

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΑΤΡΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**«Βελτίωση της Ιπποδύναμης μηχανής
εσωτερικής καύσης –βενζινοκινητήρα- με
κατασκευή πολλαπλών εισαγωγής –
εξαγωγής».**

ΕΥΑΓΓΕΛΟΣ ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΣ ΜΠΟΥΛΕΚΟΣ

Δρ. Γεώργιος Καμπουρίδης

ΠΑΤΡΑ 2012

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Το παρόν κείμενο αποτελεί πτυχιακή εργασία που εκπονήθηκε την άνοιξη του 2012 στο τμήμα μηχανολογίας του ΑΤΕΙ ΠΑΤΡΑΣ και αναφέρεται στην βελτίωση μιας μηχανής εσωτερικής καύσης (βενζινομηχανής), με την κατασκευή πολλαπλής εισαγωγής και πολλαπλής εξαγωγής.

Στις μέρες μας οι μηχανές εσωτερικής καύσης είναι αναπόσπαστο κομμάτι από την καθημερινή μας ζωή, καθώς αποτελούν καθημερινό εργαλείο για τον άνθρωπο (μεταφορικά μέσα, βιομηχανίες, οικιακές συσκευές).

Η ανάγκη για γρηγορότερες και οικονομικότερες μετακινήσεις στον τομέα της αυτοκίνησης και παράλληλα, η παγκόσμια ανάγκη για την προστασία του περιβάλλοντος, ώθησε τις αυτοκινητοβιομηχανίες στην ανάπτυξη νέων τεχνολογιών που εφαρμόζουν στις μηχανές εσωτερικής καύσης.

Στόχος της εργασίας είναι να δείξει πως με βάση τις τεχνολογίες αυτές, προχωράμε στον σχεδιασμό των πολλαπλών εισαγωγής και εξαγωγής ώστε να επιτύχουμε αυξημένη ιπποδύναμη και οικονομία καυσίμου.

Σε αυτό το σημείο θέλω να ευχαριστήσω τους καθηγητές του τμήματος μηχανολογίας του ΑΤΕΙ ΠΑΤΡΩΝ οι οποίοι μου παρείχαν τις γνώσεις τους κατά την διάρκεια της φοίτησής μου. Το προϊστάμενο του τμήματος μηχανολογίας Δρ. Καμπουρίδη Γεώργιο και τους καθηγητές στο εργαστήριο ΜΕΚ Δρ. Μαυρίδη Κωνσταντίνο και Επαμεινώνδα Αλεξόπουλο.

Τέλος θέλω να ευχαριστήσω την οικογένειά μου που μου συμπαραστάθηκε κατά την διάρκεια των σπουδών μου.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η εργασία αυτή γράφτηκε την άνοιξη του 2012 και έχει ως στόχο να αναδείξει την σχέση που έχει ο σχεδιασμός των πολλαπλών εισαγωγής και εξαγωγής με την αύξηση της ιπποδύναμης σε μια ΜΕΚ, παρουσιάζοντας παράλληλα τις τελευταίες εξελίξεις πάνω στις μηχανές εσωτερικής καύσης.

Οι μηχανές εσωτερικής καύσης είναι θερμικές μηχανές οι οποίες μετατρέπουν την θερμική ενέργεια που παράγεται από την καύση του μείγματος αέρα - υδρογονανθράκων μέσα στον θάλαμο καύσης, σε μηχανική ενέργεια.

Οι θερμικές μηχανές αυτές χωρίζονται στις εμβολοφόρες παλινδρομικές και στις περιστροφικές.

Οι περιστροφικές μηχανές είναι οι μηχανές τύπου wankel, οι οποίες παράγουν έργο με την καύση των υδρογονανθράκων και τα αέρια της καύσης πιέζουν σε κάθε καύση την πλευρά ενός ισόπλευρου τριγώνου και το αναγκάζουν να περιστραφεί.

Στις περιστροφικές μηχανές το έμβολο έχει το σχήμα ισόπλευρου τριγώνου και εδράζει πάνω στον εκκεντροφόρο άξονα ο οποίος αναλαμβάνει και χρέη στροφαλοφόρου άξονα.

Αντίθετα στις παλινδρομικές εμβολοφόρες μηχανές, το κινούμενο μέσο είναι το έμβολο το οποίο παλινδρομεί και μέσω του διωστήρα αναγκάζει τον στροφαλοφόρο άξονα να περιστραφεί.

Οι παλινδρομικές μηχανές εξαιτίας της επαναληπτικής λειτουργίας που παρουσιάζουν, βασίζονται πάνω σε κάποιους θεωρητικούς κύκλους λειτουργίας. Για τις βενζινομηχανές είναι ο θεωρητικός κύκλος Otto και για τις ντιζελομηχανές είναι ο θεωρητικός κύκλος Diesel.

Στην παρούσα εργασία στην αναφερόμαστε μόνο σε εμβολοφόρους παλινδρομικούς βενζινοκινητήρες.

Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται αναφορά στα βασικά χαρακτηριστικά μεγέθη ενός κινητήρα, τον κύκλο λειτουργίας που ακολουθεί και γίνεται αναφορά στις τεχνολογίες που χρησιμοποιούν οι σύγχρονες μηχανές όπως είναι ο άμεσος ψεκασμός και ο μεταβλητός χρονισμός των βαλβίδων.

Στο δεύτερο κεφάλαιο αναφερόμαστε στην εναλλαγή των αερίων μέσα σε μια ΜΕΚ. Αναλύεται η κίνηση των αερίων από την εισαγωγή προς τον θάλαμο καύσης και από τον θάλαμο καύσης προς την πολλαπλή εξαγωγής.

Η ροή δια μέσου του αυλού εισαγωγής και του αυλού εξαγωγής.

Στο τρίτο κεφάλαιο γίνεται ο υπολογισμός του μήκους και της διαμέτρου της πολλαπλής εισαγωγής και της πολλαπλής εξαγωγής.

Τέλος στο τέταρτο κεφάλαιο εκφράζονται οι παρατηρήσεις από τα αποτελέσματα της έρευνας και γίνεται αναφορά στην τεχνολογία multi-air στην οποία η παροχή της μάζας αέρα μέσα στον κύλινδρο ρυθμίζεται με ηλεκτρονικό τρόπο από την βαλβίδα εισαγωγής και όχι από την ρυθμιστική δικλείδα.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ	1
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	2
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1	6
ΘΕΩΡΙΑ ΜΕΚ	6
1.1 ΚΥΚΛΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ.....	6
1.2 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΜΕΓΕΘΗ ΜΕΚ.....	8
1.2.1 ΡΟΠΗ.....	8
1.2.2 ΙΣΧΥΣ.....	8
1.2.3 ΕΡΓΟ.....	9
1.2.4 ΣΧΕΣΗ ΣΥΜΠΙΕΣΗΣ.....	10
1.3 ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΑΜΕΣΟΥ ΨΕΚΑΣΜΟΥ (DIRECT INJECTION).....	10
1.4 ΧΡΟΝΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΒΑΛΒΙΔΩΝ	12
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2	15
ΚΙΝΗΣΗ ΑΕΡΙΩΝ ΚΑΙ ΑΥΞΗΣΗ ΤΗΣ ΙΣΧΥΣ	15
2.1 ΕΝΑΛΛΑΓΗ ΑΕΡΙΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΔΡΟΜΗ ΑΕΡΑ	15
2.2 ΟΓΚΟΜΕΤΡΙΚΟΣ ΒΑΘΜΟΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ	16
2.3 ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΥΠΟΠΙΕΣΗΣ ΣΤΗΝ ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	17
2.4 ΡΟΗ ΑΕΡΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΠΟΛΛΑΠΛΗ ΕΙΣΑΓΩΓΗΣ.....	19
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3	22
ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΠΟΛΛΑΠΛΩΝ ΕΙΣΑΓΩΓΗΣ – ΕΞΑΓΩΓΗΣ	22
3.1 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΜΗΚΟΥΣ ΑΥΛΟΥ ΕΞΑΓΩΓΗΣ.....	22
3.2 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΜΗΚΟΥΣ ΑΥΛΟΥ ΕΙΣΑΓΩΓΗΣ.....	25
3.3 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΔΙΑΜΕΤΡΟΥ ΑΥΛΟΥ ΕΙΣΑΓΩΓΗΣ	27
3.4 ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΑΥΛΩΝ ΕΞΑΓΩΓΗΣ.....	27

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4	29
4.1 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	29
4.2 ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ MULTIAIR.....	29
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	35

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΘΕΩΡΙΑ ΜΕΚ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στο κεφάλαιο αυτό θα αναφέρουμε τον τρόπο με τον οποίο παράγεται έργο στον κινητήρα και θα γίνει και αναφορά στις τεχνολογίες που ενσωματώθηκαν τα τελευταία χρόνια ώστε να μπορέσουν οι σύγχρονοι κινητήρες να έχουν αυξημένη ιπποδύναμη σε όλο το φάσμα των στροφών και μειωμένη κατανάλωση.

1.1 ΚΥΚΛΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ

Κάθε κινητήρας περιγράφεται από έναν κύκλο λειτουργίας

Ο βενζινοκινητήρας περιγράφεται από τον κύκλο λειτουργίας Otto.

Η παλινδρομική κίνηση του εμβόλου στους βενζινοκινητήρες γίνεται σε κάποια συγκεκριμένα χρονικά περιθώρια τα οποία τα ονομάζουμε χρόνους.

Χρόνος είναι το χρονικό περιθώριο μέσα στο οποίο το έμβολο μετακινείται από το ΑΝΣ προς το ΚΝΣ και αντίστροφα.

Η διάρκεια του κάθε χρόνου αλλάζει καθώς αλλάζουν και οι στροφές του κινητήρα.

Ένας πλήρης κύκλος λειτουργίας αποτελείται από 4 χρόνους λειτουργίας, δηλαδή 4 διαδρομές ανάμεσα στο ΑΝΣ και στο ΚΝΣ και αντίστροφα.

Οι χρόνοι λειτουργίας είναι:

1. Εισαγωγή.
2. Συμπίεση.
3. Έκρηξη - εκτόνωση
4. Εξαγωγή

Στην θεωρητική αυτή προσέγγιση θεωρούμε πως η βαλβίδα εισαγωγής και εξαγωγής ανοίγουν ακριβώς την στιγμή που το έμβολο βρίσκεται στο ΑΝΣ και κλείνει στο ΚΝΣ.

Έτσι κατά την φάση της εισαγωγής και ενώ η βαλβίδα εισαγωγής είναι ανοιχτή το έμβολο μετακινούμενο από το ΑΝΣ στο ΚΝΣ δημιουργεί υποπίεση μέσα στον κύλινδρο με αποτέλεσμα την μετακίνηση των αερίων από την περιοχή υψηλής πίεσης στην περιοχή χαμηλότερης πίεσης.

Όταν το έμβολο φτάσει στο ΚΝΣ η βαλβίδα εισαγωγής κλείνει και αρχίζει η φάση της συμπίεσης. Καθώς το έμβολο μετακινείται από το ΚΝΣ προς το ΑΝΣ συμπιέζει τον εισερχόμενο αέρα μέσα στον στο χώρο καύσης. Η έκχυση της βενζίνης γίνεται άμεσα στον κύλινδρο και γίνεται λίγες μοίρες πριν το ΑΝΣ.

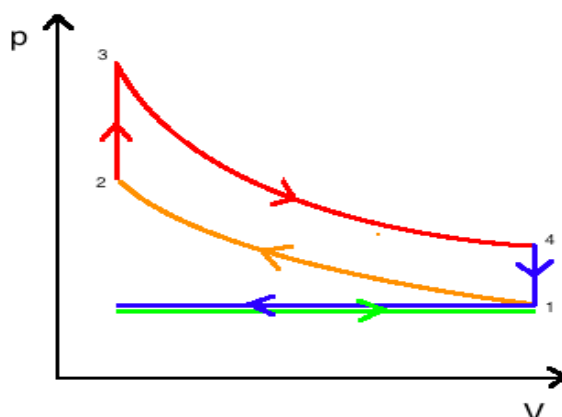
Όταν το έμβολο φτάσει στο ΑΝΣ τότε μέσα στον θάλαμο καύσης έχουμε την παρουσία σπινθήρα από τον σπινθηριστή με αποτέλεσμα την καύση του μείγματος αέρα – βενζίνης και την παραγωγή θερμών αερίων. Στην θεωρητική προσέγγιση η διαδικασία της καύσης γίνεται στιγμιαία.

Κατά την φάση της εκτόνωσης το έμβολο δεχόμενο την δύναμη από την εκτόνωση των θερμών αερίων μετακινείται από ΑΝΣ στο ΚΝΣ. Κατά την περίοδο που διαρκεί η εκτόνωση παράγεται έργο στον κινητήρα.

Όταν το έμβολο φτάσει στο ΚΝΣ τότε η βαλβίδα εξαγωγής ανοίγει και τα καυσαέρια εξάγονται προς την πολλαπλή εξαγωγής εξαιτίας της διαφοράς πίεσης μεταξύ της πολλαπλής εξαγωγής και του κυλίνδρου. Όταν το έμβολο φτάσει στο ΑΝΣ τότε τελειώνει και η τελική φάση ενός πλήρη κύκλου λειτουργίας ενός κινητήρα.

Ο κάθε κύκλος λειτουργίας αποτελεί στην ουσία ένα θερμοδυναμικό κύκλο λειτουργίας, ο βενζινοκινητήρας βασίζεται στον θερμοδυναμικό κύκλο ισχύος Otto.

Στο παρακάτω σχήμα βλέπουμε το διάγραμμα P-V το οποίο απεικονίζει έναν θερμοδυναμικό κύκλο ισχύος Otto.



Εικόνα 1: Διάγραμμα P-V θερμοδυναμικός κύκλος ισχύος Otto.

Στο διάγραμμα της εικόνας 1 βλέπουμε την απεικόνιση του θερμοδυναμικού κύκλου ισχύος Otto σε ισοδύναμο διάγραμμα P-V.

Η πράσινη γραμμή δείχνει την φάση της εισαγωγής του αέρα, σε αυτήν τη χρονική περίοδο η βαλβίδα εισαγωγής του αέρα είναι ανοιχτή και ο αέρας εισέρχεται στον κύλινδρο.

1-2 : η μεταβολή που καταγράφεται στην περίοδο αυτή και φαίνεται στο διάγραμμα με την κίτρινη γραμμή είναι μία αδιαβατική συμπίεση. Σε αυτήν την περίοδο το έμβολο συμπιέζει τον αέρα αυξάνοντας την πίεση μέσα στον κύλινδρο και παράλληλα μικραίνοντας τον όγκο του κυλίνδρου χωρίς να προσλαμβάνεται η να προσδίδεται θερμότητα από το περιβάλλον.

2-3 : Ισόχωρη συμπίεση. Στην περίοδο αυτή απεικονίζεται η διαδικασία έκρηξης. Σε αυτή την φάση το πιστόνι έχει φτάσει στο ΑΝΣ και εκείνη την στιγμή ο σπινθηριστής προσδίδει στο σύστημα θερμότητα και δημιουργείται

έκρηξη στον μείγμα με αποτέλεσμα την απότομη αύξηση της πίεσης μέσα στον κύλινδρο αλλά πάντα με σταθερό όγκο.

3-4: αδιαβατική εκτόνωση. Σε αυτή την φάση και συγκεκριμένα στο σημείο 3 η πίεση μέσα στον κύλινδρο έχει πάρει την μέγιστη τιμή και αρχίζοντας το πιστόνι να κατεβαίνει προς το ΚΝΣ αυξάνεται και ο όγκος μέσα στον κύλινδρο και παράλληλα αρχίζει και η εκτόνωση της πίεσης μέσα στον κύλινδρο. Στην περίοδο αυτή το σύστημα παράγει έργο.

4-1 : ισόχωρη εκτόνωση. Στην φάση αυτή και συγκεκριμένα στο σημείο 4 και ενώ το έμβολο έχει φτάσει στο ΚΝΣ, ανοίγει η βαλβίδα εξαγωγής και έχουμε απότομη εκτόνωση των καυσαερίων και στην μέχρι το σημείο 1 όπου κλείνει και ο κύκλος λειτουργίας, το σύστημα αποβάλλει την θερμότητα που έχει δημιουργηθεί από την καύση και η εργαζόμενη ουσία επιστρέφει στην αρχική της κατάσταση.

Η έξοδος των καυσαερίων συνεχίζει και πέρα από το σημείο 1 μέχρι το τέλος της μπλε γραμμής όπου και τελειώνει η διαδικασία εξόδου των καυσαερίων από τον κύλινδρο.

Παρακάτω θα αναφέρουμε πώς η δύναμη που ασκείται πάνω στην επιφάνεια του εμβόλου παράγει την ισχύ και ο κινητήρας παράγει έργο.

1.2 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΜΕΓΕΘΗ ΜΕΚ

Για να μπορέσουμε να προχωρήσουμε στον σχεδιασμό των πολλαπλών εισαγωγής και εξαγωγής θα πρέπει να δώσουμε κάποια βασικά χαρακτηριστικά μεγέθη του κινητήρα.

Τα μεγέθη αυτά είναι η ροπή, η ισχύς, το έργο και η σχέση συμπίεσης του κινητήρα.

1.2.1 ΡΟΠΗ

Ροπή ονομάζεται το μέτρο της επίδρασης που ασκεί μία δύναμη στην περιστροφή ενός αντικειμένου.

Στην περίπτωση του κινητήρα, ροπή είναι η επίδραση της δύναμης που προέρχεται από την εκτόνωση των καυσαερίων μέσα στον κύλινδρο, πάνω στον στροφαλοφόρο άξονα με αποτέλεσμα να τον περιστρέψει κατά γωνία α .

Ο τύπος ο οποίος υπολογίζει την τιμή της ροπής είναι ο εξής:

$$M = F * r \text{ (Nm)} \quad (1)$$

Όπου M είναι η ροπή, F είναι η δύναμη που ασκεί ο διωστήρας στον στροφαλοφόρο άξονα και r είναι η ακτίνα του στροφάλου.

Μονάδες μέτρησης της ροπής είναι Nm .

1.2.2 ΙΣΧΥΣ

Ισχύς ονομάζεται ο ρυθμός μεταβολής του έργου και ορίζεται ως η ενέργεια στην μονάδα του χρόνου που προσδίδεται στο σύστημα ή και αντίστροφα.

Η μέγιστη ισχύς μας δείχνει το μέγιστο έργο που μπορεί να παράγει ένας κινητήρας σε συγκεκριμένο χρονικό διάστημα.

Ένας πρακτικός τρόπος μέτρησης της ισχύς είναι :

$$P = M * \omega \quad (2)$$

Όπου P είναι η ισχύς του κινητήρα , M είναι η ροπή που δημιουργεί ο διωστήρας στον στρόφαλο και ω είναι η γωνιακή ταχύτητα του στροφάλου.

Από τις εξισώσεις 1 – 2 μπορούμε να δούμε πώς η Δύναμη που ασκεί ο διωστήρας, επηρεάζει την ισχύ του κινητήρα.

$$P = F * r * 2 * \pi * n \quad (watt) \quad (3)$$

Μονάδες μέτρησης της ισχύς είναι $Nt * m/sec$ ή $joule/sec$ ή $watt$.

Η γωνιακή ταχύτητα ισούται με:

$$\omega = \frac{2 * \pi * n}{60} \frac{\text{στροφες}}{\text{sec}}$$

Όπου $\pi = 3,14$, n οι στροφές ανά λεπτό του κινητήρα.

Μονάδες μέτρησης της γωνιακής ταχύτητας είναι στροφές/sec.

1.2.3 ΕΡΓΟ

Παραγωγή έργου στους κινητήρες έχουμε μόνο κατά την φάση της εκτόνωσης.

Σε αυτή την φάση το έμβολο δέχεται την δύναμη από την εκτόνωση των θερμών αερίων και την μεταβιβάζει μέσω του διωστήρα στον στροφαλοφόρο άξονα.

Η δύναμη αυτή με την σειρά της δημιουργεί στρεπτική ροπή στον στροφαλοφόρο άξονα με αποτέλεσμα να κινείται περιστροφικά.

Δυστυχώς ο σχεδιασμός του κινητήρα είναι τέτοιος ώστε όταν το έμβολο πλησιάζει τα δυο ακραία σημεία (ΑΝΣ-ΚΝΣ), το παραγόμενο έργο τείνει στο μηδέν. Αυτό συμβαίνει γιατί η γωνία που σχηματίζει ο διωστήρας με τον άξονα του στροφάλου είναι μηδέν μοίρες και η διεύθυνση της δύναμης του διωστήρα περνάει από το κέντρο του στροφάλου.

Από τον ορισμό της ισχύος μπορούμε να υπολογίσουμε το έργο που θα παραχθεί στον κινητήρα σε συγκεκριμένο χρονικό διάστημα.

ο τύπος της ισχύος είναι :

$$P = \frac{W}{t}$$

Άρα το έργο θα ισούται με :

$$W = P * t = F * r * \omega * t \quad (joule) \quad (4)$$

Μονάδα μέτρησης του έργου είναι το joule.

1.2.4 ΣΧΕΣΗ ΣΥΜΠΙΕΣΗΣ

Η σχέση συμπίεσης είναι ένα αδιάστατο μέγεθος και ορίζεται ως η σχέση που έχει ο συνολικός όγκος εμβολισμού του κυλίνδρου συμπεριλαμβανομένου και του όγκου συμπίεσης προς τον όγκο συμπίεσης .

Όγκος συμπίεσης V_c ,είναι ο όγκος που ορίζεται από την επιφάνεια του εμβόλου και τα τοιχώματα της κεφαλής όταν το έμβολο βρίσκεται στο ΑΝΣ.

Όγκος εμβολισμού V_h , ονομάζεται ο όγκος που προκύπτει από την διατομή του εμβόλου επί το μήκος εμβολισμού, δηλαδή την απόσταση που έχει το ΑΝΣ από το ΚΝΣ.

Ο τύπος υπολογισμού της συμπίεσης είναι:

$$\varepsilon = \frac{V_c + V_h}{V_c}$$

Όπου ε είναι η σχέση συμπίεσης, V_c ο όγκος συμπίεσης, V_h ο όγκος εμβολισμού.

Η σχέση συμπίεσης που έχουν υπερτροφοδοτούμενοι κινητήρες κυμαίνεται από 8:1-9,5:1 ενώ σε μερικούς κινητήρες με άμεσο ψεκασμό του καυσίμου μπορεί να πάρει την τιμή 11:1. Σε σύγχρονους ατμοσφαιρικούς κινητήρες η τιμή της σχέσης συμπίεσης μπορεί να φτάσει την τιμή 12:1

Όσο μεγαλύτερη είναι η σχέση συμπίεσης τόσο μικρότερος είναι ο χώρος όπου θα συμπιεστεί ο αέρας και το καύσιμο, με αποτέλεσμα κατά την έκρηξη να δημιουργηθεί μεγαλύτερη δύναμη εκτόνωσης των καυσαερίων.

1.3 ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΑΜΕΣΟΥ ΨΕΚΑΣΜΟΥ (DIRECT INJECTION)

Η τροφοδοσία του καυσίμου είναι ένα κομμάτι που έχει απασχολήσει αρκετά τους κατασκευαστές των κινητήρων.

Από τις αρχές του 20^{ου} αιώνα και την εμφάνιση και των πρώτων αυτοκινήτων οι επιστήμονες πειραματίζονταν πάνω στην τροφοδοσία του καυσίμου.

Στις αρχές της δεκαετίας του 1930 χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά στα αυτοκίνητα, κυρίως τα αμερικάνικα, ο καθοδικός εγχυτήρας καυσίμου ή καρμπιρατέρ.

Η τεχνολογία αυτή κράτησε μέχρι και τις αρχές της δεκαετίας του 90 όπου αντικαταστάθηκε από το σύστημα ηλεκτρονικής έκχυσης καυσίμου. (EFI)

Το σύστημα αυτό χρησιμοποιούσε εγχυτήρες οι οποίοι ελέγχονταν ηλεκτρονικά από μία ηλεκτρονική μονάδα (ECU).

Η έκχυση του καυσίμου γίνεται είτε από ένα μόνο σημείο (monopoint), το οποίο βρίσκεται πάνω στην πεταλούδα γκαζιού στην πολλαπλή εισαγωγής,

είτε από πολλαπλά σημεία (multipoint), όπου εκεί ο κάθε κύλινδρος έχει και έναν ηλεκτρονικό εγχυτήρα κοντά στην κάθε βαλβίδα εισαγωγής.

Η ποσότητα του καυσίμου που θα εκχυθεί καθορίζεται κάθε φορά από τα δεδομένα τα οποία λαμβάνει το σύστημα από τους αισθητήρες του.

Ένα μεγάλο πρόβλημα στην προσπάθεια αύξησης της ιπποδύναμης ήταν η υπερθέρμανση του χώρου καύσης από την καύση μεγάλου όγκου μίγματος ανά μονάδα χρόνου (πλούσιο μίγμα – υψηλές στροφές).

Η υπερθέρμανση αυτή οδηγούσε σε προανάφλεξη του μείγματος κυρίως την ώρα που το έμβολο ήταν στην φάση της εισαγωγής ή της αρχής της συμπίεσης.

Η προανάφλεξη του μίγματος αποτελούσε ένα “φρένο” στην κίνηση του εμβόλου προς το ΑΝΣ, με άμεσο αποτέλεσμα το στιγμιαίο μπλοκάρισμα των θερμών αερίων της πρόωρης καύσης και την απότομη άνοδο της θερμοκρασίας στο χώρο καύσης.

Αυτή η υπερθέρμανση προκαλούσε νέες προαναφλέξεις με τελικό αποτέλεσμα την καταστροφή του εμβόλου.

Την ίδια στιγμή οι προσπάθειες των κατασκευαστών να χρησιμοποιήσουν φτωχά μίγματα σταματούσαν όταν διαπίστωναν την αυτανάφλεξη αυτών των μιγμάτων.

Ενώ μέχρι πριν από 10 χρόνια τα προβλήματα στις ΜΕΚ εντοπιζόταν στις προφυλάξεις που έπρεπε να ληφθούν ώστε να μην έχουμε προανάφλεξη του εισερχόμενου μίγματος, ξαφνικά το πρόβλημα αυτό εξαλείφτηκε με την εμφάνιση του άμεσου ψεκασμού στους βενζινοκινητήρες.

Με τον άμεσο ψεκασμό όταν θέλουμε σε συνθήκες χαμηλού φορτίου να τροφοδοτήσουμε τον κινητήρα με πολύ φτωχά μίγματα, προγραμματίζουμε την έναρξη του άμεσου ψεκασμού λίγο πριν την ανάφλεξη του μίγματος, δηλαδή λίγο πριν το ΑΝΣ.

Ένα άλλο μεγάλο πρόβλημα της υπερθέρμανσης του κυλίνδρου ήταν η δυσκολία πλήρωσης του κυλίνδρου με την ανάλογη ποσότητα μίγματος βενζίνης-αέρα, λόγω της διαστολής των αερίων.

Πριν από την εμφάνιση του άμεσου ψεκασμού για να αποφύγουμε το παραπάνω καταστροφικό φαινόμενο της προανάφλεξης έπρεπε:

- Να χρησιμοποιούμε βενζίνη υψηλών οκτανίων
- Να ψύχουμε τον αέρα εισαγωγής, αυτό θα επέφερε μείωση του όγκου του ατμοσφαιρικού αέρα.
- Να υπολογίζουμε με περιορισμούς τον σχεδιασμό της πολλαπλής εισαγωγής.
- Να χρησιμοποιούμε πλούσια μίγματα για την αποφυγή κρουστικών καύσεων.

1.4 ΧΡΟΝΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΒΑΛΒΙΔΩΝ

Ο χρονισμός των βαλβίδων επιτυγχάνεται από ένα σύστημα μηχανικών μερών το οποίο ρυθμίζει το πότε θα ανοίξει και πότε θα κλείσει η βαλβίδα.

Τα βασικά μηχανικά μέρη τα οποία αποτελούν ένα σύστημα χρονισμού είναι

- εκκεντροφόρος άξονας
- ωστήρια
- βαλβίδες

Εδράζεται στο καπάκι της μηχανής και λαμβάνει κίνηση από τον στροφαλοφόρο άξονα μέσω καδένας ή ιμάντα χρονισμού.

Βαλβίδες είναι τα εξαρτήματα εκείνα τα οποία ρυθμίζουν την ροή των αερίων από και προς τον κύλινδρο. Ο αριθμός των βαλβίδων δεν είναι σταθερός σε κάθε κινητήρα και διαφέρει ανάλογα με τις απαιτήσεις που έχει. Ο αριθμός των βαλβίδων μπορεί να κυμαίνεται από 2 βαλβίδες ανά κύλινδρο μέχρι 5 βαλβίδες ανά κύλινδρο. Στον λοβό τους συνδέονται με τα ωστήρια από τα οποία δέχονται και την κίνηση τους.

Ωστήρια ονομάζονται τα κυλινδρικά εξαρτήματα τα οποία βρίσκονται σε επαφή με τους λοβούς των βαλβίδων και ο στόχος τους είναι να μετατρέψουν την περιστροφική κίνηση του εκκεντροφόρου άξονα σε παλινδρομική. Τα ωστήρια στους παλαιότερους κινητήρες ήταν μηχανικά αλλά στους σύγχρονους κινητήρες έχουν αντικατασταθεί από υδραυλικά.

Ο εκκεντροφόρος άξονας είναι ένας άξονας ο οποίος φέρει ένα σύνολο έκκεντρων τα οποία περιστρεφόμενα πιέζουν τα ωστήρια. Ο σχεδιασμός των έκκεντρων (profile) καθορίζει το πόσο διάστημα θα παραμείνει η βαλβίδα ανοιχτή σε πόσο βάθος θα ανοίξει και αν θα ανοίξει απότομα ή ομαλά.

Στην θεωρητική προσέγγιση που κάναμε για τους χρόνους λειτουργίας ενός κινητήρα, θεωρήσαμε πως οι βαλβίδες εισαγωγής και εξαγωγής ανοίγουν και κλείνουν όταν το πιστόνι είναι στα οριακά σημεία ΑΝΣ και ΚΝΣ για όλο το φάσμα των στροφών.

Στην πραγματικότητα η κίνηση αυτή πραγματοποιείται λίγες μοίρες πριν ή λίγες μοίρες μετά από τα δυο αυτά οριακά σημεία και παράλληλα υπάρχει ένας χρόνος κατά τον οποίο το άνοιγμα των βαλβίδων εισαγωγής συμπίπτει με το άνοιγμα των βαλβίδων εξαγωγής. Αυτή η περίοδος λέγεται περίοδος επικάλυψης των βαλβίδων (overlap). Εξαιτίας αυτής της επικάλυψης μπορούμε να επιτύχουμε αύξηση της ιπποδύναμής του κινητήρα για συγκεκριμένο εύρος στροφών αλλά παράλληλα να την μειώσουμε σε κάποιο άλλο.

Όσο αυξάνονται οι στροφές του κινητήρα πρέπει να αυξάνεται και ο χρόνος επικάλυψης των βαλβίδων. Στις χαμηλές στροφές αν έχουμε μεγάλο χρόνο επικάλυψης των βαλβίδων τότε υπάρχει ο κίνδυνος κάποιο μέρος από τον εισερχόμενο αέρα να περάσει στην εξαγωγή και να έχουμε απώλειες. Οπότε στις χαμηλές στροφές θέλουμε να έχουμε μικρή επικάλυψη των βαλβίδων για να έχουμε καλύτερη πλήρωση του κυλίνδρου.

Τα χρονικά περιθώρια που έχουμε στην διάθεσή μας για να ολοκληρωθεί ο κύκλος λειτουργίας διαφέρουν στο φάσμα των στροφών που λειτουργεί ο κινητήρας.

Ο χρονισμός των βαλβίδων πρέπει να είναι τέτοιος ώστε να μπορεί να ικανοποιήσει τις απαιτήσεις του κινητήρα για καλύτερη εναλλαγή των αερίων μέσα στον κύλινδρο.

Θα υπολογίσουμε σε πόσα msec ολοκληρώνεται η κάθε φάση ενός πλήρη κύκλου λειτουργίας για $n_1 = 1000$, $n_2 = 3000$, $n_3 = 6000$ στροφές/min.

Με ένα πλήρη κύκλο λειτουργίας ο στροφαλοφόρος άξονας κάνει 2 περιστροφές.

Αυτό σημαίνει ότι για $n_1 = 1000$ στροφές/min έχουμε $K_1 = 500$ πλήρεις κύκλους λειτουργίας.

Η χρονική διάρκεια t_{k1} κάθε πλήρη κύκλου K είναι:

$$t_{k1} = \frac{60 \text{ sec}}{K_1} = \frac{60}{500} = 0.120 \text{ sec} = 120 \text{ msec}$$

Άρα κάθε φάση θα ολοκληρωθεί σε:

$$\varphi_{\text{αση}_{1000}} = \frac{t_{k1}}{4} = \frac{120}{4} = 30 \text{ msec}$$

Οι αντίστοιχες τιμές στις 3000 και στις 600 στροφές / min είναι

$$\varphi_{\text{αση}_{3000}} = 20 \text{ msec} \text{ και } \varphi_{\text{αση}_{6000}} = 5 \text{ msec}$$

Αυτό που παρατηρούμε είναι πως ο χρόνος που έχουμε στις υψηλές στροφές/λεπτό, είναι κατά πολύ μικρότερος από αυτόν που έχουμε στις χαμηλότερες στροφές/λεπτό και δεν θα προλάβαινε ο κύλινδρος να αδειάσει τα καυσαέρια ή να γεμίσει με νέα γόμωση.

Για αυτόν τον λόγο στους σύγχρονους κινητήρες χρησιμοποιείται ένα σύστημα μεταβλητού χρονισμού των βαλβίδων, το οποίο μας επιτρέπει να κάνουμε καλύτερη διαχείριση του ανοίγματος και κλεισίματος των βαλβίδων ανάλογα με τις στροφές που κινητήρα, με την επιλογή του κατάλληλου προφίλ στον εκκεντροφόρο άξονα, η απλά με την αλλαγή στην γωνία περιστροφής των εκκεντροφόρων.

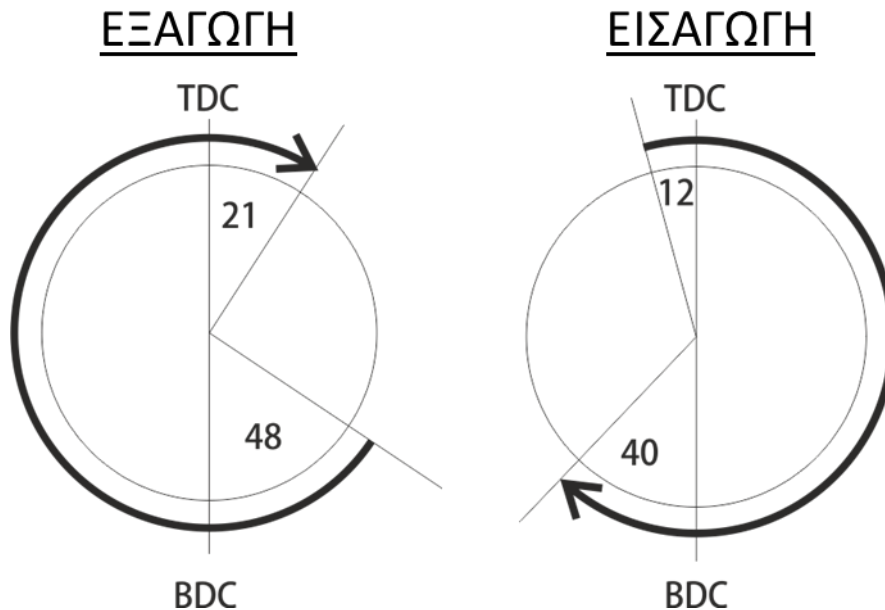
Με το σύστημα μεταβλητού χρονισμού των βαλβίδων επιτυγχάνουμε

- Ομαλότερη λειτουργία του κινητήρα σε όλο το εύρος των στροφών
- Οικονομία καυσίμου
- Αύξηση της ιπποδύναμης

Στην εξαγωγή των καυσαερίων στις 6000 στροφές / λεπτό ο χρόνος που έχουμε σύμφωνα με τον παραπάνω υπολογισμό είναι 5 msec. Για να μπορέσουμε να καθαρίσουμε τον κύλινδρο εντελώς από τα καυσαέρια χωρίς να αφήσουμε υπολείμματα μέσα πρέπει να αυξήσουμε τον χρόνο αυτό. Οπότε πρέπει να φτιάξουμε ένα προφίλ έκκεντρο το οποίο να δίνει προπορεία στο άνοιγμα της βαλβίδα εξαγωγής (48 μοίρες πριν το ΚΝΣ) και αργοπορία στο κλείσιμο της (21 μοίρες μετά το ΑΝΣ).

Στις χαμηλές στροφές το χρονικό περιθώριο που έχουμε για την εξαγωγή των καυσαερίων είναι αρκετό ώστε να μην χρειαστεί να κάνουμε κάποια ρύθμιση στον χρονισμό των βαλβίδων.

Παράλληλα για την καλύτερη πλήρωση του κυλίνδρου με αέρα κατά την φάση της εισαγωγής, (μόνο αέρα γιατί έχουμε κινητήρα με άμεση έκχυση του καυσίμου στον κύλινδρο), πρέπει ο χρονισμός στις υψηλές στροφές να μεταβληθεί δίνοντας προπορεία στο άνοιγμα της βαλβίδας εισαγωγής 12 μοίρες πριν το ANΣ και αργοπορία στο κλείσιμο (40 μοίρες μετά το ΚΝΣ).



Εικόνα 2 Χρονισμός βαλβίδων εξαγωγής και εισαγωγής

Ο κινητήρας για τον οποίο θα σχεδιάσουμε τις πολλαπλές εισαγωγής και εξαγωγής θα είναι ένας 4-κύλινδρος βενζινοκινητήρας, χωρητικότητας 2000 cm^3 , με μεταβλητό χρονισμό των βαλβίδων, σχέση συμπίεσης 12/1 και με άμεση τροφοδοσία καυσίμου στους κυλίνδρους. Η διάμετρος του εμβόλου είναι 87mm και η διαδρομή εμβόλου είναι 84 mm. (υπερτετράγωνος).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΚΙΝΗΣΗ ΑΕΡΙΩΝ ΚΑΙ ΑΥΞΗΣΗ ΤΗΣ ΙΣΧΥΣ

Στο κεφάλαιο αυτό θα αναφέρουμε τον τρόπο με τον οποίο θα αυξήσουμε την ισχύ του κινητήρα αλλά και θα αναλυθεί η κίνηση των αερίων μέσα στην εισαγωγή και στην εξαγωγή.

Υπολογίζουμε ότι η μέγιστη ισχύς του κινητήρα του οποίου θέλουμε να σχεδιάσουμε τις πολλαπλές εισαγωγής και εξαγωγής θα εμφανίζεται στις 6000 rpm.

2.1 ΕΝΑΛΛΑΓΗ ΑΕΡΙΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΔΡΟΜΗ ΑΕΡΑ

Σκοπός της εναλλαγής των αερίων είναι η πλήρης εκκαθάριση του κυλίνδρου κατά την φάση της εξαγωγής των θερμών αερίων που δημιουργήθηκαν με την καύση του μείγματος και παράλληλα την πλήρωση του κυλίνδρου με νέα γόμωση.

Η διαδρομή που διανύει μία μάζα αέρα από την στιγμή που θα μπει στο σύστημα μέσω της εισαγωγής του αέρα μέχρι την στιγμή που θα βγει από αυτό μέσω της εξάτμισης χωρίζεται σε τρία στάδια.

- Την εισαγωγή του αέρα
- Τον κύλινδρο
- Την εξαγωγή του αέρα

Η εισαγωγή του αέρα είναι ένα σύνολο σωληνώσεων το οποίο προσλαμβάνει μια ποσότητα αέρα από την ατμόσφαιρα και την μεταφέρει στην βαλβίδα εισαγωγής.

Κατά την εισαγωγή του ο αέρας στο σύστημα εισαγωγής συναντάει το φίλτρο αέρα.

Το φίλτρο φιλτράρει τον αέρα από σκόνες και επιτρέπει να εισέλθει ο αέρας στο σύστημα της εισαγωγής με όσο το δυνατόν λιγότερους περιορισμούς. Συνήθως τα φίλτρα αέρα στο μηχανοστάσιο ενός αυτοκινήτου τοποθετούνται στον χώρο με την μικρότερη θερμοκρασία (αυξημένη πυκνότητα) ώστε να μπορεί να εισέλθει όσο το δυνατόν περισσότερη μάζα αέρα μέσα στο σύστημα.

Μετά το φίλτρο ο αέρας καταλήγει διερχόμενος μέσω του μετρητή μάζας αέρα στην ρυθμιστική δικλείδα.

Αφού ο αέρας περάσει τη ρυθμιστική δικλείδα τότε εισέρχεται στην πολλαπλή εισαγωγής στο δοχείο απόσβεσης παλμών (plenum) και στην συνέχεια διαχωρίζεται στους αυλούς οι οποίοι οδηγούν τον αέρα στις βαλβίδες εισαγωγής και στην συνέχεια στον κύλινδρο.

Στον κύλινδρο ο αέρας στροβιλιζόμενος συμπιέζεται από το έμβολο και πριν το ΑΝΣ ο εγχυτήρας ψεκάζει την απαραίτητη ποσότητα καυσίμου με πίεση 160 bar ώστε το καύσιμο να μπορεί να αναμειχθεί πλήρως με τον αέρα.

Κατά την καύση μέσα στον κύλινδρο του μείγματος πλέον αέρα-καυσίμου δημιουργούνται θερμά αέρια, τα οποία με την εκτόνωση τους πάνω στο έμβολο παράγουν έργο στον κινητήρα.

Τέλος, τα αέρια αυτά εξέρχονται από τον κύλινδρο μέσω της βαλβίδας εξαγωγής προς την πολλαπλή εξαγωγής όπου διαμέσου του καταλύτη και του αποσιωπητήρα καταλήγουν στην ατμόσφαιρα.

Στο σημείο αυτό πρέπει να αναφέρουμε την κίνηση του αέρα μέσα σε ένα σωλήνα. Το καλύτερο παράδειγμα που θα μας βοηθήσει να κατανοήσουμε τον σχεδιασμό της πολλαπλής εισαγωγής και εξαγωγής είναι το παράδειγμα του μουσικού σωλήνα ή καλύτερα του μουσικού αυλού.

Όταν τα κύματα του αέρα προσκρούσουν στο κλειστό τμήμα του σωλήνα τότε γίνεται ανάκλαση και η κίνηση του κύματος αλλάζει φορά. Αυτή την περίπτωση θα την συναντήσουμε στην πολλαπλή εισαγωγής την ώρα που κλείνει η βαλβίδα εισαγωγής και γίνεται το κλειστό τμήμα του σωλήνα.



Εικόνα 3 Κίνηση του αέρα στον μουσικό αυλό (αυλός εισαγωγής).

Όταν τα κύματα του αέρα εξέλθουν από το ανοικτό τμήμα του σωλήνα τότε δημιουργείται ένας παλμός αρνητικής πίεσης προς την αντίθετη φορά. Αυτή την περίπτωση θα την συναντήσουμε στην πολλαπλή εξαγωγής την ώρα που εξέρχονται τα καυσαέρια από τον σωλήνα εξαγωγής.



Εικόνα 4 Κίνηση του αέρα στον μουσικό αυλό (σωλήνας εξαγωγής).

2.2 ΟΓΚΟΜΕΤΡΙΚΟΣ ΒΑΘΜΟΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ

Ογκομετρικός βαθμός απόδοσης είναι ένας λόγος παροχής μαζών και ορίζεται ως η παροχή μάζας του εισερχόμενου αέρα στον κύλινδρο προς την παροχή μάζας του αέρα που θα καταλάμβανε τον όγκο εμβολισμού V_h του κυλίνδρου σε συνθήκες περιβάλλοντος.

$$n_{vol} = \frac{\dot{m}_{EA}}{\dot{m}_h} = \frac{\dot{m}_{EA}}{\rho_\alpha V_h \left(\frac{n}{30K}\right)} = \frac{K \dot{m}_{EA}}{\rho_\alpha A_\pi \bar{c}_\varepsilon}$$

Όπου n_{vol} είναι ο ογκομετρικός βαθμός απόδοσης, \dot{m}_{EA} είναι η παροχή μάζας του εισερχόμενου αέρα και \dot{m}_h είναι η παροχή μάζας του αέρα που θα καταλάμβανε τον όγκο εμβολισμού του κυλίνδρου V_h σε ατμοσφαιρικές συνθήκες n οι στροφές / min, K ο αριθμός των χρόνων ενός πλήρη κύκλου λειτουργίας, A_π η διατομή του πιστονιού και \bar{c}_ε η μέση ταχύτητα του εμβόλου.

Όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή της παροχής της εισερχόμενης μάζας αέρα στον κύλινδρο τόσο μεγαλύτερος θα είναι και ο ογκομετρικός βαθμός απόδοσης.

Οι τιμές του ογκομετρικού βαθμού απόδοσης κυμαίνονται για τους ατμοσφαιρικούς κινητήρες στο 80-90%.

Όσο αυξάνεται ο ογκομετρικός βαθμός απόδοσης τόσο αυξάνεται και η ισχύς του κινητήρα. Για να αυξήσουμε τον ογκομετρικό βαθμό απόδοσής πρέπει $\dot{m}_{EA} > \dot{m}_h$.

Ο τρόπος με τον οποίο θα καταφέρουμε αύξηση της παροχής μάζας είναι να σχεδιάσουμε τις πολλαπλές εισαγωγής και εξαγωγής ώστε να έχουμε συντονισμένη ροή τόσο κατά την εισαγωγή όσο και κατά την εξαγωγή των αερίων, αλλά και την αύξηση της υποπίεσης μέσα στον κύλινδρο η οποία επιτυγχάνεται με την επικάλυψη των βαλβίδων και η οποία θα αναγκάσει περισσότερη μάζα αέρα να εισέλθει κατά το χρονικό περιθώριο που θα παραμείνει ανοιχτή η βαλβίδα εισαγωγής (scavenging).

2.3 ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΥΠΟΠΙΕΣΗΣ ΣΤΗΝ ΕΙΣΑΓΩΓΗ

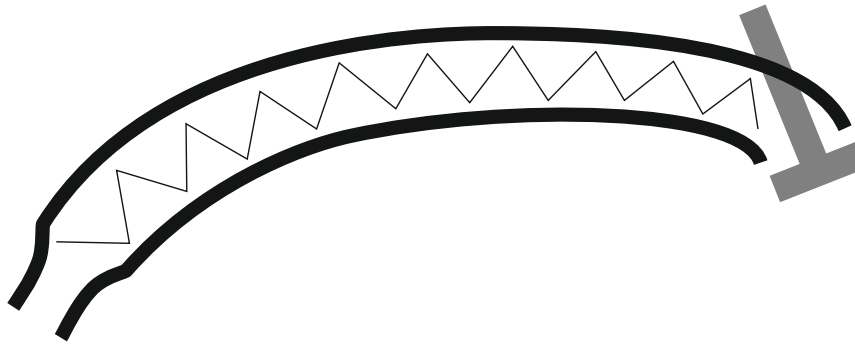
Η σχεδίαση της πολλαπλής εξαγωγής έχει σαν στόχο την εύκολη εξαγωγή των καυσαερίων προς την εξάτμιση και ταυτόχρονα την δημιουργία της ανάλογης υποπίεσης που είναι απαραίτητη για την εισαγωγή του αέρα ενώ το έμβολο θα είναι πριν το ΑΝΣ . (overlap).

Βρισκόμαστε χρονικά στο ΑΝΣ και στην φάση της εκτόνωσης των καυσαερίων πάνω στο έμβολο.

Το έμβολο κατεβαίνοντας προς το ΚΝΣ παράγει έργο, με το μέγιστο έργο να εμφανίζεται όταν η γωνία που έχει διανύσει ο στρόφαλος είναι περίπου 90 μοίρες μετά το ΑΝΣ. Η πίεση μέσα στον κύλινδρο κυμαίνεται από 8-10 bar.

Η πλήρης εξαγωγή του μεγάλου όγκου των καυσαερίων στις 6000 rpm μας αναγκάζει να χάσουμε ένα μέρος από το παραγόμενο έργο ανοίγοντας την βαλβίδα εξαγωγής 48 μοίρες πριν το ΚΝΣ.

Τα καυσαέρια εξαιτίας της διαφοράς πίεσης μεταξύ του κυλίνδρου και της πολλαπλής εξαγωγής μετακινούνται με την μορφή παλμών θετικής πίεσης προς την πολλαπλή εξαγωγής δημιουργώντας πίσω τους αρνητική πίεση όπως εξηγήσαμε με το παράδειγμα του μουσικού αυλού. Η ταχύτητα με την οποία ταξιδεύουν μέσα στην πολλαπλή τα καυσαέρια είναι ίση με την ταχύτητα του ήχου. Η ταχύτητα του ήχου μειώνεται όσο η θερμοκρασία μειώνεται και αυξάνει καθώς η θερμοκρασία αυξάνεται.



Εικόνα 5 Παλμοί που δημιουργούνται στην πολλαπλή εξαγωγής με το άνοιγμα της βαλβίδας εξαγωγής

Όταν οι παλμοί της πίεσης των καυσαερίων φθάσουν στο τέλος του σωλήνα εξαγωγής (συλλέκτης) εκτονώνονται και επιστρέφουν πίσω στην βαλβίδα εξαγωγής με την μορφή αρνητικής πίεσης. Το μήκος της πολλαπλής εξαγωγής είναι αυτό το οποίο θα καθορίσει το αν αυτός ο παλμός αρνητικής πίεσης (υποπίεση) ο οποίος επιστρέφει στην βαλβίδα εξαγωγής θα φθάσει την ώρα της επικάλυψης των βαλβίδων.

Το κύμα αρνητικής πίεσης θα αυξήσει την υποπίεση στον εσωτερικό του κυλίνδρου με αποτέλεσμα να έχουμε μεγαλύτερη παροχή μάζας μέσα στον κύλινδρο. το φαινόμενο αυτό είναι το φαινόμενο συντονισμού (tuning).

Η παροχή μάζας αέρα εξαρτάται από την πυκνότητα του αέρα, όσο πιο μεγάλη πυκνότητα έχει ο αέρας τόσο μεγαλύτερη θα είναι και η παροχή της μάζας στην βαλβίδα εισαγωγής.

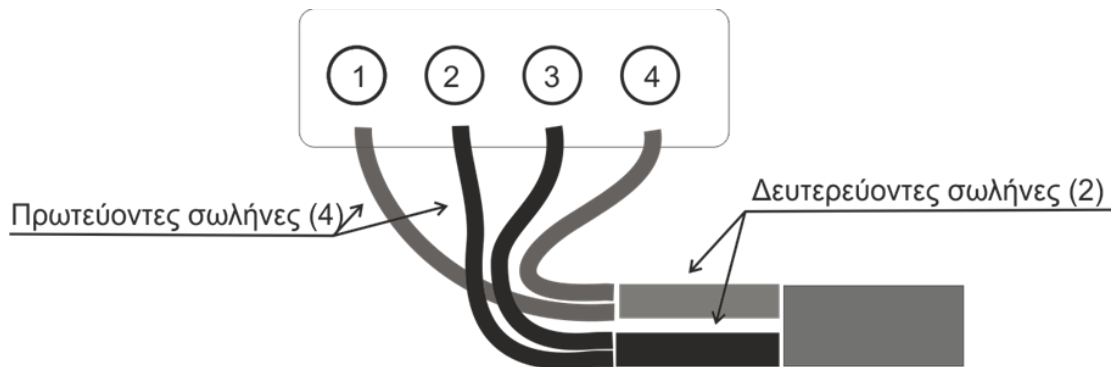
Η σειρά ανάφλεξης των κυλίνδρων και η σειρά εξαγωγής σε ένα κινητήρα αντίστοιχα είναι 1-3-4-2, και θα δημιουργήσουμε δύο ζεύγη, το ζεύγος 1-4 και το ζεύγος 2-3 τα οποία καταλήγουν σε δύο δευτερεύοντες σωλήνες εξαγωγής.

Όταν ο παλμός των καυσαερίων του 1ου κυλίνδρου διατρέξει τον σωλήνα εξαγωγής και φθάσει στο σημείο που ενώνεται με τον σωλήνα εξαγωγής του 4^{ου} θα δημιουργήσει ευνοϊκές συνθήκες υποπίεσης στον σωλήνα εξαγωγής του 4^{ου} κυλίνδρου με αποτέλεσμα την ταχύτερη εξαγωγή των καυσαερίων όταν ανοίξει η βαλβίδα εξαγωγής του 4^{ου} κυλίνδρου μετά από 10 msec.

Στην συνέχεια ο δευτερεύοντας σωλήνας που δημιουργείται ενώνεται με τον τελικό σωλήνα, ο ένας δευτερεύων σωλήνας θα δημιουργήσει πάλι υποπίεση στον άλλον δευτερεύοντα κατά την διάρκεια που τα καυσαέρια του πρώτου θα περάσουν από το σημείο ένωσης.

Στην εικόνα 6 βλέπουμε την διάταξη της πολλαπλής εξαγωγής που θα σχεδιαστεί, η διάταξη αυτή είναι η διάταξη 4-2-1.

Η διάταξη 4-2-1 ονομάζεται έτσι εξαιτίας της κατασκευής της. Ο αριθμός 4 δηλώνει τους 4 πρωτεύοντες σωλήνες οι οποίοι φεύγουν από τον κάθε κύλινδρο ξεχωριστά, ο αριθμός 2 δηλώνει τον αριθμό των δευτερευόντων σωλήνων οι οποίοι δημιουργήθηκαν από την ένωση των ζευγαριών των πρωτευόντων σωλήνων και τέλος ο αριθμός 1 μας δηλώνει τον μοναδικό σωλήνα ο οποίος δημιουργήθηκε από την ένωση των 2 δευτερευόντων σωλήνων.



Εικόνα 6 Διάταξη πολλαπλής εξαγωγής 4-2-1

Στην πράξη, μετά τον αρχικό σχεδιασμό της πολλαπλής εξαγωγής με βάση τα κύρια χαρακτηριστικά του κινητήρα, (στροφές όπου θα έχουμε την μέγιστη ιπποδύναμη, όγκος καυσαερίων σε αυτές τις στροφές, αρχικός χρονοσμός βαλβίδων κλπ), θα χρειαστεί να αλλάξουμε τον χρονοσμό των βαλβίδων ώστε να πετύχουμε τον βέλτιστο συντονισμό του συστήματος εξαγωγής, αφού δεν είναι εύκολο να αλλάζουμε το μήκος των σωλήνων εξαγωγής.

Η διάμετρος των σωλήνων εξαγωγής ενισχύει τον συντονισμό της πολλαπλής εξαγωγής, η μικρή διάμετρος ενισχύει τον συντονισμό στις χαμηλές στροφές, ενώ η μεγάλη διάμετρος ενισχύει τον συντονισμό στις υψηλές στροφές.

Στις 6000 rpm ο μεγάλος όγκος των αερίων της καύσης είναι ο βασικός παράγοντας υπολογισμού της πολλαπλής εξαγωγής, και όταν οι στροφές μειωθούν τότε αλλάζουν τα δεδομένα της σχεδίασης και θα πρέπει να αλλάξουμε το μήκος των σωλήνων εξαγωγής, (μεταβλητό μήκος σωλήνων εξαγωγής).

2.4 ΡΟΗ ΑΕΡΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΠΟΛΛΑΠΛΗ ΕΙΣΑΓΩΓΗΣ

Η πολλαπλή εισαγωγής αποτελείται από την ρυθμιστική δικλείδα ένα δοχείο θετικής πίεσης (plenum) και τους αυλούς εισαγωγής.

Η ρυθμιστική δικλείδα είναι αυτή που ρυθμίζει την ποσότητα του αέρα που θα εισέλθει μέσα στην πολλαπλή εισαγωγής και είναι αυτή που ρυθμίζει την πίεση μέσα στην πολλαπλή εισαγωγής. Όταν η ρυθμιστική δικλείδα είναι πλήρως ανοιχτή τότε η πίεση μέσα στην πολλαπλή είναι ίση με την ατμοσφαιρική. Όταν η ρυθμιστική δικλείδα είναι ελάχιστα ανοιχτή τότε μέσα στην πολλαπλή η πίεση πέφτει κάτω από την ατμοσφαιρική πίεση και έχουμε υποπίεση μέσα στην πολλαπλή.

Οι αυλοί εισαγωγής της πολλαπλής εισαγωγής ξεκινούν από το plenum και καταλήγουν στις έδρες των βαλβίδων εισαγωγής.

Θα δούμε την ροή του αέρα στην πολλαπλή εισαγωγής αναλυτικότερα.

Εξετάζουμε την ροή μόνο αέρα και όχι αέρα και υγροποιημένου καυσίμου γιατί έχουμε άμεση έκχυση του καυσίμου μέσα στον κύλινδρο.

Βρισκόμαστε στις 12 μοίρες πριν το ΑΝΣ και η βαλβίδα εισαγωγής ανοίγει και αρχίζει ο χρόνος επικάλυψης των βαλβίδων.

Τα καυσαέρια στον κύλινδρο συνεχίζουν να εξέρχονται από την βαλβίδα εξαγωγής δημιουργώντας υποπίεση κατά την έξοδό τους όπως αναφέραμε παραπάνω. Η υποπίεση είναι ανάλογη με τον όγκο των εξερχόμενων καυσαερίων.

Η υποπίεση αυτή απορροφά ένα μέρος από τον αέρα ο οποίος βρίσκεται στον χώρο πίσω από την βαλβίδα εισαγωγής, μέσα στον κύλινδρο. Στην συνέχεια όταν το έμβολο αρχίσει να κατεβαίνει προς το ΚΝΣ στον κύλινδρο αυξάνεται η υποπίεση και έχουμε αύξηση της παροχής μάζας αέρα στον κύλινδρο.

Η πίεση στην εισαγωγή του κάθε κυλίνδρου μεταβάλλεται σε κάθε κύκλο λειτουργίας και η παροχή μάζας του αέρα που εισέρχεται στον κύλινδρο κατά την φάση της εισαγωγής εξαρτάται άμεσα από την πίεση που θα μετρήσουμε στον αυλό εισαγωγής λίγο πριν από το κλείσιμο της βαλβίδας εισαγωγής.

Αυτή η παροχή μάζας του αέρα θα μας καθορίσει και τον ογκομετρικό βαθμό απόδοσης του κινητήρα.

Ο τύπος υπολογισμού της παροχής μάζας του εισερχόμενου αέρα \dot{m}_{EA} είναι:

$$\dot{m}_{EA} = \rho * \dot{V}_{EA}$$

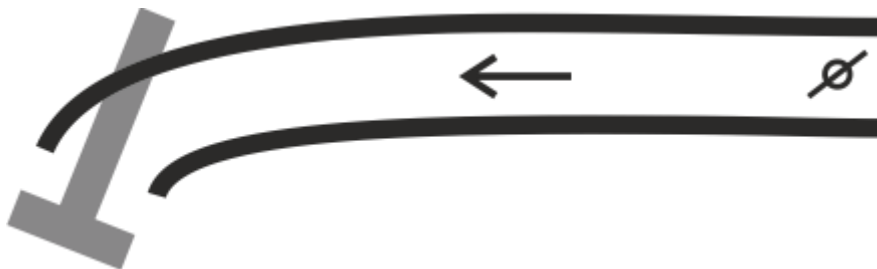
Όπου \dot{m}_{EA} παροχή μάζας αέρα, ρ πυκνότητα αέρα και \dot{V}_{EA} παροχή όγκου αέρα.

Το έμβολο έχει φτάσει πλέον στο ΚΝΣ και αρχίζει την ανοδική πορεία. Η βαλβίδα εισαγωγής παραμένει ανοιχτή για 40 μοίρες μετά από αυτό.

Αν καταφέρουμε να έχουμε μια θετική πίεση, τοπικά στον χώρο της βαλβίδας εισαγωγής, τότε θα συνεχίσει να εισέρχεται και αέρας στον κύλινδρο και μετά το ΚΝΣ, δηλαδή όταν το έμβολο θα ανέρχεται μέχρι να κλείσει η βαλβίδα εισαγωγής 40 μοίρες μετά το ΚΝΣ.

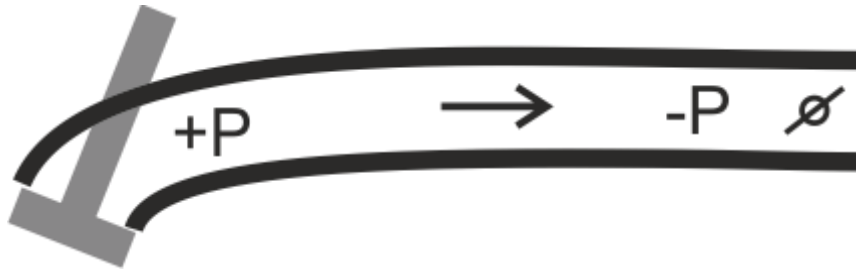
Σε αυτό βοηθάει και το φαινόμενο ανακοπής (ram air effect) , κατά το οποίο οι δυνάμεις αδρανείας του αέρα και η πυκνότητά του, θα αναγκάσουν τον αέρα να εισέλθει στον κύλινδρο και κατά την άνοδο του εμβόλου προς το ΑΝΣ. Το φαινόμενο αυτό παρουσιάζεται εντονότερα στις υψηλές στροφές.

Στην εικόνα βλέπουμε την ροή του αέρα δια μέσω του αυλού εισαγωγής προς την βαλβίδα εισαγωγής.



Εικόνα 7 Ροή αέρα δια μέσω του αυλού εισαγωγής προς την βαλβίδα εισαγωγής.

Όταν κλείσει η βαλβίδα εισαγωγής η παραμένουσα μάζα αέρα η οποία δεν μπόρεσε να εισέλθει στον κύλινδρο, συγκεντρώνεται στον χώρο της βαλβίδας εισαγωγής και παρατηρείται αύξηση της πίεσης σε σχέση με την αρχή του αυλού.



Εικόνα 8 Διαφορά πίεσης μέσα στον αυλό εισαγωγής.

Η διαφορά πίεσης που δημιουργείται σε αυτό το σημείο σπρώχνει την μάζα του αέρα προς το σημείο χαμηλότερης πίεσης δηλαδή προς το plenum.

Η κίνηση του αέρα όταν φτάσει στο plenum ανακλάται και ο αέρας θα επιστρέψει πίσω στην βαλβίδα εισαγωγής με την μορφή παλμού θετικής πίεσης.

Αν ο παλμός θετικής πίεσης του αέρα που επιστρέφει στην βαλβίδα εισαγωγής συμπέσει με το άνοιγμα της βαλβίδας εισαγωγής τότε θα έχουμε τον συντονισμό της πολλαπλής εισαγωγής (tuning), κάτι το οποίο θα μας επιτρέψει να εισάγουμε μέσα στον κύλινδρο περισσότερη μάζα αέρα, με αποτέλεσμα να αυξήσουμε τον ογκομετρικό βαθμό απόδοσης του κινητήρα.

Αυτό μπορούμε να το πραγματοποιήσουμε με τον υπολογισμό του κατάλληλου μήκους και της κατάλληλης διατομής του αυλού εισαγωγής

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΠΟΛΛΑΠΛΩΝ ΕΙΣΑΓΩΓΗΣ – ΕΞΑΓΩΓΗΣ

Όπως αναλύσαμε στο προηγούμενο κεφάλαιο, στόχος του σχεδιασμού της πολλαπλής εισαγωγής και της πολλαπλής εξαγωγής, είναι ο υπολογισμός των κατάλληλων διαστάσεων έτσι ώστε να πετύχουμε τον συντονισμό των κυμάτων μάζας αέρα με αποτέλεσμα να έχουμε καλύτερη πλήρωση του κυλίνδρου και μεγαλύτερο ογκομετρικό βαθμό απόδοσης.

3.1 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΜΗΚΟΥΣ ΑΥΛΟΥ ΕΞΑΓΩΓΗΣ

Για να μπορέσουμε να έχουμε καλύτερη πλήρωση του κυλίνδρου με νέα γόμωση θα πρέπει να δημιουργήσουμε υποπίεση στην πολλαπλή εξαγωγής.

Με τον συντονισμό (tuning) στην πολλαπλή εξαγωγής κατά την διάρκεια της επικάλυψης των βαλβίδων θα μπορέσουμε να δημιουργήσουμε συνθήκες οι οποίες θα απορροφήσουν περισσότερο αέρα μέσα στον κύλινδρο.

Θέλουμε να αυξήσουμε την ιπποδύναμη του κινητήρα και ο υπολογισμός προσαρμόζεται στην περιοχή όπου θα εμφανιστεί η μέγιστη ιπποδύναμη, δηλαδή στις 6000 RPM.

Η ταχύτητα με την οποία κινούνται τα κύματα αέρα στην πολλαπλή εξαγωγής είναι ίση με την ταχύτητα του ήχου, η ταχύτητα του ήχου αλλάζει με την αύξηση ή μείωση της θερμοκρασίας του μέσου του οποίου διαδίδεται, στην συγκεκριμένη περίπτωση αν η θερμοκρασία του αέρα αυξηθεί θα αυξηθεί και η ταχύτητα του ήχου. Ο υπολογισμός της ταχύτητας του ήχου σε σχέση με την θερμοκρασία είναι ο εξής.

$$\alpha = 331,5 + 0,60 T \text{ (m/sec)} \quad (3.1.1)$$

Όπου α είναι η ταχύτητα του ήχου στον αέρα και T η θερμοκρασία του αέρα σε °C.

Στους 100 °C η ταχύτητα του ήχου παίρνει την τιμή :

$$\alpha = 331,5 + 0,60 * 100 = 331,5 + 60 = 391,5 \text{ (m/sec)}$$

Στον χώρο του σωλήνα της πολλαπλής εξαγωγής αναπτύσσονται θερμοκρασίες μεταξύ 400 °C και 500 °C και μεγαλύτερων από 500°C αφού αναφερόμαστε σε συνθήκες πλήρες φορτίου στις 6000 rpm.

Στις μετρήσεις που θα κάνουμε για τον υπολογισμό του μήκους της πολλαπλής εξαγωγής θα λάβουμε υπόψη τις θερμοκρασίες που επικρατούν στον κύλινδρο την στιγμή που θέλουμε να έχουμε μέγιστη ισχύ, δηλαδή τις θερμοκρασίες στους 400 – 500 °C.

Έτσι στους 400 °C η τιμή της 3.1.1 γίνεται:

$$\alpha_{400} = 331,5 + 0,60 * 400 = 331,5 + 240 = 571,5 \frac{m}{s} = \frac{571,5 m}{1000 ms} = 0,5715 \frac{m}{msec}$$

Και ομοίως για τους 500 °C η 3.1.1 παίρνει την τιμή:

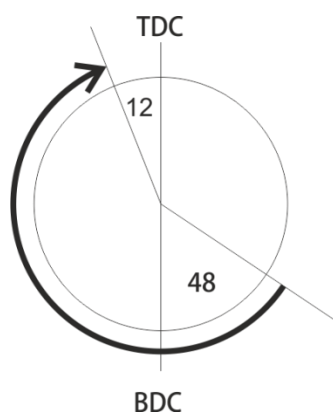
$$\alpha_{500} = 331,5 + 0,60 * 500 = 331,5 + 300 = 631,5 \frac{m}{s} = \frac{631,5 m}{1000 ms} = 0,6135 \frac{m}{msec}$$

Στις 6000 rpm μια περιστροφή του στροφάλου διαρκεί 10 msec.

Η κάθε μοίρα του στροφάλου διαρκεί :

$$t_{\mu\rho} = \frac{10 msec}{360 μοιρες} = 0,027 msec$$

Η βαλβίδα της εξαγωγής ανοίγει 48° πριν από το ΚΝΣ. Θέλουμε να υπολογίσουμε τον χρόνο σε msec από την στιγμή που θα ανοίξει η βαλβίδα της εξαγωγής (48° πριν το ΚΝΣ), μέχρι την στιγμή που θα έχουμε την επικάλυψη των βαλβίδων (12° πριν το ΑΝΣ), δηλ. την στιγμή όπου ανοίγει η βαλβίδα εισαγωγής.



Εικόνα 9 Διάρκεια εξαγωγής μέχρι το σημείο επικάλυψης των βαλβίδων.

Το σύνολο των μοιρών από την στιγμή που ανοίγει η βαλβίδα εξαγωγής μέχρι το σημείο που ανοίγει η βαλβίδα εισαγωγής είναι:

48 μοίρες μέχρι το ΚΝΣ, και 180-12=168 μέχρι το σημείο της αρχής του overlap.

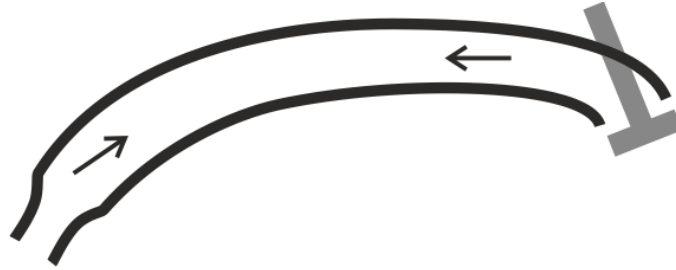
$$\varphi = 48 + 180 - 12 = 216^\circ$$

$$t_\varphi = 216 * 0,027 = 5,832 msec$$

Όπου t_{216} ο χρόνος που χρειάζεται για να διανύσει 216° ο στρόφαλος στις 6000 rpm.

Ο παλμός θα διατρέξει τον σωλήνα εξαγωγής 2 φορές μία από την βαλβίδα μέχρι την άκρη (παλμός θετικής πίεσης) και μια από την άκρη του σωλήνα προς την βαλβίδα (παλμός αρνητικής πίεσης).

Στην παρακάτω εικόνα βλέπουμε την κίνηση που θα κάνει ο παλμός μετα το άνοιγμα της πολλαπλής εξαγωγής.



Εικόνα 10: Κίνηση του παλμού πίεσης των καυσαερίων μετά το άνοιγμα της βαλβίδας εξαγωγής.

Η απόσταση που θα διανύσει ο παλμός για το χρονικό περιθώριο $t_{216} = 5,832 \text{ msec}$ είναι:

$$X_{\varepsilon\xi} = t_{\varphi} * a_{400} = 5,832 * 0,5715 = 3.33 \text{ m}$$

X είναι η απόσταση που θα διανύσει ο παλμός για την χρονική περίοδο t_{216} .

Όπως αναφέραμε ο παλμός θα διανύσει τον αυλό εξαγωγής 2 φορές και το μήκος του αυλού θα ισοδυναμεί με $X = 2L$ όπου L το μήκος του αυλού εξαγωγής.

$$X_{\varepsilon\xi} = 2L_{\varepsilon\xi} \Rightarrow L_{\varepsilon\xi} = \frac{X}{2} = \frac{3.33}{2} \text{ m} = 1.665 \text{ m}$$

Αν το μήκος του σωλήνα εξαγωγής είναι $L_{\varepsilon\xi} = 1.665 \text{ m}$, τότε ο παλμός θα απόμακρυνθεί από την βαλβίδα εξαγωγής και θα επιστρέψει ως παλμός αρνητικής πίεσης στη φάση του overlap δηλ. 12° πριν το ANΣ και θα έχουμε το φαινόμενο του συντονισμού (TUNING).

Αν το μήκος του σωλήνα εξαγωγής είναι μεγάλο για τον χώρο του κινητήρα τότε μπορούμε να υπολογίσουμε το $\frac{1}{2}$ του μήκους. Σ' αυτή την περίπτωση θα περιμένουμε δύο διαδοχικές ανακλάσεις αφού και πάλι ο παλμός αρνητικής πίεσης θα εμφανιστεί με ακρίβεια στη φάση του overlap.

$$l_{\varepsilon\xi} = \frac{L_{\varepsilon\xi}}{2} = \frac{1,665}{2} = 0,83 \text{ m} = 83 \text{ cm}$$

Όπου $l_{\varepsilon\xi}$ είναι το μήκος του πρωτεύοντα σωλήνα και στο οποίο ο παλμός θα κάνει 2 ανακλάσεις και θα επιστρέψει στην βαλβίδα εξαγωγής ως παλμός αρνητικής πίεσης.

το μήκος των δευτερευόντων σωλήνων υπολογίζεται στο 50% των πρωτευόντων.

$$l_{\delta\varepsilon\nu} = \frac{l_{\varepsilon\xi}}{2} = \frac{83}{2} = 41,5 \text{ cm}$$

Όπου $l_{\delta\varepsilon\nu}$ είναι το μήκος των δευτερευόντων σωλήνων της πολλαπλής εξαγωγής $l_{\varepsilon\xi}$ είναι το μήκος των πρωτευόντων σωλήνων από την βαλβίδα εισαγωγής έως την ένωση.

3.2 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΜΗΚΟΥΣ ΑΥΛΟΥ ΕΙΣΑΓΩΓΗΣ

Στο σχεδιασμό της πολλαπλής εισαγωγής θα χρησιμοποιήσουμε ανεξάρτητους σωλήνες εισαγωγής με σκοπό να εκμεταλλευτούμε το φαινόμενο του συντονισμού των παλμών του εισερχόμενου αέρα.

Πρέπει να αναφέρουμε ότι στη μελέτη της πολλαπλής εισαγωγής δεν θα υπολογίσουμε την παρουσία τυχόν υγροποιημένου καυσίμου αφού αναφερόμαστε σε κινητήρα άμεσου ψεκασμού. Μόνο ατμοσφαιρικός αέρας εισέρχεται από την πολλαπλή εισαγωγής. Δεν απαιτείται η προθέρμανση των αυλών εισαγωγής.

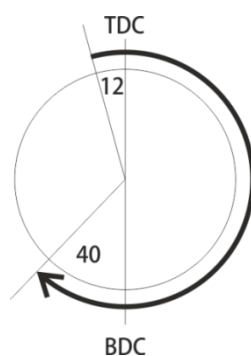
Η πίεση στην εισαγωγή του κάθε κυλίνδρου μεταβάλλεται σε κάθε κύκλο λειτουργίας και η μάζα του αέρα που εισέρχεται στον κύλινδρο κατά την φάση της εισαγωγής εξαρτάται άμεσα από την πίεση που θα μετρήσουμε στον αυλό εισαγωγής λίγο πριν από το κλείσιμο της βαλβίδας εισαγωγής. Αυτή η εισερχόμενη μάζα του αέρα θα καθορίσει και τον ογκομετρικό βαθμό απόδοσης του κινητήρα.

Αν καταφέρουμε να έχουμε μία θετική πίεση, τοπικά στον χώρο της βαλβίδας εισαγωγής, τότε θα συνεχίσει να εισέρχεται αέρας στον κύλινδρο και μετά το ΚΝΣ, δηλαδή το έμβολο θα ανέρχεται και θα συνεχίζουμε την εισαγωγή αέρα.

Για τον σχεδιασμό της πολλαπλής εισαγωγής μας ενδιαφέρει το χρονικό περιθώριο από το κλείσιμο της βαλβίδας εισαγωγής μέχρι το επόμενο άνοιγμά της.

Υπολογίζουμε πως από την στιγμή που θα κλείσει η βαλβίδα της εισαγωγής μέχρι την στιγμή που θα ανοίξει, ο στρόφαλος θα έχει διανύσει θ° μοίρες.

Όπως βλέπουμε και στην παρακάτω εικόνα ο στρόφαλος θα διανύσει $180-40=140$ μοίρες μέχρι το ΑΝΣ κατά την φάση της συμπίεσης του αέρα, $180-48=132$ μοίρες κατά την φάση της εκτόνωσης και $48+180-12=216$ μέχρι το επόμενο άνοιγμα της βαλβίδας εισαγωγής του αέρα.



Εικόνα 11 Διάρκεια εισαγωγής αέρα σε μοίρες στρόφαλου

Συνολικά η διάρκεια σε μοίρες από την στιγμή που θα κλείσει η βαλβίδα εισαγωγής 40° μετά το ΚΝΣ μέχρι το επόμενο άνοιγμα 12° πριν το ΑΝΣ θα είναι :

$$\theta^\circ = 140 + 132 + 216 = 488^\circ$$

Ο χρόνος που χρειάζεται για να περιστραφεί ο στρόφαλος 488° είναι:

$$t_g = 488 * t_{\mu\rho} = 488 * 0,027 = 13,17 \text{ msec}$$

Η κίνηση του αέρα μέσα στην πολλαπλή εισαγωγής γίνεται κατά κύματα τα οποία φτάνουν την ταχύτητα του ήχου. Οι θερμοκρασίες που επικρατούν μέσα στους αυλούς εισαγωγής είναι 30 – 50 °C .

Η ταχύτητα του ήχου γι τους 30 °C παίρνει την τιμή:

$$\alpha_{30} = 331,5 + 0,60 * 30 = 331,5 + 18 = 349,5 \frac{m}{sec} = \frac{349,5}{1000} \frac{m}{msec} = 0,350 \frac{m}{msec}$$

Από την στιγμή που θα κλείσει η βαλβίδα εισαγωγής και μέχρι το επόμενο άνοιγμα της ο αέρας θα διανύσει απόσταση :

$$X_{\epsilon\iota\sigma} = \alpha_{30} * t_{\theta} = 0,350 * 13,17 = 4,60 \text{ m}$$

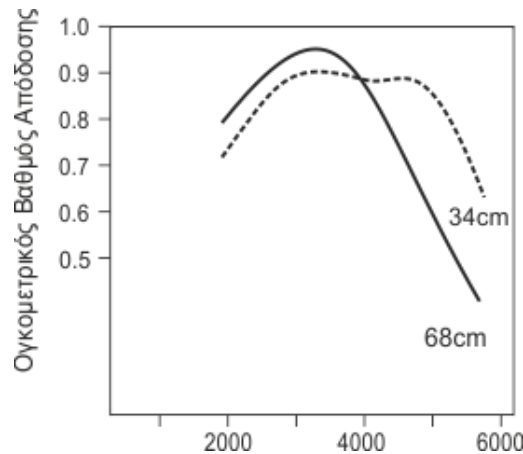
Για να έχουμε συντονισμό ο αέρας θα πρέπει να κάνει μια κίνηση από την βαλβίδα εισαγωγής μέχρι το plenum και μία από το plenum μέχρι την βαλβίδα εισαγωγής, άρα για το συνολικό μήκος συντονισμού της πολλαπλής εισαγωγής έχουμε :

$$L_{\epsilon\iota\sigma} = \frac{X_{\epsilon\iota\sigma}}{2} = \frac{4,60}{2} = 2,30 \text{ m}$$

Επειδή όμως στις περισσότερες των περιπτώσεων το μήκος που υπολογίσαμε δεν είναι εργονομικό, αναγκαζόμαστε να το μικρύνουμε έως ότου λάβουμε το ιδανικό μήκος. Στην περίπτωση αυτή θα διαιρέσουμε το μήκος συντονισμού με το 8 και ο αέρας θα αναγκαστεί να κάνει περισσότερες από μία ανακλάσεις μέχρι να γίνει ο συντονισμός. Έτσι το μήκος που πρέπει να έχει ο αυλός εισαγωγής ώστε να έχουμε συντονισμό στην πολλαπλή εισαγωγής θα πρέπει να είναι:

$$l_{\epsilon\iota\sigma} = \frac{L_{\epsilon\iota\sigma}}{8} = \frac{2,30}{8} = 0,28 \text{ m} = 28 \text{ cm}$$

Στο επόμενο διάγραμμα βλέπουμε το πως μεταβάλλεται ο ογκομετρικός βαθμός απόδοσης σε σχέση με τις στροφές του κινητήρα, όταν έχουμε δύο διαφορετικούς σωλήνες εισαγωγής, ο ένας με μήκος 68cm και ο άλλος με μήκος 34cm.



Εικόνα 12 Μεταβολή ογκομετρικού βαθμού απόδοσης σε σχέση με το μήκος του αυλού.

Όπως παρατηρούμε στο παραπάνω διάγραμμα μεγαλώνοντας το μήκος του αυλού ο μέγιστος ογκομετρικός βαθμός απόδοσης συγκεντρώνεται στις χαμηλές στροφές και έχει αισθητή πτώση στις υψηλές. Όσο μικραίνει το μήκος του αυλού ο ογκομετρικός βαθμός απόδοσης διανέμεται σε όλο το εύρος των στροφών. Για μέγιστο ογκομετρικό βαθμό απόδοσης στις υψηλές στροφές πρέπει να μειωθεί και άλλο το μήκος του αυλού.

3.3 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΔΙΑΜΕΤΡΟΥ ΑΥΛΟΥ ΕΙΣΑΓΩΓΗΣ

Για τον υπολογισμό της διαμέτρου του σωλήνα της εισαγωγής θα χρησιμοποιήσουμε τον τύπο:

$$D = \sqrt{\frac{n * V * n_{vol}}{3330}} \text{ inch}$$

Όπου n είναι οι rpm που θέλουμε να έχουμε την μέγιστη ροπή, V είναι ο συνολικός κυβισμός του κινητήρα και n_{vol} είναι ο ογκομετρικός βαθμός απόδοσης.

Στην περίπτωση την δική μας ο αριθμός των rpm που επιδιώκουμε την μέγιστη ροπή είναι $n = 6000 \text{ rpm}$, ο κυβισμός του κινητήρα σε λίτρα είναι $V = 2,0 \text{ lt}$ και ο ογκομετρικός βαθμός απόδοσης $n_{vol} = 0,90$.

Έτσι με βάση τα παραπάνω δεδομένα η διάμετρος του αυλού εισαγωγής θα είναι :

$$D_{in} = \sqrt{\frac{n * V * n_{vol}}{3330}} = \sqrt{\frac{6000 * 2 * 0,90}{3330}} = \sqrt{\frac{10800}{3330}} = \sqrt{3,24} = 1,8 \text{ inch} = 4,55 \text{ cm}$$

3.4 ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΑΥΛΩΝ ΕΞΑΓΩΓΗΣ

Η διάμετρος του πρωτεύοντα αυλού θα είναι ίση με την διάμετρο του αυλού εισαγωγής .

$$D_{in} = D_{ex1} = 4,55 \text{ cm}$$

Έτσι ο πρωτεύων αυλός θα πρέπει να έχει διάμετρο 4,55 cm.

Η διάμετρος του δευτερεύοντα αυλού θα πρέπει να είναι κατά 50% μεγαλύτερη από του πρωτεύοντα.

$$D_{ex2} = D_{ex1} + \frac{D_{ex1}}{2}$$

Άρα η διάμετρος του δευτερεύοντα σωλήνα είναι:

$$D_{ex2} = 4.55 + \frac{4.55}{2} = 4.55 + 2.25 = 6.82 \text{ cm}$$

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

4.1 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Ο χρονισμός των βαλβίδων είναι το βασικότερο σημείο για την λειτουργία του κινητήρα και καθορίζει τον σχεδιασμό της πολλαπλής εισαγωγής και εξαγωγής.

Με τον άμεσο ψεκασμό έχουμε καταφέρει να εισάγουμε μόνο αέρα στην εισαγωγή, να τον στροβιλίσουμε και να τον συμπιέσουμε χωρίς τον κίνδυνο της προανάφλεξης ή της αυτανάφλεξης. Ο ψεκασμός της βενζίνης γίνεται στον χώρο καύσης, τις περισσότερες φορές διαδοχικά για την τέλεια καύση του μίγματος.

Το ερώτημα που προέκυψε κατά την διάρκεια της έρευνας ήταν:

Να σχεδιάσουμε τους εκκεντροφόρους έτσι ώστε να ανταποκρίνονται στις χαμηλές ή στις υψηλές στροφές.

Να σχεδιάσουμε την πολλαπλή εισαγωγής με μία πεταλούδα γκαζιού ή με ανεξάρτητες για κάθε κύλινδρο πεταλούδες γκαζιού.

Γιατί στο ρελαντί πρέπει να ανοίγει τόσο βαθιά η βαλβίδα εισαγωγής και για τόσο μεγάλο χρονικό διάστημα, καταναλώνοντας τόση ενέργεια?

Γνωρίζουμε ότι το A και το Ω στους τετράχρονους κινητήρες είναι ο καλός στροβιλισμός του αέρα κατά την φάση της εισαγωγής και στην συνέχεια η τέλεια διασπορά των μορίων του υδρογονάνθρακα στον ήδη στροβιλισμένο αέρα και τέλος η ολοκληρωτική καύση του μίγματος.

Το φαινόμενο του συντονισμού στην πολλαπλή εισαγωγής και στην πολλαπλή εξαγωγής είναι το κλειδί για να μπορέσουμε να έχουμε καλύτερη πλήρωση στον κύλινδρο (μεγάλο βαθμό ογκομετρικής απόδοσης), με αποτέλεσμα την αύξηση της ιπποδύναμης σε συγκεκριμένο εύρος στροφών.

Η διάταξη που επιλέχθηκε για την κατασκευή της πολλαπλής εξαγωγής έδωσε την δυνατότητα της αλληλεπίδρασης των κυλίνδρων μεταξύ τους με αποτέλεσμα ο ένας κύλινδρος να βοηθάει τον άλλον στην εξαγωγή των καυσαερίων από τον κύλινδρο.

Για να μπορέσουμε να βελτιώσουμε την ισχύ σε έναν κινητήρα δεν αρκεί μόνο να γίνει ο συντονισμός των πολλαπλών εισαγωγής και εξαγωγής. Πρέπει να ρυθμιστεί ο κινητήρας στο δυναμόμετρο με προγραμματισμό της ECU.

4.2 ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ MULTIAIR

Η μείωση της ροπής στις χαμηλές στροφές είναι ένα ακόμη φαινόμενο που δημιουργείται από το tuning στις υψηλές στροφές. Αυτό συμβαίνει γιατί ο έλεγχος της ροής του αέρα που θα εισέλθει στον κύλινδρο γίνεται από την πεταλούδα του γκαζιού.

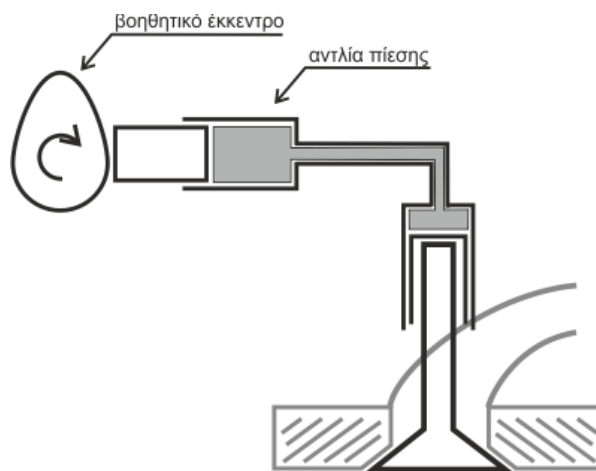
Μέχρι τώρα η βαλβίδα εισαγωγής άνοιγε στο ρελαντί ή τις μεσαίες στροφές με τον ίδιο τρόπο που άνοιγε και στο μέγιστο των στροφών, με αποτέλεσμα να μην έχουμε τον σωστό στροβιλισμό του αέρα.

Αν ελέγχαμε και το άνοιγμα των βαλβίδων με το λογισμικό της ECU τότε θα είχαμε τον απόλυτο έλεγχο της λειτουργίας του κινητήρα. Θα ανοίγαμε την βαλβίδα λίγο ή πολύ, σε όποιες μοίρες έπρεπε ανάλογα με το φορτίο και τις στροφές, διαδοχικά ή συνεχώς και δεν θα χρειαζόμασταν την πεταλούδα γκαζιού.

Δηλαδή θα αυξάναμε ή θα μειώναμε τις στροφές όχι με την κίνηση της πεταλούδας γκαζιού, αλλά απλώς αυξομειώνοντας το βύθισμα της βαλβίδας εισαγωγής. Η ηλεκτρονική μονάδα με το κατάλληλο πρόγραμμα θα καθόριζε το πότε θα άνοιγε η βαλβίδα εισαγωγής, δηλαδή σε όποιες μοίρες έπρεπε και για όσες μοίρες χρειαζόνταν.

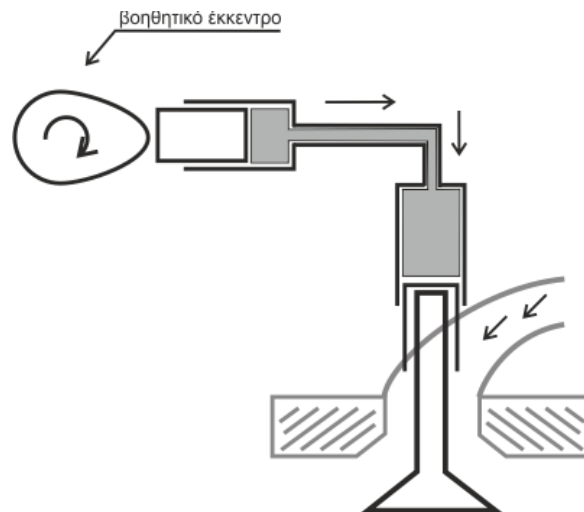
Όλα αυτά έγιναν εφικτά με την πρόοδο των ηλεκτρονικών και στη συνέχεια αναλύεται ο τρόπος λειτουργίας του απόλυτου ελέγχου της βαλβίδας εισαγωγής. (το σύστημα εφαρμόζεται με επιτυχία με την εμπορική ονομασία Multi-air).

Στον εκκεντροφόρο εξαγωγής υπάρχει ένα extra έκκεντρο που πιέζει το έμβολο της αντλίας υψηλής πίεσης. Το έκκεντρο αρχίζει να πιέζει το έμβολο από τις 15^ο πριν το ΑΝΣ μέχρι τις 50^ο μετά το ΚΝΣ.

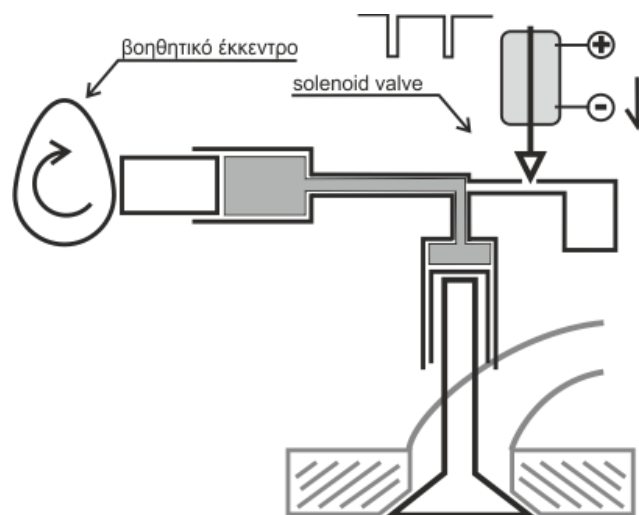


Στο παραπάνω σχέδιο βλέπουμε πως η βαλβίδα εισαγωγής είναι κλειστή και το βοηθητικό έκκεντρο ξεκινά να πιέζει το έμβολο που θα μεταφέρει την πίεση στο υδραυλικό μηχανισμό κίνησης της βαλβίδας. Χρονικά είμαστε στις 15^ο πριν το ΑΝΣ.

Στο επόμενο σχέδιο βλέπουμε την βαλβίδα να ακολουθεί όλη την κίνηση του βοηθητικού εκκέντρου και να φθάνει στο μεγαλύτερο βύθισμα. Η βαλβίδα θα μείνει ανοιχτή μέχρι τις 50^ο μετά το ΚΝΣ

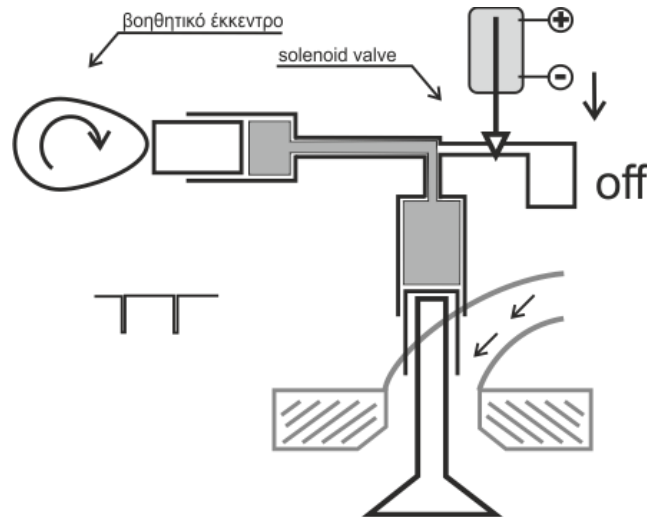


Αν με κάποιο τρόπο απελευθερώναμε ένα ποσοστό του υγρού που υπάρχει στο κύκλωμα, τότε θα είχαμε τον έλεγχο της κίνησης της βαλβίδας. Με τον ίδιο τρόπο λειτουργεί και το σύστημα ABS, και εκεί απελευθερώνουμε ένα ποσοστό του συμπιεσμένου από το πόδι μας υγρού των φρένων, με αποτέλεσμα να αποφεύγουμε το μπλοκάρισμα των τροχών.



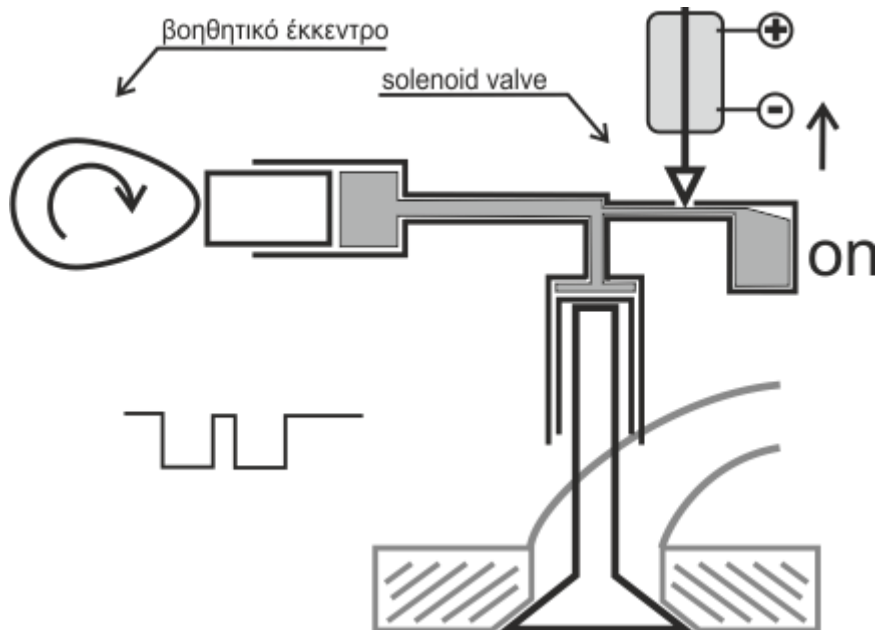
Στο σχέδιο έχουμε συνδέσει μία ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα (solenoid), η οποία ελέγχεται από την ηλεκτρονική μονάδα (ECU) και ανάλογα με το πρόγραμμα.

Αν η ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα είναι κλειστή τότε η βαλβίδα εισαγωγής ακολουθεί όλη την κίνηση του βοηθητικού έκκεντρου, δηλ από τις 15⁰ πριν το ΑΝΣ μέχρι τις 50⁰ μετά το ΚΝΣ. Το βύθισμα της βαλβίδας είναι το μέγιστο, όπως καθορίζεται από τον σχεδιασμό του βοηθητικού έκκεντρου.

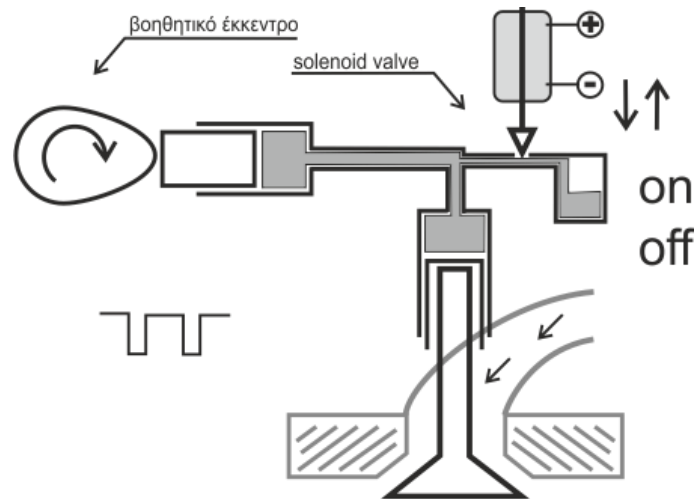


Το πρόγραμμα της ECU κλείνει την ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα στις υψηλές στροφές και έχουμε μεγάλο βύθισμα της βαλβίδας εισαγωγής με την μέγιστη διάρκεια και τον καλύτερο χρονισμό, (15° πριν το ΑΝΣ -50° μετά το ΚΝΣ).

Αν η ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα είναι συνεχώς ανοικτή τότε μηδενίζεται η πίεση στο κύκλωμα και η βαλβίδα εισαγωγής μένει κλειστή. (Σβήνει ο κινητήρας).

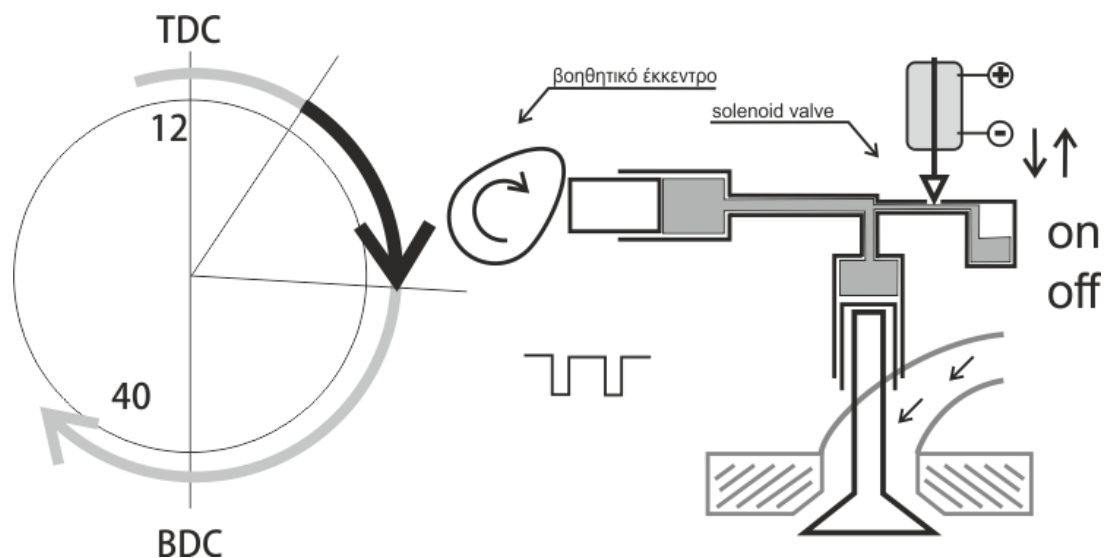


Αν το πρόγραμμα αποφασίζει τότε θα ενεργοποιηθεί ή όχι η ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα τότε θα μπορούσαμε να ανοίξουμε την βαλβίδα ακριβώς την στιγμή που χρειαζόμαστε ανάλογα με τις στροφές του κινητήρα.



Στη συνέχεια θα προγραμματίσουμε το άνοιγμα της βαλβίδας εισαγωγής με το σύστημα multi-air με σκοπό να πετύχουμε τον μέγιστο στροβιλισμό του αέρα κατά την φάση της εισαγωγής.

Στο σχέδιο βλέπουμε ότι η βαλβίδα εισαγωγής δεν ακολουθήσε τον κλασσικό χρονισμό δηλ να ανοίξει 12° πριν το ΚΝΣ και να κλείσει 50° μετά το ΚΝΣ.



Στις χαμηλές στροφές η ECU ελέγχει την ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα και επιτρέπει την πίεση της αντλίας υψηλής πίεσης να κινήσει την βαλβίδα εισαγωγής μόνο σε ορισμένες μοίρες του κύκλου της εισαγωγής.

Το έμβολο άρχισε να δημιουργεί υποπίεση στον χώρο καύσης, ο αέρας περιμένει έξω από την κλειστή βαλβίδα εισαγωγής και με εντολή της ECU η βαλβίδα εισαγωγής ανοίγει στις 20° μετά το ΑΝΣ και κλείνει στις 45° μετά το ΑΝΣ.

Ο αέρας εισέρχεται βιαστικά και με τον καλύτερο στροβιλισμό από το μικρό βύθισμα της βαλβίδας εισαγωγής.

Η ποσότητα του αέρα καθορίζεται από την εντολή της ECU, άρα δεν χρειάζεται η πεταλούδα γκαζιού.

Με αυτό τον τρόπο ανατρέπονται και οι υπολογισμοί για τον σχεδιασμό των σωλήνων εισαγωγής.

Μέσα στον ίδιο χρόνο εισαγωγής η βαλβίδα μπορεί να ανοίξει και σε δεύτερη φάση για τον καλύτερο στροβιλισμό του αέρα.

Καθώς οι στροφές αυξάνουν ή μειώνονται το πρόγραμμα της ECU προσαρμόζει τον χρονισμό της βαλβίδας εισαγωγής.

Όταν χρειαστεί το μέγιστο της ιπποδύναμης η ECU κλείνει την ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα και η βαλβίδα εισαγωγής ακολουθεί όλη την κίνηση του βοηθητικού έκκεντρου, (άγριος χρονισμός).

Η κίνηση των βαλβίδων εισαγωγής μέσω του εκκεντροφόρου εισαγωγής προϋποθέτει την κατανάλωση έργου και ειδικά στις χαμηλές στροφές, η επιβάρυνση της λειτουργίας του κινητήρα είναι μεγάλη.

Υπολογίζεται ότι ένα 4%-7% του παραγόμενου έργου στο ρελαντί ξοδεύεται για την κίνηση των βαλβίδων εισαγωγής. Με την εφαρμογή του συστήματος ηλεκτροδραυλικού ελέγχου των βαλβίδων εισαγωγής, έχουμε χαμηλή κατανάλωση στις μεσαίες-χαμηλές στροφές, χαμηλότερους ρύπους και ομαλότερη λειτουργία του κινητήρα.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Philip H. Smith FIMechE MSAE & John C. Morrison BSe PhD MIMechE (1972). *scientific design of exhaust & intake systems* . Cambridge MA: BENTLEY PUBLISHERS.

Καλογήρου Ι. Δρ. Μηχανολόγος Μηχανικός , Γεωργουδάκης Ι. Dipl. Ing. & Μαυρίδης Κ. Δρ. μηχανολόγος μηχανικός (2004). *Εργαστήριο μηχανών εσωτερικής καύσης*. ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΙΩΝ.

Μαυρίδης Κ. Δρ. Μηχανολόγος μηχανικός (2002). *Μηχανές εσωτερικής καύσης*. Αθήνα: ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΙΩΝ.

Ρακόπουλος Κ.Δ. Καθηγητής ΕΜΠ & Γιακουμής, Ε. Γ. Επίκουρος Καθηγητής ΕΜΠ. (2011). *Εναλλαγή αερίων και υπερπλήρωση Μ.Ε.Κ.* Αθήνα: ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΦΟΥΝΤΑΣ.

MIKE HANLON Fiat releases MultiAir engine technology – is this a fundamental breakthrough in internal combustion engine design? , 7/4/2009 GIZMAG.

WIKIPEDIA: http://en.wikipedia.org/wiki/Variable_valve_timing ,
http://en.wikipedia.org/wiki/Speed_of_sound