

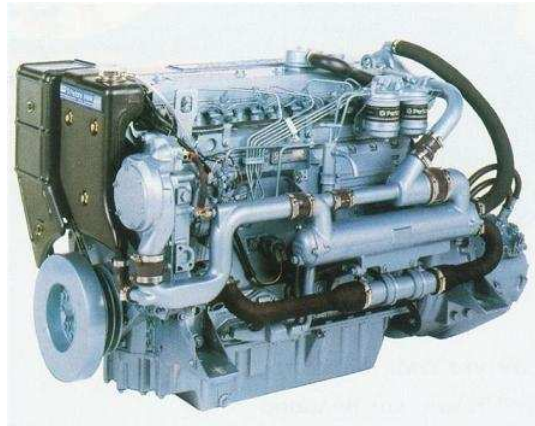


ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ



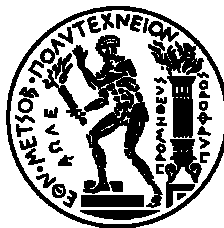
**ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΑΥΤΟΜΑΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ
ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑΣ ΑΝΑΦΟΡΑΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ
ΔΙΑΓΝΩΣΗΣ ΣΕ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ VISUAL – BASIC**

ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΦΑΪΤΑΚΗΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ:

ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ ΧΟΥΝΤΑΛΑΣ, ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ Ε.Μ.Π.

ΑΘΗΝΑ ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 2013



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΑΥΤΟΜΑΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ
ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑΣ ΑΝΑΦΟΡΑΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ
ΔΙΑΓΝΩΣΗΣ ΣΕ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ VISUAL – BASIC**

**DEVELOPMENT OF AN AUTOMATIC METHOD
FOR CREATING A DIAGNOSIS RESULTS REPORT
IN VISUAL – BASIC ENVIRONMENT**

ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΦΑΪΤΑΚΗΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ:

ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ ΧΟΥΝΤΑΛΑΣ, ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ Ε.Μ.Π.

ΑΘΗΝΑ ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 2013

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

	ΣΕΛΙΔΑ
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 Πρόλογος.....	7
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 Εισαγωγή.....	8
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 Γενικές αρχές λειτουργίας – Διαμόρφωση των εμβολοφόρων ΜΕΚ.....	9
3.1. Εισαγωγή.....	9
3.2. Εξωτερική λειτουργία – Τετράχρονοι και δίχρονοι κινητήρες.....	11
3.3. Εσωτερική λειτουργία – Κινητήρες ΟΤΤΟ και DIESEL.....	14
3.4. Ρύθμιση της ισχύος των κινητήρων ΟΤΤΟ.....	17
3.5. Ρύθμιση της ισχύος των κινητήρων DIESEL.....	23
3.6. Βοηθητικές λειτουργίες των εμβολοφόρων ΜΕΚ.....	28
3.7. Υπερπλήρωση των εμβολοφόρων ΜΕΚ.....	30
3.8. Κατάταξη – Σύγκριση – Διαμόρφωση – Εφαρμογές εμβολοφόρων ΜΕΚ.....	34
3.9. Κινητήρας περιστρεφόμενου εμβόλου WANKEL.....	37
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 Κυκλικές αλλαγές καταστάσεως.....	40
4.1. Ιδανικός πρότυπος κύκλος αέρα ΟΤΤΟ.....	40
4.2. Ιδανικός πρότυπος κύκλος αέρα DIESEL.....	41
4.3. Ιδανικός πρότυπος κύκλος αέρα ATKINSON.....	42
4.4. Ιδανικός πρότυπος κύκλος αέρα JOULE (BRAYTON).....	42
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 Θεωρητικοί κύκλοι εμβολοφόρων κινητήρων.....	44
5.1. Ισοδύναμος θεωρητικός κύκλος εμβολοφόρου μηχανής.....	44
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 Πραγματικός κύκλος λειτουργίας εμβολοφόρων κινητήρων.....	46
6.1. Δυναμοδεικτικό διάγραμμα της πραγματικής λειτουργίας.....	46
6.2. Η φάση της εναλλαγής των αερίων – Διαγράμματα διανομής.....	47
6.3. Περίοδος εκροής και εξωθήσεως (εξαγωγή).....	48
6.4. Περίοδος επικαλύψεως των βαλβίδων (αποπλύσεως).....	49

6.5. Περίοδος αναρροφήσεως (εισαγωγή).....	50
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 Αξιολόγηση απόδοσης μηχανών εσωτερικής καύσεως.....	51
7.1. Εισαγωγή.....	51
7.2. Παράμετροι λειτουργίας.....	51
7.2.1. Ισχύς και μηχανική απόδοση.....	52
7.2.2. Λόγος αέρα-καυσίμου.....	53
7.2.3. Ογκομετρική απόδοση.....	53
7.2.4. Ειδική κατανάλωση καυσίμου.....	54
7.2.5. Θερμική απόδοση και ισοζύγιο θερμότητας.....	54
7.2.6. Καπνός και εκπομπές καυσαερίων.....	55
7.2.7. Ενεργός πίεση και ροπή.....	55
7.2.8. Ρυθμός κατανάλωσης καυσίμου.....	56
7.2.9. Γωνία ανάφλεξης.....	56
7.2.9.1. Εισαγωγή.....	56
7.2.9.2. Ιστορία.....	57
7.2.9.3. Ρύθμιση του χρόνου ανάφλεξης.....	58
7.2.10. Καθυστέρηση ανάφλεξης (ignition delay).....	59
7.2.11. Μέγιστη πίεση (firing pressure).....	59
7.2.12. Λόγος συμπίεσης (compression ratio).....	60
7.2.12.1. Τυπικές τιμές για τον λόγο συμπίεσης.....	60
7.2.13. Πίεση κατά την συμπίεση.....	62
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8 ΡΥΘΜΙΑ – V / EDS – V Diesel Engine Diagnostic System.....	64
8.1. Περιληπτική περιγραφή του λογισμικού.....	64
8.2. Engines.....	66
8.3. Measurements.....	68
8.4. Take Measurement.....	70
8.5. Measurement_Data.....	78
8.6. Diagnosis_Execute.....	81

8.7. Diagnosis_Results.....	84
8.8. Diagnosis_Diagrams.....	93
8.9. Engine_Trials.....	97
8.10. Simulator.....	99
8.11. Fuel.....	100
8.12. Setup.....	100
8.13. Print.....	102
8.14. Help.....	103
8.15. Clear_Screen.....	103
8.16. Abort.....	103
8.17. Exit.....	104
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9 Στοιχεία για το πρόγραμμα δημιουργίας αναφοράς αποτελεσμάτων διάγνωσης.....	105
9.1. Εισαγωγή.....	105
9.2. Περιβάλλον ανάπτυξης.....	105
9.3. Διάγραμμα ροής.....	108
9.4. Κώδικας.....	111
9.4.1. Ορισμός γενικών μεταβλητών.....	111
9.4.2. Υπορουτίνα κατασκευής των bar chart.....	111
9.4.3. Κύρια διαδικασία.....	112
9.5. Αποτελέσματα.....	118
9.6. Προτάσεις βελτίωσης.....	124

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. " Αρχές εμβολοφόρων μηχανών εσωτερικής καύσεως " Κ. Δ. Ρακόπουλος
2. Εγχειρίδιο χρήσης (manual) PΥTHIA – V / EDS – V Diesel Engine Diagnostic System
3. Wikipedia

1. Πρόλογος

Στα πλαίσια αυτής της διπλωματικής εργασίας, κατασκευάζεται ένα πρόγραμμα για ηλεκτρονικό υπολογιστή, με το οποίο είναι δυνατή η δημιουργία αναφοράς, από τα στοιχεία που προκύπτουν κατά τον έλεγχο της λειτουργίας μηχανών. Το πρόγραμμα αυτό, το οποίο αναπτύσσεται σε περιβάλλον Visual Basic, χρησιμοποιεί τα παραπάνω δεδομένα και παράγει μια αναφορά που μεταξύ των άλλων συμπεριλαμβάνει πίνακες και διαφόρων ειδών διαγράμματα.

Αρχικά εξετάστηκε το ενδεχόμενο, η αναφορά να κατασκευαστεί με αξιοποίηση των δυνατοτήτων που παρέχει η γλώσσα Visual Basic, και μόνο αυτών, χωρίς δηλαδή να χρησιμοποιηθεί με κάποιον τρόπο κάποιο άλλο πρόγραμμα. Η ίδια η γλώσσα (συγκεκριμένα η Visual Basic 6) παρέχει τη δυνατότητα κατασκευής αναφοράς, η οποία όμως περιέχει μόνο κείμενο και καθόλου σχήματα. Έτσι έπρεπε να βρεθεί κάποιος άλλος τρόπος.

Τα διαγράμματα και οι πίνακες μπορούσαν να κατασκευαστούν είτε με χρήση των εγγενών μηχανισμών της γλώσσας Visual Basic, είτε με χρήση άλλων προγραμμάτων (όπως το Word και το Excel) και στην συνέχεια να εισαχθούν στην φόρμα της Visual Basic αλλά υπήρχαν προβλήματα που αφορούσαν στην αποθήκευση της φόρμας.

Επιχειρήθηκε ακόμη, διαγράμματα και πίνακες που κατασκευάστηκαν με τα εργαλεία τα παρεχόμενα από την γλώσσα, να εισαχθούν στο Word ή στο Excel έτσι ώστε να γίνει εκμετάλλευση των επιλογών και της ευκολίας αποθήκευσης αυτών των προγραμμάτων. Αυτό δούλεψε αλλά ο καλύτερος τρόπος για να επιτευχθεί το επιθυμητό αποτέλεσμα ήταν τελικά η χρησιμοποίηση του Word ή του Excel μέσα από το πρόγραμμα της Visual Basic και η δημιουργία της αναφοράς εξ' ολοκλήρου μέσα σε ένα από τα δυο αυτά προγράμματα.

Για την δημιουργία της αναφοράς μπορούσε να χρησιμοποιηθεί είτε το Word είτε το Excel, αλλά τελικά κρίθηκε πως η χρήση του Excel παρουσίαζε περισσότερα πλεονεκτήματα. Πάντως και το Excel σε ορισμένες περιπτώσεις παρέχει λίγες επιλογές (π.χ. για την κατασκευή διαγραμμάτων ουσιαστικά απαιτείται η τοποθέτηση των δεδομένων στο φύλλο εργασίας).

2. Εισαγωγή

Ο πρόλογος και η εισαγωγή συνιστούν τα κεφάλαια 1 και 2.

Στο κεφάλαιο 3 παρουσιάζονται οι γενικές αρχές λειτουργίας των εμβολοφόρων ΜΕΚ, γίνεται μεταξύ άλλων η βασική διάκριση σε κινητήρες ΟΤΤΟ και DIESEL και δίνονται στοιχεία για κάποια βασικά χαρακτηριστικά.

Στο κεφάλαιο 4 παρουσιάζονται οι κυκλικές αλλαγές καταστάσεως και οι τέσσερις βασικοί ιδανικοί πρότυποι κύκλοι αέρα.

Το κεφάλαιο 5 διαπραγματεύεται εν τάχει τους θεωρητικούς κύκλους των εμβολοφόρων κινητήρων.

Στο κεφάλαιο 6 παρουσιάζονται οι πραγματικοί κύκλοι λειτουργίας των εμβολοφόρων κινητήρων καθώς και οι διάφορες φάσεις λειτουργίας μέσα στον κύκλο.

Στο κεφάλαιο 7 παρουσιάζονται οι διάφορες παράμετροι που καθορίζουν την λειτουργία των μηχανών εσωτερικής καύσης.

Στο κεφάλαιο 8 παρουσιάζονται οι επιλογές (τα μενού) που δίνει το λογισμικό του ΡΥΤΗΙΑ – V / EDS – V Diesel Engine Diagnostic System όπως αυτές προκύπτουν μέσα από το εγχειρίδιο χρήσης.

Στο κεφάλαιο 9 δίνονται στοιχεία για το πρόγραμμα που κατασκευάστηκε, τα οποία αφορούν στο περιβάλλον ανάπτυξης, τον κώδικα και τα αποτελέσματα που παράγονται.

3. Γενικές αρχές λειτουργίας – Διαμόρφωση των εμβολοφόρων ΜΕΚ

3.1. Εισαγωγή

Η αποταμιευμένη στα καύσιμα χημική ενέργεια, μετασχηματίζεται κατά την καύση τους σε θερμική ενέργεια, μέρος της οποίας αξιοποιείται από θερμικές μηχανές με σκοπό την παραγωγή μηχανικού έργου.

Οι θερμικές μηχανές μπορούν να χωριστούν σε μηχανές εξωτερικής καύσεως, στις οποίες τα προϊόντα της καύσεως του αέρα και του καυσίμου μεταφέρουν θερμότητα σε ένα διαφορετικό ρευστό, δια μέσου μιας επιφάνειας συναλλαγής, που αποτελεί και το εργαζόμενο μέσο για την παραγωγή της μηχανικής ισχύος, και σε μηχανές εσωτερικής καύσεως (ΜΕΚ), όπου τα προϊόντα της καύσεως του μίγματος καυσίμου-αέρα αποτελούν απ' ευθείας το εργαζόμενο μέσο για την παραγωγή της μηχανικής ισχύος. Έτσι στις μηχανές εσωτερικής καύσεως η καύση είναι "εσωτερική", και άρα ο αέρας και το καύσιμο χρησιμοποιούνται σε ανοικτό κύκλωμα.

Στις ΜΕΚ ανήκουν οι εμβολοφόροι κινητήρες, οι αεριοστρόβιλοι, οι στροβιλοαντιδραστήρες, οι στατοί θερμοαντιδραστήρες και οι πυραυλοκινητήρες.

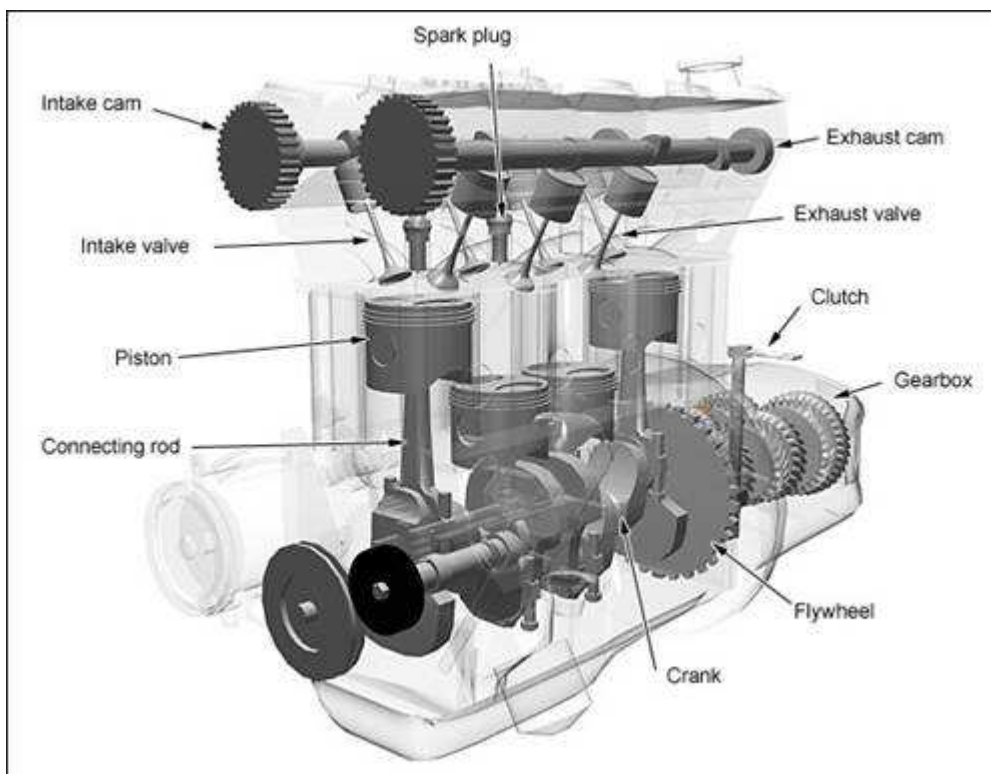
Στις ΜΕΚ το εργαζόμενο μέσο είναι ο αέρας (με το καύσιμο), με εξαίρεση τους πυραυλοκινητήρες όπου το εργαζόμενο μέσο είναι οι προωθητικές ουσίες, δηλαδή καύσιμα μείγματα που περιέχουν και το οξειδωτικό μέσο αποθηκευμένο στον πύραυλο.

Η εμβολοφόρος ΜΕΚ είναι η πιο κοινή μορφή κινητηρίου μηχανής. Λόγω της απλής της κατασκευής, ως μηχανής εσωτερικής καύσεως (δηλαδή δεν υπάρχουν επιφάνειες συναλλαγής θερμότητας όπως ατμοπαραγωγοί ή συμπυκνωτές) και της δυνατότητας της να χρησιμοποιεί εργαζόμενο μέσο σε υψηλή θερμοκρασιακή στάθμη (η κυκλική αλλαγή της θερμοκρασίας του εργαζόμενου μέσου έχει σαν συνέπεια τα διάφορα θερμικώς φορτιζόμενα τμήματα του κινητήρα να έχουν θερμοκρασία πολύ χαμηλότερη από τη μέγιστη θερμοκρασία του αερίου σε έναν κύκλο λειτουργίας), συνδυάζει καλό ολικό βαθμό αποδόσεως και υψηλή συγκέντρωση ισχύος (επίσης υπό την μορφή DIESEL σε μέσες και μεγάλες ισχείς επιτυγχάνεται η ικανοποιητική καύση του φθηνού καυσίμου μαζούτ, (πετρέλαιο εξωτερικής καύσεως ή καύσιμο λεβήτων)).

Έτσι χρησιμοποιείται σχεδόν κατ' αποκλειστικότητα στις μεταφορές (αυτοκίνητα, πλοία, τρένα, αεροπλάνα χαμηλής ταχύτητας) με εξαίρεση τα μέσης και υψηλής ταχύτητας αεροσκάφη, όπου η χρήση των στροβιλοαντιδραστήρων καθίσταται αναγκαία από την απαιτούμενη υψηλή συγκέντρωση ισχύος.

Σε όλες τις ΜΕΚ το εργαζόμενο μέσο (αέρας ή αέρας και καύσιμο) αναρροφάται από τη μηχανή και συμπιέζεται πρώτα μέχρι μιας ορισμένης πίεσεως, οπότε αυξάνεται και η θερμοκρασία του, στη συνέχεια δε προσδίδεται σε αυτό η θερμική ενέργεια που προέρχεται από την καύση του καυσίμου, με αποτέλεσμα την αύξηση της θερμοκρασίας του, της πίεσεως ή και του όγκου του. Κατά την αποτόνωση που ακολουθεί παρέχεται, κατά κύριο λόγο το κινητήριο έργο, ένα τμήμα του οποίου καταναλώνεται για τις ανάγκες της συμπίεσης που προηγήθηκε, ενώ το υπόλοιπο αποτελεί το ωφέλιμο έργο της μηχανής.

Σε όλες τις μηχανές εσωτερικής καύσεως το καυσαέριο που είναι υψηλής θερμοκρασίας και πίεσης ασκεί απευθείας δύναμη σε κάποιο στοιχείο της μηχανής. Η δύναμη αυτή τυπικά εφαρμόζεται σε πιστόνια (Εικόνα 1), τουρμπίνες, πτερύγια ή σε ακροφύσια. Η πρώτη εμπορικά επιτυχής μηχανή εσωτερικής καύσης δημιουργήθηκε από τον Etienne Lenoir.



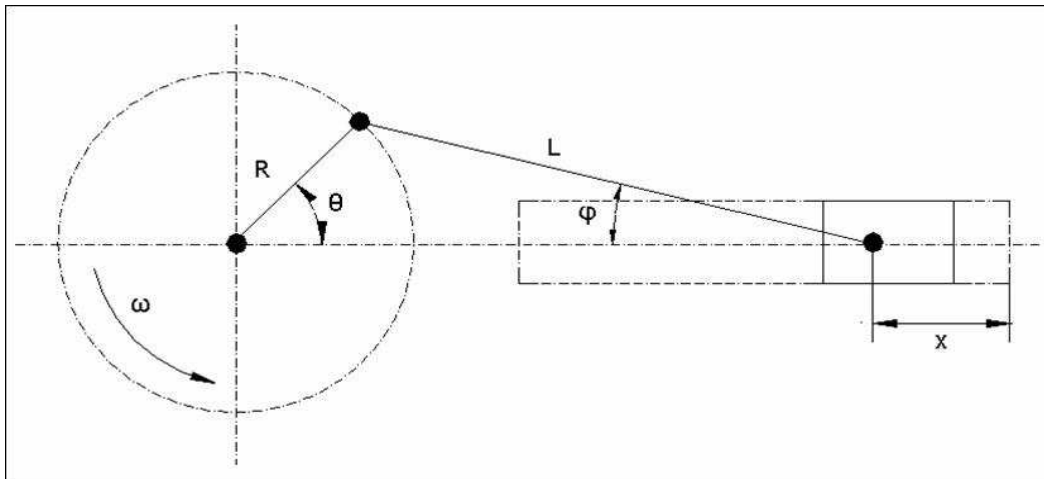
Εικόνα 1

Στις εμβολοφόρες ΜΕΚ οι βασικές φάσεις λειτουργίας που αναφέρθηκαν παραπάνω, δηλαδή συμπίεση, καύση, αποτόνωση, λαμβάνουν χώρα μέσα στον ίδιο χώρο, τον κύλινδρο.

Σημειώνεται ότι μεγάλη σημασία για την λειτουργία της μηχανής έχουν εκτός των τριών βασικών φάσεων λειτουργίας, και οι φάσεις εναλλαγής των αερίων, δηλαδή της εκκενώσεως του κυλίνδρου από το καυσαέριο κατά το τέλος του κύκλου λειτουργίας και της εκ νέου πληρώσεως του με νέα γόμωση (αέρας ή αέρας και καύσιμο) για την εκτέλεση του νέου κύκλου.

3.2. Εξωτερική λειτουργία – Τετράχρονοι και δίχρονοι κινητήρες

Η συγκρότηση των εμβολοφόρων κινητήρων βασίζεται στον κινηματικό μηχανισμό εμβόλου-διωστήρα-στροφάλου (Εικόνα 2), όπου το έμβολο παλινδρομεί μέσα στον κύλινδρο και μεταφέρει την ισχύ στην στροφαλοφόρο άτρακτο δια μέσου του διωστήρα.



Εικόνα 2

Στους εμβολοφόρους (παλινδρομικούς κινητήρες), το έμβολο αναγκαστικά ακινητεί σε δυο ορισμένες θέσεις της στροφαλοφόρου άτρακτου, προτού επέλθει αναστροφή της κινήσεως του. Αυτές οι θέσεις καλούνται άνω νεκρό σημείο (ΑΝΣ) και κάτω νεκρό σημείο (ΚΝΣ).

Η απόσταση που διανύει το έμβολο για να πάει από το ένα νεκρό σημείο στο άλλο, καλείται διαδρομή ή " χρόνος" και αντιστοιχεί σε μισή στροφή, δηλαδή 180° της στροφαλοφόρου άτρακτου.

Βασικά μεγέθη για τον εμβολοφόρο κινητήρα είναι τα εξής:

Όγκος εμβολισμού V_h δηλαδή ο όγκος του κυλίνδρου που σαρώνεται από το έμβολο, κατά τη διάρκεια μιας διαδρομής. Αν D η διάμετρος εμβόλου-κυλίνδρου, s η διαδρομή του εμβόλου όπου $s = 2r$ με r την ακτίνα του στροφάλου τότε είναι:

$$V_h = \pi D^2 s / 4$$

Επιζήμιος όγκος V_c , δηλαδή ο όγκος του κυλίνδρου πάνω από την κεφαλή του εμβόλου, όταν βρίσκεται στο ΑΝΣ.

Βαθμός συμπίεσης ϵ . Αν V_o ο ολικός όγκος του κυλίνδρου τότε είναι:

$$\epsilon = (V_h + V_c) / V_c = V_o / V_c$$

Σημειώνεται ότι εξαιτίας της μεγάλης μάζας του κινητήρα και του σφονδύλου, η ταχύτητα περιστροφής της στροφαλοφόρου ατράκτου καθίσταται περίπου ομοιόμορφη (σε μόνιμη λειτουργία), παρά το γεγονός της ανομοιομορφίας της διανομής της στρεπτικής δύναμews σε έναν κύκλο λειτουργίας.

Η θέση του εμβόλου μέσα στον κύλινδρο σε κάθε στιγμή προσδιορίζεται με βάση τη γωνία στροφάλου ϕ η οποία έχει τιμή 0 όταν το έμβολο βρίσκεται στο ΑΝΣ. Αν n είναι η ταχύτητα περιστροφής του κινητήρα σε στροφές / λεπτό (RPM), και ω η γωνιακή ταχύτητα σε rad / sec τότε:

$$\omega = 2\pi n / 60$$

Για την μέση ταχύτητα του εμβόλου C_m θα ισχύει:

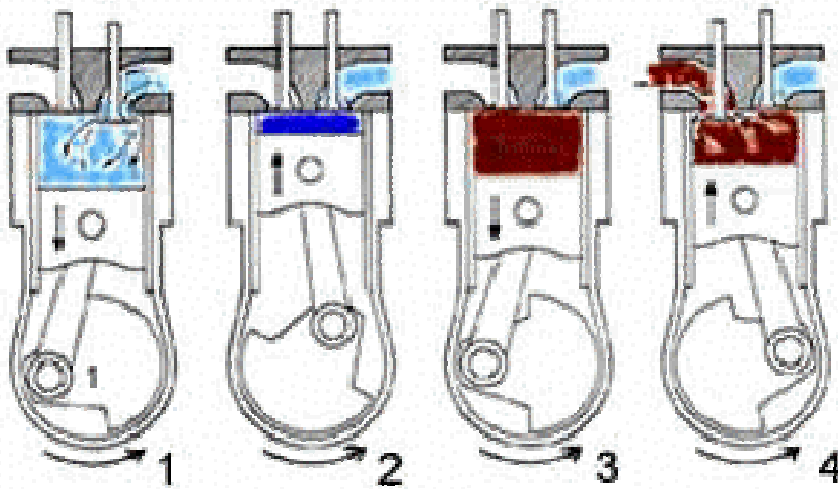
$$C_m = 2sn / 60$$

Ός προς την εξωτερική λειτουργία διακρίνουμε τους εμβολοφόρους κινητήρες σε τετράχρονους (4-X) και δίχρονους (2-X).

Στους τετράχρονους κινητήρες μια περίοδος λειτουργίας διαρκεί δυο πλήρεις περιστροφές ή 720° της στροφαλοφόρου ατράκτου, δηλαδή περιλαμβάνει 4 πλήρεις διαδρομές εμβόλου ή χρόνους, εκ των οποίων οι δύο (πρώτη και τέταρτη) είναι αφιερωμένες στην εναλλαγή των αερίων, που έτσι διεξάγεται με σχετική άνεση και μάλιστα υπό τον άμεσο έλεγχο της εκτοπιστικής δράσης του εμβόλου.

Την πλήρωση ή την εκκένωση του κυλίνδρου καθώς και την έναρξη της καύσεως ρυθμίζουν ειδικά όργανα διανομής (αντίστοιχα βαλβίδα ή βαλβίδες εισαγωγής, βαλβίδα ή βαλβίδες εξαγωγής και αντλία εκκεντροφόρο άτρακτο, η οποία κινείται από την στροφαλοφόρο άτρακτο με το μισό της ταχύτητας της.

Στους τετράχρονους κινητήρες έχουμε σε μια περίοδο λειτουργίας εισαγωγή του καύσιμου μείγματος, συμπίεση του, καύση του και παραγωγή έργου και εκκένωση του κυλίνδρου από το καυσαέριο (τέσσερις χρόνοι) όπως φαίνονται στην παρακάτω εικόνα.



1. Εισαγωγή: Το πιστόνι μετακινείται στη θέση μέγιστου όγκου, ανοίγει η βαλβίδα εισαγωγής, εισέρχεται το καύσιμο μείγμα και κλείνει η βαλβίδα εισαγωγής.
2. Συμπίεση: Οι βαλβίδες εισαγωγής και εξαγωγής είναι κλειστές και το πιστόνι μετακινείται προς τη θέση ελάχιστου όγκου συμπιέζοντας το καύσιμο μείγμα που αυξάνει έτσι την πίεση, θερμοκρασία και πυκνότητα του.
3. Καύση: Λίγο πριν το πιστόνι φτάσει στη θέση ελάχιστου όγκου σπινθήρας αναφλέγει το καύσιμο μείγμα. Το σημείο στο οποίο γίνεται η ανάφλεξη διαφέρει από μηχανή σε μηχανή και τυπικά είναι $\varphi = 10^\circ$ πριν το ΑΝΣ.
4. Εξαγωγή: Στο τέλος του προηγούμενου χρόνου ανοίγει η βαλβίδα εξαγωγής και το έμβολο κινείται προς το ΚΝΣ επιτρέποντας στο καυσαέριο να εκκενώσει τον κύλινδρο.

Στους δίχρονους κινητήρες μια περίοδος λειτουργίας διαρκεί μόνο μια περιστροφή, ή 360° της στροφαλοφόρου ατράκτου, δηλαδή περιλαμβάνει δυο διαδρομές εμβόλου ή χρόνους, εκ των οποίων μόνο περίπου μισή είναι αφιερωμένες στην εναλλαγή των αερίων. Κατά κανόνα την πλήρωση και εκκένωση του κυλίνδρου ρυθμίζει η άνω ακμή του εμβόλου αποκαλύπτουσα ή καλύπτουσα σχετικές θυρίδες τοποθετημένες στην παράπλευρη επιφάνεια του κυλίνδρου.

Έτσι η εναλλαγή των αερίων διεξάγεται πάντα υπό δυσμενείς συνθήκες, που καθιστούν απαραίτητη την βίαιη πλήρωση του κυλίνδρου με την βοήθεια ειδικής αντλίας αποπλύσεως ή σαρώσεως (σε πολύ μικρές μηχανές, χρέη αντλίας εκτελεί συχνά ο στροφαλοθάλαμος μετά του παλινδρομούντος εμβόλου, οπότε ο πρώτος αναρροφά αέρα από το περιβάλλον με την βοήθεια απλών αυτόματα λειτουργουσών βαλβίδων μη επιστροφής) που απορροφά πολύτιμο μηχανικό έργο από την στροφαλοφόρο άτρακτο.

Η με την ίδια ταχύτητα προς τη στροφαλοφόρο κινούμενη εκκεντροφόρος άτρακτος εξυπηρετεί τότε μόνο την καύση (αντλία καυσίμου ή διανομέας) ή και τυχόν άλλα βοηθητικά όργανα, όπως π.χ. την βαλβίδα αέρα εκκινήσεως κ.α.

Οι συνηθέστερες διατάξεις αποπλύσεως δίχρονων κινητήρων είναι η εγκάρσια απόπλυση, η βρογχοειδής απόπλυση, η διαμήκης απόπλυση στον σπανίζοντα πλέον σήμερα κινητήρα με δυο αντιθέτως παλινδρομούντα έμβολα εντός του ίδιου κυλίνδρου, και η διαμήκης απόπλυση στον κινητήρα με θυρίδες εισαγωγής και βαλβίδες (ή βαλβίδα) εξαγωγής, που παρουσιάζει καλύτερη απόπλυση αλλά όμως πολυπλοκότερη κατασκευή λόγω των βαλβίδων.

Ως προς τη θέση των βαλβίδων διακρίνουμε βαλβίδες επικεφαλής (στο κάλυμμα του κυλίνδρου), και πλευρικές βαλβίδες (στο σώμα του κυλίνδρου), σε διάφορους συνδυασμούς.

3.3. Εσωτερική λειτουργία – Κινητήρες OTTO και DIESEL

Από απόψεως εσωτερικής λειτουργίας γίνεται η βασική διάκριση σε κινητήρες OTTO και DIESEL. Η διάκριση αυτή βασίζεται στον τρόπο αναφλέξεως (εναύσεως) που επιδρά στον τρόπο καύσεως του καυσίμου, το οποίο είναι δυνατόν να είναι υγρό ή και αέριο.

Στους κινητήρες OTTO (από τον εφευρέτη τους NICOLAUS AUGUST OTTO) ή εκρήξεως ή εναύσεως με σπινθήρα, υπάρχει πάντοτε ανάφλεξη με τη βοήθεια κάποιου εξωτερικού μέσου, συνηθέστερα ενός ηλεκτρικού σπινθήρα.

Στους κινητήρες DIESEL (από τον εφευρέτη τους RUDOLF DIESEL) ή καύσεως ή εναύσεως με συμπίεση (αυτανάφλεξη), υπάρχει πάντοτε αυτανάφλεξη (αυτόματα ανάφλεξη), λόγω της κατάλληλης εισαγωγής του καυσίμου στον κύλινδρο τη στιγμή κατά την οποία το περιεχόμενο του έχει ήδη θερμανθεί σε επαρκώς υψηλή θερμοκρασία, λόγω της προηγηθείσης σχετικώς ισχυρής συμπίεσης.

Οι κινητήρες ΟΤΤΟ ανάλογα με το χρησιμοποιούμενο καύσιμο διακρίνονται σε αεριομηχανές και βενζινομηχανές.

Οι αεριομηχανές χρησιμοποιούν σαν καύσιμο φυσικά ή τεχνητά αέρια (φυσικό αέριο, υγραέριο, φωταέριο, αέριο υψικαμίνων, αέριο καμίνων κωκ, κ.α.) των οποίων η πρόσμιξη με τον για την καύση απαιτούμενο ατμοσφαιρικό αέρα, γίνεται μέσα στον κύλινδρο με την βοήθεια ειδικής βαλβίδας αναμείξεως που συνδυάζεται συνήθως με την βαλβίδα εισαγωγής.

Οι βενζινομηχανές χρησιμοποιούν σαν καύσιμο κατ' εξοχήν βενζίνη, αλλά και γενικότερα ελαφρά υγρά καύσιμα μεγάλης πτητικότητας όπως, βενζόλιο, αλκοόλες (οινόπνευμα), κ.α.

Κατά κανόνα η βενζινομηχανή αναρροφά ομογενές μείγμα αέρα – καυσίμου (ατμών) που προετοιμάζεται σε ειδικό όργανο που καλείται εξαεριοθήκη. Υφίστανται όμως και διατάξεις στις οποίες γίνεται μηχανική έγχυση της βενζίνης, με την βοήθεια συγκροτήματος αντλίας καυσίμου – εγχυτήρα (το συγκρότημα αυτό μοιάζει με το αντίστοιχο των κινητήρων DIESEL αλλά είναι σημαντικά απλούστερο) που διακρίνονται σε συστήματα συνεχούς εγχύσεως (αδιάκοπη έγχυση της βενζίνης σε κατάλληλη θέση του σωλήνα εισαγωγής του αέρα) και διακοπτόμενης εγχύσεως (χωριστή έγχυση της βενζίνης σε κάθε κύλινδρο με ιδιαίτερο εγχυτήρα).

Τα συστήματα διακοπτόμενης εγχύσεως χωρίζονται σε εμμέσου εγχύσεως (έγχυση λίγο πριν από την βαλβίδα εισαγωγής) και σε αμέσου εγχύσεως (έγχυση εντός του κυλίνδρου).

Ο κινητήρας DIESEL, καλούμενος και πετρελαιομηχανή, αναρροφά πάντα ατμοσφαιρικό αέρα και χρησιμοποιεί σαν καύσιμα τα βαρύτερα της βενζίνης υγρά καύσιμα της κατηγορίας των πετρελαίων (που είναι λιγότερο πτητικά και φθηνότερα), όπως το αεριέλαιο (καύσιμο DIESEL) ή ακόμη στους μέσων και μεγάλων διαστάσεων κινητήρες, το ελαφρύ(1500" RED) ή βαρύ(3500" RED) καύσιμο λεβήτων.

Για τον σχηματισμό του καυσίμου μείγματος το πετρέλαιο εισάγεται στον κύλινδρο, διασκορπιζόμενο στη μάζα του ήδη συμπιεσμένου αέρα, με την βοήθεια μηχανικής εγχύσεως, δηλαδή υπό την επίδραση της ισχυρής πίεσεως, που δημιουργείται από το σύστημα αντλίας – καυσίμου – εγχυτήρα (η με την βοήθεια πεπιεσμένου αέρα (εμφύσηση) έγχυση του καυσίμου δεν εμφανίζεται πλέον σήμερα).

Σημειώνεται ότι εμφανίζονται και συστήματα με χαρακτηριστικά και των δυο αυτών κατηγοριών, όπως ο κινητήρας "Semi - Diesel" και ο κινητήρας "Diesel - Gas" κινητήρας DIESEL δυο καυσίμων.

Ο παλαιότερα απαντώμενος στην ιστιοφόρο ναυτιλία κινητήρας "Semi - Diesel" (Εικόνα 3) έχει όλα τα εξωτερικά γνωρίσματα του τυπικού δίχρονου κινητήρα DIESEL αλλά χρησιμοποιεί για την έναυση, λόγω της σχετικώς μικρής και ανεπαρκούς για την αυτανάφλεξη του καυσίμου συμπίεσεως, εξωτερικό μέσο, την λεγόμενη πυρόσφαιρα ή πυροκεφαλή, δηλαδή ένα μη ψυχόμενο και επομένως σε πολύ υψηλή θερμοκρασία διατηρούμενο τμήμα του καλύμματος του κυλίνδρου, πάνω στο οποίο προσπίπτει το εγχυόμενο κατά την κατάλληλη στιγμή καύσιμο. Έτσι λοιπόν σύμφωνα με τον συμβατικό ορισμό μας πρόκειται για κινητήρα ΟΤΤΟ.



Εικόνα 3

Ο κινητήρας "Diesel - Gas" χρησιμοποιείται όταν διατίθεται άφθονο αέριο καύσιμο (φυσικό αέριο, υγραέριο, κ.α.) και αναρροφά μεν μείγμα αέρα-καυσίμου, η ανάφλεξη όμως επιτυγχάνεται λόγω επαρκούς υψηλής συμπίεσεως, με έγχυση μικρής ποσότητας καυσίμου DIESEL. Εδώ έχουμε επομένως συμβατικά κινητήρα DIESEL.

Αναφέρεται τέλος ότι και ο κινητήρας πολλών καυσίμων που είναι ένας κινητήρας DIESEL που μπορεί να λειτουργήσει ικανοποιητικά με ένα πολύ ευρύ φάσμα καυσίμου δηλαδή πρακτικά από ανθεκτικής σε κρουστική καύση βενζίνης έως ελαφρού λιπαντικού ελαίου.

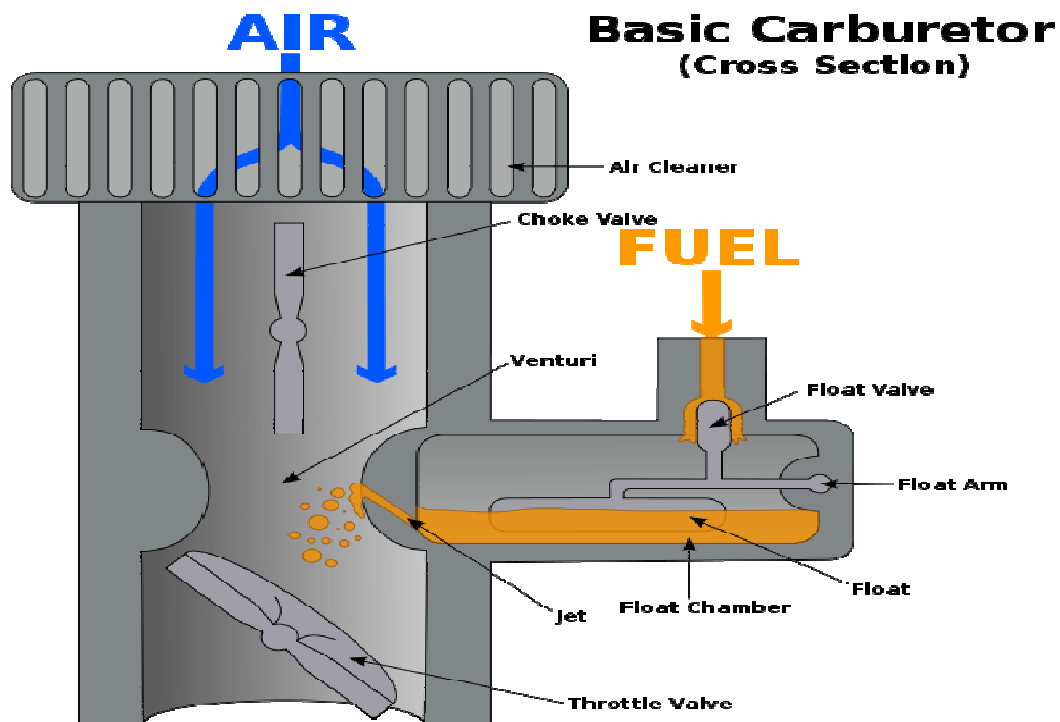
3.4. Ρύθμιση της ισχύος των κινητήρων ΟΤΤΟ



Εικόνα 4

Αναφερόμαστε αρχικά στην κλασσική διάταξη με εξαεριωτή.

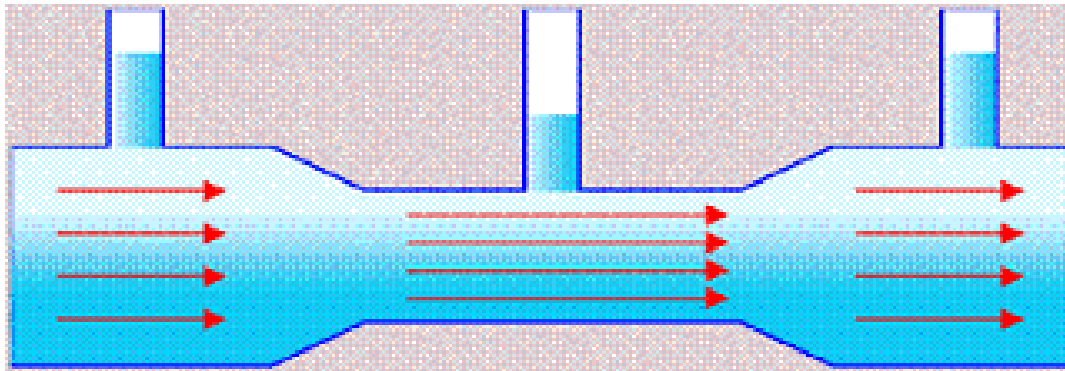
Εδώ η προετοιμασία του ομογενούς μείγματος αέρα – καυσίμου σε μια στενή περιοχή αναμείξεως (που περιλαμβάνει την στοιχειομετρική τιμή, η οποία αντιστοιχεί σε λόγο μαζών αέρα προς καύσιμο περίπου 15:1) που είναι απαραίτητη για να γίνει η έναυση με τον σπινθήρα και να υπάρχει διάδοση της φλόγας (κίνηση του μετώπου της φλόγας δια μέσου του ακαύστου ομογενούς μείγματος), γίνεται σε ειδικό όργανο, τον εξαεριωτή (καρμπυρατέρ) (Εικόνα 5).



Εικόνα 5

Το καύσιμο διοχετεύεται στην μικρή δεξαμενή του εξαεριοτή, με την βαρύτητα, ή μέσω ειδικής μεταφορικής αντλίας, διατηρώντας σταθερή στάθμη, που τηρείται με τη βοήθεια του πλωτήρα υπό ατμοσφαιρική πίεση.

Υπό την επίδραση της διαφοράς πίεσεως, που οφείλεται στην ταχεία τοπική ροή του αέρα, το καύσιμο αναβλύζει σαν δέσμη, (της οποίας η παροχή εξαρτάται από το μέγεθος του μετρητικού διαφράγματος), μικρής σχετικά ταχύτητας, δια του αναβρυτήρα στον λαιμό του διαχυτήρα (Venturi) (Εικόνα 5), δια του οποίου ρέει ο αέρας προς τον κύλινδρο της μηχανής υπό την αναρροφητική δράση του εμβόλου (κατά τη διαδρομή αναρροφήσεως).



v_1, p_1

v_2, p_2

v_3, p_3

$$v_1 < v_2$$

$$p_1 > p_2$$

$$v_2 > v_3$$

$$p_2 < p_3$$

Εικόνα 6

Η παροχή αέρα (και επομένως και του σχηματιζόμενου μείγματος) εκ της οποίας εξαρτάται, κατά Bernoulli, η διαφορά πιέσεων, μεταβάλλεται και ρυθμίζεται με την στραγγαλιστική δικλείδα που τοποθετείται αμέσως μετά τον διαχυτήρα.

Λόγω της μικρής πίεσης στον λαιμό του διαχυτήρα, η μερική πίεση (του συνόλου) των ατμών της βενζίνης είναι πολύ μικρή, και η αντίστοιχη σε αυτήν θερμοκρασία εξατμίσεως κατά κανόνα ταπεινότερη της θερμοκρασίας του αέρα.

Εξαιτίας των παραπάνω τα λεπτά σταγονίδια, στα οποία διασπάται (λόγω της τριβής μετά του πολύ ταχύτερα ρέοντος αέρα) η δέσμη του καυσίμου, εξατμίζονται, δημιουργούμενου έτσι του επιθυμητού ομοιόμορφου μείγματος ατμών βενζίνης και αέρα.

Η ρύθμιση της ισχύος του κινητήρα ΟΤΤΟ είναι βασικά ποσοτική, δηλαδή η αυξομείωση του έργου και της ισχύος επιτυγχάνεται κατ' αρχήν δια μεταβολής της ποσότητας του μείγματος που πληρεί τον κύλινδρο, η οποία προκαλείται δια της περιστροφής της στραγγαλιστικής δικλείδας (πεταλούδα) που έτσι ρυθμίζει την πίεση κατά την είσοδο στους κυλίνδρους.

Ταυτόχρονα η ποιότητα του μείγματος (δηλαδή ο λόγος μαζών αέρα – καυσίμου) παραμένει περίπου σταθερή, και συγκεκριμένα σε ελαφρά πτωχότερη αναλογία της στοιχειομετρικής, δηλαδή σε ένα λόγο μαζών αέρα προς καύσιμο περίπου

16:1 για όλα τα φορτία, με εξαίρεση τις περιπτώσεις εκκινήσεως, άφορτης λειτουργίας και επιταχύνσεως οπότε γίνεται αυτόματη ρύθμιση πλουσιότερου μείγματος (έναντι της στοιχειομετρικής τιμής) μέχρι ενός λόγου μαζών αέρα προς καύσιμο 13:1.

Στην περίπτωση κινητήρων ΟΤΤΟ με μηχανική έγχυση, υπάρχει μια αντλία και ένας διανομέας του καταθλιβόμενου καυσίμου, ο οποίος μεριμνά για την εκάστοτε προσαγωγή αυτού προς τον εγχυτήρα του ερχόμενου στη σχετική φάση κυλίνδρου.

Η ρύθμιση της απαιτούμενης δόσεως βενζίνης για επίτευξη της επιθυμητής συνθέσεως του μείγματος (που μπορεί να γίνεται είτε δι' αυτής της αντλίας ή δι' ειδικού ρυθμιστικού οργάνου της αρχής "By Pass"), έχει πάντοτε σαν βασικό σχετικό μέγεθος την παροχή αέρα (εκφραζόμενος είτε δια της υποπίεσεως στον κατάλληλα διαμορφωμένο σωλήνα αναρροφήσεως η απ' ευθείας δια της θέσεως της στραγγαλιστικής δικλείδας κ.λ.π.).

Παρά τα πλεονεκτήματα του το σύστημα τούτο περιορίζεται μόνο στους υψηλούς ποιότητας κινητήρες δαπανηρών αυτοκινήτων και στους αεροπορικούς (εμβολοφόρους) κινητήρες. Τούτο οφείλεται στο πολύ υψηλότερο κόστος παραγωγής του συγκριτικά με τον εξαεριωτή.

Σημειώνεται ότι πρόσφατα εμφανίζεται και η περίπτωση της ηλεκτρονικής εγχύσεως όπου η ρύθμιση της ισχύος, δηλαδή της απαιτούμενης ποσότητας καυσίμου (υπό μορφή χρονισμένου παλμού στο σωληνοειδές του εγχυτήρα), γίνεται με βάση την επεξεργασία σε ένα μικρό ΗΥ, των διαφόρων συνθηκών λειτουργίας (ταχύτητα περιστροφής, υποπίεση στον αγωγό εισαγωγής, θέση ρυθμιστικής δικλείδας, θερμοκρασίες αέρα και ψυκτικού μέσου κ.λ.π.).

Κλασσική είναι η διάταξη ενάυσεως κινητήρα ΟΤΤΟ με εγκατάσταση εναύσεως δια συσσωρευτού (μπαταρία), ενώ η λεγόμενη μαγνητοηλεκτρική έναυση σπανίως συναντάται σήμερα.

Σημειώνεται ότι χρησιμοποιείται ήδη σε εμπορική κλίμακα, η λεγόμενη ηλεκτρονική έναυση, της οποίας κύριος σκοπός είναι (κάνοντας χρήση του διακοπέα) η μείωση του διακοπτόμενου εκάστοτε ρεύματος του πρωτεύοντος τυλίγματος του πολλαπλασιαστή.

Ο θάλαμος καύσεως του κινητήρα ΟΤΤΟ μπορεί να πάρει διάφορες μορφές και για αυτόν τίθενται διάφορες απαιτήσεις όπως μεγάλη συγκέντρωση ισχύος (π.χ. με υψηλό βαθμό πληρώσεως του κυλίνδρου με νεοεισερχόμενο μείγμα και

ελαχιστοποίηση των απωλειών θερμότητας προς το ψυκτικό μέσο), απαλλαγή από ταλαντώσεις τμημάτων της μηχανής, ελάχιστη συμβολή στην μόλυνση του περιβάλλοντος και απαλλαγή από το φαινόμενο της κρουστικής καύσεως.

Για την αποφυγή του τελευταίου φαινομένου παίζει βέβαια ρόλο και η χρήση καυσίμων που δεν αντιδρούν ζωηρά με το οξυγόνο, δηλαδή που έχουν υψηλή θερμοκρασία αυταναφλέξεως.

Ενώ η έναυση ελέγχεται από την στιγμή που δίνεται ο σπινθήρας, ο ρυθμός καύσεως ελέγχεται κυρίως από την μορφή του θαλάμου καύσεως, παρ' ότι επηρεάζεται και από την πίεση, την θερμοκρασία και το επίπεδο αναταραχής του μείγματος.

Στο σημείο αυτό αναφέρονται δυο ειδικές μορφές τύπων κινητήρων ΟΤΤΟ, δηλαδή οι κινητήρες στρωματικής γομώσεως και οι κινητήρες πτωχού μείγματος (υψηλής συμπίεσεως και τύρβης), που βρίσκονται σε εξέλιξη παρουσιάζοντας αρκετά πλεονεκτήματα.

Ο κινητήρας ΟΤΤΟ (δηλαδή με σπινθηριστή) με στρωματική γόμωση διαφέρει από τον κλασικό κινητήρα ΟΤΤΟ, που έχει ομοιόμορφο μείγμα καυσίμου – αέρα, και επομένως δεν μπορεί να προκαλέσει ανάφλεξη σε μείγματα πτωχότερα από ένα λόγο αέρα – καυσίμου 17:1 (ο στοιχειομετρικός λόγος είναι περίπου 15:1) κατά το ότι ηθελημένα δημιουργείται ανομοιογενές μείγμα.

Το παραπάνω ανομοιογενές μείγμα είναι πλουσιότερο γύρω από την θέση του σπινθηριστή για να γίνει η ανάφλεξη, και πτωχότερο (λόγος αέρα – καυσίμου 22:1) μακριά από αυτόν, οπότε η φλόγα διαδίδεται πλέον (αφού δημιουργηθεί) και στο πτωχό τμήμα του μείγματος, και μάλιστα με αμελητέο κίνδυνο κρουστικής καύσεως, (εφ' όσον αυτή ευνοείται για τιμές της συνθέσεως κοντά στην στοιχειομετρική), στο επικίνδυνο αυτό τελευταίο τμήμα (ακραίο αέριο).

Η στρωματική γόμωση μπορεί να επιτευχθεί είτε με άμεση έγχυση του καυσίμου σε έναν ενιαίο θάλαμο καύσεως κατά το τέλος της διαδρομής της συμπίεσεως, όπως το σύστημα TCCS της Texaco οπότε η καύση ελέγχεται (όπως στον κινητήρα DIESEL) από την στιγμή και τον ρυθμό εγχύσεως του καυσίμου, την κίνηση του αέρα, την μορφή του θαλάμου καύσεως, κ.λ.π. είτε με χρήση ενός διμερούς θαλάμου καύσεως, όπως το σύστημα CVCC της Honda (το πρώτο που έχει εισέλθει σε πλήρη παραγωγή), όπου μια τρίτη βαλβίδα ελέγχει την παροχή του πλούσιου μείγματος (από εξαεριωτή) προς τον προθάλαμο, ενώ η κύρια

βαλβίδα εισαγωγής ελέγχει την παροχή του πτωχού μείγματος προς τον κύριο θάλαμο καύσεως.

Τα πλεονεκτήματα του κινητήρα στρωματικής γομώσεως περιλαμβάνουν χαμηλότερες εκπομπές μολυντών, καλύτερο βαθμό αποδόσεως (ιδιαίτερα στα μερικά φορτία, εφ' όσον ελλείπουν οι απώλειες αντλήσεως) και καλύτερη ανεκτικότητα στο χρησιμοποιούμενο καύσιμο (από βενζίνη μέχρι πετρέλαιο DIESEL).

Τα μειονεκτήματα του περιλαμβάνουν μειωμένη συγκέντρωση ισχύος ιδιαίτερα στα υψηλά φορτία και στροφές (αφού η λειτουργία του προσεγγίζει αυτήν των κινητήρων DIESEL) και δαπανηρή κατασκευή (προθάλαμοι, πρόσθετος εξαεριωτής ή σύστημα εγχύσεως κ.λ.π.).

Η μη ευδοκίμηση του κινητήρα αυτού οφείλεται ίσως στα σχετικά μειονεκτήματα του, ή στην μη επαρκή προσπάθεια εξελίξεως του, ή στην σημειωθήσα σημαντική εξέλιξη των κινητήρων ΟΤΤΟ πτωχού μείγματος.

Οι κινητήρες ΟΤΤΟ πτωχού μείγματος επιτρέπουν την καύση πολύ πτωχών μειγμάτων, με λόγο αέρα – καυσίμου μέχρι και 50:1 που επιτυγχάνεται με αύξηση του επιπέδου της τύρβης της γομώσεως (μείωση κινδύνου εμφανίσεως κρουστικής καύσεως).

Άλλος τρόπος επιτεύξεως του παραπάνω λόγου αέρα – καυσίμου είναι η ύπαρξη πιο συγκεντρωτικού θαλάμου καύσης γύρω από την βαλβίδα εξαγωγής (μείωση κινδύνου κρουστικής καύσεως), που επιτρέπει έτσι την χρήση και υψηλών βαθμών συμπίεσεως, με τελική συνέπεια την καλύτερευση του βαθμού αποδόσεως και την μείωση των εκπεμπομένων μολυντών με σχετικά φθηνότερη κατασκευή (μόνο ο θάλαμος καύσεως διαμορφώνεται κατάλληλα) από αυτήν των κινητήρων στρωματικής γομώσεως.

Ο πρώτος τέτοιος κινητήρας που κατασκευάστηκε ήταν αυτός του May με βαθμό συμπίεσεως 14.5:1 και αύξηση του βαθμού αποδόσεως κατά 15% στο πλήρες φορτίο (ανοικτή πεταλούδα σε σύστημα εξαεριωτού) και ακόμη μεγαλύτερη στα μερικά.

Το μείγμα από τον χώρο της βαλβίδας εισαγωγής μεταφέρεται με ένα καμπύλο πέρασμα στον χώρο κάτω από την βαλβίδα εξαγωγής όπου στροβιλίζεται έντονα (δηλαδή υπάρχει υψηλό επίπεδο τύρβης).

3.5. Ρύθμιση της ισχύος των κινητήρων DIESEL



Εικόνα 7

Ενώ στους κινητήρες ΟΤΤΟ έχουμε την καύση ενός ομογενούς μείγματος αέρα – καυσίμου, (φλόγα προαναμείξεως), στον κινητήρα DIESEL έχουμε την καύση ενός ετερογενούς μείγματος αέρα – καυσίμου (φλόγα διαχύσεως) αν το υγρό καύσιμο εγχύεται προς το τέλος της διαδρομής συμπίεσεως.

Η έναυση και ο ρυθμός καύσεως ελέγχονται από την στιγμή της εγχύσεως και τον ρυθμό εγχύσεως του καυσίμου, σε συνδυασμό κυρίως με το επίπεδο τύρβης (αναταραχής κινήσεως) του συμπιεσμένου αέρα, παρ' ότι επίσης επηρεάζονται και από την πίεση και την θερμοκρασία.

Επειδή ο διατιθέμενος χρόνος για τον σχηματισμό του μείγματος είναι σχετικά μικρός, είναι πάντοτε αναγκαία μια περίσσεια αέρα (ελάχιστος λόγος μαζών αέρα – καυσίμου 18:1 έως 25:1) για την επίτευξη της τελείας καύσεως πράγμα όμως που οδηγεί σε μειωμένη συγκέντρωση ισχύος.

Σε αντίθεση με τον κινητήρα ΟΤΤΟ έχουμε αυτανάφλεξη του μείγματος κατά την οποία τμήματα της μάζας του φέρονται (χωρίς εξωτερική επέμβαση) σε θερμοκρασία μεγαλύτερη μιας θερμοκρασίας καλούμενης θερμοκρασίας αυτανάφλεξεως, και η οποία είναι συνάρτηση της λεγόμενης καθυστερήσεως αναφλέξεως, δηλαδή του χρόνου που απαραίτητα διαρρέει από την στιγμή κατά την οποία το μείγμα απέκτησε την θερμοκρασία αυτανάφλεξεως μέχρι της στιγμής εμφανίσεως πραγματικών φαινομένων καύσεως.

Για τον κινητήρα DIESEL είναι σημαντικό η θερμοκρασία αυταναφλέξεως του χρησιμοποιούμενου καυσίμου να είναι μικρή (δηλαδή απαιτούνται καύσιμα που αντιδρούν ευχερώς με το οξυγόνο, σε αντίθεση με τα καύσιμα των κινητήρων ΟΤΤΟ), ώστε κατά την έγχυση του το καύσιμο να καίγεται γρήγορα χωρίς να συσσωρεύεται, οπότε θα καιγόταν απότομα σε μεγάλη ποσότητα (δηλαδή θα εμφανιζόταν κρουστικής μορφής καύση).

Το καύσιμο εγχύεται στον κύλινδρο υπό την φυσική του (υγρή) κατάσταση μηχανικώς (το σύστημα εμψύσεως αέρα δεν υφίσταται πλέον), υπό την επίδραση ισχυρής πίεσεως (συνήθως 150 με 1500 bar). Το με υψηλές απαιτήσεις κατασκευής και λειτουργίας, σύστημα προσαγωγής του καυσίμου αποτελείται από την αντλία καυσίμου, τον εγχυτήρα και τον συνδέοντα αυτά σωλήνα καταθλίψεως.

Η λειτουργία του συστήματος περιγράφεται αμέσως πιο κάτω:

Όταν το έμβολο της αντλίας βρίσκεται στο κατώτερο σημείο της διαδρομής του, το καύσιμο εξαναγκάζεται να εισχωρήσει στον χώρο του κυλίνδρου της αντλίας δια μέσου της θυρίδας εισαγωγής.

Την κατάλληλη χρονική στιγμή, το έμβολο της αντλίας ανυψώνεται και καλύπτει την θυρίδα εισαγωγής, με συνέπεια την συμπίεση του (υγρού) καυσίμου, που έτσι ανοίγει την βαλβίδα καταθλίψεως και μεταδίδει την πίεση του στο εγκλωβισμένο στον σωλήνα καταθλίψεως καύσιμο.

Το καύσιμο αυτό με την σειρά του ανυψώνει (από την έδρα) την βελονοειδή βαλβίδα του εγχυτήρα, υπερνικώντας τη δύναμη του σχετικού ελατηρίου, οπότε και εκτοξεύεται στον κύλινδρο της μηχανής (θάλαμος καύσεως) υπό μεγάλη διαφορά πίεσεως, δια μέσου της οπής (ή οπών) του ακροφυσίου του εγχυτήρα.

Το τέλος της περιόδου εγχύσεως εμφανίζεται αφού η θυρίδα εισαγωγής (ή μια ξεχωριστή θυρίδα υπερχειλίσεως, που επικοινωνεί με τον χώρο χαμηλής πίεσεως της εισαγωγής) αποκαλυφθεί από μια ελικοειδή εγκοπή πάνω στο έμβολο της αντλίας, αφού τότε αποκαθίσταται επικοινωνία μεταξύ του χώρου καταθλίψεως της αντλίας και της αναρροφήσεως αυτής. Έτσι η λεγόμενη ενεργός διαδρομή του εμβόλου της αντλίας αποτελεί μέρος μόνον της όλης διαδρομής της.

Η ενεργός διαδρομή (δηλαδή η διάρκεια εγχύσεως) προσδιορίζεται από την σχεδίαση του σχετικού εκκέντρου και την σχετική θέση της ελικοειδούς εγκοπής,

η οποία αλλάζει θέση δια περιστροφής του εμβόλου της αντλίας μέσω του (οδοντωτού) κανόνα της αντλίας.

Σε κινητήρες μέσων και μεγάλων διαστάσεων, χρησιμοποιείται μια ανεξάρτητη αντλία για κάθε κύλινδρο, που κινείται άμεσα από την εκκεντροφόρο άτρακτο του κινητήρα.

Στους κινητήρες μικρών ή και μέσων διαστάσεων χρησιμοποιείται μια κεντρική πολυκύλινδρη αντλία (που φέρει μια άτρακτο με τα σχετικά έκκεντρα), όπου κάθε κύλινδρος της εξυπηρετεί έναν κύλινδρο του κινητήρα.

Σε αντίθεση προς τον κινητήρα ΟΤΤΟ η ρύθμιση του κινητήρα DIESEL είναι ποιοτική, δηλαδή η αυξομείωση του έργου και της ισχύος επιτυγχάνεται δια της μεταβολής της ποιότητας του μείγματος (δηλαδή του λόγου καυσίμου – αέρα), προκαλούμενης δια μεταβολής της ανά κύκλο εγχυόμενης ποσότητας καυσίμου (ρύθμιση της αντλίας του καυσίμου), ενώ η ποσότητα του αναρροφώμενου αέρα, και επομένως ουσιαστικά και του μείγματος παραμένει πρακτικά η ίδια, για όλα τα φορτία εάν τηρείται σταθερή η ταχύτητα περιστροφής (με τη βοήθεια του ρυθμιστή στροφών).

Σημειώνεται εδώ ότι, σε αντίθεση με τον κινητήρα ΟΤΤΟ, δεν απαιτείται ορισμένη σχέση μαζών αέρα – καυσίμου (δηλαδή μέσα στην περιοχή αναφλεξιμότητας), διότι εδώ υπάρχει έναυση σε όσες θέσεις το μείγμα είναι μέσα στην περιοχή της αναφλεξιμότητας, και δεν είναι ανάγκη να υπάρχει διάδοση της φλόγας (με την αντίστοιχη έννοια της διαδόσεως σε φλόγα προαναμείξεως).

Επίσης ενώ στον κινητήρα ΟΤΤΟ το μέγιστο φορτίο καθορίζεται από την πληρέστερη δυνατή πλήρωση του κυλίνδρου δια μείγματος (ορισμένης ποσότητας συνθέσεως, ανάλογα με τις κύριες απαιτήσεις του κινητήρα), δηλαδή από το πλήρες άνοιγμα της ρυθμιστικής δικλείδας, στον κινητήρα DIESEL το μέγιστο φορτίο τίθεται κυρίως από την καύση (περίσσεια αέρα), δηλαδή αντιστοιχεί στο φορτίο πέραν του οποίου αρχίζουμε να έχουμε απαράδεκτο, πλέον του ελαφρού, καπνό (άκαυστος άνθρακας) στην εξαγωγή.

Η ικανοποιητική λειτουργία του κινητήρα DIESEL εξαρτάται από τον κατάλληλο έλεγχο της εγχύσεως του καυσίμου και της κινήσεως του αέρα στον θάλαμο καύσεως.

Ιδανικά είναι επιθυμητή μια καλή ποιότητα εγχύσεως του καυσίμου και ένα υψηλό επίπεδο κινήσεως του αέρα στον κύλινδρο, με σκοπό την τελειότητα του

σχηματιζόμενου μείγματος καυσίμου – αέρα στον κύλινδρο (σε μικρό σχετικά χρονικό διάστημα).

Η λύση της καλής ποιότητας εγχύσεως του καυσίμου (δηλαδή λεπτός διασκορπισμός) επιτυγχάνεται με ακροφύσια πολλών οπών υπό υψηλή διαφορά πίεσεως εγχύσεως που, εξαιτίας του προς τα κάτω περιορισμού του μεγέθους των οπών περιορίζεται στους μέσων και μεγάλων διαστάσεων κινητήρες (με ενιαίους θάλαμους καύσεως).

Από την τελείως αντίθετη πλευρά, η ποιότητα εγχύσεως στους μικρών διαστάσεων κινητήρες DIESEL είναι μικρή (συνήθως ακροφύσια μιας οπής υπό μικρή διαφορά πίεσεως εγχύσεως) και η απαιτούμενη τελειότητα του μείγματος επιτυγχάνεται με την βίαιη κίνηση που προέρχεται από αυτήν την ίδια την διαδικασία της καύσεως δια καταλλήλου χωρισμού του θαλάμου καύσεως σε δυο τμήματα (διμερείς θάλαμοι καύσεως).

Ο ενιαίος θάλαμος καύσεως, με άμεση έγχυση του καυσίμου, χρησιμοποιείται περισσότερο στους κινητήρες μεγάλων και μέσων διαστάσεων, που είναι και μικρής ή μέσης ταχύτητας περιστροφής, και σχηματίζεται μεταξύ της άνω επιφάνειας του εμβόλου και της κάτω επιφάνειας του καλύμματος (κεφαλής) του κυλίνδρου, που διαμορφώνονται κατάλληλα.

Την κυριότερη συμβολή στο σχηματισμό του μείγματος και γενικότερα την όλη εξέλιξη της καύσεως έχει πάντοτε η ποιότητα εγχύσεως του καυσίμου.

Έτσι έχουμε εγχυτήρες με περισσότερες μικρές οπές και υψηλή πίεση εγχύσεως που παρέχουν δέσμες καυσίμου που μπορούν να φέρουν το καύσιμο σε κάθε θέση του θαλάμου καύσεως και να το διανείμουν κατά το δυνατόν ομοιόμορφα εντός αυτού.

Σε τούτο βοηθάει και κάθε μέσο που προάγει την ένταση των στροβιλωδών κινήσεων του αέρα κατά την αναρρόφηση ή κατά την συμπίεση.

Τέτοια μέσα είναι η διαμόρφωση της άνω επιφάνειας του εμβόλου και γενικότερα των τοιχωμάτων του θαλάμου καύσεως, ώστε κατά την συμπίεση ο αέρας να υφίσταται εκτόπιση και ακτινικώς (squish) η κατάλληλη διάταξη του οδηγούντος στην βαλβίδα εισαγωγής αγωγού αναρροφήσεως, ώστε ο αέρας να εισέρχεται με εφαιπτομενική συνιστώσα ταχύτητας (swirl), η προσθήκη ειδικού μονόπλευρου διαφράγματος επί της βαλβίδας εισαγωγής για εφαιπτομενική εκτροπή του εισερχόμενου αέρα, κ.λ.π.

Παραλλαγή του θαλάμου αυτού αποτελεί το σύστημα θαλάμου καύσεως " M " (Meurer). Στην περίπτωση αυτή ο θάλαμος καύσεως διαμορφώνεται σαν βαθιά σφαιρική κοιλότητα στο έμβολο και επ' αυτού προσπίπτει υπό υγρή μορφή το καύσιμο, (μια ή δυο δέσμες υπό μικρή γωνία) του οποίου τα παραγόμενα λεπτά στρώματα ατμών παραλαμβάνονται διαδοχικά από τον άνωθεν αυτού κινούμενο αέρα για σχηματισμό του μείγματος. Ο αέρας έχει ζωνή κυκλική κίνηση που προκαλείται από κατάλληλη διαμόρφωση του αγωγού εισαγωγής.

Ο διμερής θάλαμος καύσεως, με έμμεση έγχυση του καυσίμου, που προσιδιάζει στους κινητήρες μικρών διαστάσεων που είναι και υψηλής (και συνήθως ιδιαίτερα μεταβλητής) ταχύτητας περιστροφής, υποδιαιρείται σε δυο τμήματα (κύριος, δευτερεύων θάλαμος καύσεως) που επικοινωνούν μεταξύ τους δια μιας στενής διόδου.

Ο κύριος θάλαμος σχηματίζεται κανονικώς μεταξύ εμβόλου και καλύμματος κυλίνδρου, ο δε δευτερεύων λαμβάνει μορφή ιδιαίτερου θύλακα διαμορφούμενου κατά το πλείστον εντός του καλύμματος.

Τυπικές περιπτώσεις των τριών κατηγοριών διμερών θαλάμων αποτελούν οι προθάλαμος, στροβιλοθάλαμος και ταμειυτής αέρα.

Κατά την άνοδο του εμβόλου ο συμπιεζόμενος στον κύλινδρο αέρας εκτοπίζεται αναγκαστικά προς τον θύλακα, στον οποίο εισέρχεται, δια της στενής διόδου με πολύ μεγάλη ταχύτητα, δημιουργώντας έτσι εντός αυτού έντονη κινητική κατάσταση, η οποία μπορεί μάλιστα να λάβει και ορισμένη διατεταγμένη μορφή, όπως κυκλική κίνηση (στροβιλοθάλαμος), δια καταλλήλου διαμορφώσεως του θύλακα.

Κατά την φάση αυτή έχουμε διαφορά πίεσεως μεταξύ κύριου θαλάμου και θύλακα (απαραίτητη για την συντήρηση της ροής).

Το καύσιμο εγχύεται, κατά την κατάλληλη στιγμή, μέσα στον έντονα κινούμενο αέρα, όπου γίνεται ταχεία ανάμειξη (με πλούσιο μείγμα) και στην συνέχεια καύση μέρους του καυσίμου, οπότε προκαλείται στον θύλακα αύξηση της πίεσεως και δημιουργείται έτσι κατά την αντίθετη έννοια διαφορά πίεσης μεταξύ θύλακα και κυρίως θαλάμου.

Υπό την επίδραση τώρα αυτής υποβοηθούμενης και από την αναστροφή της κινήσεως του εμβόλου προς τα κάτω, το περιεχόμενο του θύλακα εγχύεται με μεγάλη ταχύτητα προς τον κυρίως θάλαμο, όπου καίγεται ταχέως το υπόλοιπο καύσιμο βρίσκοντας εκεί τον αναγκαίο αέρα.

Η διαμόρφωση του διμερούς θαλάμου καύσεως καθιστά την κατασκευή του καλύμματος του κυλίνδρου σχετικώς δυσχερή και δαπανηρή.

Επίσης η εντός του θαλάμου καύσεως ανάπτυξη έντονης εξαναγκασμένης ροής του αέρα έχει δυο δυσμενείς συνέπειες, δηλαδή: (α) πρόσθετη κατανάλωση ενέργειας για την κάλυψη της ροής αυτής και (β) αυξημένη ψυκτική δράση των τοιχωμάτων του θαλάμου καύσεως (υψηλός συντελεστής μεταβιβάσεως της θερμότητας εκ του ζυγώς κινούμενου αέρα προς αυτά) και επομένως αυξημένη απώλεια θερμότητας, ταυτόχρονα δε και δυσχερείς θερμοκρασιακές συνθήκες στον κύλινδρο κατά την εκκίνηση.

Ως εκ τούτου ο διμερής θάλαμος καύσεως εμφανίζει πάντα σχετικώς αυξημένη ειδική κατανάλωση καυσίμου (μειωμένος βαθμός αποδόσεως) και έχει ανάγκη μεγαλύτερου βαθμού συμπίεσεως καθώς και βοηθητικών μέσων εκκινήσεως.

Όμως με τους διμερείς θαλάμους καύσεως επιτυγχάνεται σημαντική, προς τα άνω, μετατόπιση της ταχύτητας περιστροφής του κινητήρα, καθώς και αύξηση της συγκέντρωσης ισχύος, λόγω της δυνατότητας επιτυχούς καύσης (μείωση εμφανίσεως καπνού) με μικρότερη περίσσεια αέρα καύσεως (που επιτυγχάνεται με την έντονη αναταραχή της κινήσεως, λόγω αυτής της ίδιας της διαδικασίας της καύσεως).

3.6. Βοηθητικές λειτουργίες των εμβολοφόρων ΜΕΚ

Τέτοιες λειτουργίες είναι η ψύξη (Εικόνα 8 Σύστημα ψύξης μηχανής αυτοκινήτου) και η λίπανση (Εικόνα 9), που είναι ζωτικής σημασίας για την ύπαρξη του κινητήρα και παίζουν σοβαρό ρόλο στην εύρυθμη και οικονομική του λειτουργία.

Λόγω των υψηλών θερμοκρασιών που επικρατούν, κυρίως στο κάλυμμα του κυλίνδρου, το χιτώνιο του κυλίνδρου και το έμβολο (που βρίσκονται εκτεθειμένα στα υψηλής θερμοκρασίας αέρια του θαλάμου καύσεως), είναι αναγκαία μια έντονη εξωτερική ψύξη τους, με αποτέλεσμα την απώλεια ενός σοβαρού ποσοστού της θερμικής ενέργειας του καυσίμου (20 – 30)%.

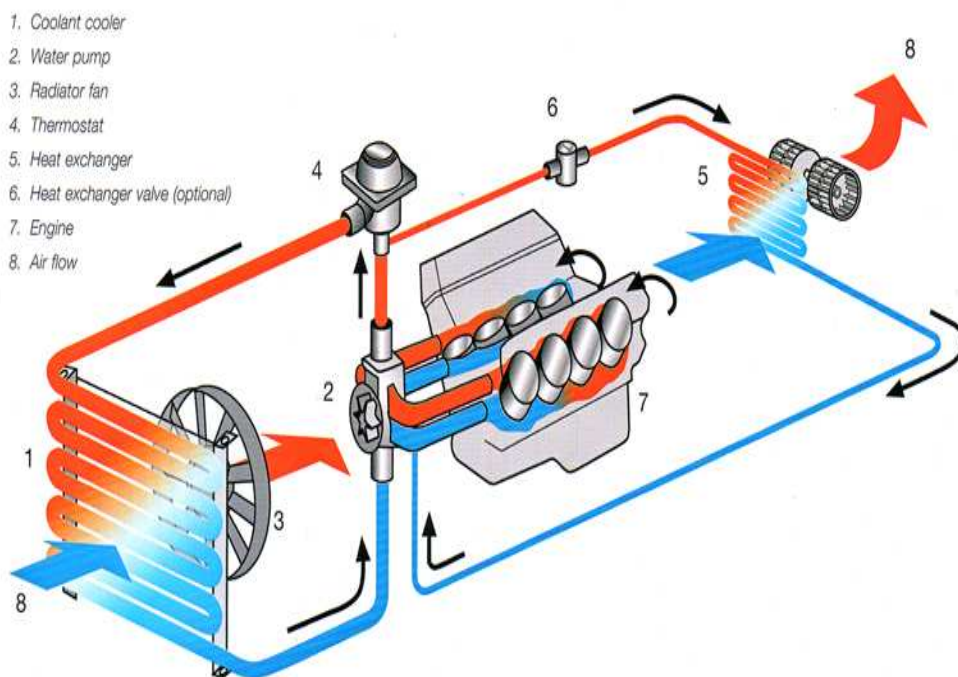
Σημειώνεται εδώ ότι σε αντίθεση με τις εγκαταστάσεις αεριοστροβίλων όπου τίθεται μεταλλουργικό όριο (θερμικό) λόγω της συνεχούς προσβολής των πρώτων πτερυγίων του στροβίλου με υψηλής θερμοκρασίας καυσαέριο, τέτοια κατάσταση δεν υφίσταται στους εμβολοφόρους κινητήρες (και με την προϋπόθεση φυσικά της υπάρξεως της κατάλληλης ψύξεως). Τούτο οφείλεται στο γεγονός ότι η μέγιστη θερμοκρασία του αερίου (π.χ. 2800 K) είναι στιγμιαία, ενώ η θερμοκρασία διακυμαίνεται σε πολύ ευρέα όρια, λόγω των διεργασιών

στον κύλινδρο (κυρίως της καύσεως), και όχι λόγω της μεταφοράς θερμότητας διαμέσου του τοιχώματος (η θερμοκρασία του μετάλλου ταλαντώνεται μεταξύ πολύ πιο στενών ορίων).

Επιπλέον λόγω της ψύξης των μεταλλικών αυτών τοιχωμάτων και των μονωτικών ιδιοτήτων ενός αερίου οριακού στρώματος και ενός φιλμ λιπαντικού ελαίου (που κολλάνε στο τοίχωμα), η μέση θερμοκρασία του μετάλλου είναι πολύ χαμηλότερη από την μέση θερμοκρασία του αερίου.

Υφίστανται υδρόψυκτοι ή αερόψυκτοι κινητήρες, όπου οι πρώτοι αποτελούν τον συνηθισμένο τύπο για όλες τις διαστάσεις, ενώ οι δεύτεροι εμφανίζονται αρκετά συχνά σε κινητήρες μικρότερων διαστάσεων μόνο.

Για κινητήρες μεγαλύτερων διαστάσεων (δηλαδή με διάμετρο εμβόλου περίπου μεγαλύτερη από 350 mm) και συνήθους συγκεντρώσεως ισχύος (και πολύ νωρίτερα για υψηλής συγκεντρώσεως ισχύος), είναι αναγκαία και η διακαταλλήλων διατάξεων έντονη εσωτερική ψύξη του εμβόλου (με έλαιο ή νερό).

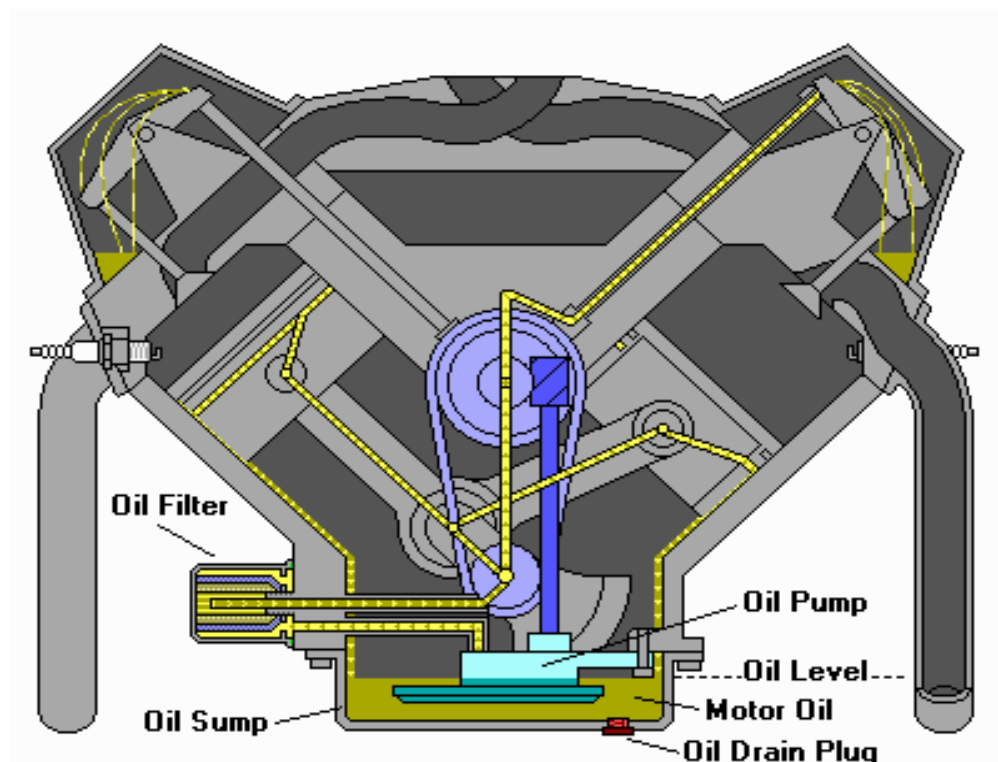


Εικόνα 8

Η λίπανση του κινητήρα αποτελεί επίσης σημαντική λειτουργία, για την ελάττωση της τριβής που αναπτύσσεται μεταξύ των τριβομένων τμημάτων του (και μάλιστα συνήθως υπό δυσμενείς συνθήκες υψηλών θερμοκρασιών).

Το σύστημα λιπάνσεως αποτελείται από ειδική αντλία που αναρροφά (δια μέσω φίλτρων) το λιπαντικό έλαιο από την ελαιολεκάνη του στροφαλοθαλάμου και το καταθλίβει, με πίεση ολίγων bar, δια μέσω σωληνώσεων ή οχετών (που είναι διαταγμένοι μέσα στο σώμα του κινητήρα και του κινηματικού μηχανισμού) στις θέσεις λιπάνσεως.

Σε κινητήρες μεγάλης ισχύος υφίσταται και ψυγείο ελαίου (που λειτουργεί με νερό ή αέρα), ενώ στους μικρούς κινητήρες αρκεί συνήθως η φυσική ψύξη του συλλεγομένου ελαίου μέσα στην ελαιολεκάνη.



Εικόνα 9

3.7. Υπερπλήρωση των εμβολοφόρων ΜΕΚ

Η ισχύς ενός κινητήρα μπορεί να αυξηθεί σημαντικά με την λεγόμενη υπερπλήρωση (Εικόνα 10), η οποία συνίσταται στην αντικατάσταση της φυσικής αναπνοής του κινητήρα δια της εξαναγκασμένης πληρώσεως του κυλίνδρου με αέρα υπό πίεση, που παρέχεται από έναν συμπιεστή.



Εικόνα 10

Με τον τρόπο αυτόν επιτυγχάνεται (περίπου αναλόγως προς την απόλυτη πίεση υπερπληρώσεως) αύξηση της μάζας του αέρα με την οποία γεμίζεται ο κύλινδρος σε κάθε κύκλο (περίοδο) λειτουργίας, οπότε καθίσταται δυνατή και η καύση αναλόγως μεγαλύτερης ποσότητας καυσίμου και επομένως αποδόσεως αναλόγως μεγαλύτερης ισχύος. Βέβαια η ύπαρξη υψηλοτέρων πιέσεων απαιτεί και στιβαρότερη κατασκευή του κινητήρα. Πιο κάτω αναφέρονται τα υπάρχοντα συστήματα υπερπληρώσεως.

Ο συμπιεστής υπερπληρώσεως μπορεί, κατ' αρχήν, να παίρνει κίνηση από την στροφαλοφόρο άτρακτο (απορροφώντας πολύτιμο μηχανικό έργο) του κινητήρα, οπότε έχουμε την λεγόμενη μηχανική υπερπλήρωση, η οποία εφαρμόζεται πλέον σπανίως.

Σήμερα βρίσκεται σε γενική σχεδόν χρήση το σύστημα με υπερπλήρωση δια του καυσαερίου ή υπερπλήρωση με ζεύγος στροβίλου – συμπιεστή ή απλά στροβίλο – υπερπλήρωση όπου ο συμπιεστής κινείται από έναν στρόβιλο που παράγει ισχύ εκμεταλλευόμενος τα υψηλά θερμοδυναμικά χαρακτηριστικά των καυσαερίων στην έξοδο από τους κυλίνδρους.

Τονίζεται ότι το ζεύγος (σε κοινή άτρακτο) υπερπληρώσεως (στρόβιλος – συμπιεστής) δεν έχει καμιά μηχανική σύνδεση με τον κινητήρα.

Το μέγεθος βαθμός υπερπληρώσεως $\eta_{\text{υπ}}$ εκφράζει το ποσοστό της επιτευχθείσης αυξήσεως της ισχύος του κινητήρα, λόγω της υπερπληρώσεως (έναντι της αντίστοιχης περιπτώσεως με φυσική αναπνοή).

Όταν έχουμε υψηλή υπερπλήρωση (δηλαδή βαθμό υπερπληρώσεως άνω του 40%) εφαρμόζεται και η ψύξη του αέρα σε ψυγείο (που λειτουργεί με νερό), που καλείται ψυγείο του αέρα υπερπληρώσεως, το οποίο τοποθετείται μετά τον συμπιεστή, και προ της εισόδου στους κυλίνδρους του κινητήρα.

Τούτο γίνεται για να μειωθεί η θέρμανση του αέρα που προήλθε από την προηγηθείσα συμπίεση του, και έτσι να ανυψωθεί η πυκνότητα του και άρα και ο βαθμός υπερπληρώσεως του κινητήρα.

Η υπερπλήρωση εφαρμόζεται γενικώς πλέον σήμερα στους κινητήρες DIESEL μέσων και μεγάλων διαστάσεων (όπου έχουμε βαθμούς υπερπληρώσεως μέχρι 200%), και σε σημαντικό ποσοστό σε κινητήρες μικρότερων διαστάσεων.

Στους κινητήρες ΟΤΤΟ εφαρμόζεται σε πολύ μικρή κλίμακα, καθ' όσον οι εκ της υπερπληρώσεως υφιστάμενες υψηλές πιέσεις στον κύλινδρο προκαλούν τον κίνδυνο εμφανίσεως κρουστικής καύσεως.

Ειδικά για το σύστημα με στροβίλο – υπερπλήρωση, υφίστανται τρεις μέθοδοι που καλούνται: Σταθερής Πιέσεως, Παλμών Πιέσεως και Μετατροπέα Παλμών. Αυτές περιγράφονται συνοπτικά πιο κάτω.

Στο σύστημα σταθερής πιέσεως, ο σκοπός είναι να διατηρηθεί η πίεση εξόδου από τους κυλίνδρους σε σταθερή και ανώτερη τιμή από την ατμοσφαιρική, ώστε ο στρόβιλος να μπορεί να λειτουργήσει με καλό βαθμό αποδόσεως. Έτσι στο σύστημα αυτό υπάρχει ένας σχετικά μεγάλος οχετός εξαγωγής που απορροφά τις διακυμάνσεις της πιέσεως, μετατρεπομένης της κινητικής ενέργειας των καυσαερίων, κατά την εκροή, σε θερμική ενέργεια.

Στο σύστημα παλμών πιέσεως, ο σκοπός είναι να χρησιμοποιηθεί η κινητική ενέργεια των καυσαερίων κατά την εκροή από τον κύλινδρο, για να κινήσει τον στρόβιλο (ωθήσεως), χωρίς ουδεμία αύξηση της πιέσεως στον αγωγό εξαγωγής (δηλαδή ιδανικώς τηρουμένης της πιέσεως εκεί στην ατμοσφαιρική τιμή). Έτσι στο σύστημα αυτό υπάρχουν σχετικά μικρές σωληνώσεις εξαγωγής, συγκεντρωμένες κατάλληλα μεταξύ τους σε διάφορες ομάδες, που δέχονται τα καυσαέρια ενός αριθμού κυλίνδρων με κατάλληλη χρονική στιγμή εκροής.

Η μεταβλητή τιμή της ταχύτητας στον στρόβιλο (μερικής προσβολής) οδηγεί σε χαμηλο βαθμό αποδόσεως του, αλλά την απώλεια αυτήν αντισταθμίζει το κέρδος από την χαμηλή πίεση (αντίθλιψη) κατά την εξαγωγή (σε τετράχρονους κινητήρες).

Στο σύστημα μετατροπέα παλμών, ο σκοπός είναι να γίνει μετατροπή της κινητικής ενέργειας κατά την εκροή των καυσαερίων, σε ανύψωση πίεσεως προ του στροβίλου, με την βοήθεια ενός ή περισσότερων διαχυτών.

Για τετράχρονους κινητήρες είναι πιο επιθυμητή η χρήση συστημάτων παλμών πίεσεως, αφού το (αρνητικό) έργο της διαδρομής της εξαγωγής μειώνεται. Αντίθετα για δίχρονους κινητήρες είναι πιο επιθυμητή η χρήση συστήματος σταθερής πίεσεως, παρά το ότι απαιτείται και η χρήση ενός βοηθητικού συμπιεστή για τα μερικά φορτία. Στους κινητήρες οχημάτων, τέλος, αρμόζει το σύστημα μετατροπέα παλμών (καλύτερη επιτάχυνση).

Σε αντίθεση με τα συστήματα (στην κυριολεξία απλής) στροβιλο – υπερπληρώσεως που αναφέρθηκαν πιο πάνω, υφίστανται και συστήματα σύνθετης (compound) στροβιλο – υπερπληρώσεως (π.χ. μπορεί να υφίσταται και μηχανική σύνδεση του ζεύγους στροβίλου – συμπιεστή με την άτρακτο του κινητήρα).

Εδώ δηλαδή, η πλέον παρατεταμένη αποτόνωση των καυσαερίων στον στρόβιλο του ζεύγους στροβίλου – συμπιεστή επιτρέπει την χρήση της περίσσειας ισχύος του (δηλαδή του υπολοίπου, όταν αφαιρεθεί η ισχύς που καταναλώνεται στον συμπιεστή), για να συμβάλλει στην κίνηση του εξωτερικού φορτίου (μαζί με την ισχύ του κινητήρα).

Ιδιαίτερη (ακραία) περίπτωση σύνθετης στροβιλο – υπερπληρώσεως έχουμε στην περίπτωση της μηχανής με ελεύθερα έμβολα, όπου πλέον όλη η ισχύς του κινητήρα (DIESEL) διατίθεται για την κίνηση του συμπιεστή, ενώ ο στρόβιλος δίνει δια της ιδιαιτέρας ατράκτου του όλη την ισχύ της εγκαταστάσεως.

Η εγκατάσταση της μηχανής με ελεύθερα έμβολα αποτελείται από μια αεριογόνο με ελεύθερα έμβολα, που τροφοδοτεί με το καυσαέριο (υψηλών θερμοδυναμικών χαρακτηριστικών) τον στρόβιλο ισχύος.

Η αεριογόνος αποτελεί εξέλιξη του συμπιεστή ελευθέρων εμβόλων (κατά Junkers) και σήμερα έχει αποκρυσταλλωθεί σε τυποποιημένη μορφή.

Η εσωτερική πλευρά του μεγάλης διαμέτρου τμήματος κάθε εμβόλου δρα σαν συμπιεστής υψηλής υπερπληρώσεως ενός δίχρονου κινητήρα DIESEL

απορροφώντας ολόκληρη την ισχύ αυτού, ενώ η εξωτερική πλευρά αυτών αποτελεί αντισταθμιστική (ή νεκρή) βαθμίδα, που χρησιμεύει για την επίτευξη της ενεργειακής ισορροπίας των ελεύθερων εμβόλων κατά μια πλήρη περίοδο (δυο διαδρομές κάθε εμβόλου), δηλαδή αποταμιεύουσα ή αποδίδουσα ενέργεια, ανάλογα με τη θέση αυτών. Η νεκρή βαθμίδα χρησιμεύει και για την εκκίνηση, με την βοήθεια πεπιεσμένου αέρα.

Σαν τελικό αποτέλεσμα έχουμε την παραγωγή καυσαερίου αυξημένης πίεσεως (περίπου 4 bar) και υψηλής (αλλά σαφώς ανεκτής για τον στρόβιλο ισχύος) θερμοκρασίας (λίγο κάτω των 500⁰ C).

Όλες οι ιδιότητες της εγκαταστάσεως μηχανών ελεύθερων εμβόλων (όπως π.χ. βαθμός αποδόσεως, συγκέντρωση ισχύος κ.λ.π.) βρίσκονται μεταξύ των σχετικών ιδιοτήτων των κινητήρων DIESEL και των αεριοστροβίλων.

Ίσως είναι ένας λόγος που το είδος αυτό των MEK δεν ευδοκίμησε τελικά από εμπορικής απόψεως, και η εφαρμογή του παρέμεινε περιορισμένη σε ένα στενό πεδίο ειδικών απαιτήσεων.

3.8. Κατάταξη – Σύγκριση – Διαμόρφωση – Εφαρμογές εμβολοφόρων MEK

Εκτός από τις παραπάνω αναφερθείσες διακρίσεις σε δίχρονους ή τετράχρονους, ΟΤΤΟ ή DIESEL (επίσης διακρίνονται σε φυσικής αναπνοής ή υπερπληρωμένους) κινητήρες, υπάρχουν και μερικά γνωρίσματα τους που επιβάλλουν την κατάταξη τους σε έναν ιδιαίτερο τύπο ως εξής:

1. Οριζόντιοι ή κάθετοι κινητήρες.
2. Δεξιόστροφοι ή αριστερόστροφοι κινητήρες.
3. Κινητήρες ορισμένης φοράς περιστροφής ή αναστρέψιμοι.
4. Κινητήρες ξηράς, θάλασσας ή αέρα.
5. Κινητήρες απλής ή διπλής ενέργειας: Η πλειονότητα των εμβολοφόρων MEK είναι απλής ενέργειας. Οι κινητήρες διπλής ενέργειας, με λειτουργία και από τις δυο πλευρές του εμβόλου (απαραίτητα με ζύγωμα και στυπιοθλίπτη επί του βάκτρου για στεγανοποίηση της κάτω πλευράς του κυλίνδρου), δεν κατασκευάζονται πλέον σήμερα λόγω της περίπλοκης κατασκευής τους και της δύσκολης συντήρησής τους.

6. Κινητήρες με ή χωρίς ζύγωμα: Αφορούν στη σύνθεση του κινηματικού μηχανισμού. Στους κινητήρες με ζύγωμα, η σύνθεση είναι όμοια με την των παλινδρομικών ατμομηχανών, δηλαδή έμβολο – βάκτρο με ζύγωμα – διωστήρας και στρόφαλο, ενώ στους κινητήρες χωρίς ζύγωμα καταργείται το βάκτρο και η σύνδεση του διωστήρα γίνεται απ' ευθείας με το έμβολο δια μέσου του πείρου του εμβόλου.

7. Κινητήρες διαφόρων διατάξεων των κυλίνδρων: Γενικά χρησιμοποιούνται πολυκύλινδροι κινητήρες διαφόρων διατάξεων, με βασική απαίτηση την ομοιόμορφη απόσταση αναφλέξεως μεταξύ των διάφορων κυλίνδρων. Με τους πολυκύλινδρους κινητήρες επιτυγχάνουμε εν γένει καλύτερη συγκέντρωση ισχύος (έναντι της περιπτώσεως του μονοκύλινδρου), καλύτερη ομοιομορφία της ταχύτητας περιστροφής, ευκολότερη ζυγοστάθμιση μαζικών δυνάμεων και ροπών και ευχερέστερη εκκίνηση. Επίσης με την χρησιμοποίηση περισσοτέρων σειρών κυλίνδρων (διάταξη V,W,H, αστέρα κ.λ.π.) επιτυγχάνεται ακόμα μεγαλύτερη μείωση της μάζας του κινητήρα, διότι ορισμένα (ιδιαίτερα βαριά) τμήματα του κινητήρα, όπως η στροφαλοφόρος άτρακτος και ο στροφαλοθάλαμος, εξυπηρετούν περισσότερους κυλίνδρους (άρα έχουμε και μεγαλύτερη ισχύ).

Δίνεται πιο κάτω μια σύντομη σύγκριση τετράχρονων και δίχρονων μηχανών. Σημειώνεται ότι η σύγκριση αναφέρεται κυρίως στους κινητήρες DIESEL διότι ο δίχρονος τύπος δεν προσφέρεται για κινητήρες ΟΤΤΟ, λόγω του ότι κατά την σάρωση, ποσότητα χρήσιμου μείγματος (καυσίμου – αέρα) αναμειγνύεται με τα αέρια εξαγωγής και χάνεται.

Ο δίχρονος κινητήρας έχει έναντι του τετράχρονου τα εξής πλεονεκτήματα:

1. Μεγαλύτερη συγκέντρωση ισχύος (ο δίχρονος παράγει έργο σε κάθε δεύτερη διαδρομή, ενώ ο τετράχρονος σε κάθε τέταρτη).
2. Ο δίχρονος κινητήρας έχει λιγότερες βαλβίδες και άρα απλούστερο σχετικά μηχανισμό (ειδικά ο του τύπου με θυρίδες σάρωσης μόνο).
3. Ο δίχρονος κινητήρας έχει περισσότερο ομοιόμορφο διάγραμμα ροπής στρέψεως.

Ο τετράχρονος κινητήρας έχει έναντι του δίχρονου τα εξής πλεονεκτήματα:

1. Ο τετράχρονος κινητήρας παρουσιάζει σχετική άνεση χρόνου (περίπου δυο διαδρομές) για την εναλλαγή των αερίων, οπότε επιτρέπει πληρέστερο καθαρισμό (σάρωση) των κυλίνδρων και εκ νέου πλήρωσή τους. Αντίθετα η

δυσχέρεια της σάρωσης του κυλίνδρου στον δίχρονο (αντιστοιχούσα σε 100° – 120° γωνίας στροφάλου) δεν επιτρέπει την εις το ακέραιο εκμετάλλευση του όγκου διαδρομής του κυλίνδρου. Έτσι τελικά, ενώ θεωρητικά (για την ίδια ταχύτητα περιστροφής) η συγκέντρωση ισχύος του δίχρονου είναι διπλάσια αυτής του τετράχρονου, στην πραγματικότητα πρέπει να μειωθεί κατά 20 με 30% (λόγω του τμήματος της διαδρομής σαρώσεως) και επίσης κατά ένα ανάλογο ποσοστό λόγω της κακής εναλλαγής των αερίων, πλέον του γεγονότος της απορροφήσεως πολύτιμου μηχανικού έργου για την κίνηση της αντλίας σαρώσεως (περίπου 10%).

2. Η προηγούμενα αναφερθείσα χρονικώς πιο άνετη εναλλαγή των αερίων στον τετράχρονο κινητήρα (για την ίδια ταχύτητα περιστροφής) επιτρέπει την αποτελεσματικότερη εναλλαγή της θερμότητας από τα θερμικώς φορτιζόμενα τμήματα της μηχανής και έτσι επιτρέπει την χρήση μεγαλύτερων ταχυτήτων περιστροφής και βαθμού υπερπληρώσεως σε σχέση με τους δίχρονους κινητήρες.

3. Ο τετράχρονος κινητήρας παρουσιάζει μεγαλύτερη ευχέρεια μεταβολής των στοιχείων διανομής με μεταβολή της γωνίας των εκκέντρων στην εκκεντροφόρο άτρακτο.

Οι εμβολοφόροι κινητήρες βρίσκονται σήμερα σε γενική εφαρμογή και κατασκευάζονται σε ισχείς από κλάσμα του 1 KW έως 50000 KW. Δίνεται παρακάτω μια σύντομη αναφορά στα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των κινητήρων ΟΤΤΟ και DIESEL, που καθορίζουν και το πεδίο εφαρμογής τους.

Ο κινητήρας ΟΤΤΟ, λόγω του μικρότερου βαθμού αποδόσεως του, (που οφείλεται κυρίως στον σχετικά χαμηλό βαθμό συμπίεσεως του, που επιβάλλεται από τον κίνδυνο εμφάνισεως κρουστικής καύσεως) και του γενικά ακριβότερου καυσίμου του, χρησιμοποιείται σήμερα κατά κύριο λόγο σε περιπτώσεις όπου έχει σημασία η αθόρυβη και ελαστική λειτουργία και τα σχετικά μικρά βάρη και δαπάνη κτήσεως του κινητήρα (κύριο πεδίο εφαρμογής τα επιβατικά αυτοκίνητα και τα μικρότερα τούτων οχήματα (π.χ. μοτοσυκλέτες)).

Έτσι ο κινητήρας ΟΤΤΟ κατασκευάζεται σπανιότατα σε ισχείς μεγαλύτερες των 250 KW εμφανιζόμενος κυρίως σαν τετράχρονος κινητήρας με την εξαίρεση λίγων τύπων κινητήρων επιβατικών αυτοκινήτων και τέτοιων μικρότερων οχημάτων.

Σε αντίθεση ο κινητήρας DIESEL λόγω του καλύτερου βαθμού αποδόσεως και του οικονομικότερου καυσίμου του, βρίσκεται σε χρήση σε κάθε πεδίο καλύπτοντας ολόκληρο το πιο πάνω αναφερθέν φάσμα ισχύος.

Ο τετράχρονος κινητήρας κυριαρχεί στο πεδίο των μικρών και μεσαίων διαστάσεων (έως περίπου $D = 500 \text{ mm}$), στο οποίο γενικά λίγοι εκπρόσωποι των δίχρονων εμφανίζονται, ενώ ο δίχρονος κατέχει πρακτικώς κατά αποκλειστικότητα το πεδίο των μεγάλων διαστάσεων και ισχύων (από περίπου $D = 500 \text{ mm}$ και άνω).

Σημειώνεται ότι υφίστανται οι εξής δυο εξαιρέσεις εφαρμογής κινητήρων ΟΤΤΟ σε μεγάλες ισχύεις, δηλαδή σε χαμηλής ταχύτητας αεροσκάφη (αστεροειδής διάταξη κυλίνδρων ή και άλλη) και σαν μεγάλες αεριομηχανές (χρησιμοποίηση π.χ. κοντά σε πετρελαιοπηγές).

3.9. Κινητήρας περιστρεφόμενου εμβόλου WANKEL

Ιδιόμορφη περίπτωση εμβολοφόρου κινητήρα αποτελεί ο κινητήρας περιστρεφόμενου εμβόλου του Felix Wankel, ο οποίος αποτελεί ένα τυπικό παράδειγμα ενός, σχετικά επιτυχούς περιστροφικού κινητήρα.

Το περιστρεφόμενο, εντός του κελύφους καταλλήλου μορφής (επιτροχοειδής δίλοβος), δισκοειδές έμβολο περιορίζεται υπό των τριών εχουσών σχήμα τόξου κύκλου πλευρών του, κάθε μια των οποίων σχηματίζει με το κέλυφος ένα χώρο μεταβαλλόμενου μεγέθους, που αντιστοιχεί προς τον κύλινδρο του κυρίως κινητήρα.

Σε κάθε ένα εκ των τριών χώρων λαμβάνουν χώρα διαδοχικά όλες οι φάσεις λειτουργίας του τετράχρονου κινητήρα Wankel (Εικόνα 11)



Εικόνα 11

Δια των τριών ακμών του εμβόλου εξάλλου, οι οποίες μέσω ειδικών συρτών στεγανότητα βρίσκονται συνεχώς σε επαφή με το κέλυφος, εξασφαλίζεται η αναγκαία στεγανότητα κάθε χώρου, καθώς και η ρύθμιση της φάσεως της εναλλαγής των αερίων, δηλαδή η επικοινωνία κάθε χώρου με τις θυρίδες εισαγωγής και εξαγωγής, χωρίς να απαιτούνται σχετικά όργανα (βαλβίδες), και ουσιαδώς σύστημα διανομής. Η στεγανότητα επί των δυο μετωπικών επιφανειών του εμβόλου εξασφαλίζεται με παρόμοιους σύρτες.

Το δισκοειδές (τριγωνικό) έμβολο, φέρει εσωτερική οδοντοστεφάνη (συγκεντρική προς αυτό) η οποία εμπλέκεται με σταθερό οδοντοτροχό (ήλιος που φέρει εξωτερικούς οδόντες), ο οποίος είναι στερεωμένος επάνω στο κέλυφος και συγκεντρικώς προς την άτρακτο κινήσεως.

Ένα έκκεντρο, που αποτελεί τμήμα (στερεή σύνδεση) της ατράκτου κινήσεως, εξαναγκάζει το έμβολο να ακολουθεί μια πλανητική κίνηση γύρω από την άτρακτο κινήσεως.

Οι λόγοι μεταδόσεως είναι τέτοιοι ώστε η άτρακτος κινήσεως περιστρέφεται με τριπλάσια ταχύτητα από αυτήν του εμβόλου.

Αφού σε μια περιστροφή του εμβόλου (ως προς το κέλυφος), δηλαδή τρεις περιστροφές της ατράκτου, έχουμε συμπλήρωση ενός πλήρους κύκλου λειτουργίας σε κάθε μια εκ των τριών πλευρών του εμβόλου, σε μια περιστροφή της ατράκτου θα αντιστοιχεί ένας πλήρης κύκλος μιας πλευράς του εμβόλου.

Έτσι ο κινητήρας εμφανίζεται εξωτερικώς σαν μονοκύλινδρος δίχρονος, αλλά όμως έχει εσωτερικώς πλήρη τετράχρονη (και επομένως άνετη) εναλλαγή αερίων, και όγκο εμβολισμού ίσο προς την διαφορά μεταξύ του μέγιστου και του ελάχιστου όγκου των σχηματιζομένων σε κάθε πλευρά του εμβόλου.

Κινηματικώς και δυναμικώς ο κινητήρας Wankel είναι πολύ απλός εξασφαλίζοντας πλήρη και εύκολη ζυγοστάθμιση μαζικών δυνάμεων (απουσία δονήσεων).

Συγκεκριμένα η εκκεντρική διάταξη (που ισοδυναμεί με στρόφαλο μικρής ακτίνας) προκαλεί μόνο μια μαζική (φυγόκεντρη) δύναμη. Επίσης παρουσιάζει αυξημένη συγκέντρωση ισχύος (έναντι των ορθόδοξων κινητήρων ΟΤΤΟ αυτοκινήτων).

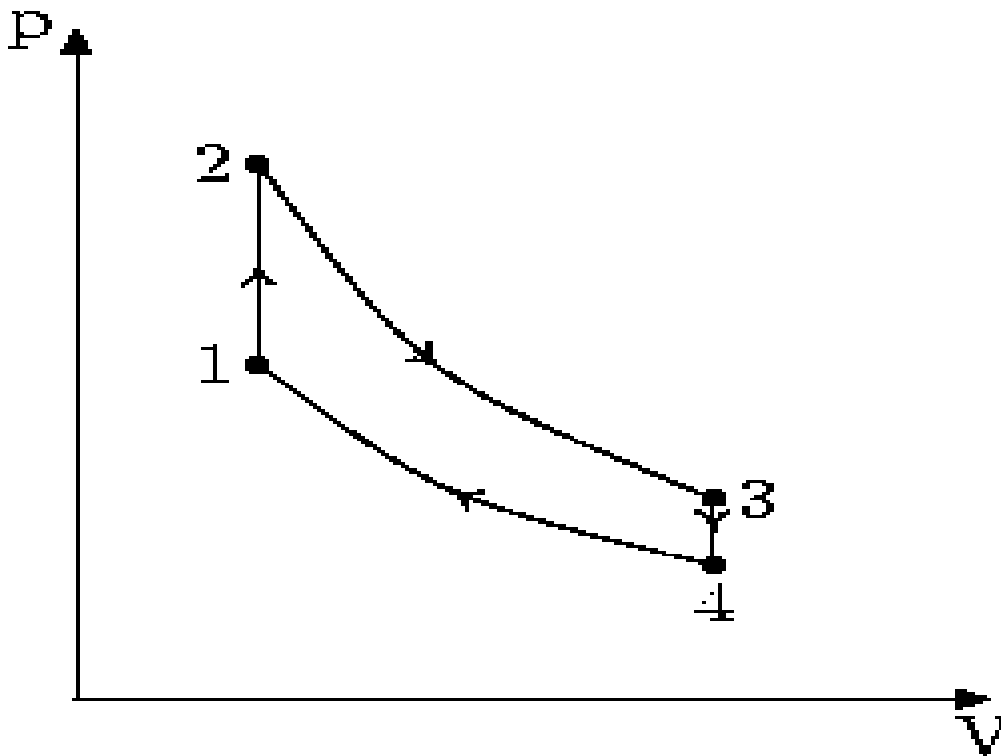
Τα βασικά μειονεκτήματα, που δεν επέτρεψαν στον κινητήρα Wankel να ευδοκιμήσει, εμπορικώς, είναι το πρόβλημα της στεγανότητας που οδηγεί αναγκαστικά σε χαμηλούς βαθμούς συμπίεσεως (άρα χαμηλό βαθμό αποδόσεως και αδυναμία λειτουργίας σαν Diesel), καθώς και το πρόβλημα των υψηλών θερμικών καταπονήσεων (του εμβόλου και του κελύφους γύρω από την θέση του σπινθηριστή) που δεν επιτρέπει τη χρήση του σε μεγάλες σχετικές διαστάσεις.

4. Κυκλικές αλλαγές καταστάσεως

Σε μια κυκλική αλλαγή καταστάσεως (κύκλος), το εργαζόμενο μέσο επανέρχεται στην ίδια αρχική κατάσταση (από την οποία ξεκίνησε τον κύκλο λειτουργίας του).

Παρακάτω παρέχονται συνοπτικά πληροφορίες για τους ιδανικούς (δηλαδή πλήρως αναστρέψιμους) κύκλους Otto, Diesel, Atkinson και Joule (Brayton), που έχουν μεγάλη σημασία (σαν πρότυπα) για τους εμβολοφόρους κινητήρες, ιδιαίτερα μάλιστα όταν το εργαζόμενο μέσο είναι αέρας (τέλειο αέριο) με σταθερές ειδικές θερμοχωρητικότητες, οπότε και έχουμε τους ιδανικούς πρότυπους (υποδειγματικούς) κύκλους αέρα.

4.1. Ιδανικός πρότυπος κύκλος αέρα ΟΤΤΟ



Εικόνα 1

Ο κύκλος αυτός (Εικόνα 1) αποτελείται από τις εξής τέσσερις (μη ροής) διεργασίες.

- (α) Ισεντροπική συμπίεση του αέρα.
- (β) Πρόσδοση θερμότητας υπό σταθερό όγκο.
- (γ) Ισεντροπική αποτόνωση του αέρα.

(δ) Αποβολή θερμότητας υπό σταθερό όγκο.

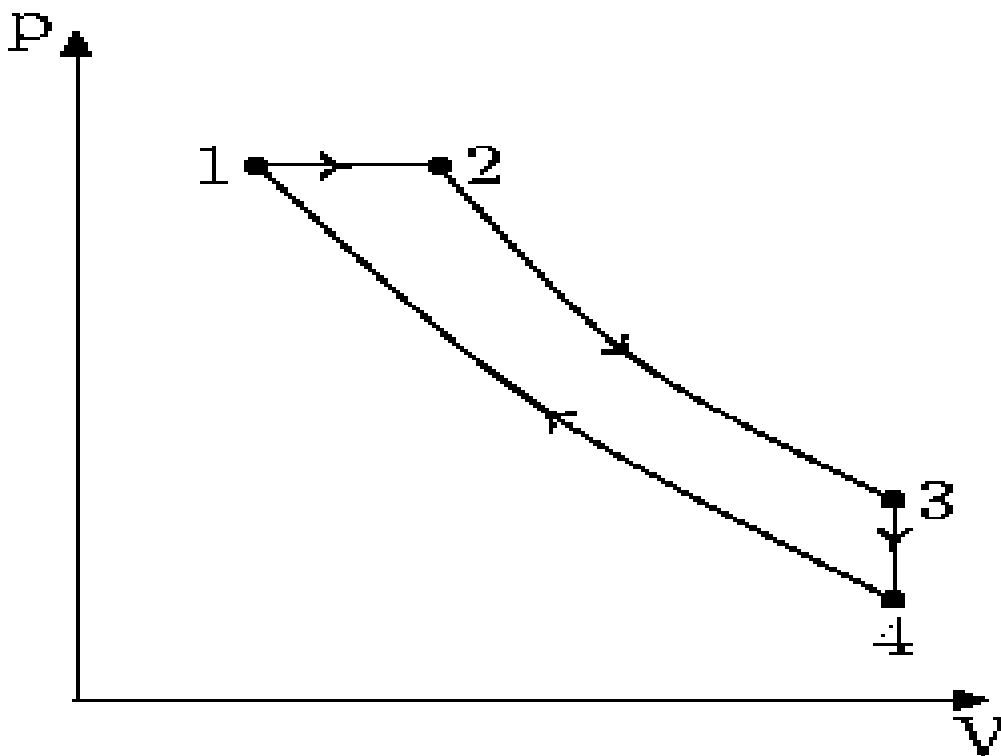
Ο θερμικός βαθμός αποδόσεως προκύπτει:

$$\eta_o = 1 - 1 / \varepsilon^{(\gamma-1)} \text{ όπου}$$

ε ο για τον κύκλο αυτόν οριζόμενος βαθμός συμπίεσης

γ ο εκθέτης ισεντροπικής μεταβολής

4.2. Ιδανικός πρότυπος κύκλος αέρα DIESEL



Εικόνα 2

Ο κύκλος αυτός (Εικόνα 2) αποτελείται από τις εξής τέσσερις διεργασίες.

(α) Ισεντροπική συμπίεση του αέρα.

(β) Πρόσδοση θερμότητας υπό σταθερή πίεση.

(γ) Ισεντροπική αποτόνωση του αέρα.

(δ) Αποβολή θερμότητας υπό σταθερό όγκο.

Ο θερμικός βαθμός αποδόσεως προκύπτει:

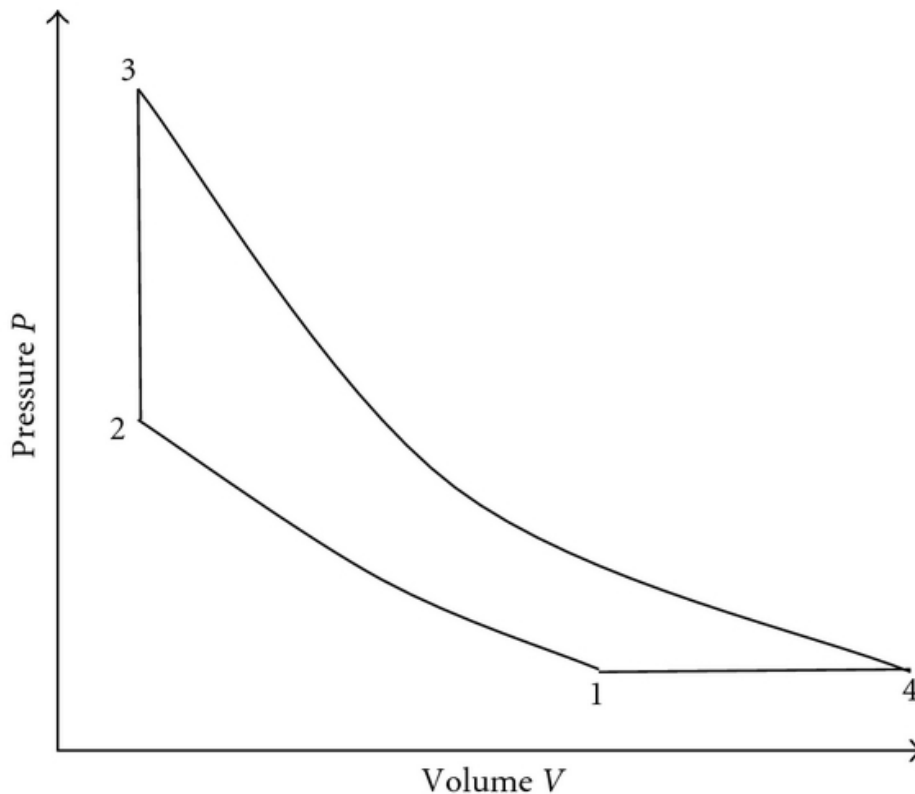
$$\eta_D = 1 - (1 / \varepsilon^{(\gamma-1)}) (\alpha^{(\gamma-1)} / \gamma (\alpha - 1))$$

ε ο για τον κύκλο αυτόν οριζόμενος βαθμός συμπίεσεως

α ο βαθμός αποκοπής

4.3. Ιδανικός πρότυπος κύκλος αέρα ATKINSON

Ο κύκλος αυτός (Εικόνα 3) χρησιμοποιείται γενικά για να περιγράψει έναν οποιοδήποτε κύκλο, στον οποίο η διαδρομή αποτονώσεως είναι μεγαλύτερη από την αντίστοιχη της συμπίεσεως.



Εικόνα 3

Θερμικός βαθμός απόδοσης:

$$\eta_A = 1 - \left(\frac{1}{\varepsilon_\alpha^{\gamma-1}} \right) \gamma \left(\varepsilon/\varepsilon_\alpha - 1 \right) / \left(\left(\varepsilon/\varepsilon_\alpha \right)^\gamma - 1 \right)$$

όπου ε_α ο βαθμός αποτονώσεως και

ε ο για τον κύκλο αυτόν βαθμός συμπίεσης

4.4. Ιδανικός πρότυπος κύκλος αέρα JOULE (BRAYTON)

Ο κύκλος αυτός (Εικόνα 4) αποτελείται από τις εξής τέσσερις διεργασίες.

(α) Ισεντροπική συμπίεση του αέρα.

(β) Πρόσδοση θερμότητας υπό σταθερή πίεση.

(γ) Ισεντροπική αποτόνωση του αέρα.

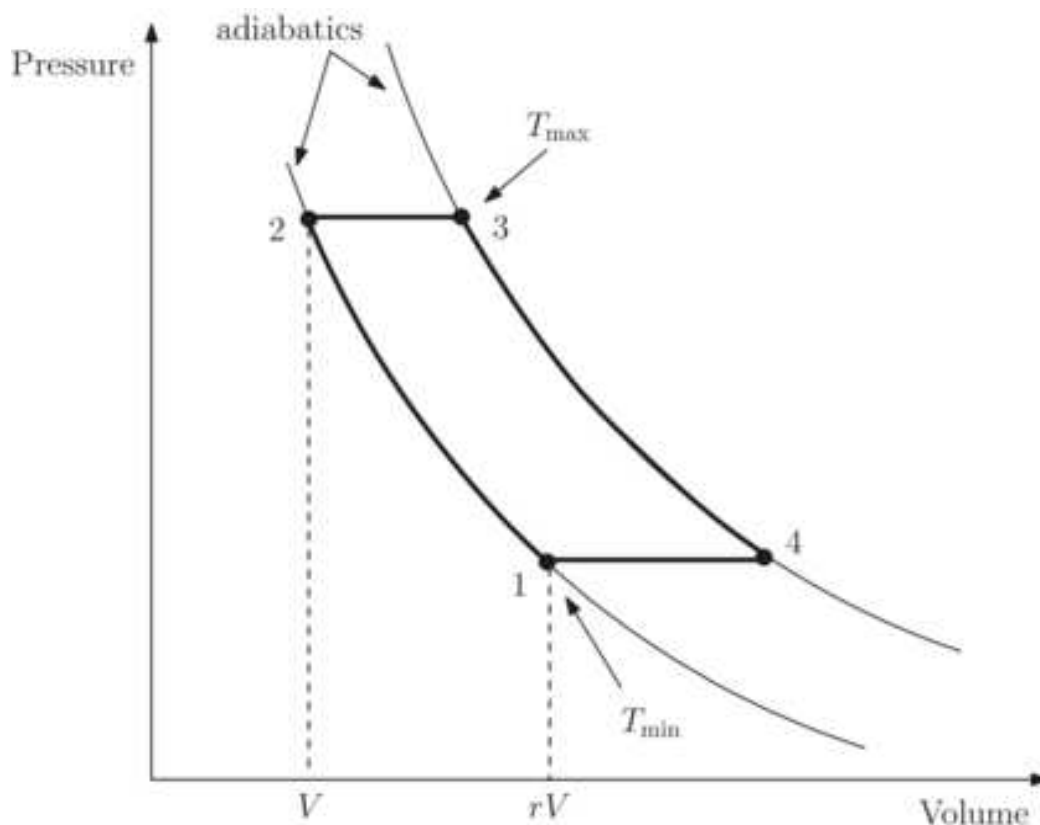
(δ) Αποβολή θερμότητας υπό σταθερή πίεση.

Ο θερμικός βαθμός αποδόσεως προκύπτει:

$$\eta_J = 1 - 1 / \epsilon^{(\gamma-1)} \text{ όπου}$$

ϵ ο για τον κύκλο αυτόν οριζόμενος βαθμός συμπίεσης

γ ο εκθέτης ισεντροπικής μεταβολής



Εικόνα 4

5. Θεωρητικοί κύκλοι εμβολοφόρων κινητήρων

Οι μηχανές εσωτερικής καύσεως ακολουθούν ένα μηχανικό κύκλο και όχι έναν θερμοδυναμικό, αποτελώντας μη – κυκλικές, ανοικτού κυκλώματος, μόνιμης ροής μηχανές.

Ειδικά για τους εμβολοφόρους κινητήρες η μόνιμη ροή μπορεί να δικαιολογηθεί από το ότι οι περισσότεροι από αυτούς είναι πολυκύλινδροι, με φίλτρο αέρα στην εισαγωγή και αποσιωπητήρα στην εξαγωγή, που εξομαλύνουν έτσι τις διακυμάνσεις της ροής.

Παρά ταύτα είναι πολύ βολικό να συγκρίνεται η λειτουργία των ΜΕΚ με θερμοδυναμικούς κύκλους που αποτελούν μια απλή και γνωστή βάση για σύγκριση.

Έτσι γίνεται η αναγωγή σε έναν θερμοδυναμικό ισοδύναμο (κλειστό) κύκλο, θεωρούμενου ότι λαμβάνουν χώρα στην μηχανή νοερώς όλες οι αναγκαίες πρόσθετες αλλαγές καταστάσεως για την επαναφορά του σώματος στην αρχική κατάσταση εισόδου στην μηχανή, εκ της καταστάσεως υπό την οποία απομακρύνεται τούτο από αυτήν.

Σχετικώς με τον ορισμό του βαθμού αποδόσεως των ΜΕΚ δεν είναι σωστό να αναφερόμαστε σε θερμικό βαθμό αποδόσεως, αφού αυτές αποτελούν μη – κυκλικές μηχανές.

Εδώ το κριτήριο συγκρίσεως αποτελεί το μέγιστο (αναστρέψιμο) έργο $(W_t)_{av}$ κατά την αναστρέψιμη καύση σε ανοικτό σύστημα μόνιμης ροής, που λειτουργεί σε περιβάλλον με συνθήκες p_o, T_o .

Έτσι οδηγούμαστε κατ' αρχήν στον ορισμό του εξεργειακού (λογικού) βαθμού αποδόσεως:

$$\eta_R = W_t / (W_t)_{av}$$

5.1. Ισοδύναμος θεωρητικός κύκλος εμβολοφόρου μηχανής

Σαν τέτοιο θεωρούμε κάθε κύκλο που παριστάνει το σύνολο των αλλαγών καταστάσεως του εργαζόμενου μέσου στην μηχανή ο οποίος συγκροτείται υπολογιστικώς (η σημασία της λέξεως θεωρητικός) και προσεγγίζει με την βοήθεια κάποιου αντίστοιχου θερμοδυναμικού κύκλου (η σημασία της λέξεως ισοδύναμος) προς την πραγματική πορεία των φαινομένων στην μηχανή.

Είναι προφανές ότι ένας τέτοιος κύκλος δεν μπορεί να οριστεί μονοσήμαντα, διότι μπορούμε να έχουμε έναν απεριόριστο αριθμό τέτοιων κύκλων μεταξύ των δυο ακραίων ορίων, δηλαδή των ιδανικών πρότυπων κύκλων αέρα OTTO, DIESEL ή μεικτού, και του πραγματικού κύκλου.

Όσο περισσότερο εγκαταλείπουμε τις παραδοχές που έγιναν για την συγκρότηση του (ισοδύναμου) ιδανικού προτύπου κύκλου αέρα, ή αντικαθιστούμε αυτές με νέες ανταποκρινόμενες περισσότερο προς την πραγματικότητα, τόσο μεγαλύτερος είναι ο βαθμός προσαρμογής του θεωρητικού κύκλου προς την πραγματική μηχανή, με τόσο μεγαλύτερη ακρίβεια παριστάνει αυτός τα συμβαίνοντα στην μηχανή, και τόσο πληρέστερα μπορεί να προδιαγράψει τις κύριες ιδιότητες και τα βασικά μεγέθη αυτής (έργο, βαθμό αποδόσεως κ.λ.π.) συμφώνως προς την γενική τάση της επιστήμης και της τεχνικής, ιδιαίτερα σήμερα, οπότε διατίθενται άφθονα μέσα ταχείας εκτελέσεως πολύπλοκων υπολογισμών (ηλεκτρονικοί υπολογιστές κ.λ.π.).

Ταυτόχρονα όμως τόσο πιο κουραστική καθίσταται η απαιτούμενη αναλυτική εργασία, απαιτούσα περισσότερα και ακριβέστερα πειραματικά δεδομένα κατάλληλα λαμβανόμενα από την τεχνική πράξη.

Επίσης και τα αποτελέσματα της σχετικής εργασίας καθώς και τα εξ' αυτής συμπεράσματα, παύουν να έχουν γενικότερη σημασία, ισχύοντα μόνο για την εκάστοτε εξεταζόμενη περίπτωση, διότι οι πιο πολλοί εκ των υπολογισμών παύουν πλέον να γίνονται δια γενικών αναλυτικών σχέσεων, όπως συμβαίνει στους ιδανικούς πρότυπους κύκλους αέρα, λαμβάνοντας έκφραση αριθμητική και ανάλογη σημασία.

Ένα πρώτο (σημαντικό) βήμα, προς την κατεύθυνση των περισσότερο (από τον ιδανικό πρότυπο κύκλο αέρα) προσαρμοσμένων (στην πραγματικότητα) κύκλων, αποτελεί ο πρότυπος κύκλος αέρα – καυσίμου.

6. Πραγματικός κύκλος λειτουργίας εμβολοφόρων κινητήρων

6.1. Δυναμοδεικτικό διάγραμμα της πραγματικής λειτουργίας

Ο πραγματικός κύκλος περιλαμβάνει το σύνολο των αλλαγών καταστάσεως, τις οποίες διατρέχει στην πραγματικότητα το εργαζόμενο μέσο στην μηχανή. Τον κύκλο αυτόν μπορούμε να καθορίσουμε μόνο δια συνεχούς μετρήσεως της πλήρους καταστάσεως του σώματος.

Συνήθως όμως μπορούμε να πάρουμε μόνο ένα δυναμοδεικτικό διάγραμμα της λειτουργίας του κινητήρα, το οποίο μας δίνει την τιμή της πίεσεως p σε κάθε θέση του εμβόλου x ή σε κάθε γωνία στροφάλου φ .

Το διάγραμμα τούτο δεν δίνει την εκάστοτε πλήρη κατάσταση του αερίου στον κύλινδρο (και δεν παριστάνει πλήρως τον πραγματικό κύκλο), γιατί για τον καθορισμό αυτής απαιτείται ένα ζεύγος θερμοδυναμικών μεγεθών, όπως π.χ. πίεση και θερμοκρασία.

Ο καθορισμός όμως της θερμοκρασίας T δεν είναι ευχερής, διότι και η μέτρηση της είναι δύσκολη, αλλά και εμφανίζει σημαντική διασπορά μέσα στον κύλινδρο. Επίσης κατά την φάση εναλλαγής των αερίων είναι πολύ δύσκολος ο προσδιορισμός της εκάστοτε μάζας στον κύλινδρο.

Παρ' όλα αυτά όμως το δυναμοδεικτικό διάγραμμα είναι πολυτιμότεο, διότι αρκεί πλήρως για τον καθορισμό του επί του εμβόλου αποδιδόμενου μηχανικού έργου διογκώσεως σε μια πλήρη περίοδο λειτουργίας.

Αυτό το έργο καλείται ενδεικνύμενο έργο W_i και εκφράζεται σαν

$$W_i = \int p dV = A \int p dx$$

Βεβαίως επειδή η αλλαγή καταστάσεως στον κύλινδρο της μηχανής είναι ηπίως μη αναστρέψιμη, και όχι πλήρως αναστρέψιμη, το επί του εμβόλου αποδιδόμενο έργο διογκώσεως που είναι

$$W_o = \int p dv$$

που εδώ συμπίπτει με το προηγούμενο έργο είναι μεγαλύτερο από το καθαρό μηχανικό (ή εσωτερικό) έργο W κατά το έργο των εσωτερικών απωλειών W_a

Επειδή όμως οι εσωτερικές απώλειες στην εμβολοφόρο μηχανή είναι σχετικώς μικρές, και επιπλέον επειδή ούτε αυτές ούτε το εσωτερικό έργο είναι δυνατόν να

μετρηθούν, το δια μετρήσεως λαμβανόμενο ενδεικνύμενο έργο θεωρείται (κατά συνήθεια) σαν το εσωτερικό δηλαδή επί του εμβόλου αποδιδόμενο, των εσωτερικών απωλειών συμπεριλαμβανομένων στον γενικότερο όρο μηχανικές απώλειες και αφαιρουμένων εκ του ενδεικνυμένου έργου κατά τον προσδιορισμό του πραγματικού έργου.

Το διάγραμμα $p - x$ λαμβάνεται συνήθως με μηχανικό δυναμοδείκτη, με ελατήριο σπειροειδές ή καμπτόμενης ράβδου, που δέχεται την επί ενός εμβολιδίου ασκουμένη πίεση μέσα στον κύλινδρο του κινητήρα και μεταβιβάζει την σχετική παραμόρφωση του σε μια γραφίδα που καταγράφει την κίνηση της σε ένα χαρτί που περιβάλλει ένα τύμπανο (που παίρνει την κίνηση του εκ βοηθητικού μηχανισμού), το οποίο κινείται σε συγχρονισμό προς το στρόφαλο – έμβολο του εξεταζόμενου κυλίνδρου.

Αυτός έχει το μειονέκτημα της μηχανικής αδράνειας, που τον καθιστά κατάλληλο μόνο για σχετικά μικρές ταχύτητες περιστροφής (π.χ. < 1000 στροφές / λεπτό) αλλά έχει το μεγάλο πλεονέκτημα του αυτόματου καθορισμού των ΑΝΣ και ΚΝΣ.

Εξ' άλλου το διάγραμμα $p - \phi$ λαμβάνεται με ηλεκτρικό ή ηλεκτρονικό δυναμοδείκτη, που αποτελείται από ένα στοιχείο πίεσεως (μετατροπέας πίεσεως), που μετατρέπει την πίεση σε ένταση ρεύματος ή ηλεκτρική τάση, η οποία ενισχυόμενη δείχνεται σε έναν παλμογράφο.

Αυτοί οι δυναμοδείκτες έχουν το πλεονέκτημα της μικρής ή μηδαμινής αδράνειας, που καθιστά αυτούς κατάλληλους για υψηλές ταχύτητες περιστροφής, αλλά έχουν το σοβαρό μειονέκτημα του δυσχερούς καθορισμού του ΑΝΣ, και επομένως της μετά δυσχερείας επιτεύξεως ενδείξεως με απαιτήσεις ποσοτικής ακρίβειας ως προς το ενδεικνύμενο έργο.

Σημειώνεται ότι μόνο το διάγραμμα $p - x$ δίνει αμέσως (με εμβαδομέτρηση) το ενδεικνύμενο έργο, ενώ αν διατίθεται το διάγραμμα $p - \phi$ αυτό πρέπει πρώτα να μετατραπεί σε $p - x$.

6.2. Η φάση της εναλλαγής των αερίων – Διαγράμματα διανομής

Σαν φάση εναλλαγής των αερίων εννοούμε το (χρονικό) τμήμα του όλου κύκλου λειτουργίας (είτε τετράχρονου είτε δίχρονου), που διατίθεται για την εκκένωση του κυλίνδρου από το καυσαέριο του προηγούμενου κύκλου λειτουργίας και την

πλήρωση του με νέα γόμωση (καθαρός αέρας, ή αέρας και καύσιμο) για την εκτέλεση του νέου κύκλου. Σημαντικό ρόλο για την επιτυχία της φάσεως αυτής παίζουν οι χρονικές στιγμές (χρονισμοί) κατά τις οποίες ανοίγουν ή κλείνουν οι βαλβίδες (ή θυρίδες) που καλούνται χρόνοι διανομής και τα αντίστοιχα διαγράμματα, διαγράμματα διανομής.

Όσον αφορά στους τετράχρονους κινητήρες κατά την φάση της εναλλαγής των αερίων, το άνοιγμα και το κλείσιμο των βαλβίδων δεν μπορεί να είναι στιγμιαίο, τουλάχιστον κατ' αρχήν για λόγους που οφείλονται στην αδράνεια του κινηματικού μηχανισμού διανομής (επιβάλλεται βαθμιαίο άνοιγμα της βαλβίδας για αποφυγή θορύβου και φθοράς, καθώς επίσης βαθμιαίο κλείσιμο της για την αποφυγή αναπηδήσεως στην έδρα της).

Οι διάρκειες αυτές ανοίγματος και κλεισίματος επιβάλλονται να είναι ακόμη μεγαλύτερες για λόγους που σχετίζονται με την δυναμική των αερίων κατά την φάση της εναλλαγής.

Στους δίχρονους κινητήρες η φάση της εναλλαγής των αερίων παρουσιάζει αρκετές ιδιομορφίες.

6.3. Περίοδος εκροής και εξωθήσεως (εξαγωγή)

Η περίοδος της εκροής αρχίζει με το άνοιγμα της βαλβίδας εξαγωγής, που συμβαίνει αρκετές μοίρες προ του ΚΝΣ. Τούτο συνεπάγεται οπωσδήποτε απώλεια ωφέλιμου έργου (έναντι της περιπτώσεως που θα συνεχιζόταν η αποτόνωση έως το ΚΝΣ), όμως παρέχει το πλεονέκτημα του μειωμένου έργου (αρνητικού) κατά την επακολουθούσα εξώθηση εφ' όσον, λόγω πτώσεως της πίεσεως στον κύλινδρο, μειώνεται η επί του εμβόλου αντίθλιψη.

Προφανώς υπάρχουν δυο αντικρουόμενοι παράγοντες, άρα υφίσταται και κάποιος βέλτιστος χρόνος ανοίγματος της βαλβίδας εξαγωγής.

Μετά την αναστροφή της κινήσεως του εμβόλου προς το ΑΝΣ, από κάποιο σημείο και πέρα, δεν έχουμε πια ουσιαστικώς εκροή, αλλά εξώθηση (εκτόπιση) του καυσαερίου υπό του προχωρούντος εμβόλου, η δε πίεση στον κύλινδρο θα υπερέχει της ατμοσφαιρικής μόνο κατά την διαφορά την αναγκαία για την κάλυψη της αντιστάσεως ροής δια της βαλβίδας εξαγωγής, που είναι της τάξης του 0.1 bar.

Η περίοδος αυτή τελειώνει με το άνοιγμα της βαλβίδας εισαγωγής. Σε όλη την περίοδο αυτή εν γένει έχουμε πρόσδοση θερμότητας από το αέριο προς τα τοιχώματα του κυλίνδρου.

6.4. Περίοδος επικάλυψης των βαλβίδων (αποπλύσεως)

Η περίοδος αυτή αρχίζει με το άνοιγμα της βαλβίδας εισαγωγής, πράγμα το οποίο συμβαίνει λίγες μοίρες πριν το έμβολο φτάσει στο ΑΝΣ, έτσι ώστε αυτή να είναι πλήρως ανοιχτή όταν το έμβολο αρχίζει να κινείται από το ΑΝΣ προς το ΚΝΣ (καλυτέρευση των συνθηκών αναρροφήσεως).

Η περίοδος αυτή τελειώνει με το κλείσιμο της βαλβίδας εξαγωγής πράγμα το οποίο συμβαίνει λίγες μοίρες αφ' ότου το έμβολο περάσει το ΑΝΣ, και τούτο διότι στην περίπτωση που θα έκλεινε νωρίτερα θα είχαμε μια αύξηση της πίεσεως των καυσαερίων στον κύλινδρο (κοντά στο ΑΝΣ) που θα οδηγούσε σε οπισθοροή καυσαερίων μέσα στον οχετό εισαγωγής.

Έτσι κατά το διάστημα αυτό (επικάλυψη ή διασταύρωση των βαλβίδων), κατά το οποίο και οι δυο βαλβίδες είναι ανοιχτές, προσφέρεται η δυνατότητα κάποιας (μικρής) αποπλύσεως του κυλίνδρου από το καυσαέριο του προηγούμενου κύκλου.

Σημειώνεται ότι στην περίπτωση των υπερπληρωμένων κινητήρων η περίοδος επικάλυψης είναι πολύ μεγαλύτερη, απ' ότι στην περίπτωση των κινητήρων φυσικής αναπνοής, οπότε και η απόπλυση είναι εντονότερη, γεγονός το οποίο συμβάλλει στην μείωση της θερμοκρασίας των καυσαερίων προσβολής του στροβίλου, στην ψύξη της βαλβίδας εξαγωγής και στην καλύτερη εκμετάλλευση της ενέργειας των παλμών πίεσεως (στο σύστημα υπερπληρώσεως με παλμούς πίεσεως).

Σημειώνεται επίσης εδώ ότι στους κινητήρες ΟΤΤΟ στα μερικά φορτία οπότε η πεταλούδα στραγγαλίζει την ροή και ρίχνει την πίεση στον οχετό εισαγωγής έχουμε κατά την διασταύρωση των βαλβίδων οπισθοροή των καυσαερίων (εκτόνωση) μέσα στον οχετό εισαγωγής, και εν συνεχεία αναρρόφηση τους μέσα στον κύλινδρο.

Το φαινόμενο αυτό, της διαλύσεως του αναρροφούμενου αέρα με το κατάλοιπο καυσαέριο είναι τόσο πιο έντονο όσο μικρότερο είναι το φορτίο του κινητήρα ΟΤΤΟ (δηλαδή όσο πιο έντονο το κενό στον οχετό εισαγωγής).

Αντιθέτως σε κάθε άλλη περίπτωση (δηλαδή κινητήρας ΟΤΤΟ στο πλήρες φορτίο και κινητήρας Diesel σε κάθε φορτίο), μπορεί να υποτεθεί ότι η απόπλυση είναι σχεδόν τέλεια, οπότε έχουμε ασήμαντη αλλοίωση της συνθέσεως της νεοεισερχομένης γομώσεως.

6.5. Περίοδος αναρροφήσεως (εισαγωγή)

Η περίοδος αυτή αρχίζει με το κλείσιμο της βαλβίδας εξαγωγής. Κατά την περίοδο της αναρροφήσεως έχουμε συνεχή θέρμανση του εισερχομένου αέρα, λόγω επαφής προς τα θερμά τοιχώματα του κυλίνδρου, λόγω αναμείξεως προς το κατάλοιπο καυσαέριο (του προηγούμενου κύκλου) και λόγω της αδρανειακής συμπίεσεως.

7. Αξιολόγηση απόδοσης μηχανών εσωτερικής καύσεως

7.1. Εισαγωγή

Οι μηχανές εσωτερικής καύσεως χρησιμοποιούνται ευρύτατα, ειδικά στις μεταφορές. Είναι λοιπόν απαραίτητο να παράγονται αποδοτικές μηχανές με αποδεκτό κόστος. Κατά την σχεδίαση μιας μηχανής εσωτερικής καύσεως απαιτείται να λαμβάνονται υπόψιν όλες οι παράμετροι της λειτουργίας της.

Οι μηχανές εσωτερικής καύσεως μπορούν να υποβληθούν σε διάφορους ελέγχους λειτουργίας (τεστ) (Εικόνα 1). Η αξιοποίηση των αποτελεσμάτων αυτών των ελέγχων μπορεί να οδηγήσει στην βελτίωση της λειτουργίας των ΜΕΚ.



Εικόνα 1

7.2. Παράμετροι λειτουργίας

1. Ισχύς και μηχανική απόδοση
2. Λόγος αέρα - καυσίμου
3. Ογκομετρική απόδοση (Volumetric Efficiency)
4. Ειδική απόδοση (Specific Output)

5. Ειδική κατανάλωση καυσίμου
6. Θερμική απόδοση και ισοζύγιο θερμότητας
7. Καπνός και εκπομπές καυσαερίων
8. Ενεργός πίεση και ροπή
9. Ρυθμός κατανάλωσης καυσίμου
10. Γωνία ανάφλεξης (ignition angle)
11. Καθυστέρηση ανάφλεξης (ignition delay)
12. Μέγιστη πίεση (firing pressure)
13. Λόγος συμπίεσης (compression ratio)
14. Πίεση κατά την συμπίεση (compression pressure)

7.2.1. Ισχύς και μηχανική απόδοση

Μια μηχανή εσωτερικής καύσεως χρησιμοποιείται για να παράγει μηχανική ισχύ. Η ισχύς είναι ο ρυθμός παραγωγής έργου και εκφράζεται ως γινόμενο δύναμης και γραμμικής ταχύτητας ή ως γινόμενο ροπής και γωνιακής ταχύτητας.

Έτσι μέτρηση ισχύος προϋποθέτει μέτρηση της ροπής ή της δύναμης και επίσης μέτρηση της ταχύτητας. Η δύναμη και η ροπή μετριοούνται με δυναμόμετρο ενώ η ταχύτητα μετριέται με ανάλογο κατάλληλο όργανο (tachometer).

Η ισχύς η οποία αναπτύσσεται από μια μηχανή και η οποία μετριέται πάνω στην σχετική άτρακτο καλείται brake power (bp) και είναι:

$$bp = 2\pi R\tau / 60$$

όπου R (RPM) η ταχύτητα περιστροφής (συχνότητα)

τ η ροπή

Επίσης κατά τον υπολογισμό της μηχανικής απόδοσης λαμβάνεται υπόψιν και ένας άλλος παράγοντας ο οποίος καλείται indicated power (ip) και ορίζεται ως η ισχύς που προκύπτει από την καύση στον θάλαμο καύσεως. Είναι πάντοτε μεγαλύτερη από την brake power και δίνεται από τον τύπο:

$$ip = pARk / 60$$

όπου p η μέση πίεση

A η επιφάνεια του πιστονιού

k ο αριθμός των κυλίνδρων

Έτσι η διαφορά μεταξύ ip και bp αντιστοιχεί στις μηχανικές απώλειες λόγω τριβής και η μηχανική απόδοση εκφράζεται ως ο λόγος:

$$E = bp / ip \text{ ή}$$

$$E = bp / (bp + fp)$$

όπου fp (friction power) και ισχύει $fp = ip - bp$

7.2.2. Λόγος αέρα - καυσίμου

Air – Fuel Ratio (AFR) (λόγος αέρα – καυσίμου) είναι ο λόγος μαζών αέρα και καυσίμου στο καύσιμο μείγμα σε μια μηχανή εσωτερικής καύσης. Εάν υπάρχει ακριβώς ο απαιτούμενος αέρας για την καύση τότε η καύση είναι στοιχειομετρική. Όσο πιο λίγος είναι ο περίσσιος αέρας τόσο πιο πλούσια είναι η φλόγα.

Ένα στοιχειομετρικό μείγμα έχει ακριβώς τον αέρα που χρειάζεται για να καεί ολοκληρωτικά το διαθέσιμο καύσιμο.

Στις μηχανές εσωτερικής καύσεως δεν υπάρχει στοιχειομετρική καύση γιατί αυτή απαιτεί περισσότερο χρόνο από τον διατιθέμενο. Η καύση του μείγματος διαρκεί 4 με 5 milliseconds όταν οι στροφές της μηχανής είναι 6000 ανά λεπτό.

Η θερμότητα που παράγεται από μια στοιχειομετρική καύση είναι πολύ υψηλή και μπορεί να βλάψει μέρη της μηχανής ειδικά όταν το φορτίο της μηχανής είναι μεγάλο.

Ο λόγος αέρα – καυσίμου αποτελεί καθοριστικό παράγοντα της καύσης αφού από αυτόν εξαρτάται η ταχύτητα διάδοσης της φλόγας και η θερμότητα που εκλύεται μέσα στον θάλαμο καύσης. Για πρακτικούς λόγους ορίζεται και ο σχετικός λόγος καυσίμου – αέρα που είναι ο λόγος του προηγούμενου λόγου προς τον αντίστοιχο της στοιχειομετρικής καύσης.

7.2.3. Ογκομετρική απόδοση

Ο παραπάνω όρος αναφέρεται στην επάρκεια με την οποία μια μηχανή μπορεί να εισάγει το καύσιμο μείγμα στον κύλινδρο και να εξάγει το καυσαέριο από αυτόν. Συγκεκριμένα ο παραπάνω όρος είναι ο λόγος (ή ποσοστό) της ποσότητας αέρα – καυσίμου που πραγματικά εισάγεται στον κύλινδρο και της ποσότητας που μπορεί να εισαχθεί.

Μηχανές με υψηλή τιμή αυτής της παραμέτρου μπορούν γενικά να λειτουργούν σε μεγαλύτερες ταχύτητες και να παράγουν μεγαλύτερη ισχύ εξαιτίας των

λιγότερων παρασιτικών απωλειών ισχύος κατά την μετακίνηση αέρα μέσα στην μηχανή και έξω απ' αυτήν.

Υπάρχουν διάφοροι τρόποι για να αυξηθεί η παραπάνω παράμετρος. Μια κοινή προσέγγιση για τους κατασκευαστές είναι να χρησιμοποιούν μεγαλύτερες βαλβίδες ή περισσότερες.

Οι μεγαλύτερες βαλβίδες αυξάνουν μεν τη ροή αλλά και το βάρος. Οι πολυβάλβιδες μηχανές χρησιμοποιούν περισσότερες μικρότερες βαλβίδες με συνολική επιφάνεια μεγαλύτερη από εκείνη μιας μεγάλης βαλβίδας αλλά είναι πολυπλοκότερες. Οι πιο σύγχρονες μηχανές χρησιμοποιούν άλλες τεχνικές (crossflow cylinder head).

7.2.4. Ειδική κατανάλωση καυσίμου

Το μέγεθος Brake Specific Fuel Consumption (bsfc) είναι ο ρυθμός κατανάλωσης καυσίμου προς την παραγόμενη ισχύ και με βάση αυτό μπορούν να συγκριθούν μεταξύ τους διαφορετικές μηχανές. Είναι:

$$bsfc = r / P$$

όπου r ο ρυθμός κατανάλωσης καυσίμου (g/s)

$P = \tau \omega$ η παραγόμενη ισχύς (Watt)

όπου τ η ροπή (Nm)

ω η γωνιακή ταχύτητα (rad/s)

Οι προηγούμενες τιμές r , ω και τ μπορούν να μετρηθούν κατά την διάρκεια κάποιου τεστ όπου η μηχανή λειτουργεί με κάποιο φορτίο. Έτσι το μέγεθος bsfc προκύπτει σε grams/Joule.

Συνήθως το μέγεθος bsfc μετράται σε g/KWh.

Το μέγεθος bsfc μιας συγκεκριμένης μηχανής δεν είναι σταθερό αλλά εξαρτάται από το φορτίο και την ταχύτητα περιστροφής. Προκειμένου να συγκριθούν διαφορετικές μεταξύ τους μηχανές οι τιμές bsfc αφορούν σε καθορισμένη κατάσταση λειτουργίας. Για τις περισσότερες μηχανές εσωτερικής καύσεως η τιμή bsfc είναι μεταξύ 0.5 και 0.6.

7.2.5. Θερμική απόδοση και ισοζύγιο θερμότητας

Είναι ο λόγος αποδιδόμενης και προσλαμβανόμενης από την μηχανή ισχύος. Δείχνει την αποτελεσματικότητα μετατροπής της χημικής ενέργειας σε μηχανικό έργο.

7.2.6. Καπνός και εκπομπές καυσαερίων

Ο καπνός και οι άλλες εκπομπές είναι ανεπιθύμητα στοιχεία για περιβαλλοντικούς λόγους. Διάφορες λύσεις δοκιμάζονται προκειμένου να ελεγχθούν τα φαινόμενα της παγκόσμιας θέρμανσης και της μόλυνσης του αέρα. Ο καπνός επίσης είναι ένδειξη ατελούς καύσης.

7.2.7. Ενεργός πίεση και ροπή

Η μέση ενεργός πίεση είναι σημαντική παράμετρος σύγκρισης της λειτουργίας διαφορετικών μηχανών. Ορίζεται ως η μέση πίεση που ενεργεί πάνω στο πιστόνι στη διάρκεια ενός κύκλου λειτουργίας.

W το παραγόμενο έργο ανά κύκλο σε Joule

P η αποδιδόμενη ισχύς σε Watt

$P_{\text{μερ}}$ η μέση ενεργός πίεση σε Pascal

V ο όγκος εκτοπισμού σε m^3

n_c ο αριθμός περιστροφών ανά περίοδο λειτουργίας (π.χ. για τετράχρονο κινητήρα είναι $n_c = 2$)

N ο αριθμός περιστροφών ανά δευτερόλεπτο

T η ροπή σε Nm

$$W = P n_c / N$$

$$W = P_{\text{μερ}} V$$

Έτσι θα είναι:

$$P_{\text{μερ}} = P n_c / V N$$

Αφού επίσης ισχύει:

$$P = 2\pi N T$$

θα είναι:

$$P_{\text{μερ}} = 2\pi T n_c / V$$

Με τον παραπάνω τύπο, αφού η μέση ενεργός πίεση για καλά σχεδιασμένες μηχανές είναι περίπου σταθερή, συσχετίζεται η ροπή με τον όγκο εκτοπισμού.

Η μέση ενεργός πίεση είναι επίσης χρήσιμη στους αρχικούς υπολογισμούς κατά την σχεδίαση. Δηλαδή δεδομένης της ροπής και χρησιμοποιώντας τυπικές τιμές για την μέση ενεργό πίεση υπολογίζουμε τον όγκο εκτοπισμού.

Η μέση ενεργός πίεση δεν είναι η πραγματική πίεση μέσα στον θάλαμο καύσης αν και οι δυο τους συνδέονται. Η μέση ενεργός πίεση χρησιμεύει σαν μέτρο της λειτουργίας και της απόδοσης μιας ΜΕΚ.

Εάν η μέση ενεργός πίεση βασίζεται στην brake power (bp), τότε λέγεται break mean effective pressure (bmer), ενώ αν βασίζεται στην indicated power (ip) τότε λέγεται indicated mean effective pressure (imer). Η friction mean effective pressure (fmer) είναι η διαφορά μεταξύ imer και bmer, δηλαδή:

$$fmer = imer - bmer$$

Η μέση ενεργός πίεση αλλά και η ροπή επηρεάζονται από το μέγεθος της μηχανής. Μια μεγάλη μηχανή παράγει περισσότερη ροπή για την ίδια μέση ενεργό πίεση. Η ισχύς μιας μηχανής εξαρτάται επίσης από το μέγεθος της, έτσι δεν είναι δυνατή η σύγκριση διαφορετικών μηχανών με βάση τη δύναμη και την ροπή. Έτσι η μέση ενεργός πίεση είναι η βάση για την παραπάνω σύγκριση.

7.2.8. Ρυθμός κατανάλωσης καυσίμου

Ο ρυθμός κατανάλωσης καυσίμου μιας μηχανής είναι σημαντική παράμετρος της λειτουργίας της. Συνήθως μετριέται σε kg / h.

7.2.9. Γωνία ανάφλεξης (ignition angle)

7.2.9.1. Εισαγωγή

Σε μηχανές εσωτερικής καύσεως τύπου ΟΤΤΟ, ο παραπάνω όρος όπως και ο συναφής ignition timing, αφορούν στην γωνία στροφάλου, στην οποία συμβαίνει η με την βοήθεια σπινθήρα ανάφλεξη του καύσιμου μείγματος. Η ανάφλεξη γίνεται λίγο πριν το έμβολο φτάσει στο ΑΝΣ.

Η ανάφλεξη συμβαίνει πριν το έμβολο φτάσει στο ΑΝΣ επειδή:

1. Το καύσιμο δεν καίγεται όλο ακαριαία.
2. Η εκτόνωση των καυσαερίων δεν είναι ακαριαία.

3. Η γωνιακή ταχύτητα της μηχανής μπορεί να αυξάνεται ή να μειώνεται κατά την καύση και αποτόνωση.

Το να υπάρχει σπινθήρας αφού το έμβολο φτάσει στο ΑΝΣ και το περάσει, είναι συνήθως πρόβλημα (κτύπημα μηχανής κ.λ.π.)

Η παράμετρος ignition angle είναι κρίσιμη για την λειτουργία της μηχανής. Σπινθήρες που συμβαίνουν είτε νωρίτερα είτε αργότερα μέσα στον κύκλο λειτουργίας, είναι συχνά υπεύθυνοι για υπερβολικές δονήσεις της μηχανής (vibrations) ή και για ζημιά της.

Η παραπάνω παράμετρος επηρεάζει μεγέθη όπως αντοχή και ισχύ της μηχανής και οικονομία καυσίμου. Στις σύγχρονες μηχανές η γωνία ανάφλεξης ρυθμίζεται ηλεκτρονικά σε όλη την γκάμα στροφών και φορτίων. Στις παλιότερες μηχανές αυτός ο έλεγχος γίνεται με άλλους λιγότερο επαρκείς μηχανικούς τρόπους.

Υπάρχουν πολλοί παράγοντες που πρέπει να ληφθούν υπόψιν για τον καθορισμό του χρόνου ανάφλεξης δεδομένης μηχανής. Είναι:

1. Βαλβίδες εισαγωγής (timing)
2. Τύπος συστήματος ανάφλεξης
3. Τύπος και κατάσταση των μπουζί
4. Περιεχόμενα και τυχόν ακαθαρσίες του καυσίμου
5. Θερμοκρασία καυσίμου
6. Πίεση καυσίμου
7. Ταχύτητα και φορτίο μηχανής
8. Θερμοκρασία αέρα και μηχανής
9. Πίεση turbo ή πίεση αέρα εισαγωγής
10. Στοιχεία και ρυθμίσεις του συστήματος ανάφλεξης

7.2.9.2 Ιστορία

Παλιότερες μηχανές στις οποίες η ανάφλεξη δεν ρυθμιζόταν ηλεκτρονικά, διέθεταν μηχανικά συστήματα ελέγχου της ανάφλεξης (ντιστριμπιτέρ).

Το 1972 η Chrysler εισήγαγε το ηλεκτρονικό σύστημα ανάφλεξης που τοποθετήθηκε ως βασικός εξοπλισμός σε ορισμένα αυτοκίνητα παραγωγής και αντικατέστησε άλλα παλαιότερα μηχανικά συστήματα.

Ο πραγματικός ηλεκτρονικός έλεγχος της ανάφλεξης επετεύχθη λίγα χρόνια αργότερα, το 1975 – 1976, όταν η Chrysler εισήγαγε το ελεγχόμενο από υπολογιστή “Lean-Burn electronic spark advance system”.

Το 1979 με το “Bosch Motronic engine management system” (Εικόνα 1) έγινε εφικτός ο ταυτόχρονος έλεγχος του χρόνου ανάφλεξης και της παροχής καυσίμου.

Αυτά τα συστήματα αποτελούν τη βάση για τα σύγχρονα συστήματα.



Εικόνα 1

7.2.9.3 Ρύθμιση του χρόνου ανάφλεξης

Ο όρος timing advance αφορά στον αριθμό των μοιρών πριν από το ΑΝΣ όπου ο σπινθήρας θα αναφλέξει το καύσιμο μείγμα στον κύλινδρο. Ο όρος retarded timing αφορά στην αλλαγή του χρόνου ανάφλεξης ώστε αυτή να συμβαίνει αργότερα από τον χρόνο που δίνει ο κατασκευαστής.

Η ανάφλεξη γίνεται πριν το έμβολο φτάσει στο ΑΝΣ γιατί απαιτείται χρόνος για την καύση του μείγματος.

Αναφλέγοντας το μείγμα πριν το ΑΝΣ επιτρέπει στο μείγμα να καεί όλο λίγο μετά το ΑΝΣ. Εάν το μείγμα αναφλεγεί την χρονική στιγμή η μέγιστη πίεση στον κύλινδρο εμφανίζεται λίγο μετά το ΑΝΣ και αυτό επιτρέπει στο καυσαέριο να σπρώξει το έμβολο προς τα κάτω στον κύλινδρο με την μεγαλύτερη δυνατή δύναμη. Ιδανικά ο χρόνος πλήρους καύσης του μείγματος είναι 20⁰ μετά το ΑΝΣ. Αυτό μεγιστοποιεί την αποδιδόμενη από τη μηχανή ισχύ.

Εάν η ανάφλεξη γίνει πιο νωρίς τα καυσαέρια σπρώχνουν το έμβολο που κινείται προς το ΑΝΣ αντίθετα προς τα κάτω. Αυτό μπορεί να προκαλέσει χτύπημα και ζημιές στη μηχανή. Εάν η ανάφλεξη γίνει πιο αργά η μέγιστη πίεση εμφανίζεται όταν το έμβολο έχει πια απομακρυνθεί οδεύοντας προς το ΚΝΣ και αυτό συνεπάγεται απώλεια έργου, άκαυστο καύσιμο και επιβλαβείς εκπομπές καυσαερίων.

Όταν η ταχύτητα της μηχανής αυξάνει, ο διαθέσιμος χρόνος για την καύση μειώνεται, άρα η ανάφλεξη πρέπει να γίνεται νωρίτερα. Ο χρόνος ανάφλεξης εξαρτάται επίσης εκ του φορτίου της μηχανής. Μεγαλύτερο φορτίο σημαίνει μικρότερο χρόνο για την καύση του μείγματος. Η ανάφλεξη πρέπει να γίνεται νωρίτερα όταν η θερμοκρασία της μηχανής είναι χαμηλή. Επίσης η ταχύτητα καύσης του μείγματος εξαρτάται από τον αριθμό οκτανίων του καυσίμου καθώς και τον λόγο αέρα – καυσίμου.

Η ρύθμιση του χρόνου ανάφλεξης μπορεί να γίνει σωστά όταν παρακολουθείται η αποδιδόμενη ισχύς της μηχανής μέσω δυναμομέτρου. Αφού αυξηθεί ή μειωθεί ο χρόνος ανάφλεξης παρατηρείται συνήθως αλλαγή της ισχύος της μηχανής. Οι στροφές και το φορτίο της μηχανής διατηρούνται σταθερά, όσο ρυθμίζεται ο χρόνος ανάφλεξης, για μέγιστη ισχύ της μηχανής.

Ο χρόνος ανάφλεξης μπορεί επίσης να ρυθμιστεί με χρήση ενός αισθητήρα κρούσης (knock sensor). Εδώ ο χρόνος ανάφλεξης μεγαλώνει έως ότου εμφανιστεί χτύπημα της μηχανής. Τότε ο χρόνος ανάφλεξης ρυθμίζεται μια με δυο μοίρες μικρότερος. Αφού επιτευχθεί το επιθυμητό από άποψη ισχύος αποτέλεσμα, για την συγκεκριμένη μηχανή και για δεδομένα στροφές και φορτίο, εξετάζονται τα μπουζί για σημάδια έκρηξης. Αν υπάρχουν τέτοια σημάδια, ο χρόνος ανάφλεξης μειώνεται περαιτέρω έως ότου τα μπουζί δεν παρουσιάζουν πια τα παραπάνω σημάδια.

Άλλος τρόπος για να ρυθμιστεί ο χρόνος ανάφλεξης μέσω δυναμομέτρου (load type), είναι να αυξάνεται αργά ο χρόνος ανάφλεξης, έως ότου η μετρούμενη ισχύς δεν αυξάνει πλέον και τότε να μειωθεί κατά μια με δυο μοίρες ο χρόνος ανάφλεξης στην τελική του τιμή.

7.2.10. Καθυστέρηση ανάφλεξης (ignition delay)

Είναι το χρονικό διάστημα ή ο αντίστοιχος αριθμός μοιρών περιστροφής του στροφαλοφόρου άξονα, μεταξύ έναρξης εισαγωγής και ανάφλεξης του μείγματος.

7.2.11. Μέγιστη πίεση (firing pressure)

Είναι η υψηλότερη πίεση μέσα στον θάλαμο καύσης κατά την διάρκεια μιας περιόδου λειτουργίας.

7.2.12. Λόγος συμπίεσης (compression ratio)

Είναι ο λόγος του όγκου του κυλίνδρου όταν το έμβολο είναι στο ΚΝΣ και του όγκου του κυλίνδρου όταν το έμβολο είναι στο ΑΝΣ.

Ένας υψηλός λόγος πιέσεων (βαθμός συμπίεσης) είναι επιθυμητός γιατί επιτρέπει στη μηχανή να εξάγει περισσότερη μηχανική ενέργεια από δεδομένη μάζα μείγματος καυσίμου – αέρα, λόγω μεγαλύτερης θερμικής απόδοσης.

Αυτό συμβαίνει επειδή οι μηχανές εσωτερικής καύσεως είναι θερμικές μηχανές, και η μεγαλύτερη θερμική απόδοση δημιουργείται επειδή υψηλότεροι λόγοι πιέσεων επιτρέπουν η ίδια θερμοκρασία καύσης να επιτευχθεί με λιγότερο καύσιμο, και με την αποτόνωση να διαρκεί περισσότερο, παράγεται μεγαλύτερη μηχανική ισχύς ενώ μειώνεται η θερμοκρασία των καυσαερίων και έτσι η ενέργεια που αποβάλλεται στην ατμόσφαιρα.

Οι μηχανές Diesel έχουν γενικά μεγαλύτερη υψηλότερη θερμοκρασία θαλάμου καύσης από τις βενζινομηχανές αλλά λόγω μεγαλύτερου λόγου πιέσεων απορρίπτουν λιγότερη θερμότητα.

Οι υψηλότεροι λόγοι πιέσεων πάντως κάνουν τις βενζινομηχανές επιρρεπείς σε κτύπημα, εάν χρησιμοποιείται καύσιμο λιγότερων οκτανίων. Αυτό μπορεί να μειώσει την απόδοση ή να βλάψει την μηχανή αν δεν υπάρχουν αισθητήρες χτυπήματος για να καθυστερήσουν την έναυση. Πάντως οι αισθητήρες χτυπήματος (knock sensors) έχουν καθιερωθεί από το 1996 και μετά.

Από την άλλη μεριά οι κινητήρες Diesel λειτουργούν με βάση την αρχή της αυτανάφλεξης λόγω συμπίεσης και έτσι ένα καύσιμο που ανθίσταται στην αυτανάφλεξη θα προκαλέσει αργοπορημένη ανάφλεξη με επακόλουθο να υπάρχει και σε αυτήν την περίπτωση χτύπημα της μηχανής .

7.2.12.1. Τυπικές τιμές για τον λόγο συμπίεσης

Ο βαθμός συμπίεσης σε μια βενζινομηχανή ή πετρελαιομηχανή είναι συνήθως όχι περισσότερο από 10:1 εξαιτίας του κινδύνου χτυπήματος της μηχανής. Κάποιες μηχανές υψηλών προδιαγραφών για αυτοκίνητα τα έτη 1955 – 1972 με λόγους συμπίεσης περίπου 13:1 μπορούσαν να λειτουργούν ασφαλώς με την τότε διατιθέμενη πολλών οκτανίων βενζίνη με μόλυβδο.

Η απευθείας έγχυση καυσίμου (direct fuel injection), κατά την οποία γίνεται ταυτόχρονα εισαγωγή και ανάφλεξη του καυσίμου (παρόμοια με μια πετρελαιομηχανή), είναι άλλη μια πρόσφατη εξέλιξη που επιτρέπει την επίτευξη υψηλότερων βαθμών συμπίεσεως σε βενζινομηχανές.

Ο βαθμός συμπίεσης μπορεί να είναι 13:1 σε μηχανές με αισθητήρα χτυπήματος και ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου (2005 BMW K1200S).

Το 1981 η JAGUAR ανέπτυξε ένα καπάκι κυλίνδρου που επέτρεπε βαθμό συμπίεσης 14:1 αλλά περιορίστηκε σε 12.5:1 στα αυτοκίνητα παραγωγής. Αυτό το καπάκι κυλίνδρου που έγινε γνωστό ως May Fireball εφευρέθηκε από τον Ελβετό μηχανικό Michael May.

Η MAZDA επρόκειτο το 2012 να κατασκευάσει βενζινομηχανές με βαθμό συμπίεσης 14:1 και με όνομα SkyActiv για να χρησιμοποιηθούν στα οχήματα της εταιρείας έως το 2015.

Σε μια υπερπληρωμένη βενζινομηχανή ο βαθμός συμπίεσης είναι 10.5:1 ή και χαμηλότερος. Αυτό γίνεται επειδή λόγω του TURBO το μείγμα καυσίμου αέρα έχει υποστεί ήδη συμπίεση πριν από την είσοδο στους κυλίνδρους.

Οι μηχανές των αγωνιστικών μοτοσυκλετών μπορούν να χρησιμοποιήσουν λόγους συμπίεσης της τάξης 14:1 και είναι συνηθισμένο να βρίσκουμε μοτοσυκλέτες με λόγους συμπίεσης ανώτερους του 12:1 σχεδιασμένες να χρησιμοποιούν καύσιμο 86 ή 87 οκτανίων.

Οι μηχανές της F1 έρχονται πιο κοντά στο 17:1 και αυτό γίνεται προκειμένου να μεγιστοποιηθεί η απόδοση κοντά στις 18000 RPM.

Η αιθανόλη και η μεθανόλη μπορούν να αντέξουν σημαντικά μεγαλύτερους βαθμούς συμπίεσης σε σχέση με την βενζίνη. Οι αγωνιστικές μηχανές που καίνε τέτοια καύσιμα δουλεύουν με λόγους συμπίεσης της τάξης του 14.5 - 16:1.

Σε μηχανές που χρησιμοποιούν αέρια καύσιμα, και εξαιτίας του υψηλότερου βαθμού οκτανίων αυτών των καυσίμων, ο βαθμός συμπίεσεως μπορεί να είναι υψηλότερος.

Σε μηχανές Diesel αυτόματης ανάφλεξης δεν υπάρχουν μπουζί. Κατά την συμπίεση η θερμοκρασία του μείγματος ανέρχεται στο σημείο αυτανάφλεξης. Ο βαθμός συμπίεσεως υπερβαίνει το 14:1 και συχνά είναι πάνω από 22:1.

Ο κατάλληλος βαθμός συμπίεσης εξαρτάται από το σχεδιασμό του καπακιού του κυλίνδρου. Το νούμερο είναι μεταξύ 14:1 και 16:1 για μηχανές άμεσης έγχυσης και μεταξύ 18:1 23:1 για μηχανές έμμεσης έγχυσης καυσίμου.

Συνήθως ο λόγος συμπίεσης είναι σταθερός. Υπάρχουν όμως και κινητήρες μεταβλητού λόγου συμπίεσης όπως ο πειραματικός κινητήρας της SAAB (Experimental Saab Variable Compression Engine)(SVC).

Αυτός ο κινητήρας που σχεδιάστηκε από τη Saab, χρησιμοποιεί μια τεχνική δυναμικής αλλαγής του όγκου του θαλάμου καύσεως, η οποία συνεπάγεται αλλαγή του λόγου συμπίεσης.

Η μηχανή που δούλευε με τον κύκλο Atkinson ήταν μια από τις πρώτες απόπειρες εφαρμογής μεταβλητής συμπίεσης.

7.2.13. Πίεση κατά την συμπίεση (compression pressure)

Η πίεση αυτή είναι η πίεση που αναπτύσσεται στον θάλαμο καύσης στο τέλος της συμπίεσης και χωρίς ανάφλεξη του καυσίμου μείγματος.

Η μέτρηση της πίεσης στο θάλαμο καύσης κατά την συμπίεση παρέχει ενδείξεις για την ποιότητα της μηχανής και την κατάσταση της. Πάντως δεν υπάρχει τύπος υπολογισμού του βαθμού συμπίεσης μέσω της πίεσης.

Εάν ο λόγος συμπίεσης είναι γνωστός η πίεση στον κύλινδρο πριν την ανάφλεξη εκτιμάται με βάση τον τύπο:

$$p = p_0 CR^\gamma$$

όπου p_0 είναι η πίεση στον κύλινδρο όταν το έμβολο βρίσκεται στο ΚΝΣ και που συνήθως είναι ίση με την ατμοσφαιρική

CR ο βαθμός συμπίεσης

γ η ειδική θερμότητα (specific heat ratio) για το εργαζόμενο ρευστό και είναι 1.4 για τον αέρα και 1.3 για μείγμα μεθανίου – αέρα.

Πάντως η πίεση εξαρτάται και από τα χαρακτηριστικά λειτουργίας των βαλβίδων.

Γενικά η πίεση στον κύλινδρο για κοινές μηχανές που χρησιμοποιούνται στις μεταφορές είναι περίπου 10 – 20 φορές τον λόγο συμπίεσης ενώ σε μηχανές ειδικών χρήσεων η πίεση μπορεί να είναι εκτός του παραπάνω διαστήματος.

Για λόγους όπως το καθυστερημένο κλείσιμο των βαλβίδων εισαγωγής η προκύπτουσα τιμή από το παραπάνω τεστ μπορεί να είναι χαμηλή.

Εάν υπάρχει αξιόλογη (πάνω από 10%) διαφορά μεταξύ των κυλίνδρων αυτό μπορεί να είναι ένδειξη πιθανών διαρροών (από τις βαλβίδες ή το καπάκι) ή ρωγμών στο σώμα της μηχανής.

8. PYTHIA – V / EDS – V Diesel Engine Diagnostic System

Η παραπάνω είναι μια συσκευή με την οποία μπορεί να ελεγχθεί η λειτουργία κινητήρων Diesel.

Για τα δεδομένα που προκύπτουν από την μέτρηση, υπάρχει δυνατότητα επεξεργασίας, με σκοπό την διάγνωση της κατάστασης της μηχανής.

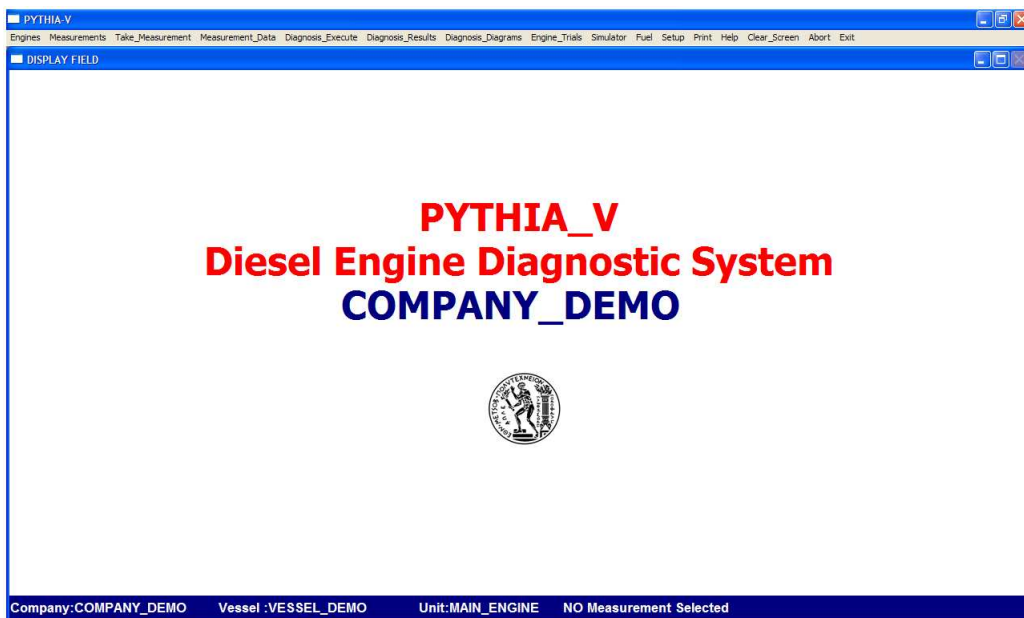
Διαθέτει αισθητήρα πίεσης και προσαρμογέα (adaptor) Thompson κατασκευής Kistler.

Η συσκευή, στο μεγαλύτερο της μέρος είναι κατασκευής Ε.Μ.Π. Το χρησιμοποιούμενο λογισμικό έχει εξ' ολοκλήρου αναπτυχθεί στο Ε.Μ.Π.

Παρακάτω παρατίθενται συνοπτικά, στοιχεία από το εγχειρίδιο χρήσης (manual) της συσκευής.

8.1. Περιληπτική περιγραφή του λογισμικού

Όταν ο χρήστης ενεργοποιεί το λογισμικό διάγνωσης, στην οθόνη του υπολογιστή εμφανίζεται η παρακάτω εικόνα, όπου φαίνεται το κύριο μενού του λογισμικού διάγνωσης.



Οι βασικές επιλογές είναι:

Engines: Επιλογή μηχανής για μέτρηση ή διάγνωση. Επιπλέον χρησιμοποιείται για να επαναφέρει ένα αρχείο μηχανής από αντίγραφο ασφαλείας σε περίπτωση

που αυτό καταστραφεί, ή για να δημιουργήσει ένα αντίγραφο ασφαλείας για το αρχείο της μηχανής.

Measurements: Επιλογή μέτρησης από την βάση δεδομένων για διάγνωση, αποθήκευση της τελευταίας μέτρησης εάν αυτό δεν έχει ήδη γίνει, διαγραφή μέτρησης, εξαγωγή μέτρησης σε αποθηκευτικό μέσο, εισαγωγή μέτρησης από αποθηκευτικό μέσο. Τέλος έλεγχος της βάσης δεδομένων ή επαναφορά της σε περίπτωση προβλήματος.

Measurement – Data: Προβολή, εισαγωγή ή τροποποίηση των περιφερειακών δεδομένων μετρήσεως. Προβολή των μη επεξεργασμένων μετρήσεων της πίεσης του κυλίνδρου και των στοιχείων για την εισαγωγή του καυσίμου.

Take – Measurement: Έναρξη της μετρητικής διαδικασίας.

Diagnosis_Execute: Επεξεργασία δεδομένων πριν την διάγνωση, διενέργεια απλής ή λεπτομερούς διάγνωσης ή εξαίρεση κυλίνδρου από την διάγνωση στην περίπτωση που το σχετικό αρχείο είναι κατεστραμμένο.

Diagnosis_Results: Προβολή αποτελεσμάτων διάγνωσης.

Diagnosis_Diagrams: Παρέχει τα διαγράμματα για την πίεση στον κύλινδρο, ρυθμό καύσεως και πίεση εισαγωγής (εάν είναι διαθέσιμη). Επιπλέον χρησιμοποιείται για να συγκριθούν τα διαγράμματα κάθε κυλίνδρου με τα αντίστοιχα διαγράμματα αναφοράς.

Engine_Trials: Παρέχει πρόσβαση στο unit shop (στοιχεία άλλων μετρήσεων επί του ίδιου αντικειμένου) και σε στοιχεία από θαλάσσιες δοκιμές. Επιπλέον χρησιμοποιείται προς εκτίμηση της ισχύος της μηχανής με χρήση των παραπάνω στοιχείων και να τροποποιήσει υπάρχοντα στοιχεία (shop, sea trials) ή να προσθέσει άλλα.

Simulator: Αυτή είναι μια προωθημένη διαδικασία προς διενέργεια προσομείωσης μηχανής με χρήση καθορισμένων από τον χρήστη δεδομένων (όπως ταχύτητα, φορτίο, χρόνος ανάφλεξης κ.α.) ή προσομείωση κατάστασης σφάλματος. Η επιλογή αυτή μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για να εκτιμηθεί η κατανάλωση καυσίμου και η αποδιδόμενη ισχύς σε ειδικές περιπτώσεις.

Fuel: Ορισμός των ιδιοτήτων του καυσίμου. Αυτές οι ιδιότητες θα πρέπει να παρέχονται πριν από την διαδικασία διάγνωσης εάν είναι γνωστές.

Setup: Αυτή η επιλογή χρησιμοποιείται για να οριστούν οι παράμετροι της διάγνωσης, για να οριστούν τα αποδεκτά όρια λειτουργίας της μηχανής και άλλα.

Print: Τυπώνει την οθόνη ως αρχείο PDF ή αποθηκεύει την εικόνα ως αρχείο BMP.

Help: Παρέχει βοήθεια για τις κύριες διαγνωστικές διαδικασίες, όπως διάγνωση και μέτρηση.

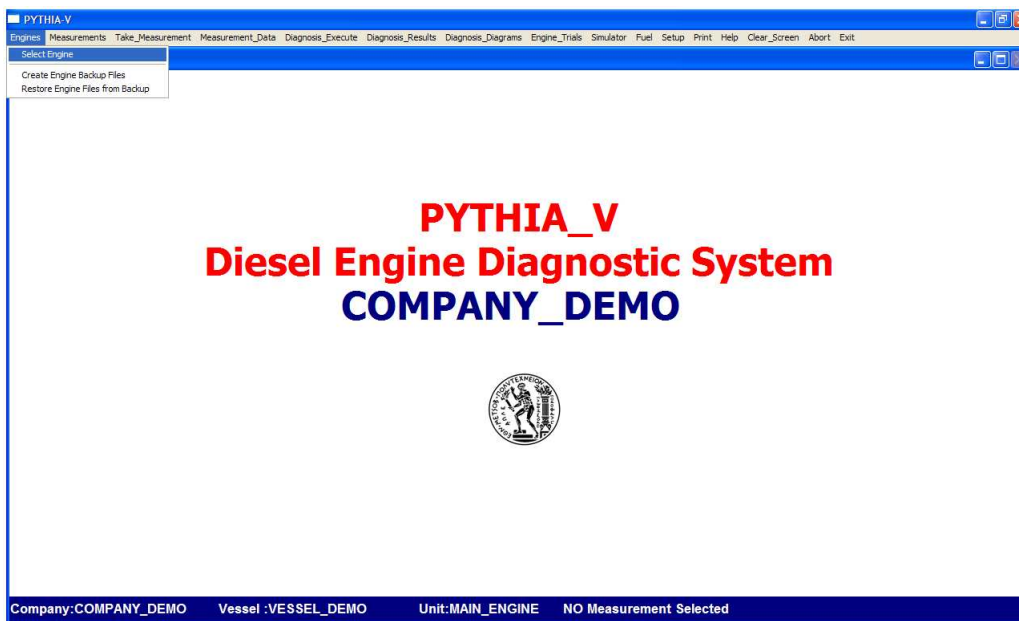
Clear_Screen: Εκκενώνει την οθόνη.

Abort: Τερματίζει μια διαδικασία διάγνωσης κατά την εκτέλεση της.

Exit: Έξοδος.

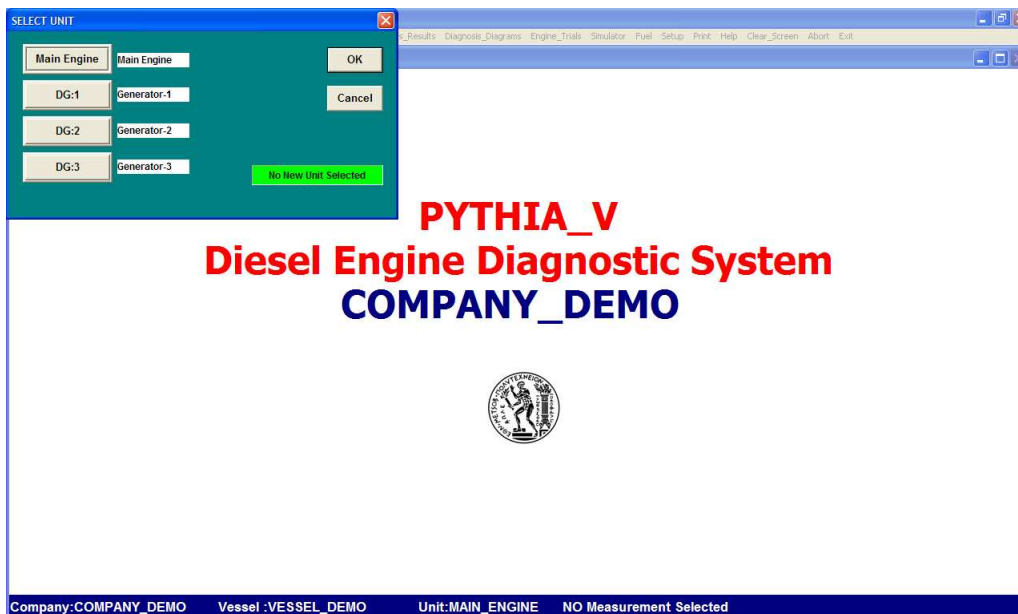
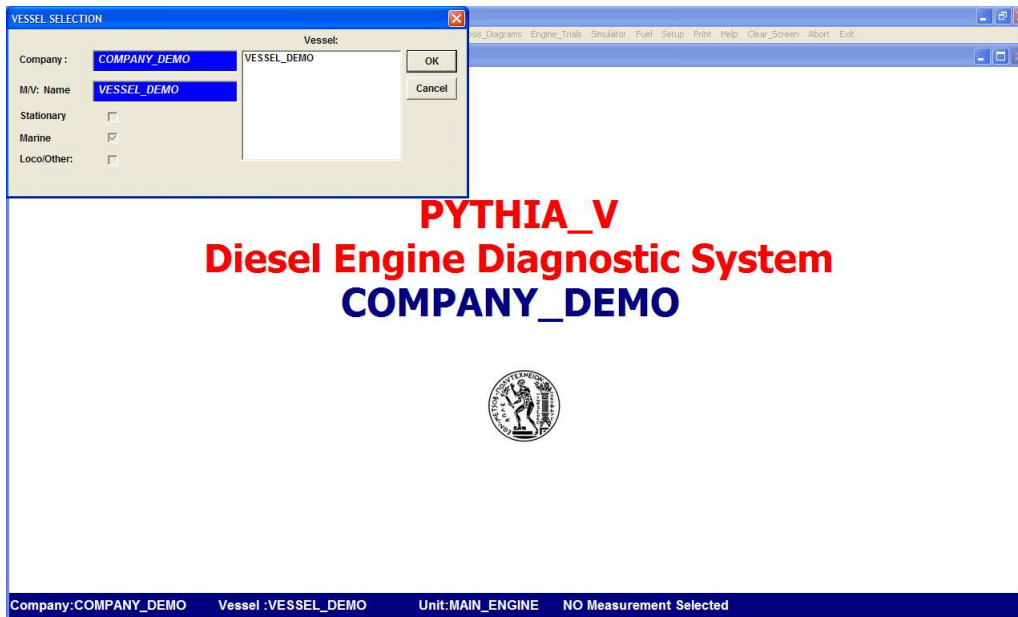
8.2. Engines

Όπως φαίνεται υπάρχουν τρία διαθέσιμα υπομενού. Με αυτά είναι δυνατόν να επιλεγεί μια μηχανή από την βάση δεδομένων, να αποκατασταθεί ένα αρχείο δεδομένων μηχανής ή να δημιουργηθεί αντίγραφο ασφαλείας αρχείου δεδομένων μηχανής.



8.2.1. Select Engine

Το μενού χρησιμοποιείται προκειμένου να επιλεγεί μια μονάδα για διάγνωση, μέτρηση κ.λ.π.



8.2.2. Create Engine Backup Files

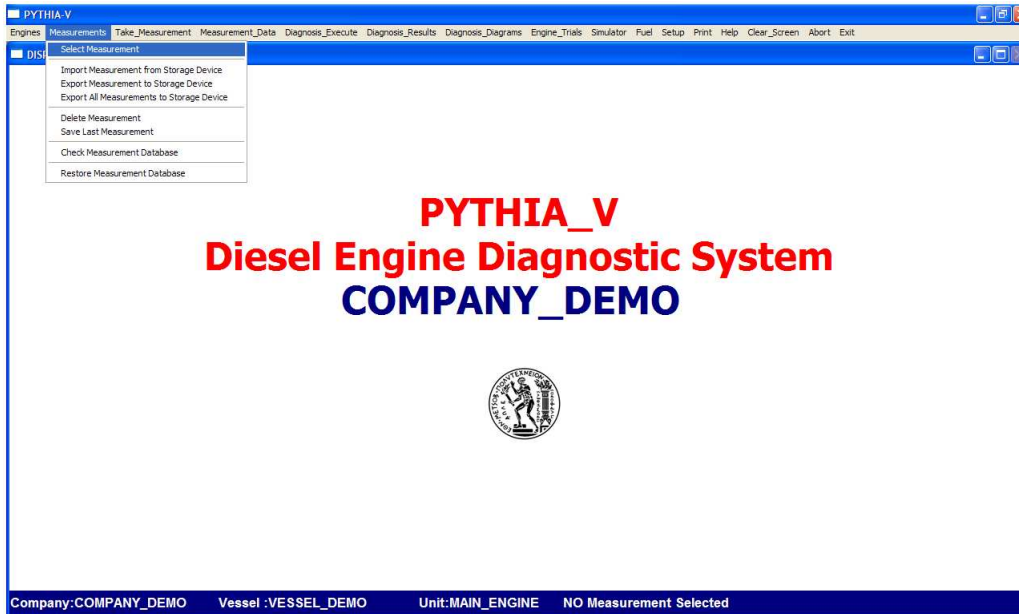
Δημιουργία αντιγράφων ασφαλείας για αρχεία μηχανής που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην περίπτωση που τα αρχικά αρχεία σβηστούν ή καταστραφούν.

8.2.3 Restore Engine Files from Backup

Αποκατάσταση αρχείων μηχανής στην περίπτωση που αυτά σβηστούν ή καταστραφούν.

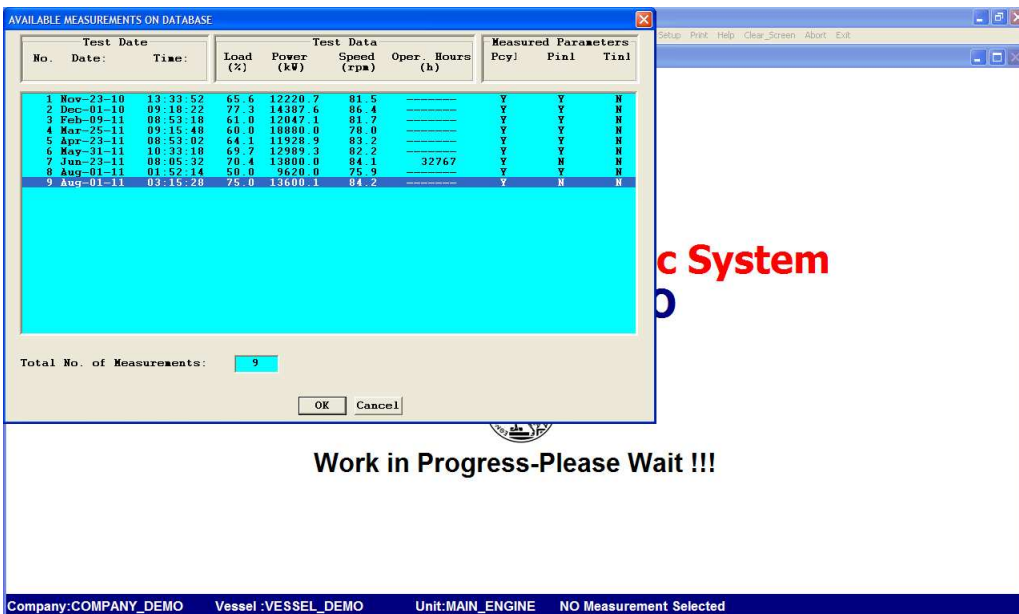
8.3. Measurements

Τα υπομενού της παραπάνω επιλογής φαίνονται παρακάτω. Υπάρχουν επτά επιλογές που αναλύονται πιο κάτω.



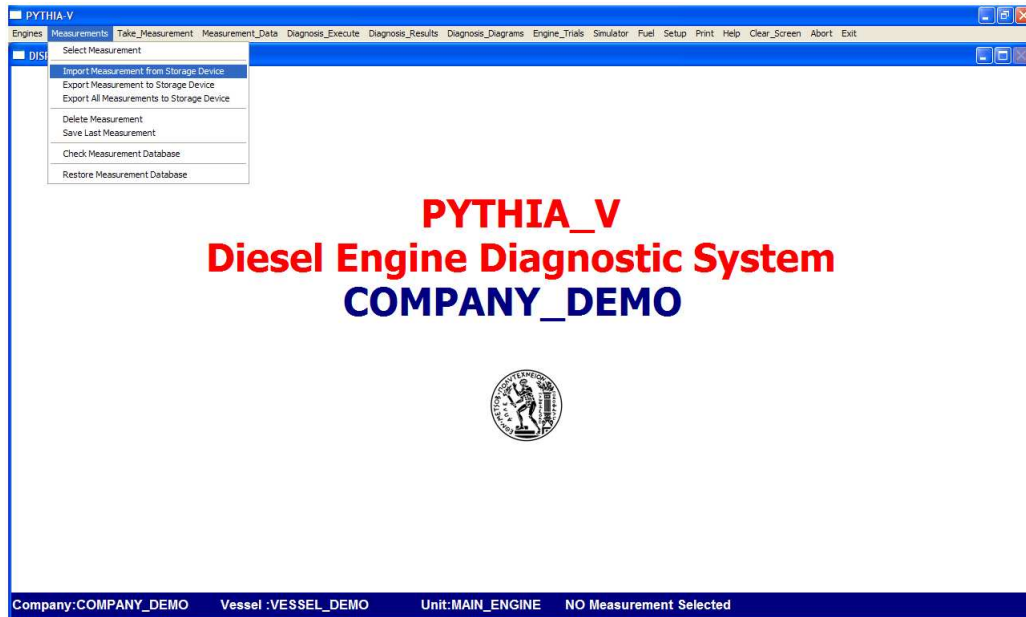
8.3.1. Select Measurement

Αυτή η επιλογή χρησιμοποιείται για να επιλεγεί μέτρηση για διάγνωση, επεξεργασία ή για να δει κανείς τα αποτελέσματα διάγνωσης που έχει ήδη γίνει.



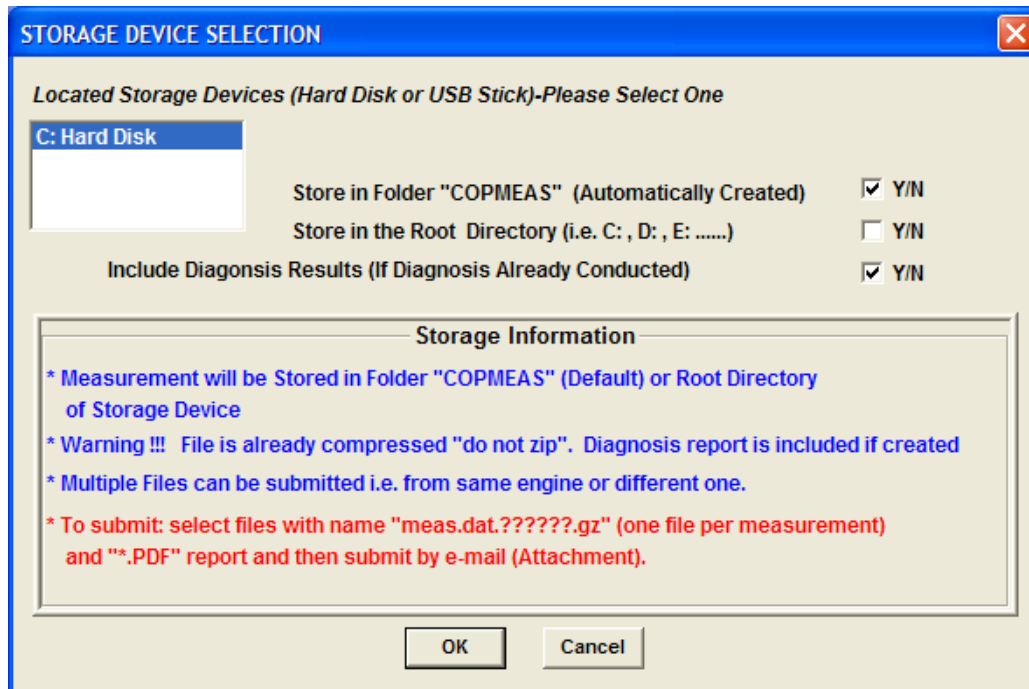
8.3.2. Import Measurement from Storage Device

Με αυτήν την επιλογή μπορεί να εισαχθεί στην βάση δεδομένων κάποια μέτρηση.



8.3.3. Export Measurement to Storage Device

Με αυτήν την επιλογή, μια μέτρηση αντιγράφεται από την βάση δεδομένων στον σκληρό δίσκο ή σε εξωτερική αποθηκευτική μονάδα.



8.3.4. Export all Measurements to Storage Device

Αυτή η επιλογή εξάγει όλες τις μετρήσεις που είναι διαθέσιμες σε αποθηκευτική συσκευή για μεταφορά δεδομένων ή δημιουργία αντιγράφων ασφαλείας.

8.3.5. Delete Measurement

Αυτό χρησιμοποιείται για να διαγράψει συγκεκριμένη και επιλεγμένη μέτρηση.

8.3.6. Save Last Measurement

Αυτή η επιλογή χρησιμοποιείται για να αποθηκεύσει την τελευταία ληφθείσα μέτρηση, στην περίπτωση που από λάθος αυτό δεν έγινε κατά την διαδικασία της μέτρησης.

8.3.7. Check Measurement Database

Έλεγχος της δομής της βάσης δεδομένων μετρήσεων. Πρέπει να γίνεται μόνο αν υπάρχει πρόβλημα.

8.3.8. Restore Measurement Database

Αυτό χρησιμοποιείται προς επαναφορά της βάσης δεδομένων μετρήσεων εάν ο προηγούμενος έλεγχος (3.7) αποτύχει να διορθώσει το πρόβλημα.

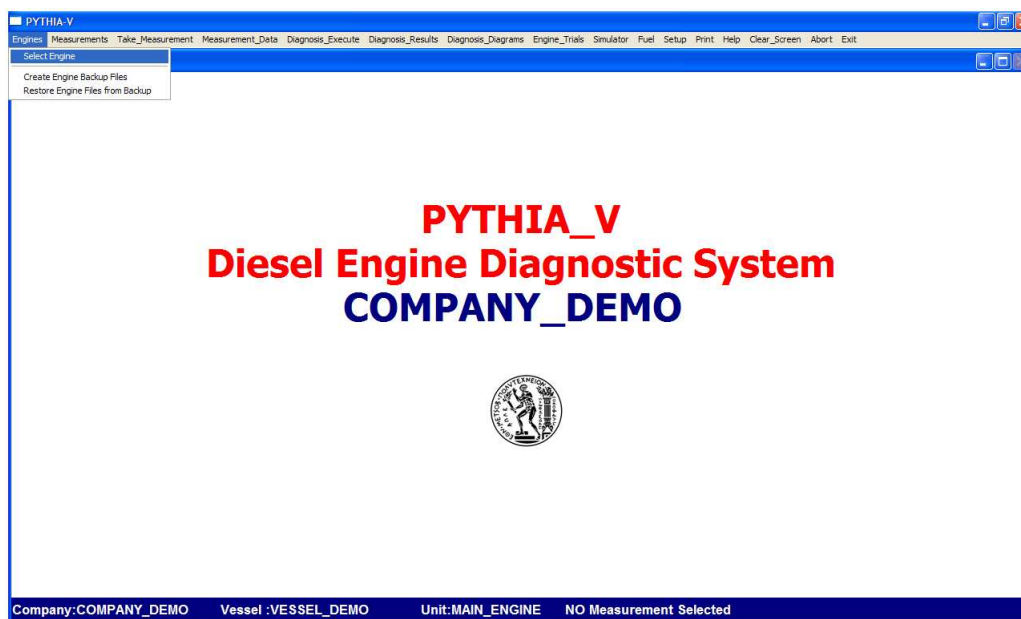
8.4. Take Measurement

Αυτό χρησιμοποιείται για λήψη νέας μέτρησης. Πριν από αυτό, η σχετική μονάδα πρέπει να επιλεγεί χρησιμοποιώντας το μενού “Engines” όπως ήδη έχει περιγραφεί. Στα παρακάτω περιγράφεται με βηματικό τρόπο η διαδικασία λήψης νέας μέτρησης.

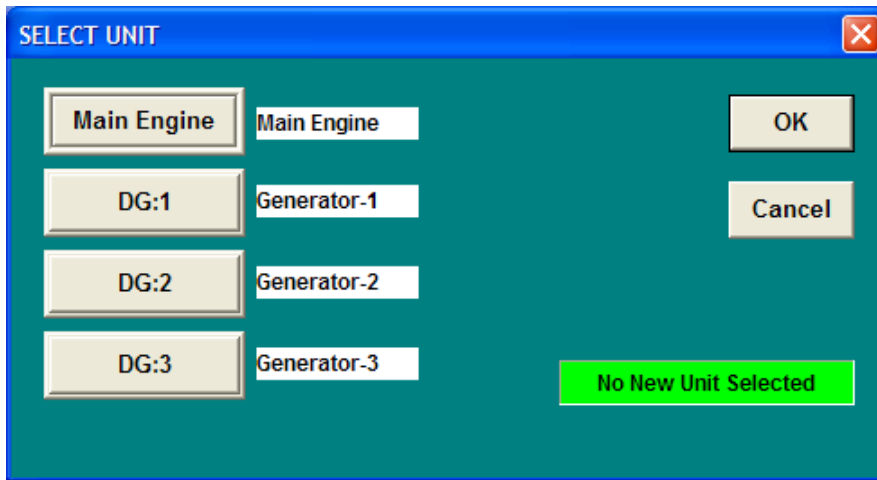
1. Σε αυτήν την παράγραφο δίνεται περιγραφή του συστήματος με τα κύρια συστατικά του και τις θέσεις συνδέσεων.



2. Άνοιγμα συσκευής και υπολογιστή.
3. Ενεργοποίηση του διαγνωστικού λογισμικού με επιλογή του σχετικού εικονιδίου από την επιφάνεια εργασίας.
4. Από το κύριο μενού του διαγνωστικού λογισμικού επιλογή του μενού “Engines”



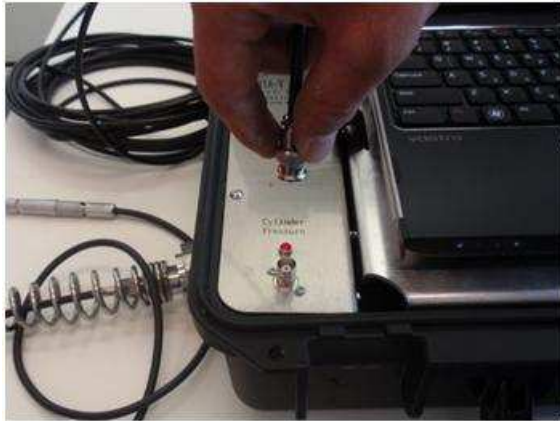
5. Επιλογή της κύριας μηχανής ή γεννήτριας.



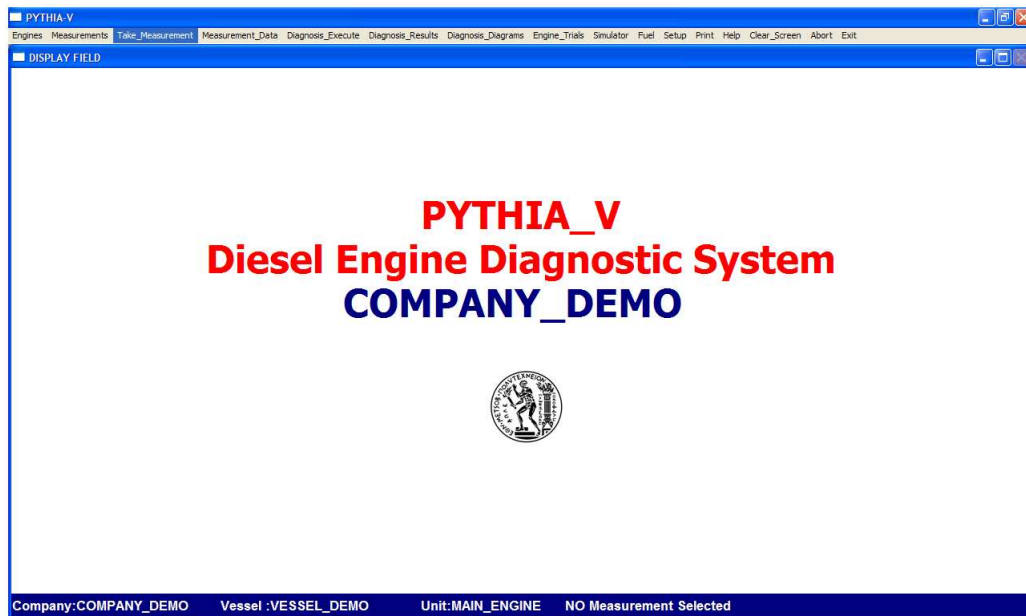
6. Σύνδεση του καλωδίου αισθητήρα στον αισθητήρα πίεσης.



7. Σύνδεση του καλωδίου αισθητήρα στην υποδοχή "Cylinder Pressure" της συσκευής.

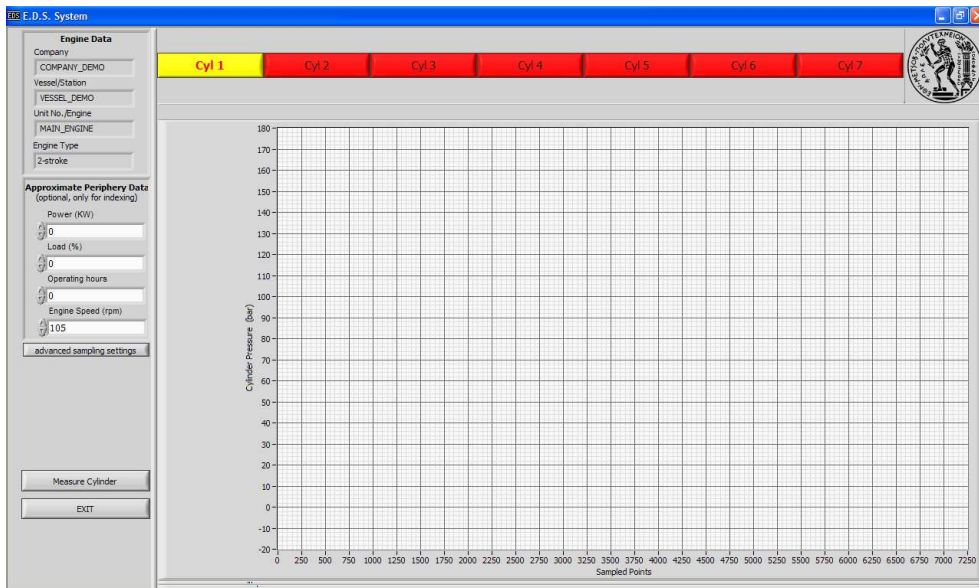


8. Από το κύριο μενού του διαγνωστικού λογισμικού έχει επιλεγεί το “Take_Measurement”.



9. Στην συνέχεια πρέπει να εισαχθεί μια εκτίμηση της τρέχουσας ταχύτητας της μηχανής αλλιώς χρησιμοποιείται η προεπιλεγμένη τιμή. Το σύστημα κατά την επεξεργασία θα υπολογίσει αυτόματα την ακριβή ταχύτητα της μηχανής. Για

μηχανές σταθερής ταχύτητας προφανώς δεν απαιτείται η εισαγωγή της ταχύτητας. Επίσης μπορούν να δοθούν από τον χρήστη οι τιμές της ισχύος, του φορτίου και των ωρών λειτουργίας.



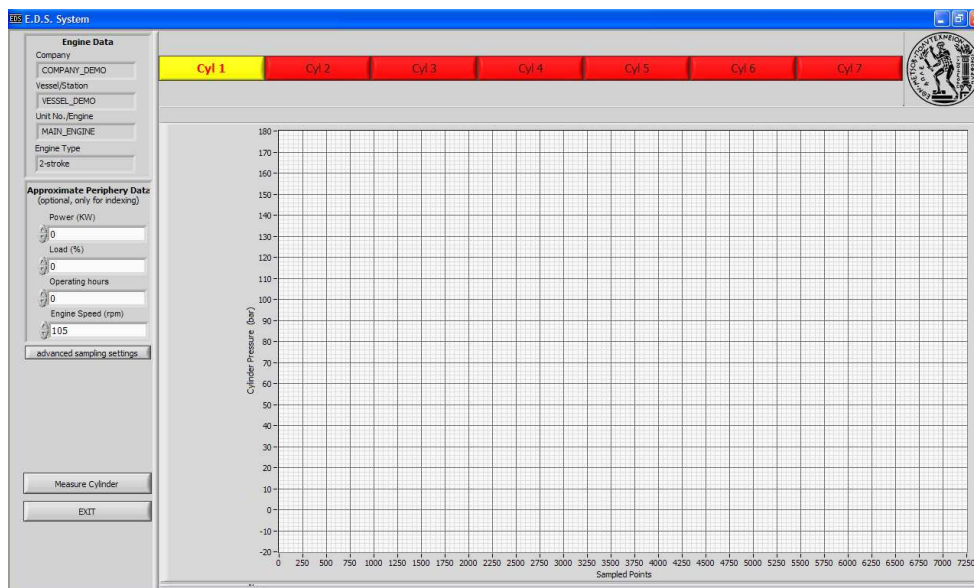
10. Καθαρισμός εξαρτημάτων από υπολείμματα προηγούμενων μετρήσεων.

11. Σύνδεση με το χέρι του αντάππορα Thompson πάνω στην υποδοχή του κυλίνδρου της μηχανής.





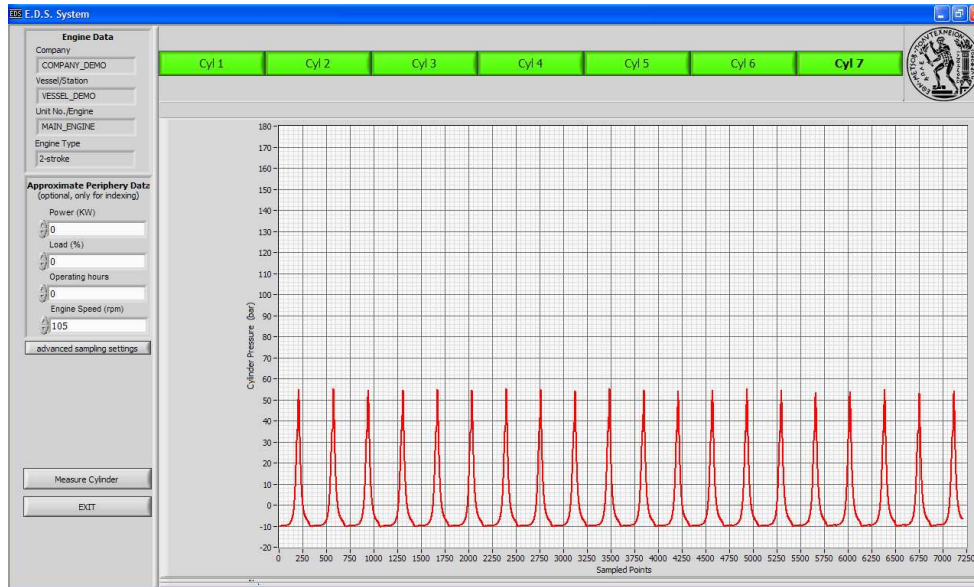
12. Αναμονή περίπου ένα με δυο λεπτά πριν την μέτρηση του πρώτου κυλίνδρου. Αυτό είναι απαραίτητο για να σταθεροποιηθεί το σύστημα. Όταν πατηθεί το κουμπί “Measure Cylinder” αρχίζει η μέτρηση. Αναμονή έως ότου εμφανιστεί στην οθόνη ένα διάγραμμα με συνεχείς καμπύλες πίεσης στους κυλίνδρους.



13. Μετά την μέτρηση του κυλίνδρου αποσύνδεση του αντάπτορα “Thompson” από τον κύλινδρο, αποθήκευση μέτρησης. Η μέτρηση αυτόματα προχωράει στον επόμενο κύλινδρο.

14. Επανάληψη της διαδικασίας για όλους τους κυλίνδρους του κινητήρα. Το καλώδιο αισθητήρα δεν πρέπει να αποσυνδεθεί από την συσκευή κατά την εναλλαγή των κυλίνδρων.

15. Μετά την ολοκλήρωση της μετρητικής διαδικασίας και για επιστροφή στο κύριο παράθυρο επιλογή EXIT. Αυτό μπορεί να γίνει ανά πάσα στιγμή π.χ. στην περίπτωση που είναι επιθυμητή η μέτρηση συγκεκριμένου κυλίνδρου, ενός αριθμού κυλίνδρων ή όλων των κυλίνδρων.



16. Προκειμένου να αποθηκευτεί η μέτρηση στην βάση δεδομένων επιλογή “SAVE”. Εάν αυτό δεν γίνει, τότε η μέτρηση μπορεί να αποθηκευτεί με την επιλογή “Save Last Measurement” στο μενού “Measurements” όπως έχει ειπωθεί παραπάνω, και πριν την επιλογή άλλης μηχανής ή την διεξαγωγή άλλης μετρήσεως.

SAVE MEASUREMENT ON DATABASE-MEASUREMENT INFORMATION

Engine Information

Company: COMPANY_DEMO

Vessel: VESSEL_DEMO

Main_Engine/Gen_?: MAIN_ENGINE

Date (dd/mm/yy): 05/12/2011

Measurement Number: 10

Measurement Details

Measurement Information

Engine Load (%): 0.0

Engine Speed (rpm): 0.0

Engine Power (kW): 0.0

Channels

Cyl. Pres.

No.2

No.3

Save Cancel

17. Επιλογή “Yes” στην ερώτηση για εισαγωγή “Measurement Periphery Data”. Εάν αυτό δεν γίνει τότε τα δεδομένα της μέτρησης μπορούν να εισαχθούν σε μεταγενέστερο χρόνο επιλέγοντας την μέτρηση από το μενού “Measurements” και μετά επιλέγοντας “Measurement Periphery Data” στο μενού “Measurement_Data”.

Data Request

Enter Measurement Periphery Data ?

Yes No

18. Εισαγωγή περιφερειακών δεδομένων που έχουν αποκτηθεί με συμβατικά όργανα.

ENGINE OPERATING DATA															
General Information															
Company:	COMPANY_DEMO	Vessel:	VESSEL_DEMO	Unit:	MAIN_ENGINE	Engine S/N:	SERIAL_1	Engine Name:	7CYL_2Str	Meas. No.:	7				
General Operation Data															
Date	Jun-23-11	Speed (rpm)	84.2	E/R Temperature (C)	40.0	Log Speed [knots]	0.0	Brake Power (kW)	13800.0	Load (%)	0.0	E/R Pressure (mbar)	1013.0	Slip (Prop-Log/Log)	0.0
Fuel Density (kg/m ³)	989.6	Fuel Temp. (C)	0.0	Loaded/Ballast	Ballast	Sea Current (Knots)	0.0	H. Value (kcal/kg)	9650.0	Fuel Sulfur (%)	0.0	Mean Draft (m)	0.0	Sea Condition	Normal
Cylinder Data															
Cylinder No.	1	2	3	4	5	6	Mean								
Cyl. Temp. (C)	365.0	320.0	323.0	342.0	350.0	314.0	335.7								
Fuel Pump Index (-)	84.0	78.0	80.0	81.0	82.0	77.0	80.3								
VIT Index (-)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	80.3								
Gas Exchange System															
Turbocharger Data					Air Cooler Data										
	1	2				1	2								
Speed (rpm)	8418.0	8418.0			Air Temperature Before Cooler (C)	160.0	160.0								
Scav. Air Pressure-Gauge (bar)	1.76	1.76			Scav. Air Temperature-A/C Out (C)	44.0	44.0								
Exh. Man. Pressure-Gauge (bar)	1.52	1.52	Calculate		Water Temperature In (C)	35.0	35.0								
Exh. Back Pressure (mmW)	64.0	64.0			Water Temperature Out (C)	41.0	41.0								
Turbine Inlet Temp. (C)	425.0	425.0			Pressure Drop (mmW)	115.0	115.0								
Turbine Outlet Temp. (C)	290.0	290.0			Air Filter Pressure Drop (mmW)	70.0	70.0								
Absolutely Necessary					N/A: Not Available (Not provided yet by user)										
Scavenging Air Pressure (bar)															
Scav. Air Temperature-A/C Out (C)															
If Exh. pressure is not measured enter Scav. Pressure and click "Calculate".															
SAVE					Close										
Save to File															
Print															

Για να γίνει μια διάγνωση απαραίτητες είναι οι τιμές των:

Scavenging Air Pressure (bar)

Air Temperature Out – Scav. Air (σε βαθμούς Κελσίου)

Αυτές οι τιμές καταγράφονται παράλληλα με την μέτρηση της πίεσης στους κυλίνδρους.

Εάν αυτές δεν εισαχθούν ο χρήστης θα κληθεί να τις παρέχει μετά την επιλογή "SAVE" και πριν γίνει κάποια επεξεργασία ή διάγνωση. Εάν η τιμή "Scavenging Air Pressure" δεν είναι αξιόπιστη τότε μπορεί να χρησιμοποιηθεί η επιλογή "Estimate Scavenging Pressure – Allows for Load Variation".

Το κουμπί "Calculate" δίπλα στην τιμή της πίεσης εξαγωγής χρησιμεύει για την εκτίμηση της πίεσης εξαγωγής όταν αυτή δεν μετρείται χρησιμοποιώντας πληροφορίες από το shop test data για την διαφορά μεταξύ εισαγωγής και εξαγωγής. Η εκτίμηση κανονικά γίνεται αυτόματα όταν τροποποιείται η πίεση εισαγωγής.

8.5. Measurement_Data

Οι διαθέσιμες επιλογές απεικονίζονται στην παρακάτω εικόνα. Ο χρήστης μπορεί να προβάλει τα περιφερειακά δεδομένα ή να τα τροποποιήσει. Επιπλέον είναι δυνατή η προβολή των ακατέργαστων δεδομένων από την μέτρηση της πίεσης.



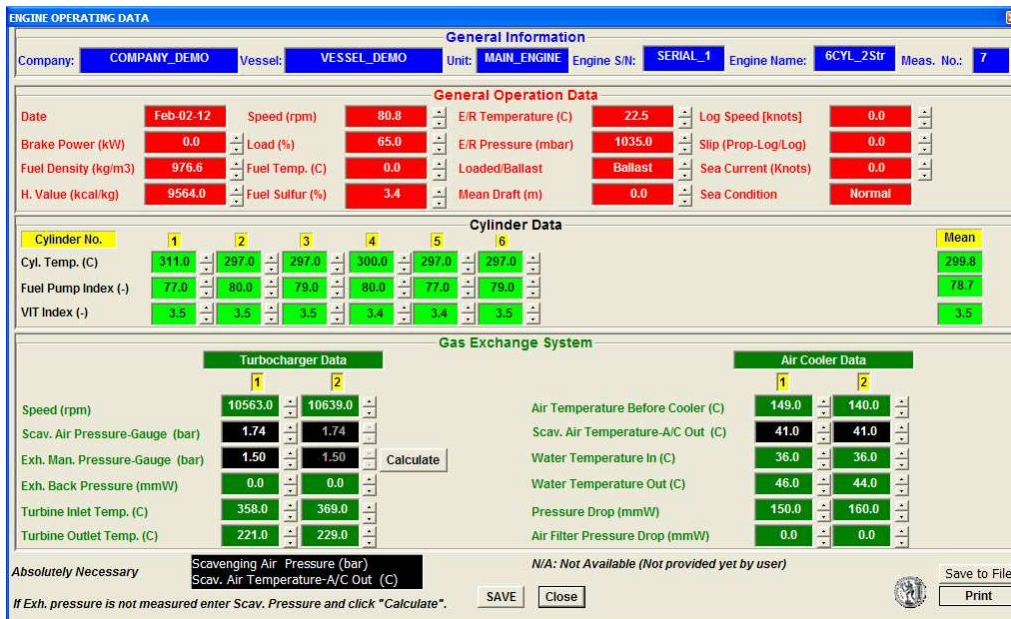
8.5.1. “Measurement Periphery Data”

Με αυτήν την επιλογή προβάλλονται, εισάγονται και αλλάζουν τα περιφερειακά δεδομένα για την συγκεκριμένη επιλεγμένη μέτρηση. Τα δεδομένα που προβάλλονται συνήθως αποκτώνται με συμβατικό μετρητικό εξοπλισμό που εγκαθίσταται στην μηχανή κατά την μετρητική διαδικασία. Απαιτούνται οι παρακάτω τιμές.

Scavenging Air Pressure (bar): Η πίεση εισαγωγής.

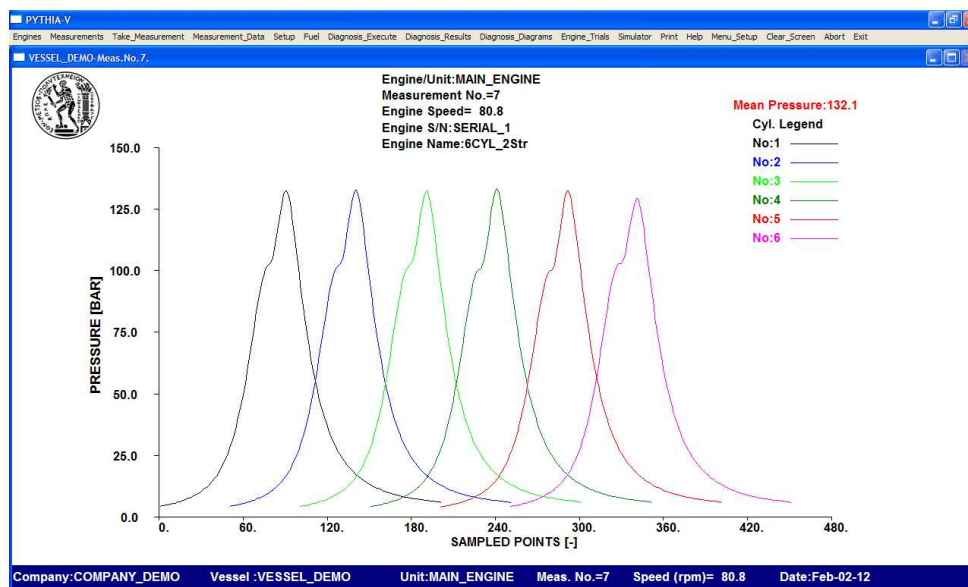
Air Temperature Out – Scav. Air: Η θερμοκρασία αέρα μετά τον ψύκτη.

Με την επιλογή αυτήν ο χρήστης μπορεί να τροποποιήσει υπάρχοντα δεδομένα ή να εισάγει τιμές με χρήση της παρακάτω οθόνης.



8.5.2. "Plot Measured Cyl. Pressure"

Διάγραμμα της μετρημένης πίεσης στους κυλίνδρους μετά από επεξεργασία αλλά όχι με τετμημένη την γωνία στροφάλου, όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα. Η επιλογή αυτή χρησιμοποιείται για προβολή δεδομένων μετά την μέτρηση για να υπάρχει η βεβαιότητα ότι η μέτρηση έχει αποκτηθεί σωστά ή για επισκόπηση όλων των κυλίνδρων.



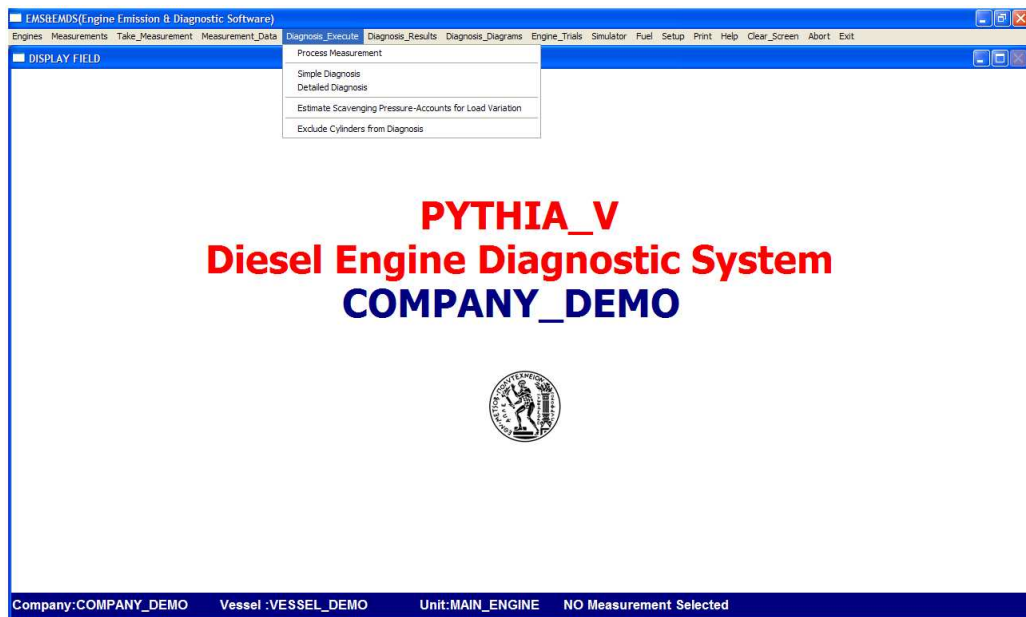
8.5.3. "Filter Processed Cyl. Pressure"

Αυτή η επιλογή χρησιμοποιείται για να αφαιρεθεί ο θόρυβος της μέτρησης της πίεσης. Οι κύλινδροι επιλέγονται από το μενού που φαίνεται παρακάτω.



8.6. “Diagnosis_Execute”

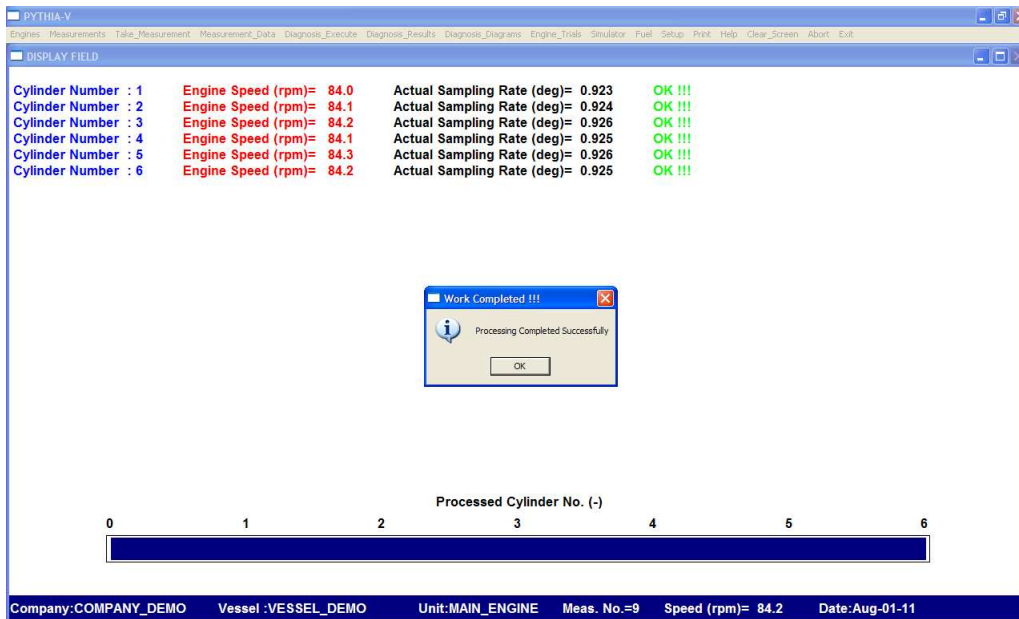
Η επιλογή χρησιμοποιείται για να γίνει διάγνωση της τρέχουσας επιλεγμένης μέτρησης.



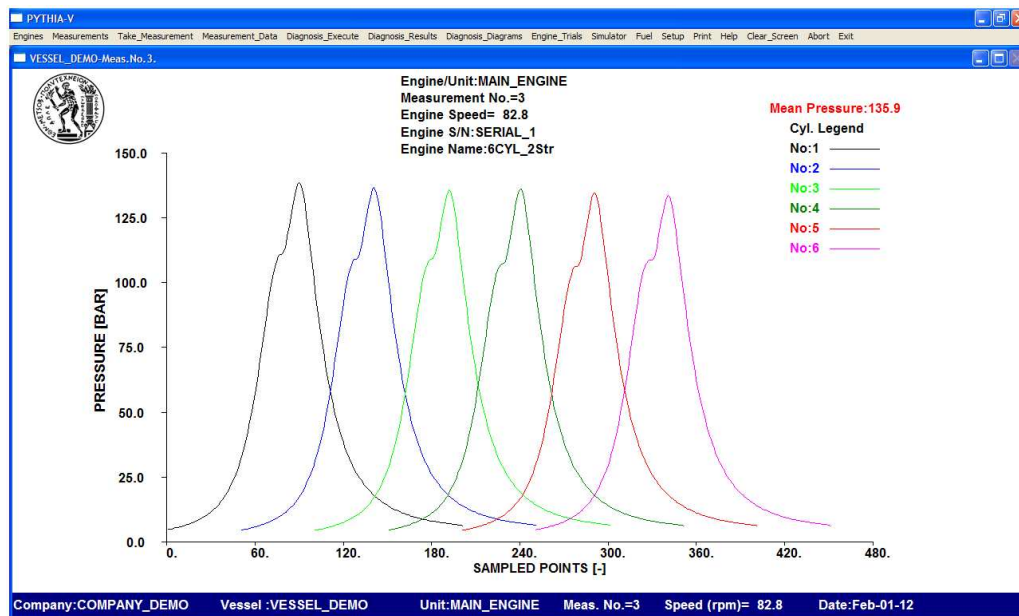
8.6.1. “Process Measurement”

Με αυτήν την επιλογή οι μετρημένες τιμές της πίεσης επεξεργάζονται ώστε να παραχθούν δεδομένα για μέσες πιέσεις και στιγμιαίες ταχύτητες της μηχανής κατά την μέτρηση.

Κατά την επεξεργασία προβάλλεται η παρακάτω οθόνη στην οποία μεταξύ άλλων φαίνεται η ακριβής ταχύτητα της μηχανής.



Αφού η επεξεργασία ολοκληρωθεί υπάρχει δυνατότητα εμφάνισης των αποτελεσμάτων όπως φαίνεται παρακάτω.



8.6.2. “Simple Diagnosis”

Η επιλογή αυτή χρησιμοποιείται για λήψη των βασικών διαγνωστικών πληροφοριών για την μηχανή από ένα ελάχιστο ποσό δεδομένων λειτουργίας. Τα αποτελέσματα της απλοποιημένης διαδικασίας είναι ακριβή και από τις τιμές αυτές αποκαλύπτεται η γενική κατάσταση της μηχανής. Η χρήση της απλής διάγνωσης προτείνεται για περιπτώσεις όπου χρειάζονται γρήγορα αποτελέσματα ή δεν διατίθεται περιφερειακά δεδομένα.

Η σωστή διαδικασία είναι να επιλεγεί μια μέτρηση, να επεξεργαστεί και μετά να διεξαχθεί η διάγνωση. Εάν ο χρήστης δεν έχει επιλέξει μια μέτρηση, το σύστημα αυτόματα περνάει στο μενού επιλογής μέτρησης και μετά συνεχίζει αυτόματα.

Εάν ο χρήστης έχει επιλέξει μια μέτρηση και δεν την έχει επεξεργαστεί τότε το σύστημα αυτόματα περνάει στο υπομενού της επεξεργασίας μέτρησης και μετά συνεχίζει αυτόματα.

8.6.3. “Detailed Diagnosis”

Με την επιλογή αυτήν παρέχονται λεπτομερείς πληροφορίες για τον κινητήρα συμπεριλαμβανομένης της κατάστασης του συστήματος εισαγωγής καυσίμου και της κατάστασης υποσυστημάτων του κινητήρα αν παρέχονται τα ανάλογα δεδομένα. Η σωστή διαδικασία είναι να επιλεγεί μια μέτρηση, να επεξεργαστεί και κατόπιν να γίνει η διάγνωση.

Αν δεν έχει επιλεγεί κάποια μέτρηση ή η επιλεγμένη μέτρηση είναι μη επεξεργασμένη, το σύστημα αυτόματα περνάει στο κατάλληλο μενού και μετά συνεχίζει αυτόματα.

8.6.4. “Estimate Scavenging Pressure – Accounts for Load Variation”

Με αυτήν την επιλογή η σχετική επιλογή τσεκάρεται και ενεργοποιείται η αυτόματη εκτίμηση της scavenging pressure. Αυτή η επιλογή θα πρέπει να χρησιμοποιείται απουσία τιμής για την πίεση εισαγωγής ή όταν υπάρχει υποψία ότι η τιμή αυτή δεν είναι σωστή. Πάντως τα καλύτερα αποτελέσματα κτώνται όταν η τιμή της πίεσης εισαγωγής είναι σωστή.

Το τελευταίο είναι κρίσιμο για κάθε ανάλυση λειτουργίας μηχανής.

8.6.5. “Exclude Cylinders from Diagnosis”

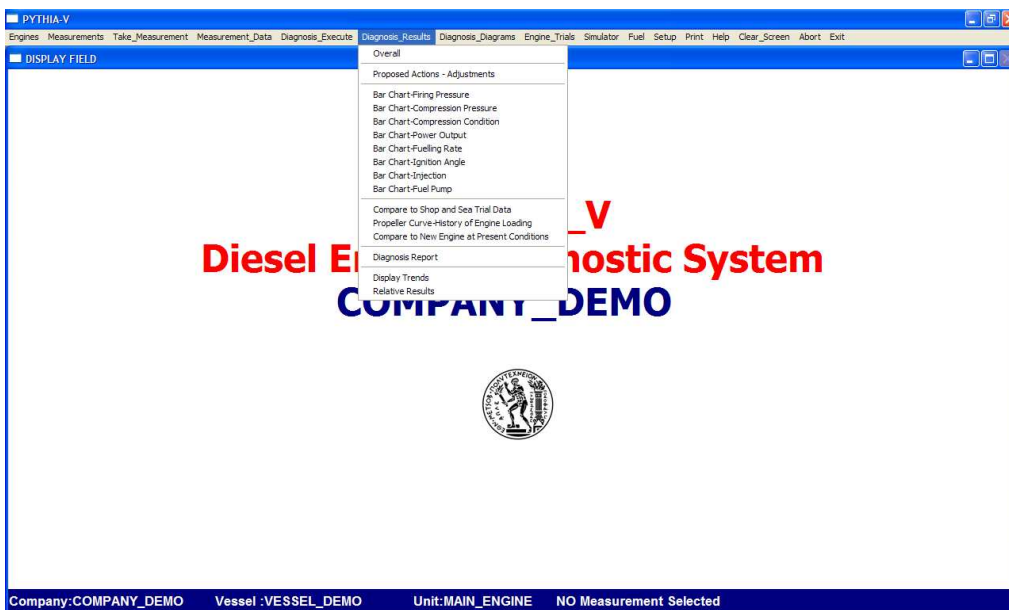
Με την επιλογή αυτήν μπορούν να εξαιρεθούν από την διάγνωση κάποιοι κύλινδροι, όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.



8.7. “Diagnosis_Results”

8.7.1. General

Με αυτήν την επιλογή παρέχεται πρόσβαση σε αποτελέσματα της διαδικασίας διάγνωσης. Πρώτα επιλέγεται μια μέτρηση και μετά γίνεται η διάγνωση.



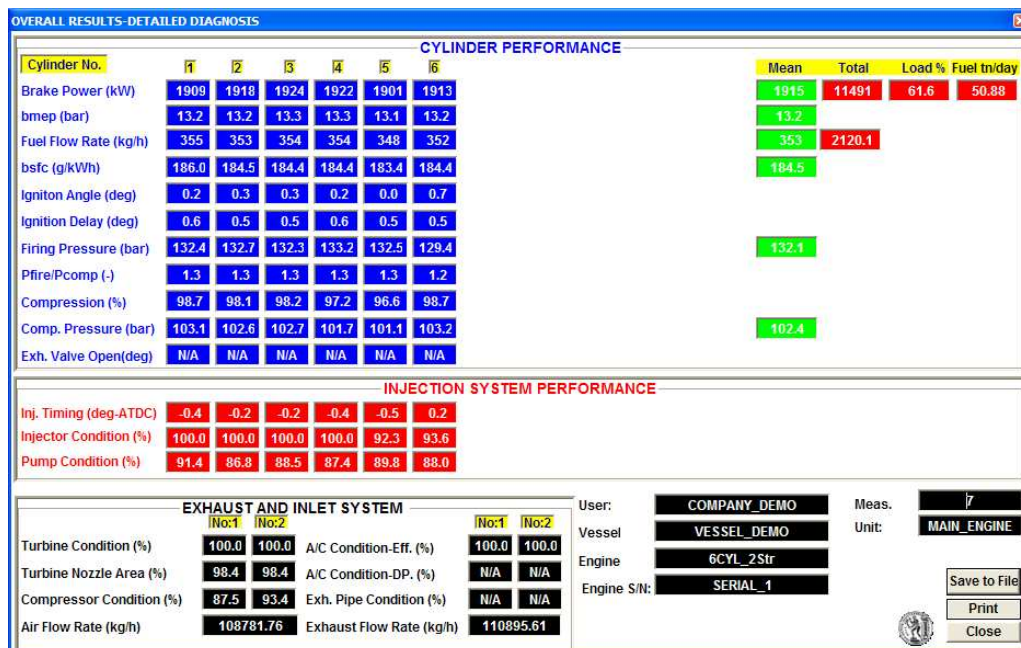
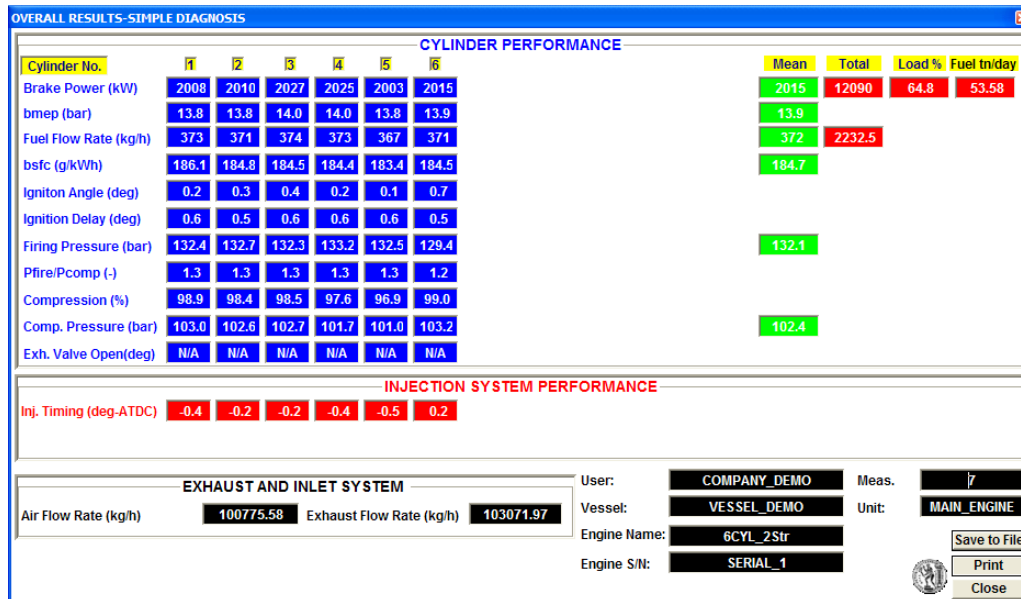
8.7.2. Comments – Precautions

Προσοχή απαιτείται σε περιπτώσεις που μια χαμηλή τιμή για την ποιότητα της συμπίεσης, την κατάσταση του συστήματος εισαγωγής ή της αντλίας καυσίμου ισχύει για όλους τους κυλίνδρους.

Αυτό αποκαλύπτει ότι υπάρχει πρόβλημα είτε με τα περιφερειακά δεδομένα ή με την βαθμονόμηση του μοντέλου όταν ειδικότερα το σύστημα χρησιμοποιείται για πρώτη φορά σε σκάφος.

8.7.3. “Overall Results”

Η επιλογή αυτή παρέχει πληροφορίες στον χρήστη για την γενική κατάσταση του κινητήρα και των υποσυστημάτων του, όπως δείχνουν οι παρακάτω εικόνες για απλή και λεπτομερή διάγνωση.



Εάν χρησιμοποιηθεί η επιλογή της απλής διάγνωσης και όχι της λεπτομερούς διάγνωσης δεν υπάρχουν αποτελέσματα για:

Compressor condition.

Turbine condition.

Injector condition.

Fuel pump condition.

A/C condition.

8.7.4. "Proposed Actions – Adjustments"

Αυτή η επιλογή παρέχει πληροφορίες για την λειτουργική κατάσταση της μηχανής με ποιοτικό τρόπο και προτάσεις για ρυθμίσεις ή άλλες δράσεις όπως δείχνουν οι παρακάτω εικόνες προκειμένου για απλή ή λεπτομερή διάγνωση.

QUALITATIVE RESULTS & PROPOSED ADJUSTMENTS-SIMPLE DIAGNOSIS

Cylinder No.	1	2	3	4	5	6
Power Output	OK	OK	OK	OK	OK	OK
Deviation (%)	-0.3	-0.2	0.6	0.5	-0.6	0.0
Fuelling Rate	OK	OK	OK	OK	OK	OK
Adjustment (%)	0.3	0.2	-0.6	-0.5	0.6	0.0
Firing Pressure	OK	OK	OK	OK	OK	OK
Deviation (%)	0.2	0.5	0.2	0.8	0.3	-2.0
Compression Pressure	OK	OK	OK	OK	OK	OK
Reduction (%)	-1.1	-1.6	-1.5	-2.4	-3.1	-1.0
Exhaust Valve Opening	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Adjustment (deg)	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

FUEL INJECTION SYSTEM

Inj. Timing	OK	OK	OK	OK	OK	OK
Adjustment (deg)	-0.4	-0.2	-0.2	-0.4	-0.5	0.2

User: COMPANY_DEMO Unit: MAIN_ENGINE
Vessel: VESSEL_DEMO Meas.No.: 7
Engine Name: 6CYL_2Str
Engine S/N: SERIAL_1

Save to File
Print
Close

N/A: Not Available

QUALITATIVE RESULTS & PROPOSED ADJUSTMENTS-DETAILED DIAGNOSIS

Cylinder No.	1	2	3	4	5	6
Power Output	OK	OK	OK	OK	OK	OK
Deviation (%)	-0.3	0.2	0.5	0.4	-0.7	-0.1
Fuelling Rate	OK	OK	OK	OK	OK	OK
Adjustment (%)	0.3	-0.2	-0.5	-0.4	0.7	0.1
Firing Pressure	OK	OK	OK	OK	OK	OK
Deviation (%)	0.2	0.5	0.2	0.8	0.3	-2.0
Compression Pressure	OK	OK	OK	OK	OK	OK
Reduction (%)	-1.3	-1.9	-1.8	-2.8	-3.4	-1.3
Exhaust Valve Opening	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Adjustment (deg)	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

FUEL INJECTION SYSTEM

Inj. Timing	OK	OK	OK	OK	OK	OK
Adjustment (deg)	-0.4	-0.2	-0.2	-0.4	-0.5	0.2
Injector	OK	OK	OK	OK	OK	OK
Fuel Pump	OK	CHECK	CHECK	CHECK	CHECK	CHECK

EXHAUST - INLET SYSTEM

Turbine Condition	No:1 OK	No:2 OK	Air Cooler Condition-Eff.	No:1 OK	No:2 OK
Turbine Nozzle Condition	OK	OK	Air Cooler Condition-DP.	OK	OK
Compressor Condition	OK	OK	Exhaust Pipe Condition	N/A	N/A

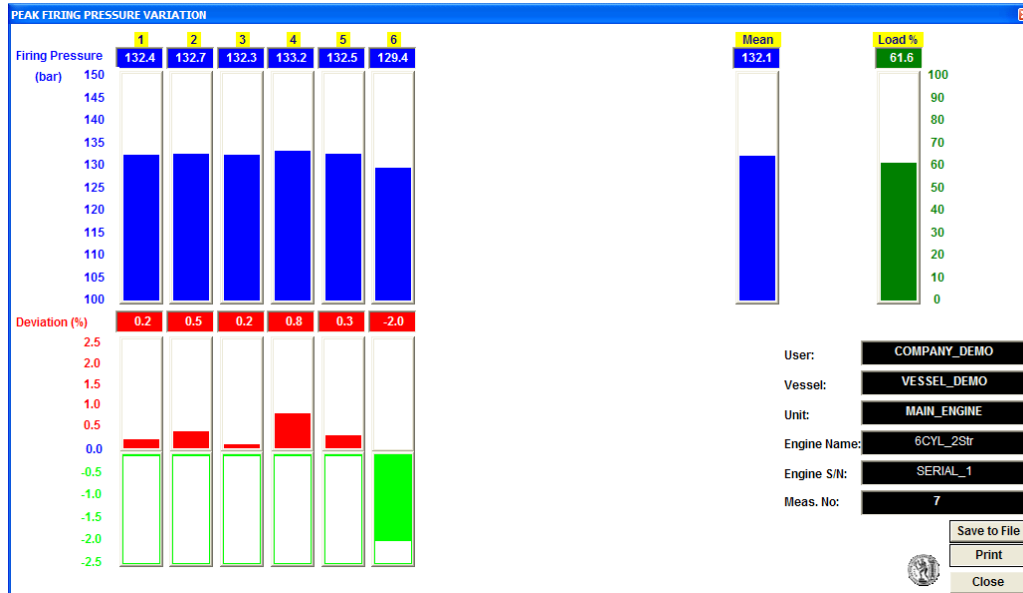
User: COMPANY_DEMO Unit: MAIN_ENGINE
Vessel: VESSEL_DEMO Meas.No.: 7
Engine Name: 6CYL_2Str
Engine S/N: SERIAL_1

Save to File
Print
Close

N/A: Not Available

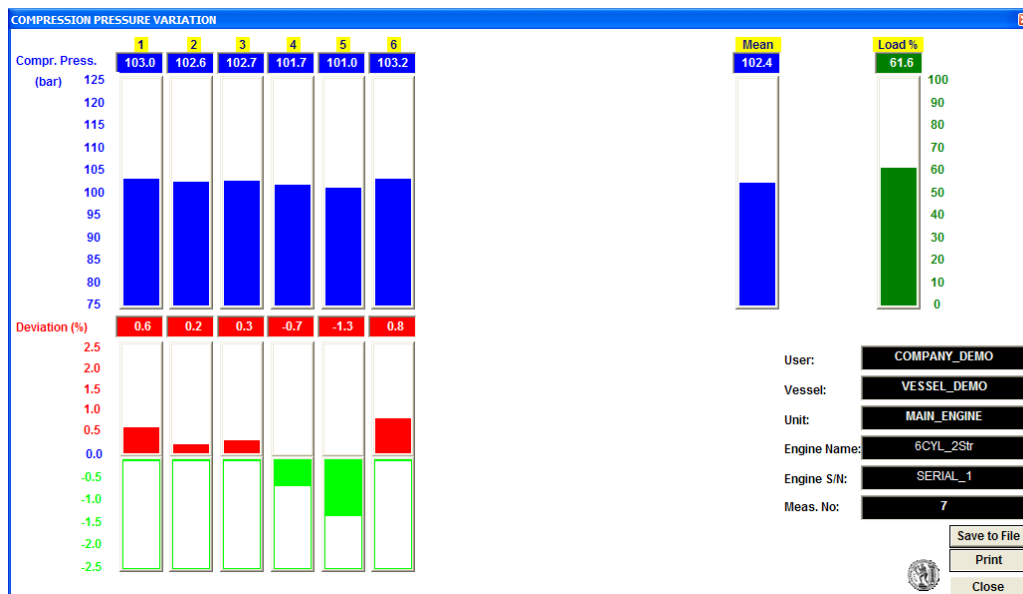
8.7.5. “Bar Chart – Firing Pressure”

Με την επιλογή αυτήν προβάλλονται με γραφικό τρόπο τα αποτελέσματα που σχετίζονται με την μέγιστη πίεση στους κυλίνδρους, η μέση τιμή και η απόκλιση.



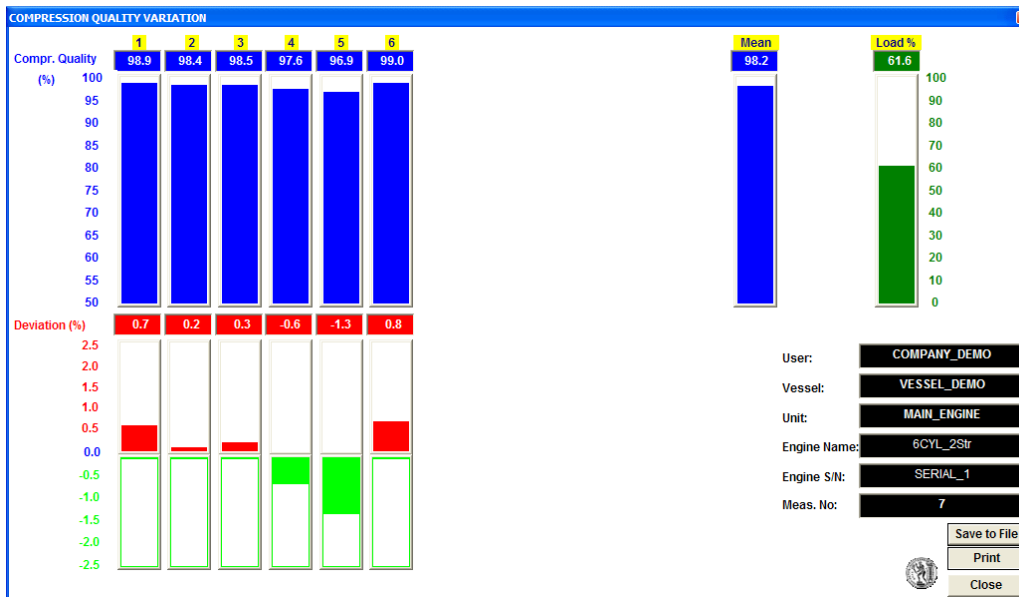
8.7.6. “Bar Chart – Compression Pressure”

Με την επιλογή αυτήν προβάλλονται με γραφικό τρόπο τα αποτελέσματα που σχετίζονται με την πίεση στους κυλίνδρους, η μέση τιμή και η απόκλιση.



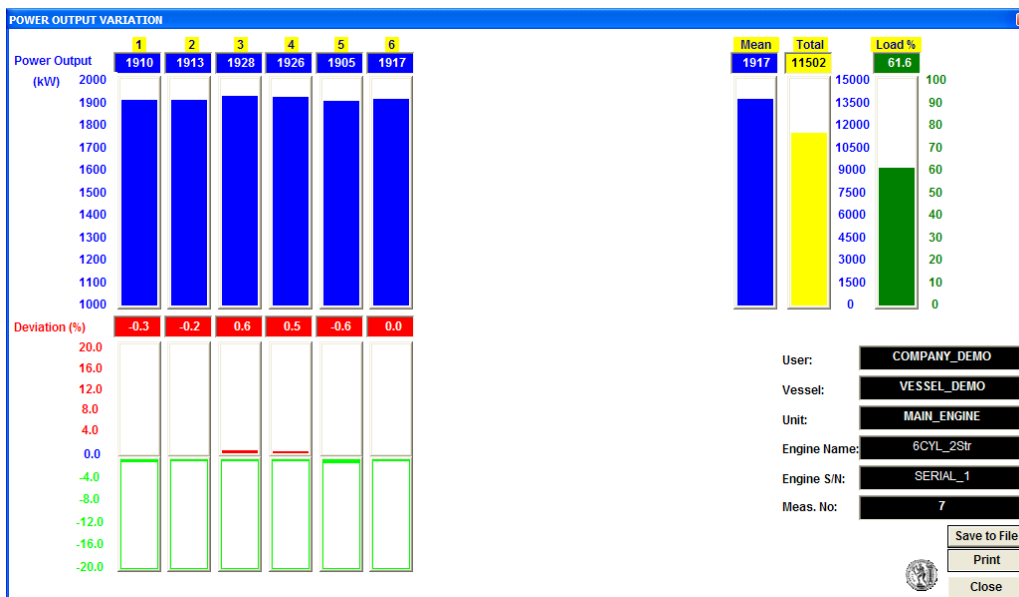
8.7.7. “Bar Chart – Compression Condition”

Με την επιλογή αυτήν προβάλλονται με γραφικό τρόπο η κατάσταση συμπίεσης στους κυλίνδρους, η μέση τιμή και η απόκλιση.



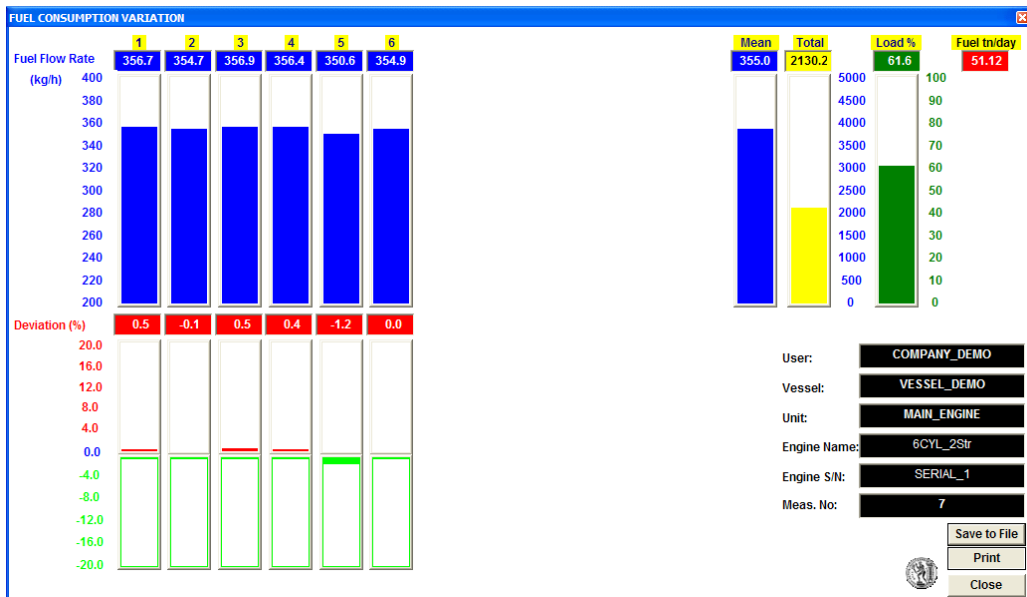
8.7.8. “Bar Chart – Power Output”

Με την επιλογή αυτήν προβάλλονται με γραφικό τρόπο η ισχύς των κυλίνδρων, η μέση τιμή της, η απόκλιση από την μέση τιμή και η συνολική ισχύς.



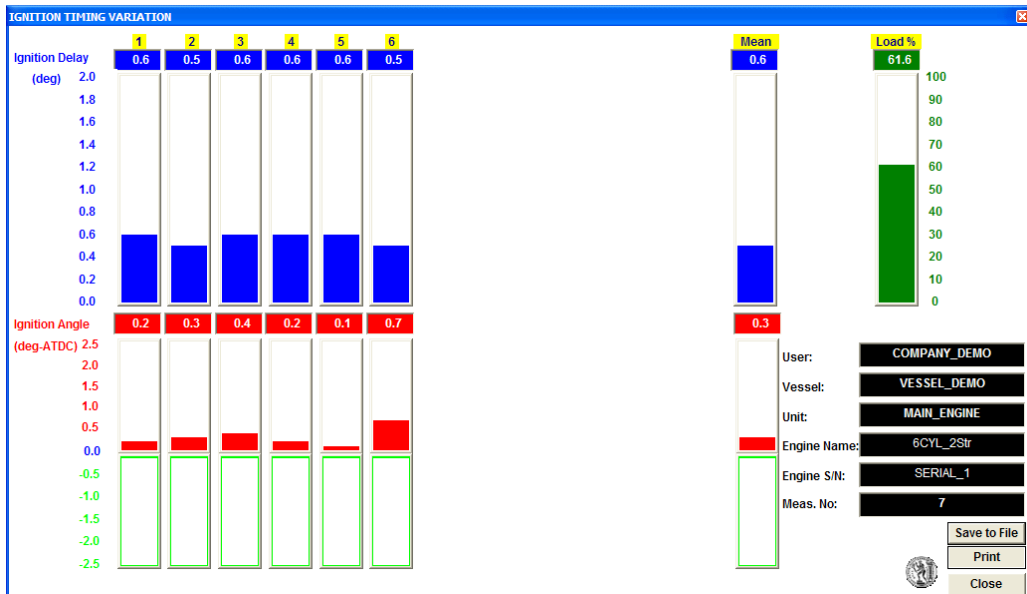
8.7.9. “Bar Chart – Fuelling Rate”

Με την επιλογή αυτήν προβάλλονται με γραφικό τρόπο η κατανάλωση καυσίμου των κυλίνδρων, η μέση τιμή της, η απόκλιση από την μέση τιμή και η συνολική κατανάλωση καυσίμου.



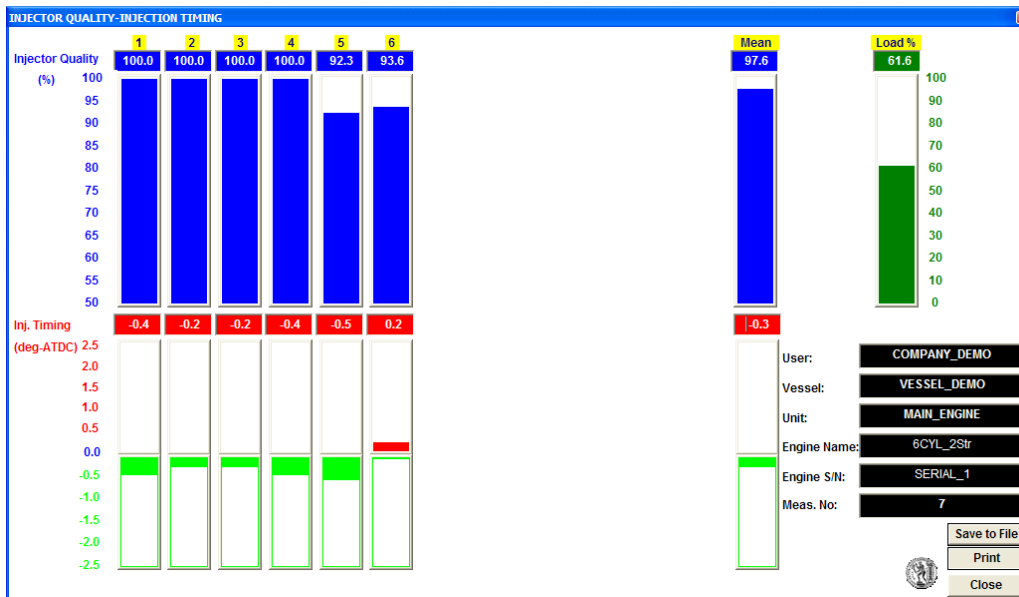
8.7.10. “Bar Chart – Ignition Angle”

Τα αποτελέσματα από όλους τους κυλίνδρους για τον χρόνο ανάφλεξης και την μέση τιμή.



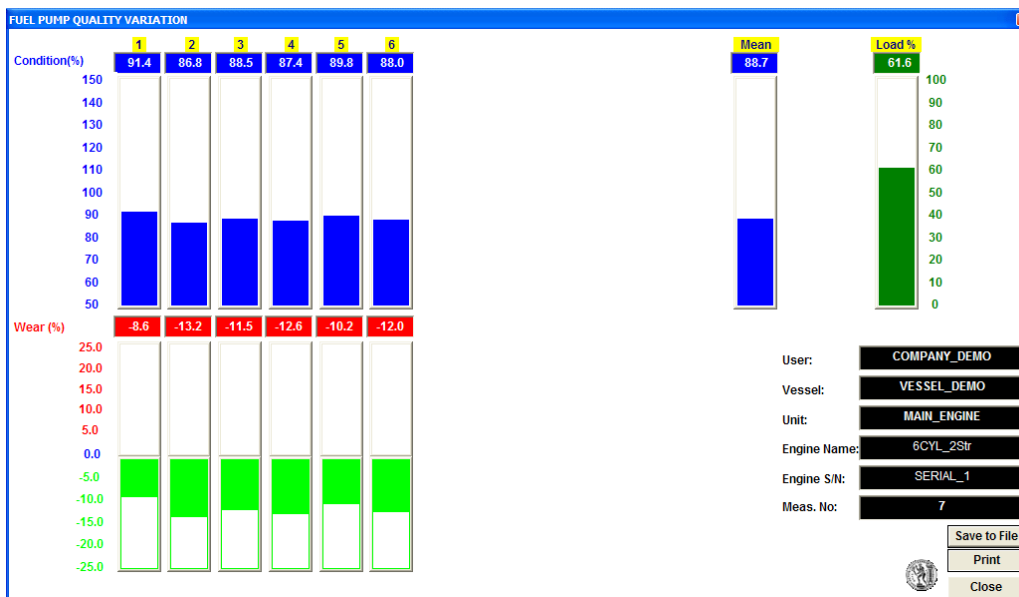
8.7.11. “Bar Chart – Injection”

Τα αποτελέσματα από όλους τους κυλίνδρους για ποιότητα της έγχυσης καυσίμου, την γωνία έγχυσης και την μέση τιμή.



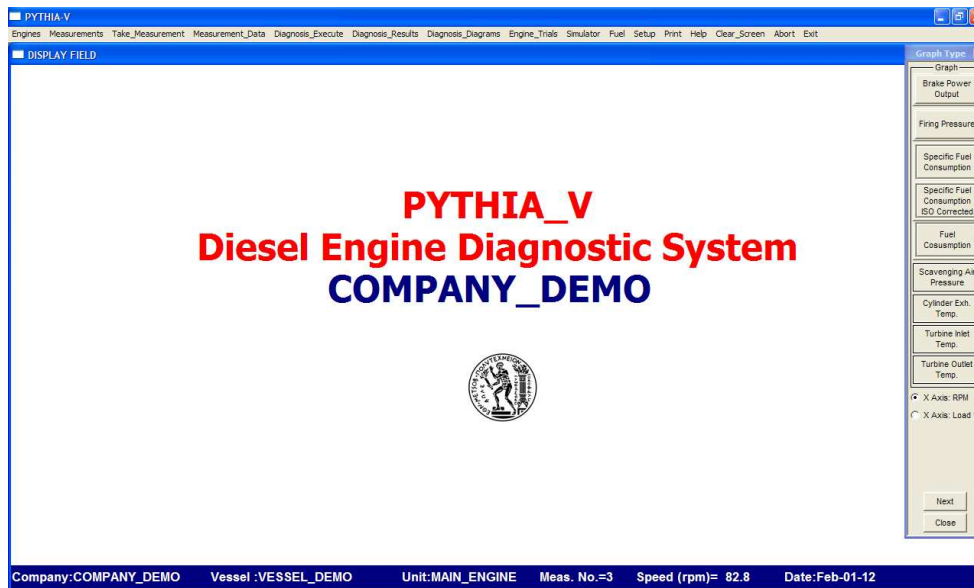
8.7.12. “Bar Chart – Fuel Pump”

Αποτελέσματα για την ποιότητα της αντλίας καυσίμου και την διαφοροποίηση τους από την τιμή αναφοράς 100%.



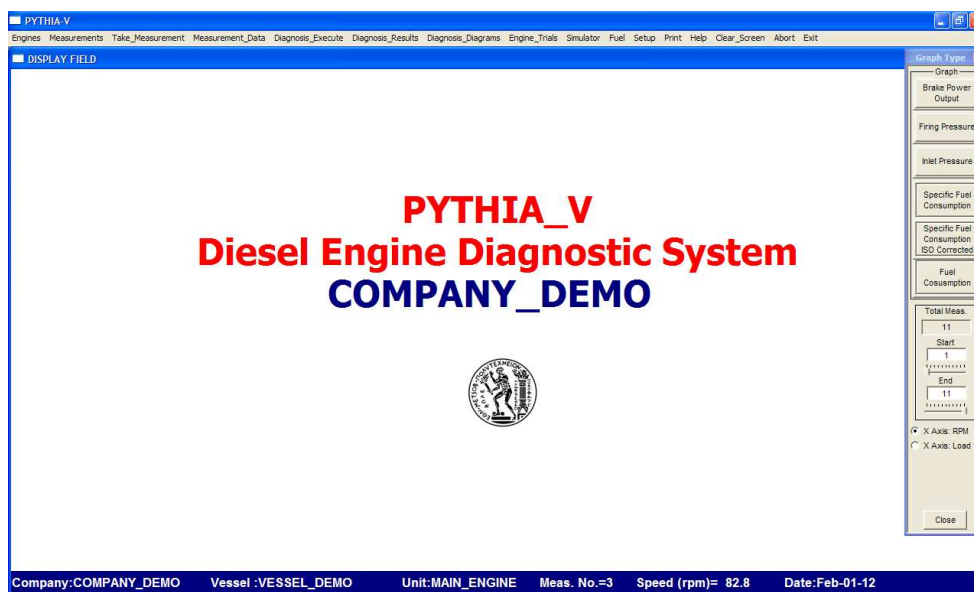
8.7.13. “Compare to Shop and Sea Trial Data”

Σύγκριση της τρέχουσας κατάστασης της μηχανής με εκείνη που αντιστοιχεί σε καινούργια μηχανή. Αρχικά εμφανίζεται η επόμενη οθόνη.



8.7.14. “Propeller Curve – History of Engine Loading”

Προβολή αποτελεσμάτων από όλες τις διαθέσιμες μετρήσεις της μηχανής σε διάφορες ταχύτητες και φορτία. Αρχικά εμφανίζεται η πιο κάτω οθόνη.



8.7.15. “Compare to New Engine”

Το σύστημα χρησιμοποιεί το ενσωματωμένο λογισμικό έτσι με προσομείωση να εκτιμήσει την αναμενόμενη επίδοση μιας καινούριας μηχανής στις συνθήκες της μέτρησης.

ENGINE OUTPUT : CURRENT & REFERENCE CONDITIONS

CYLINDER PERFORMANCE DATA		
	Present	Reference
Engine Load (%)	71.3	0.0
Fuel Rack Position (-)	79.5	76.8
Total Fuel Consumption (kg/h)	2452.0	2452.0
Power Output (kW)	13300.4	13302.2
Firing Pressure (bar)	135.9	148.0
Compression Pressure (bar)	109.0	N/A
bsfc (g/kWh:Reference Heating Value)	184.4	184.3

INLET SYSTEM		
Scavenging Pressure-Gauge (bar)	1.92	1.89
Scavenging Air Temperature (C)	40.0	45.1
A/C: Air Temperature In (C)	149.0	143.3
A/C: Pressure Drop (mmW)	155.0	163.0
Air Filter Pressure Drop (mmW)	0.0	6.4

EXHAUST SYSTEM		
Exhaust Manifold Pressure-Gauge (bar)	1.67	1.64
Cylinder Exhaust Temperature (C)	308.3	329.6
Turbine Inlet Temperature (C)	395.0	354.9
Turbine Outlet Temperature (C)	250.0	242.4
Turbine Speed (rpm)	0.0	10522.2
Exhaust Backpressure (mmW)	0.0	168.9

User: COMPANY_DEMO
Vessel: VESSEL_DEMO
Unit: MAIN_ENGINE
Engine Name: 6CYL_2Str
Engine S/N: SERIAL_1
Measurement: 3

Correct for LHV: 9564.0 Reference Heating Value (kcal/kg)
ISO Correct

Save to File
Print
Close

8.7.16. "Diagnosis Report"

Δημιουργία αναφοράς που περιέχει όλες τις βασικές πληροφορίες που προέκυψαν από την συγκεκριμένη μέτρηση.

REPORT DISPLAY OR CREATION

Display Existing Report ? Y

Initiate New Report Creation ? Y

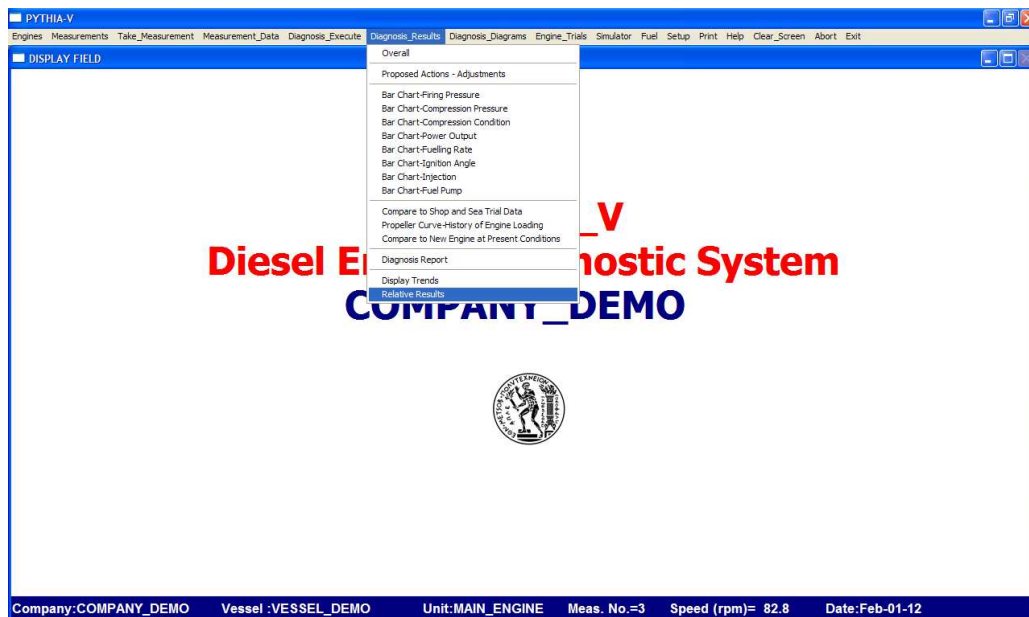
When asked press "Enter" or click the relevant button i.e. "Create-P?" Missing Report Page. Select "Abort" to Terminate Procedure

Process Will be Terminated by Display of Print Dialog

OK Cancel

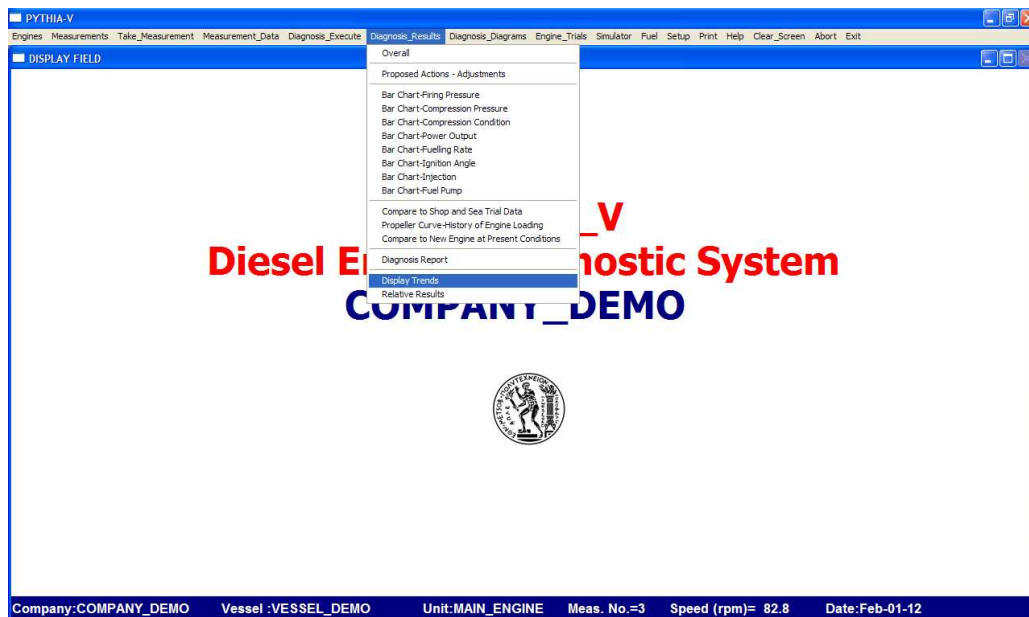
8.7.17. "Relative Results"

Αποτελέσματα για κάθε κύλινδρο σε σχέση με τον καλύτερο κύλινδρο.



8.7.18. "Trends"

Διάφορες παράμετροι του κινητήρα σε σχέση με τον χρόνο.

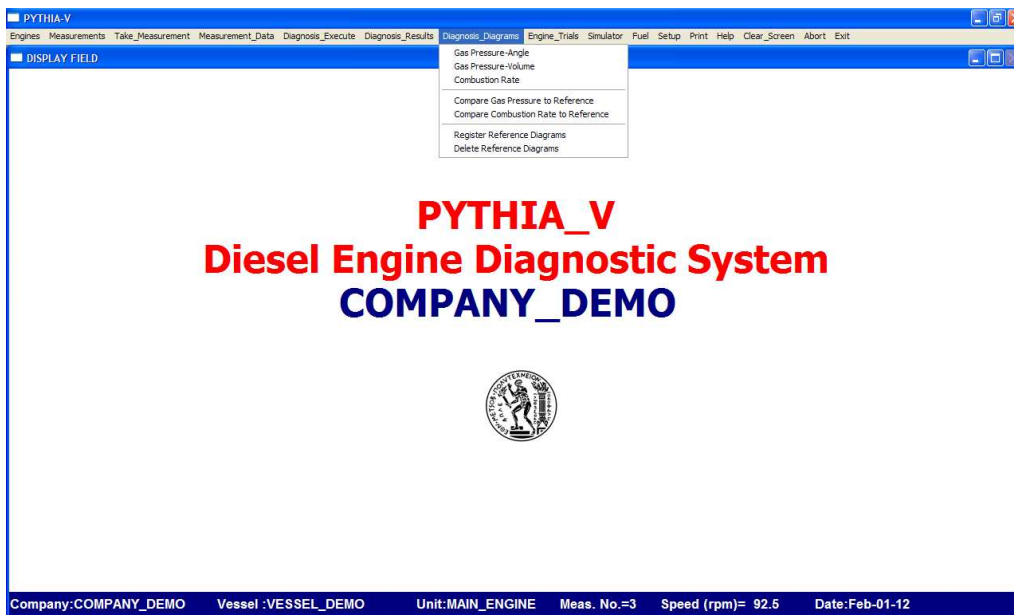


8.8. Diagnosis_Diagrams

Με την επιλογή αυτήν μετά από κάποια διάγνωση ή προκειμένου για μέτρηση για την οποία έχει γίνει ήδη διάγνωση οι καμπύλες της πίεσης στον κύλινδρο ή του ρυθμού καύσης με τετμημένη την γωνία στροφάλου προβάλλονται.

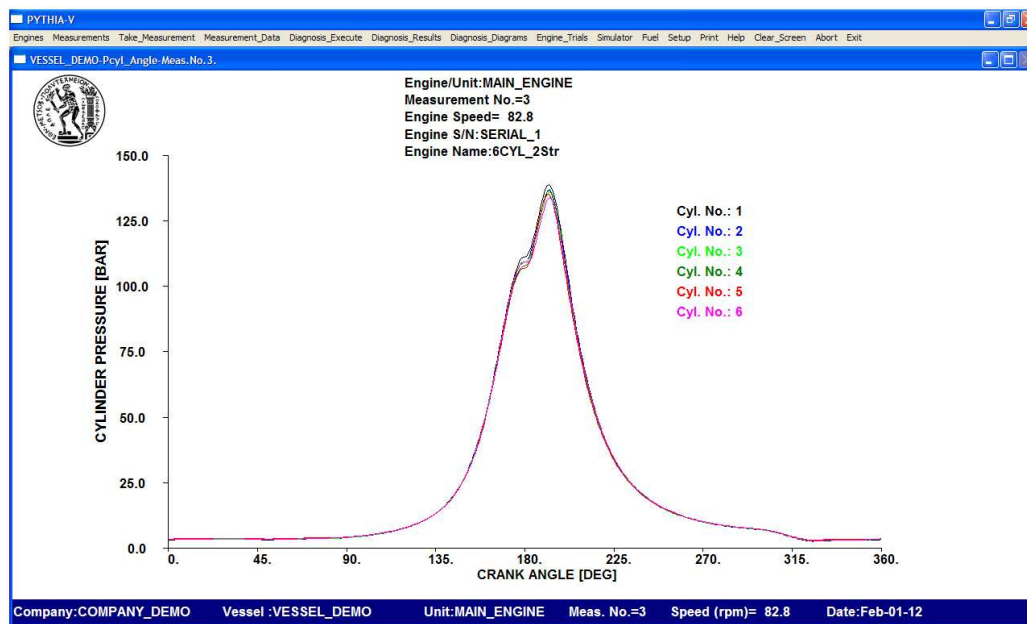
Αυτό είναι εφικτό γιατί το ANΣ έχει ήδη εκτιμηθεί από την διαδικασία διάγνωσης.

Εάν δεν έχει επιλεγεί μέτρηση ή εάν σε αυτή δεν έχει γίνει διάγνωση το σύστημα αυτόματα παραπέμπει στο κατάλληλο μενού.



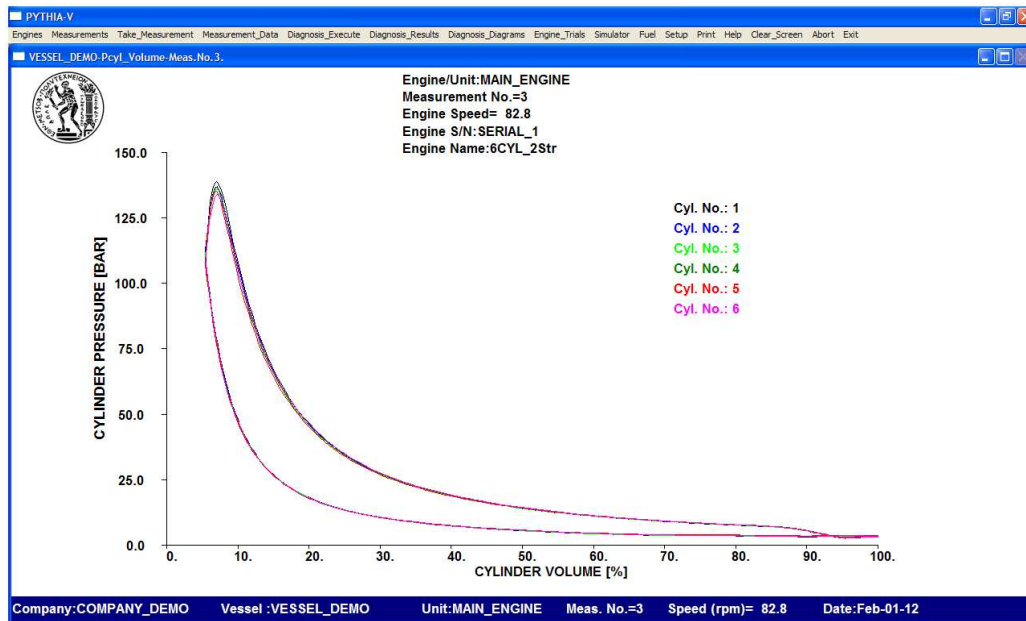
8.8.1. “Gas Pressure – Angle”

Με την επιλογή αυτήν προβάλλεται η καμπύλη της πίεσης για συγκεκριμένο αριθμό κυλίνδρων με τετμημένη την γωνία στροφάλου.



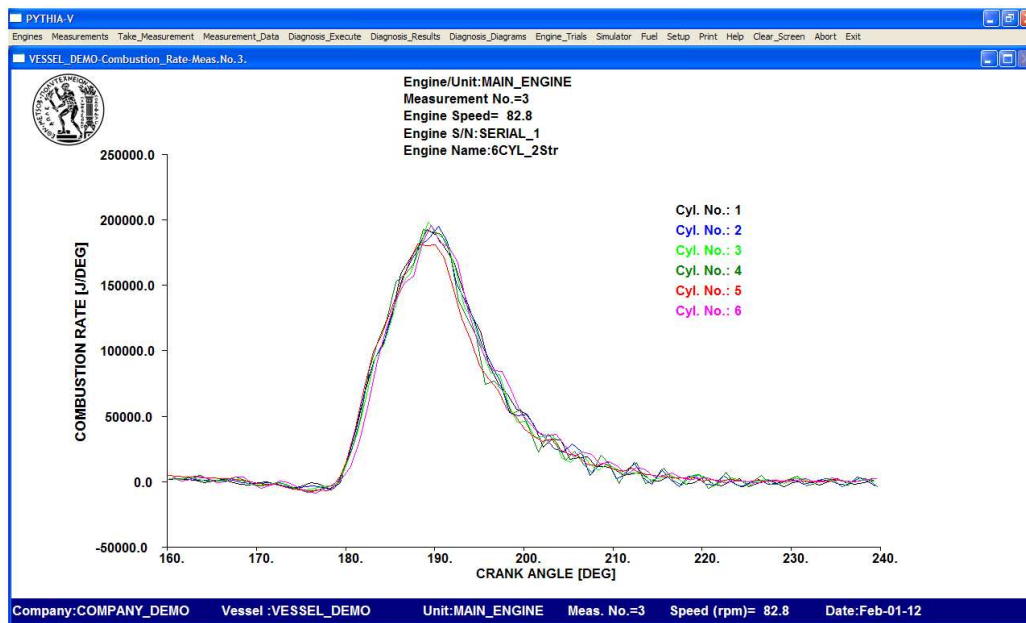
8.8.2. “Gas Pressure – Volume”

Με χρήση της επιλογής αυτής προβάλλεται το διάγραμμα πίεσης – όγκου το οποίο παρέχει μια εκτίμηση για το παραγόμενο έργο ανά κύκλο.



8.8.3. “Combustion Rate”

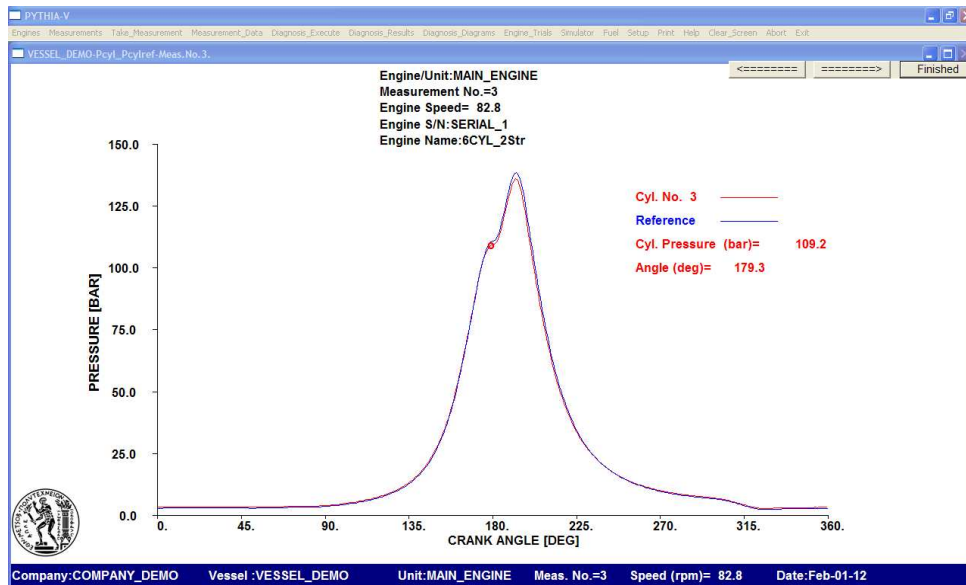
Με την επιλογή αυτή παρέχονται στην οθόνη με παρόμοιο τρόπο τα διαγράμματα για τον ρυθμό καύσεως.



Η καύση αρχίζει όταν οι τιμές γίνουν θετικές και αρχίζουν να αυξάνουν συνεχόμενα. Αυτό το διάγραμμα είναι ένα σημαντικό εργαλείο αφού μπορεί κανείς να εκτιμήσει την στιγμή έναρξης της καύσεως, την περίοδο προαναμείξεως, την διάρκεια της καύσης, δευτερεύουσα έγχυση κ.λ.π.

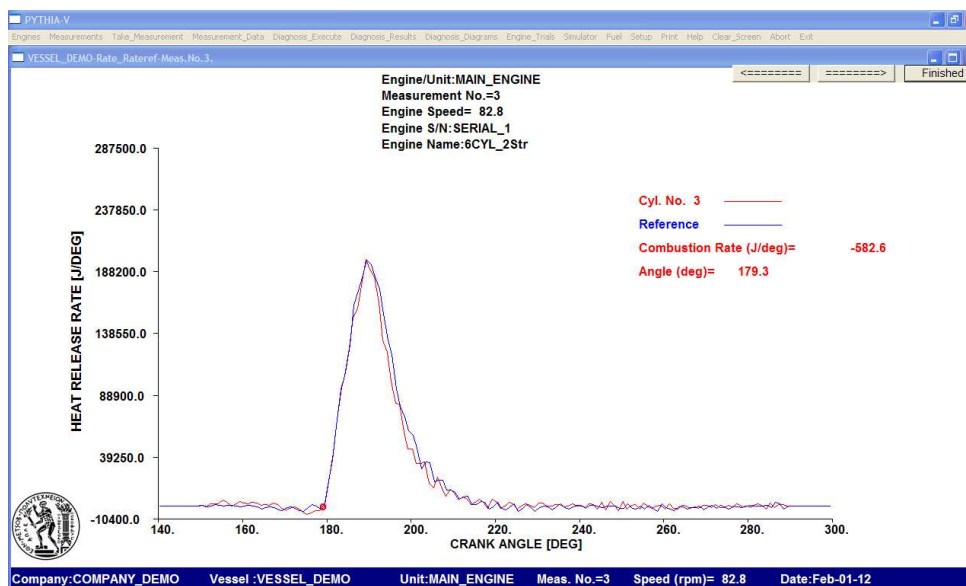
8.8.4. “Compare Gas Pressure to Reference”

Σύγκριση του διαγράμματος πίεσης ή του διαγράμματος καύσεως για έναν κύλινδρο με τα αντίστοιχα για την κατάσταση αναφοράς.



8.8.5. “Compare Combustion Rate to Reference”

Σύγκριση του διαγράμματος καύσης κυλίνδρου με εκείνο της κατάστασης αναφοράς.



8.8.6. “Register Reference Diagrams”

Με την επιλογή αυτήν νέα διαγράμματα αναφοράς για την πίεση των κυλίνδρων και τον ρυθμό καύσεως μπορούν να καταγραφούν.

Αυτό συνήθως γίνεται χρησιμοποιώντας μετρήσεις αποκτημένες κατά την διάρκεια θαλάσσιων δοκιμών ή από τα shop tests.

Εναλλακτικά αυτό μπορεί να γίνει οποτεδήποτε για αποτελέσματα αποκτημένα όταν η μηχανή είναι σε καλή κατάσταση.

8.8.7. “Delete Reference Diagrams”

Διαγραφή διαγραμμάτων αναφοράς.

8.9. Engine_Trials

Παροχή πρόσβασης σε δεδομένα θαλάσσιων δοκιμών ή shop test. Επίσης παρέχεται η δυνατότητα εκτίμησης της αποδιδόμενης ισχύος της μηχανής με χρήση δεδομένων από δοκιμές.



8.9.1. “Display Shop Test Data”

Τα διαθέσιμα shop data προβάλλονται στην οθόνη.

ENGINE TEST DATA							
Company:	COMPANY_DEMO		Vessel:	VESSEL_DEMO		Unit:	MAIN_ENGINE
Engine S/N:	SERIAL_1		Engine Name:	6CYL_2Str		Shop Test:	1
General Operation Data							
Date	27-7-2011	Speed (rpm)	57.3	Load (%)	25.0	Fuel (kg/h)	905.0
Ind. Power (kW)	5281.6	Brake Power (kW)	4655.7	E/R Temperature (C)	27.5		
Fuel Density (kg/m ³)	907.0	Fuel Temp. (C)	0.0	E/R Pressure (mbar)	1019.0		
H. Value (kcal/kg)	10015.0	Fuel Sulfur (%)	0.0				
Cylinder Data							
	1	2	3	4	5	6	Mean
Max. Pressure (bar)	75.0	76.0	75.0	77.0	77.0	76.0	76.0
Compr. Pressure (bar)	52.0	52.0	53.0	53.0	53.0	53.0	52.7
Cyl. Temp. (C)	295.0	300.0	300.0	295.0	300.0	310.0	300.0
Fuel Pump Index (-)	53.0	52.0	52.0	52.0	52.0	52.0	52.2
VIT Index (-)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Turbocharger Data		Gas Exchange System			Air Cooler Data		
	1	2			1	2	
Speed (rpm)	5580.0	5589.0			Air Temperature Before Cooler (C)	53.0 52.0	
Scav. Pressure-Gauge (bar)	0.36	0.36			Scav. Air Temperature-A/C Out (C)	26.0 26.0	
Exh. Man. Pressure-Gauge (bar)	0.28	0.28			Water Temperature In (C)	23.0 23.0	
Exh. Back Pressure (mmW)	10.0	10.0			Water Temperature Out (C)	24.0 23.0	
Turbine Inlet Temp. (C)	355.0	370.0			Pressure Drop (mmW)	72.0 70.0	
Turbine Outlet Temp. (C)	285.0	288.0			Air Filter Pressure Drop (mmW)	2.0 1.0	

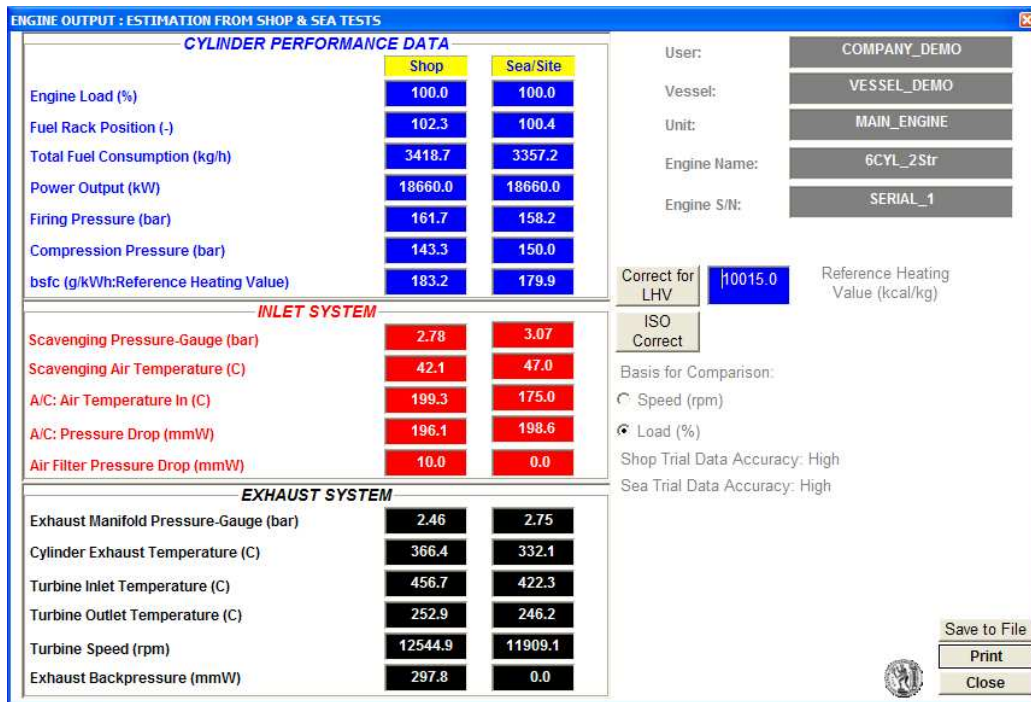
8.9.2. “Display Sea Trial – Site Test Data”

Παρόμοια με προηγούμενως.

8.9.3. “Estimate Output Using Trials”

Με την επιλογή αυτή παρέχεται η δυνατότητα εκτίμησης των χαρακτηριστικών της μηχανής για συγκεκριμένη ταχύτητα ή φορτίο χρησιμοποιώντας τα διαθέσιμα δοκιμαστικά ως αναφορά.

ENGINE OUTPUT : ESTIMATION FROM SHOP & SEA TESTS		
CYLINDER PERFORMANCE DATA		
	Shop	Sea/Site
Engine Speed (rpm)	91.0	91.0
Fuel Rack Position (-)	102.6	96.7
Total Fuel Consumption (kg/h)	3420.9	3182.9
Power Output (kW)	18659.1	17800.3
Firing Pressure (bar)	160.7	158.4
Compression Pressure (bar)	143.5	142.2
bsfc (g/kWh:Reference Heating Value)	183.3	178.8
INLET SYSTEM		
Scavenging Pressure-Gauge (bar)	2.79	2.85
Scavenging Air Temperature (C)	42.2	45.3
A/C: Air Temperature In (C)	199.7	170.9
A/C: Pressure Drop (mmW)	195.9	196.9
Air Filter Pressure Drop (mmW)	10.1	0.0
EXHAUST SYSTEM		
Exhaust Manifold Pressure-Gauge (bar)	2.47	2.54
Cylinder Exhaust Temperature (C)	367.9	328.1
Turbine Inlet Temperature (C)	459.8	405.8
Turbine Outlet Temperature (C)	254.5	238.6
Turbine Speed (rpm)	12593.0	11605.9
Exhaust Backpressure (mmW)	297.4	0.0
User:	COMPANY_DEMO	
Vessel:	VESSEL_DEMO	
Unit:	MAIN_ENGINE	
Engine Name:	6CYL_2Str	
Engine S/N:	SERIAL_1	
Correct for LHV	10015.0	Reference Heating Value (kcal/kg)
ISO Correct		
Basis for Comparison:	<input checked="" type="radio"/> Speed (rpm) <input type="radio"/> Load (%)	
Shop Trial Data Accuracy:	High	
Sea Trial Data Accuracy:	High	



8.10. Simulator

Προσωμείωση της λειτουργίας της μηχανής ή εκτίμηση της αποδομένης ισχύος και της κατανάλωσης καυσίμου. Το δεύτερο είναι διαθέσιμο προυποτιθεμένου ότι υπάρχουν δεδομένα βαθμονόμησης.



8.10.1. "Engine Simulation"

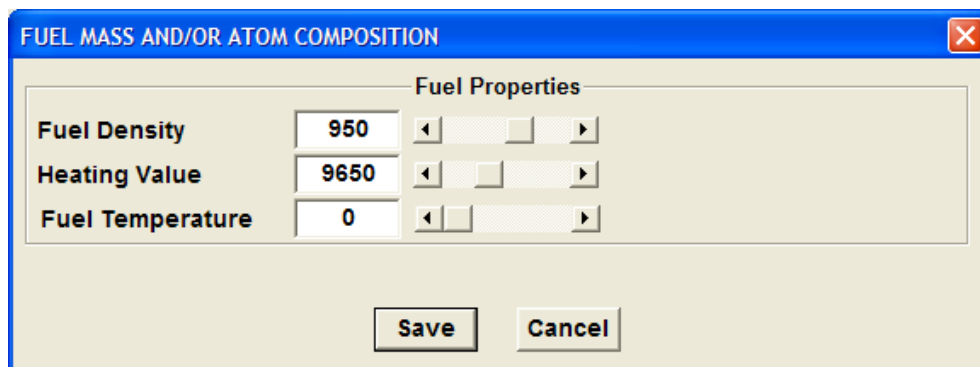
Προσωμείωση μηχανής κάτω από κανονικές συνθήκες ή σε περίπτωση σφάλματος. Ο χρήστης προκειμένου να προχωρήσει πρέπει να εισάγει κωδικό πρόσβασης.

Η επιλογή αυτή επιτρέπει την εκτίμηση της λειτουργίας της μηχανής με χρήση του κώδικα προσομείωσης. Απαιτείται ο ορισμός της κατάστασης των υποσυστημάτων της μηχανής προκειμένου να προσομειωθεί κατάσταση σφάλματος. Η επιλογή αυτή είναι διαθέσιμη μόνο υπό ειδικούς όρους.

8.10.2. “Estimate Power and Fuel Consumption”

Με την επιλογή αυτήν είναι εφικτό να εκτιμηθεί η κατανάλωση καυσίμου και η ισχύς με χρήση απλής εξομίωσης.

8.11. Fuel



Fuel Properties	
Fuel Density	950
Heating Value	9650
Fuel Temperature	0

Με αυτήν την επιλογή προβάλλονται οι ιδιότητες του καυσίμου.

Εάν δεν είναι γνωστές τιμές θα χρησιμοποιηθούν από το σύστημα οι προεπιλεγμένες.

Ο χρήστης μπορεί να παρέχει πυκνότητα, θερμογόνο ικανότητα και θερμοκρασία καυσίμου.

Οι απολύτως απαραίτητες τιμές είναι η θερμογόνος ικανότητα ακολουθούμενη από την πυκνότητα καυσίμου.

8.12. Setup



Αυτή η επιλογή χρησιμοποιείται αν είναι αναγκαίο, για να οριστούν οι διάφορες παράμετροι για την διάγνωση, αποκατάσταση συστήματος, και ρύθμιση των ορίων λειτουργίας της μηχανής για σφάλματα.

Κανονικά αυτές οι τιμές είναι προ-ρυθμισμένες και δεν απαιτείται τροποποίηση τους.

8.12.1. “Diagnosis Options”

Απαιτείται κωδικός πρόσβασης.

Estimate Valve Timing: Αυτό χρησιμοποιείται προς εκτίμηση των συμβάντων του ανοίγματος της βαλβίδας εξαγωγής και του κλεισίματος της βαλβίδας εισαγωγής ανάλογα με την συγκρότηση της μηχανής.

Αυτό επιτυγχάνεται συγκρίνοντας την μετρούμενη πίεση στον κύλινδρο με εκείνη κατά το άνοιγμα της βαλβίδας εξαγωγής και εκείνη κατά το κλείσιμο της βαλβίδας εισαγωγής.

Estimate Ignition Manually: Με χρήση αυτής της επιλογής ο χρήστης εκτιμά το σημείο ανάφλεξης. Κυρίως αυτό γίνεται όταν υπάρχει θόρυβος κατά την μέτρηση της πίεσης του κυλίνδρου.

Use PS for Power (default is KW): Ορισμός μονάδων ισχύος.

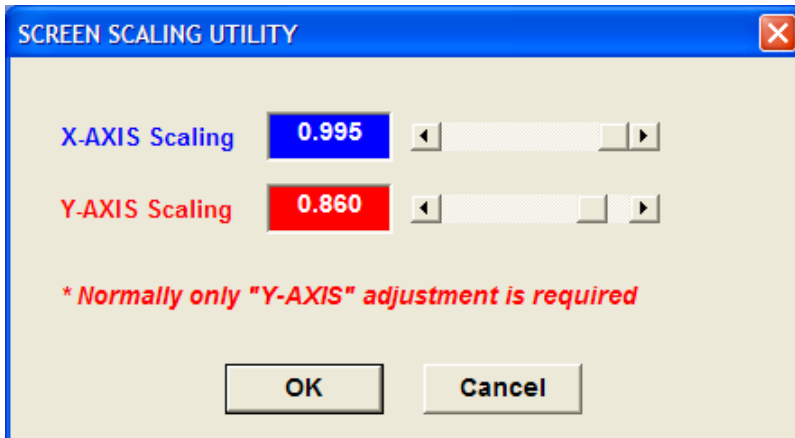
Use White Background

8.12.2. “Engine Limits”

Αλλαγή τιμών αναφοράς για την μηχανή και τα όρια των σφαλμάτων είτε εμπειρικά είτε με πληροφορίες που υπάρχουν στα εγχειρίδια χρήσης της μηχανής.

8.12.3. “Setup Screen”

Αλλαγή των ρυθμίσεων της οθόνης για να ταιριάζουν με την ανάλυση οθόνης του υπολογιστή. Το σύστημα διαθέτει μια εφαρμογή αυτόματης προσαρμογής.



8.12.4. “Setup Sensors”

Αλλαγή της ευαισθησίας των αισθητήρων.

Κανονικά αυτή η ενέργεια πρέπει να γίνεται με την βοήθεια του κατασκευαστή και να ακολουθεί την αντικατάσταση του αισθητήρα ή την βαθμονόμηση του.

8.12.5. “Backup System Setup”

Περιοδική δημιουργία αντιγράφου ασφαλείας συστήματος το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για αποκατάσταση εάν αναφερθεί πρόβλημα από το σύστημα.

8.12.6. “Restore System Setup”

Αποκατάσταση συστήματος. Προηγείται προειδοποίηση από το σύστημα .

8.13. Print

Εκτύπωση του ενεργού παραθύρου σε μορφή PDF ή αποθήκευση του ενεργού παραθύρου σε αρχείο σε μορφή BMP. Τα ονόματα των αρχείων που δημιουργούνται και αποθηκεύονται είναι ενδεικτικά για το ποιον των αρχείων.



8.14. Help

Σύντομη περιγραφή ενός ενσωματωμένου εργαλείου βοήθειας.



8.15. Clear_Screen

Άδειασμα οθόνης από τα περιεχόμενα της.

8.16. Abort

Τερματισμός εκτέλεσης εργασίας.

8.17. Exit

Έξοδος από το πρόγραμμα.

9. Στοιχεία για το πρόγραμμα δημιουργίας αναφοράς αποτελεσμάτων διάγνωσης

9.1. Εισαγωγή

Το παραπάνω πρόγραμμα, το οποίο αναπτύχθηκε σε περιβάλλον Visual Basic, διαβάζει ορισμένα σχετικά αρχεία και παράγει μια αναφορά (report), κάνοντας χρήση του προγράμματος Microsoft Excel.

Το πρόγραμμα όπως παρουσιάζεται στη συνέχεια, απαιτεί ορισμένες μικρές προσθήκες – τροποποιήσεις, προκειμένου να πάρει την τελική του μορφή (για παράδειγμα, δίνεται στον χρήστη, η δυνατότητα επιλογής της θέσης από την οποία θα διαβάζονται τα χρησιμοποιούμενα αρχεία και της θέσης στην οποία θα αποθηκεύεται η αναφορά, ενώ τελικά, το εκτελέσιμο αρχείο και τα χρησιμοποιούμενα αρχεία θα βρίσκονται στον ίδιο φάκελο, στον οποίο θα αποθηκεύεται επίσης και η παραγόμενη αναφορά).

Οι ενότητες της αναφοράς που περιέχουν bar chart είναι της αυτής μορφής. Έτσι χρησιμοποιείται μια υπορουτίνα για την κατασκευή αυτών των ενοτήτων η οποία καλείται (με τα κατάλληλα ορίσματα) από διάφορες θέσεις στον κώδικα.

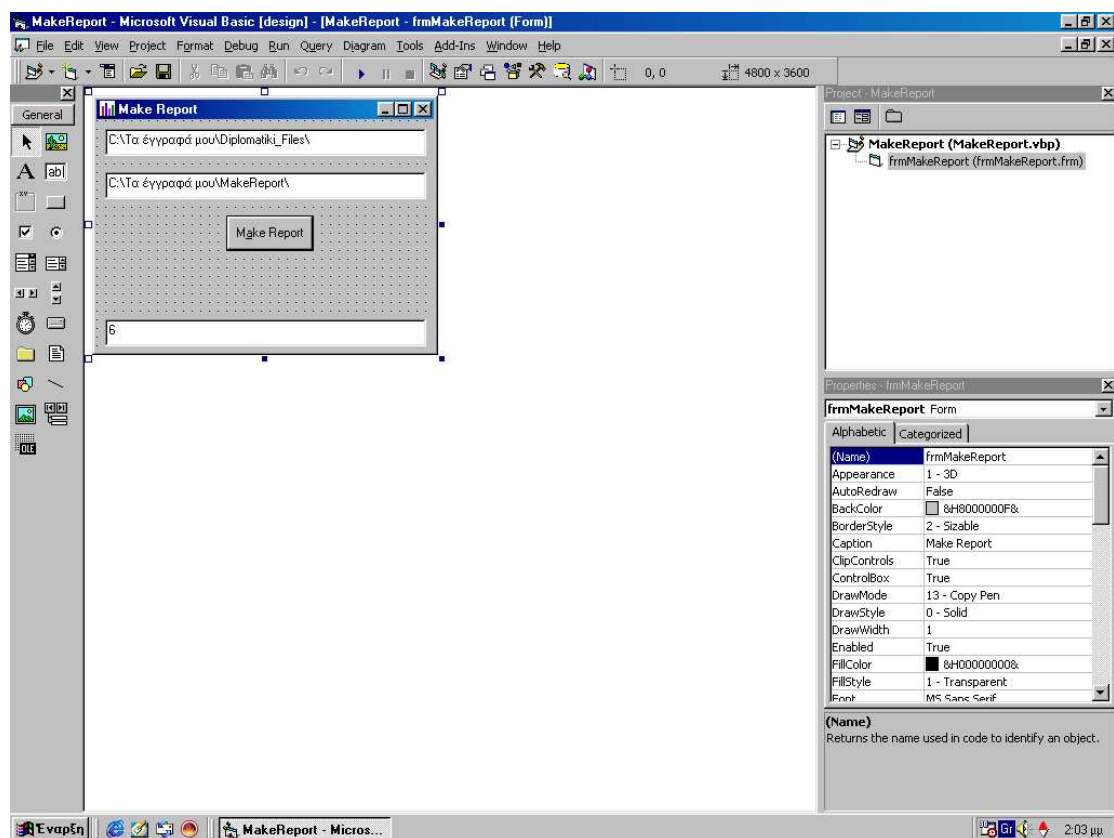
Η αναφορά παράγεται με εκτέλεση της κύριας υπορουτίνας κάνοντας κλικ στο σχετικό κουμπί (η υπορουτίνα αυτή θα μπορούσε να εκτελείται με διάφορους τρόπους).

Ορίζονται μεταβλητές γενικές (που χρησιμοποιούνται και από τις δυο διαδικασίες), και τοπικές σε κάθε διαδικασία (χρησιμοποιούνται μόνο απ' αυτήν).

9.2. Περιβάλλον ανάπτυξης

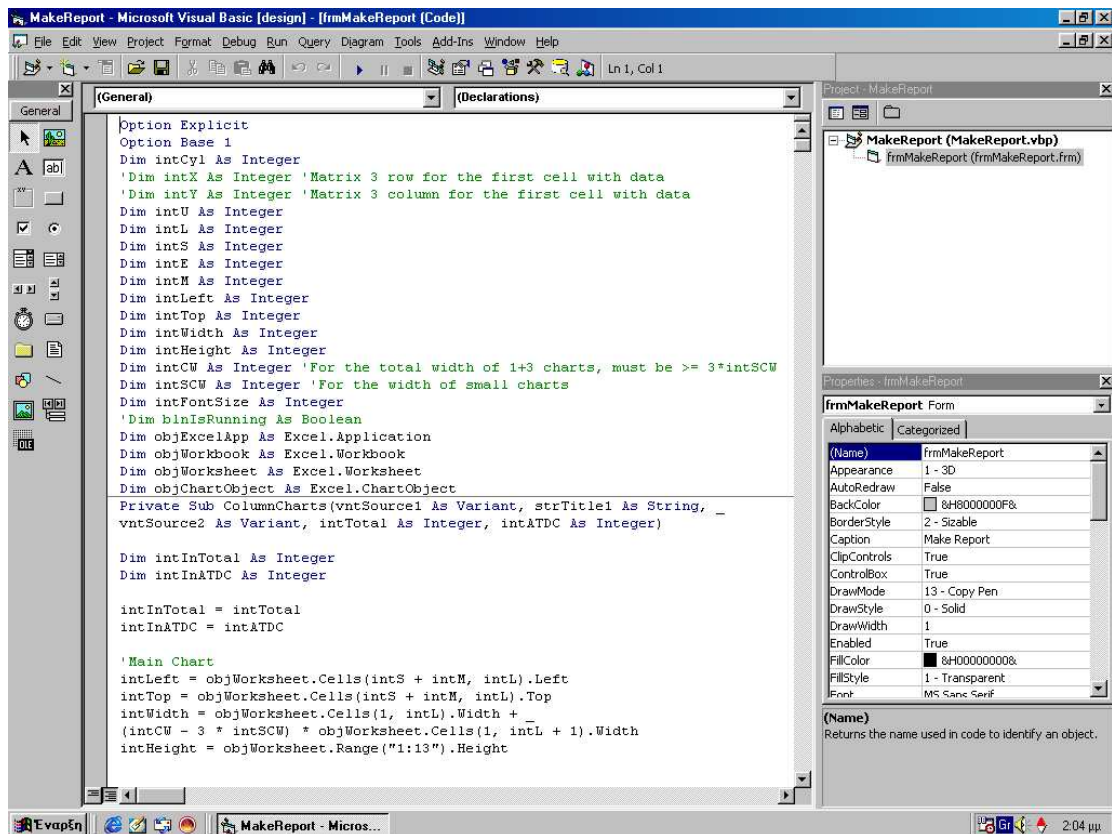
Το πρόγραμμα δημιουργήθηκε σε περιβάλλον Visual Basic, ενώ η έκδοση που χρησιμοποιήθηκε είναι αυτή που περιλαμβάνεται στο πακέτο Microsoft Visual Studio 6. Ειδικότερα, προκειμένου το πρόγραμμα να "επικοινωνήσει" με το Excel, χρησιμοποιείται η γλώσσα VBA (Visual Basic for Applications). Χρησιμοποιήθηκε ένας "παλιός" υπολογιστής του οποίου το λειτουργικό σύστημα ήταν Microsoft Windows 98SE, και είχε επεξεργαστή Pentium 3 στα 667Mhz και μνήμη RAM 384 Mb.

Στην παρακάτω εικόνα 1 παρουσιάζεται το περιβάλλον ανάπτυξης, κατά την κατασκευή της φόρμας (δηλαδή του παράθυρου που εμφανίζεται όταν "τρέχει" το πρόγραμμα).



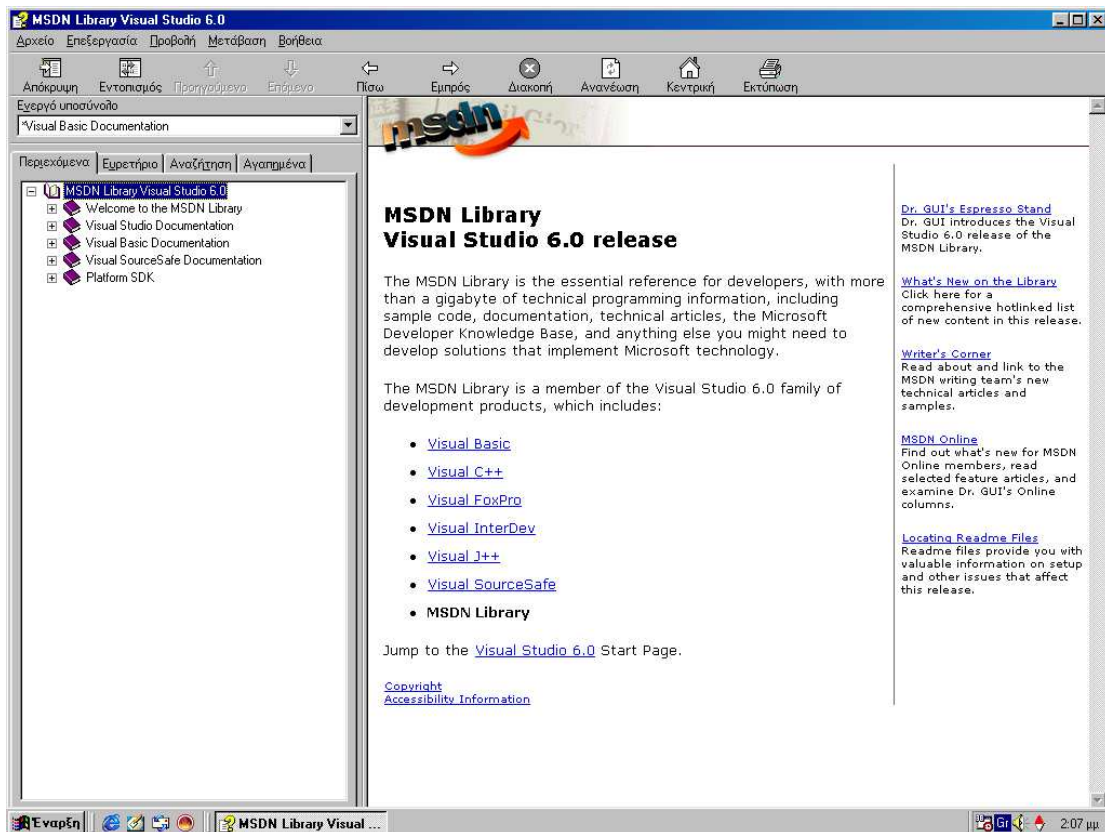
Εικόνα 1 Περιβάλλον ανάπτυξης (φόρμα)

Στην επόμενη εικόνα 2, φαίνεται το περιβάλλον ανάπτυξης της Microsoft Visual Basic 6 κατά την διαδικασία συγγραφής του κώδικα.



Εικόνα 2 Περιβάλλον ανάπτυξης (κώδικας)

Το πακέτο ανάπτυξης εφαρμογών Microsoft Visual Studio 6, εκτός από την Visual Basic, περιλαμβάνει τις γλώσσες Visual C++, Visual FoxPro, Visual InterDev, Visual J++. Περιλαμβάνει επίσης την MSDN Library, ένα εργαλείο βοήθειας το οποίο χρησιμοποιήθηκε πολύ κατά την ανάπτυξη του προγράμματος. Στην επόμενη εικόνα 3 φαίνεται η αρχική οθόνη της MSDN Library (Microsoft Developer Network).

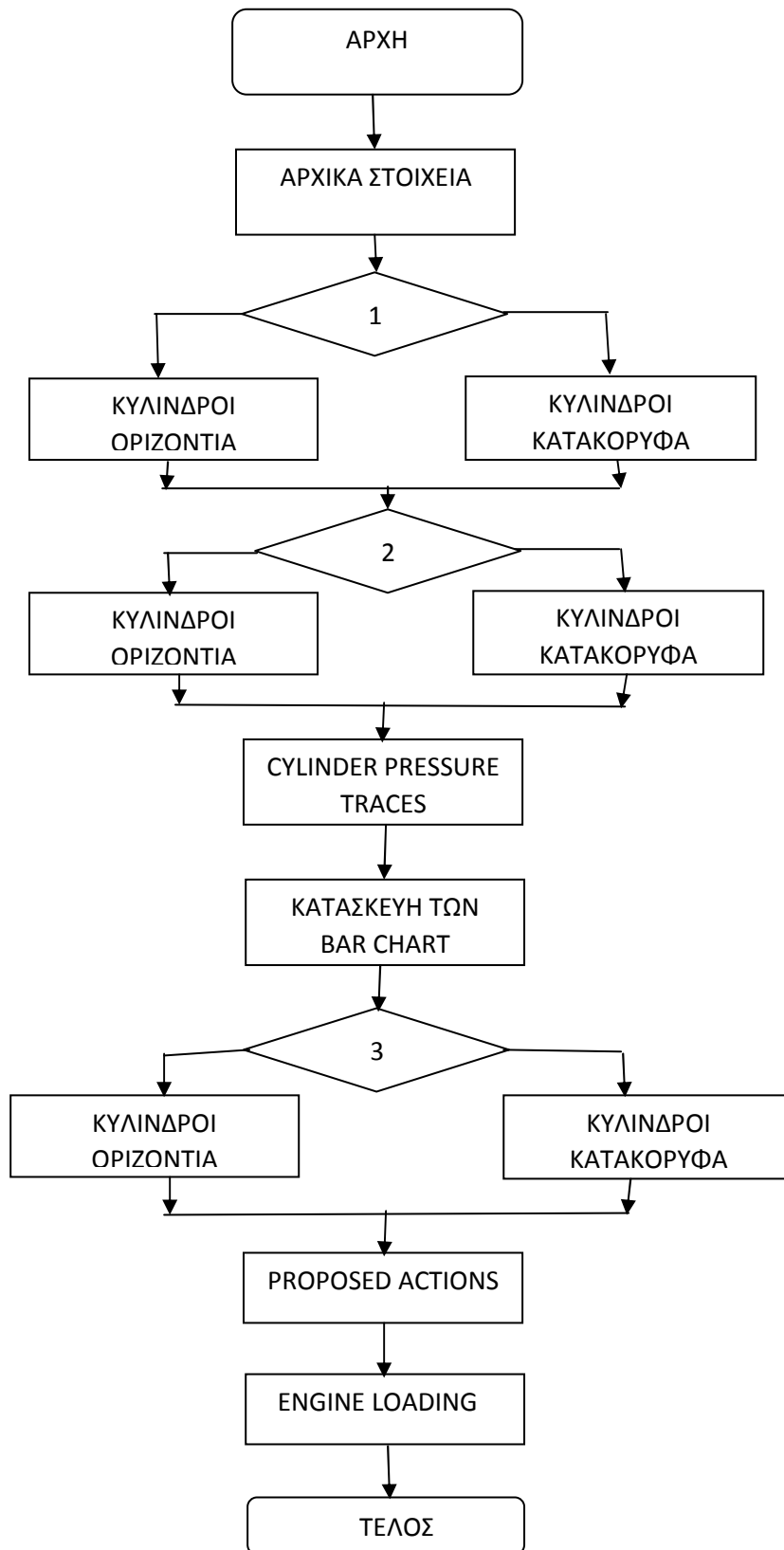


Εικόνα 3 Αρχική οθόνη της MSDN Library

9.3. Διάγραμμα ροής

Παρακάτω δίνεται ένα γενικό (απλουστευμένο) διάγραμμα ροής για το πρόγραμμα.

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΡΟΗΣ



Επεξηγήσεις για το διάγραμμα ροής

Αρχικά στοιχεία

Γενικές μεταβλητές: Εδώ δηλώνονται οι μεταβλητές που χρησιμοποιούνται και από τις δυο οριζόμενες στο πρόγραμμα υπορουτίνες.

Υπορουτίνα Bar Chart: Κώδικας υπεύθυνος για την κατασκευή όλων των bar chart. Η υπορουτίνα αυτή καλείται από διάφορα σημεία μέσα στην βασική υπορουτίνα με τις κατάλληλες παραμέτρους.

Μεταβλητές για βασική υπορουτίνα: Εδώ γίνεται δήλωση των μεταβλητών που χρησιμοποιούνται μόνο μέσα στην βασική υπορουτίνα. Ο κώδικας αυτός είναι μέρος του κώδικα της βασικής υπορουτίνας.

Ανοιγμα αρχείων: Εδώ ανοίγονται όλα τα αρχεία που χρησιμοποιούνται από το πρόγραμμα, και τα δεδομένα τους διαβάζονται και αποθηκεύονται σε διατάξεις της Visual Basic.

Πριν από τον πρώτο πίνακα: Ο κώδικας αυτός κατασκευάζει το μέρος της αναφοράς πριν από τον πρώτο πίνακα (στοιχεία κινητήρα, συνθήκες λειτουργίας κ.α.).

Ρόμβοι αποφάσεων 1, 2 και 3

Όταν ο αριθμός των κυλίνδρων της ελεγχόμενης μηχανής δεν ξεπερνά κάποιο όριο, οι αύξοντες αριθμοί των κυλίνδρων (για τους πίνακες Cylinder – Injection System Performance, Diagnosis Summary: Overall Diagnosis Results και Proposed Actions & Tuning Suggestions) τυπώνονται στην ίδια γραμμή. Στην αντίθετη περίπτωση οι αύξοντες αριθμοί των κυλίνδρων τυπώνονται στην ίδια στήλη. Ο ρόμβος 1 αφορά τον πρώτο πίνακα, ο ρόμβος 2 τον δεύτερο και ο ρόμβος 3 τον τρίτο πίνακα.

Κύλινδροι οριζόντια: Οι αύξοντες αριθμοί των κυλίνδρων τυπώνονται στην ίδια γραμμή, με τις συνεπαγόμενες αλλαγές για την μορφή του πίνακα.

Κύλινδροι κατακόρυφα: Οι αύξοντες αριθμοί των κυλίνδρων τυπώνονται στην ίδια στήλη, με τις συνεπαγόμενες αλλαγές για την μορφή του πίνακα.

Cylinder Pressure Traces

Ο κώδικας αυτός είναι υπεύθυνος για την κατασκευή του σχετικού διαγράμματος.

Κατασκευή των Bar Chart

Κώδικας μέσα από τον οποίο (κλήση της υπορουτίνας κατασκευής των bar chart) κατασκευάζονται τα bar chart.

Proposed Actions

Κώδικας για την κατασκευή του πίνακα Proposed Actions & Tuning Suggestions.

Engine Loading

Κώδικας για την κατασκευή του διαγράμματος Engine Loading Compared to Trials.

9.4. Κώδικας

9.4.1. Ορισμός γενικών μεταβλητών

Στον κώδικα ορίζονται δυο διαδικασίες (υπορουτίνες). Η πρώτη εξ' αυτών (η κύρια διαδικασία) εκτελείται όταν ο χρήστης κάνει κλικ στο σχετικό κουμπί στο παράθυρο του προγράμματος. Μέσα από την διαδικασία αυτήν, καλείται η δεύτερη διαδικασία, η οποία κατασκευάζει όλα τα ιστογράμματα (bar chart) της αναφοράς.

Υπάρχουν μεταβλητές που χρησιμοποιούνται αποκλειστικά μέσα στην πρώτη διαδικασία, άλλες που χρησιμοποιούνται μόνο μέσα στην δεύτερη και τέλος υπάρχουν και μεταβλητές που χρησιμοποιούνται και από τις δυο διαδικασίες. Οι τελευταίες (γενικές) ορίζονται στο τμήμα αυτό του κώδικα.

Εδώ ορίζονται μεταβλητές που αφορούν στον αριθμό των κυλίνδρων, στην σχετική θέση των διάφορων ενοτήτων της αναφοράς, στις διαστάσεις των διαγραμμάτων και άλλες.

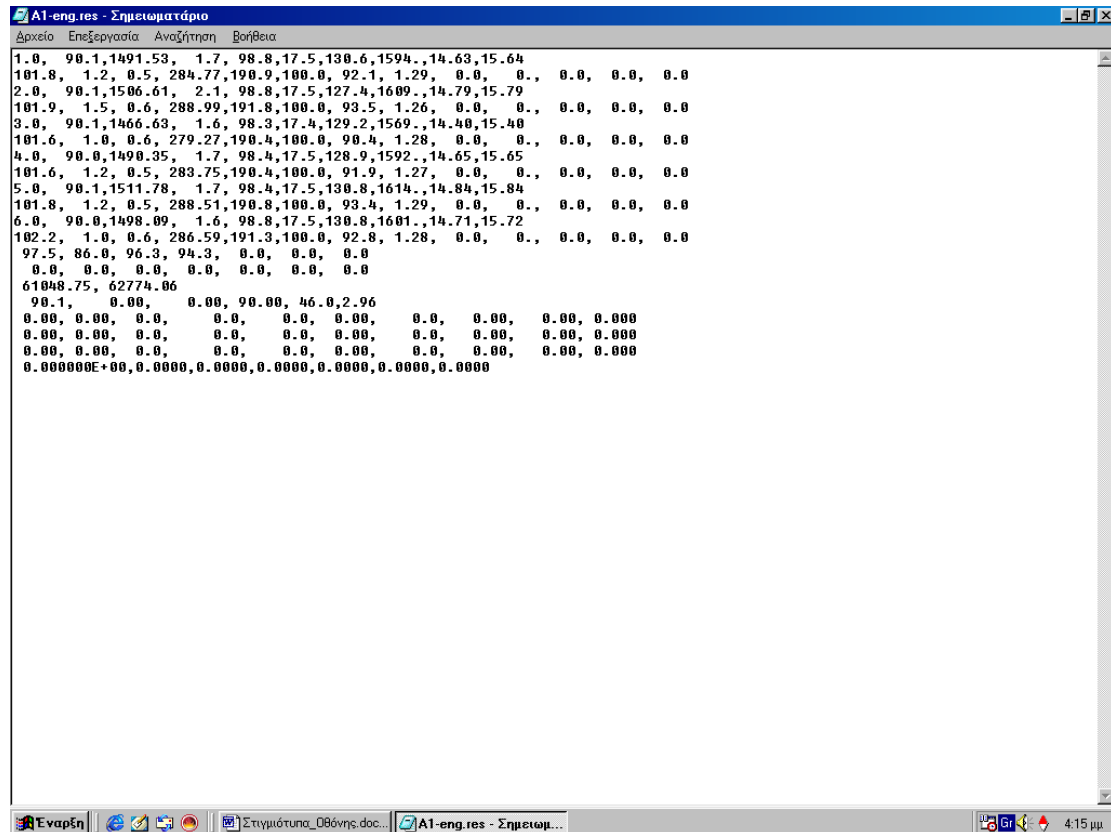
9.4.2. Υπορουτίνα κατασκευής των bar chart

Η παραπάνω διαδικασία κατασκευάζει ιστογράμματα που δείχνουν τιμές, μέση τιμή, άθροισμα τιμών, φορτίο, αποκλίσεις από την μέση τιμή και μέση απόκλιση για δοσμένο μέγεθος (π.χ. γωνία ανάφλεξης) στους κυλίνδρους της μηχανής. Ενδέχεται να κατασκευάζονται κάποια μόνο από τα παραπάνω ιστογράμματα ανάλογα με το εξεταζόμενο μέγεθος. Για παράδειγμα, προκειμένου για την γωνία ανάφλεξης, δεν θα κατασκευαστεί διάγραμμα για το άθροισμα τιμών αφού κάτι τέτοιο δεν έχει νόημα. Πάντως όλα τα παραπάνω διαγράμματα κατασκευάζονται με μια μόνο κλήση στην διαδικασία.

9.4.3. Κύρια διαδικασία

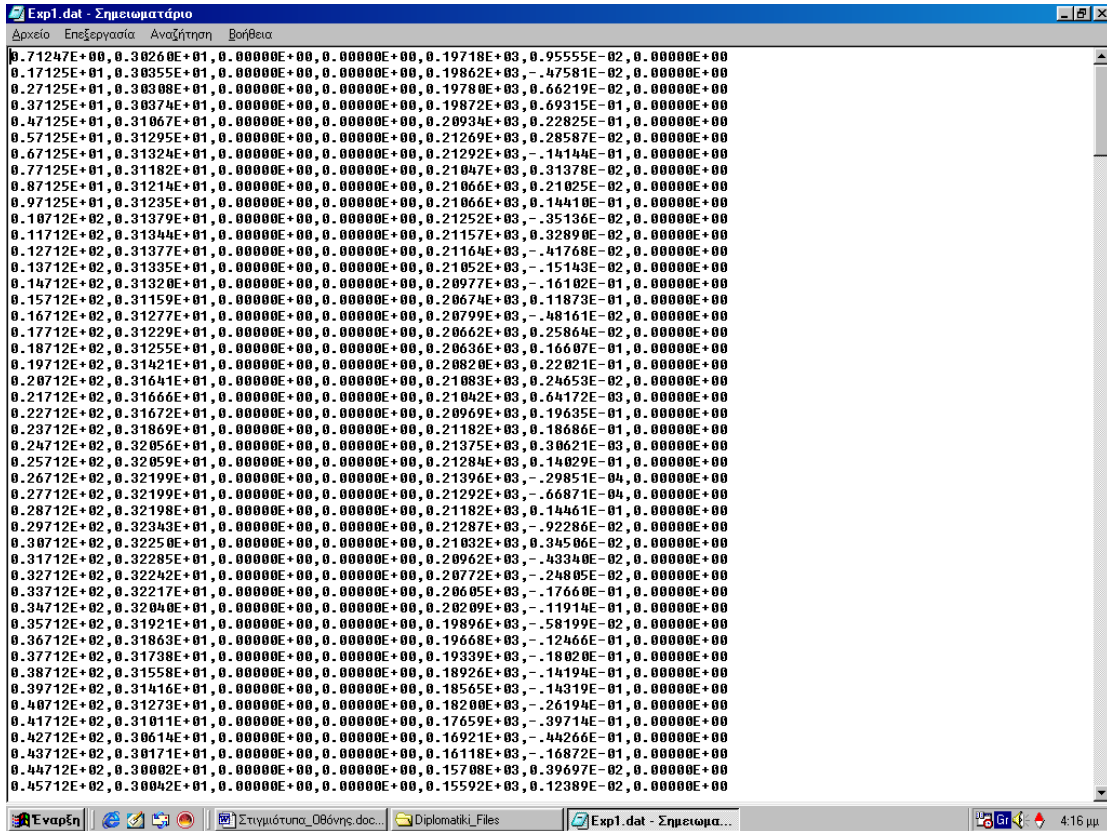
Αφού δηλωθούν οι μεταβλητές που χρησιμοποιούνται σε αυτήν την διαδικασία, ανοίγει ένα καινούριο βιβλίο εργασίας του Excel.

Διαβάζεται το αρχείο A1-eng.res (Εικόνα 4) και τα δεδομένα αποθηκεύονται σε κατάλληλη διάταξη (λίστα μεταβλητών) της Visual Basic.

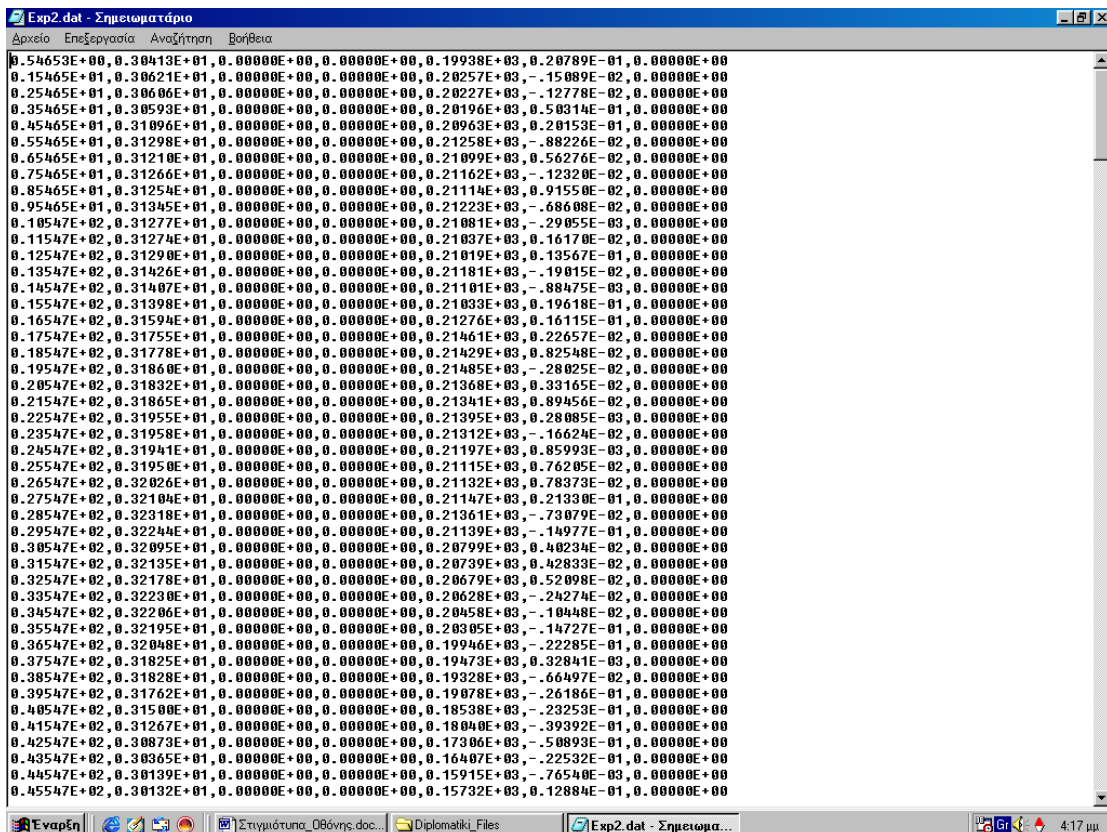


Εικόνα 4 Το αρχείο A1-eng.res

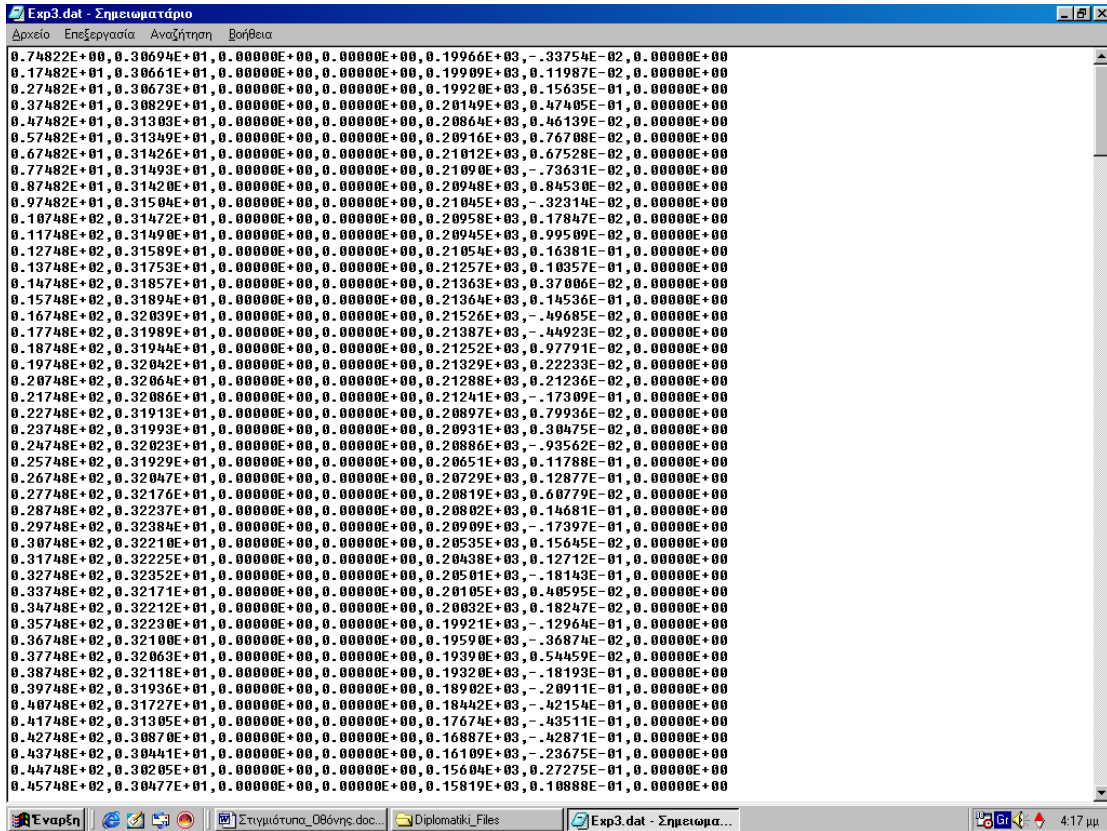
Διαβάζονται τα αρχεία Exp.dat (όσα οι κύλινδροι της μηχανής) (Εικόνες 5 έως 10) και τα δεδομένα αποθηκεύονται σε κατάλληλη διάταξη της Visual Basic.



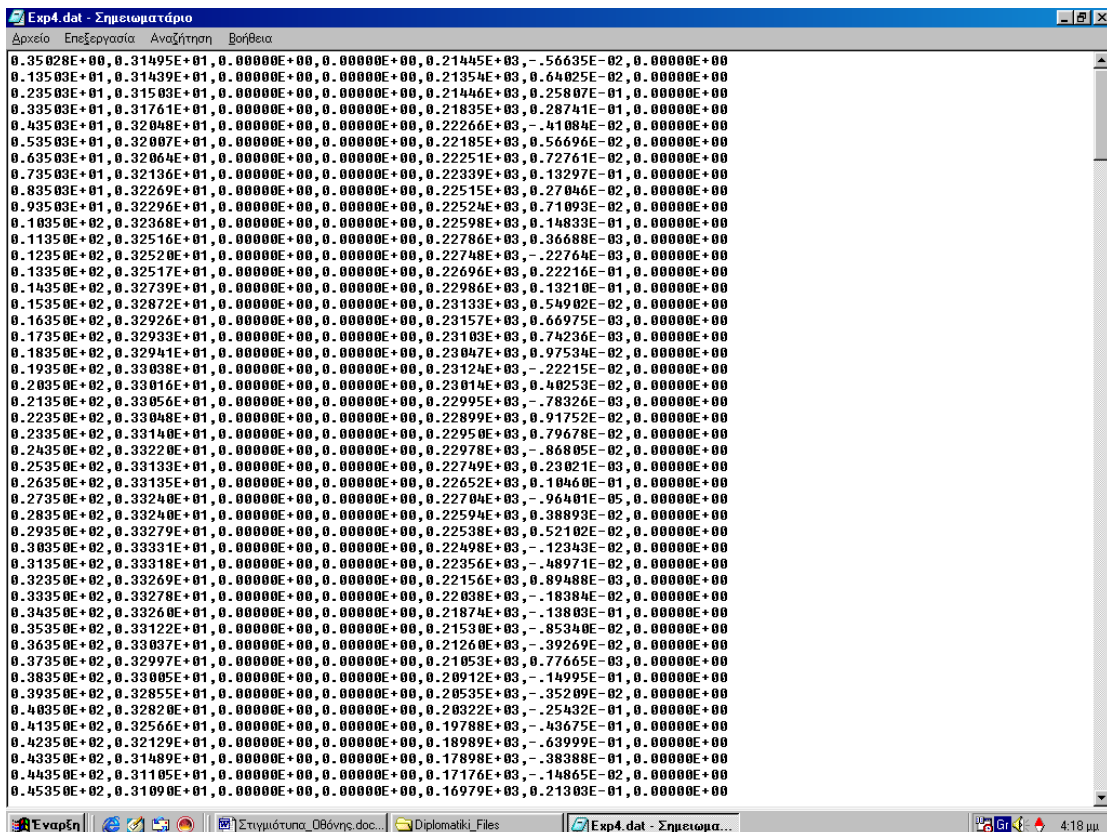
Εικόνα 5 Το αρχείο Exp1.dat



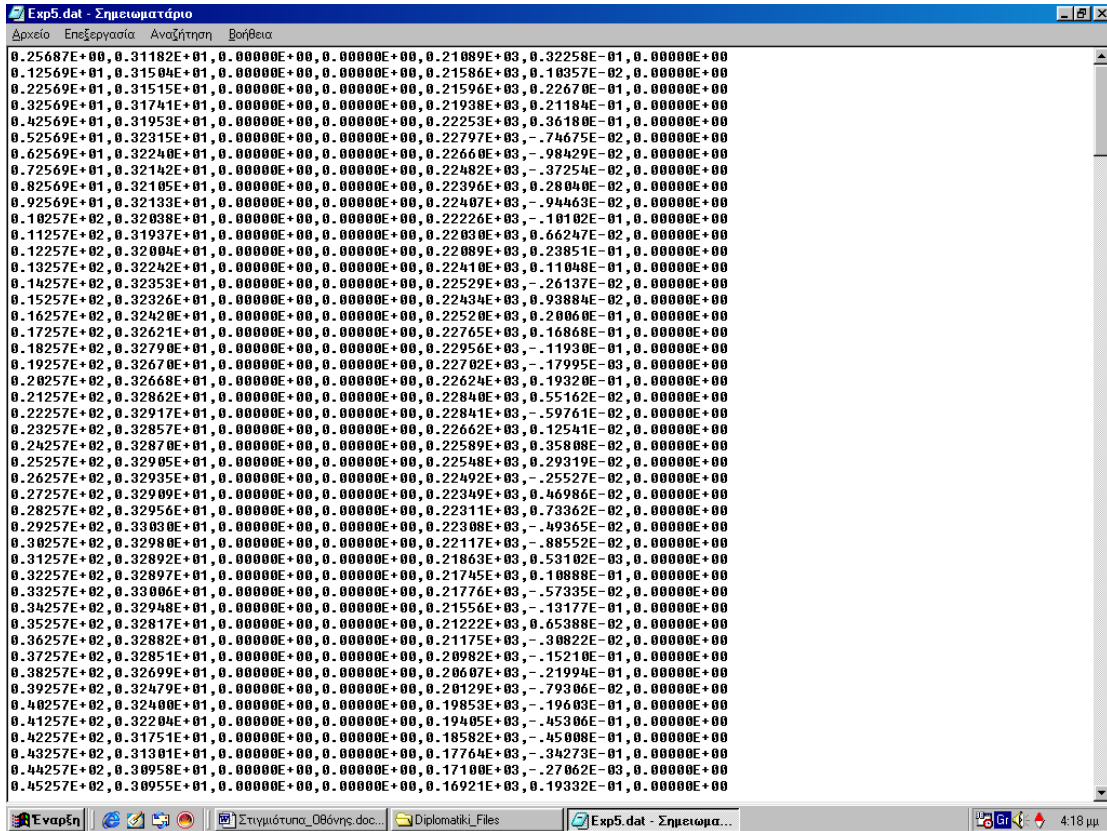
Εικόνα 6 Το αρχείο Exp2.dat



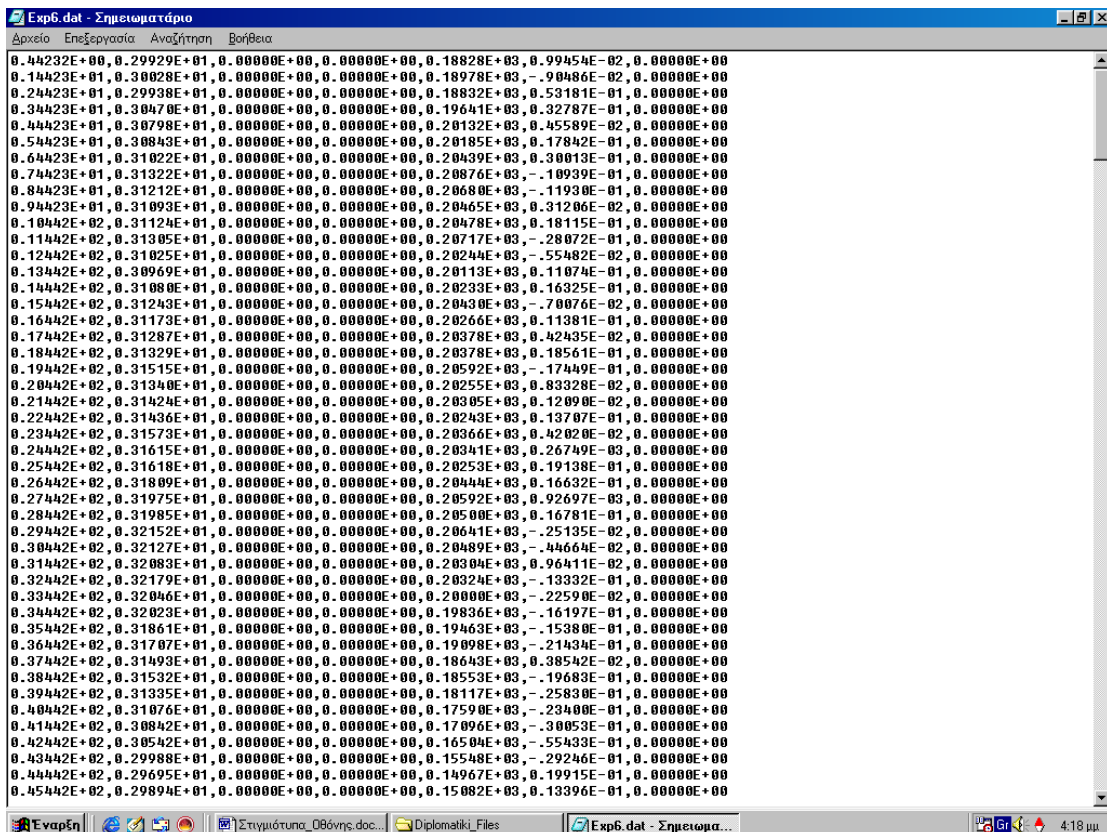
Εικόνα 7 Το αρχείο Exp3.dat



Εικόνα 8 Το αρχείο Exp4.dat



Εικόνα 9 Το αρχείο Exp5.dat



Εικόνα 10 Το αρχείο Exp6.dat

Χρησιμοποιώντας την διάταξη στην οποία έχουν αποθηκευτεί τα δεδομένα των αρχείων Expr.dat, διαβάζεται η δεύτερη στήλη αυτών των αρχείων και οι τιμές τοποθετούνται στο τελευταίο (τρίτο) φύλλο εργασίας του ανοικτού βιβλίου του Excel. Με τις τιμές αυτές θα κατασκευαστεί στην συνέχεια το διάγραμμα Cylinder Pressure Traces. Το φύλλο του Excel με τις παραπάνω τιμές εικονίζεται παρακάτω στην εικόνα 11.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	3,026	3,0413	3,0694	3,1495	3,1182	2,9929									
2	3,0355	3,0621	3,0661	3,1439	3,1504	3,0028									
3	3,0308	3,0606	3,0673	3,1503	3,1515	2,9938									
4	3,0374	3,0593	3,0829	3,1761	3,1741	3,047									
5	3,1067	3,1096	3,1303	3,2048	3,1953	3,0798									
6	3,1295	3,1298	3,1349	3,2007	3,2315	3,0843									
7	3,1324	3,121	3,1426	3,2064	3,224	3,1022									
8	3,1182	3,1266	3,1493	3,2136	3,2142	3,1322									
9	3,1214	3,1254	3,142	3,2269	3,2105	3,1212									
10	3,1235	3,1345	3,1504	3,2296	3,2133	3,1093									
11	3,1379	3,1277	3,1472	3,2368	3,2038	3,1124									
12	3,1344	3,1274	3,149	3,2516	3,1937	3,1305									
13	3,1377	3,129	3,1589	3,252	3,2004	3,1025									
14	3,1395	3,1426	3,1753	3,2517	3,2242	3,0969									
15	3,132	3,1407	3,1857	3,2739	3,2353	3,108									
16	3,1159	3,1398	3,1894	3,2872	3,2326	3,1243									
17	3,1277	3,1594	3,2039	3,2926	3,242	3,1173									
18	3,1229	3,1755	3,1989	3,2933	3,2621	3,1287									
19	3,1255	3,1778	3,1944	3,2941	3,279	3,1329									
20	3,1421	3,186	3,2042	3,3038	3,267	3,1515									
21	3,1641	3,1832	3,2064	3,3016	3,2688	3,134									
22	3,1666	3,1865	3,2086	3,3056	3,2862	3,1424									
23	3,1672	3,1955	3,1913	3,3048	3,2917	3,1436									
24	3,1869	3,1958	3,1993	3,314	3,2857	3,1573									
25	3,2056	3,1941	3,2023	3,322	3,287	3,1615									
26	3,2059	3,195	3,1929	3,3133	3,2905	3,1618									
27	3,2199	3,2026	3,2047	3,3135	3,2935	3,1809									
28	3,2199	3,2104	3,2176	3,324	3,2909	3,1975									
29	3,2198	3,2318	3,2237	3,324	3,2956	3,1985									
30	3,2343	3,2244	3,2384	3,3279	3,303	3,2152									
31	3,225	3,2095	3,221	3,3331	3,298	3,2127									
32	3,2285	3,2135	3,2225	3,3318	3,2892	3,2083									
33	3,2242	3,2178	3,2352	3,3269	3,2897	3,2179									
34	3,2217	3,223	3,2171	3,3278	3,3006	3,2046									
35	3,204	3,2206	3,2212	3,326	3,2948	3,2023									
36	3,1921	3,2195	3,223	3,3122	3,2817	3,1861									

Εικόνα 11 Το φύλλο Νο3

Χρησιμοποιώντας την διάταξη στην οποία έχουν αποθηκευτεί τα δεδομένα από το αρχείο A1-eng.res, υπολογίζονται και αποθηκεύονται τα συνολικά μεγέθη (για όλους τους κυλίνδρους) π.χ. η συνολική κατανάλωση καυσίμου.

Κατασκευάζονται στην συνέχεια τα εξής μέρη της αναφοράς πριν από τον πρώτο πίνακα:

Στοιχεία πλοίου και κινητήρα (Εικόνα 13 Αποτελέσματα)

1. Operating Conditions (Εικόνα 13 Αποτελέσματα)

2. Diagnosis Results (Εικόνα 14 Αποτελέσματα)

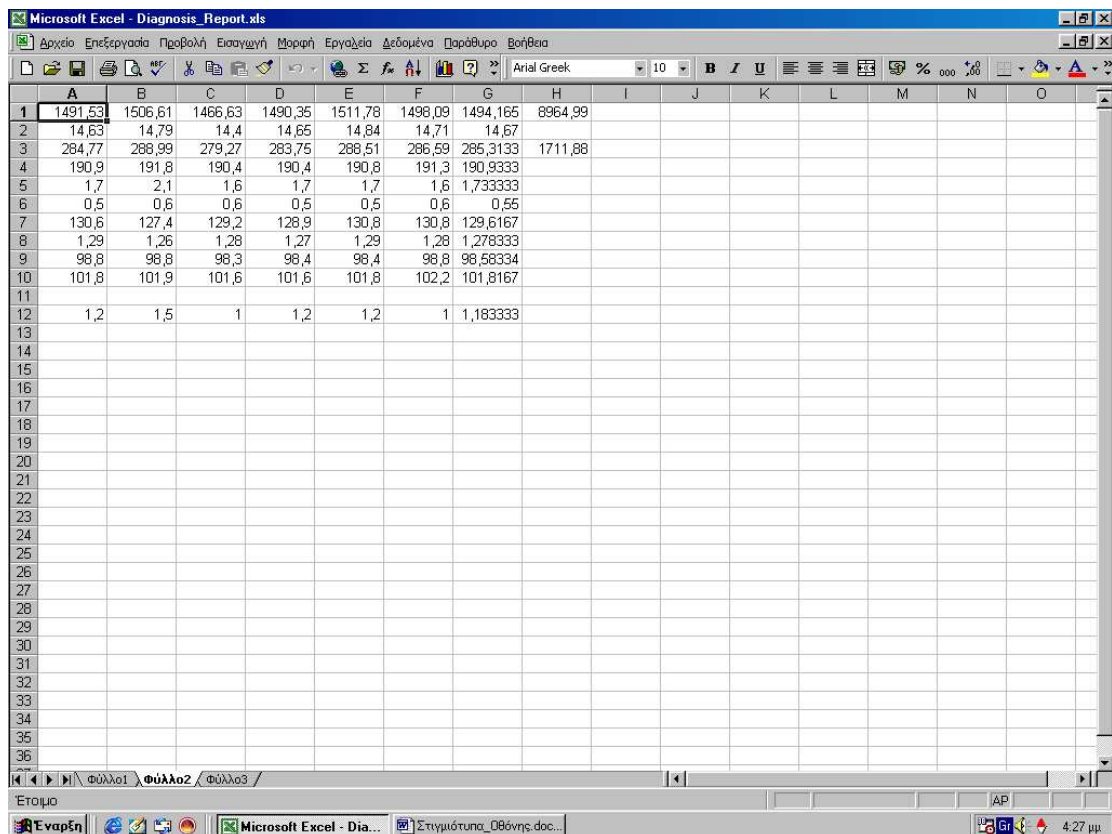
Κατασκευάζεται ο πίνακας 3. Cylinder – Injection System Performance. (Εικόνα 14 Αποτελέσματα) Όπως ειπώθηκε και προηγουμένως, οι αύξοντες αριθμοί των κυλίνδρων τυπώνονται στην ίδια γραμμή, όταν ο αριθμός των κυλίνδρων είναι μικρότερος ή ίσος από κάποιο καθορισμένο όριο. Διαφορετικά οι αύξοντες αριθμοί των κυλίνδρων τυπώνονται στην ίδια στήλη. Αυτό ισχύει και για τους

πίνακες 4. Diagnosis Summary: Overall Diagnosis Results και 12. Proposed Actions & Tuning Suggestions.

Κατασκευάζεται ο πίνακας 4. Diagnosis Summary: Overall Diagnosis Results (Εικόνα 15 Αποτελέσματα)

Κατασκευάζεται το διάγραμμα 5. Cylinder Pressure Traces (Εικόνα 16 Αποτελέσματα) με χρήση των τιμών που έχουν καταχωρηθεί στο φύλλο Νο3 του βιβλίου εργασίας όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως.

Στο φύλλο Νο2 του βιβλίου εργασίας τοποθετούνται τιμές με βάση τις οποίες θα κατασκευαστούν τα επόμενα διαγράμματα (bar chart). Το φύλλο Νο2 φαίνεται στην εικόνα 12 που ακολουθεί.



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	1491,53	1506,61	1466,63	1490,35	1511,78	1498,09	1494,165	8964,99							
2	14,63	14,79	14,4	14,65	14,84	14,71	14,67								
3	284,77	288,99	279,27	283,75	288,51	286,59	285,3133	1711,88							
4	190,9	191,8	190,4	190,4	190,8	191,3	190,9333								
5	1,7	2,1	1,6	1,7	1,7	1,6	1,733333								
6	0,5	0,6	0,6	0,5	0,5	0,6	0,55								
7	130,6	127,4	129,2	128,9	130,8	130,8	129,6167								
8	1,29	1,26	1,28	1,27	1,29	1,28	1,278333								
9	98,8	98,8	98,3	98,4	98,4	98,8	98,58334								
10	101,8	101,9	101,6	101,6	101,8	102,2	101,8167								
11															
12	1,2	1,5	1	1,2	1,2	1	1,183333								
13															
14															
15															
16															
17															
18															
19															
20															
21															
22															
23															
24															
25															
26															
27															
28															
29															
30															
31															
32															
33															
34															
35															
36															

Εικόνα 12 Το φύλλο Νο2

Κατασκευάζονται στην συνέχεια τα διαγράμματα:

6. Peak Firing Pressure (Εικόνα 17 Αποτελέσματα)
7. Compression Pressure (Εικόνα 18 Αποτελέσματα)
8. Cylinder Compression Condition (Εικόνα 19 Αποτελέσματα)
9. Cylinder Power Output (Εικόνα 20 Αποτελέσματα)
10. Fuel Consumption (Εικόνα 21 Αποτελέσματα)
11. Ignition Angle (Εικόνα 22 Αποτελέσματα)

Κατασκευάζεται ο πίνακας Proposed Actions & Tuning Suggestions (Εικόνα 23 Αποτελέσματα).

Κατασκευάζεται το διάγραμμα Engine Loading Compared to Trials και ακολουθεί η αποθήκευση της ολοκληρωμένης αναφοράς.

9.5. Αποτελέσματα

Στις παρακάτω εικόνες φαίνεται η έξοδος του προγράμματος.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	
1						Brief Performance Report								
2														
3		Company:												
4														
5		Vessel:												
6														
7		Engine:												
8														
9		Meas. Date:												
10														
11		Meas. Time:												
12														
13		1. Operating Conditions												
14														
15		Log Speed:												
16														
17		Slip(Prop-Log/log):												
18														
19		Mean Draft:												
20														
21		Sea Current:												
22														
23		Loaded/Ballast:												
24														
25		Sea Condition:												
26														
27		Engine Speed:		90,1										
28														
29		Scavenging Air Pressure:		2,96										
30														
31														
32														
33														
34														
35														
36														

Εικόνα 13

Microsoft Excel - Στιγμιότυπα_08όνης.xls

Αρχείο Επεξεργασία Προβολή Εισαγωγή Μορφή Εργαλεία Δεδομένα Παράθυρο Βοήθεια

Arial Greek 10

31	2. Diagnosis Results												
32													
33	Brake Power:	8964,99											
34													
35	Load:												
36													
37	Fuel Flow Rate:	1711,88											
38													
39	3. Cylinder-Injection System Performance												
40													
41	Parameter	Cylinder1	Cylinder2	Cylinder3	Cylinder4	Cylinder5	Cylinder6	Mean					
42	Brake Power (kW)	1491,53	1506,61	1466,63	1490,35	1511,78	1498,09	1494,165					
43	bmpcr (bar)	14,63	14,79	14,4	14,65	14,84	14,71	14,67					
44	Fuel Flow Rate (kg/h)	284,77	288,99	279,27	283,75	288,51	286,59	285,3133					
45	bsfc (g/kWh)	190,9	191,8	190,4	190,4	190,8	191,3	190,9333					
46	Ignition Angle (deg)	1,7	2,1	1,6	1,7	1,7	1,6	1,733333					
47	Ignition Delay (deg)	0,5	0,6	0,6	0,5	0,5	0,6	0,55					
48	Firing Pressure (bar)	130,6	127,4	129,2	128,9	130,8	130,8	129,6167					
49	Pfire/Pcomp. (-)	1,29	1,26	1,28	1,27	1,29	1,28	1,278333					
50	Compression (%)	98,8	98,8	98,3	98,4	98,4	98,8	98,58334					
51	Compression Pressure (bar)	101,8	101,9	101,6	101,6	101,8	102,2	101,8167					
52	Exhaust Valve Open (deg)												
53	Injection Timing (deg-ADTC)	1,2	1,5	1	1,2	1,2	1	1,183333					
54													
55													
56													
57													
58													
59													
60													
61													
62													
63													
64													
65													

Επιλέξτε τον προορισμό και πιάστε ENTER ή διαλέξτε Επικόλληση

Εναρξη Diagnosis_Report.xls Στιγμιότυπα_08όνης.doc Στιγμιότυπα_08όνης... 3:28 μμ

Εικόνα 14

Microsoft Excel - Στιγμιότυπα_08όνης.xls

Αρχείο Επεξεργασία Προβολή Εισαγωγή Μορφή Εργαλεία Δεδομένα Παράθυρο Βοήθεια

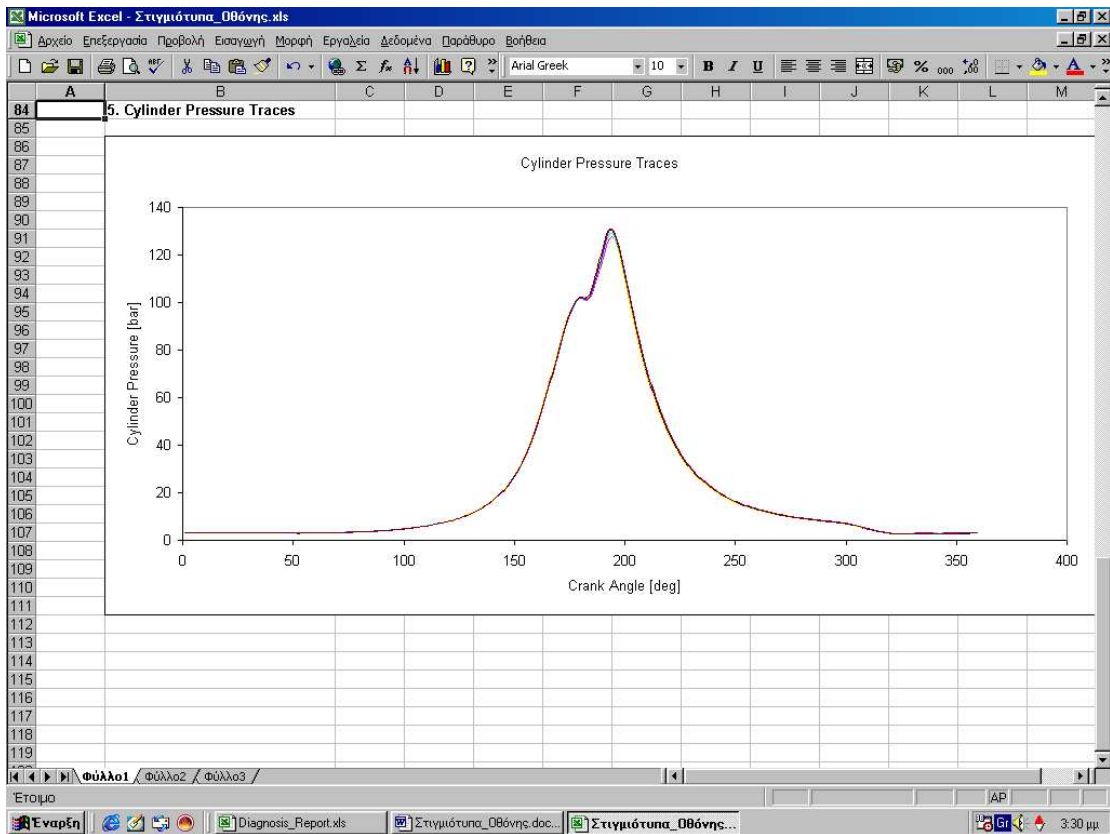
Arial Greek 10

55	4. Diagnosis Summary: Overall Diagnosis Results												
56													
57	CYLINDER PERFORMANCE												
58	Cylinder No.	1	2	3	4	5	6	Mean	Total	Load%	Fuel tn/d		
59	Brake Power (kW)	1491,53	1506,61	1466,63	1490,35	1511,78	1498,09	1494,165	8964,99		41,08512		
60	bmpcr (bar)	14,63	14,79	14,4	14,65	14,84	14,71	14,67					
61	Fuel Flow Rate (kg/h)	284,77	288,99	279,27	283,75	288,51	286,59	285,3133	1711,88				
62	bsfc (g/kWh)	190,9	191,8	190,4	190,4	190,8	191,3	190,9333					
63	Ignition Angle (deg)	1,7	2,1	1,6	1,7	1,7	1,6	1,733333					
64	Ignition Delay (deg)	0,5	0,6	0,6	0,5	0,5	0,6	0,55					
65	Firing Pressure (bar)	130,6	127,4	129,2	128,9	130,8	130,8	129,6167					
66	Pfire/Pcomp. (-)	1,29	1,26	1,28	1,27	1,29	1,28	1,278333					
67	Compression (%)	98,8	98,8	98,3	98,4	98,4	98,8	98,58334					
68	Compression Pressure (bar)	101,8	101,9	101,6	101,6	101,8	102,2	101,8167					
69	Exhaust Valve Open (deg)												
70	INJ. SYSTEM PERFORMANCE												
71	Inj. Timing(deg-ADTC)	1,2	1,5	1	1,2	1,2	1						
72	Injector Condition(%)	100	100	100	100	100	100						
73	Pump Condition(%)	92,1	93,5	90,4	91,9	93,4	92,8						
74	EXHAUST-INLET SYSTEM No:1												
75	Turbine Condition(%)	97,5											
76	Turbine Nozzle Area(%)	86											
77	Compressor Condition(%)	96,3											
78	Air Flow Rate(kg/h)	61048,75											
79	A/C Condition-Eff.(%)	94,3											
80	A/C Condition-DP.(%)												
81	Exh. Pipe Condition(%)												
82	Exhaust Flow Rate(kg/h)	62774,06											
83													
84													
85													
86													
87													
88													
89													

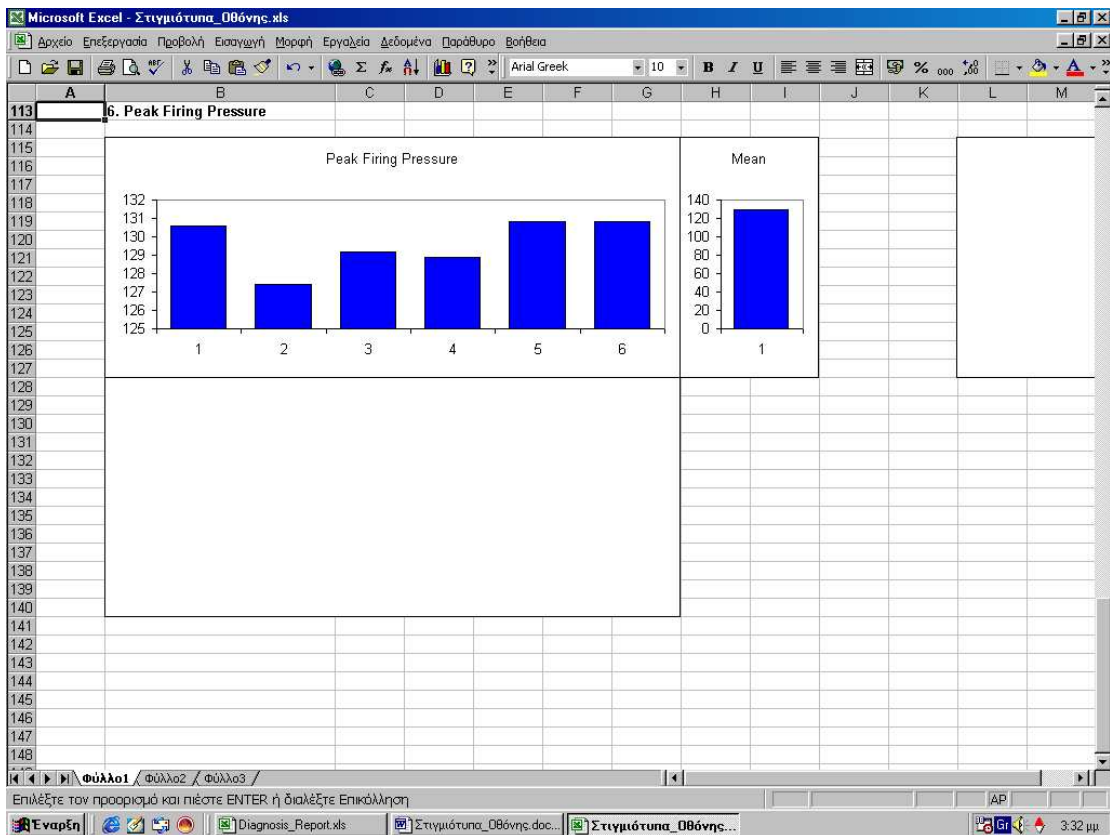
Επιλέξτε τον προορισμό και πιάστε ENTER ή διαλέξτε Επικόλληση

Εναρξη Diagnosis_Report.xls Στιγμιότυπα_08όνης.doc Στιγμιότυπα_08όνης... 3:28 μμ

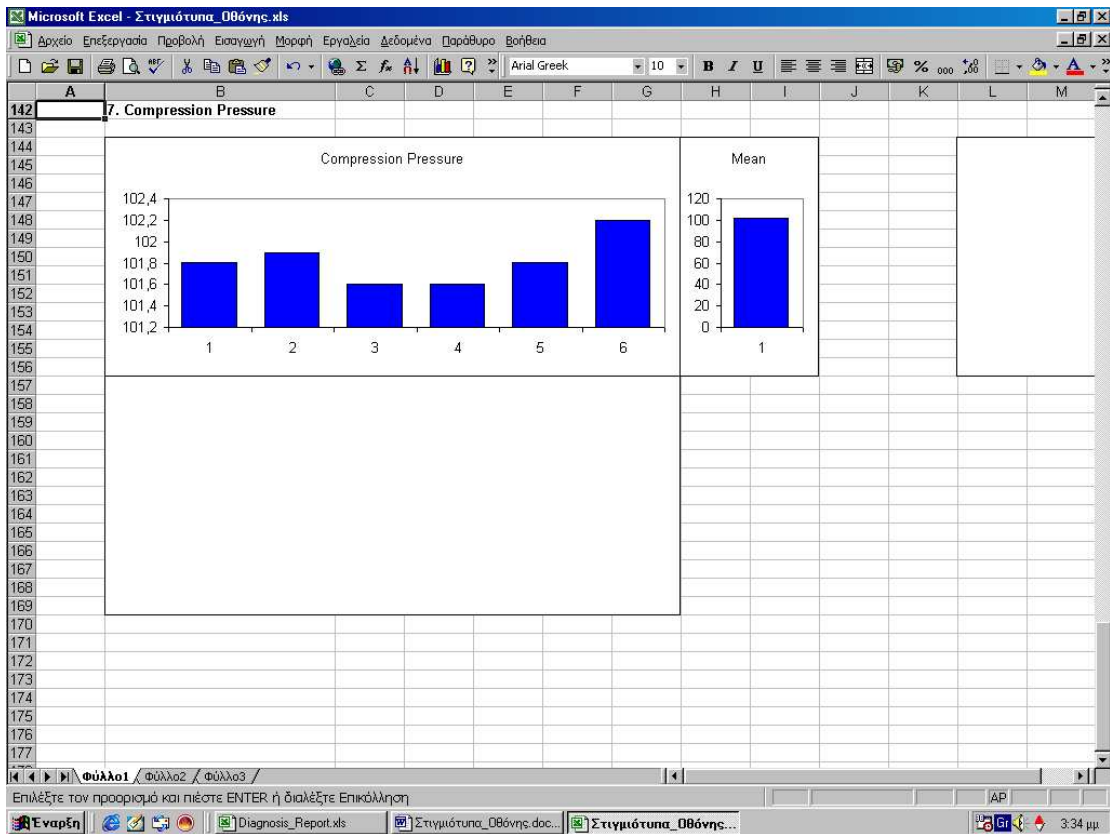
Εικόνα 15



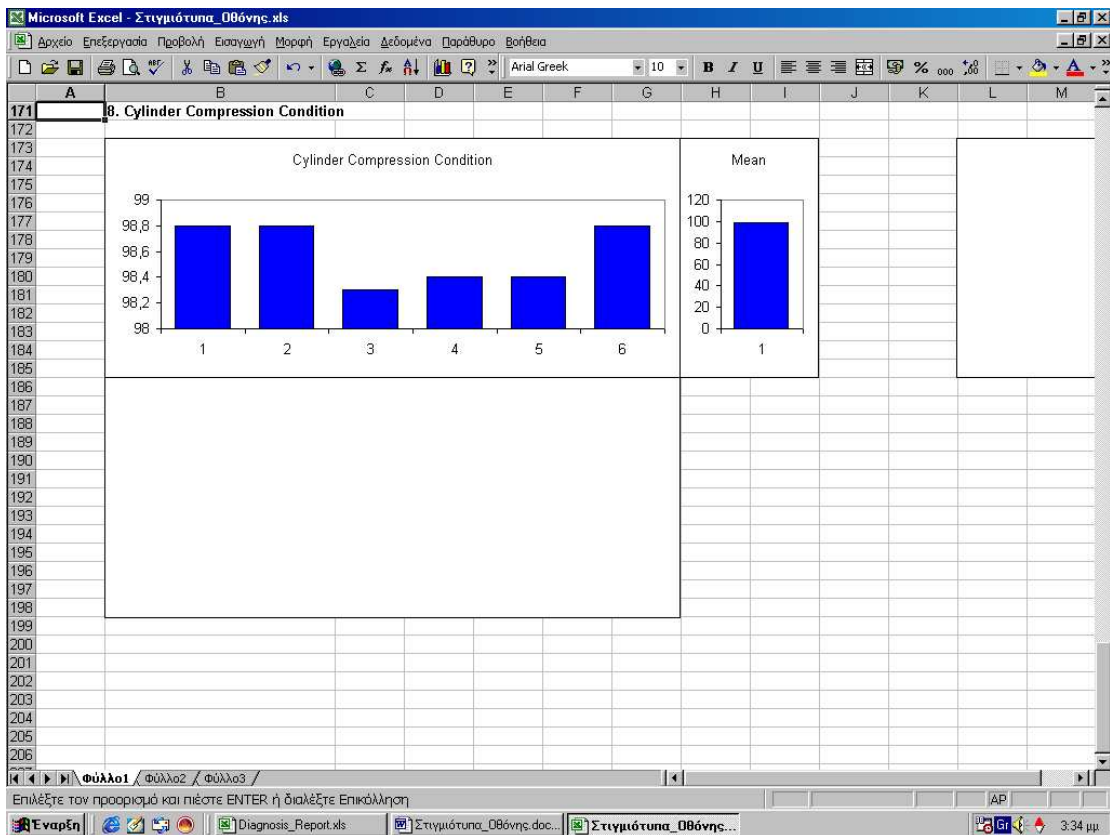
Εικόνα 16



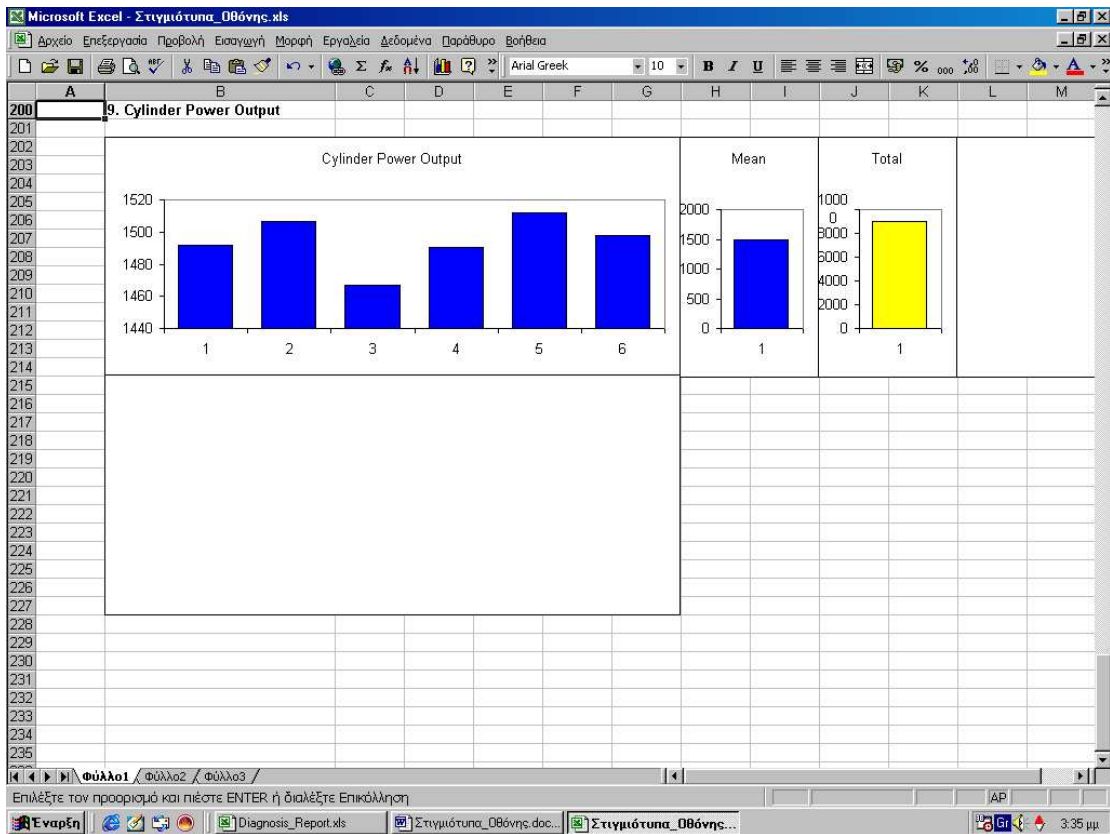
Εικόνα 17



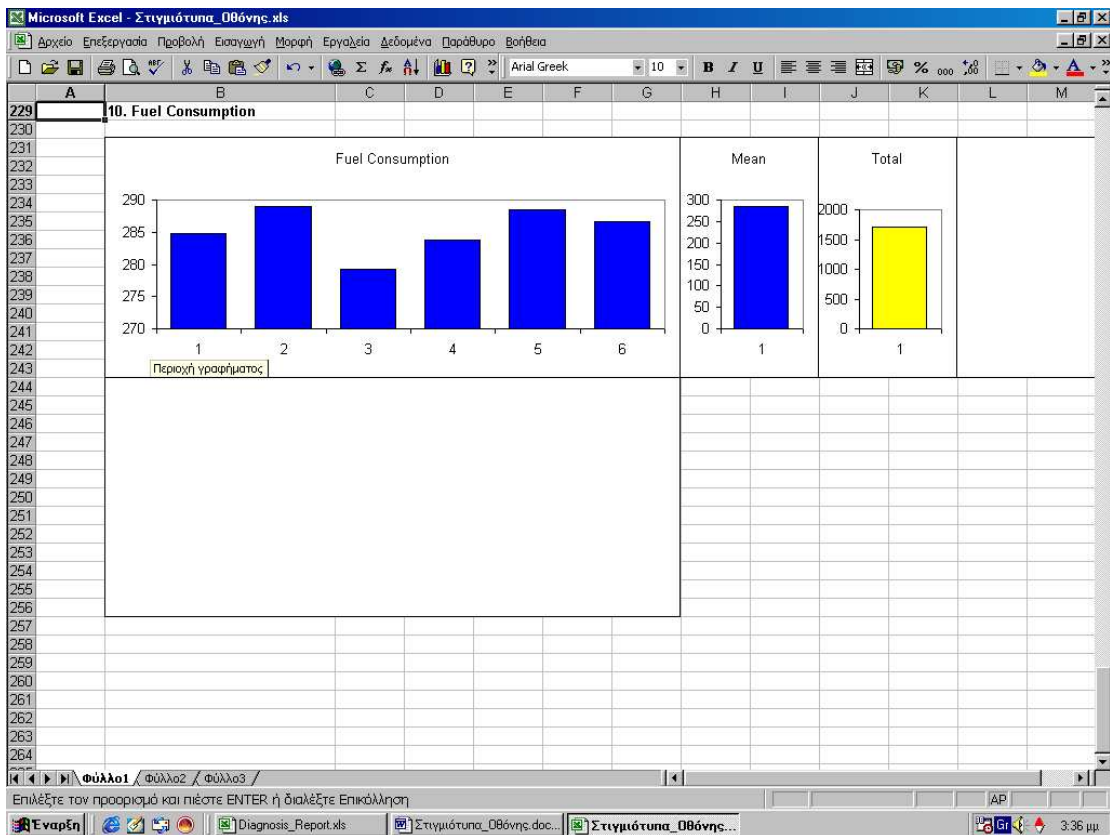
Εικόνα 18



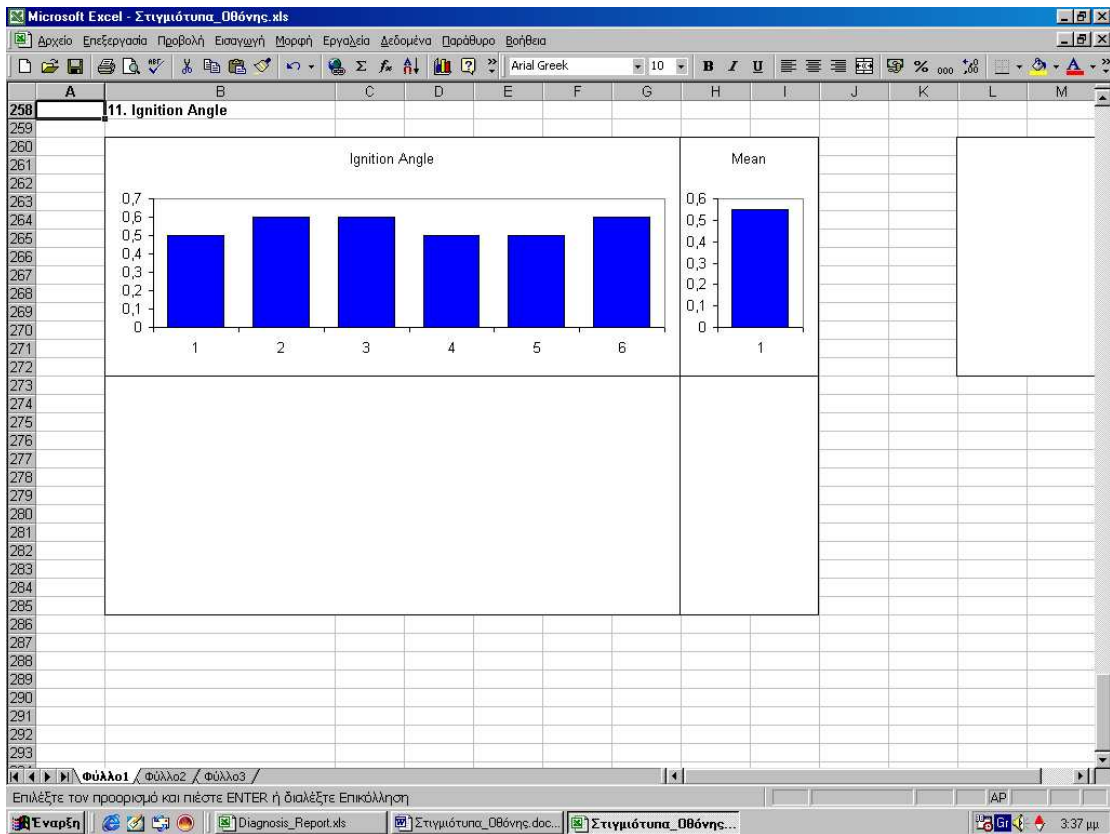
Εικόνα 19



Εικόνα 20



Εικόνα 21



Εικόνα 22

The screenshot shows an Excel spreadsheet with a table titled "12. Proposed Actions & Tuning Suggestions". The table has columns for Cylinder No. (1-6) and various engine parameters. The status of each parameter is indicated by a color-coded cell: Normal (green), Caution (yellow), or Inspect (red). The table is organized into sections: QUALITATIVE RESULTS & PROPOSED ADJUSTMENTS - DETAILED DIAGNOSIS, CYLINDER PERFORMANCE DATA, FUEL INJECTION SYSTEM, and EXHAUST - INLET SYSTEM No.1.

Parameter	1	2	3	4	5	6	Status
QUALITATIVE RESULTS & PROPOSED ADJUSTMENTS - DETAILED DIAGNOSIS							
Cylinder No.	1	2	3	4	5	6	
CYLINDER PERFORMANCE DATA							
Power Output							
Deviation (%)							
Fuelling Rate							
Adjustment (%)							
Firing Pressure							Normal
Deviation (%)							Caution
Compression Pressure							Inspect
Reduction (%)							
Exhaust Valve Opening							
Adjustment (deg)							
FUEL INJECTION SYSTEM							
Inj. Timing							
Adjustment (deg)							
Injector							
Fuel Pump							
EXHAUST - INLET SYSTEM No.1							
Turbine Condition							
Turbine Nozzle Condition							
Compressor Condition							
Air Cooler Condition-Ef.							
Air Cooler Condition-DP.							
Exhaust Pipe Condition							
13. Enging Loading Compared to Trials							

Εικόνα 23

9.6. Προτάσεις βελτίωσης

Κάποιες προσθήκες – τροποποιήσεις βελτίωσης του προγράμματος:

1. Σε τμήματα του κώδικα που μπορούν να δώσουν κάποια σφάλματα χρόνου εκτέλεσης, καλό είναι να προστεθεί κώδικας εντοπισμού και αντιμετώπισης. Τέτοιο τμήμα κώδικα είναι εκείνο που αποθηκεύει την αναφορά.
2. Το πρόγραμμα καλό είναι να παρέχει στον χρήστη την επιλογή του format αποθήκευσης της αναφοράς. Το Excel (και ειδικότερα οι πιο καινούριες εκδόσεις του) μπορεί να αποθηκεύει με πολλά format όπως txt, htm, pdf κ.α.
3. Η προσθήκη εξαναγκασμένων αλλαγών σελίδας μέσα από τον κώδικα θα βοηθούσε στην εκτύπωση.
4. Το πρόγραμμα θα μπορούσε να δίνει στον χρήστη την δυνατότητα να επιλέξει τα χρώματα που θα χρησιμοποιηθούν για την δημιουργία της αναφοράς.
5. Επιλογή από τον χρήστη στοιχείων όπως απόσταση (π.χ. σε γραμμές) μεταξύ των διαδοχικών ενοτήτων της αναφοράς και γενικά στοιχείων μορφοποίησης.