Contents

[1 ΠΕΡΙΛΗΨΗ 2](#_Toc255394074)

[2 INDICATED WORK 3](#_Toc255394075)

[2.1 ΠΙΕΣΗ ΣΤΟΝ ΘΑΛΑΜΟ ΚΑΥΣΗς 3](#_Toc255394076)

[2.2 Γωνία στροφάλου 4](#_Toc255394077)

[2.3 Όγκος 4](#_Toc255394078)

[2.4 Διαγράμματα P-V 5](#_Toc255394079)

[2.5 Ενδεικνυόμενο έργο κύκλου 6](#_Toc255394080)

[2.5.1 Παρατηρήσεις 9](#_Toc255394081)

[2.6 ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ-ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ 10](#_Toc255394082)

[2.7 ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΤΟΥ ΚΙΝΗΤΗΡΑ 11](#_Toc255394083)

[2.8 ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ fmep 13](#_Toc255394084)

[3 ΒΕΛΤΙΩΣΕΙΣ-ΑΛΛΑΓΕΣ ΣΤΗΝ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΤΑΞΗ 16](#_Toc255394085)

[3.1 Βελτίωση δειγμάτων απ΄τον οπτικό αισθητή 16](#_Toc255394086)

[3.2 Παρατηρήσεις-Προτάσεις 18](#_Toc255394087)

# ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα τεχνική έκθεση αφορά την μέτρηση του indicated work ενός κύκλου σε διάφορα σημεία μόνιμης λειτουργίας του κινητήρα RF91, βάσει της αναπτυσσόμενης πίεσης στο εσωτερικό του κυλίνδρου και της γωνίας στροφάλου με χρήση πιεζοηλεκτρικού αισθητή και laser πομπό - δέκτη αντίστοιχα. Σε πρώτη φάση υπολογίζεται το indicated work με την παραδοχή ότι η μέγιστη πίεση εμφανίζεται περίπου στις 12ο μοίρες γωνίας στροφάλου ενώ σε δεύτερη φάση μελετάται η βελτίωση των μετρήσεων απ τον αισθητήρα και laser πομπό-δέκτη μετά τις βελτιώσεις στην πειραματική διάταξη.

Table 1 Χαρακτηριστικά μονοκύλινδρου κινητήρα Ruggerini RF91



# INDICATED WORK

Σε αυτήν την ενότητα περιγράφονται τα βήματα που ακολουθούμε καθώς και τις παραδοχές που θεωρούμε για την δυναμομέτρηση του Ruggerini RF91

## ΠΙΕΣΗ ΣΤΟΝ ΘΑΛΑΜΟ ΚΑΥΣΗς

Καθώς η γωνία στροφάλου μεταβάλλεται και μαζί της ο όγκος του θαλάμου καύσης, σε συνδυασμό με την διεργασία της καύσης μέσα στο θάλαμο έχουμε την ανάλογη μεταβολή της πίεσης. Ο πιεζοηλεκτρικός αισθητήρας KISTLER 6052Β1 Quartz Pressure Transducer (0 – 250 bar, 20 cp/bar) ανάλογα με την πίεση στο θάλαμο στέλνει ένα ηλεκτρικό σήμα το οποίο μέσω του Charge Amplifier KISTLER AG 5044A συνδέεται με τον παλμογράφο Agilent 3000 Series και τελικά καταγράφεται σε αρχεία txt.

Η επεξεργασία των τιμών (ch 2) που λαμβάνουμε από τον παλμογράφο, γίνονται για λόγους ευκολίας και καλύτερης εποπτείαs μέσω του λογισμικού excel.

Αναφορικά με την πίεση γνωρίζουμε την ενίσχυση, 20 bar/volt, και τη μετατροπή του παλμογράφου, 10 volt/division, επομένως η αναπτυσσόμενη πίεση προκύπτει πολλαπλασιάζοντας τη μετρούμενη τάση επί 2.Λόγω της αδυναμίας του πιεζοηλεκτρικού αισθητή να καταγράψει τιμές πιέσεως κάτω των 0.8 bar χρησιμοποιείται ένα φίλτρο που μηδενίζει τις αρνητικές τιμές που προκύπτουν απ΄αυτήν την αδυναμία του αισθητή. Οι διαφορές φαίνονται στα παρακάτω σχήματα, πριν και μετά την διόρθωση αντίστοιχα.

Table 2 Διάγραμμα P-V χωρίς διόρθωση της πίεσης

Table 3 Διάγραμμα P-V με διόρθωση της πίεσης

Παρατηρούμε ότι παρόλο που μετά την διόρθωση ο υπολογισμός του έργου με την διαδικασία της ολοκλήρωσης γίνεται ευκολότερος, εν υπολογίζεται ο κάτω βρόγχος του οποίου το εμβαδόν είναι το έργο άντλησης. Παρακάτω διαπιστώνεται ότι το έργο άντλησης συμπεριλαμβάνεται στην διαφορά μεταξύ της αποδιδόμενης ισχύος και της ηλεκτρικής ισχύος της πέδης.

## Γωνία στροφάλου

Το γεγονός ότι ο παλμογράφος δεν μας δίνει την δυνατότητα να καταγράψουμε συγχρόνως την γωνία στροφάλου μέσω του opto (ch 1) και την πίεση μέσω του πιεζοηλεκτρικού (ch 2) καθιστά απαραίτητο τον ‘χειροκίνητο’ χρονισμό της Γ.Σ. . Ο χρονισμός αυτός γίνεται βάσει της παραδοχής που αναφέραμε παραπάνω και με κάποια προσαρμογή στον αθροιστή που χρησιμοποιούμε ανάλογα με τις στροφές του κινητήρα. Φυσικά χρησιμοποιώντας την συγκεκριμένη παραδοχή αποδεχόμαστε ότι η γωνιακή ταχύτητα του στροφάλου είναι σταθερή κάτι που δεν ισχύει στην πραγματικότητα.

## Όγκος

Ο όγκος του κυλίνδρου για κάθε γωνία στροφάλου υπολογίζεται μέσω του της σχέσης 1

Equation Όγκος Κυλίνδρου

****

όπου, Vd: όγκος εμβολισμού

rc: σχέση συμπίεσης

R: σχέση μήκους διωστήρα προς ακτίνα στροφάλου

## Διαγράμματα P-V

Βάσει των πιέσεων και του όγκου του κυλίνδρου ανάλογα με τη γωνία στροφάλου προχωράμε στον σχεδιασμό των διαγραμμάτων P-V.

Table Διάγραμμα P-V

Όπου ο οριζόντιος άξονας αντιστοιχεί στον όγκο του κυλίνδρου (m^3), ενώ ο κάθετος άξονας στην αναπτυσσόμενη πίεση (Kpa).

## Ενδεικνυόμενο έργο κύκλου

Μελετώντας το διάγραμμα P-V,παρατηρούμε ότι αποτελείται από δύο βρόγχους πίεσης .Τον βρόγχο υψηλής πίεσης και τον βρόγχο χαμηλής πίεσης. Στην ουσία ο βρόγχος υψηλής πίεσης αποτελεί την κλειστή περίοδο του κύκλου ενώ ο βρόγχος χαμηλής πίεσης αποτελεί την ανοιχτή περίοδο του κύκλου.

Table 5 Περιγραφή του κύκλου μιας τετράχρονης μηχανής

|  |
| --- |
| ***Four-stroke cycle*** |
| **Closed Period** |
| 1-2 compression |
| 2-3 heat release associated with combustion |
| **Open Period** |
| 3-4 expansion |
| 4-5 blowdown |
| 5-6 exhaust |
| 6-7 overlap |
| 7-8 induction |
| 8-1 recompression |

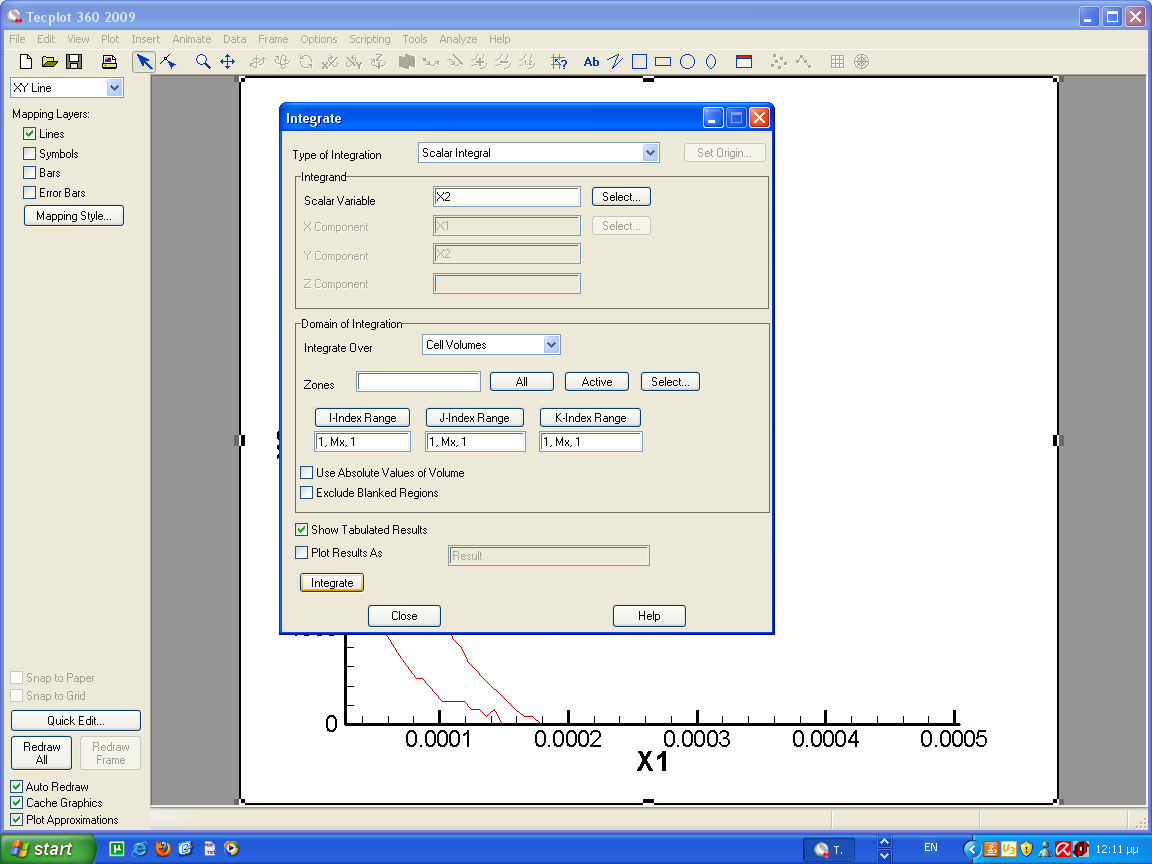
Η μέθοδος που χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό του έργου είναι η εξής

Χρησιμοποιώντας το λογισμικό Techplot υπολογίζουμε την mean effective pressure που στην ουσία είναι η ποσότητα

Equation



Figure 1 Λογισμικό Techplot, διαδικασία ολοκλήρωσης



Το ολοκλήρωμα της πίεσης ως προς τον όγκο υπολογίζεται για την κλειστή περίοδο του κύκλου δηλ. στην ουσία για τον βρόγχο υψηλής πίεσης.

Ο τελικός υπολογισμός της ολικής Ισχύος γίνεται βάσει του τύπου

Equation



Τελικά ισχύει



Equation



Όπου

 η ισχύς της ηλεκτρικής αντίστασης στην ηλεκτρομαγνητική πέδη

 η ολική ισχύς που παράγεται στη διάρκεια ενός κύκλου

 η ισχύς των τριβών

 η ισχύς του έργου άντλησης

### Παρατηρήσεις

Στην περίπτωση του τετράχρονου κινητήρα, υπό συνθήκες αντίστροφων διαφορών πιέσεων μεταξύ της βαλβίδας εισόδου  
και της πολλαπλή εξαγωγής, η ανοιχτή περίοδος του κύκλου έχει αρνητική συμβολή στο συνολικό έργο. Η περιοχή αυτή, είναι γνωστή και ως βρόγχος άντλησης.

Είναι σκόπιμο να χρησιμοποιούμε τον αποτελεσματικό όγκο σάρωσης (Vswept)   
δηλαδή αυτόν που συνδέεται με την κλειστή περίοδο του κύκλου.

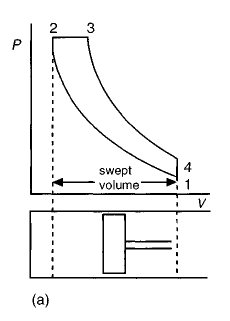
Στην ουσία η ολική ισχύς που υπολογίσαμε παραπάνω εμπεριέχει την ισχύ που δαπανάται για την υπερνίκηση των τριβών αλλά και την ισχύ που καταναλώνεται από το έργο άντλησης.

Figure 2 Αποτελεσματικός όγκος σάρωσης σe διάγραμμα P-V

## ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ-ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ

Οι υπολογισμοί για διαφορετικά σημεία λειτουργίας παρατίθενται στους παρακάτω πίνακες. Οι μετρήσεις και οι υπολογισμοί έγιναν για διαφορετικές τιμές της ηλεκτρικής αντίστασης της ηλεκτρομαγνητικής πέδης αλλά και για δύο διαφορετικά σημεία λειτουργίας του κινητήρα LOW RPM και HIGH RPM.

Table Μετρήσεις 4/11/2009

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Rpm | indicated work per cycle (kw) | Wc(kj) | Pel | Wc-Pel(kW) |
| 1853 | 2.46 | 0.220 | 0 | 3.26 |
| 1830 | 5.368 | 0.352 | 1.5 | 3.868 |
| 1814 | 6.12 | 0.405 | 3 | 3.12 |
| 2441 | 7.5 | 0.369 | 1.5 | 6.00 |
| 2402 | 7.76 | 0.388 | 3 | 4.76 |
| 2364 | 9.31 | 0.473 | 4.5 | 4.81 |

Table Παλιότερες μετρήσεις

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| rpm | indicated work per cycle(kw) | Wc(kj) | Pel(kw) | Wc-Pel(kw) |
| 1751 | 5.29 | 0.364 | 1.5 | 3.79 |
| 1706 | 5.5 | 0.388 | 3 | 2.5 |
| 1685 | 6.43 | 0.458 | 4.5 | 1.9 |
| 1935 | 5.63 | 0.349 | 0 | 5.63 |
| 2666 | 7.77 | 0.35 | 1.5 | 6.27 |
| 2591 | 8.98 | 0.416 | 3 | 5.98 |
| 2784 | 9.86 | 0.425 | 4.5 | 5.36 |
| 2608 | 7.6 | 0.35 | 0 | 7.6 |

## ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΤΟΥ ΚΙΝΗΤΗΡΑ

Οι απώλειες λόγω τριβών καθώς και οι απώλειες του pumping work υπολογίζονται αφαιρώντας το έργο που στην ουσία αποδίδουν τα αέρια της κάυσης μείον την ηλεκτρική ισχύ της ηλεκτρομαγνητικής πέδης.

Οι απώλειες όπως αναμέναμε αυξάνονται για συγκεκριμένες τιμές του Pel , καθώς αυξάνονται οι στροφές του κινητήρα. Γεγονός που οφείλεται στη αύξηση των τριβών στα έδρανα και στους τριβείς.

Μετρώντας την ισχύ που αποδίδει η μηχανή για μηδενικό φορτίο στην πέδη μπορούμε να θεωρήσουμε ότι η συγκεκριμένη ισχύς αποτελεί την ισχύ των τριβών του κινητήρα και του έργου άντλησης.

Παρατηρώντας τις τιμές των ισχύων για μηδενική αντίσταση στις 1853rpm,1935rpm και 2608rpm βλέπουμε ότι η ισχύς που καταναλώνεται αυξάνεται όσο αυξάνονται οι στροφές του κινητήρα για ίδιες τιμές της αντίστασης.

Με την παραδοχή ότι η ισχύς που δαπανάται από το έργο άντλησης σε σχέση με την ισχύ των τριβών μπορούμε να θεωρήσουμε ότι



Figure 3 Χάρτης τριβών για μηχανή Diesel 1.9I στις 2,300rpm και 40Nm



Επίσης για το  ισχύει

Equation



Figure 4 Στιγμιαία τιμή των ροπών των τριβών κατά τη διάρκεια ενός κύκλου



## ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ fmep

Θα προσπαθήσουμε να προσεγγίσουμε την από τον εμπειρικό τύπο και θεωρώντας ότι για μηδενικό φορτίο της ηλεκτρικής αντίστασης μετράμε την ισχύ των τριβών.

Ισχύει

Equation



όπου

**a, b, c** σταθερές που προκύπτουν πειραματικά

****η μέγιστη τιμή της πίεσης στην διάρκεια του κύκλου

η ταχύτητα του εμβόλου που ισούται με



S διαδρομή εμβολισμού

Ν στροφές ανά λεπτό

Θεωρώντας ότι για μηδενική αντίσταση στην πέδη, η πίεση που καταγράφεται είναι η fmep και λύνοντας το 3χ3 σύστημα προκύπτουν οι σταθερές του πειραματικού τύπου.



Για κάθε σημείο λειτουργίας υπολογίζεται κατά προσέγγιση η τιμή του έργου που δαπανάτε στις τριβές.

Table 8 Προσέγγιση του έργου των τριβών

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Σημείο Λειτουργίας | Μέγιστη τιμή πίεσης(kpa) | RPM | fmep | Wfric(kw) |
| low 1-r | 5840 | 1830 | 0.18760275 | 2.860941938 |
| low 2-r | 6080 | 1814 | 0.10040075 | 1.517724671 |
| high 1-r | 6080 | 2441 | 0.231522125 | 4.709545893 |
| high 2-r | 6800 | 2402 | -0.02820175 | -0.564505029 |
| Παλιότερες Μετρήσεις |  |  |  |  |
| low 1-r | 6000 | 1751 | 0.115177875 | 1.680637159 |
| low 2-r | 6080 | 1706 | 0.07781525 | 1.106273471 |
| low 3-r | 6160 | 1685 | 0.045471625 | 0.638497401 |
| high 1-r | 6240 | 2666 | 0.22267125 | 4.947012938 |
| high 2-r | 6720 | 2591 | 0.039274875 | 0.848010009 |
| high 3-r | 7040 | 2784 | -0.032172 | -0.7463904 |

# βΕΛΤΙΩΣΕΙΣ-ΑΛΛΑΓΕΣ ΣΤΗΝ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΤΑΞΗ

## Βελτίωση δειγμάτων απ΄τον οπτικό αισθητή

Εν όψει της on-line ανάκτησης δεδομένων με το πρόγραμμα lab-view πραγματοποιήθηκαν βελτιώσεις στην πειραματική διάταξη του διάτρητου δίσκου και του αισθητή. Η μείωση των ταλαντώσεων του συστήματος στον ψ άξονα αλλά και η περεταίρω βελτίωση του διάτρητου δίσκου δίνουν την δυνατότητα για μεγαλύτερη ακρίβεια στη μέτρηση της εξέλιξης της περιστροφής της γωνίας στροφάλου. Χαρακτηριστικά ακολουθούν τα παρακάτω διαγράμματα.

Figure

*Εργαστήριο ΜΕΚ 4/3/2009*

Μεταπτυχιακό 1-04-09 ch1 10 ms

ΝΙ VISION

## Παρατηρήσεις-Προτάσεις

Βάσει της δυναμομέτρησης του κινητήρα θα μπορούσε να τοποθετηθεί αδιαφανής ταινία στο σημείο του διάτρητου δίσκου που έχει εντοπιστεί το άνω νεκρό σημείο. Η συγκεκριμένη τροποποίηση θα μας βοηθούσε ιδιαίτερη κατά τη μελέτη της καύσης.