κατανάλωση καυσίμου και οι μειωμένες εκπομπές ρύπων, αλλά μειονέκτημα αποτελεί η συνύπαρξη των δύο κινητήρων (εσωτερικής καύσης και ηλεκτρικού) και τα αναγκαία πολύπλοκα και δαπανηρά συστήματα μετάδοσης ενέργειας και ελέγχου.

Οι δύο διαφορετικές εκδοχές της διαδικασίας παραγωγής και μετάδοσης κίνησης είναι οι εξής:

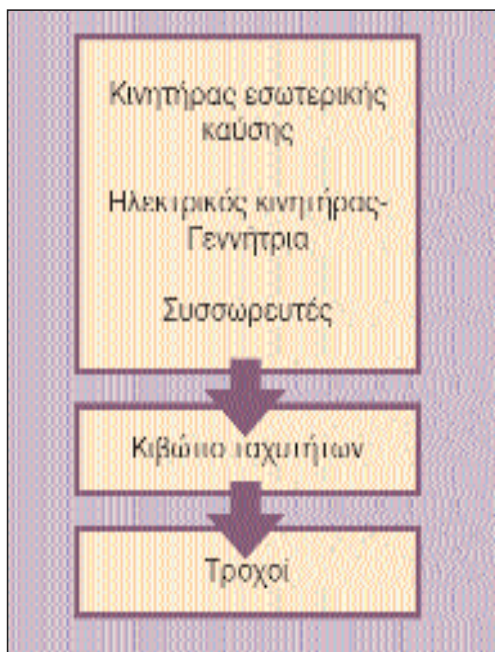
Ο κινητήρας εσωτερικής καύσης κινεί μια ηλεκτρογεννήτρια, η οποία φορτίζει συσσωρευτές. Η κίνηση παράγεται από έναν ηλεκτρικό κινητήρα, ο οποίος τροφοδοτείται με ηλεκτρικό ρεύμα από τους συσσωρευτές. Το σύστημα αυτό ονομάζεται σειριακό σύστημα παραγωγής ενέργειας.



Στην περίπτωση αυτή, όταν η τάση των συσσωρευτών είναι πάνω από ένα όριο, ο κινητήρας εσωτερικής καύσης δε λειτουργεί. Εάν υπάρξει ζήτηση ισχύος τέτοια ώστε να μην μπορεί να καλυφθεί από τους συσσωρευτές ή εάν η τάση των συσσωρευτών πέσει κάτω από ένα προκαθορισμένο όριο, τότε τίθεται σε λειτουργία ο κινητήρας εσωτερικής καύσης και το ρεύμα που παράγεται καταναλώνεται από τον κινητήρα και από τη φόρτιση των συσσωρευτών.

Στη δεύτερη περίπτωση, ο κινητήρας εσωτερικής καύσης και ο ηλεκτρικός κινητήρας συνδέονται με ένα μηχανισμό διαφορικού. Ο ηλεκτρικός κινητήρας λειτουργεί πάντα, ενώ ο κινητήρας εσωτερικής καύσης εάν υπάρχει ανάγκη πρόσθετης ισχύος ή ανάγκη φόρτισης των συσσωρευτών. Η κίνηση μετα-

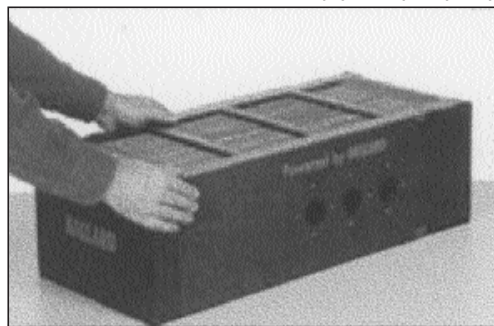
δίδεται από το διαφορικό στους κινητήριους τροχούς. Το σύστημα αυτό ονομάζεται **παράλληλο σύστημα** παραγωγής ενέργειας.



Σε αυτήν την περίπτωση, ο ηλεκτρικός κινητήρας, κάτω από ορισμένες συνθήκες, μετατρέπεται σε γεννήτρια για να φορτιστούν οι συσσωρευτές όταν υπάρχει ανάγκη. Το ίδιο είναι δυνατόν να συμβεί όταν φρενάρει το αυτοκίνητο.

7.5.4 Ενεργειακές κυψέλες

Εικόνα 7.5.7 Ενεργειακή κυψέλη



Η ενέργεια που είναι αναγκαία για την λειτουργία του ηλεκτρικού κινητήρα ενός ηλεκτρικού αυτοκινήτου μπορεί να παραχθεί και από την ενεργειακή κυψέλη. Η ενεργειακή κυψέλη είναι μια ηλεκτροχημική συσκευή μετατροπής ενέργειας που μετατρέπει το οξυγόνο και το υδρογόνο σε ηλεκτρισμό και θερμότητα. Μοιάζει πολύ με το συσσωρευτή αλλά έχει ικανότητα παραγωγής ενέργειας παράλληλα με την κατανάλωση. Για τη διαδικασία της επαναφόρτισης, η ενεργειακή κυψέλη χρησιμοποιεί υδρογόνο και οξυγόνο.

Η ενεργειακή κυψέλη μπορεί να συγκριθεί με πολλές άλλες διατάξεις μετατροπής ενέργειας, όπως οι αεριοστροβίλοι που χρησιμοποιούνται στα εργοστάσια παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, οι κινητήρες εσωτερικής καύσης που χρησιμοποιούνται στα αυτοκίνητα και οι συσσωρευτές. Οι κινητήρες που παράγουν ενέργεια μέσω της καύσης χρησιμοποιούν την πίεση που δημιουργείται από τη διαστολή των αερίων για την παραγωγή μηχανικού έργου. Οι συσσωρευτές αποθηκεύουν ηλεκτρική ενέργεια μετατρέποντας την σε χημική, διαδικασία που μπορεί να αναστραφεί όταν υπάρχει ανάγκη ηλεκτρικής ενέργειας.

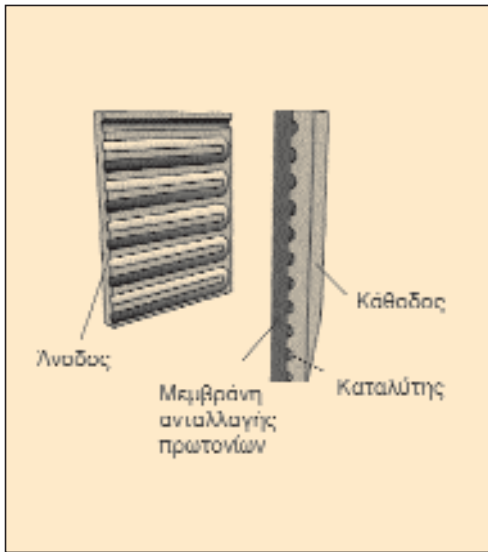
Η ενεργειακή κυψέλη παράγει συνεχή τάση που μπορεί να χρησιμοποιηθεί από τους ηλεκτρικούς κινητήρες, για το φωτισμό και πολλές άλλες εφαρμογές ηλεκτρισμού. Υπάρχουν αρκετοί τύποι ενεργειακών κυψελών, που ο καθένας βασίζεται σε διαφορετικές χημικές διαδικασίες. Οι ενεργειακές κυψέλες ταξινομούνται με βάση τον τύ-

πο του ηλεκτρολύτη που χρησιμοποιούν. Ορισμένοι τύπου ενεργειακών κυψελών υπόσχονται πολλά για τη χρήση τους σε εργοστάσια παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Άλλες μπορεί να χρησιμοποιηθούν σε φορητές συσκευές ενώ άλλες για κίνηση αυτοκινήτων.

Η ενεργειακή κυψέλη μεμβράνης ανταλλαγής πρωτονίων (PEMFC) είναι μια τεχνολογία που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή ενέργειας για αυτοκίνητα και λεωφορεία.

Η ενεργειακή κυψέλη αυτού του τύπου είναι η πλέον απλή ως προς τις χημικές αντιδράσεις.

Εικόνα 7.5.8 Τα μέρη μιας ενεργειακής κυψέλης τύπου μεμβράνης ανταλλαγής ηλεκτρονίων



Στην παραπάνω εικόνα φαίνονται τα τέσσερα βασικά μέρη μια ενεργειακής κυψέλης μεμβράνης ανταλλαγής πρωτονίων.

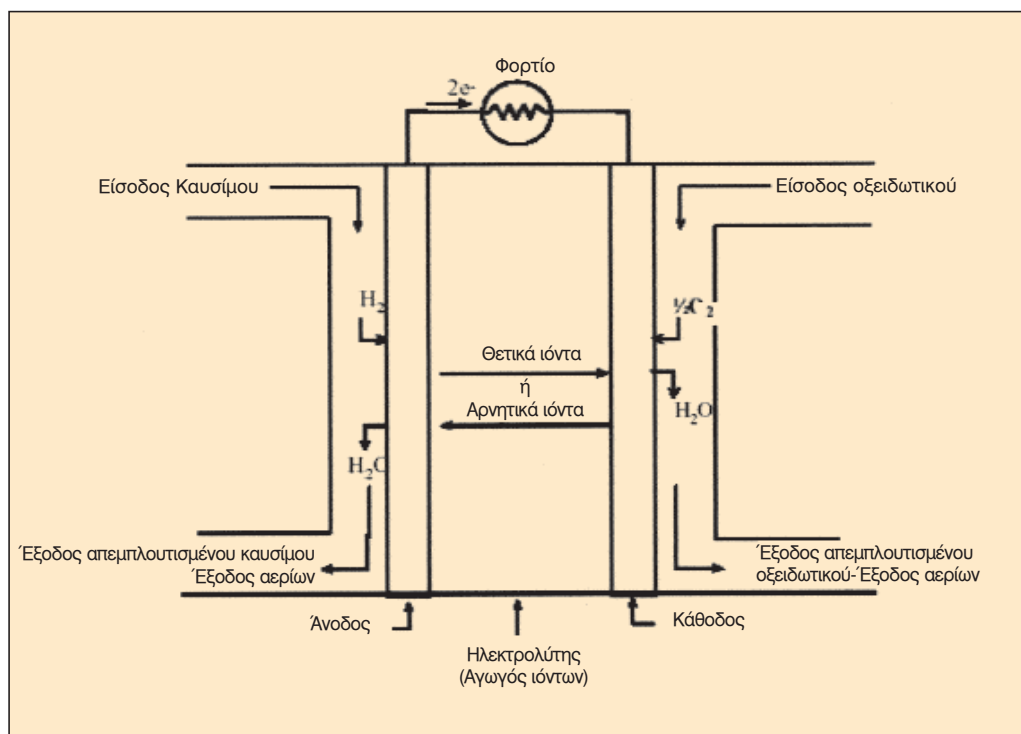
Η άνοδος, η αρνητική στήλη της ενεργειακής κυψέλης, στην οποία εκτελούνται αρκετές διεργασίες. Μεταφέρει τα ηλεκτρόνια που απελευθερώνονται από τα μόρια του υδρογόνου ώστε να είναι δυνατή η χρήση τους σε ένα εξωτερικό κύκλωμα. Διαθέτει κανάλια ώστε να διαχυθεί ομοιόμορφα το υδρογόνο (σε αέρια μορφή) πάνω σε όλη την επιφάνεια του καταλύτη.

Η κάθοδος, η θετική στήλη της ενεργειακής κυψέλης. Η κάθοδος διαθέτει κανάλια ώστε να γίνεται διανομή του οξυγόνου στην επιφάνεια του ηλεκτρολύτη. Επίσης, μεταφέρει τα ηλεκτρόνια από το εξωτερικό κύκλωμα προς τον καταλύτη, όπου αυτά ενώνονται με τα ιόντα του υδρογόνου και του οξυγόνου για να σχηματιστεί νερό.

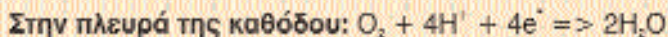
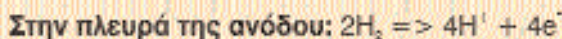
Ο ηλεκτρολύτης που είναι η μεμβράνη ανταλλαγής ηλεκτρονίων. Είναι ένα ειδικά επεξεργασμένο υλικό, που μοιάζει με πλαστικό, αλλά άγει μόνο τα θετικά φορτισμένα ιόντα. Η μεμβράνη μπλοκάρει τα ηλεκτρόνια.

Ο καταλύτης, ο οποίος είναι ένα ειδικό υλικό που διευκολύνει την αντίδραση του οξυγόνου με το υδρογόνο. Συνήθως είναι κατασκευασμένος από σκόνη πλατίνας, η οποία επιστρώνεται σε ένα πολύ λεπτό πανί ή χαρτί. Ο καταλύτης είναι ανώμαλος και πορώδης ώστε να είναι δυνατή η έκθεση της μεγαλύτερης δυνατής επιφάνειας με πλατίνα στο υδρογόνο και στο οξυγόνο. Η πλευρά στην οποία υπάρχει η επίστρωση του καταλύτη τοποθετείται προς την πλευρά της μεμβράνης.

Εικόνα 7.5.9 Σχηματικό διάγραμμα λειτουργίας ενεργειακής κυψέλης μεμβράνης ανταλλαγής ηλεκτρονίων



Η χημεία της ενεργειακής κυψέλης



Στην παραπάνω εικόνα, το πεπιεσμένο υδρογόνο σε αέρια μορφή εισέρχεται στην ενεργειακή κυψέλη από την πλευρά της ανόδου. Αυτό το αέριο περνά μέσα από τον καταλύτη εξαιτίας της

πίεσής του. Όταν ένα μόριο υδρογόνου έρθει σε επαφή με την πλατίνα που βρίσκεται στον καταλύτη διαιρείται σε δύο θετικά ιόντα υδρογόνου και σε δύο ηλεκτρόνια. (φορείς ρεύματος). Τα ηλε-

κτρόνια έλκονται από την άνοδο και από εκεί κινούνται προς το εξωτερικό κύκλωμα, όπου παράγουν έργο. Στη συνέχεια επιστρέφουν στην κάθοδο της ενεργειακής κυψέλης.

Εν τω μεταξύ, στην πλευρά της καθόδου της ενεργειακής κυψέλης, το οξυγόνο περνά μέσα από τον καταλύτη, όπου σχηματίζονται δύο άτομα οξυγόνου. Κάθε ένα από τα άτομα φέρει ισχυρό αρνητικό φορτίο. Αυτό το αρνητικό φορτίο έλκει τα δύο ιόντα υδρογόνου μέσα από τη μεμβράνη, όπου γίνεται συνδυασμός με ένα άτομο οξυγόνου και με δύο ηλεκτρόνια από το εξωτερικό κύκλωμα με αποτέλεσμα το σχηματισμό νερού.

Με αυτή τη διαδικασία, σε μια στοιχειώδη ενεργειακή κυψέλη παράγεται τάση 0,7 Volt. Για να γίνει παραγωγή τάσης σε εκμεταλλεύσιμα επίπεδα, πρέπει να γίνει συνδυασμός πολλών στοιχειωδών κυψελών καυσίμου.

Η θερμοκρασία λειτουργίας των ενεργειακών κυψελών αυτού του τύπου είναι σχετικά χαμηλή (800C). Αυτό σημαίνει ότι απαιτείται σχετικά μικρός χρόνος προθέρμανσης και όχι ακριβός εξοπλισμός. Ο τύπος αυτός καταλαμβάνει μικρό χώρο και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την κίνηση των αυτοκινήτων.

Το οξυγόνο που απαιτείται για τη λειτουργία της ενεργειακής κυψέλης προέρχεται από τον αέρα. Στην πράξη, για τη λειτουργία μιας ενεργειακής κυψέλης αυτού του τύπου, αέρας από το περιβάλλον εισάγεται υπό πίεση στην κάθοδο της κυψέλης με τη βοήθεια μιας αντλίας. Το υδρογόνο όμως δεν είναι

διαθέσιμο σε μορφή που να είναι εύκολη η χρήση του.

Το υδρογόνο αποθηκεύεται και μεταφέρεται δύσκολα για το λόγο αυτό είναι πιο εύκολο να γίνεται χρήση καυσίμων από την ενεργειακή κυψέλη που είναι διαθέσιμα και περιέχουν υδρογόνο. Το πρόβλημα αυτό λύνεται από μια συσκευή που ονομάζεται μετατροπέας. Ο μετατροπέας μετατρέπει το καύσιμο που βρίσκεται σε μορφή υδρογονανθράκων ή αλκοόλης σε υδρογόνο, το οποίο στην συνέχεια μεταβιβάζεται στην ενεργειακή κυψέλη. Οι μετατροπείς δημιουργούν θερμότητα και παράγουν και άλλα αέρια εκτός από το υδρογόνο. Επίσης συνοδεύονται και από άλλες συσκευές για τον καθαρισμό του υδρογόνου, αλλά επειδή το υδρογόνο που τελικά παράγεται δεν είναι απολύτως καθαρό, η απόδοση της ενεργειακής κυψέλης δεν είναι τόσο μεγάλη.

Μερικά από τα καύσιμα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε αυτές τις ενεργειακές κυψέλες είναι το φυσικό αέριο, το προπάνιο και η μεθανόλη. Για το φυσικό αέριο έχει ήδη αναπτυχθεί δίκτυο μεταφοράς και αποθήκευσης. Η μεθανόλη είναι υγρό καύσιμο με ιδιότητες παρόμοιες της βενζίνης, ενώ η μεταφορά και η διανομή της γίνεται με ευκολία.

Σύγκριση

Ως προς τη σύγκριση των χαρακτηριστικών των αυτοκινήτων που κινούνται με ενεργειακές κυψέλες και αυτών που κινούνται με κινητήρα εσωτερικής καύσης ή με συσσωρευτές, μπορούμε να αγνοήσουμε όλα τα συστήματα-εξαρτή-

ματα που είναι κοινά (π.χ. ελαστικά, σύστημα μετάδοσης κ.λπ.). Η σύγκριση περιορίζεται στα σημεία που παράγεται η ενέργεια.

Εάν η ενεργειακή κυψέλη τροφοδοτείται με καθαρό υδρογόνο η απόδοσή της φτάνει στο 80%. Η αποθήκευση του υδρογόνου όμως είναι πολύ δύσκολη στο αυτοκίνητο. Για το λόγο αυτό πρέπει να χρησιμοποιηθεί ένα καύσιμο που περιέχει υδρογόνο και να γίνει χρήση του μετατροπέα για την παραγωγή υδρογόνου. Η χρήση του μετατροπέα μειώνει όμως την απόδοση σε 30-40%. Για να κινηθεί το αυτοκίνητο πρέπει η ηλεκτρική ενέργεια να μετατραπεί σε κινητική. Αυτό γίνεται από τον ηλεκτρικό κινητήρα και το σύστημα ελέγχου του. Η απόδοση του συστήματος αυτού κυμαίνεται στο 80%, οπότε η τελική απόδοση του συνολικού συστήματος είναι από 24-32 %.

Η απόδοση ενός κινητήρα εσωτερικής καύσης είναι εξαιρετικά χαμηλή. Μεγάλα ποσά ενέργειας διαφεύγουν από τα καυσαέρια ή από το σύστημα ψύξης. Επίσης, αρκετή ενέργεια απαιτείται για την κίνηση των διαφόρων αντλιών, ανεμιστήρων ή και του εναλλάκτη. Η απόδοση ενός κινητήρα εσωτερικής καύσης είναι 20% περίπου.

Στο ηλεκτρικό αυτοκίνητο η απόδοση είναι εξαιρετικά υψηλή. Η απόδοση των συσσωρευτών είναι περίπου 90% (το υπόλοιπο 10% αντιπροσωπεύει την παραγωγή ή την κατανάλωση θερμότητας). Η απόδοση του συστήματος ηλεκτρικού κινητήρα/συστήματος ελέγχου είναι περίπου 80%. Αυτό σημαίνει ότι η τελική απόδοση είναι περίπου 72%.

Όμως, αυτό δεν είναι αληθές. Η ηλεκτρική ενέργεια που χρησιμοποιείται για την κίνηση του αυτοκινήτου πρέπει κάπου να παραχθεί. Εάν η ηλεκτρική ενέργεια παράγεται σε ένα θερμικό εργοστάσιο, τότε μόνο το 40% της ενέργειας μετατρέπεται σε ηλεκτρική ενέργεια. Η διαδικασία της φόρτισης των συσσωρευτών απαιτεί την μετατροπή του εναλλασσόμενου ρεύματος σε συνεχές. Η απόδοση της διαδικασίας αυτής είναι περίπου 90%.

Οπότε, εάν η απόδοση του αυτοκινήτου είναι 72%, η απόδοση του εργοστασίου είναι 40% και η απόδοση της φόρτισης των συσσωρευτών είναι 90%, τότε η τελική απόδοση του συστήματος είναι 26%.

Εάν όμως για την παραγωγή ενέργειας χρησιμοποιηθούν πηγές ενέργειας, όπως τα υδροηλεκτρικά εργοστάσια ή οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, τότε η απόδοση της φάσης της παραγωγής ενέργειας μπορεί να θεωρηθεί ότι είναι 100% (δεν υπάρχει καύση) και η τελική απόδοση του συστήματος γίνεται 65% περίπου.

Ανακεφαλαίωση

Εκτός από τη βενζίνη και το πετρέλαιο οι κινητήρες εσωτερικής καύσης μπορούν να καταναλώσουν αέρια καύσιμα, όπως είναι το υγραέριο και το φυσικό αέριο.

Τα καύσιμα αυτά αποτελούνται από υδρογονάνθρακες με μικρότερη αλυσίδα άνθρακα και για το λόγο αυτό οι ρύποι που παράγονται κατά την καύση τους είναι αισθητά μικρότεροι σε σχέση με τη βενζίνη.

Τα αέρια καύσιμα αποθηκεύονται σε ειδικά δοχεία υψηλής πίεσης που ικανοποιούν αυστηρές προδιαγραφές ασφαλείας.

Τα υβριδικά αυτοκίνητα κινούνται με ένα συγκρότημα παραγωγής κίνησης, που αποτελείται από ένα βενζινοκινητήρα και έναν ηλεκτρικό κινητήρα.

Τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα έχουν το πλεονέκτημα ότι δεν εκπέμπουν ρύπους κατά την κίνησή τους, αλλά η περιορισμένη ακτίνα δράσης τους με μια φόρτιση των συσσωρευτών τους αποτελεί εμπόδιο στην εξάπλωσή τους.

Οι ενεργειακές κυψέλες είναι συσκευές που παράγουν ηλεκτρική ενέργεια όταν απαιτείται η κατανάλωσή τους. Ως καύσιμο χρησιμοποιούν ενώσεις που περιέχουν μεγάλη ποσότητα υδρογόνου (π.χ. μεθανόλη) ή καθαρό υδρογόνο.

Το ηλεκτρικό αυτοκίνητο υπερτερεί σημαντικά σε σχέση με τους άλλους τύπους αυτοκινήτων σε ό,τι αφορά στην απόδοση, όταν η παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας που απαιτείται για τη φόρτιση των συσσωρευτών του γίνεται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, όπως η αιολική ενέργεια. Όταν η παρα-

γωγή της ηλεκτρικής ενέργειας γίνεται από θερμικά εργοστάσια (π.χ. εργοστάσια ηλεκτρικής ενέργειας που καταναλώνουν λιγνίτη) τότε η απόδοσή τους εξισώνεται με τα συμβατικά αυτοκίνητα.

Ερωτήσεις

1. Από ποιους υδρογονάνθρακες αποτελείται το υγραέριο και από ποιους το φυσικό αέριο;
2. Γιατί οι φιάλες αποθήκευσης του φυσικού αερίου πρέπει να τοποθετούνται πάνω από την οροφή του αυτοκινήτου;
3. Ποιες είναι οι στοιχειομετρικές αναλογίες αέρα καυσίμου για την καύση του υγραερίου και του φυσικού αερίου;
4. Γιατί δεν τοποθετείται αισθητήρας κρουστικής καύσης στους κινητήρες που καταναλώνουν υγραέριο ή φυσικό αέριο;
5. Ποιες αλλαγές πρέπει να γίνουν σε έναν συμβατικό βενζινοκινητήρα για να καταναλώνει υγραέριο;
6. Αναφέρετε τους τύπους υβριδικών αυτοκινήτων με βάση το σύστημα παραγωγής και μετάδοσης της κίνησης.
7. Ποια νέα όργανα υπάρχουν στον πίνακα οργάνων ενός ηλεκτρικού αυτοκινήτου και ποια δεν υπάρχουν σε σχέση με ένα συμβατικό αυτοκίνητο;
8. Ποιες μέθοδοι φόρτισης των συσσωρευτών των ηλεκτρικών αυτοκινήτων εφαρμόζονται;
9. Αναφέρετε τις διαφορές μεταξύ ενός συσσωρευτή και μιας ενεργειακής κυψέλης
10. Γιατί η ενεργειακή απόδοση ενός ηλεκτρικού αυτοκινήτου μειώνεται αισθητά όταν για τη φόρτιση των συσσωρευτών του χρησιμοποιείται ρεύμα που παράγεται από θερμοηλεκτρικά εργοστάσια;