

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΕΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΤΟ LPG ΩΣ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΟ ΚΑΥΣΙΜΟ ΣΤΗΝ ΑΥΤΟΚΙΝΗΣΗ



ΔΗΜΗΤΡΗΣ ΠΑΠΠΑΣ

Επιβλέπων καθηγητής: Δρ. Δ.Θ.ΧΟΥΝΤΑΛΑΣ

ΑΘΗΝΑ, ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 2015

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή κ. Χουντάλα Δημήτριο.

Επίσης, ευχαριστώ τον κ. Ραπτοτάσιο Σπυρίδωνα και τον κ. Σακελλαρίδη Νικόλαο.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. LPG ΚΑΙ ΑΥΤΟΚΙΝΗΣΗ.....	5
1.1 Εισαγωγή.....	5
1.2 Το LPG ως καύσιμο	6
1.3 Θερμογόνος δύναμη.....	6
1.4 Στοιχειομετρικό μίγμα	6
1.5 Βαθμός οκτανίου	7
1.6 Αυτοκινητοβιομηχανία	7
1.7 Μεταφορές με LPG	8
2. ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ ΚΙΝΗΤΗΡΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΥΣΗ LPG.....	10
2.1 Κύρια μέρη συστήματος LPG:.....	10
2.2 Τα υποχρεωτικά εξαρτήματα εγκατάστασης συστήματος LPG	11
2.2.1 Στόμιο πλήρωσης.....	12
2.2.2 Δεξαμενή LPG.....	13
2.2.3 Πολλαπλή βαλβίδα	15
2.2.4 Σωλήνες LPG.....	18
2.2.5 Διακόπτης επιλογής καυσίμου	19
2.2.6 Υποβιβαστής πίεσης - “Πνεύμονας” σε συστήματα αέριου ψεκασμού	20
2.2.7 Φίλτρο LPG.....	23
2.2.8 Ηλεκτρική καλωδίωση	23
2.2.9 Εγχυτήρες (μπεκ) ψεκασμού LPG	23
2.2.10 Εγκέφαλος LPG.....	25
2.3 Κατηγορίες - Γενιές Συστημάτων LPG.....	26
2.3.1 Συμβατικά συστήματα Venturi ή ενός σημείου	26
2.3.2 Συστήματα ψεκασμού αέριας φάσης LPG.....	26
2.3.3 Συστήματα ψεκασμού υγρού τύπου	27
2.3.4 Σύγκριση αέριου και υγρού τύπου	28
2.4 Γενιές συστημάτων μετατροπής.....	30
2.4.1 1η Γενιά	30

2.4.2	2η γενιά.....	31
2.4.3	3η γενιά.....	32
2.4.4	4η γενιά.....	33
2.4.5	5η γενιά.....	34
2.4.6	6η γενιά.....	36
2.5	Λίπανση βαλβίδων κινητήρων αέριων καύσιμων.....	37
2.5.1	Είδη συστημάτων προστασίας.....	38
3.	ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΧΡΗΣΗΣ LPG ΩΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ ΚΙΝΗΣΗΣ.....	41
3.1	Πλεονεκτήματα.....	41
3.2	Οικονομικό όφελος και απόσβεση κόστους.....	42
4.	ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΧΡΗΣΗΣ LPG ΣΕ ΟΧΗΜΑΤΑ.....	43
4.1	Εισαγωγή.....	43
4.2	Μειονεκτήματα.....	43
5.	ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΛΟΓΙΚΗ ΣΚΟΠΙΑ.....	48
5.1	Μετρήσιμα μεγέθη.....	48
5.2	Αντίλογος.....	49
6.	ΟΧΗΜΑΤΑ LPG – ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ.....	51
6.1	Πετρελαιοκινητήρες και LPG.....	51
6.2	Συνδυασμός καυσίμων.....	51
6.3	Το LPG ως συμπλήρωμα του πετρελαίου.....	52
6.4	Συστήματα συνδυασμού πετρελαιοκινητήρων με LPG.....	55
6.5	Τύποι συστημάτων ανάμιξης πετρελαίου και LPG.....	55
6.5.1	Σύστημα μονού αερίου ψεκασμού.....	55
6.5.2	Συστήματα μονού υγρού ψεκασμού.....	56
6.5.3	Σύστημα σειριακού αερίου ψεκασμού.....	57
6.6	Προοπτικές ανάπτυξης, της ανάμιξης πετρελαίου – LPG (Diesel Blend & Diesel Mix).....	58
7.	ΥΓΡΑΕΡΙΟΚΙΝΗΣΗ ΚΑΙ ΑΣΦΑΛΕΙΑ.....	59
7.1	Δεξαμενή.....	59
7.2	Ασφάλεια και σωληνώσεις.....	60

7.3 Σε περίπτωση πυρκαγιάς.....	60
7.4 Μέτρα ασφάλειας κατά τη διάρκεια εργασιών αερίων καυσίμων.....	61
7.5 Έλεγχοι οχήματος με διπλό καύσιμο στο ΚΤΕΟ.....	62
8. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	65
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	67

1.LPG ΚΑΙ ΑΥΤΟΚΙΝΗΣΗ

1.1 Εισαγωγή

Το “υγροποιημένο αέριο πετρελαίου”, γνωστό με τον διεθνή όρο LPG (Liquefied Petroleum Gas) αποτελείται από ελαφριά κλάσματα αργού πετρελαίου, τα οποία είναι αέρια όταν βρίσκονται σε συνήθεις ατμοσφαιρικές συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας. Τα αέρια αυτά κλάσματα υδρογονανθράκων διαχωρίζονται από τα υγρά κλάσματα κατά τη διύλιση που γίνεται στο αργό πετρέλαιο και οδεύουν προς δεξαμενές αποθήκευσης για άλλες χρήσεις, ενώ τα υγρά κλάσματα χρησιμοποιούνται για την παρασκευή υγρών καυσίμων (πετρελαίου, βενζίνη, κ.ο.κ). Επίσης ο όρος LPG αναφέρεται στα κλάσματα που αφαιρούνται από το φυσικό αέριο, προτού αυτό οδεύσει προς κατανάλωση. Με τη διπλή προέλευσή του, το LPG ήδη ανταποκρίνεται στις ενεργειακές απαιτήσεις περισσότερων από 120 εκατομμυρίων πολιτών της Ε.Ε. Το γεγονός ότι μπορεί να υγροποιηθεί εύκολα (περίπου στα 2 bar) καθιστά το LPG ως μια πολυχρηστική εναλλακτική λύση ενέργειας και χάρη στην ευρεία ποικιλία επιλογών αποθήκευσης, το LPG έχει πολυάριθμες εφαρμογές όπως:

- Θέρμανση χώρου και νερού
- Οικιακή χρήση
- Φωτισμό
- Παραγωγή ισχύος
- Βιομηχανική επεξεργασία και θέρμανση
- Κίνηση οχημάτων

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι να γίνει περιγραφή και επεξήγηση των τεχνολογικών λύσεων που χρησιμοποιούνται, για τη χρήση του LPG στα οχήματα.

Αρχικά περιγράφονται οι ιδιότητες, η χημική σύσταση και οι χρήσεις του LPG.

Παρατίθενται αναλυτικά τα μέρη και οι τύποι (γενιές) των συστημάτων εγκατάστασης LPG που χρησιμοποιούνται για την εκ των υστέρων μετατροπή ενός βενζινοκινητήρα σε κινητήρα καύσης και LPG.

Καταγράφονται τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της χρήσης του LPG, τα οικονομικά οφέλη, καθώς και η οικολογική του σκοπιά και τα οφέλη που έχει η χρήση LPG στα οχήματα στο περιβάλλον.

Στη συνέχεια γίνεται αναφορά στα οχήματα LPG-πετρελαίου, τα συστήματα ανάμιξης LPG-πετρελαίου και τα οφέλη από τον συνδυασμό των δύο καυσίμων.

Τέλος, καταγράφονται οι διαδικασίες και τα μέτρα ασφαλείας για την “ασφαλή” χρήση του LPG, καθώς και οι επιπλέον έλεγχοι που γίνονται σε οχήματα με διπλό καύσιμο (LPG-βενζίνη) στο ΚΤΕΟ.

1.2 Το LPG ως καύσιμο

Το LPG είναι ένα μίγμα προπανίου-βουτανίου. Η σύνθεση του LPG είναι κυρίως υδρογονάνθρακες (HC), αποτελούμενο από Προπάνιο C_3H_8 – Βουτάνιο C_4H_{10} “μείγμα καλοκαιριού – χειμώνα” (πιο πολύ προπάνιο το χειμώνα, περισσότερο βουτάνιο το καλοκαίρι). Ακόμη το μείγμα περιλαμβάνει μικρές ποσότητες από ολεφίνες, πεντάνιο και αιθάνιο. Το προπάνιο έχει σημείο βρασμού τους $-42^{\circ}C$ για αυτό κι όταν απελευθερωθεί στην ατμόσφαιρα αεριοποιείται αμέσως κι αρκεί ένα απλός εγχυτήρας (μπεκ) για να διοχετευτεί στο θάλαμο καύσης. Το βουτάνιο βράζει κοντά στους $0^{\circ}C$, οπότε σε χαμηλότερες θερμοκρασίες εξατμίζεται και δεν αεριοποιείται. Για να έχει πρακτική εφαρμογή, το προπάνιο αναμιγνύεται σε μεγαλύτερη αναλογία σε σχέση με το βουτάνιο και αποθηκεύεται σε κυλινδρικές ή δακτυλιοειδείς δεξαμενές σε πίεση 10-12 bar. Στα πρατήρια καυσίμων το LPG αποθηκεύεται σε πίεση έως 24 bar ώστε να μπορεί να ρέει και να γεμίζει τις δεξαμενές καυσίμων των αυτοκινήτων.

1.3 Θερμογόνος δύναμη

Ένα κρίσιμο στοιχείο για την αξιολόγηση του LPG ως καύσιμο είναι η τιμή της κατώτερης θερμογόνου δύναμης η οποία εκφράζει την ποσότητα ενέργειας που εκλύεται από την τέλεια καύση ενός κιλού καυσίμου. Η κατώτερη θερμογόνος δύναμη για το LPG είναι 11.000 Kcal/kg ενώ στη βενζίνη είναι περίπου στα 10.500 Kcal/kg. Αυτό θεωρητικά σημαίνει ότι απαιτείται μικρότερη κατανάλωση για να παραχθεί το ίδιο έργο. Στο παρακάτω πίνακα δίνεται η τιμή της θερμογόνου δύναμης για διαφορετικούς τύπους καυσίμου (Πίνακας 1.1).

Τύπος καυσίμου	Κατώτερη Θερμογόνος δύναμη (Kcal/kg)
LPG	11.000
Πετρέλαιο	10.300
Βενζίνη	10.420
Φυσικό Αέριο	11.400

Πίνακας 1.1 Ενεργειακή σύγκριση καυσίμων

1.4 Στοιχειομετρικό μίγμα

Η στοιχειομετρική αναλογία καύσης του LPG είναι 15,5:1 κατά βάρος, δηλαδή απαιτούνται 15,5 μέρη αέρα για την πλήρη καύση ενός μέρους καυσίμου. Η βενζίνη έχει στοιχειομετρική αναλογία 14,7 kg αέρα / kg καυσίμου ενώ το φυσικό αέριο που αποτελείται κυρίως από μεθάνιο 17,4 kg αέρα/ kg καυσίμου.

Το στοιχειομετρικό μίγμα καυσίμου-αέρα απαιτεί περισσότερο αέρα στην περίπτωση των αερίων καυσίμων, οπότε εντός του κάθε κυλίνδρου υπάρχουν λιγότερα γραμμάρια αερίου καυσίμου σε σχέση με την βενζίνη. Σε κάθε θερμοδυναμικό κύκλο καταναλώνεται λιγότερο καύσιμο, ενώ η παραγόμενη ισχύς είναι μικρότερη, παρόλο που η θερμογόνος δύναμη του αερίου καυσίμου είναι μεγαλύτερη σε σχέση με τη βενζίνη. Η μείωση της ισχύος ενός κινητήρα που λειτουργεί με LPG μπορεί να είναι ανάλογα με τις συνθήκες από 10% έως 20% σε σχέση με την λειτουργία με καύσιμο την βενζίνη.

1.5 Βαθμός οκτανίου

Τα αέρια καύσιμα έχουν βαθμό οκτανίου μεγαλύτερο από την βενζίνη (>100) και επομένως μπορούν να λειτουργήσουν με κινητήρες με υψηλότερο λόγο συμπίεσης. Αυτό υπό προϋποθέσεις μπορεί να οδηγούσε σε αύξηση της ισχύος του κινητήρα, όμως ο λόγος συμπίεσης εξαρτάται από τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του κινητήρα, τα οποία μπορούν να αλλάξουν μόνο αν γίνουν σημαντικές παρεμβάσεις σε αυτόν.

Για να μειωθεί το φαινόμενο της προανάφλεξης (Πίνακας 1.2) θα πρέπει να ρυθμιστεί κατάλληλα το μίγμα προπανίου και βουτανίου. Η βέλτιστη αναλογία για συνθήκες καλοκαιριού είναι 50% προπάνιο και 50% βουτάνιο. Όμως για να αντιμετωπιστεί το πρόβλημα της εξάτμισης του βουτανίου τους χειμερινούς μήνες αυξάνεται η αναλογία προπανίου στο LPG η οποία φτάνει στο 70% με το υπόλοιπο 30% να είναι βουτάνιο.

Αριθμός Οκτανίων	Προπάνιο	Βουτάνιο	Ισοοκτάνιο ν-επτανίου	Βενζίνη	Βενζίνη (σούπερ)
RON*	112	103	100	91-92	97-99
MON*	97	89	98	81-87	89-93

*RON = Research Octane Number – Βενζινοκινητήρας, ερευνητικός αριθμός οκτανίων

*MON = Motor Octane Number – Βενζινοκινητήρας, Αριθμός οκτανίων κινητήρα

Πίνακας 1.2 Πίνακας ταξινόμησης έναντι της προανάφλεξης/αυτανάφλεξης

1.6 Αυτοκινητοβιομηχανία

Το LPG έχει πολλές χρήσεις στο σπίτι, στις εμπορικές επιχειρήσεις, στη βιομηχανία, στην αγροτική οικονομία και φυσικά στις μεταφορές. Στον τομέα της αυτοκινητοβιομηχανίας, πολλές εταιρείες προσφέρουν συστήματα εφαρμογής του LPG στα αυτοκίνητα. Τα πρώτα σύστημα ψεκασμού LPG για αυτοκίνητα, εξελίχθηκαν περαιτέρω σε ένα πλήρως ενοποιημένο

σύστημα “master slave” με το σύστημα διαχείρισης της βενζίνης, παρέχοντας μια αδιατάρακτη μετάβαση μεταξύ της οδήγησης με βενζίνη και της οδήγησης με LPG. Η παραγωγή κινητήρων αποκλειστικής καύσης LPG είναι μια τακτική που ξεκίνησε πριν πολλά χρόνια (π.χ. το 1958 η Toyota παρουσίασε τον πρώτο της υγραεριοκινητήρα). Αποτελεί ίσως την παλαιότερη εναλλακτική μορφή καυσίμου και ξεκίνησε κατά βάση για λόγους οικονομίας.

Το LPG υπερτερεί τόσο οικονομικά όσο και περιβαλλοντικά της βενζίνης και του πετρελαίου κίνησης. Στην Ελλάδα η υγραεριοκίνηση έγινε γνωστή στους κατασκευαστές και επαγγελματίες οδηγούς το 1974 όταν άρχισε να εφαρμόζεται στα ταξί. Το 1981 νομιμοποιήθηκε στα ταξί καθώς εκείνη την εποχή η πετρελαιοκίνηση απαγορευόταν. Λόγω της υπάρχουσας τεχνολογίας η εφαρμογή του καινούριου καυσίμου ξεκίνησε με πάρα πολλά προβλήματα. Το 1999 με το άρθρο 45 του νόμου 2773 επιτράπηκε η υγραεριοκίνηση σε όλους τους τύπους οχημάτων ανεξαρτήτως χρήσης. Τα τελευταία 5 χρόνια εξαιτίας της οικονομικής κρίσης και της ραγδαίας αύξησης της τιμής της βενζίνης πολλοί ιδιοκτήτες αυτοκινήτων έχουν στραφεί στην υγραεριοκίνηση και έχουν μετατρέψει τα αυτοκίνητα τους σε υγραεριοκίνητα.

Γενικά, τα υγραεριοκίνητα αυτοκίνητα ταξινομούνται σε δύο κατηγορίες, στα εργοστασιακά, που κατασκευάζονται από την κατασκευάστρια εταιρεία και στα μεταποιημένα - μετασκευασμένα βενζινοκίνητα ή πετρελαιοκίνητα που προέρχονται από μετατροπή οχημάτων που κυκλοφορούν ήδη, τα οποία τροποποιήθηκαν κατάλληλα έτσι ώστε να είναι δυνατή σε αυτά η καύση LPG. Το συντριπτικό ποσοστό των οχημάτων που μετατρέπονται σε υγραεριοκίνητα είναι βενζινοκίνητα (το όφελος σε πετρελαιοκίνητο είναι πολύ μικρότερο). Πλέον υπάρχει ένας πολύ μεγάλος αριθμός εταιριών που αναλαμβάνουν την μετατροπή ενός συμβατικού βενζινοκίνητου αυτοκινήτου έτσι ώστε να κινείται και με LPG.

Βασικό χαρακτηριστικό των οχημάτων τα οποία έχουν μετατραπεί, είναι ότι στο αυτοκίνητο υπάρχει πάντοτε ένας διακόπτης που επιτρέπει τη χρήση οποιουδήποτε από τους δύο τύπους καυσίμου, ενώ η αλλαγή του καυσίμου μπορεί να γίνει και κατά την διάρκεια της οδήγησης. Με απλά λόγια η μετατροπή LPG περιλαμβάνει την τοποθέτηση ενός επιπρόσθετου συστήματος ψεκασμού και μιας δεύτερης δεξαμενής καυσίμου που προσφέρει επιπλέον αυτονομία (συνήθως 100-300 km, ανάλογα με την δεξαμενή) σε αυτή που προσφέρει η δεξαμενή βενζίνης.

1.7 Μεταφορές με LPG

Το LPG αυτοκινητιστικής χρήσης, η αλλιώς autogas, κινεί ήδη επτά εκατομμύρια επιβατικά αυτοκίνητα σε όλη την Ευρώπη. Εν μέσω των αυξανόμενων ανησυχιών για την κλιματική αλλαγή, το περιβάλλον και τις τιμές της ενέργειας, τα καύσιμα των αυτοκινήτων βρίσκονται στο επίκεντρο της προσοχής όσο ποτέ άλλοτε. Οι πολίτες απαιτούν ασφαλή πρόσβαση σε

οικονομικά ανεκτά καύσιμα, ενώ κυριαρχεί η γενικότερη τάση της ισορροπίας αυτής της απαίτησης έναντι μιας ευρύτερης ανάγκης της προαγωγής της υπεύθυνης κατανάλωσης και της αειφόρου ανάπτυξης. Υπάρχει μια ξεκάθαρη ανάγκη για άμεσα διαθέσιμα εναλλακτικά καύσιμα σε ικανές ποσότητες να εξασφαλίσουν τις ευρωπαϊκές μεταφορές και ταυτόχρονα η Ευρώπη να κινείται προς ένα πιο καθαρό, χαμηλότερου άνθρακα και διαφορετικό μείγμα καυσίμων για τις οδικές μεταφορές. Είναι εντυπωσιακό ότι το LPG, το οποίο προς το παρόν κινεί το 2,7% του στόλου επιβατικών αυτοκινήτων, είναι το πλέον ευρέως χρησιμοποιούμενο εναλλακτικό καύσιμο στην Ευρώπη.

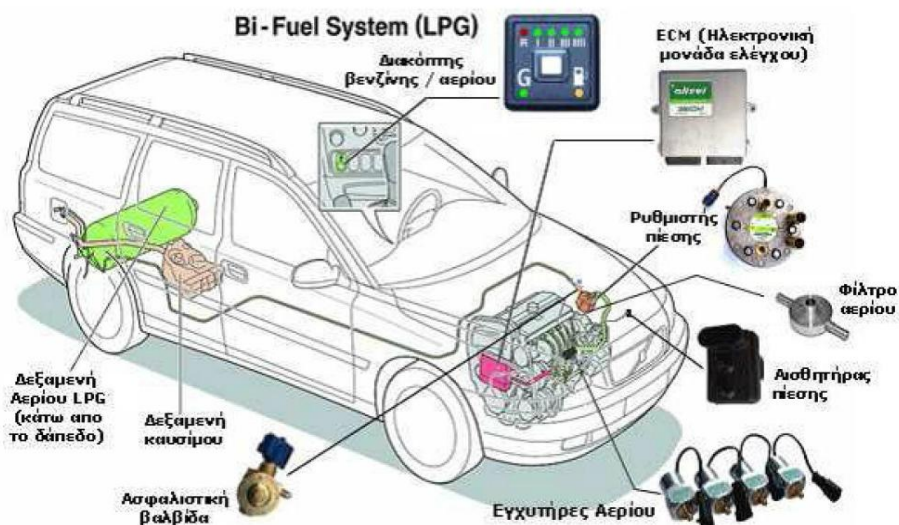
Η ευρωπαϊκή ένωση LPG (AEGPL), η οποία είναι ο μοναδικός αντιπρόσωπος της βιομηχανίας LPG σε ευρωπαϊκό επίπεδο, αναφέρει ότι η σχεδόν συνολική εξάρτηση της Ευρώπης από συμβατικά καύσιμα (βενζίνη και πετρέλαιο) είναι περιβαλλοντολογικά και στρατηγικά μη διατηρήσιμη και ότι η Ευρωπαϊκή Ένωση πρέπει να αναλάβει έναν πιο ηγετικό ρόλο στην καλλιέργεια της περισσότερο ευρείας ανάδειξης των εναλλακτικών καυσίμων. Στην Ευρώπη, οι εθνικοί και τοπικοί πολιτικοί ηγέτες σκοπεύοντας να διευθετήσουν τους διπλούς στόχους της προστασίας της ανθρώπινης υγείας και του περιβάλλοντος, μπορούν και πρέπει να εκμεταλλευτούν ακόμα περισσότερο τα οφέλη του LPG και άλλων καυσίμων όπως π.χ το συμπιεσμένο φυσικό αέριο (Compressed Natural Gas - CNG) στη μεγαλύτερη δυνατή έκταση. Πρωτοβουλίες σε εθνικό και τοπικό επίπεδο σε διάφορες χώρες –μέλη έχουν ήδη εμφανίσει υποσχόμενα αποτελέσματα, με τη χρήση LPG-CNG να μπορεί να αποτελέσει μέχρι και το 10% του μείγματος καυσίμων των ευρωπαϊκών επιβατικών αυτοκινήτων μέχρι το έτος 2020. Μια ανεξάρτητη οικονομετρική ανάλυση που πραγματοποιήθηκε από την Transport and Mobility Leuven έχει δείξει ότι αυτό θα δημιουργήσει σημαντικά οφέλη για την Ευρώπη υπό τη μορφή σημαντικών μειώσεων σε CO₂ και εκπομπών ρύπων καθώς και στα σχετιζόμενα εξωτερικά κόστη. Η διευκόλυνση της ανάδειξης του LPG (και του CNG) μπορεί να σταθεί συμπληρωματικά σε άλλες πολιτικές που στοχεύουν στον καθορισμό ενός ενεργειακού μείγματος για την Ευρώπη που είναι ταυτόχρονα, αειφόρο, ασφαλές και ανταγωνιστικό.

2.ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ ΚΙΝΗΤΗΡΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΥΣΗ LPG

Η εκ των υστέρων εγκατάσταση ενός συστήματος καυσίμου LPG σημαίνει ταυτόχρονα τη δημιουργία ενός δεύτερου συστήματος τροφοδοσίας καυσίμου στο αυτοκίνητο. Όλα τα εξαρτήματα, οι μηχανισμοί, οι σύνδεσμοι και οι σωληνώσεις (Σχήμα 2.1) θα πρέπει αφενός να πληρούν τις απαιτούμενες προδιαγραφές και αφετέρου να εγκαθίστανται από εξειδικευμένους τεχνίτες.

2.1 Κύρια μέρη συστήματος LPG:

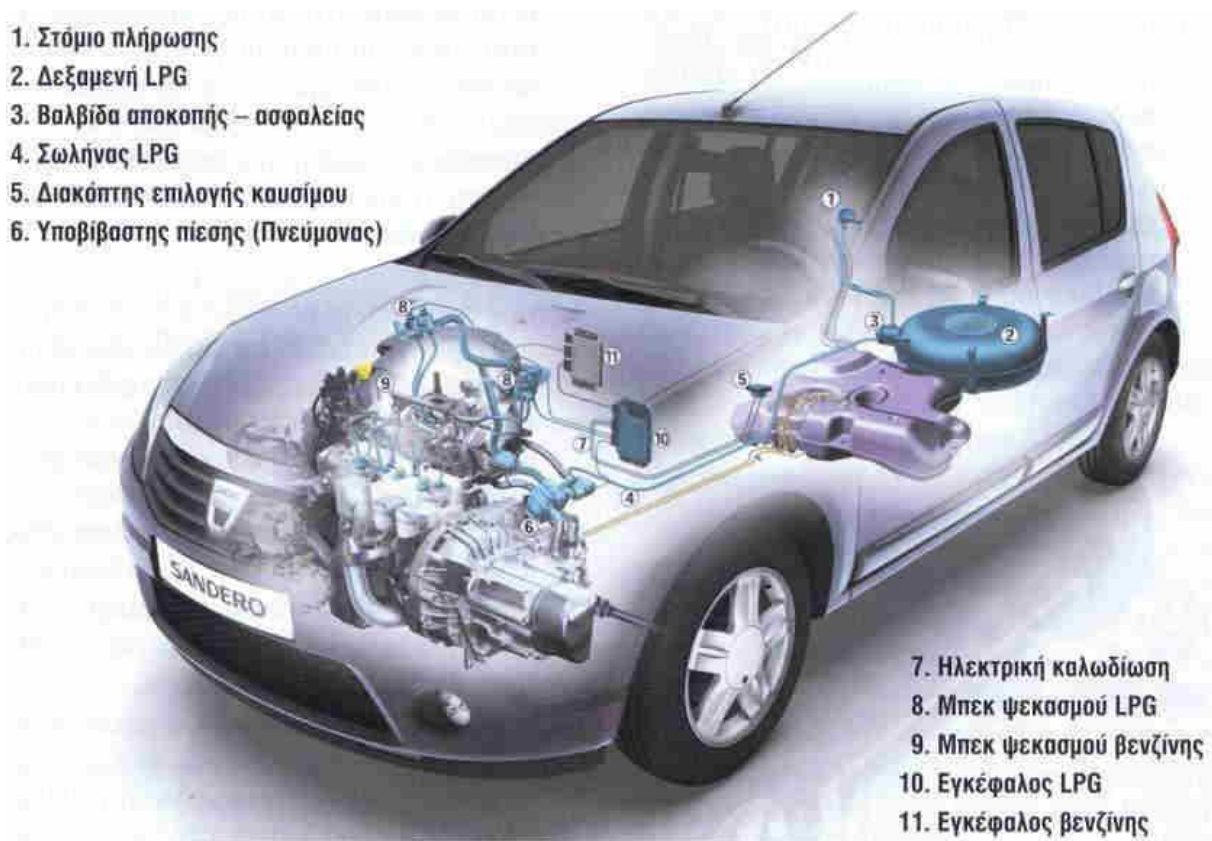
- Η δεξαμενή LPG, στην οποία αποθηκεύεται με πίεση το LPG
- Οι σωληνώσεις παροχής του LPG σε υγρή και αέρια κατάσταση
- Η ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα LPG που ελέγχει την παροχή LPG
- Η συσκευή αεριοποίησης LPG “πνεύμονας” που εξαερώνει και ρυθμίζει την παροχή του LPG ανάλογα με το φορτίο του κινητήρα (ψεκασμός αερίου)
- Οι εγχυτήρες (μπεκ) ψεκασμού
- Η ηλεκτροβαλβίδα διακοπής καυσίμου
- Ο ελεγκτής πίεσης LPG (Map Sensor)
- Η ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου (ECU – Engine Control Unit)
- Ο διακόπτης επιλογής καυσίμου - Δείκτης LPG



Σχήμα 2.1 Σχεδιάγραμμα εγκατάστασης LPG σε αυτοκίνητο Volvo S60. Το σχήμα, το μέγεθος και η θέση της ειδικής δεξαμενής (εδώ πρόκειται για κυλινδρική δεξαμενή σημειώνεται) με πράσινο χρώμα.

2.2 Τα υποχρεωτικά εξαρτήματα εγκατάστασης συστήματος LPG

Τα υποχρεωτικά μέρη από την οδηγία ECE R67* εξαρτήματα (Σχήμα 2.2) για την εγκατάσταση χρήσης LPG ως καυσίμου στα οχήματα δίνονται στις παρακάτω παραγράφους:



Σχήμα 2.2 Τα υποχρεωτικά εξαρτήματα εγκατάστασης συστήματος LPG, σύμφωνα με την οδηγία ECE R67

*Κανονισμός αριθ. 67 της Οικονομικής Επιτροπής των Ηνωμένων Εθνών για την Ευρώπη (ΟΕΕ/ΗΕ) - Ενιαίες διατάξεις σχετικά με:

- I. Την έγκριση τύπου ειδικών εξαρτημάτων των αυτοκινήτων οχημάτων που χρησιμοποιούν LPG στο σύστημα πρόωσής τους.
- II. Την έγκριση οχήματος στο οποίο έχουν τοποθετηθεί ειδικά εξαρτήματα για τη χρήση LPG στο σύστημα πρόωσής του, όσον αφορά την τοποθέτηση των εξαρτημάτων αυτών.

2.2.1 Στόμιο πλήρωσης

Η πλήρωση της δεξαμενής γίνεται με ειδική πρόσθετη εγκατάσταση, η οποία καταλήγει σε μια υποδοχή πλήρωσης (στόμιο πλήρωσης), στο πίσω δεξιό ή αριστερό φτερό, δίπλα συνήθως στην θέση πλήρωσης της βενζίνης. Το στόμιο πλήρωσης είναι ένα πολύ απλό εξάρτημα σχεδιασμένο για να ταιριάζει απόλυτα με το πιστόλι πλήρωσης της αντλίας του πρατηρίου (Σχήμα 2.3).

Συγκρατεί στεγανά το πιστόλι της αντλίας κατά την φάση της πλήρωσης της δεξαμενής ενώ εσωτερικά φέρει ανεπίστροφη βαλβίδα, με σκοπό να αποτρέπει την διαρροή του LPG σε περίπτωση βλάβης της πολυβαλβίδας. Το LPG μέσω του στομίου του ελαστικού σωλήνα και της βαλβίδας πλήρωσης και παροχής, μεταφέρεται στη δεξαμενή LPG.



Σχήμα 2.3 Στόμια πλήρωσης: Γερμανικού (Ολλανδικού) τύπου - Ιταλικού τύπου- Γαλλικού τύπου

Υπάρχουν δύο τύποι βαλβίδας πλήρωσης (Σχήμα 2.4):

α) Εξωτερική που τοποθετείται στον προφυλακτήρα.

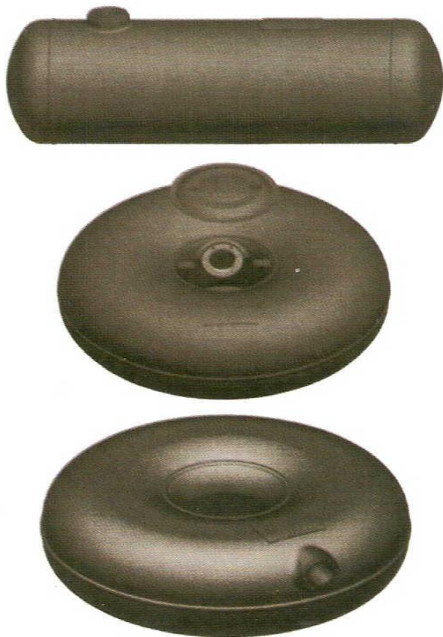
β) Εσωτερική που τοποθετείται μέσα στον ήδη υπάρχοντα χώρο ανεφοδιασμού του οχήματος



Σχήμα 2.4 Στόμιο πλήρωσης α) στο πίσω φτερό και β)δίπλα στο στόμιο της βενζίνη

2.2.2 Δεξαμενή LPG

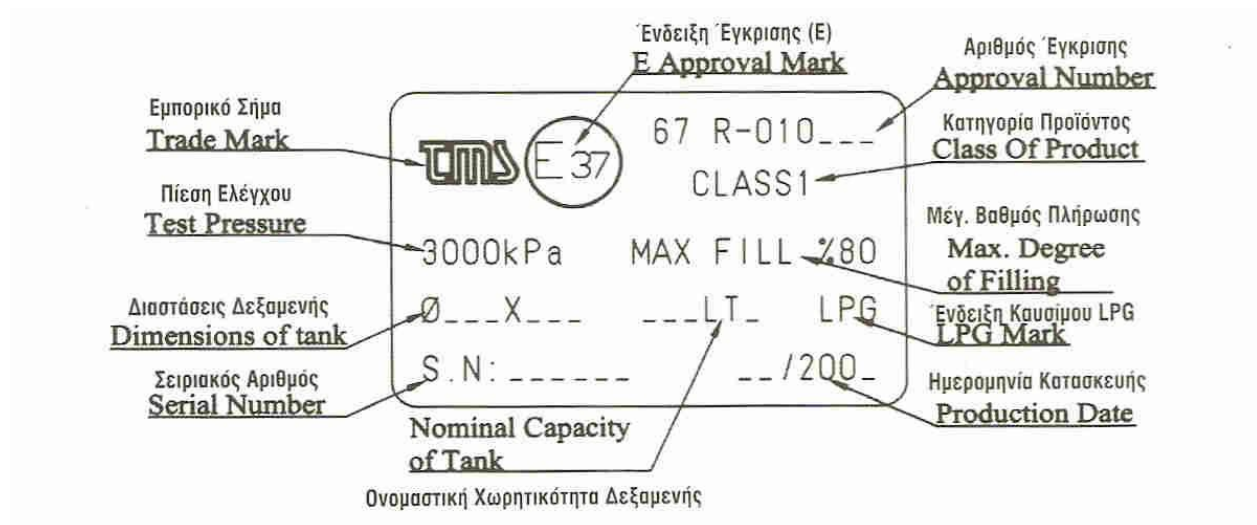
Είναι ειδικά δοχεία υψηλών πιέσεων κατασκευασμένα από κράμα χάλυβα και σίδηρο. Διακρίνονται σε δεξαμενές τύπου “ρεζέρβας” που εδράζονται στη θέση του εφεδρικού τροχού ανάγκης και δεξαμενές κυλινδρικές (Σχήμα 2.5). Εξαρτήματα τους αποτελούν ο μηχανισμός πλήρωσης (φλοτέρ) που δείχνει την ένδειξη στάθμης της δεξαμενής και από την βαλβίδα διακοπής καυσίμου που σε περίπτωση βλάβης προσφέρει ασφάλεια. Η δεξαμενή καυσίμου αντικαθίσταται υποχρεωτικά μετά την πάροδο 10 ετών από την ημερομηνία κατασκευής της και δεν επαναχρησιμοποιείται. Στις δεξαμενές LPG ισχύει ο κανόνας πλήρωσης στο 80% της χωρητικότητας τους, ώστε να υπάρχει ελεύθερος χώρος εκτόνωσης σε περίπτωση θέρμανσης της δεξαμενής, λόγω υψηλών θερμοκρασιών περιβάλλοντος είτε λόγω πυρκαγιάς.



Σχήμα 2.5 Κυλινδρικές και δικτυοειδείς δεξαμενές LPG

Τα υλικά και ο τρόπος κατασκευής, η αντοχή των συγκολλήσεων και γενικά η αντοχή της δεξαμενής, ελέγχονται από διάφορους οργανισμούς και προδιαγράφονται από οδηγίες της Ευρωπαϊκής Ένωσης (Σχήμα 2.6). Η δεξαμενή τοποθετείται στο πίσω μέρος του αυτοκινήτου και συγκεκριμένα μέσα στο χώρο των αποσκευών ή εξωτερικά κάτω από το χώρο αποσκευών. Η στερέωση της δεξαμενής στο δάπεδο, στο διαχωριστικό τοίχωμα του χώρου των επιβατών (πλάτη) και τους θόλους, γίνεται με μόνωση (π.χ μοκέτα, δέρμα κ.λπ.) στα σημεία επαφής της δεξαμενής με τις μεταλλικές επιφάνειες του αμαξώματος, αφού τοποθετηθεί ειδική βάση.

Η στήριξη της δεξαμενής LPG στη βάση γίνεται με ειδικά μεταλλικά ελάσματα που την συγκρατούν σταθερή. Η βάση και τα μεταλλικά ελάσματα συγκρατούνται με μακριές λαμαρινόβιδες, οι οποίες στηρίζουν την όλη κατασκευή στο δάπεδο του χώρου αποσκευών και τους θόλους. Με τον ίδιο τρόπο, με μεταλλικά ελάσματα η δεξαμενή LPG συγκρατείται και τοποθετείται υπό κατάλληλη γωνία κάτω από το δάπεδο του χώρου αποσκευών στη θέση του τροχού ανάγκης (ρεζέρβα), διατηρώντας σε κάθε περίπτωση ασφαλή την απόσταση της δεξαμενής από το έδαφος. Σε περίπτωση που η δεξαμενή LPG στερεωθεί κάτω από το χώρο αποσκευών θα πρέπει το χαμηλότερο σημείο της να απέχει λιγότερο από τα 20 cm από το έδαφος. Η απόσταση αυτή μπορεί να είναι μειωμένη εάν η δεξαμενή προστατεύεται επαρκώς στο εμπρόσθιο και στα πλευρικά τμήματά της και κανένα τμήμα της δεν βρίσκεται χαμηλότερα από τα προστατευτικά της καλύμματα.



Σχήμα 2.6 Χαρακτηριστικά πινακίδας έγκρισης τύπου δεξαμενής LPG

2.2.3 Πολλαπλή βαλβίδα

Είναι από τα σημαντικά εξαρτήματα της εγκατάστασης καθώς από αυτή εξαρτάται η ασφάλεια όλης της κατασκευής. Σε αυτήν είναι ενσωματωμένες διάφορες βαλβίδες (Σχήμα 2.8) οι οποίες θα διακόψουν την παροχή LPG στο αυτοκίνητο, ή θα επιτρέψουν την εκτόνωση του LPG ώστε να αποτραπεί έκρηξη.

Αναλυτικά περιλαμβάνει:

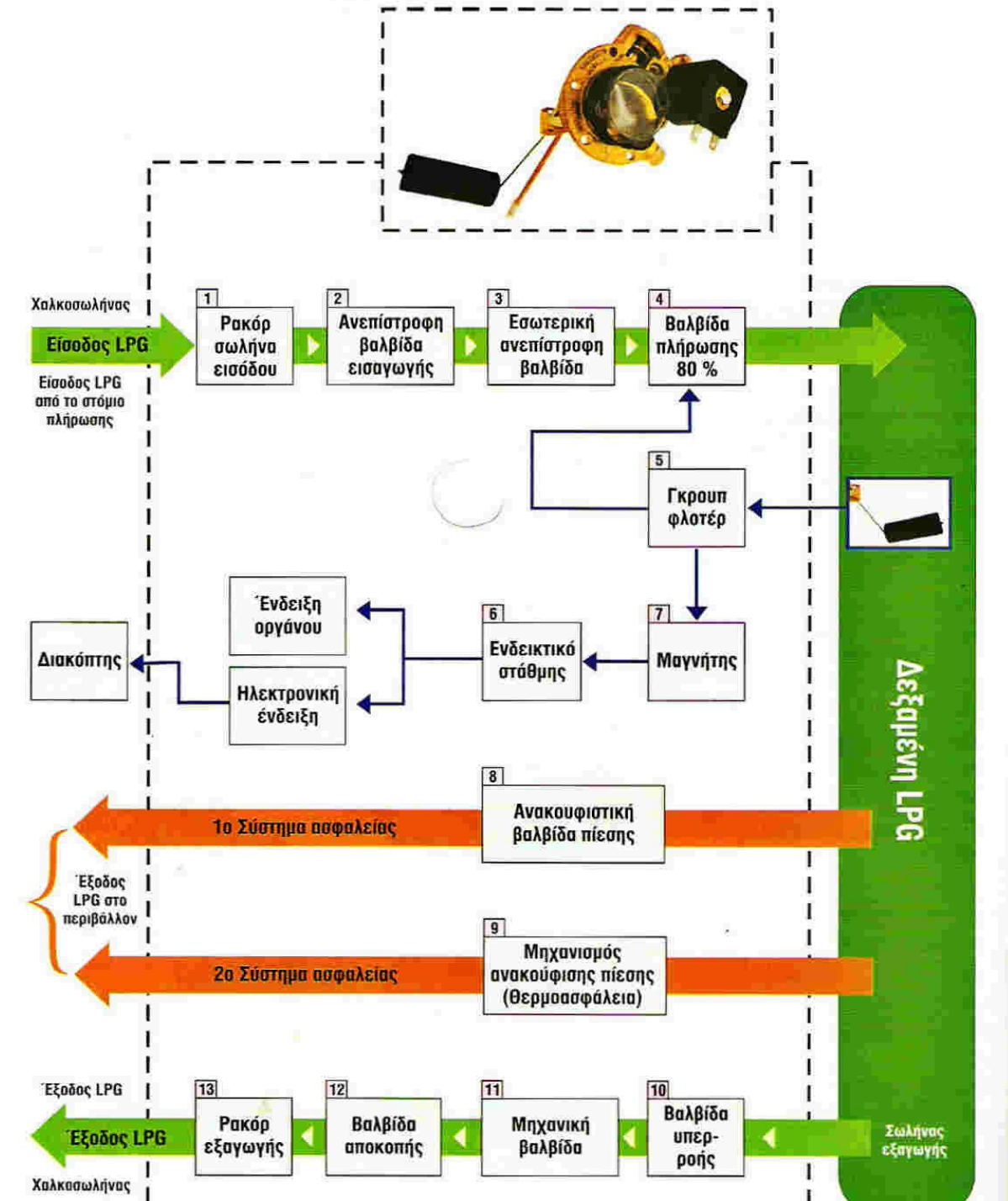
- Αισθητήρα ποσότητας LPG που δίνει πληροφορίες στην ειδική κονσόλα στο εσωτερικό του αυτοκινήτου για την αυτονομία με LPG
- Ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα η οποία ελέγχει τη ροή LPG και ανοίγει μόλις λάβει σήμα από την ηλεκτρονική μονάδα του LPG
- Βαλβίδα πλήρωσης για να διατηρείται η πλήρωση της δεξαμενής στο 80% του όγκου της
- Βαλβίδα υπερχειλίσης (Σχήμα 2.7) που διακόπτει την παροχή LPG μόλις ανιχνευτεί απότομη αύξηση της παροχής από δίκτυο , πχ αν σπάσει κάποιος αγωγός (κλείνει όταν η παροχή υπερβεί τα 1364 ml/λεπτό)

- Αυτόματη βαλβίδα ανακούφισης η οποία ανοίγει όταν η πίεση στο εσωτερικό της δεξαμενής φτάσει τα 27 bar
- Θερμική βαλβίδα εκτόνωσης του LPG όταν η θερμοκρασία στο εσωτερικό της δεξαμενής φτάσει τους 120°C



Σχήμα 2.7 Ηλεκτρική βαλβίδα υπερχείλισης καυσίμου

Διάταξη ροής LPG στην πολυβαλβίδα



Σχήμα 2.8 Διάγραμμα ροής που παρουσιάζει τη λειτουργία της πολυβαλβίδας

2.2.4 Σωλήνες LPG

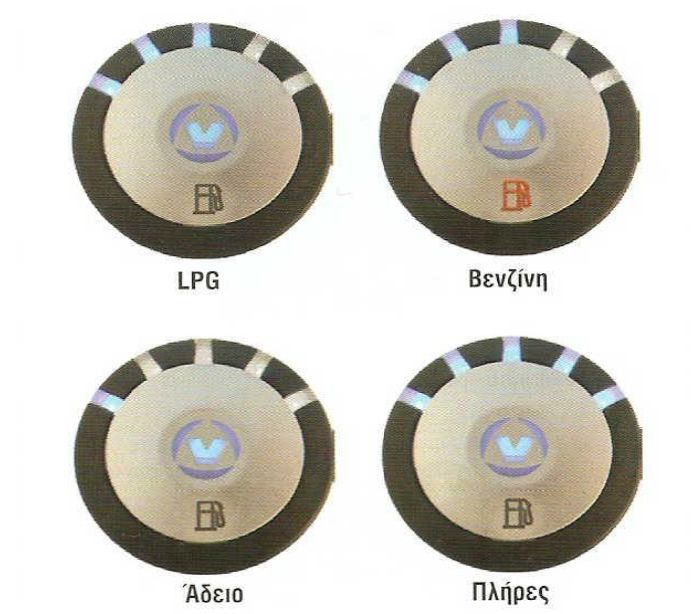
Οι εύκαμπτοι σωλήνες (Σχήμα 2.9β) πρέπει να συνδέονται με τα διάφορα εξαρτήματα έτσι ώστε να μη δέχονται καταπονήσεις, να είναι προστατευμένοι από προσκρούσεις και να είναι εφοδιασμένοι με προστατευτικό υλικό στα σημεία στερέωσης, εάν ο σωλήνας δεν προστατεύεται. Σε τυχόν περάσματα από οπές λαμαρίνας, οι σωλήνες θα πρέπει να περιβάλλονται από προστατευτικό υλικό. Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίνεται στη καταπόνησή τους από τις δονήσεις του κινητήρα ώστε να μην καταπονούνται υπερβολικά οι συνδέσεις τους. Οι σωληνώσεις καυσίμου είναι κατασκευασμένες από πλαστικό ή ελαστικό υλικό, με τους παραπάνω περιορισμούς. Συνήθως η γραμμή του υγρού LPG από τη δεξαμενή μέχρι τον πνεύμονα κατασκευάζεται από χαλύβδινους ή χάλκινους σωλήνες και από τον υποβιβαστή πίεσης “πνεύμονα” μέχρι το κινητήρα από ελαστικούς σωλήνες με συρμάτινο προστατευτικό μανδύα. Ο σωλήνας είναι κατασκευασμένος από υλικό ανθεκτικό στο LPG και έχει ελάχιστη διατομή εξόδου των αναθυμιάσεων 500 mm^2 . Το αεροστεγές περικάλυμμα αντέχει σε εσωτερική πίεση 0,1 bar. Οι άκαμπτοι σωλήνες κατασκευάζονται από χάλυβα ή χαλκό ειδικών προδιαγραφών. Εάν είναι χάλκινοι προστατεύονται με ελαστικό ή πλαστικό μανδύα. Η εξωτερική τους διάμετρος δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερη των 12 mm και το πάχος τους πρέπει να είναι τουλάχιστον 0,8 mm. Οι μεταλλικοί σωλήνες (Σχήμα 2.9α) πρέπει να στερεώνονται κατά τέτοιο τρόπο ώστε να μη καταπονούνται και να είναι προστατευμένοι από προσκρούσεις. Αυτοί δεν πρέπει να διέρχονται από σημεία στα οποία στερεώνεται ο γρύλλος του οχήματος και όταν περνούν από μεταλλικές επιφάνειες πρέπει να περιβάλλονται από προστατευτικό υλικό, ακόμη και όταν έχουν προστατευτικό μανδύα. Δεν επιτρέπεται η σύνδεση των μεταλλικών σωληνών με κασσιτεροκόλληση, οξυγονοκόλληση ή συμπίεση. Η σύνδεσή τους γίνεται μόνο με συνδέσμους κατασκευασμένους από υλικό ανθεκτικό σε διάβρωση. Η δημιουργία σπειρών των μεταλλικών σωληνώσεων βοηθά στην απορρόφηση κραδασμών. Οι συνδέσεις των σωληνών απαγορεύεται να βρίσκονται εντός του χώρου των επιβατών ή σε κλειστό χώρο αποσκευών. Σε αυτούς τους χώρους το μήκος των σωληνών είναι κατά βάση το ελάχιστο δυνατό.



Σχήμα 2.9 Συνδέσεις και στερέωση α)μεταλλικού και β)ελαστικού σωλήνα παροχής LPG

2.2.5 Διακόπτης επιλογής καυσίμου

Ο διακόπτης επιλογής καυσίμου (Σχήμα 2.10) βρίσκεται στο ταμπλό του οδηγού και επιτρέπει στον οδηγό να επιλέξει το καύσιμο που θα χρησιμοποιήσει, βενζίνη ή LPG.



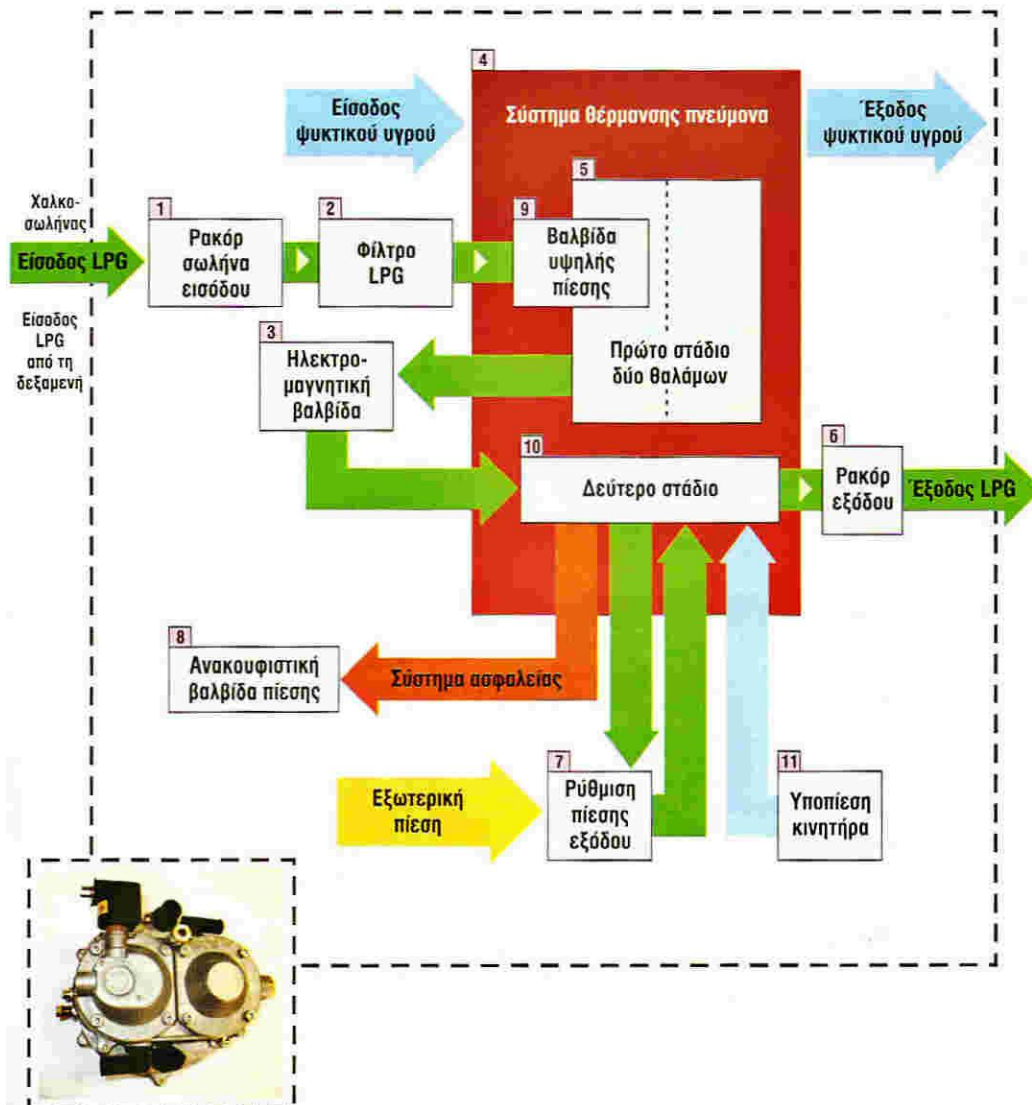
Σχήμα 2.10 Διακόπτης επιλογής καυσίμου, σε διάφορες καταστάσεις λειτουργίας του συστήματος

2.2.6 Υποβιβαστής πίεσης - “Πνεύμονας” σε συστήματα αέριου ψεκασμού

Το LPG οδηγείται από τη δεξαμενή στη μονάδα αεριοποίησης “πνεύμονας” (Σχήμα 2.11) όπου έρχεται σε αέρια κατάσταση και ρυθμίζεται η πίεση ώστε να μπορεί να τροφοδοτήσει με επαρκή τρόπο τους εγχυτήρες ψεκασμού. Για να αεριοποιηθεί το LPG πρέπει να θερμανθεί με ασφαλή τρόπο οπότε χρησιμοποιείται το κύκλωμα ψύξης του κινητήρα. Με κατάλληλες σωληνώσεις κυκλοφορεί στο κέλυφος του υποβιβαστή πίεσης “πνεύμονα” ζεστό νερό από το κύκλωμα ψύξης του κινητήρα. Στον υποβιβαστή πίεσης “πνεύμονα” υπάρχει σωληνοειδής ηλεκτρονική βαλβίδα η οποία διακόπτει τη ροή του αερίου προς τους εγχυτήρες ψεκασμού όταν σβήσει ο κινητήρας και δεν επιτρέπει τη διαφυγή του αερίου που έχει παγιδευτεί εντός του προς το περιβάλλον. Η πίεση εξόδου του ρυθμιστή πίεσης είναι από 0,9 έως 1,7 bar ανάλογα το μέγεθος του κινητήρα και την απόδοση αυτού, ενώ υπάρχουν “πνεύμονες” ενός ή δύο σταδίων (Σχήμα 2.12). Από τον πνεύμονα το αέριο αφού περάσει από κατάλληλο φίλτρο το οποίο αντικαθίσταται κάθε 20.000 με 30.000km οδηγείται στον κοινό συλλέκτη-διανομέα αερίου καυσίμου. Αναλυτικά τα μέρη από τα οποία αποτελείται ο υποβιβαστής πίεσης παρατίθενται στον Πίνακα 2.1.



Σχήμα 2.11 “Πνεύμονας” – υποβιβαστής πίεσης LPG



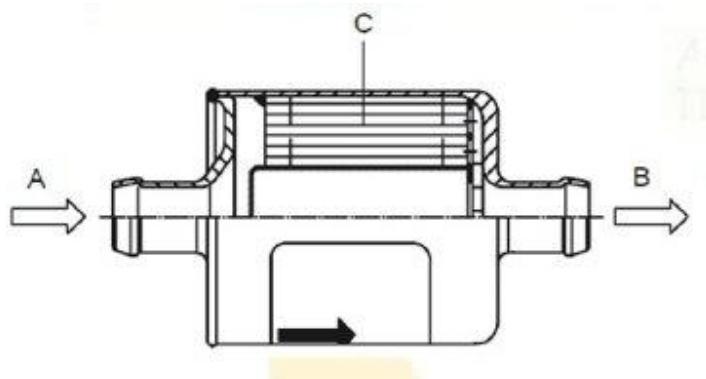
Σχήμα 2.12 Διάγραμμα ροής υποβιβαστή πίεσης “πνεύμονα” δύο σταδίων

A/A		
1	Σύνδεσμος (ρακόρ) σωλήνα εισόδου	Σύνδεσμος (ρακόρ) χαλκοσωλήνα για μεταφορά LPG από τη δεξαμενή
2	Φίλτρο LPG	Εξάρτημα που χρησιμοποιείται για τον καθαρισμό του LPG που έρχεται από τη δεξαμενή
3	Ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα	Φυσιολογικά κλειστή, έχει τη λειτουργία να διακόπτει και να σταματά τη ροή LPG που έρχεται από τη δεξαμενή
4	Σύστημα θέρμανσης υποβιβατή πίεσης “πνεύμονα”	Για να αποφευχθεί το πάγωμα του LPG διατίθεται ένας θάλαμος θέρμανσης στο σώμα του πνεύμονα. Το ζεστό ψυκτικό υγρό του κινητήρα κυκλοφορεί στη βάση και τα τοιχώματα του θαλάμου, θερμαίνοντας τα.
5	1ο στάδιο πνεύμονα	Θάλαμος που επιτρέπει μείωση της πίεσης του LPG
6	Σύνδεσμος (ρακόρ) εξόδου	Σύνδεσμος (ρακόρ) χαλκοσωλήνα στην έξοδο του πνεύμονα προς τον κινητήρα
7	Ρύθμιση πίεσης εξόδου	Επιτρέπει μια μηχανική ρύθμιση της πίεσης εξόδου, ώστε να συμφωνεί με τις απαιτήσεις διαφόρων κινητήρων αυτοκινήτων
8	Ανακουφιστική βαλβίδα πίεσης	Βαλβίδα με ελατήριο, το οποίο επιτρέπει την εκτόνωση LPG σε αέρια φάση (ατμοί) από τον πνεύμονα σε περίπτωση υπερπίεσης
9	Βαλβίδα υψηλής πίεσης	Έρχεται από την μεμβράνη υψηλής πίεσης και ρυθμίζει την πίεση του LPG (0,6bar)
10	2ο στάδιο μείωσης της πίεσης	Στον θάλαμο 2ου σταδίου η πίεση μειώνεται περισσότερο, μέχρι την ατμοσφαιρική
11	Υποπίεση κινητήρα	Επιδρά μέσω της μεμβράνης στη ρύθμιση παροχής LPG ανάλογα με το φορτίο του κινητήρα

Πίνακας 2.1 Περιγραφή εξαρτημάτων υποβιβαστή πίεσης – “πνεύμονα”

2.2.7 Φίλτρο LPG

Το φίλτρο τοποθετείται ανάμεσα στην έξοδο από τον πνεύμονα και την είσοδο στον κοινό συλλέκτη-διανομέα καυσίμου. Φιλτράρει μικροσωματίδια και σταγονίδια. Το φίλτρο LPG έχει πάνω του βέλος που δείχνει την σωστή φορά τοποθέτησης του (Σχήμα 2.13). Το βελάκι αυτό πρέπει να δείχνει τη ροή του καυσίμου. Το φίλτρο πρέπει να αντικαθίσταται κάθε 20.000 km - 30.000 km.



Σχήμα 2.13 A: είσοδος καυσίμου B: έξοδος καυσίμου C:Στοιχείο φιλτραρίσματος

2.2.8 Ηλεκτρική καλωδίωση

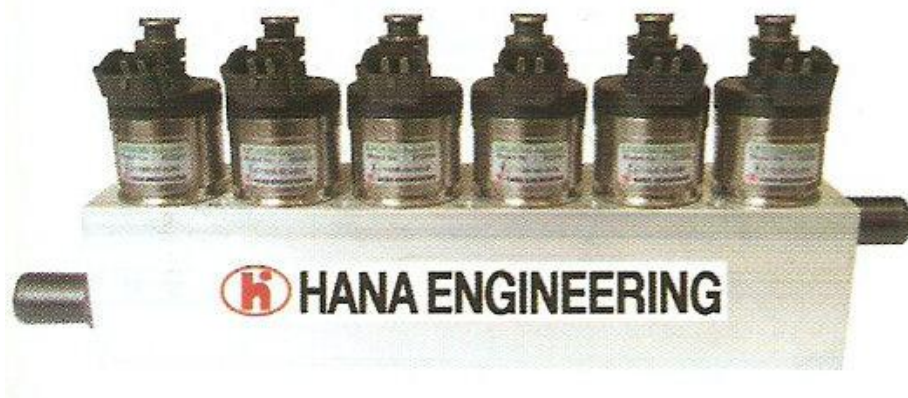
Το ηλεκτρικό κύκλωμα των στοιχείων της εγκατάστασης υγραεριοκίνησης πρέπει να προστατεύεται από υπερφορτίσεις και να διαθέτει μία τουλάχιστον ασφάλεια στο καλώδιο τροφοδοσίας του. Όλα τα ηλεκτρικά στοιχεία που εγκαθίστανται σε τμήμα του συστήματος υγραεριοκίνησης στο οποίο η πίεση υπερβαίνει τα 0.2 bar (20 kPa) πρέπει να συνδέονται στη γείωση του οχήματος με ξεχωριστό αγωγό.

2.2.9 Εγχυτήρες (μπεκ) ψεκασμού LPG

Ο κοινός συλλέκτης-διανομέας καυσίμου (διακλαδωτήρας ή μπεκιέρα ή φλογέρα κατά τη γλώσσα των μηχανικών), διαχωρίζει την παροχή του αερίου σε ισάριθμους εγχυτήρες ψεκασμού όσοι και οι κύλινδροι του κινητήρα (Σχήμα 2.14). Σε κάποιες περιπτώσεις κινητήρων V χρησιμοποιείται και δεύτερος συλλέκτης-διανομέας καυσίμου ώστε να υπάρχει ένας για κάθε σειρά κυλίνδρων (Σχήμα 2.15) , αφού η μέγιστη απόσταση του κοινού συλλέκτη από τον κάθε εγχυτήρα ψεκασμού είναι καθορισμένη από τον κατασκευαστή του κάθε συστήματος και δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 20 cm. Η θέση και η γωνία τοποθέτησης των εγχυτήρων ψεκασμού παίζουν σημαντικό ρόλο στην σωστή παροχή καυσίμου προς τον κινητήρα (Σχήμα

2.16). Η θέση κάθε εγχυτήρα επάνω στην πολλαπλή εισαγωγής πρέπει να είναι όσο πιο κοντά γίνεται στην βαλβίδα εισαγωγής και η γωνία του να ακολουθεί κατά το δυνατόν την ροή του αέρα της πολλαπλής εισαγωγής.

Οι εγχυτήρες ψεκασμού έχουν συνήθως διάμετρο 2.0, 2.5 και 3.0 mm ανάλογα με την απόδοση του κινητήρα. Ένα πολύ σημαντικό θέμα αφορά το χρόνο απόκρισης των εγχυτήρων ψεκασμού στον ηλεκτρονικό παλμό που λαμβάνουν από τον εγκέφαλο καθώς από αυτόν εξαρτάται η ακρίβεια στην έγχυση του αερίου στο θάλαμο καύσης. Συνήθως ο χρόνος απόκρισης είναι από 1.5 έως 1.9 msec. Κλειδί για την εύρυθμη λειτουργία του συστήματος είναι ο ηλεκτρονικός έλεγχος που διαθέτουν καθώς ο εγκέφαλος της εγκατάστασης μπορεί και αλληλοεπιδρά με το υπάρχον σύστημα διαγνωστικού ελέγχου OBD (On Board Diagnostics) του κινητήρα.



2.14 Συλλέκτης εγχυτήρων(μπεκ) για εν σειρά εξακύλινδρο κινητήρα



Σχήμα 2.15 Κοινός συλλέκτης εγχυτήρων (μπεκ) ψεκασμού για εξακύλινδρο κινητήρα

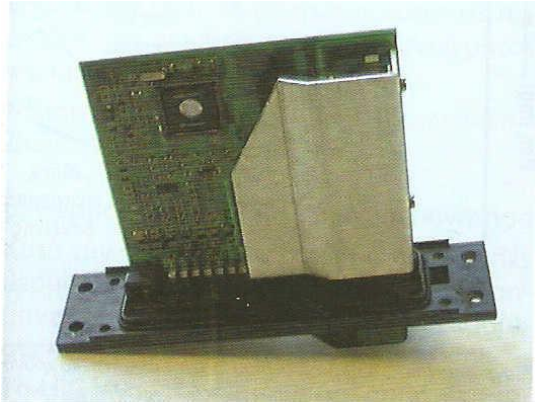


Σχήμα 2.16 Εγχυτήρες(μπεκ) LPG καθέτου και πλευρικής ροής

2.2.10 Εγκέφαλος LPG

Ο εγκέφαλος του συστήματος LPG συνδέεται με τον εγκέφαλο του κινητήρα για να προσδιοριστεί ο σωστός ψεκασμός τόσο χρονικά όσο και ποσοτικά (Σχήμα 2.17). Η ηλεκτρονική μονάδα διαβάζει τα σήματα από τους υπάρχοντες αισθητήρες για τις στροφές του κινητήρα, τη θέση της πεταλούδας του γκαζιού και τις ενδείξεις του αισθητήρα λάμδα. Από την ηλεκτρονική μονάδα δίνεται ο παλμός στους εγχυτήρες και γίνεται ο διαδοχικός ψεκασμός.

Στην ηλεκτρονική μονάδα του LPG συνδέεται ο διακόπτης ελέγχου που τοποθετείται στο ταμπλό του αυτοκινήτου όπου υπάρχουν όλα τα απαραίτητα χειριστήρια για την αλλαγή από γκάζι σε βενζίνη και το αντίστροφο. Επίσης υπάρχει κι ένδειξη για την εναπομείνασα ποσότητα LPG στη δεξαμενή καυσίμου.



Σχήμα 2.17 Εγκέφαλος για σύστημα LPG

2.3 Κατηγορίες - Γενιες Συστημάτων LPG

Τα συστήματα LPG έχουν γενικά σχεδιαστεί να λειτουργούν σε βενζινοκινητήρες και έχουν περάσει από διάφορα στάδια εξέλιξης, ανάλογα με την κατασκευή, τη χρήση τους και την αντιρρυπαντική τους κατάταξη.

Οι κύριες κατηγορίες συστημάτων LPG είναι οι εξής:

2.3.1 Συμβατικά συστήματα Venturi ή ενός σημείου

Αποτελούνται από έναν μετατροπέα-μείκτη και έναν υποβιβαστή πίεσης “πνεύμονα” για να μετατρέψουν το υγροποιημένο LPG στο δοχείο αποθήκευσης, σε αέριο LPG. Μετά τροφοδοτούν το αέριο στον μείκτη, όπου αναμειγνύεται με τον αέρα εισαγωγής. Αυτή η διάταξη ονομάζεται σύστημα Venturi ή ενός σημείου.

2.3.2 Συστήματα ψεκασμού αέριας φάσης LPG

Τα συστήματα ψεκασμού αέριας φάσης LPG χρησιμοποιούν επίσης έναν μετατροπέα, αλλά σε αντίθεση με το σύστημα μείκτη, το αέριο εξέρχεται από τον μετατροπέα υπό μια ρυθμιζόμενη πίεση. Το αέριο στη συνέχεια ψεκάζεται στην πολλαπλή εισαγωγής αέρα μέσω μιας σειράς ηλεκτρικά ελεγχόμενων εγχυτήρων. Οι χρόνοι ανοίγματος των εγχυτήρων ελέγχονται από την μονάδα ελέγχου του (εγκέφαλου) συστήματος LPG. Αυτή η μονάδα λειτουργεί κατά τον ίδιο τρόπο με τη μονάδα ελέγχου ψεκασμού της βενζίνης. Αυτό επιτρέπει την περισσότερο ακριβή δοσολογία του καυσίμου στον κινητήρα, που είναι δυνατή σε σχέση με τα συστήματα Venturi, βελτιώνοντας την οικονομία ή και την ισχύ, ενώ ταυτόχρονα μειώνονται οι εκπομπές καυσαερίων.

2.3.3 Συστήματα ψεκασμού υγρού τύπου

Τα πιο μοντέρνα αυτά συστήματα ψεκάζουν LPG σε υγρή κατάσταση, οπότε η εγκατάσταση είναι λίγο πιο απλή σε σύγκριση με αυτά του αερίου τύπου, καθώς χρησιμοποιούνται λιγότερα εξαρτήματα και γίνονται λιγότερες παρεμβάσεις. Η δεξαμενή δεν διαφέρει από την κοινή χαλύβδινη που χρησιμοποιείται και στα λοιπά συστήματα υγραεριοκίνησης όμως η παροχή του LPG εξασφαλίζεται από μία αντλία η οποία είναι τοποθετημένη μέσα στη δεξαμενή καυσίμου. Στη δεξαμενή είναι τοποθετημένοι επίσης όλοι οι ηλεκτρομηχανικοί αυτοματισμοί ασφαλείας, όπως η βαλβίδα ανακούφισης και η βαλβίδα τροφοδοσίας, αλλά και οι αισθητήρες που ελέγχουν τις παραμέτρους του ανεφοδιασμού. Και στις δεξαμενές αυτές ισχύει ο κανόνας πλήρωσης στο 80% ώστε να υπάρχει ελεύθερος χώρος εκτόνωσης σε περίπτωση θέρμανσης της δεξαμενής, λόγω υψηλών θερμοκρασιών περιβάλλοντος είτε λόγω πυρκαγιάς.

Από τη δεξαμενή το LPG οδηγείται με σωλήνες πίεσης απευθείας στους εγχυτήρες και η πλεονάζουσα ποσότητα επιστρέφει μέσω ρυθμιστικής βαλβίδας πίεσης πίσω στη δεξαμενή. Ο εγκέφαλος φροντίζει για το σωστό χρονισμό του ψεκασμού λαμβάνοντας σήμα από τους εγχυτήρες βενζίνης. Στα συστήματα υγρού τύπου χρησιμοποιούνται διαφορετικά είδη εγχυτήρων ανάλογα με τις ανάγκες του κινητήρα και του χρόνου έγχυσης.

Ένα μεγάλο πλεονέκτημα των συγκεκριμένων συστημάτων είναι η διατήρηση της χαμηλής θερμοκρασίας του εισερχόμενου μίγματος. Ένα άλλο πλεονέκτημα του συστήματος υγρού ψεκασμού είναι ότι ο εργοστασιακός εγκέφαλος του αυτοκινήτου διαχειρίζεται τον ψεκασμό του LPG έχοντας σαν αποτέλεσμα την μέγιστη απόδοση του κινητήρα καθώς και την χαμηλότερη κατανάλωση καυσίμου. Επιπροσθέτως παρέχει σωστή αυτοδιάγνωση σε περίπτωση βλάβης, αφού ένα πιθανό λάθος διορθώνεται από τον ίδιο τον εγκέφαλο του αυτοκινήτου. Ένα άλλο σοβαρό πλεονέκτημα του συστήματος υγρού ψεκασμού είναι ότι δεν χρειάζεται το εξάρτημα του υποβιβαστή πίεσης “πνεύμονας” και δεν χρησιμοποιείται το κύκλωμα ψύξης του αυτοκινήτου. Σε κάθε περίπτωση, στα συστήματα υγρού τύπου (5ης και 6ης γενιάς) ο εγκαταστάτης μηχανικός πρέπει να είναι ιδιαίτερα προσεκτικός στη ρύθμιση της έγχυσης των εγχυτήρων καθώς η σωστή λειτουργία εξαρτάται από το χρόνο έγχυσης σε συνδυασμό με την πίεση στη δεξαμενή καυσίμου. Επίσης στην ρύθμιση (καλιμπράρισμα) της λειτουργίας τροφοδοσίας του καυσίμου έχουμε σημαντικές διαφοροποιήσεις για τα αυτοκίνητα με κινητήρα υπερπλήρωσης και τα αυτοκίνητα ατμοσφαιρικής πλήρωσης. Σε περίπτωση βλάβης των εξαρτημάτων του συστήματος LPG, για να αποτραπεί ζημιά σε άλλα εξαρτήματα του κινητήρα διακόπτεται η λειτουργία του συστήματος.

2.3.4 Σύγκριση αερίου και υγρού τύπου

Ένα από τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα των συστημάτων υγραεριοκίνησης υγρού τύπου είναι ότι δεν υπάρχει μείωση της απόδοσης από 10% έως 20% που παρατηρείται στα συστήματα αερίου τύπου. Κατά την κρύα εκκίνηση ο κινητήρας λειτουργεί το ίδιο ομαλά όπως με τη βενζίνη, ενώ το στοιχειομετρικό μίγμα επιτυγχάνεται με μεγάλη ακρίβεια και η διατήρηση του ρελαντί είναι ευκολότερη. Γενικά το σύστημα LPG υγρού τύπου πλησιάζει σε συμπεριφορά κατά την καύση τους κοινούς βενζινοκινητήρες, ενώ κάποια προβλήματα στις έδρες των βαλβίδων εξαγωγής λόγω της έγχυσης υγρού καυσίμου περιορίζονται. Το βασικό μειονέκτημα των συστημάτων υγρού τύπου είναι το υψηλό κόστος που σε κάποιες περιπτώσεις μπορεί να φτάσει και το διπλάσιο, σε σχέση με μια κοινή διάταξη αερίου ψεκασμού. Αναλυτικά οι διαφορές των δύο τύπων συστημάτων υγραεριοκίνησης αναφέρονται στον Πίνακα 2.2 που ακολουθεί.

ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΜΕΤΑΞΥ ΑΕΡΙΟΥ - ΥΓΡΟΥ ΨΕΚΑΣΜΟΥ			
Περιγραφή	Αέριος ψεκασμός LPG	Υγρός ψεκασμός LPG	Υγρός άμεσος ψεκασμός LPG
Γενιές	4ης γενιάς	5ης γενιάς	6ης γενιάς
Εργοστασιακή εγκατάσταση	NAI	NAI	NAI
Εγκατάσταση After Market	NAI	NAI	NAI
Υποβιβαστής πίεσης “Πνεύμονας”	NAI	OXI	OXI
Κύκλωμα ψύξης (ψυκτικό υγρό “πνεύμονα”)	NAI	OXI	OXI
Εγκέφαλος LPG	NAI	NAI	NAI
Αντλία LPG	OXI	NAI	NAI

Αντλία υψηλής πίεσης	OXI	Ξεχωριστός ρυθμιστής πίεσης με αισθητήρα	Κοινή με σύστημα τροφοδοσίας βενζίνης
Εγχυτήρες LPG	Αερίου ψεκασμού On-Off τύπου εμβόλου	Υγρού ψεκασμού τύπου εμβόλου (ελεγχόμενα ως προς την ένταση)	Υγρού ψεκασμού τύπου βελόνας (κοινοί με εγχυτήρες βενζίνης)
Ψεκασμός LPG	Έμεσος πριν την βαλβίδα εισαγωγής	Έμεσος πριν την βαλβίδα εισαγωγής	Άμεσος εντός του κυλίνδρου, όμοια με βενζίνη για άμεσο ψεκασμό

Πίνακας 2.2 Διαφορές συστημάτων LPG αερίου και υγρού τύπου

Ανεξάρτητα από ποιας γενιάς σύστημα LPG (αερίου τύπου) χρησιμοποιείται, θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη:

- Το καύσιμο (LPG) όταν αλλάζει κατάσταση από υγρό σε αέριο έχει θερμοκρασία περίπου -45°C και για αυτό το λόγο σε συνθήκες κρύου κινητήρα πρέπει να ξεκινά η λειτουργία με βενζίνη, έως ότου η θερμοκρασία του ψυκτικού υγρού να φτάσει τους 40°C , για να αποφευχθεί η δημιουργία πάγου στον υποβιβαστή πίεσης “πνεύμονα” ή στους εγχυτήρες (η συγκεκριμένη παρατήρηση δεν ισχύει για τα συστήματα 6^{ης} γενιάς-υγρού τύπου).
- Το αέριο LPG δεν έχει καμία λιπαντική ιδιότητα και ειδικά στους παλαιότερους κινητήρες υπάρχει σοβαρή πιθανότητα να φθείρονται οι έδρες των βαλβίδων εισαγωγής και εξαγωγής. Για την πρόληψη της φθοράς τους τοποθετείται πρόσθετο σύστημα λίπανσης των βαλβίδων με ειδικό λιπαντικό.

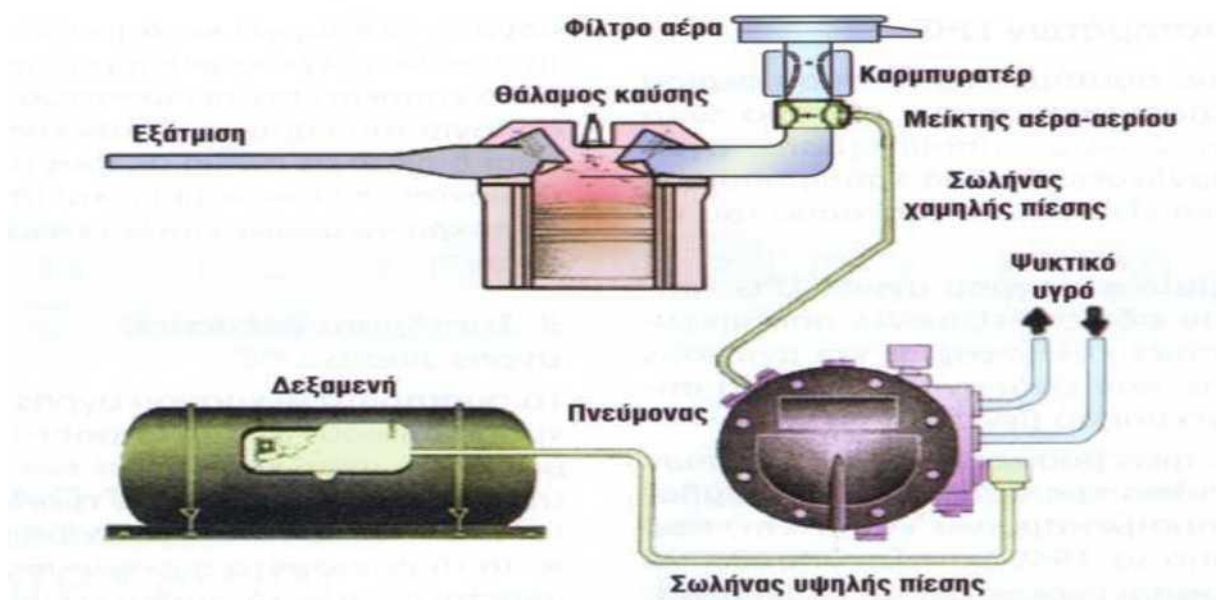
2.4 Γενιές συστημάτων μετατροπής

Κατά βάση για εμπορικούς σκοπούς η εξέλιξη των συστημάτων LPG, κατηγοριοποιείται σε “γενιές” οι οποίες είναι οι εξής:

2.4.1 1η Γενιά

Συστήματα Venturi, ανοικτού ελέγχου χωρίς ηλεκτρονικούς ελέγχους (χωρίς έλεγχο λάμδα). Ψεκάσμος μονού σημείου (ανοικτός έλεγχος).

Η 1η γενιά συστημάτων υγραεριοκίνησης αναφέρεται στο σύστημα μονού ψεκάσμου - ανοικτού βρόγχου δηλαδή χωρίς ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου (Σχήμα 2.18). Είναι η πιο απλή εγκατάσταση και έχει την ευκολότερη προσαρμογή. Είναι το αρχικό σύστημα υγραεριοκίνησης που χρησιμοποιείται σε οχήματα τα οποία δεν έχουν καταλυτικό μετατροπέα ή αισθητήρα οξυγόνου στο σύστημα εξαγωγής καυσαερίων. Οι μοναδικές ηλεκτρικές συνδέσεις που απαιτούνται είναι αυτή της αλλαγής από την βενζίνη σε LPG και η καλωδίωση των ηλεκτρομαγνητικών βαλβίδων. Το σύστημα αυτό εφαρμόστηκε στα αυτοκίνητα με καρμπυρατέρ και στα πρώτα αυτοκίνητα με σύστημα ψεκάσμου (injection). Το σύστημα αυτό έχει σαν μειονέκτημα την απώλεια ισχύος μέχρι και 15%, ενώ είναι και υπαρκτός ο κίνδυνος της αντεπιστροφής της φλόγας μέσω του συστήματος εισαγωγής αέρα που μπορεί να προκαλέσει βλάβες στις βαλβίδες.

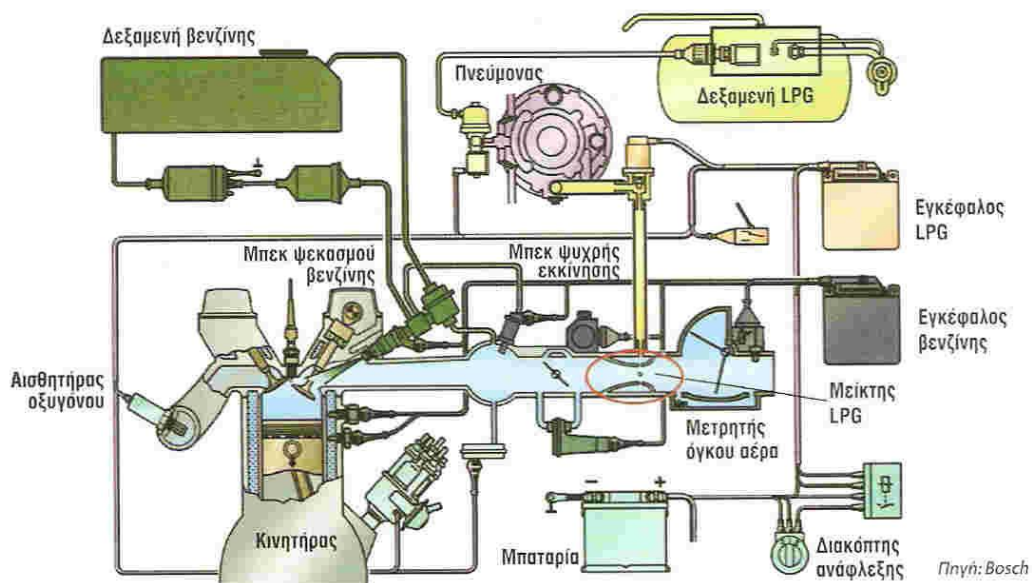


Σχήμα 2.18 Σύστημα LPG ανοικτού ελέγχου 1ης γενιάς

2.4.2 2η γενιά

Ψεκασμός μονού σημείου (σύστημα κλειστού ελέγχου) αναλογικά ρυθμιζόμενα συστήματα με αισθητήρα λάμδα, που χρησιμοποιούνται σε αυτοκίνητα με τριοδικό καταλύτη.

Η 2η γενιά συστημάτων υγραεριοκίνησης είναι επί της ουσίας ίδια με το σύστημα 1ης γενιάς με την διαφορά ότι το σύστημα ελέγχεται από μια ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου που λαμβάνει τις μετρήσεις από τον αισθητήρα οξυγόνου στην εξάτμιση, τον αισθητήρα θέσης της στραγγαλιστικής βαλβίδας και από τις στροφές του κινητήρα (Σχήμα 2.19). Παρ' όλο που το σύστημα είναι βελτιωμένο σε σχέση με το προηγούμενο τα μειονεκτήματα παραμένουν τα ίδια, αλλά έχουν βελτιωθεί αρκετά οι εκπομπές και η κατανάλωση καυσίμου. Το σύστημα αυτό είναι κατάλληλο για τους περισσότερους κινητήρες ηλεκτρονικού ψεκασμού (injection) με καταλυτικό μετατροπέα. Ο κίνδυνος αντεπιστροφής της φλόγας εξακολουθεί και ισχύει με κίνδυνο να προκληθούν βλάβες και στον αισθητήρα πίεσης πολλαπλής εισαγωγής και στον μετρητή ροής αέρα.

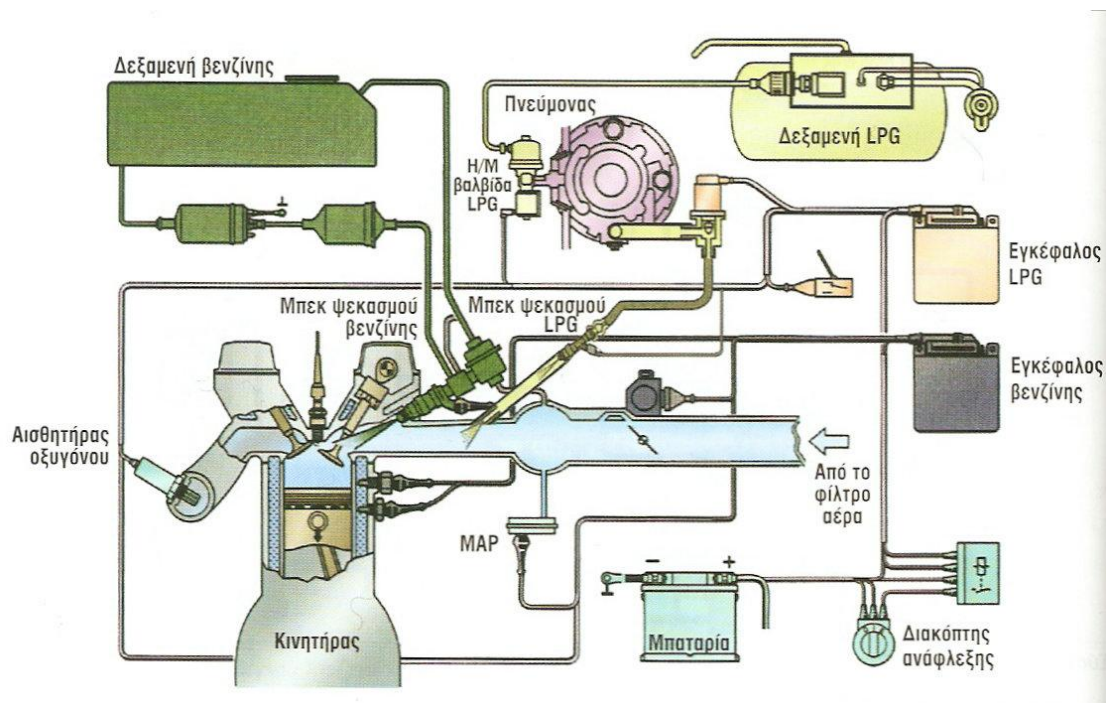


Σχήμα 2.19 Σύστημα LPG κλειστού ελέγχου 2ης γενιάς

2.4.3 3η γενιά

Ψεκασμός πολλαπλών σημείων, ελεγχόμενος από ηλεκτρονική μονάδα με σύστημα κλειστού ελέγχου, τα συστήματα αυτά ικανοποιούν τα όρια εκπομπής καυσαερίων.

Σε αυτό το σύστημα αυξάνεται η πολυπλοκότητα της ηλεκτρονικής μονάδας, ανάλογα με το επίπεδο της εξέλιξης (Σχήμα 2.20). Οι απλούστερες ηλεκτρονικές μονάδες “παραπλανούν” κατά μια έννοια το σύστημα διαχείρισης του κινητήρα και οι περισσότερο πολύπλοκες ενοποιούνται με το σύστημα διαχείρισης του κινητήρα και χρησιμοποιούν τα παρεχόμενα δεδομένα για τον έλεγχο των εγχυτήρων ψεκασμού του LPG. Ο τύπος αυτός είναι κατάλληλος για την πλειονότητα των οχημάτων προσφέροντας καλές αποδόσεις και αξιοπιστία, χωρίς τις αρνητικές παρενέργειες των συστημάτων μονού ψεκασμού.



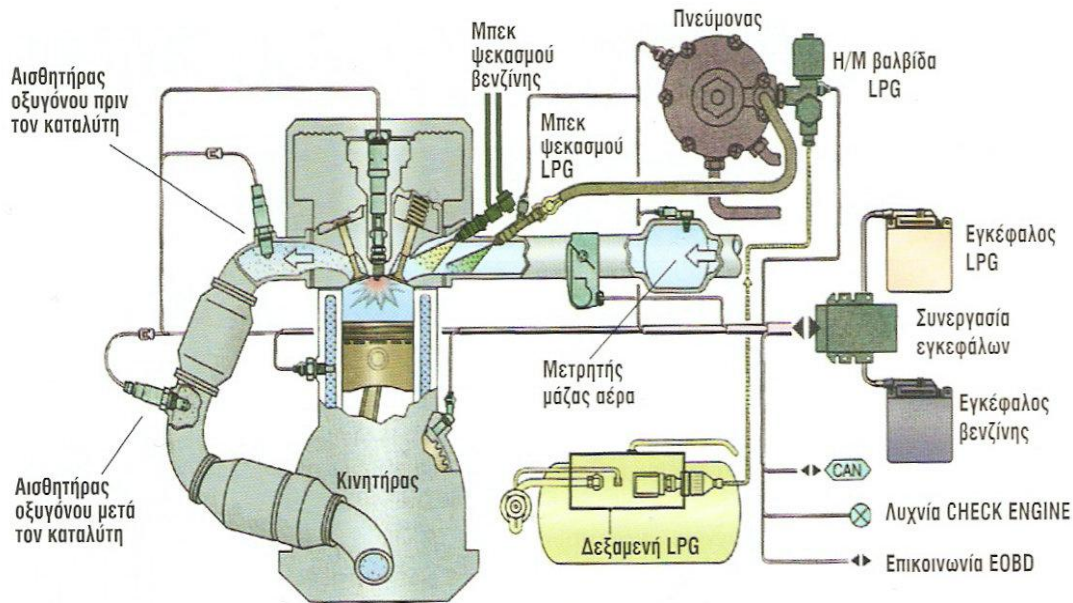
Σχήμα 2.20 Σύστημα ψεκασμού LPG 3ης γενιάς

2.4.4 4η γενιά

Σύστημα σειριακού αέριου ψεκασμού καυσίμου πολλαπλών σημείων ελεγχόμενο από μικροεπεξεργαστή με κλειστό σύστημα ελέγχου που ικανοποιεί τα όρια εκπομπών καυσαερίων EURO 3, EURO 4 και σύστημα EOBD (European On Board Diagnostics).

Τα συστήματα 4ης γενιάς υγραεριοκίνησης εισάγουν το σύστημα πολλαπλού και διαδοχικού ψεκασμού (Σχήμα 2.21). Αυτή η τεχνολογία του συστήματος πολλαπλού ψεκασμού είναι ο καλύτερος τρόπος μετατροπής για τα νέα αυτοκίνητα με τα πολύπλοκα συστήματα διαχείρισης κινητήρα ώστε αυτά να μπορούν να λειτουργήσουν σωστά με LPG και να μην εμφανίζουν τα προβλήματα των συστημάτων μονού ψεκασμού. Τα συστήματα αυτά μπορούν να προσαρμοστούν στα περισσότερα οχήματα με καταλυτικό μετατροπέα και είναι παρόμοια με εκείνα της προηγούμενης γενιάς αλλά αντί για τον ταυτόχρονο ψεκασμό καυσίμου σε όλους τους κυλίνδρους γίνεται διαδοχικός ψεκασμός ακολουθώντας τον κανονικό κύκλο παροχής καυσίμου του οχήματος. Το σήμα για τους εγχυτήρες βενζίνης προσαρμόζεται και εφαρμόζεται στους εγχυτήρες αερίου LPG σε πραγματικό χρόνο (συνεργασία εγκεφάλων βενζίνης-LPG) παρέχοντας μια ακριβή δοσολογία καυσίμου σε όλες τις συνθήκες που ορίζει ο κατασκευαστής για τον κινητήρα. Ο υπολογιστής καυσίμου λαμβάνει τις πληροφορίες που χρειάζεται για να λειτουργήσει τον ψεκασμό του LPG από το σύστημα ψεκασμού βενζίνης. Έτσι ο κινητήρας είναι σαν να λειτουργεί με βενζίνη και κάθε λάθος στη μείξη καυσίμου αντισταθμίζεται από το αρχικό σύστημα διαχείρισης, ενώ το σήμα που στέλνεται στους αρχικούς εγχυτήρες ερμηνεύεται και χρησιμοποιείται για να ψεκαστεί το LPG. Για αυτό τον λόγο οι επιδόσεις έχουν τα χαρακτηριστικά της οδήγησης της βενζίνης. Αυτά τα συστήματα ενσωματώνονται εύκολα σε αυτοκίνητα με σύστημα διάγνωσης EOBD (European Onboard Diagnostics).

Πιο εξελιγμένες μορφές των συστημάτων 4ης γενιάς, εμφανίζουν μια “ερμαφρόδιτη” λειτουργία με τοποθέτηση εγχυτήρων ψεκασμού αερίου LPG στην πολλαπλή εισαγωγή. Τα συστήματα αυτά που συχνά αποκαλούνται (λανθασμένα) και 7ης γενιάς, επιτρέπουν στον κινητήρα να δουλεύει μέχρι τις 1300 στροφές μόνο με βενζίνη. Μετά τις 1300 στροφές και με την εποπτεία μιας ηλεκτρονικής μονάδας που είναι συνδεδεμένη με τον εγκέφαλο του αυτοκινήτου, επιβάλλει στους εγχυτήρες της βενζίνης να ψεκάζουν 10% παροχή καυσίμου για λόγους ψύξης και εκτόνωσης της πίεσης, με το υπόλοιπο 90% να τροφοδοτείται με LPG σε αέρια μορφή, ενώ γύρω στις 4500 στροφές το πρόγραμμα επαναφέρει την λειτουργία του σε αμιγώς βενζινοκίνητη τροφοδοσία καυσίμου.



Σχήμα 2.21 Σύστημα ψεκασμού LPG πολλαπλών σημείων 4ης γενιάς

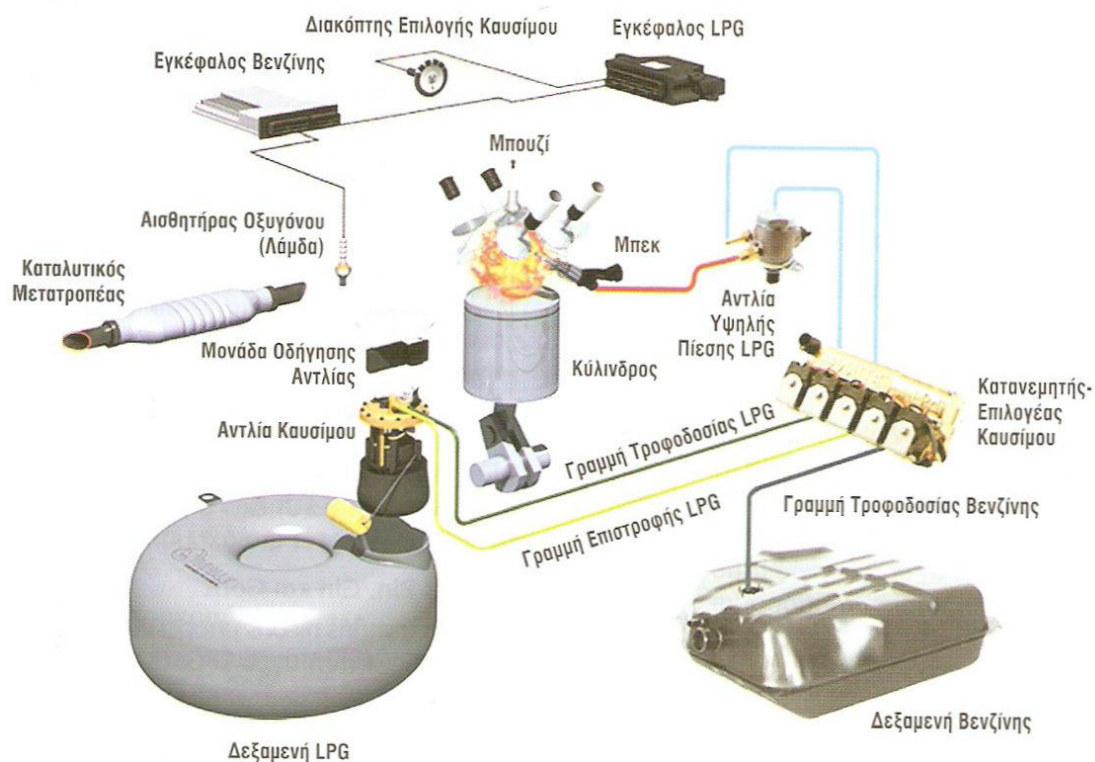
2.4.5 5η γενιά

Σύστημα σειριακού υγρού ψεκασμού LPG πολλαπλών σημείων, ελεγχόμενο από μικροεπεξεργαστή και με κλειστό σύστημα ελέγχου που ικανοποιεί το επίπεδο ορίων εκπομπής καυσαερίων EURO 3, EURO 4 και σύστημα EOBD (European On Board Diagnostics).

Η 5η γενιά συστημάτων υγραεριοκίνησης είναι ένα σύστημα πολλαπλού και διαδοχικού ψεκασμού (Σχήμα 2.22) και η διαφοροποίηση με τα συστήματα της προηγούμενης γενιάς είναι ότι το LPG ψεκάζεται σε υγρή μορφή στην πολλαπλή εισαγωγής πριν από τις βαλβίδες εισαγωγής ενώ η εξαέρωση βασίζεται στην θερμοκρασία του κινητήρα. Η βασική αρχή λειτουργίας των συστημάτων αυτών είναι να μην χρησιμοποιούνται οι εγχυτήρες της βενζίνης για να ψεκάζεται το LPG αλλά να αντικατασταθούν από εγχυτήρες LPG. Τα συστήματα 5ης γενιάς διαθέτουν εξελιγμένο ηλεκτρονικό έλεγχο (εγκέφαλο) ο οποίος εργάζεται κατά 80% πιο γρήγορα σε σχέση με τα συστήματα των προηγούμενων γενιών. Επιπλέον, διαθέτουν συνδεσιμότητα με την διαγνωστική πρίζα EOBD (European Onboard Diagnostics) του εγκέφαλου του αυτοκινήτου και έτσι διορθώνονται ηλεκτρονικά οι μικρές αλλά σημαντικές αποκλίσεις της έκχυσης LPG, πράγμα που δεν συμβαίνει με τα συστήματα 4ης γενιάς. Στην πράξη αυτό σημαίνει ότι ανά πάσα στιγμή σε οποιαδήποτε κακή λειτουργία του κινητήρα ο εγκέφαλος του αυτοκινήτου μπορεί να δώσει εντολή στον εγκέφαλο του LPG να αλλάξει άμεσα τον χρόνο ψεκασμού ώστε να διορθώσει τα προβλήματα.

Το σοβαρότερο πρόβλημα που αντιμετωπίζουν τα υγραεριοκίνητα αυτοκίνητα είναι όταν λειτουργούν με φτωχό μείγμα πράγμα που σημαίνει οικονομία στο καύσιμο αλλά κατακόρυφη άνοδο της θερμοκρασίας λειτουργίας του κινητήρα, διότι ο εγκέφαλος διαχείρισης του LPG δεν μπορεί να ρυθμίσει με απόλυτη ακρίβεια την κατάλληλη ποσότητα καυσίμου, οπότε λόγω ελλιπούς καύσης του μείγματος η ενέργεια μετατρέπεται σε θερμική. Αυτό γίνεται κυρίως σε μεγάλα ταξίδια (για μεγάλο χρονικό διάστημα λειτουργίας με LPG) που ο εγκέφαλος ρυθμίζει τον κινητήρα για όσο το δυνατόν οικονομικότερη καύση μέσα όμως στα επιτρεπτά όρια (αποκλίσεις μέχρι 20-25%). Ο εγκέφαλος της 5ης γενιάς μπορεί να υπολογίζει τον παλμό ψεκασμού LPG σύμφωνα με τα δεδομένα από τον εργοστασιακό εγκέφαλο, να τον πολλαπλασιάζει ανάλογα με κάποιο συντελεστή και να τροφοδοτεί κατάλληλα τους εγχυτήρες LPG.

Μια σειρά από άλλα πλεονεκτήματα των συστημάτων LPG 5ης γενιάς είναι η χαμηλή συντήρηση, η ικανότητα λειτουργίας του κινητήρα με υγρό LPG σε όλες τις θερμοκρασίες κάτω από το μηδέν, εξαιτίας της απουσίας ανάγκης ατμοποίησης του LPG πριν την εκκίνηση του κινητήρα. Στα μειονεκτήματα των συστημάτων αυτών περιλαμβάνεται η ευαισθησία σε ακάθαρτο καύσιμο και η υψηλή πολυπλοκότητα του συστήματος και κατ' επέκταση της όλης εγκατάστασης.

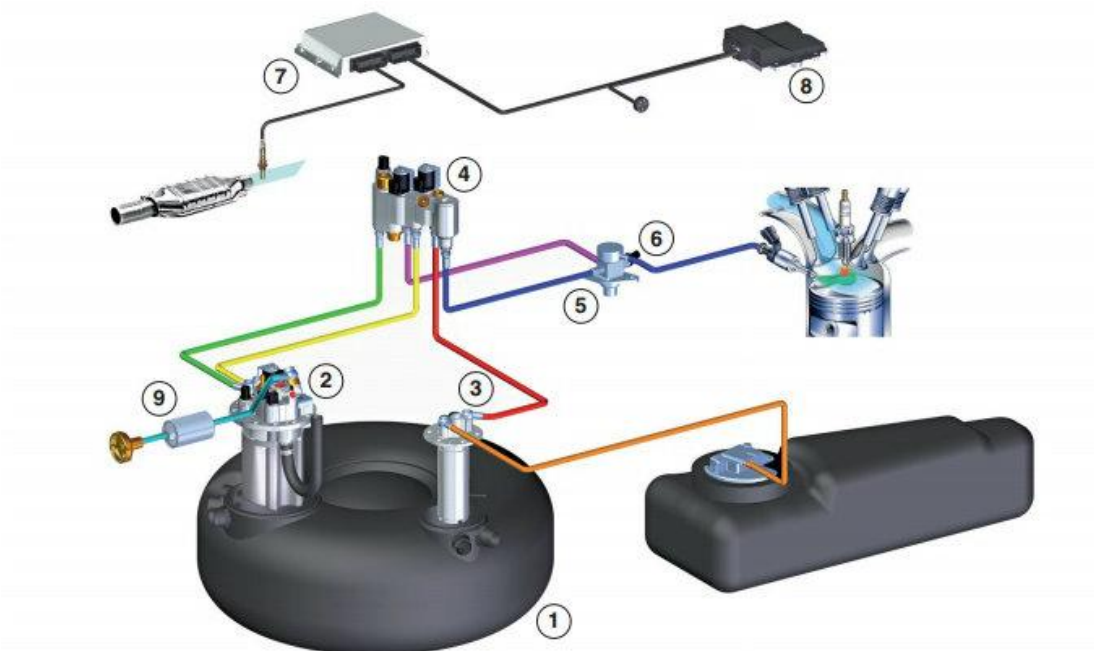


Σχήμα 2.22 Σύστημα έμμεσου ψεκασμού 5ης γενιάς

2.4.6 6η γενιά

Κάποιοι κατασκευαστές συστημάτων υγρού ψεκασμού LPG παρέχουν συστήματα για κινητήρες με άμεσο ψεκασμό βενζίνης, συστήματα που αποτελούν την 2η γενιά των συστημάτων υγρού ψεκασμού.

Στα συστήματα 6ης γενιάς το LPG ψεκάζεται απ' ευθείας μέσα στον κύλινδρο κάτω από υψηλή πίεση 40-150 bar (Σχήμα 2.23). Ο άμεσος ψεκασμός εξασφαλίζει χαμηλότερη κατανάλωση καυσίμου και χαμηλότερες εκπομπές ρύπων. Το σύστημα του άμεσου υγρού ψεκασμού μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε συνδυασμό με πολλές διαφορετικές μάρκες κινητήρων άμεσου ψεκασμού, ενώ τα πρώτα μοντέρνα συστήματα LDI (Liquid Direct Injection) ξεκίνησαν για μετατροπές σε κινητήρες 1.4 και 1.2 TSI του γκρουπ της Volkswagen (Σχήμα 2.24). Επειδή ο άμεσος υγρός ψεκασμός είναι διαφορετικός από ένα κανονικό σύστημα έμμεσου ψεκασμού απαιτείται μια πρόσθετη διασύνδεση, μια διαφορετική ηλεκτρική καλωδίωση (πλεξούδα) και η μονάδα επιλογέα καυσίμου. Το LPG τροφοδοτείται μέσω της μονάδας επιλογέα καυσίμου στην αρχική αντλία υψηλής πίεσης. Η αντλία συμπιέζει το υγρό LPG και ψεκάζεται απ' ευθείας στον θάλαμο καύσης μέσω του κοινού συλλέκτη και των εγχυτήρων. Η μονάδα επιλογέα καυσίμου τροφοδοτείται και από LPG αλλά και από βενζίνη και εξασφαλίζει ότι η αντλία υψηλής πίεσης τροφοδοτείται με ένα από τα καύσιμα.



1. Δεξαμενή LPG

2. Βαλβίδα LDI

3. Βαλβίδα βενζίνης

4. Εναλλάκτης/ρυθμιστής καυσίμου

5. LPG/Βενζίνη αντλία υψηλής

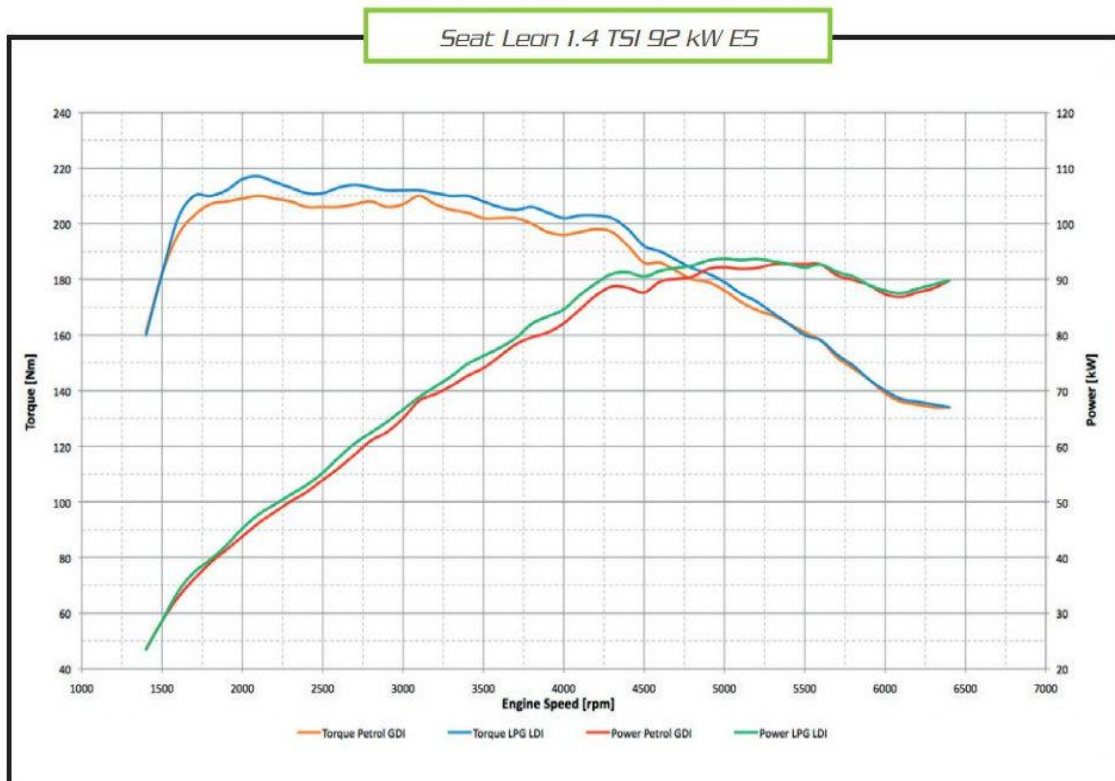
6. Αισθητήρας θερμοκρασίας αντλίας υψηλής

7. LDI ECU

8. ECU Βενζίνης

9. Φίλτρο LPG

Σχήμα 2.23 Σύστημα ψεκασμού LPG 6ης γενιάς



Σχήμα 2.24 Το γράφημα δείχνει πως το σύστημα LDI βελτιώνει την λειτουργία του κινητήρα 1.4 TSI (VW Group) στις χαμηλές στροφές, ενώ τα δύο διαφορετικά καύσιμα είναι ισοδύναμα στις υψηλότερες στροφές

2.5 Λίπανση βαλβίδων κινητήρων αέριων καύσιμων

Οι βαλβίδες και οι έδρες των βαλβίδων των περισσότερων κινητήρων είναι περισσότερο επιρρεπείς στη φθορά όταν ένα όχημα χρησιμοποιεί ως καύσιμο το LPG. Αυτό δεν ισχύει με την βενζίνη καθώς χημικά πρόσθετα που βρίσκονται σε αυτή, λιπαίνουν τις βαλβίδες και τις έδρες τους. Με τα συστήματα προστασίας – λίπανσης των βαλβίδων, ειδικά με ψεκασμό λιπαντικού, γίνεται δυνατή η ανάμειξη των χημικών αυτών στον κινητήρα μαζί με το LPG, μειώνοντας αισθητά τη φθορά των βαλβίδων και των εδρών τους.

2.5.1 Είδη συστημάτων προστασίας

Τα συστήματα προστασίας – λίπανσης των βαλβίδων, είναι συστήματα παροχής χημικού πρόσθετου - λιπαντικού. Η χρήση τους θεωρείται προαιρετική και η χρήση τους αφορά κυρίως τα πιο παλαιά συστήματα LPG.

Η παροχή χημικού- λιπαντικού μπορεί να γίνει:

1) Άμεσα με πρόσθετα στη δεξαμενή του συστήματος τροφοδοσίας LPG

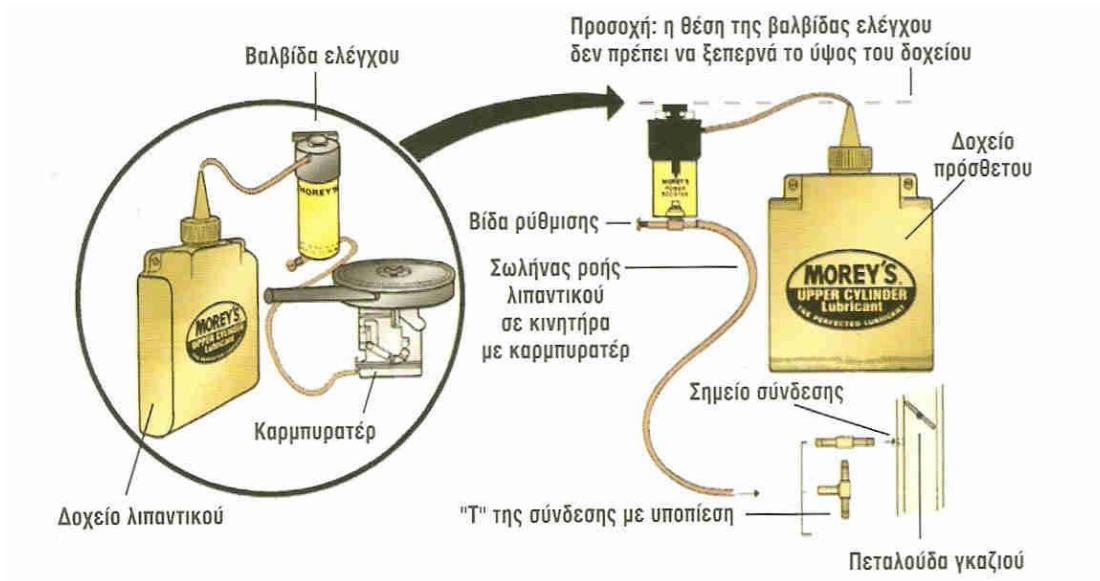
Στα συστήματα αυτά το λιπαντικό τοποθετείται με άμεση έγχυση, μέσα στη δεξαμενή του LPG. Συνήθως η λύση αυτή συνδυάζεται με συμπληρωματικά πρόσθετα καυσίμου για καλύτερη προστασία του κινητήρα και προσφέρονται σε σετ βελτιωτικού βενζίνης και βελτιωτικού LPG (Σχήμα 2.25). Εκτός από προστασία στις βαλβίδες του κινητήρα, εμποδίζουν την οξείδωση του καυσίμου και αποτρέπουν τη δημιουργία σε επικαθίσεις στο σύστημα τροφοδοσίας καυσίμου.



Σχήμα 2.25 Σετ συστήματος λίπανσης καυσίμων (2 συστατικών) βενζίνης και LPG

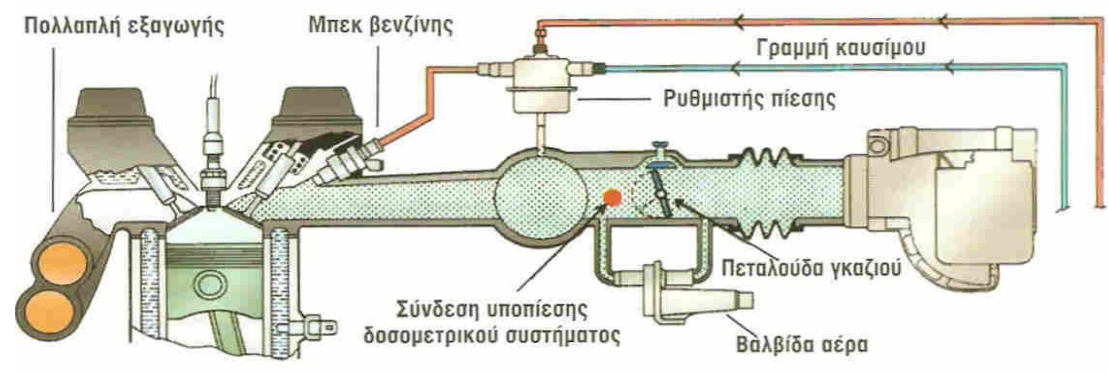
2) Με ανεξάρτητο δοσομετρικό σύστημα μέσω υποπίεσης

Οι δοσομετρικές συσκευές λίπανσης με υποπίεση είναι απλές στην κατασκευή, τοποθέτηση και χρήση. Αποτελούνται κυρίως από ένα βαθμονομημένο δοσομετρικό δοχείο, μια χειροκίνητη βαλβίδα ελέγχου της ροής (ρυθμίζει τη ροή με μια βίδα η οποία περιστρεφόμενη χειροκίνητα δεξιά ή αριστερά αλλάζει την διατομή του αγωγού και συνεπώς την ποσότητα ροής του λιπαντικού) και τον ελαστικό σωλήνα ο οποίος συνδέει το δοχείο δοσομετρικής συσκευής με την πολλαπλή εισαγωγής του κινητήρα (Σχήμα 2.26). Το λιπαντικό με την βοήθεια της υποπίεσης ρέει από το δοχείο προς την πολλαπλή εισαγωγή. Η χειροκίνητη βαλβίδα ελέγχου της ροής ρυθμίζει την ποσότητα έγχυσης του λιπαντικού. Σε κινητήρες με καρμπυρατέρ για την καλύτερη απόδοση του συστήματος η παροχή θα πρέπει να τοποθετηθεί μετά την πεταλούδα, εκεί που συνήθως εδράζεται η δίοδος υποπίεσης.



Σχήμα 2.26 Συνδεσμολογία εξαρτημάτων δοσομετρικού συστήματος

Σε κινητήρες με σύστημα ψεκασμού, για την καλύτερη απόδοση ενδείκνυται η είσοδος του λαδιού να είναι ανάμεσα στην πεταλούδα και την πολλαπλή εισαγωγής, σε μια απόσταση 5-10 cm από την πεταλούδα (Σχήμα 2.27). Περισσότερο εξελιγμένα δοσομετρικά συστήματα υποπίεσης συνδυάζονται είτε με ενδεικτική λυχνία ένδειξης στάθμης, είτε και με διακόπτη αποκοπής κατά την αλλαγή καυσίμου.



Σχήμα 2.27 Σύνδεση συστήματος δοσομετρικού με υποπίεση, σε σύστημα πολλαπλού ψεκασμού

3) Ολοκληρωμένα ηλεκτρονικά ελεγχόμενα δοσομετρικά συστήματα

Τα συγκεκριμένα συστήματα είναι κατάλληλα για όλους τους κινητήρες εσωτερικής καύσης με εναλλακτικά καύσιμα LPG και CNG (Compressed Natural Gas) και καθιστούν δυνατή την ελεγχόμενη κατά όγκο ή την ελεγχόμενη κατά βάρος εισαγωγή πρόσθετων ή λιπαντικών τα οποία μειώνουν την φθορά των εξαρτημάτων του κινητήρα. Τα πιο εξελιγμένα από αυτά τα συστήματα, έχουν σειριακή λειτουργία και αποτελούνται από τα παρακάτω εξαρτήματα: το δοχείο πρόσθετου, την δοσομετρική αντλία και την δοσομετρική μονάδα (Σχήμα 2.27). Αυτά τα

συστήματα αποτελούν την πιο εξελιγμένη μορφή ηλεκτρονικά ελεγχόμενης λίπανσης και έχουν σχεδιαστεί με γνώμονα να πετύχουν μια 100% ισόποση διασπορά του προσθέτου λίπανσης σε όλους τους κυλίνδρους του κινητήρα, προστατεύοντας με τον καλύτερο τρόπο τόσο τις βαλβίδες εισαγωγής όσο και τις βαλβίδες εξαγωγής κάτω από τις πιο ακραίες συνθήκες. Παράλληλα, τα συγκεκριμένα συστήματα πληρούν τα αυστηρά Ευρωπαϊκά πρότυπα ασφαλείας και προστασίας του περιβάλλοντος.



Σχήμα 2.27 Διάγραμμα εξαρτημάτων συστήματος λίπανσης

3. ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΧΡΗΣΗΣ LPG ΩΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ ΚΙΝΗΣΗΣ

Το LPG είναι ένα “καθαρό” καύσιμο σε σχέση με την βενζίνη και το πετρέλαιο πράγμα πολύ σημαντικό για το περιβάλλον. Σε γενικές γραμμές τα πλεονεκτήματα της υγραεριοκίνησης είναι πολύ περισσότερα σε σχέση με τα μειονεκτήματα.

3.1 Πλεονεκτήματα

Πιο αναλυτικά τα πλεονεκτήματα της υγραεριοκίνησης είναι τα ακόλουθα:

- Το LPG έχει μεγαλύτερο αριθμό οκτανίων από την βενζίνη με αποτέλεσμα να εμφανίζει μεγαλύτερη αντίσταση έναντι της αυτανάφλεξης ή της προανάφλεξης σε σχέση με την βενζίνη.
- Είναι φιλικότερο προς το περιβάλλον, αφού οι εκπομπές ρύπων ενός κινητήρα που καταναλώνει LPG είναι χαμηλότερες σε σχέση με αυτές ενός αυτοκινήτου που καταναλώνει βενζίνη η πετρέλαιο.
- Τα καυσαέρια του περιέχουν περίπου 60% λιγότερο μονοξείδιο του άνθρακα CO και 50% λιγότερους άκαυστους υδρογονάνθρακες HC.
- Εφαρμόζεται σε όλα τα βενζινοκίνητα αυτοκίνητα (με καρμπυρατέρ, ψεκασμό, ατμοσφαιρικά και με υπερπλήρωση), από τον τύπο του αυτοκινήτου εξαρτάται και ποια εφαρμογή (γενιά) συστήματος LPG είναι καταλληλότερη να χρησιμοποιηθεί.
- Οι λιπαντικές και αντιδιαβρωτικές ιδιότητες του λαδιού του κινητήρα παραμένουν αναλλοίωτες για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα λειτουργίας.
- Τόσο ο κινητήρας όσο και ο καταλυτικός μετατροπέας του οχήματος έχουν λιγότερες φθορές, λόγω της καθαρότερης και πιο πλήρους καύσης του LPG, η οποία δεν αφήνει υπολείμματα, με αποτέλεσμα να επιμηκύνεται η ζωή τους.
- Είναι εξίσου ασφαλές με τη συμβατική βενζίνη, καθώς σε πιθανή διαρροή το αέριο διαχέεται στο περιβάλλον και δεν συγκεντρώνεται στο γύρω χώρο όπως τα υγρά καύσιμα.
- Τα αυτοκίνητα με σύστημα υγραεριοκίνησης διαθέτουν διπλάσια αυτονομία (αυτονομία βενζίνης + αυτονομία LPG).
- Το κιτ μετατροπής σε LPG είναι υπό προϋποθέσεις μεταφερόμενο σε περίπτωση αντικατάστασης αυτοκινήτου.
- Το LPG είναι ένα καύσιμο που δεν νοθεύεται σε τόσο μεγάλο βαθμό σε σχέση με την βενζίνη.
- Το LPG διαθέτει χαμηλότερη τιμή σαν καύσιμο σε σχέση με την βενζίνη και το πετρέλαιο.
- Η τακτική συντήρηση του συστήματος γίνεται σε πολύ αραιά διαστήματα μετά κάθε 20.000 με 30.000 Km. Πέραν ενός γενικού ελέγχου, προϋποθέτει την αλλαγή του φίλτρου LPG, με ιδιαίτερα χαμηλό κόστος.
- Το LPG δεν ρυπαίνει τις υπόγειες πηγές, γιατί δεν είναι διαλυτό στο νερό.

3.2 Οικονομικό όφελος και απόσβεση κόστους

Αν η τιμή λοιπόν του LPG και των άλλων συμβατικών καυσίμων ήταν η ίδια, τότε το LPG θα ήταν μάλλον ασύμφορο. Επειδή, όμως, η τιμή του LPG είναι περίπου στο μισό (ή τουλάχιστον πολύ χαμηλότερη) της τιμής της βενζίνης, η διαφορά από την μειωμένη απόδοση αντισταθμίζεται.

Σύμφωνα με την Opel η εργοστασιακή κατανάλωση για το Astra 1.4 Turbo LPG MY2013 (Σχήμα 3.1) είναι:

- 8,3 L/100km για LPG
- 6,3 L/100km για βενζίνη

Παίρνοντας τις μέσες τιμές του LPG και της βενζίνης ανά λίτρο (Δεκέμβριος 2014), βρίσκουμε ότι το κόστος μετακίνησης στα 100 km είναι:

- $8,3 * 0,792 = 6,57$ €
- $6,3 * 1,566 = 9,87$ €

Δηλαδή το οικονομικό όφελος για αυτό το μοντέλο υπολογίζεται περίπου στο 33%



Σχήμα 3.1 Κινητήρας Opel 1.4 LPG Turbo ecoFLEX 140 ίππων

Αν θεωρήσουμε σαν μέσο κόστος μετατροπής για ένα ποιοτικό κιτ μετατροπής τα 1.100€ συμπεριλαμβανομένου Φ.Π.Α. και παράβολου ΚΤΕΟ) και **θεωρώντας την απόδοση του κινητήρα και τις τιμές των καυσίμων σταθερά**, υπολογίζεται, ότι το συγκεκριμένο μοντέλο, προκειμένου να κάνει απόσβεση του κόστους μετατροπής, θα χρειαστεί να διανύσει 33,333km, δηλαδή περίπου σε 1,5 χρόνο για κάποιον που κάνει αρκετά χιλιόμετρα. Το οικονομικό όφελος και ο χρόνος απόσβεσης μειώνονται όσο μικρότερη ειδική κατανάλωση βενζίνης έχει το όχημα μας και όσο μεγαλύτερη ειδική κατανάλωση LPG και αντιστρόφως.

4.ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΧΡΗΣΗΣ LPG ΣΕ ΟΧΗΜΑΤΑ

4.1 Εισαγωγή

Υπολογίζοντας το κόστος απόσβεσης σε άμεση συσχέτιση με τα ετήσια χιλιόμετρα που κάνει ένα όχημα, η λύση της μετατροπής ενός βενζινοκίνητου οχήματος σε υγραεριοκίνητο διαφαίνεται μια αρκετά συμφέρουσα λύση, για οικονομικότερη μετακίνηση. Ωστόσο, όταν μιλάμε για μετατροπή υπάρχει πάντα μια επιφυλακτικότητα ως προς το τελικό αποτέλεσμα. Σε κάθε περίπτωση υπάρχει το ερώτημα αν ένας κινητήρας ο οποίος έχει σχεδιαστεί και κατασκευαστεί για να χρησιμοποιεί ως καύσιμο αμόλυβδη βενζίνη και μάλιστα συγκεκριμένων οκτανίων, κατά πόσο μπορεί να λειτουργήσει και με διαφορετικό καύσιμο εξίσου αποδοτικά και κυρίως χωρίς να προκαλούνται σημαντικές φθορές ή βλάβες.

Οι περισσότεροι εγκαταστάτες και εταιρείες που κατασκευάζουν κιτ μετατροπής LPG εγγυώνται την απόλυτη συμβατότητα, υποσχόμενοι και την επιπρόσθετη μακροζωία του κινητήρα. Η άποψη αυτή βασίζεται σε γεγονότα όπως, ότι το LPG λόγω σύστασης δεν παράγει κατά την καύση του μεγάλες ποσότητες επιβλαβών προϊόντων καύσης, που υπό συνθήκες μπορούν να προκαλέσουν διάβρωση, ενώ επιπροσθέτως διατηρεί καθαρά τα λιπαντικά και τους σπινθηριστές (μπουζί) του κινητήρα [3.1]. Επιπλέον κιτ μετατροπής από αναγνωρισμένες εταιρείες συνοδεύονται από πολυετή εγγύηση και περιλαμβάνουν και τεχνική υποστήριξη.

4.2 Μειονεκτήματα

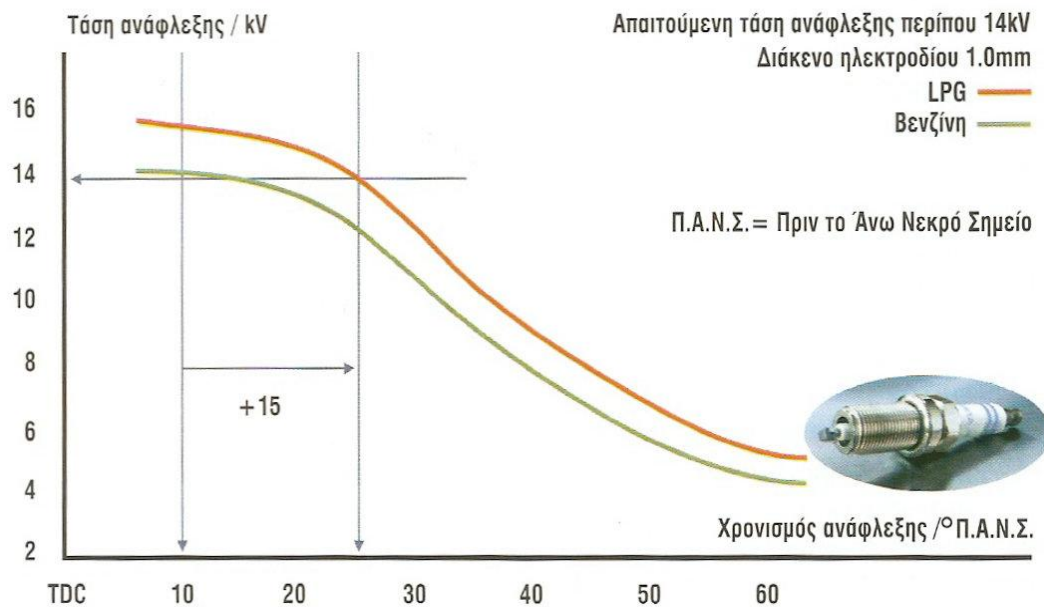
Παρακάτω παραθέτουμε συγκεντρωμένα τα μειονεκτήματα της χρήσης LPG στα οχήματα:

- Στα συστήματα μετατροπής 1ης γενιάς [2.4.1] δεν υπάρχει ηλεκτρονικός έλεγχος και η μοναδική δυνατή ρύθμιση γίνεται στον υποβιβαστή πίεσης “πνεύμονα” της εγκατάστασης, όπου ρυθμίζεται μια συγκεκριμένη αναλογία εκτόνωσης του LPG. Το αποτέλεσμα είναι να έχουμε είτε υψηλή κατανάλωση LPG (πλούσιο μίγμα) και μεγαλύτερες εκπομπές καυσαερίων, είτε να μην μπορεί ο κινητήρας να ανταπεξέρθει σε συνθήκες υψηλού φορτίου (φτωχό μίγμα) και να δημιουργούνται συνθήκες προανάφλεξης καυσίμου.
- Τα συστήματα 1ης γενιάς [2.4.1] είναι υπαρκτός ο κίνδυνος της αντεπιστροφής της φλόγας μέσω του συστήματος εισαγωγής αέρα, πράγμα που μπορεί να προκαλέσει σημαντικές βλάβες στις βαλβίδες.
- Στις εγκαταστάσεις αερίου τύπου (που αποτελεί και την πλειοψηφία των μετατροπών), ως αέριο το LPG έχει σημαντικά μικρότερη πυκνότητα από οποιοδήποτε υγρό καύσιμο, με συνέπεια συγκεκριμένη μάζα να καταλαμβάνει μεγάλο μέρος του θαλάμου καύσης. Η χρήση LPG οδηγεί σε μείωση της ποσότητας μίγματος που μπορεί να εισαχθεί στον κύλινδρο και

επομένως σε μείωση του μηχανικού έργου που μπορεί να παραχθεί ανά μονάδα όγκου εμβολισμού του κινητήρα.

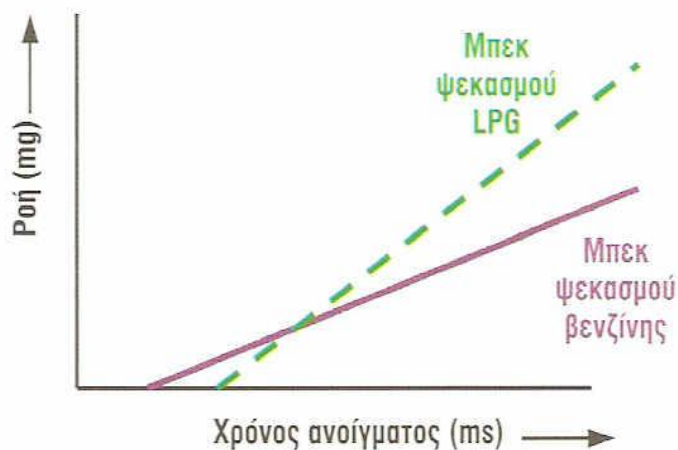
- Η καύση LPG προκαλεί ελαφρά αρνητική επίδραση στον πραγματικό βαθμό απόδοσης του κινητήρα. Η βενζίνη, προκειμένου να εξατμισθεί για να συμμετάσχει στη καύση, απορροφά θερμότητα από τον κύλινδρο, συμβάλλοντας, έτσι στην ψύξη του. Η ενέργεια αυτή, που είναι ίση με την λανθάνουσα θερμότητα ατμοποίησης του καυσίμου, ψύχει το μίγμα και τον κύλινδρο, μειώνοντας την αρχική θερμοκρασία συμπίεσης, με όφελος στον πραγματικό βαθμό απόδοσης του κινητήρα. Αντίθετα, στη περίπτωση του LPG το καύσιμο είναι ήδη σε αέρια κατάσταση και επομένως δε συμβάλλει με την εξάτμιση του στη ψύξη του μείγματος και του κυλίνδρου. Έτσι, η αντίστοιχη ενέργεια παραλαμβάνεται από το κύκλωμα ψύξης και απορρίπτεται στο περιβάλλον, χωρίς να συμμετάσχει στην παραγωγή έργου.
- Όπως αναφέραμε παραπάνω οι διαφορές “ανάφλεξης” και “καύσης” μεταξύ βενζίνης και LPG μπορεί να επιφέρουν σημαντική άνοδο της θερμοκρασίας, σε σχέση με την προβλεπόμενη από τον κατασκευαστή θερμοκρασία λειτουργίας. Το φαινόμενο αυτό, σε κάποιους τύπους κινητήρων αυτοκινήτων, ενδέχεται να επιδεινώσει την φθορά των βαλβίδων εισαγωγής και εξαγωγής, κυρίως λόγω αυξημένης θερμικής διαστολής, καθώς και να τις αλλοιώσει στα σημεία έδρασης στην κυλινδροκεφαλή. Γενικά οι κινητήρες με υδραυλικά ωστήρια συνήθως δεν υποφέρουν τόσο έντονα από φθορά στις βαλβίδες, όσο οι κινητήρες με μηχανικά ρυθμιζόμενα ωστήρια.
- Επειδή το LPG διαθέτει λιγότερες λιπαντικές ιδιότητες από την βενζίνη, οι κινητήρες LPG λιπαίνονται πολύ λιγότερο από το καύσιμο σε σύγκριση με τους βενζινοκινητήρες. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την άνοδο της θερμοκρασίας ορισμένων εξαρτημάτων σε επίπεδα μεγαλύτερα από ότι έχει προβλέψει ο αρχικός σχεδιασμός τους, σαν κινητήρες αμιγούς καύσης βενζίνης. Το πρόβλημα αντιμετωπίζεται με την χρήση κάποιας επιπρόσθετης λιπαντικής διάταξης [2.5].
- Ένας ειδικά σχεδιασμένος κινητήρας είναι σε θέση να ανεχθεί υψηλότερα επίπεδα ανακυκλοφορίας καυσαερίων (EGR), τα οποία πιθανότατα αποτελούν τον πλέον πρόσφορο τρόπο για τη μείωση των εκπομπών οξειδίου του αζώτου NOx, του μονοξειδίου του άνθρακα (CO) και τον υδρογονανθράκων (HC). Ωστόσο, ένας μετασκευασμένος κινητήρας για καύση LPG είναι δύσκολο να επιτύχει την αναμενόμενη μείωση των καυσαερίων.

- Η καύση LPG προκαλεί λιγότερες επικαθίσεις και μικρότερες πιθανότητες επιπλέον ψεκασμένου καυσίμου(μπούκωμα). Παράλληλα, κατά την καύση LPG ο θάλαμος καύσης και το ηλεκτρόδιο του σπινθηριστή είναι πιο θερμά, οπότε μπορεί να επιλεχθεί μια πιο ψυχρή τάση ανάφλεξης, σε σχέση με έναν βενζινοκινητήρα. Για παράδειγμα, εκεί που ένας βενζινοκινητήρας χρειάζεται 14kV, ο ίδιος κινητήρας για χρήση LPG απαιτεί 16kV (Σχήμα 4.1). Οι παραπάνω συντελεστές όμως επιταχύνουν την φθορά των σπινθηριστών, οπότε απαιτείται και συχνότερη αλλαγή σπινθηριστών σε σχέση με τους τυπικούς κινητήρες βενζίνης.



Σχήμα 4.1 Διαφορές τάσης ανάφλεξης – καύσης μεταξύ καυσίμου βενζίνης και LPG

- Στα περισσότερα συστήματα LPG, ο εγκέφαλος της διάταξης μετατρέπει τις περιόδους ανοίγματος των εγχυτήρων (μπεκ) ψεκασμού βενζίνης σε περιόδους ανοίγματος των εγχυτήρων (μπεκ) ψεκασμού LPG (Σχήμα 4.2). Μια σειρά από σημαντικά προβλήματα ή δυσλειτουργίες πολλών εγκαταστάσεων είναι άμεσα συνδεδεμένες με την απαίτηση από το ηλεκτρονικό σύστημα διαχείρισης του κινητήρα να διαχειριστεί με την ίδια αποτελεσματικότητα και ένα δεύτερο εναλλακτικό καύσιμο όπως το LPG.



Σχήμα 4.2 Διάγραμμα ποσότητας ροής αερίου LPG, σε σχέση με το χρόνο ανοίγματος του εγχυτήρα βενζίνης και του εγχυτήρα LPG

- Γενικά, τα συστήματα υγραεριοκίνησης δεν διαθέτουν κάποιον αισθητήρα που να μπορούσε να ανιχνεύσει την αναλογία προπανίου/βουτανίου στο LPG (διαφορετικό μίγμα χειμώνα καλοκαίρι)[1.2], η οποία αν για κάποιο λόγο αποκλίνει, τότε μπορεί να προκαλέσει κάποια ζημιά στον κινητήρα.
- Λόγω της αυξημένης πίεσης, με την οποία γίνεται η αποθήκευση του LPG στη δεξαμενή καυσίμου, το βάρος της τελευταίας είναι πολλαπλάσιο της αντίστοιχης για συμβατικά καύσιμα, η αύξηση του βάρους συνεπάγεται αυτόματα και αύξηση της κατανάλωσης καυσίμου.
- Το LPG είναι βαρύτερο από τον αέρα, πράγμα που σημαίνει ότι σε περίπτωση διαρροής παγιδεύεται σε κλειστούς χώρους, όπου μπορεί να δημιουργήσει ένα εύφλεκτο μείγμα. Αυτό ίσως προκαλέσει προβλήματα ιδιαίτερα σε κλειστούς χώρους στάθμευσης και συνεργεία χωρίς εξαερισμό.
- Η μείωση του χώρου αποσκευών ή η απουσία εφεδρικού τροχού ανάγκης από την τοποθέτηση της δεξαμενής LPG είναι άλλο ένα σημαντικό μειονέκτημα της χρήσης διπλού καυσίμου, ενώ αμελητέο δεν είναι και το επιπλέον βάρος που προστίθεται στο αυτοκίνητο (Σχήμα 4.3).



Σχήμα 4.3 Πάνω κυλινδρικές δεξαμενές που μειώνουν το χώρο αποσκευών – Κάτω δεξαμενές που καταργούν τον τροχό ανάγκης (ρεζέρβα)

5. ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΛΟΓΙΚΗ ΣΚΟΠΙΑ

5.1 Μετρήσιμα μεγέθη

Οι ρύποι που παράγει ένα καύσιμο είναι ιδιαίτερο στοιχείο αναφοράς και κριτήριο καταλληλότητας του καθώς σε ένα ήδη επιβαρυμένο περιβάλλον (φαινόμενο του θερμοκηπίου) στόχος είναι να προωθηθούν καύσιμα που θα καλύπτουν τις ενεργειακές ανάγκες με όσο το δυνατό λιγότερες περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα του European Emission Test Programme (Ευρωπαϊκό πρόγραμμα δοκιμών ρύπων), που πραγματοποιήθηκε το 2004, τα οχήματα που χρησιμοποιούν LPG εκπέμπουν κατά 11% λιγότερο διοξείδιο του άνθρακα CO₂ σε σχέση με τα βενζινοκίνητα και 6,4% παραπάνω από τα πετρελαιοκίνητα. Στον πίνακα 5.1 φαίνονται οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα CO₂ για πέντε από τα βασικότερα καύσιμα που χρησιμοποιούμε στην καθημερινότητά μας. Εξαιρουμένου δηλαδή του φυσικού αερίου το LPG πέραν των άλλων πλεονεκτημάτων του [3.1] είναι και το καύσιμο με τις λιγότερες εκπομπές διοξειδίου ανά κιλοβατώρα.

Ενεργειακό καύσιμο	Εκπομπές CO ₂ /kWh
LPG	0.21
Ηλεκτρικό ρεύμα	0.43
Φυσικό αέριο CNG	0.19
Πετρέλαιο	0.25
Βενζίνη	0.24

Πίνακας 5.1 Εκπομπές ενεργειακών καυσίμων

Από άποψη ρυπαντών στα καυσαέρια, το LPG λόγω πιο ομογενούς μίγματος με τον αέρα επιτυγχάνει πιο πλήρη καύση από την βενζίνη. Αποτέλεσμα το μονοξείδιο του άνθρακα CO και το οι υδρογονάνθρακες HC που είναι προϊόντα ατελούς καύσης στα καυσαέρια να έχουν χαμηλότερες εκπομπές με καύση LPG. Τα οξείδια του αζώτου NO_x που εξαρτώνται από τη μέγιστη θερμοκρασία στο θάλαμο καύσης είναι πρακτικά ίδια όπως και στη βενζίνη (Πίνακας 5.1). Η παρουσία του τριοδικού καταλύτη βέβαια εξουδετερώνει κατάλληλα και στα υγραεριοκίνητα οχήματα και τους τρεις ρυπαντές.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΡΥΠΑΝΤΩΝ ΒΕΝΖΙΝΟΚΙΝΗΤΩΝ – ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΚΙΝΗΤΩΝ – ΥΓΡΑΕΡΙΟΚΙΝΗΤΩΝ Για μέγιστη κλίμακα 100 ποσοστιαίων μονάδων σε βενζινοκίνητα οχήματα						
ΤΥΠΟΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ	Μονοξείδιο του άνθρακα CO	Άκαυστοι υδρογονάνθρακες HC	Οξείδια του αζώτου NOX	Ενώσεις μολύβδου Pb	Διοξείδιο του θείου SO₂	Καπνός (Αιθάλη)
Βενζίνη	100	100	100	100	-	Αμελητέος
Πετρέλαιο	8	50	50	-	100	100
LPG	10	50	105	-	-	-

Πίνακας 5.1

Σύμφωνα με έρευνα του Australian Greenhouse office το οποίο (στην Αυστραλία η μετατροπή σε LPG επιδοτείται) μέτρησε στους σωλήνες της εξάτμισης ενός αυτοκινήτου τη μάζα διοξειδίου του άνθρακα CO₂ που σχηματίστηκε από την καύση ενός λίτρου καυσίμου, με τα εξής αποτελέσματα:

- 2,3 kg για βενζίνη
- 1,5 kg για LPG

Σύμφωνα με την Opel η εργοστασιακή κατανάλωση για το Astra 1.4 Turbo LPG (my2013) είναι:

- 8,3 L/100km για LPG
- 6,3 L/100km για βενζίνη

Λαμβάνοντας υπόψη ότι ένας κινητήρας διανύει λιγότερα χιλιόμετρα με ένα λίτρο LPG, όπως φαίνεται στις εργοστασιακές καταναλώσεις του Opel Astra, για την ίδια απόσταση ο κινητήρας θα χρειαστεί περίπου 25% περισσότερο καύσιμο, που σε κάποια άλλα μοντέλα ή σε οχήματα που έχει γίνει μετατροπή για χρήση LPG να φτάσει και το 35%. Οπότε ενδεικτικά, στα 100 km, η συνολική εκπομπή CO₂ είναι μειωμένη κατά περίπου 14%

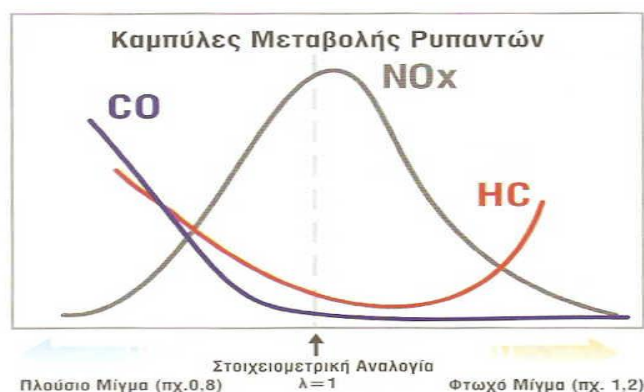
5.2 Αντίλογος

Η τάση της αγοράς προωθεί το LPG ως “πράσινο” καύσιμο, φιλικό προς το περιβάλλον. Σίγουρα, πριν δύο με τρεις δεκαετίες ήταν πολύ πιο φιλικό στο περιβάλλον σε σχέση με την βενζίνη και το πετρέλαιο. Η αλματώδης όμως πρόοδος των βενζινοκινητήρων, στον τομέα των εκπομπών ρύπων έχει μειώσει σημαντικά τις διαφορές μεταξύ των δύο καυσίμων.

Η πλειονότητα των κινητήρων LPG είναι κινητήρες με σπινθηριστή (Otto) οι οποίοι έχουν τροποποιηθεί για να καταναλώνουν και LPG. Έτσι, δεν πρέπει να ξεχνάμε ότι

έχουν σχεδιαστεί (εκτός από κάποια νέα οχήματα με εργοστασιακή καύση LPG) για να εκμεταλλεύονται στο έπακρο τις ιδιότητες της βενζίνης άρα και να περιορίζουν τους ρύπους από την δική της καύση και όχι τους ρύπους από την καύση LPG [4.1].

Οι εκπομπές των κινητήρων LPG είναι άμεσα εξαρτημένες από τα χαρακτηριστικά κάθε κινητήρα. Στο παρακάτω γράφημα (Σχήμα 5.2) για παράδειγμα φαίνεται πώς συνδέονται οι εκπομπές των ρυπαντών μονοξειδίου του άνθρακα CO και των υδρογονανθράκων σε σχέση με την στοιχειομετρική αναλογία αέρα -καυσίμου. Η τιμή λ αποτελεί τον υπολογισμό της πραγματικής ποσότητας του αέρα που εισέρχεται στον κύλινδρο σε σχέση με την θεωρητικά απαιτούμενη ποσότητα και αποτελεί πολύ βασικό χαρακτηριστικό των σύγχρονων κινητήρων εσωτερικής καύσης. Όταν η τιμή του λάμδα είναι ίση με ένα ($\lambda=1$) τότε λέμε ότι έχουμε στοιχειομετρικό μείγμα (14,7:1 για τους κινητήρες βενζίνης)[1.4]. Στις περιπτώσεις που $\lambda>1$ τότε το μείγμα είναι φτωχό, δηλαδή το μείγμα έχει περισσότερο αέρα από τον απαιτούμενο, ενώ όταν $\lambda<1$ το μείγμα έχει λιγότερο αέρα από τον απαιτούμενο και είναι πλούσιο. Όπως φαίνεται, οι εκπομπές μονοξειδίου του άνθρακα CO αυξάνονται δραματικά όσο το μείγμα γίνεται πιο πλούσιο.



Σχήμα 5.2 Στοιχειομετρική αναλογία αέρα/καυσίμου

Για τους βενζινοκινητήρες, που λειτουργούν σύμφωνα με τον κύκλο Otto, η θεωρητική τιμή του λόγου λ (προδιδόμενος αέρας/θεωρητικά απαιτούμενος αέρας) είναι περίπου 1 (εξαιρούνται οι άμεσοι ψεκασμοί που λειτουργούν με περίσσεια αέρα) και μεταβάλλεται ελαφρώς ανάλογα με τις ανάγκες του κινητήρα. Όμως η ποσότητα, του αέρα με την οποία πρέπει να γίνει η καύση του LPG στον κύλινδρο, δεν είναι ίδια με της βενζίνης (μη ξεχνάμε ότι είναι δύο διαφορετικά καύσιμα). Ως συνέπεια ο κατάλληλος συντελεστής λ είναι διαφορετικός για τους δυο τύπους καυσίμου, ενώ ο κινητήρας, στον οποίο γίνεται η καύση, είναι ο ίδιος. Η ακριβής ρύθμιση και προσαρμογή του εγκατεστημένου συστήματος μετατροπής LPG, όπως αναφέρεται παραπάνω, είναι σύνθετη και δύσκολη διαδικασία και δεν μπορεί να γίνει με ακρίβεια για κάθε όχημα ξεχωριστά, όπως θα ήταν το ιδανικό. Έτσι, αναγκαστικά θα υπάρχουν ατέλειες, οι οποίες όμως επηρεάζουν σημαντικά τις εκπομπές ρύπων.

6.ΟΧΗΜΑΤΑ LPG – ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ

6.1 Πετρελαιοκινητήρες και LPG

Βασικό χαρακτηριστικό ενός πετρελαιοκινητήρα είναι ότι, για την ανάφλεξη του καυσίμου, δεν χρησιμοποιεί σπινθηριστή (μπουζί), αφού το μίγμα αυτανάφλεγεται. Η αυτανάφλεξη είναι πολύπλοκη διαδικασία και εξαρτάται από διάφορους παράγοντες όπως ο τύπος καύσιμου και η σύσταση του, οι συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας που επικρατούν στο θάλαμο καύσης πριν ψεκαστεί το καύσιμο, το χρόνο παραμονής του μέσα σε αυτόν και τη θερμοκρασία εισαγωγής του καυσίμου. Τόσο η θερμοκρασία αυτανάφλεξης όσο και μια σειρά από άλλες παραμέτρους είναι διαφορετικές για το πετρέλαιο και το LPG, με αποτέλεσμα η αυτανάφλεξη να προκαλείται σε διαφορετικές χρονικές στιγμές. Πρόσθετες διατάξεις και μετατροπές, όπως η εισαγωγή σπινθηριστή στον κινητήρα, θα ήταν απαραίτητες για να μπορέσει ένας πετρελαιοκινητήρας να λειτουργήσει αποκλειστικά και με LPG, θα αύξαναν κατακόρυφα το κόστος μετατροπής.

Δεύτερο πεδίο προβληματισμού είναι το σύστημα ψύξης, το οποίο παίζει σημαντικό ρόλο στην διαδικασία αυτανάφλεξης και έχει σχεδιαστεί για να ευνοεί τις θερμοκρασίες καύσης πετρελαίου. Οπότε θα έπρεπε και αυτό να διαθέτει μεταβλητή λειτουργία, ώστε να μπορεί να προσαρμοστεί σε συνθήκες που ευνοούν την καύση LPG. Επιπλέον, θα ήταν απαραίτητη η μείωση του λόγου συμπίεσης του κινητήρα από 16:1 σε περίπου 10:1, που είναι το σύνηθες για την λειτουργία κινητήρων με LPG και χρήση σπινθηριστή. Υπάρχουν διάφοροι τρόποι για να γίνει αυτό, όπως το να αντικατασταθούν τα αρχικά έμβολα με άλλα, τα οποία διαθέτουν κατάλληλες “διαμορφώσεις” στην οροφή τους, θα είχε σαν αποτέλεσμα και πάλι την αυξημένη οικονομική επιβάρυνση για τη μετατροπή.

6.2 Συνδυασμός καυσίμων

Τεχνολογικά οι προσπάθειες επικεντρώθηκαν στην δημιουργία μιας ολοκληρωμένης διάταξης η οποία θα χρησιμοποιεί ως καύσιμο ένα μίγμα LPG και πετρελαίου στην κατάλληλη αναλογία (περίπου 45% LPG, 55% πετρέλαιο). Τα πειράματα από μηχανικούς είχαν διάφορα αποτελέσματα, καθώς προσπαθούσαν με συνδυασμούς καυσίμων να δημιουργήσουν μια αξιόπιστη λύση κίνησης των οχημάτων. Ένας από τους συνδυασμούς ήταν LPG και πετρέλαιο, άλλος ήταν CNG (Compressed Natural Gas) και φυτικό καύσιμο, αλλά υπήρχαν και δοκιμές με βενζίνη και πετρέλαιο, αλκοολούχα καύσιμα και συνθετικά καύσιμα.

Στα μέσα της δεκαετίας του 1990 τα περισσότερα συστήματα χρησιμοποιούσαν 10-30% LPG και 90-70% πετρέλαιο (Σχήμα 6.1), το οποίο τροφοδοτούνταν στον κινητήρα μέσω μίας μονάδας ανάμειξης. Οι παραπάνω λύσεις διέθεταν αισθητήρα προανάφλεξης, μία συσκευή η οποία ανιχνεύει την υπερβολική τροφοδοσία καυσίμου και τοποθετείται στον κινητήρα με σκοπό να μειώνει την τροφοδοσία πετρελαίου, αφού πολλοί κινητήρες καταστράφηκαν από προανάφλεξη στις χαμηλές στροφές.



Σχήμα 6.1 Κινητήρας διπλού καυσίμου LPG-Πετρελαίου

Το βασικό πρόβλημα ήταν ότι το μίγμα LPG – πετρελαίου δεν μπορούσε να ρυθμιστεί με τον σωστό τρόπο στις χαμηλές στροφές, έτσι η εξοικονόμηση αυτών των αρχικών συστημάτων ήταν μόλις 5-10%. Η νέα εξελιγμένη εκδοχή των συστημάτων λειτουργεί με τον εξής τρόπο: αντί να χρησιμοποιείται ο αισθητήρας προανάφλεξης για να ρυθμίσει την τροφοδοσία πετρελαίου, μέσω ηλεκτρονικού ελέγχου ρυθμίζεται κατά βέλτιστο τρόπο η τροφοδοσία και των δύο καυσίμων ταυτόχρονα, πράγμα το οποίο σημαίνει εξοικονόμηση δαπανών καυσίμου σε ολόκληρη την κλίμακα των στροφών και όχι μόνον στην περιοχή οικονομικής λειτουργίας του κινητήρα με καύσιμο το πετρέλαιο. Μειώνεται έτσι η μόλυνση και βελτιώνεται σημαντικά η μέση κατανάλωση, ενώ αποδεικνύεται ότι παρατείνεται η ζωή του κινητήρα, όπως ακριβώς στους βενζινοκινητήρες που λειτουργούν με LPG

6.3 Το LPG ως συμπλήρωμα του πετρελαίου

Τα περισσότερα καύσιμα που χρησιμοποιούνται είναι γνωστά σαν υδρογονάνθρακες HC, πράγμα το οποίο σημαίνει ότι αποτελούνται από μόρια υδρογόνου και άνθρακα με διαφορετικά μήκη αλυσίδας Η οικογένεια των υδρογονανθράκων ξεκινά με το μεθάνιο και τελειώνει με τα βαρέα έλαια. Μια απλοϊκή φόρμουλα που μπορεί να εξηγήσει γιατί η καύση διπλού καυσίμου λειτουργεί τόσο καλά είναι η εξής:

Αν προσθέσουμε σε ένα μόριο προπανίου και ένα μόριο πετρελαίου (diesel) C_3H_8 (99,0% καύση) + C_7H_{16} (97,5% καύση) = $C_{10}H_{24}$, το οποίο έχει το ίδιο μοριακό βάρος με 2x C_5H_{12} = 2xβενζίνη (97,5% καύση), τα δύο καύσιμα έχουν παρόμοιο ρυθμό αντίδρασης του μείγματος καυσίμου με τον αέρα.

Αναλυτικά ο τρόπος καύσης των υδρογονανθράκων παρατίθεται στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 6.1).

(πηγή: www.gaspoweruk.co.uk & Τεχνολογία οχημάτων, Υγραέριο & Φυσικό αέριο).

Υδρογονάνθρακας	Κατάσταση	%Καύση	Καύση
Μεθάνιο C_1H_4	Αέριο	99,7%	Εκρηκτικό
Αιθάνιο C_2H_6	Αέριο	99,5%	Εξαιρετικά εύφλεκτο
Προπάνιο C_3H_8	Αέριο	99,0%	Εξαιρετικά εύφλεκτο
Βουτάνιο C_4H_{10}	Αέριο	98,0%	Εύφλεκτο
Πεντάνιο (Βενζίνη) C_5H_{12}	Υγρό	97,5%	Καύση
Κηροζίνη (Παραφίνη) C_6H_{14}	Υγρό	90,0%	Αργή καύση
Πετρέλαιο C_7H_{16}	Υγρό	82,0%	Πολύ γρήγορο “κροτάλισμα”
Ελαφρύ λάδι κινητήρων C_8H_{18}	Υγρό	78,0%	Χρειάζεται να θερμανθεί πριν την καύση

Πίνακας 6.1 Πίνακας τρόπου καύσης υδρογονανθράκων

Σε κάθε περίπτωση το LPG δεν μπορεί να αντικαταστήσει τελείως το πετρέλαιο στους πετρελαιοκινητήρες, παρόλα αυτά υπάρχουν μεγάλα οφέλη ως προς τα καυσαέρια για τα καινούργια συστήματα LPG-πετρελαίου που χρησιμοποιούν ένα μείγμα έως το ένα τρίτο σε περιεκτικότητα από LPG σε κινητήρες οχημάτων και ως το μισό στους στατικούς κινητήρες (γεννήτριες κ.α.).

Το εύρος της χρήσης του συστήματος, εκτείνεται από κινητήρες επιβατικών αυτοκινήτων μέχρι φορτηγά και άλλα βαριά οχήματα που μπορούν να χρησιμοποιήσουν κινητήρες με ανάφλεξη σπινθήρα. Λεωφορεία και άλλα βαριά οχήματα παράγουν ένα σημαντικό ποσοστό επιβλαβών καυσαερίων και βρίσκονται στο επίκεντρο της προσοχής των κυβερνήσεων σε παγκόσμια κλίμακα. Η κύρια εξέλιξη στην Ευρώπη με τα βαριά οχήματα είναι η αγορά των λεωφορείων και φορτηγών (Σχήμα 6.2). Περίπου 70,000 οχήματα που παράγονται ανά έτος χρησιμοποιούν τη συγκεκριμένη τεχνολογία.



Σχήμα 6.2 Φορτηγό διπλού καυσίμου Πετρελαίου – LPG

Η Βιέννη χρησιμοποιεί για περίπου 40 χρόνια κινητήρες DAF σε λεωφορεία και έχει πάνω από 400 λεωφορεία που λειτουργούν με LPG χωρίς σημαντικά προβλήματα εφοδιασμού ή ασφαλείας. Η DAF ξεκίνησε να παράγει λεωφορεία LPG για την αγορά της Ολλανδίας. Χρησιμοποιούν την ίδια αποδεδειγμένη και αξιόπιστη τεχνολογία που υπάρχει στα μοντέρνα αυτοκίνητα με βενζίνη π.χ. τριοδικό καταλύτες με σύστημα ελέγχου καυσαερίων με έλεγχο λάμδα. Η μόνη διαφορά είναι ότι χρησιμοποιούν ψεκασμό υγρού LPG αντί πετρελαίου. Αυτό δίνει τη δυνατότητα να πετύχουν μια απαιτούμενη μείωση της κατανάλωσης και προσφέρουν πολύ καθαρότερα καυσαέρια σε σχέση με το πετρέλαιο. Περισσότεροι από 1000 τέτοιοι κινητήρες προς το παρόν λειτουργούν σε Ευρωπαϊκές πόλεις όπως το Παρίσι ή την Κοπεγχάγη. Εξαιτίας των σημαντικών κοινών προσπαθειών και των κατασκευαστών κινητήρων και ορισμένων εταιριών καυσίμων για την προαγωγή της περιβαλλοντικής απόδοσης των λεωφορείων με LPG, αυτά υπάρχουν σε πολλές πόλεις σε όλη την Ευρώπη. Στην Αθήνα ο στόλος της Ε.ΘΕ.Λ. Α.Ε. αποτελείται από 2.148 οχήματα από τα οποία τα 414 κινούνται με φυσικό αέριο και τα 1.734 με πετρέλαιο.

6.4 Συστήματα συνδυασμού πετρελαιοκινητήρων με LPG

Η τεχνολογία των συστημάτων LPG-πετρελαίου έχει προχωρήσει ακόμη περισσότερο, πολλές εταιρείες έχουν παρουσιάσει συστήματα ανάμιξης LPG με πετρέλαιο, περιορίζοντας έτσι ακόμη περισσότερο τις εκπομπές των ρύπων.

Αυτό συμβαίνει γιατί το κατά κανόνα βραδύκαυστο πετρέλαιο, (πράγμα το οποίο οδηγεί σε καπνό (αιθάλη) και σωματίδια άνθρακα), όταν εμπλουτιστεί με LPG, το οποίο προκαλεί μια πιο ταχεία καύση, βελτιώνεται θερμοδυναμικά.

Μάλιστα εάν ένα όχημα είναι Euro 3, με την προσθήκη αυτού του συστήματος κατατάσσεται αυτόματα σε κατηγορία Euro 4 και από Euro 4 σε Euro 5 αντίστοιχα. Η εφαρμογή τους (κυρίως λόγω κόστους) γίνεται στα βαρέα οχήματα.

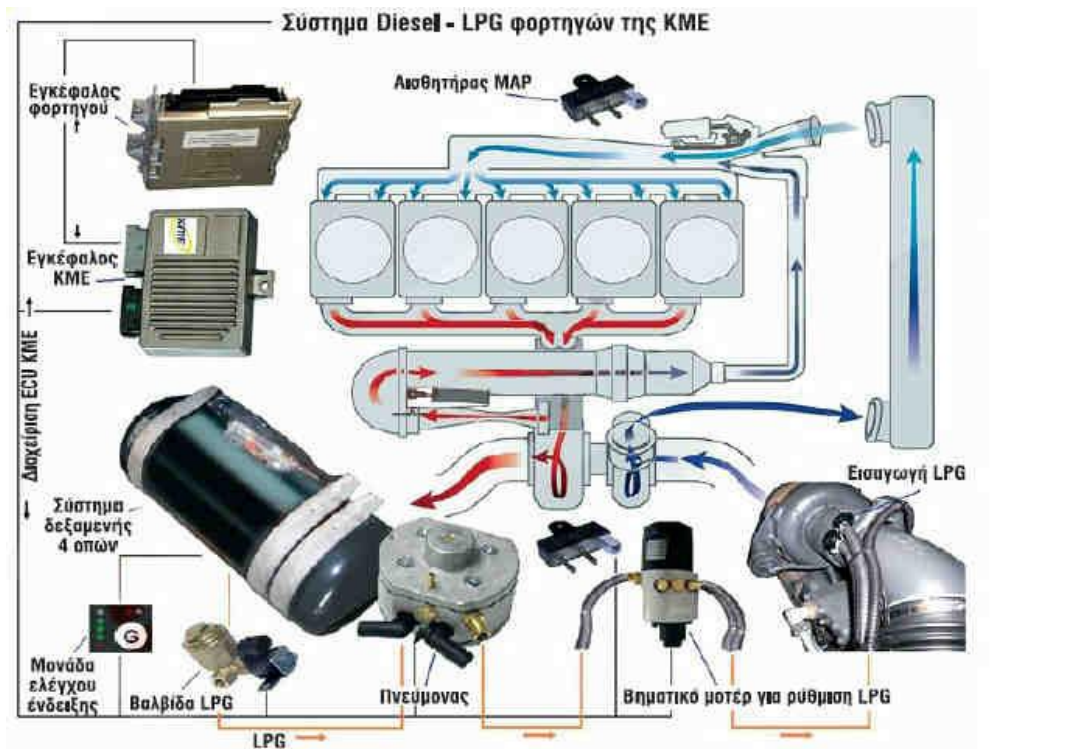
Τα αποτελέσματα ενός τέτοιου συστήματος υγρού ψεκασμού είναι:

- Ανάμιξη με LPG από 30% έως 80%.
- Μείωση του πρόσθετου Ad Blue (ουρία) -που ως σκοπό έχει την αναγωγή των οξειδίων του αζώτου NOx σε αδρανές άζωτο και οξυγόνο- τουλάχιστον κατά 50%.
- Σταθεροποίηση της μέγιστης παροχής αερίου LPG.
- Σταθερή ανταπόκριση του κινητήρα σε ροπή και ισχύ, ανεξαρτήτου καυσίμου.
- Μεγαλύτερη αυτονομία / οικονομία καυσίμου.
- Καμία μετατροπή του κινητήρα.
- Καθαρότερος κινητήρας με αποτέλεσμα την κατάταξη του σε επόμενη κατηγορία Euro από αυτή που έχει ήδη ταξινομηθεί.

6.5 Τύποι συστημάτων ανάμιξης πετρελαίου και LPG

6.5.1 Σύστημα μονού αερίου ψεκασμού

Το LPG χρησιμοποιείται σαν βοηθητικό καύσιμο. Το σύστημα ψεκασμού του πετρελαίου ανεξάρτητα από τον τύπο του παραμένει ανέπαφο και χωρίς μετατροπές. Το σύστημα ελέγχεται από ξεχωριστό εγκέφαλο, τα ηλεκτρονικά του συστήματος επικοινωνούν με τον υπάρχοντα δίαυλο CAN (Controller Area Network) που διαθέτει κάθε μοντέρνο φορτηγό, εξασφαλίζοντας τις πληροφορίες που αφορούν τις στροφές, την πίεση του στροβιλοσυμπιεστή καυσαερίων (turbo), την ταχύτητα, την επιτάχυνση, την πέδηση κτλ. Από αυτά τα δεδομένα ο εγκέφαλος (ECU-Engine Control Unit) υπολογίζει την ακριβή ποσότητα αερίου LPG που θα ψεκαστεί με βάση το διάγραμμα αερίου-καυσίμου, του προγράμματος του κινητήρα. Το LPG ψεκάζεται σε μορφή αερίου, πριν από τον στροβιλοσυμπιεστή καυσαερίων (turbo) στους κινητήρες με υπερπλήρωση και πριν από την πολλαπλή εισαγωγής στους ατμοσφαιρικούς κινητήρες (Σχήμα 6.2).



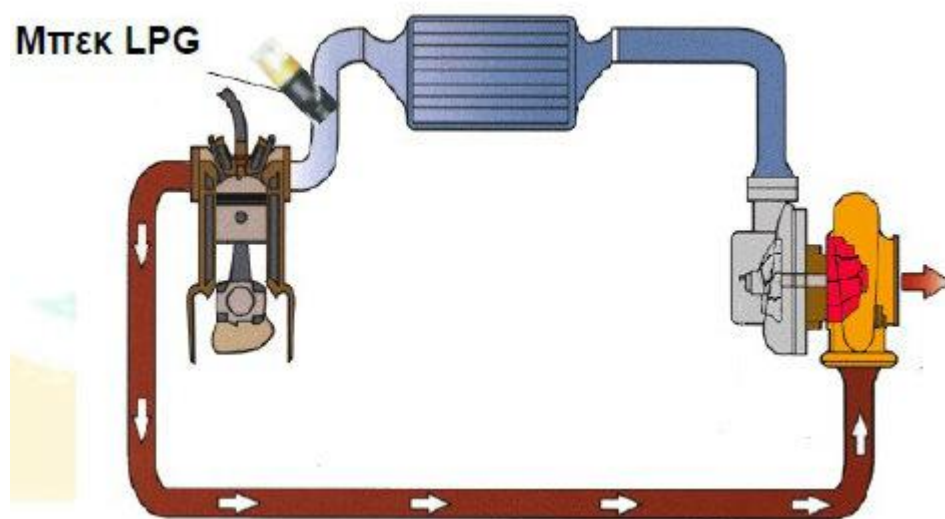
Σχήμα 6.2 Σχηματική διάταξη εξαρτημάτων πετρελαιοκινητήρα για σύστημα πετρελαίου-LPG της ΚΜΕ

Το LPG καίγεται μαζί με το πετρέλαιο μέσα στους κυλίνδρους σε ποσοστό πρόσμιξης περίπου 25%, δίνοντας μεγαλύτερη απόδοση ισχύος και χαμηλότερες εκπομπές ρύπων. Ένας υποβιβαστής πίεσης “πνεύμονας”, ο οποίος μετατρέπει το LPG από υγρή σε αέρια κατάσταση, καθώς επίσης και οι βαλβίδες, οι εγχυτήρες (μπεκ) ψεκασμού, οι σωλήνες LPG και οι δεξαμενές ολοκληρώνουν την διάταξη του συστήματος. Τα εξαρτήματα του συστήματος είναι πολύ μικρά και χωρούν σχεδόν σε όλα τα οχήματα, ενώ η δεξαμενή LPG τοποθετείται είτε μέσα, είτε κάτω από το όχημα. Σε περίπτωση που το LPG των δεξαμενών καταναλωθεί, γίνεται αυτόματα επαναφορά σε αποκλειστική λειτουργία πετρελαίου. Σημαντικά είναι και τα οφέλη για το περιβάλλον, αφού με τη λύση αυτή δημιουργούνται 40-50% λιγότερα αιρούμενα σωματίδια (10μm - PM 10) από ότι με το πετρέλαιο, υπάρχει 50% μικρότερη αδιαφάνεια στα καυσαέρια, μειώνονται έως 14% οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα CO₂ και ως 40% ο θόρυβος του κινητήρα.

6.5.2 Συστήματα μονού υγρού ψεκασμού

Τα συστήματα αυτά είναι τελείως παραμετροποίησης κάτω από όλες τις συνθήκες, διαθέτοντας άμεση ρύθμιση στις μεταβολές του φορτίου και χρησιμοποιώντας την ενέργεια της εξάτμισης του αέριου LPG. Η χρήση τους εφαρμόζεται σε κινητήρες με υπερπλήρωση (turbo), όπου δεν εφαρμόζεται η συμβατική τεχνική εξάτμισης του LPG εξαιτίας του κινδύνου της μη σωστής καύσης λόγω των απότομων μεταβολών του φορτίου. Με αυτή την τεχνολογία, το LPG ψεκάζεται σε υγρή μορφή μετά από το συμπιεστή του στροβιλοσυμπιεστή

καυσαερίων (turbo) για να αποφευχθούν οι κίνδυνοι και οι ανεπάρκειες της συμβατικής τεχνολογίας εξάτμισης. Επιπρόσθετα αξιοποιείται και το πλεονέκτημα ενθαλπίας της εξάτμισης, για την ενίσχυση της ψύξης του αέρα που εξέρχεται από το intercooler (Σχήμα 6.3).

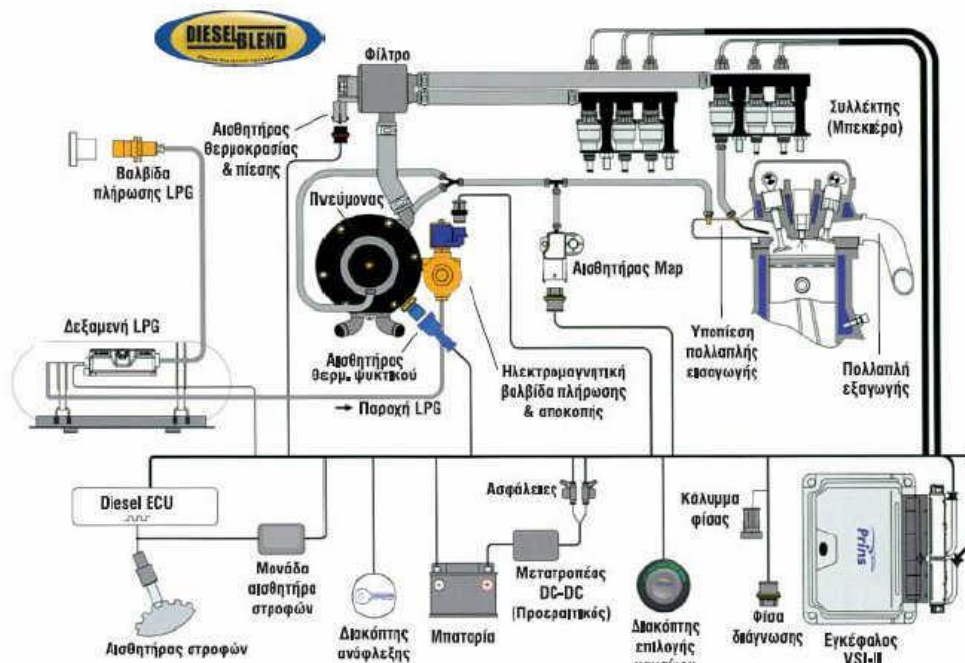


Σχήμα 6.3 Μπέκ ανάμειξης LPG μετά το intercooler

6.5.3 Σύστημα σειριακού αέριου ψεκασμού

Το σύστημα σειριακού αέριου ψεκασμού (Diesel Blend) καθιστά δυνατή τη μετατροπή των κινητήρων πετρελαίου σε κινητήρες διπλού καυσίμου, με την αντικατάσταση μιας ορισμένης ποσότητας πετρελαίου με LPG αλλά και CNG (Compressed Natural Gas). Το σύστημα μπορεί να εγκατασταθεί παράλληλα στο κύριο σύστημα διαχείρισης του κινητήρα και είναι κατάλληλο για όλους τους κινητήρες πετρελαίου (από Euro3) (Σχήμα 6.3). Το σύστημα ψεκασμού της διάταξης επικοινωνεί με το κινητήρα μέσω του διαύλου επικοινωνίας CAN (Controller Area Network) για να διασφαλιστεί πλήρως και ελεγχόμενα από τον εγκέφαλο η σωστή συμπληρωματική ποσότητα ψεκασμού του LPG, ανάλογα με τα εκάστοτε χαρακτηριστικά του πετρελαιοκινητήρα. Τα βασικά σήματα που χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό της ποσότητας ψεκασμού του καυσίμου LPG είναι: οι στροφές του κινητήρα, η πίεση του στροβιλοσυμπιεστή καυσαερίων, η ποσότητα ψεκασμού του πετρελαίου, η θέση του πεντάλ του γκαζιού, η ροπή του κινητήρα, η θερμοκρασία του ψυκτικού υγρού. Το σύστημα ψεκάζει την βασική ποσότητα πετρελαίου και ανάλογα με το φορτίο του κινητήρα τη συμπληρωματική ποσότητα LPG. Έτσι καθορίζεται η βέλτιστη ισορροπία μεταξύ καυσίμων πετρελαίου και LPG, με την αναλογία ανάμειξης των καυσίμων, να μπορεί να φτάσει μέχρι και το 49%. Σε περίπτωση που η δεξαμενή καυσίμου LPG αδειάσει, το σύστημα επαναφέρει την κανονική πετρελαιοκίνητη λειτουργία του κινητήρα, αυτόματα, χωρίς καμία παρέμβαση του οδηγού. Με το χαμηλότερο κόστος του LPG σε σχέση με το πετρέλαιο, έχουμε σημαντική μείωση στο κόστος της μετακίνησης, ιδιαίτερα

βαρέως τύπου οχημάτων, ενώ σημαντική είναι και η μείωση στις εκπομπές του διοξειδίου του άνθρακα CO₂.



Σχήμα 6.3 Σχηματική διάταξη εξαρτημάτων, συστήματος σειριακού αέριου ψεκασμού-Diesel Blend

6.6 Προοπτικές ανάπτυξης, της ανάμιξης πετρελαίου – LPG (Diesel Blend & Diesel Mix)

- Περιβαλλοντικές θετικές επιπτώσεις (μειώσεις εκπομπών καυσαερίων πετρελαίου)
- Βελτίωση της ποιότητας του αέρα (σε τοπικό επίπεδο)
- Θετικές επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία
- Ασφάλεια καυσίμου (ευρύτατης αποδοχής, ως ένα ασφαλές καύσιμο)
- Οικονομία καυσίμου και μεγαλύτερη έως και 2 φορές αυτονομία οχήματος
- Βελτίωση κατηγορίας προδιαγραφών καυσαερίου (Euro)

7.ΥΓΡΑΕΡΙΟΚΙΝΗΣΗ ΚΑΙ ΑΣΦΑΛΕΙΑ

Όλα τα καύσιμα απαιτούν κανονισμούς ασφαλείας στην μεταχείριση τους, ώστε να εξασφαλίζεται σε κάθε εφαρμογή η μέγιστη ασφάλεια. Κάθε καύσιμο είναι μια πηγή συσσωρευμένης ενέργειας, η οποία απελευθερώνεται με την καύση. Στους κόλπους της αυτοκίνησης, με τον ίδιο τρόπο που αποδεχόμαστε και προφυλαγόμαστε από την επικινδυνότητα της βενζίνης, πρέπει να συμπεριφερόμαστε και απέναντι στο LPG.

7.1 Δεξαμενή

Η δεξαμενή του LPG είναι κατασκευασμένη από ένα κράμα χάλυβα και σιδήρου, πολύ πιο ανθεκτικό στις υψηλές πιέσεις σε σχέση με μια δεξαμενή βενζίνης ή πετρελαίου. Παράλληλα τα σημεία των βάσης της δεξαμενής είναι τόσο ανθεκτικά, ικανά να αντέξουν μια σύγκρουση έως και 20G. Η δεξαμενή καυσίμου LPG είναι σχεδιασμένη να διατηρεί το καύσιμο σε πίεση περί τα 7.2 bar, όμως για να πάρει έγκριση για χρήση στο δρόμο, δοκιμάζεται σε εσωτερική πίεση που φτάνει τα 46.3 bar. Οι συγκεκριμένες προδιαγραφές δοκιμών αφορούν όλες τις δεξαμενές LPG και είναι πολύ πιο αυστηρές από τις δοκιμές που έχει υποστεί μια δεξαμενή βενζίνης ή πετρελαίου. Συγκριτικά λοιπόν με τις κοινές δεξαμενές βενζίνης ή πετρελαίου μια δεξαμενή LPG είναι πιο ανθεκτική, ενώ έχει σχεδιαστεί ώστε να αντέχει πιέσεις από τη διαστολή του καυσίμου, μέχρι την αύξηση της θερμοκρασίας ή την αντοχή σε μια εξαιρετικά σφοδρή σύγκρουση. Επιπλέον, μια δεξαμενή LPG δεν στηρίζεται στις εδράσεις της για την αντοχή της σε περίπτωση σύγκρουσης, αλλά είναι κατασκευασμένη ώστε να διατηρεί αναλλοίωτο το σχήμα της και την δομική της ακεραιότητα σε οποιοσδήποτε συνθήκες. Σε περίπτωση ατυχήματος, η δεξαμενή LPG απομονώνεται από το σύστημα, έτσι ώστε να αποφευχθεί η πιθανότητα διαρροής και ανάφλεξης.

Για να το εκφράσουμε πιο απλοϊκά σε περίπτωση που ρίχναμε μια δεξαμενή καυσίμου βενζίνης και μια δεξαμενή LPG από το ίδιο ύψος, το πιθανότερο η δεξαμενή βενζίνης θα διαλυότανε χύνοντας το καύσιμο, ενώ η δεξαμενή LPG θα έμενε ακέραιη, με κάποιες μικρές εκδορές, χωρίς όμως να έχει διαρροή καυσίμου.

Κατά τη διάρκεια ανεφοδιασμού του αυτοκινήτου με LPG σε ένα πρατήριο υγραεριοκίνησης, για λόγους ασφαλείας το όχημα δεν πρέπει να μείνει χωρίς επιτήρηση. Αλλά ακόμα και αν παρουσιαστεί κάποιο πρόβλημα όσο διαρκεί ο ανεφοδιασμός, οι βαλβίδες της διάταξης είναι ρυθμισμένες έτσι ώστε να μπορούν να κλείσουν αυτόματα. Επιπλέον, σε περίπτωση μικρής διαρροής με απλές μεθόδους μπορεί να σταματήσει η διαφυγή του LPG.

7.2 Ασφάλεια και σωληνώσεις

Τα τελευταία χρόνια, όλα τα αυτοκίνητα με κινητήρες ψεκασμού, διαθέτουν βαλβίδα διακοπής της παροχής καυσίμου, από την αντλία βενζίνης στον κινητήρα, σε περίπτωση σύγκρουσης. Σε πολλές περιπτώσεις όμως, η διάταξη αυτή δεν προσφέρει επαρκή προστασία απέναντι σε περιπτώσεις διαρροής κάποιας σωλήνας καυσίμου, αφού η βαλβίδα του συστήματος ενεργοποιείται μόνο σε περίπτωση κάποιας σοβαρής σύγκρουσης. Αντιθέτως τα συστήματα LPG προστατεύουν τους επιβάτες και το όχημα και στις δυο περιπτώσεις, αφού το σύστημα συνδέεται με την υπάρχουσα βαλβίδα διακοπής καυσίμου (σε περίπτωση ατυχήματος), αλλά διαθέτει και βαλβίδα υπερχειλίσης που διακόπτει την παροχή LPG μόλις ανιχνευτεί απότομη αύξηση της παροχής από δίκτυο (πχ. σε περίπτωση διαρροής). Σε κάθε περίπτωση ένα σύστημα LPG είναι “οχυρωμένο” γερά απέναντι στην πρόκληση πυρκαγιάς, εξασφαλίζοντας σε κάθε περίπτωση ότι το καύσιμο δεν μπορεί να ξεφύγει από την δεξαμενή.

7.3 Σε περίπτωση πυρκαγιάς

Σε περίπτωση που πιάσει φωτιά στο αυτοκίνητο μετά την πρόσκρουση, η βαλβίδα εκτόνωσης που υπάρχει στο όχημα απελευθερώνει LPG στην ατμόσφαιρα σε μικρές ποσότητες. Έτσι ώστε να μειωθεί η πίεση μέσα στη δεξαμενή. Με τον τρόπο αυτό το LPG φλέγεται στην ατμόσφαιρα, αλλά η φωτιά δεν φτάνει στη δεξαμενή, οπότε δεν υπάρχει έκρηξη της φιάλης του LPG μέσα στο αυτοκίνητο, που θα είχε τραγικά αποτελέσματα για οδηγό, συνεπιβάτες και το ίδιο το αυτοκίνητο. Οι δεξαμενές διαθέτουν ειδικά προστατευτικά γύρω από την επιφάνεια τους, έτσι ώστε να μην παραμορφωθούν και συμπιεστεί το LPG, ακόμα και όταν η πρόσκρουση είναι σφοδρή.

Επιπλέον, έχουν ληφθεί κατάλληλα μέτρα ακόμα και για το σωλήνα ανεφοδιασμού, ώστε να διαθέτει ένα σύστημα απόσπασης. Αν αυτό το σύστημα καταστραφεί ή σπάσει, η τροφοδοσία του LPG διακόπτεται αμέσως, οπότε δεν υπάρχει διαρροή LPG. Αν υπάρξει διαρροή, η βαλβίδα ροής του LPG θα διακόψει αυτόματα την τροφοδοσία.

7.4 Μέτρα ασφάλειας κατά τη διάρκεια εργασιών αερίων καυσίμων

Γενικά όλα τα μέτρα ασφάλειας που λαμβάνονται κατά τη λειτουργία του συνεργείου θα πρέπει να τηρούνται και στις διαδικασίες τοποθέτησης και εγκατάστασης συστημάτων αερίων καυσίμων.

Το LPG είναι ένα εύφλεκτο αέριο που χρησιμοποιείται ως καύσιμο ή προωθητικό και κανονικά αποθηκεύεται υπό πίεση σε υγρή μορφή. Το LPG είναι φυσικά άχρωμο και άοσμο. Για λόγους ασφαλείας, το LPG περιέχει μια χημική ένωση που παράγει οσμή και ονομάζεται αιθυλική μερκαπτάνη. Ακόμη και μικρές συγκεντρώσεις αερίου 0,5% μπορούν εύκολα να ανιχνευθούν. Ασφυξία μπορεί να συμβεί σε περιορισμένες ή κλειστές περιοχές χωρίς επαρκή αερισμό εάν το LPG εκτοπίσει το 21 % οξυγόνου που περιέχει ο αέρας.

Διαδικασίες Ασφάλειας

1. Εκπαιδευμένο Προσωπικό

Μόνο εξειδικευμένο προσωπικό με την κατάλληλη εκπαίδευση ή πιστοποιήσεις πρέπει να συντηρεί το σύστημα αποθήκευσης καυσίμου LPG και τα εξαρτήματα του συστήματος. Το σύστημα αποθήκευσης καυσίμου LPG διαθέτει εξαρτήματα υπό πίεση και ο χειρισμός τους πρέπει να γίνεται ιδιαίτερη προσοχή. Τα άτομα πρέπει να είναι κατάλληλα εκπαιδευμένα στη χρήση του απαιτούμενου εξοπλισμού για την εκτέλεση εργασιών και τη συντήρηση του συστήματος καυσίμου LPG.

2. Εξοπλισμός Ασφαλείας

Οι πινακίδες ασφαλείας LPG όπως απαιτούνται από την Διεθνή και Εθνική νομοθεσία πρέπει να τοποθετούνται τόσο στο όχημα όσο και κατά την εκτέλεση εργασιών, τον ανεφοδιασμό και άλλες περιοχές εφαρμογής εκεί που είναι εύκολα ορατές.

- Για την προστασία έναντι πυρκαγιάς, φορητοί πυροσβεστήρες που έχουν αξιολογηθεί κατάλληλοι για την πυρόσβεση πυρκαγιών LPG.
- Αυτόνομες αναπνευστικές συσκευές πρέπει να βρίσκονται στην καθορισμένη περιοχή και να είναι άμεσα διαθέσιμες για χρήση σε περιπτώσεις ανάγκης.
- Πρέπει να χρησιμοποιείται πάντα φωτισμός και θέρμανση που είναι σύμφωνος την Διεθνή και Εθνική νομοθεσία στους χώρους που γίνονται εργασίες σε χώρους επισκευής και συντήρησης ή και ανεφοδιασμού συστημάτων LPG.
- Κατά την επιθεώρηση για διαρροές αερίου, πρέπει να χρησιμοποιείτε μόνο πιστοποιημένο εξοπλισμό ανίχνευσης διαρροής ή ειδικά χημικά διαλύματα που βοηθούν στην ανίχνευση κάποιας διαρροής.

- Πρέπει να χρησιμοποιούνται εργαλεία που είναι σε καλή κατάσταση και κατάλληλα για την συντήρηση ή επισκευή που εκτελείται.
- Θα πρέπει κάθε τεχνίτης, να φορά γυαλιά και γάντια κατά την εκτέλεση εργασιών σε ένα σύστημα LPG καθώς κατάλληλο και ασφαλή ρουχισμό εργασίας.

7.5 Έλεγχοι οχήματος με διπλό καύσιμο στο ΚΤΕΟ

Γίνονται όλοι οι έλεγχοι των άλλων συστημάτων του οχήματος, (φρένα, ανάρτηση, διεύθυνση, φωτισμός, ελαστικά κλπ.), όπως σε όλα τα αυτοκίνητα (ΥΑ 44800/123/85). Ο έλεγχος καυσαερίων σύμφωνα με την ισχύουσα νομοθεσία γίνεται λειτουργώντας τον κινητήρα με βενζίνη όπως σε όλα τα βενζινοκίνητα αυτοκίνητα. Ο λόγος που δεν γίνεται έλεγχος καυσαερίων με καύση LPG είναι γιατί το όχημα είναι κατασκευασμένο από το εργοστάσιο κατασκευής για καύση βενζίνης και έχει πάρει έγκριση τύπου και πιστοποιητικά καυσαερίων για καύση βενζίνης. Πέραν τούτων όμως, το όχημα οφείλει να ελεγχθεί και στα ακόλουθα σημεία (οπτικός έλεγχος):

- Η δεξαμενή καυσίμου πρέπει να είναι σταθερά εγκατεστημένη στο όχημα, εσωτερικά ή εξωτερικά αυτού, όχι όμως στον χώρο του κινητήρα ή στον εμπρόσθιο χώρο του οχήματος, εφόσον διατίθεται
- Σε περίπτωση εξωτερικής τοποθέτησης της δεξαμενής, η θέση εγκατάστασης μπορεί να είναι είτε κάτω από το δάπεδο του αμαξώματος, με τήρηση ελάχιστης απόστασης από το έδαφος (200mm ή ύπαρξη κατάλληλης προστατευτικής διάταξης χαμηλότερα από αυτήν) είτε επάνω στο αμάξωμα ή την στέγη του οχήματος, με προστασία από την ηλιακή ακτινοβολία. Σε κάθε περίπτωση πρέπει να μην προεξέχει του πλευρικού περιγράμματος του οχήματος.
- Δεν πρέπει να υπάρχει επαφή μετάλλου με μέταλλο στην εγκατάσταση της δεξαμενής, εκτός από τα μόνιμα σημεία στερέωσής της. Τα σημεία στερέωσής της πρέπει να είναι μόνιμα για να την ασφαλίζουν επάνω στο όχημα ή να στερεώνεται με ειδικό πλαίσιο και ιμάντες (τουλάχιστον δύο). Αν οι ιμάντες φέρουν επίσης το βάρος της δεξαμενής, πρέπει να είναι τουλάχιστον τρεις με πάχος τουλάχιστον 3mm ο καθένας. Επίσης πρέπει να εξασφαλίζουν ότι η δεξαμενή καυσίμου δεν θα ολισθαίνει, δεν θα περιστρέφεται ή δεν θα εκτοπίζεται. Τέλος πρέπει να παρεμβάλλεται προστατευτικό υλικό (τσόχα, δέρμα ή πλαστικό) μεταξύ της δεξαμενής και των ιμάντων, του ειδικού πλαισίου στερέωσης και των σημείων έδρασης της δεξαμενής.
- Το αεροστεγές περικάλυμμα της δεξαμενής πρέπει να έχει τουλάχιστον μία σύνδεση με την ατμόσφαιρα, όπου απαιτείται, μέσω ελαστικού σωλήνα

ανθεκτικού στο LPG. Το στόμιο εξόδου αυτού του σωλήνα, πρέπει να βλέπει προς τα κάτω στο σημείο εξόδου από το όχημα και εφόσον είναι δυνατόν να αποφεύγεται η εκτόνωση προς τους θόλους των τροχών ή προς άλλες πηγές θερμότητας του οχήματος (π.χ. σωλήνας εξαγωγής καυσαερίων). Η ελάχιστη διατομή εξόδου του αεροστεγούς περικαλύμματος (αυτοτελώς ή αθροιστικά) πρέπει να είναι 500mm^2 .

- Οι ενώσεις του ελαστικού σωλήνα σύνδεσης με το αεροστεγές περικάλυμμα και τον οδηγό διόδου, πρέπει να επιτυγχάνονται με σφιγκτήρες ή άλλα μέσα, που εξασφαλίζουν την δημιουργία αεροστεγούς ένωσης.
- Οι άκαμπτες γραμμές καυσίμου πρέπει να κατασκευάζονται από χάλυβα ή χαλκό. Σε περίπτωση χαλκού, ο αγωγός πρέπει να προστατεύεται με ελαστικό ή πλαστικό μανδύα.
- Η εξωτερική διάμετρος του αγωγού δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερη από 12mm και το πάχος τοιχώματος δεν πρέπει να είναι μικρότερο από 0,8mm.
- Η γραμμή καυσίμου μπορεί να κατασκευασθεί επίσης από πλαστικό ή ελαστικό υλικό ή να αντικατασταθεί από εύκαμπτη γραμμή ή ελαστικό σωλήνα.
- Οι άκαμπτες γραμμές καυσίμου, πρέπει να στερεώνονται με ειδικό τρόπο, ώστε να μην υφίστανται καταπόνηση ή δόνηση. Οι εύκαμπτες γραμμές καυσίμου, οι ελαστικοί σωλήνες ή οι μη μεταλλικές άκαμπτες γραμμές καυσίμου, πρέπει επιπρόσθετα να είναι προστατευμένες από προσκρούσεις. Ειδικά στα σημεία στερέωσης, πρέπει να είναι εφοδιασμένες με προστατευτικό υλικό, εφόσον ο σωλήνας δεν προστατεύεται στο πλήρες μήκος του.
- Στις συνδέσεις αέριας φάσης μεταξύ των διαφόρων εξαρτημάτων της εγκατάστασης, δεν επιτρέπονται ενώσεις κασιτεροκόλλησης ή οξυγονοκόλλησης ή συμπίεσης. Οι σύνδεσμοι χαλύβδινων αγωγών, πρέπει να είναι από χάλυβα ενώ των χάλκινων από υλικό ανθεκτικό σε διάβρωση. Το αυτό υλικό πρέπει να χρησιμοποιείται και για τα συγκροτήματα διανομής.
- Οι ενώσεις των άκαμπτων γραμμών καυσίμου πρέπει να είναι κατάλληλης μορφής, ο αριθμός τους να είναι ο ελάχιστος δυνατός και η θέση τους τέτοια, ώστε να διατίθεται πρόσβαση για επιθεώρηση.
- Δεν πρέπει να υπάρχουν συνδέσεις που μεταφέρουν αέριο στον χώρο των επιβατών ή στον κλειστό χώρο των αποσκευών, με εξαίρεση τις συνδέσεις αεροστεγούς περικαλύμματος και τη σύνδεση μεταξύ του σωλήνα αερίου και της μονάδας πλήρωσης, εφόσον είναι εφοδιασμένη με μανδύα

ανθεκτικό στο LPG και σε οποιαδήποτε διαρροή αερίου διοχετεύεται απευθείας στην ατμόσφαιρα.

8. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στις σημερινές παγκόσμιες οικονομικές και βεβαρημένες περιβαλλοντικά συνθήκες της εποχής μας, έχει δημιουργηθεί η ανάγκη για εναλλακτικά καύσιμα για την κίνηση των οχημάτων, εκτός από την βενζίνη και το πετρέλαιο. Ένα από αυτά τα εναλλακτικά καύσιμα είναι και το LPG, η χρήση του οποίου –για την κίνηση οχημάτων– έχει γίνει ιδιαίτερα δημοφιλής στην ελληνική αγορά, λόγω των ραγδαίας αύξησης των τιμών των “κλασσικών” καυσίμων τα τελευταία χρόνια.

Στην παρούσα διπλωματική εργασία γίνεται περιγραφή και επεξήγηση όλων των τεχνολογιών που έχουν εξελιχθεί, για τη χρήση του LPG στα οχήματα. Επίσης, σκοπός της εργασίας είναι η ανάλυση των πλεονεκτημάτων (περιβαλλοντολογικών και μη) και μειονεκτημάτων που χαρακτηρίζουν τη χρήση του LPG στα οχήματα, καθώς και τους κανόνες “ασφαλείας” που απαιτούνται για τη χρήση του.

Τα συμπεράσματα που προκύπτουν βάσει των παραπάνω κεφαλαίων είναι:

- Η τιμή του LPG αποτελεί ένα σημαντικό πλεονέκτημα. Στην περίπτωση της μετατροπής η απόσβεση του κόστους εγκατάστασης γίνεται σε σύντομο χρονικό διάστημα, κερδίζοντας ένα σημαντικά χαμηλότερο κόστος καθημερινής μετακίνησης [3.2].
- Η μετατροπή ενός βενζινοκίνητου οχήματος, ώστε να καταναλώνει και LPG αυξάνει δραματικά την αυτονομία του, με την δυνατότητα χρήσης και των δύο καυσίμων, εξυπηρετώντας ιδανικά τους οδηγούς που διανύουν μεγάλες αποστάσεις.
- Το LPG αποτελεί ένα “οικολογικό” καύσιμο, συγκρινόμενο με τις “κλασσικές” λύσεις των καυσίμων της βενζίνης και του πετρελαίου. Ανάλογα με το είδος και την τεχνολογία της εφαρμογής του οχήματος, το όφελος για το περιβάλλον συγκριτικά με τη βενζίνη και το πετρέλαιο, μπορεί να είναι ανάλογο [5.1 και 6.3].
- Το LPG θεωρείται ένα εξαιρετικά “ασφαλές” καύσιμο, τηρώντας πάντοτε τους κανόνες ασφαλείας[7], όπως και στα υπόλοιπα καύσιμα (βενζίνη, πετρέλαιο). Η δεξαμενή καυσίμου και τα υπόλοιπα μέρη [2.2] που απαρτίζουν τα πιστοποιημένα συστήματα μετατροπής LPG, προσφέρουν μέγιστη ασφάλεια.
- Εκτός από την ποιότητα του προς εγκατάσταση συστήματος LPG, τις γνώσεις και την εκπαίδευση του εγκαταστάτη/τεχνίτη και τη σωστή ρύθμιση των παραμέτρων της εγκατάστασης, σημαντικό ρόλο παίζει και η καταλληλότητα

ενός αρχικά σχεδιασμένου κινητήρα για καύση βενζίνης, να μετατραπεί σε κινητήρα καύσης δύο καυσίμων (βενζίνης και LPG). Η μετατροπή για χρήση LPG σε μερικούς κινητήρες μπορεί να δημιουργήσει σημαντικά προβλήματα[4.2]. Πολλοί από τους ευπαθείς κινητήρες στην καύση LPG, είναι γνωστοί από τις εταιρείες κατασκευής συστημάτων LPG και οι αναγνωρισμένοι κατασκευαστές ενημερώνουν και προστατεύουν τους πελάτες τους.

- Σημαντικά βελτιωμένα ως προς την αξιοπιστία, την απόδοση και τη λειτουργία είναι τα συστήματα μετατροπής LPG υγρού τύπου [2.3.3 και 2.3.4]. Το βασικό μειονέκτημα τους βέβαια είναι το υψηλότερο κόστος, που αυξάνει και το χρόνο απόσβεσης της μετατροπής.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Ζαχμάνογυ Θ., Καπετανάκης Γ., Καταμπίλας Π., Σπόζιτο Π., ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΟΧΗΜΑΤΩΝ, ΥΓΡΑΕΡΙΟ (LPG) & ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ (CNG), Αθήνα, 2011
- Διπλωματική εργασία Ανδρέου Μαρίνου, Οχήματα Υγραερίου LPG, Αλεξάνδρειο ΤΕΙ Θεσσαλονίκης, Σχολή Τεχνολογικών Εφαρμογών, Τμήμα Οχημάτων
- Κυριακής Ν., Μηχανές Εσωτερικής Καύσης, εισαγωγή στη χρήση και τη λειτουργία, Εκδόσεις Σοφία, Θεσσαλονίκη, 2006
- Yunus A. Cengel, Michael A. Boles, Θερμοδυναμική για μηχανικούς, 7^η Έκδοση, Εκδόσεις Τζιόλα, Θεσσαλονίκη
- Long Term Continuous Use Of Auto- Lpg Causes Thermal Pitting In Automotive S. I. Engine Parts - Mechanical Engineering Department - Maulana Azad National Institute Of Technology
- Can Cars Come Clean? Strategies for Low-Emission Vehicles: Strategies for Low- Emission Vehicles, OECD Publishing, 2004
- European Commission – Volume II: Alternative Fuels – A technical study on fuels technology
- An Experimental Study On *Lpg*/H₂O₂ Mixture For Combustion - Faculty Of Chemical & Natural Resources Engineering Universiti Malaysia Pahang
- MAN - LPG, Ethane, Methanol future fuels for GI – and LGI engines
- B.Gerkens, University of Liege, Belgium – Comparison of two models of environmental evaluation
- Performance, Emission and Combustion of LPG Diesel Dual Fuel Engine using Glow Plug - Jordan Journal of Mechanical and Industrial Engineering
- Study on the impacts of LPG cars penetration in EU31 on the exhaust air emission reduction - Transport & Mobility Leuven
- Transport & Mobility Leuven: Reducing greenhouse-gas emissions of transport beyond 2020

- The Study Of Combustion Characteristics For Different Compositions Of Lpg - Faculty of Chemical and Natural Resources Engineering
- Chiu J And Matthews R, The Texas Project: Part 2 - Control System Characteristics Of After-Market CNG And LPG Conversions For Light-Duty Vehicles
- Σύστημα Ποιότητας, Διαδικασίες και πιστοποίηση Τεχνικού ελέγχου οχημάτων σε Ιδιωτικό ΚΤΕΟ – Τηλέμαχος Νοτάκης
- Technical Report – Peter Anyon – Australian Liquefied Petroleum Gas Association (ALPGA)
- Ημερίδα Πετρελαιοκίνησης (Αθήνα 2013) – Καραμπίλα Πέτρος (Τεχν. Μηχανολόγος Οχημάτων)
- Εισαγωγή στα φαινόμενα καύσης – Μ. Φουντή – Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών ΕΜΠ 2004
- Δικτυακή ιστοσελίδα : www.media.opel.com – Technical Data Opel Astra 1.4 Turbo LPG my2013
- Δικτυακή ιστοσελίδα : www.caroto.gr - Η υγραεριοκίνηση & η εξέλιξη του υγραερίου ως καύσιμο
- Δικτυακή ιστοσελίδα: www.gaspoweruk.co.uk
- Νομοθεσία Υγραεριοκίνησης – Εφημερίδα της Κυβερνήσεως Ελληνικής Δημοκρατίας Τεύχος Δεύτερο, Αριθμός φύλλου 411, 29/3/2000