



ΑΝΩΤΑΤΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΕΙΡΑΙΑ
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟΥ ΤΟΜΕΑ

Α.Τ.Ε.Ι ΠΕΙΡΑΙΑ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Τ.Τ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΘΕΜΑ: ΔΥΝΑΜΟΔΕΙΚΤΙΚΑ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗΣ
ΜΗΧΑΝΗΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΗΣ ΣΥΜΠΙΕΣΗΣ
(P-V diagrams of an experimental variable compression engine)

ΒΙΛΛΑΣ ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΣ Α.Μ: 40499
ΚΡΟΚΙΔΗΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ Α.Μ: 40891

ΕΠΙΒΛ.ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΘΕΟΔΩΡΑΚΑΚΟΣ ΑΝΔΡΕΑΣ

ΑΙΓΑΛΕΩ, 2017

Περιεχόμενα

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	1
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	3
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ^ο : ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ	4
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ^ο : ΚΙΝΗΤΗΡΑΣ ΡΛΙΝΤ ΚΑΙ ΣΥΣΚΕΥΕΣ	6
2.1. Παλμοδότης-Encoder	8
2.2 Μπλοκ σύνδεσης SCB-68	10
2.3. Κάρτα συλλογής μετρήσεων (Data acquisition-DAQ) M Series NI 6220	12
2.4. Αισθητήρας πίεσης και ενισχυτής φορτίου	14
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ^ο : ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΟ ΣΚΕΛΟΣ	20
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ^ο : ΑΝΑΛΥΣΗ ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΟΥ ΚΥΚΛΟΥ ΣΤΟ LABVIEW-ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥ DATA ACQUISITION (DAQ).....	22
4.1. Περιβάλλον χρήση συστήματος LABVIEW	23
4.2. Περιβάλλον ρυθμίσεων-settings.....	25
4.3. Δομή του προγράμματος	29
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 ^ο : ΛΗΨΗ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΚΑΙ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ P-V	32
ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ.....	34
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	35
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	36

Ευχαριστίες

Θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε θερμά τον καθηγητή μας κ. Θεοδωρακάκο Ανδρέα για την εμπιστοσύνη που μας έδειξε, την πολύτιμη βοήθεια και καθοδήγηση του κατά την εκπόνηση της εργασίας μας και για την επίλυση διάφορων θεμάτων και αποριών.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της πτυχιακής εργασίας μας είναι να αναβαθμίσουμε τον ήδη υπάρχων εξοπλισμό που βρίσκεται στο εργαστήριο του μαθήματος, Μηχανών Εσωτερικής Καύσης, ο οποίος σχετίζεται με την μέτρηση της πίεσης στην πειραματική/εκπαιδευτική μηχανή PLINT. Η διάταξη αυτή αποτελείται από έναν πιεζοηλεκτρικό αισθητήρα πίεσης συνδεδεμένο στον κύλινδρο του κινητήρα, ενός ενισχυτή φορτίου, ενός αισθητήρα θέσης στροφάλου και ενός παλμογράφου. Το σήμα από τον πιεζοηλεκτρικό αισθητήρα οδηγείται στον ενισχυτή φορτίου και στη συνέχεια στον παλμογράφο. Ο παλμογράφος παίρνει σήμα και από τον αισθητήρα θέσης του στροφάλου όπου και τελικά εμφανίζεται το δυναμοδεικτικό διάγραμμα της μηχανής (p-V ή p-φ). Ο παλμογράφος αυτός πλέον δεν λειτουργεί, όπως και ο αισθητήρας θέσης, ο οποίος έχει και αυτός χαλάσει. Εμείς καλούμαστε να αντικαταστήσουμε τις χαλασμένες συσκευές δημιουργώντας ένα σύστημα μέσω του λογισμικού της National Instruments, LabVIEW, το οποίο θα έχει την δυνατότητα να λαμβάνει και να επεξεργάζεται δεδομένα, τα οποία σχετίζονται με τον τετράχρονο βενζινοκινητήρα PLINT του εργαστηρίου μας. Μέσω της επεξεργασίας των δεδομένων, το σύστημά μας θα έχει την δυνατότητα να δημιουργήσει το δυναμοδεικτικό διάγραμμα Πίεσης-Όγκου (p-V) του βενζινοκινητήρα μας, αλλά και τον υπολογισμό άλλων λειτουργιών, όπως τον υπολογισμό των στροφών (rpm) του κινητήρα. Για να το πετύχουμε αυτό θα χρησιμοποιήσουμε κάποιες ειδικές ηλεκτρονικές συσκευές, αισθητήρες καθώς και έναν ηλεκτρονικό υπολογιστή. Επίσης, εκτός του προγραμματισμού, θα χρειαστεί να κατασκευάσουμε και μια μεταλλική βάση στήριξης για τον εξοπλισμό μας.

SUMMARY

The purpose of our dissertation is to upgrade existing equipment in the Internal Combustion Engine laboratory, which is related to the pressure measurement in the PLINT experimental/training machine. This device consists of a piezoelectric pressure sensor connected to the cylinder. The motor, a load amplifier, a crank position sensor and an oscilloscope. The signal from the piezoelectric sensor is led to the load amplifier and then to the oscilloscope. The oscilloscope also receives a signal from the crankshaft position sensor, where the motor pressure-volume diagram is finally displayed (p - V or p - ϕ). The oscilloscope and the position sensor are both out of order. We are supposed to replace these damaged devices by creating a system through National Instruments, LabVIEW software, which will be able to receive and process data related to our 4-stroke PLINT gasoline engine. Through our data processing system, we will be able to create the P-V diagram of our gasoline engine, as well as the calculation of other functions, such as the engine rpm. To achieve this, we will use some special electronic devices, sensors as well as a computer. Besides planning, we will also need to build a metal base for our equipment.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Μέσω της πτυχιακής μας εργασίας, επιτυγχάνουμε την αναβάθμιση και εκσυγχρονισμό της πειραματικής μηχανής PLINT του εργαστηρίου μηχανών εσωτερικής καύσης. Μέσω του συστήματος που θα δημιουργήσουμε, οι φοιτητές του τμήματος Μηχανολογίας του ΑΤΕΙ Πειραιά, θα έχουν την δυνατότητα να λαμβάνουν, να επεξεργάζονται και να εξάγουν συμπεράσματα σχετικά με την λειτουργία μιας εμβολοφόρας βενζινομηχανής, για διαφορετικές συνθήκες λειτουργίας.

Για να πετύχουμε την δημιουργία του συστήματος ανάλυσης του κύκλου καύσης, χρειάστηκε να εμβαθύνουμε στη θεωρία του μαθήματος μηχανών εσωτερικής καύσης, αλλά και να παρακολουθήσουμε διαδικτυακά σεμινάρια της National Instruments σχετικά με το περιβάλλον προγραμματισμού του LabView, αλλά και σχετικά με την λογική της συλλογής μετρήσεων (Data Acquisition).

Τέλος, χρειάστηκε να κατανοήσουμε τον τρόπο λειτουργίας και συνδεσμολογίας των συσκευών που διαθέτουμε για την λήψη και επεξεργασία των μετρήσεων. Οι συσκευές που θα χρησιμοποιήσουμε θα αναλυθούν λεπτομερώς στα παρακάτω κεφάλαια και ονομαστικά είναι, ένας αισθητήρας πίεσης που συνοδεύεται από έναν ενισχυτή φορτίου (charge amplifier), ένα παλμοδότη (encoder), ένα μπλοκ σύνδεσης των σημάτων (connector block SCB-68 NI), το οποίο αναλαμβάνει να τα στείλει σε μια κάρτα η οποία βρίσκεται συνδεδεμένη σε θύρα PCI-E στην μητρική κάρτα του υπολογιστή μας και είναι η DAQ M Series 6220 της National Instruments. Αυτή με την σειρά της επεξεργάζεται τα σήματα αυτά και τα εισάγει στο σύστημα του LabView που δημιουργήσαμε. Εκτός από το κομμάτι του προγραμματισμού, κατασκευάσαμε και μια μεταλλική βάση στήριξης του encoder.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο: ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

Στο κεφάλαιο αυτό θα αναλύσουμε μέρος της θεωρίας γύρω από μια βενζινομηχανή εσωτερικής καύσης τεσσάρων χρόνων, όπως αυτή του εργαστηρίου μας, με σκοπό ο αναγνώστης να μπορέσει να κατανοήσει κάποια βασικές αρχές γύρω από την λειτουργία ενός κινητήρα.

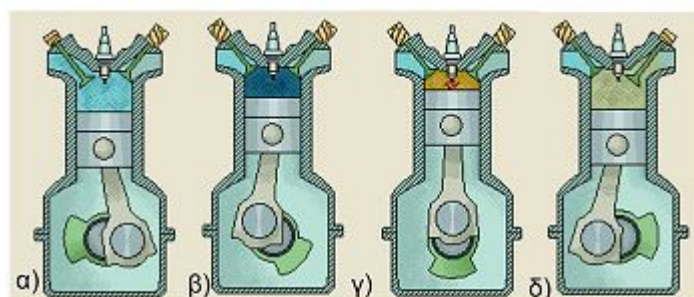
Λειτουργία τετράχρονης ΜΕΚ:

Οι τετράχρονοι βενζινοκινητήρες εσωτερικής καύσης έχουν τέσσερις φάσεις λειτουργίας, «χρόνους»:

"Χρόνος" λειτουργίας ορίζεται η διαδρομή του εμβόλου από το Άνω Νεκρό Σημείο(Α.Ν.Σ.) στο το Κάτω Νεκρό Σημείο (Κ.Ν.Σ.).

Άρα για να πραγματοποιηθεί ένας πλήρης κύκλος λειτουργίας πρέπει το έμβολο να κάνει τέσσερις διαδρομές, γι' αυτό ο κινητήρας αυτός λέγεται τετράχρονος.

1. **Εισαγωγή:** Το καύσιμο μείγμα εισέρχεται στο θάλαμο καύσης από την ανοιχτή βαλβίδα εισαγωγής
2. **Συμπίεση:** Το έμβολο κινείται προς το άνω νεκρό σημείο και συμπιέζει το καύσιμο μείγμα
3. **Ανάφλεξη:** Καύση / Εκτόνωση. Η ταχεία αύξηση της θερμοκρασίας, σε συνδυασμό με τον ηλεκτρικό σπινθήρα που δίνεται από τον σπινθηριστή (μπουζί), προκαλούν την ανάφλεξη του καυσίμου μίγματος. Η έναυση δεν γίνεται στο άνω νεκρό σημείο αλλά λίγο πιο πριν (προπορεία ανάφλεξης, «αβάνς»). Το μείγμα καίγεται και εκτονώνεται, πιέζοντας το έμβολο προς το κάτω νεκρό σημείο, παράγοντας ωφέλιμο έργο.
4. **Εξαγωγή:** Το έμβολο, που λόγω της πίεσης των αερίων της καύσης έχει φτάσει στο κάτω νεκρό σημείο, λόγω της αδράνειας του συστήματος έμβολο-στροφαλοφόρος-σφόνδυλος, αρχίζει να κινείται προς τα άνω, σπρώχνοντας τα αέρια προς την ανοιχτή βαλβίδα εξαγωγής. Έτσι τα προϊόντα της καύσης εξέρχονται από το θάλαμο καύσης στο περιβάλλον.



- α) Εισαγωγή ή αναρρόφηση του αέρα ή του καυσίμου μίγματος.
- β) Συμπίεση του αέρα ή του καυσίμου μίγματος.
- γ) Καύση του μίγματος αέρα – καυσίμου.
- δ) Εκτόνωση « Ωφέλιμος χρόνος».
- ε) Εξαγωγή των καυσαερίων.

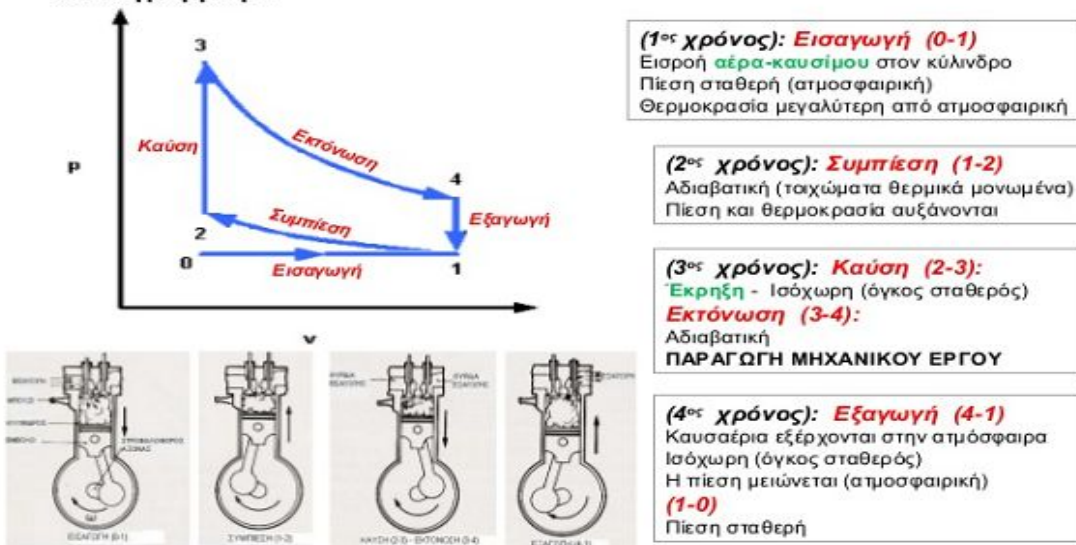
Εικόνα 1: Κύκλος καύσης

Οι παραπάνω τέσσερις χρόνοι που αναλύθηκαν αποτελούν στην ουσία έναν Κύκλο καύσης. Στην περίπτωση ενός βενζινοκινητήρα, όπως αυτός του εργαστηρίου, ο κύκλος ονομάζεται κύκλος ΟΤΤΟ.

Εμείς λοιπόν με την βοήθεια του εξοπλισμού που περιγράψαμε παραπάνω καλούμαστε να καταγράψουμε το πραγματικό δυναμοδεικτικό διάγραμμα (p-V),.

Στην παρακάτω φωτογραφία παρουσιάζεται ένα θεωρητικό διάγραμμα P-V του θερμοδυναμικού κύκλου ΟΤΤΟ.

- **κύκλος Otto** : Θεωρητικός θερμοδυναμικός κύκλος 4-χρονου βενζινοκινητήρα σε διάγραμμα p-v



Εικόνα 2: Κύκλος Otto

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2°: ΚΙΝΗΤΗΡΑΣ PLINT ΚΑΙ ΣΥΣΚΕΥΕΣ

Το πρόγραμμα ανάλυσης του κύκλου καύσης βασίστηκε στον κινητήρα μεταβλητής συμπίεσης PLINT LAB W1 OTTO. Πρόκειται για έναν μονοκύλινδρο βενζινοκινητήρα συνδεδεμένο με δυναμοπέδη (ή δυναμόμετρο), ευθυγραμμισμένα μεταξύ τους και τοποθετημένα επάνω σε ειδική κινητή βάση.

Η δυναμοπέδη είναι εξοπλισμένη με μια ειδική ταχογεννήτρια και έναν ανορθωτικό ρυθμιστή στροφών, τα οποία επιτρέπουν την επίτευξη και διατήρηση σταθερής ταχύτητας. Ο ρυθμιστής αυτός είναι στην ουσία μία μονοφασική, τετραπολική αναγεννητική μονάδα ηλεκτροπαραγωγής, που επιστρέφει την παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια στην κεντρική παροχή ηλεκτρισμού. Με τον τρόπο αυτό είναι δυνατή η φόρτιση του βενζινοκινητήρα με φορτίο του οποίου η μεταβολή είναι συνεχής καθώς επίσης και η διατήρηση σταθερής ροπής ενώ μεταβάλλεται η ταχύτητα. Η δυναμοπέδη ενώ κατά τη φόρτιση λειτουργεί σαν ηλεκτρογεννήτρια, μπορεί επίσης να λειτουργήσει και σαν κινητήρας είτε για την εύκολη εκκίνηση του βενζινοκινητήρα είτε για τη μέτρηση των εσωτερικών της απωλειών.

Ο κινητήρας τροφοδοτείται από σύστημα παροχής καυσίμου το οποίο είναι τοποθετημένο σε χαλύβδινο ικρίωμα και περιλαμβάνει δύο δοχεία καυσίμου, χωρητικότητας 4,5 lt το καθένα. Κάθε δοχείο διαθέτει φίλτρο καυσίμου. Επίσης, η μηχανή μεταβλητής συμπίεσης είναι υδρόψυκτη, εφοδιασμένη με σύστημα κυκλοφορίας του ψυκτικού μέσου (νερό).

Η μηχανή αυτή έχει κατασκευαστεί έτσι ώστε να είναι δυνατή η επίδειξη της επίδρασης της μεταβολής του βαθμού ή σχέσης συμπίεσης ή απλούστερα της συμπίεσης στη λειτουργία της μηχανής Otto. Η κυλινδροκεφαλή είναι ειδικά κατασκευασμένη ώστε να επιτρέπει την εύκολη μεταβολή των διαστάσεων του θαλάμου καύσης.

Οι τριβείς και ο κινηματικός μηχανισμός είναι κατάλληλα σχεδιασμένα ώστε να αντέχουν σε κρουστική καύση, επιτρέποντας την πειραματική μελέτη της προανάφλεξης και της κρουστικής καύσης στη βενζινομηχανή.

Έχει κατασκευαστεί από χυτοσίδηρο και ο υδρόψυκτος κύλινδρος είναι ανεξάρτητος από το στροφαλοθάλαμο. Το έμβολο είναι κατασκευασμένο από κράμα αλουμινίου και έχει δύο ελατήρια συμπίεσης και ένα λαδιού. Ο στροφαλοφόρος άξονας είναι κατασκευασμένος από σφυρήλατο χάλυβα. Τα έδρανα βάσης είναι κατασκευασμένα από λευκό μέταλλο και το έδρανο της κεφαλής του διωστήρα είναι λεπτότοιχο διμεταλλικό έδρανο χαλκού-μολύβδου.

Το έδρανο κεφαλής, ο κύλινδρος και ο εκκεντροφόρος άξονας λιπαίνονται με εμβάπτιση (εκτίναξη). Για το σκοπό αυτό μια γραναζωτή αντλία, εξωτερικά τοποθετημένη, διοχετεύει λιπαντικό στο σύστημα. Ο στροφαλοφόρος άξονας και τα έδρανα βάσεως λιπαίνονται με πίεση.

Ο εξαεριωτήρας είναι ανοδικής ροής, εφοδιασμένος με ρυθμιζόμενη βελονοειδή βαλβίδα (μεταβλητό ζιγκλέρ) ώστε να είναι δυνατή η μεταβολή της ποιότητας του μίγματος. Η ανάφλεξη επιτυγχάνεται με μαγνητοηλεκτρική διάταξης (μανιατό), και ο χρονισμός της μηχανής (ανάφλεξης) μπορεί εύκολα να μεταβάλλεται.

Η σχέση συμπίεσης μεταβάλλεται με τη μεταβολή της θέσης ενός υδρόψυκτου χυτοσιδηρού κυλινδρικού πώματος προσαρμοσμένου σε κατάλληλη οπή της υδρόψυκτης κυλινδροκεφαλής. Το πώμα αυτό φέρει το σπινθηριστή και στεγανοποιείται με χυτοσιδηρά ελατήρια συμπίεσης και σιλικονούχους δακτυλίους O (O-rings). Το κάτω άκρο του πώματος αποτελεί την επάνω επιφάνεια του θαλάμου καύσης. Το πώμα κινείται αξονικά (κατά τον κατακόρυφο άξονα) με την περιστροφή ενός οδοντοτροχού που εμπλέκεται με οδοντοστεφάνη που στη συνέχεια εμπλέκεται με τρεις οδοντοτροχούς που στρέφουν κοχλίες σε επαφή με την κυλινδροκεφαλή. Η σχέση συμπίεσης μετριέται με ειδικό μετρητή συνδεδεμένο με την οδοντοστεφάνη. Πρέπει να σημειωθεί ότι ο ειδικός αυτός μετρητής του

λόγου συμπίεσης απουσιάζει, με αποτέλεσμα για την ρύθμιση η οποία χρησιμοποιείται να μην γνωρίζουμε με ακρίβεια τον πραγματικό λόγο συμπίεσης.

Η μηχανή τέλος διαθέτει φυγοκεντρικό ρυθμιστή στροφών.

Σε ότι αφορά στα τεχνικά χαρακτηριστικά του κινητήρα, αυτά είναι τα εξής:

Αριθμός κυλίνδρων	1
Διαδρομή εμβόλου	82,5 mm
Διάμετρος κυλίνδρου	85 mm
Όγκος εμβολισμού	468 cc
Όρια μεταβολής σχέσης συμπίεσης	4:1 έως 10:1
Διακύμανση ταχύτητας ρυθμιστή στροφών	1500 RPM έως 2000 RPM
Μέγιστη ταχύτητα ρυθμιστή στροφών	2500 RPM
Μέγιστη ταχύτητα άφορτης λειτουργίας	2490 RPM
Ονομαστική ισχύς	2,3 KW

2.1. Παλμοδότης-Encoder

Για τον υπολογισμό των στροφών αλλά και την θέση σε μοίρες του εμβόλου του κινητήρα, χρησιμοποιούμε ένα encoder της εταιρίας OMRON τύπου E6C2-CWZ3E. Το encoder αυτό μας στέλνει 720 παλμούς ανά περιστροφή 360 μοιρών. Αυτό σημαίνει ότι ανά παλμό που μας στέλνει, ο στρόφαλος του κινητήρα μας έχει περιστραφεί κατά μισή μοίρα ($\varphi=0.5^\circ$).

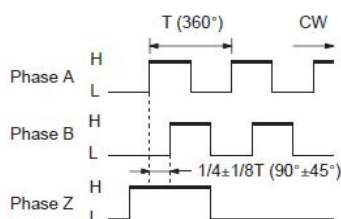


Εικόνα 3: Encoder

Στο σχήμα που βλέπουμε παρακάτω, φαίνεται το είδος του σήματος που μας στέλνει το encoder σε ορολογιακή ή αντιορολογιακή περιστροφή.

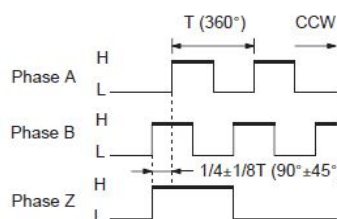
E6C2-CWZ3E

Direction or resolution: Clockwise (CW)
(As viewed from the end of the shaft)



Note: Phase A is $1/4 \pm 1/8 T$ faster than phase B.

Direction or resolution: Counterclockwise (CCW)
(As viewed from the end of the shaft)



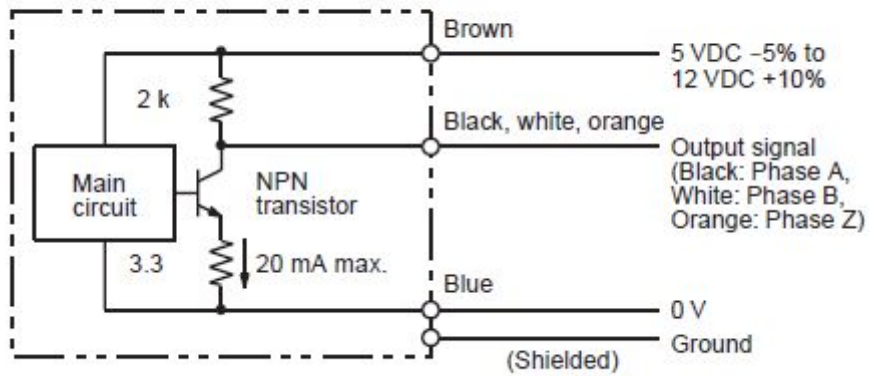
Note: Phase A is $1/4 \pm 1/8 T$ slower than phase B.

Εικόνα 4: Σήμα encoder

Το encoder μας για να λειτουργήσει χρειάζεται παροχή από 5V έως 12V και η μέγιστη κατανάλωση ρεύματος είναι 100mA. Επίσης, ανταποκρίνεται το πολύ έως τα 100kHz και το όριο στροφών του είναι στις 6000rpm.

Σε ό,τι αφορά τον τρόπο σύνδεσης του encoder, η διαδικασία έχει ως εξής:

E6C2-CWZ3E



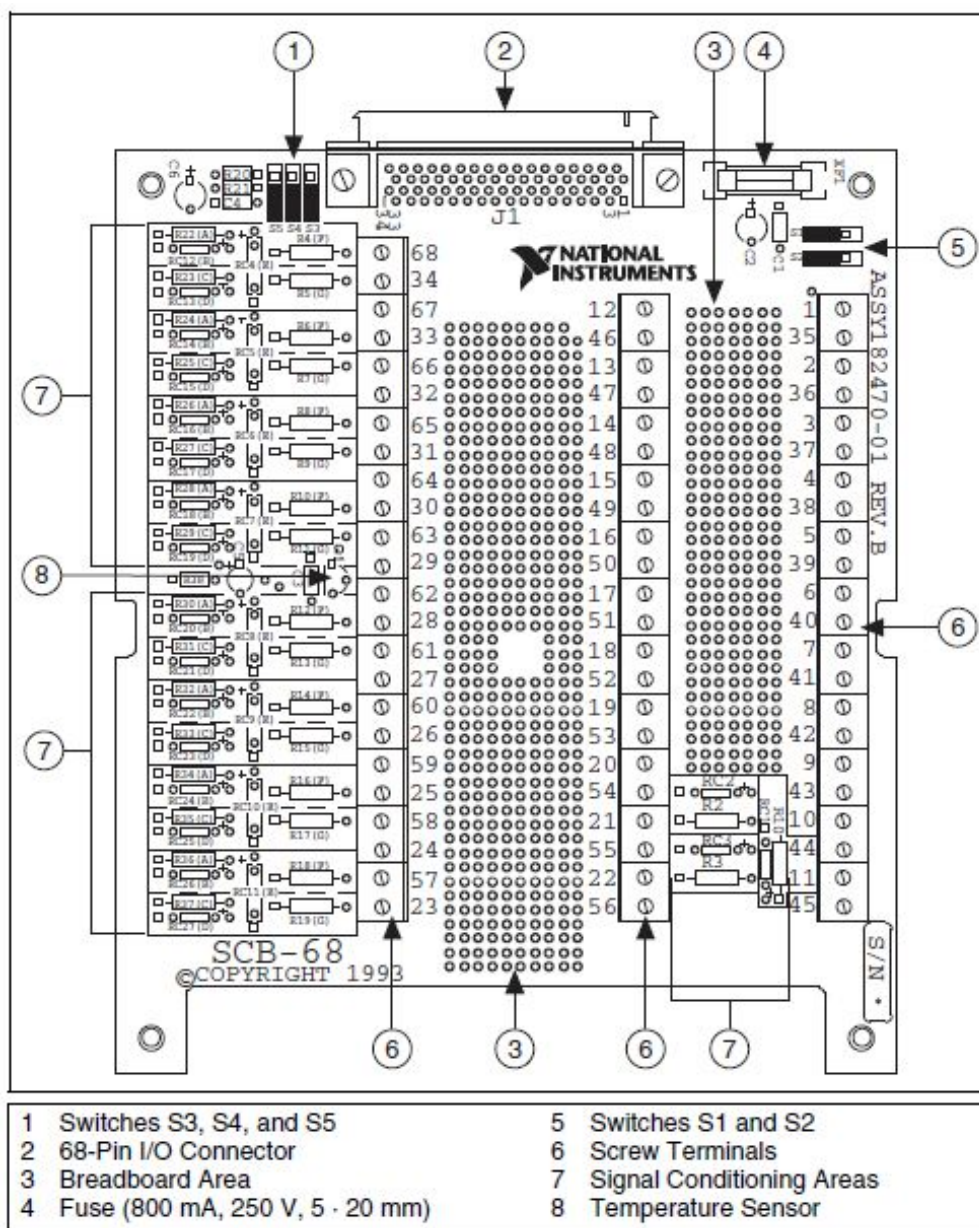
Εικόνα 5: Ηλεκτρονικό διάγραμμα του encoder

Όπως βλέπουμε και παραπάνω, έχουμε ένα καφέ καλώδιο το οποίο πρέπει να συνδεθεί σε μία από τις παροχές τάσης της πλακέτας μας, ένα μαύρο, ένα άσπρο και ένα πορτοκαλί καλώδιο τα οποία αφορούν τις φάσεις του encoder και τέλος ένα μπλε καλώδιο το οποίο είναι η γείωση της συσκευής.

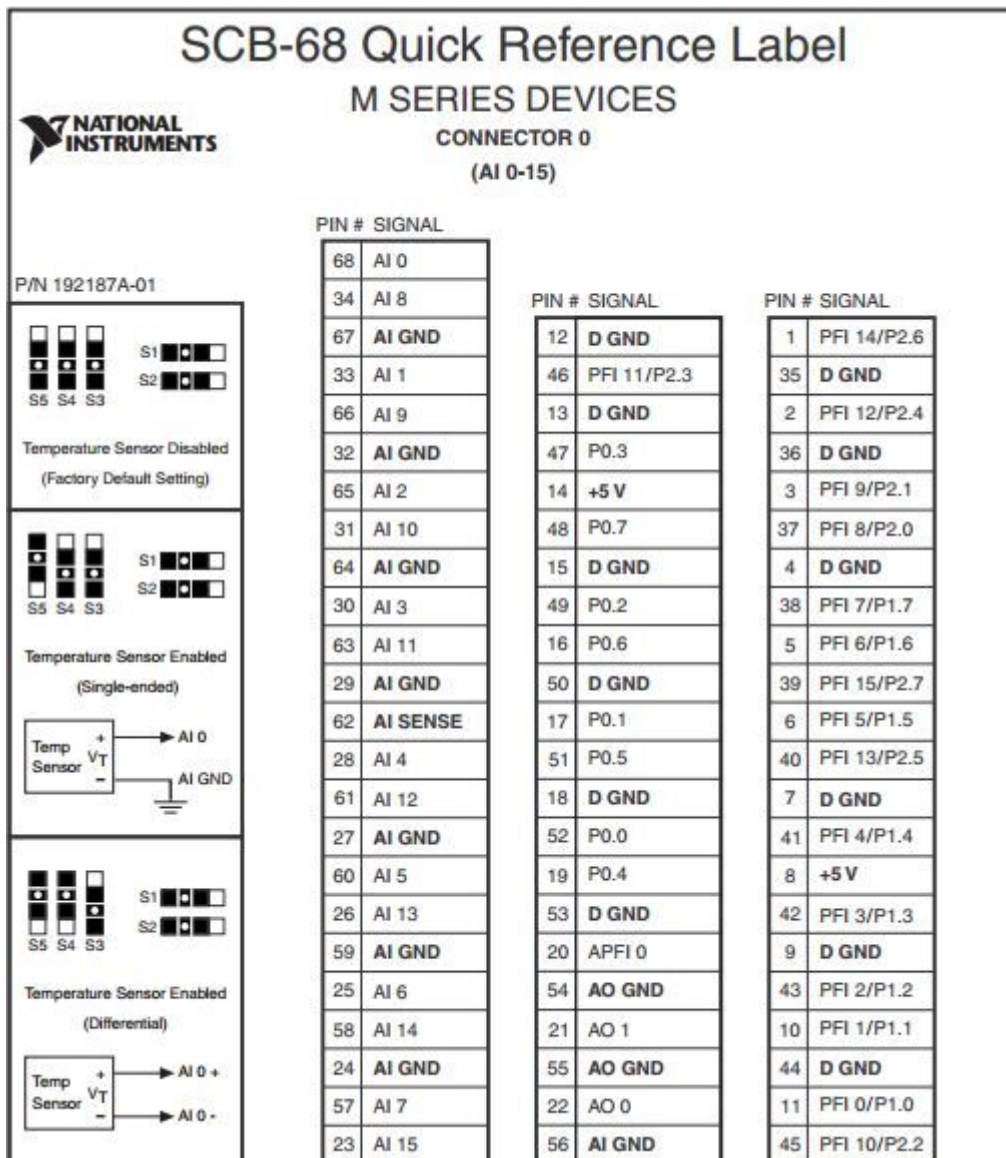
2.2 Μπλοκ σύνδεσης SCB-68

Το μπλοκ σύνδεσης αυτό συνεργάζεται με την κάρτα συλλογής μετρήσεων που θα χρησιμοποιηθεί. Είναι μάρκας National Instruments, και είναι μια πλακέτα όπου συνδέουμε ό,τι συσκευές και αισθητήρες διαθέτουμε. Δέχεται σήμα από 68 κανάλια, αναλογικά και ψηφιακά, διαθέτει δύο θύρες παροχής τάσης έως 5V, μια ασφάλεια 800mA, καθώς και υποδοχές γείωσης για τα αναλογικά κανάλια, αλλά και τα ψηφιακά. Όλες οι συνδέσεις γίνονται με βιδωτές κλέμμες. Όλη η πλακέτα προστατεύεται από μεταλλική θήκη. Τα 68 αυτά κανάλια καταλήγουν σε έναν ακροδέκτη 68 θέσεων και μέσω ειδικού καλωδίου συνδέεται με την κατάλληλη κάρτα συλλογής μετρήσεων χρήστης θα πρέπει να μην συνδέσει στην πλακέτα αυτή, τάση μεγαλύτερη από 24V, καθώς υπάρχει κίνδυνος σοβαρής βλάβης.

Παρακάτω βλέπουμε σε σχεδιάγραμμα την πλακέτα μας καθώς και τη χρήση της κάθε υποδοχής.



Εικόνα 3: Μπλοκ σύνδεσης SCB-68



Εικόνα 4: Κανάλια σύνδεσης του connector block

Τα κανάλια της κάρτας είναι αριθμημένα από το 1 έως το 68, το καθένα έχει την δικιά του κλέμμη και μέσω της παραπάνω φωτογραφίας μπορούμε να δούμε τι είδος σήματος μπορούμε να συνδέσουμε στο καθένα. Στα αριστερά υπάρχουν κάποιοι διακόπτες οι οποίοι σχετίζονται με το κανάλι 68 (AI 0), το οποίο είναι αποκλειστικά για σύνδεση αισθητήρα θερμοκρασίας. Παρακάτω, με την βοήθεια του παραπάνω σχεδιαγράμματος θα δείξουμε και τον τρόπο συνδεσμολογίας όλων των συσκευών μας.

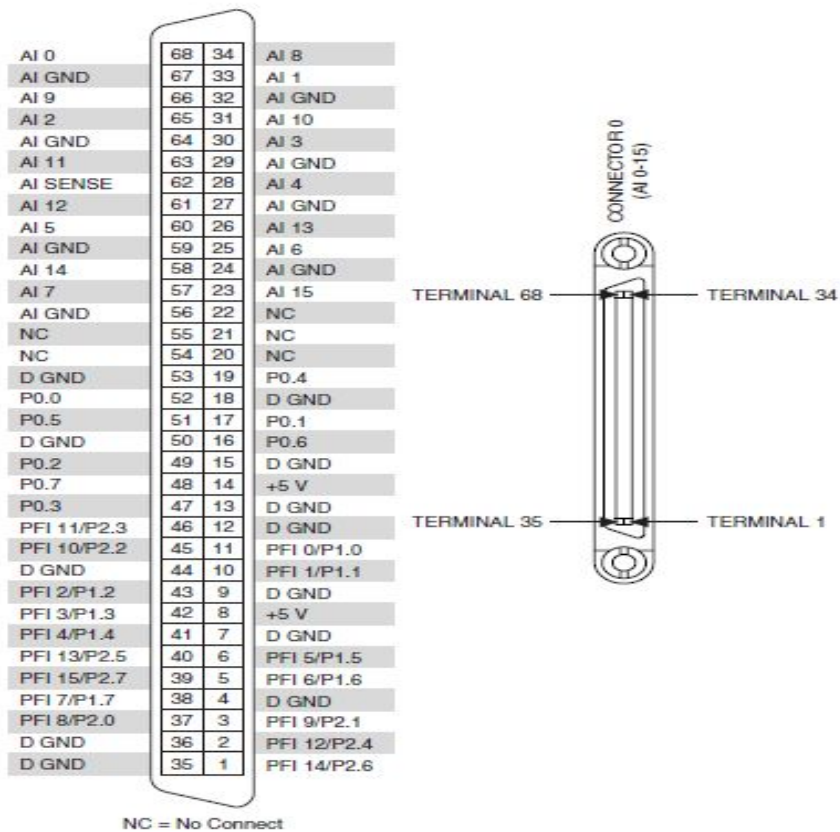
2.3. Κάρτα συλλογής μετρήσεων (Data acquisition-DAQ) M Series NI 6220

Η κάρτα αυτή της National Instruments, συνδέεται στο εσωτερικό του υπολογιστή μας, στην μητρική κάρτα (motherboard), μέσω θύρας PCI-E. Μέσω του ακροδέκτη των 68 θέσεων που αναφέραμε παραπάνω και ειδικού καλωδίου, παίρνει τα σήματα που έχουμε συνδέσει στο μπλοκ σύνδεσης (SCB-68). Στη συνέχεια, σε συνδυασμό με το λογισμικό που δημιουργήσαμε στο LabView, επεξεργάζεται αυτά τα σήματα, τα αναλύει και εξάγει τα ανάλογα αποτελέσματα μέσω του λογισμικού μας.



Εικόνα 5: Κάρτα DAQ M Series NI 6220

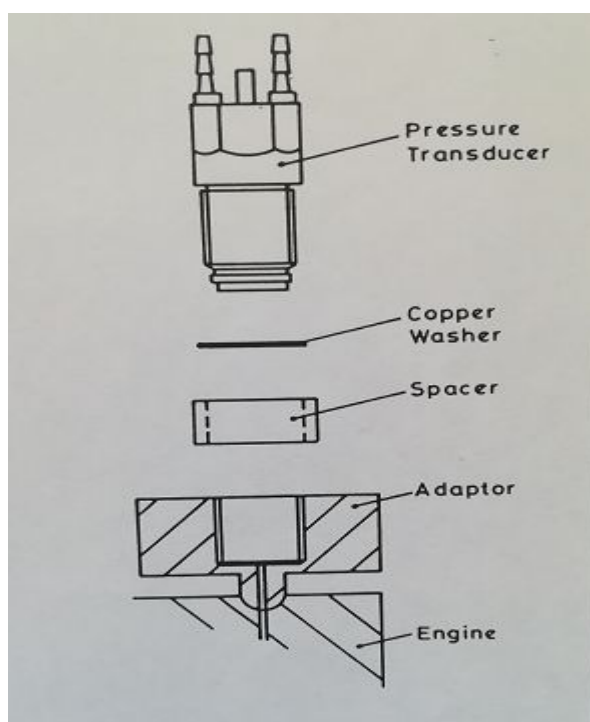
Δέχεται και ψηφιακά και αναλογικά σήματα. Μπορεί να επεξεργαστεί έως και 250.000 δείγματα ανά δευτερόλεπτο (250Ks/s) και λειτουργεί από 2.2V έως 5.25V. Επίσης, διαθέτει εσωτερικό counter/timer, το οποίο θα μας βοηθήσει και για τον υπολογισμό των στροφών του κινητήρα μας. Το ρολόι αυτό λειτουργεί σε συχνότητα 80MHz..Παρακάτω μπορούμε να δούμε το σχεδιάγραμμα του ακροδέκτη σύνδεσης μεταξύ της πλακέτας μας SCB-68 και της κάρτας μας.



Εικόνα 9: Ακροδέκτης 68 θέσεων

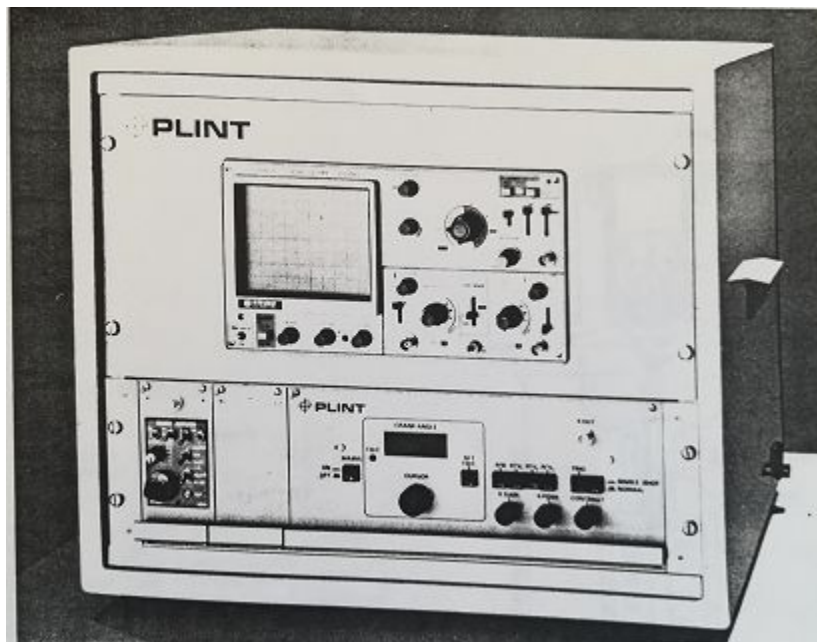
2.4. Αισθητήρας πίεσης και ενισχυτής φορτίου

Ο αισθητήρας πίεσης είναι συνδεδεμένος στον κύλινδρο του κινητήρα μας με σκοπό να μετρά τις πιέσεις που αναπτύσσονται στο εσωτερικό του κυλίνδρου κατά τον κύκλο λειτουργίας. Είναι υδρόψυκτος και η ψύξη του επιτυγχάνεται μέσω της ειδικής βάσης στην οποία είναι βιδωμένος. Πρόκειται για μια πιεζοηλεκτρική (piezo-electric) συσκευή, δηλαδή μια συσκευή η οποία μέσω της πίεσης που δέχεται παράγει μια τάση στην έξοδό της. Η τάση αυτή, φυσικά, ποικίλει ανάλογα με το μέγεθος της πίεσης που δέχεται. Οι πιεζοηλεκτρικοί αισθητήρες είναι κατάλληλοι για λήψη μετρήσεων σε χρονικά μεταβαλλόμενα πεδία πίεσης. Αυτό που πραγματικά μετράνε είναι οι μεταβολές της πίεσης και όχι η απόλυτη πίεση. Για άριστα αποτελέσματα στις μετρήσεις μας θα έπρεπε να διαθέταμε και έναν ακόμα αισθητήρα στατικής πίεσης (ατμοσφαιρικής), ώστε να γίνεται σύγκριση μεταξύ των δύο και τελικά να έχουμε την πραγματική πίεση. Αυτό είναι κάτι που αναμένουμε να φανεί στις μετρήσεις μας που θα αναλύσουμε παρακάτω. Το εύρος λειτουργίας του είναι από 0 έως 150 bar και η ευαισθησία του είναι 35 pC/bar. Coulomb είναι το ηλεκτρικό φορτίο και $1C=1\text{Amp}/\text{second}$. Άρα ο αισθητήρας μας στέλνει 3.5×10^{-11} Ampere/second.



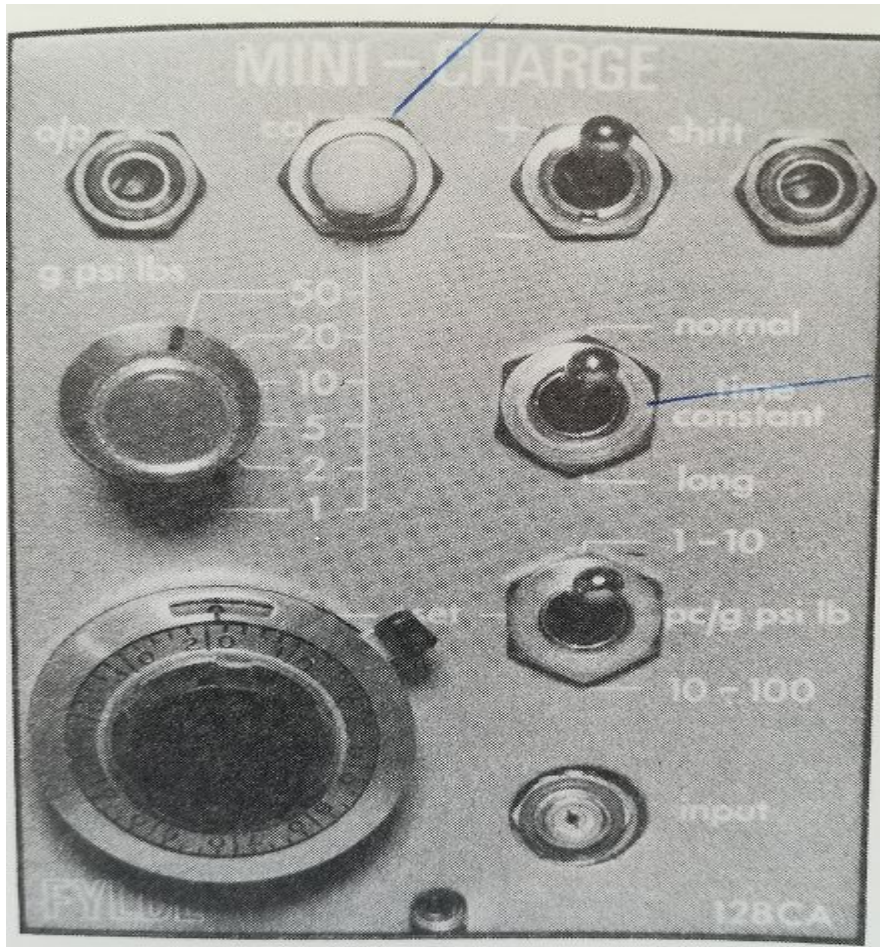
Εικόνα 10: Αισθητήρας πίεσης και σύνδεση

Το σήμα αυτό που παράγει πηγαίνει σε έναν ενισχυτή φορτίου ο οποίος βρίσκεται στον παλιό πίνακα ελέγχου του κινητήρα μας PLINT. Αυτόν τον πίνακα ελέγχου αντικαταστήσαμε με την δημιουργία του λογισμικού LabView. Όπως βλέπουμε στην παρακάτω εικόνα, ο ενισχυτής βρίσκεται στο κάτω αριστερό μέρος του πίνακα. Εκεί συνδέεται και ο αισθητήρας μας και από εκεί γίνονται οι ανάλογες ρυθμίσεις. Είναι και η μοναδική συσκευή από τον πίνακα που θα χρησιμοποιήσουμε. Πρόκειται για μια συσκευή της εταιρίας FYLDE την FE-128-CA.



Εικόνα 11: Πίνακας ελέγχου του κινητήρα PLINT

Παρακάτω βλέπουμε αναλυτικά τον ενισχυτή μας, αλλά και απόσπασμα από το βιβλίο οδηγιών σχετικά με την βαθμονόμηση και χρήση του.



Εικόνα 12: Ενισχυτής φορτίου FE-128-CA FYLDE

Για την λειτουργία του απαιτείται παροχή ρεύματος 200-240 volts. Έχει την δυνατότητα να δεχτεί δείγματα από 1-10pC και από 10-100pC. Η ανταπόκρισή του είναι 1 δευτερόλεπτο ανά δείγμα, για την κλίμακα 10-100pC και 0.1 δευτερόλεπτα για την κλίμακα 1-10pC. Η έξοδός του είναι έως 10volts και έως 10mA. Ανάλογα με τα χαρακτηριστικά του αισθητήρα που χρησιμοποιούμε, επιλέγουμε και την ανάλογη κλίμακα. Στην περίπτωση μας, η έξοδος του αισθητήρα μας είναι 35pC, άρα θα πρέπει να επιλέξουμε από τον τρίτο διακόπτη δεξιά την κλίμακα 10-100pC. Τέλος, από τον διακόπτη επάνω αριστερά, του οποίου η κλίμακα είναι από το 1 έως το 50, εμείς θα το έχουμε γυρισμένο στην θέση 5. Αυτό πρακτικά σημαίνει πως ανά 1volt θα έχουμε 5bar πίεση. Αυτό θα είναι και το καλιμπράρισμά μας το οποίο θα εισάγουμε και στο λογισμικό μας. Τέλος, με την βοήθεια της εικόνας 7 θα εξηγήσουμε την συνδεσμολογία των συσκευών μας στην πλακέτα SCB-68.

3.2 Setting the Controls of the Charge Amplifier

Ensure that the operator is fully conversant with the operation of this amplifier by referring to the instruction manual which is contained in Appendix 2.

Figure 8 shows each control on the Charge Amplifier, together with a reference number. The operation and setting of these controls is as follows:

- a) Switch No: 1 - Switch to 'Dynamic'
- b) Switch No: 2 - Switch not used
- c) Switch No: 3 - Set to 5 (5 bar is 1 volt on screen)
- d) Switch No: 4 - Switch to 'Normal T.C.'
- e) Switch No: 5 - Switch to range corresponding to transducer sensitivity as seen on test certificate of transducer, typical calibration 35.4 pC/bar, therefore switch down to the 10 - 100 range, or for fuel line pressure transducer 4.34 pC/bar would be switched to the 1 - 10 range. The units refer to whatever units in which the transducer is calibrated.
- f) Set vernier scale 6 by turning inner knob to correspond to sensitivity of transducer and lock (i.e. 35.4 would show 3 in the window and 54 on the vernier scale).
- g) 7 is input from either cylinder pressure transducer or fuel line pressure transducer

7

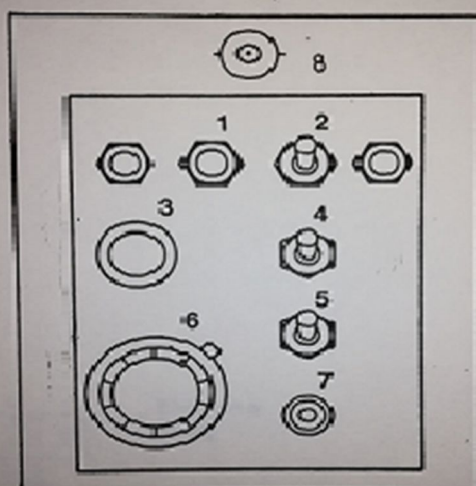


Figure 8 Charge Amplifier Controls

Εικόνα 13: Οδηγίες χρήσης και βαθμονόμησης ενισχυτή φορτίου και πιεζοηλεκτρικού αισθητήρα

application

The charge-amplifier converts signals from piezo-electric transducers into directly usable potentials. In applying the amplifier knowledge of the transducer sensitivity is required, in terms of pico-coulombs/unit of measurement, before the input controls can be scaled and a correct range chosen for the amplifier. A simple approach would be as follows:

1. Note the sensitivity of the transducer, e.g., 50pc/g.
2. Set the input control accordingly, i.e., switch to 10–100 and dial to 500.
3. Note the expected output from the transducer under test or working conditions, e.g., 20g.
4. Select a gain range which will give say 10V at the output, i.e., gain switch at 2.

The output may if necessary be scaled down to a following recorder using either the attenuator provided or external resistors.

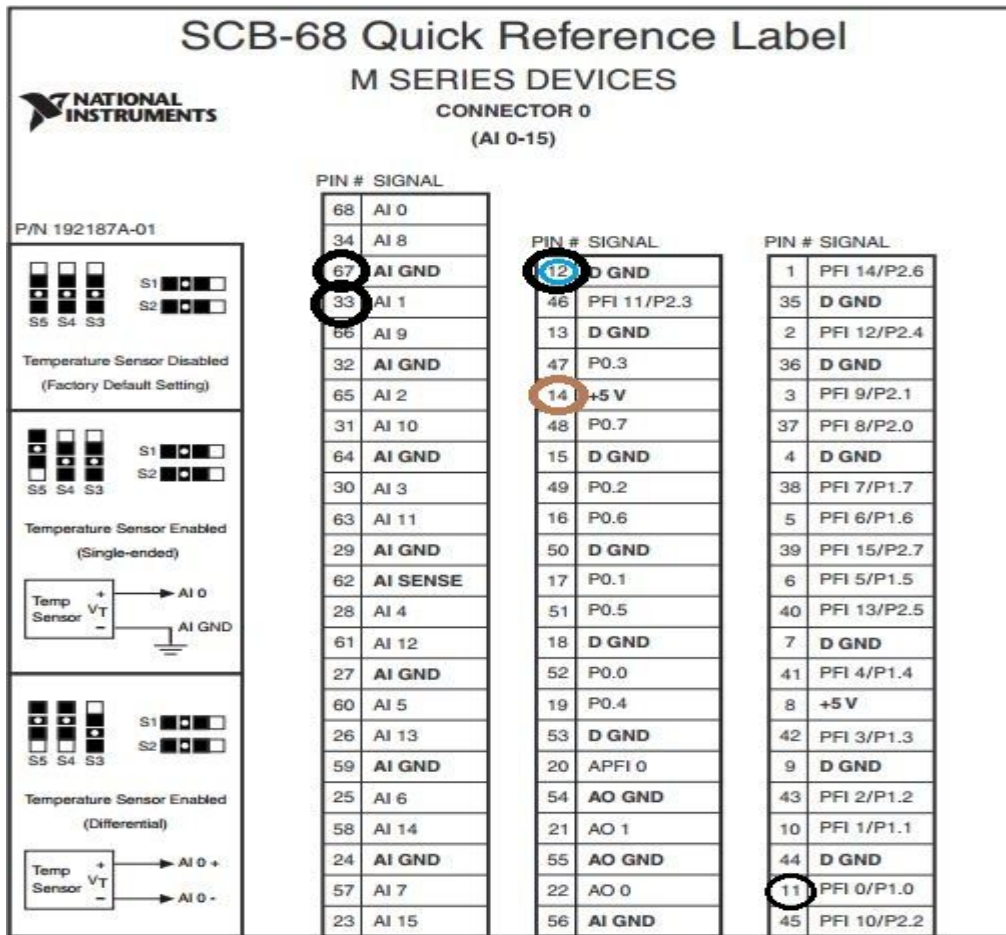
If the attenuator is applied to a working signal to give a 'suitable' deflection on a recorder, it is only necessary to press the calibration button to effect a d.c. shift proportional to the units selected by the gain switch, i.e., in this case 2g. Long cables of a recommended type have little effect on the working of a good charge amplifier. Note that low-noise cable is essential and connection particularly at the transducer end should be inspected regularly. Ingress of moisture can seriously affect the long-time constant performance of the amplifier.

Use of the long-time constant facility should be reserved for low frequency applications and periodic re-set may be necessary to restore the internal zero of the charge converter. Re-set by switching to 'Normal' mode.

A low-pass filter is incorporated between the charge converter and the d.c. coupled output amplifier. The capacitor in this filter normally cuts the frequency response at 100Kc/s (3dB). Typical values of capacitor is given below for alternative bandwidths.

10Kc/s	Cf = 1500pf
1Kc/s	Cf = 0.015μFd
150c/s	Cf = 0.1μFd

Εικόνα 13α: Οδηγίες χρήσης και βαθμονόμησης ενισχυτή φορτίου και πιεζοηλεκτρικού αισθητήρα



Εικόνα 14: Συνδεσμολογία συσκευών

Κανάλι:

67/33: Αισθητήρας πίεσης, όπου το 67 γείωση

12: Γείωση 0V encoder

14: Παροχή 5V για το encoder

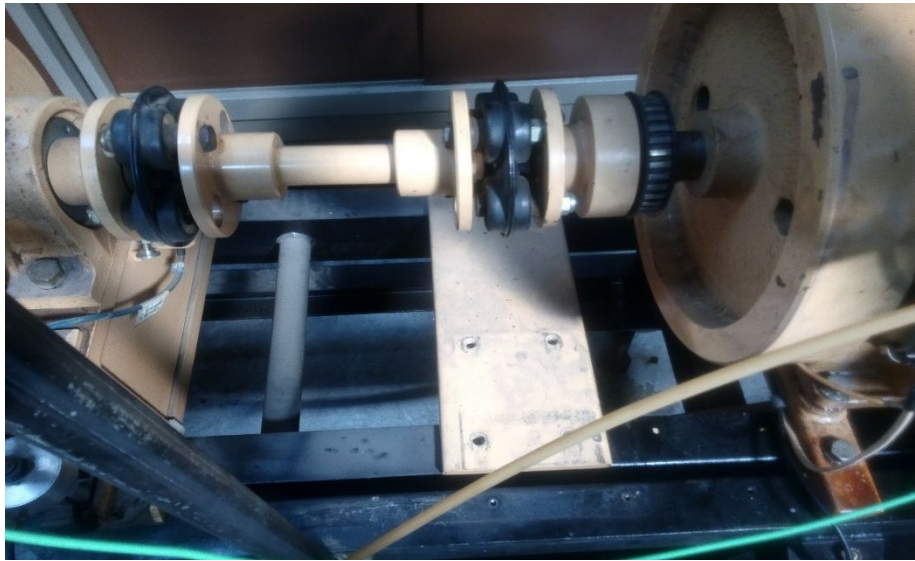
11: Φάση A του encoder

Τα χρώματα των κύκλων στην εικόνα 13 αντιπροσωπεύουν και τα χρώματα των αντίστοιχων καλωδίων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3°: ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΟ ΣΚΕΛΟΣ

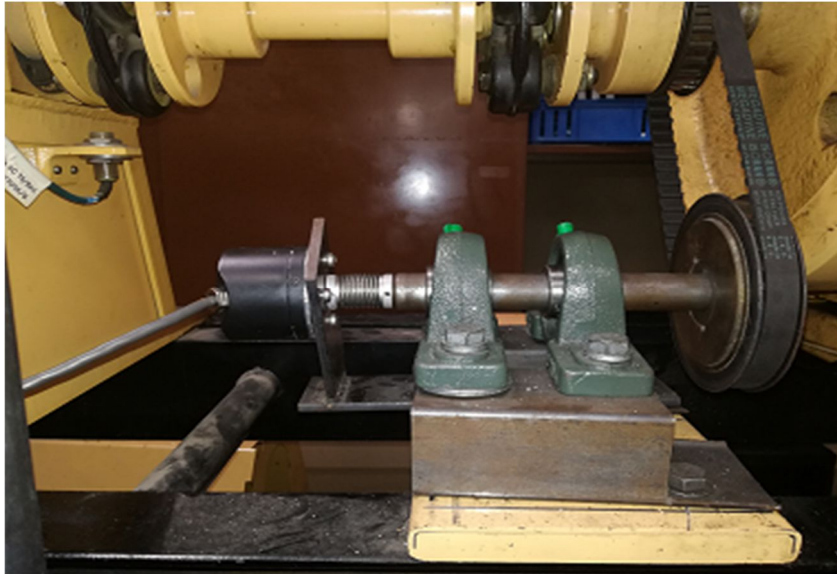
Για την εκπόνηση της εργασίας μας, χρειάστηκε η κατασκευή μιας μεταλλικής βάσης η οποία μας βοηθάει να στηρίξουμε το encoder και να το συνδέσουμε με τον άξονα του κινητήρα με σκοπό τελικά να περιστρέφεται το encoder κατά την λειτουργία του κινητήρα.

Παρακάτω παρουσιάζεται σε φωτογραφίες η βάση.



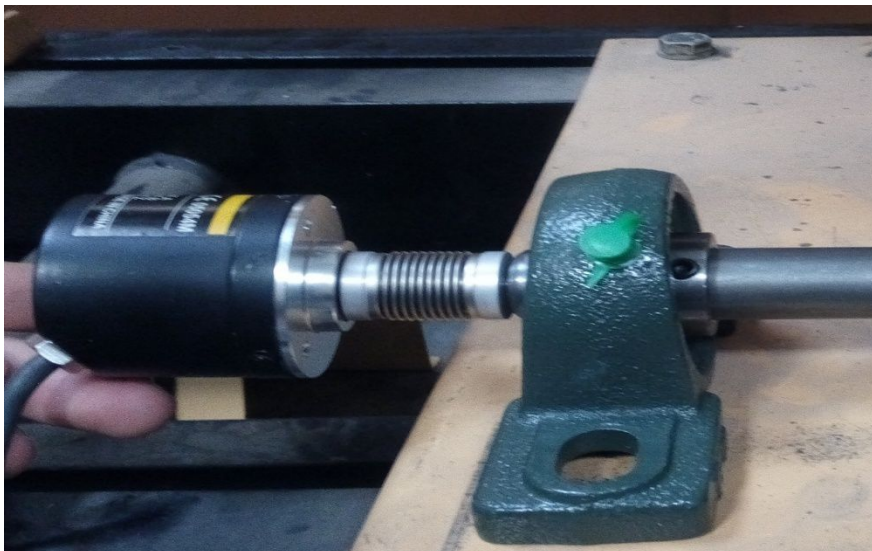
Εικόνα 15: Άξονας σύνδεσης κινητήρα PLINT με δυναμοπέδη

Στην παραπάνω φωτογραφία παρουσιάζεται στα δεξιά ο βενζινοκινητήρα μας ο οποίος συνδέεται με άξονα με την δυναμοπέδη στα αριστερά. Σε αυτόν τον άξονα συνδέθηκε ο encoder μέσω μιάνα και τροχαλιών με σχέση μετάδοσης 1:1.



Εικόνα 16: Βάση στήριξης του encoder

Στην παραπάνω φωτογραφία παρουσιάζεται ολοκληρωμένη η βάση. Χρησιμοποιήθηκαν δύο στραντζαριστά τα οποία βιδώνουν επάνω στην μεταλλική πλάκα της βάσης του κινητήρα. Επάνω τους βιδώσαμε δυο κουζινέτα τύπου Ω στα οποία περιστρέφεται ο άξονάς μας. Ο άξονας στην μια του άκρη (αριστερά) έχει διαμορφωθεί σε τórνο ώστε να μικρύνει η διατομή του και να μπορούμε εκεί με την χρήση ενός κόμπλερ να συνδέσουμε το encoder. Στην δεξιά άκρη του πάνει η τροχαλία μας η οποία με την χρήση ιμάντα θα μεταφέρει κίνηση από τον άξονα του κινητήρα στο encoder. Παρακάτω φαίνεται και ο τρόπος σύνδεσης του encoder:



Εικόνα 17: Σύνδεση encoder με τον άξονα

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4°: ΑΝΑΛΥΣΗ ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΟΥ ΚΥΚΛΟΥ ΣΤΟ LABVIEW-ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥ DATA ACQUISITION (DAQ)

Στο κεφάλαιο αυτό θα αναλύσουμε την δομή και λειτουργία του προγράμματος LabVIEW που δημιουργήσαμε, μέσω του οποίου μελετάμε τον κύκλο καύσης της μηχανής μας. Έχουμε έναν αισθητήρα πίεσης, ο οποίος μας στέλνει σήματα στον ενισχυτή που αναλύσαμε παραπάνω, και από εκεί παίρνουμε μια τάση την οποία την μεταφράζουμε σε bar μέσω της βαθμονόμησης. Στην περίπτωση μας για κάθε 1V θα έχουμε 5bar.

Στη συνέχεια, με την χρήση του encoder, μπορούμε να υπολογίσουμε τις στροφές ανά λεπτό του κινητήρα, αλλά ακόμα πιο σημαντικό, και την θέση του στροφάλου. Από το τελευταίο μπορούμε να υπολογίσουμε και τη θέση του εμβόλου και άρα και τον όγκο του κυλίνδρου και να τον συσχετίσουμε με την πίεση μέσα στον κύλινδρο.

Σε ότι αφορά στις στροφές, υπολογίζονται ως εξής: Το encoder που έχουμε, μας στέλνει 720 παλμούς ανά μια πλήρη περιστροφή 360 μοιρών. Στο κανάλι του encoder από τις ρυθμίσεις, έχουμε επιλέξει το σύστημά μας να χρησιμοποιεί το counter της κάρτας μας. Αυτό με απλά λόγια σημαίνει ότι η χρονική διαφορά μεταξύ των παλμών, χρονομετράται πλέον και το σύστημά μας υπολογίζει το χρόνο που πέρασε μεταξύ χ αριθμού παλμών και βγάζει ένα αποτέλεσμα σε RPM. Φυσικά κατά την λειτουργία του κινητήρα αυτό γίνεται ανά millisecond με αποτέλεσμα να έχουμε με μεγάλη ακρίβεια τα RPM του κινητήρα.

Σημαντικό σημείο είναι η ακριβής εύρεση του Άνω Νεκρού Σημείου (ΑΝΣ) του εμβόλου, και μάλιστα κατά τη φάση της καύσης. Το σημείο αυτό αντιστοιχεί σε 0° στροφάλου.

Για το σκοπό αυτό η διαδικασία είναι η ακόλουθη. Κατά το motoring του κινητήρα, δηλαδή κατά την περιστροφή του βενζινοκινητήρα από την δυναμοπέδη και πριν ξεκινήσει η καύση στον κύλινδρο, αφού έχουμε ξεκινήσει το πρόγραμμά μας, αυτό επεξεργάζεται τα σήματα που παίρνει, υπολογίζει κανονικά τις στροφές, αλλά περιμένει να βρει τη μέγιστη πίεση (p_{max}). Στο σημείο αυτό αντιστοιχίζει και το ΑΝΣ της καύσης, το αποθηκεύει και από εκείνο το σημείο και μετά υπολογίζει κανονικά την θέση του εμβόλου σε μοίρες, γνωρίζοντας επιπλέον ότι 720 παλμοί που δέχεται από τον παλμοδότη αντιστοιχούν 360 μοίρες, αρά μια περιστροφή στροφάλου. Μόλις ξεκινήσει η καύση, πλέον ο κινητήρας περιστρέφεται μόνος του, οι πιέσεις φυσικά μεταβάλλονται, κάτι που αντιλαμβάνεται το σύστημά μας παρουσιάζοντάς μας τα ανάλογα αποτελέσματα μέσω των διαγραμμάτων.

Για τον υπολογισμό της θέσης του εμβόλου, χρησιμοποιούμε την παρακάτω μαθηματική σχέση:

$$x = r \cdot (1 - \cos(\varphi)) + L \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \lambda^2 \cdot \sin^2(\varphi)}\right) \quad \text{σχέση 1}$$

Όπου: $r=41,25\text{mm}$ - η ακτίνα του στροφάλου (το ήμισυ της διαδρομής του εμβόλου)

$L=166,0313\text{mm}$ - το μήκος διωστήρα ($L = 4,025 \times r$)

φ =η γωνία του στροφάλου, η οποία υπολογίζεται με την βοήθεια του encoder

$\lambda=0,248447$ ($\lambda = \frac{r}{L} = \frac{41,25}{166,0313}$)

Σημειώνεται ότι το μήκος του διωστήρα δεν είναι ακριβώς γνωστό. Εκτιμήθηκε από σχέδιο σε τομή της μηχανής από το εγχειρίδιο χρήσης της.

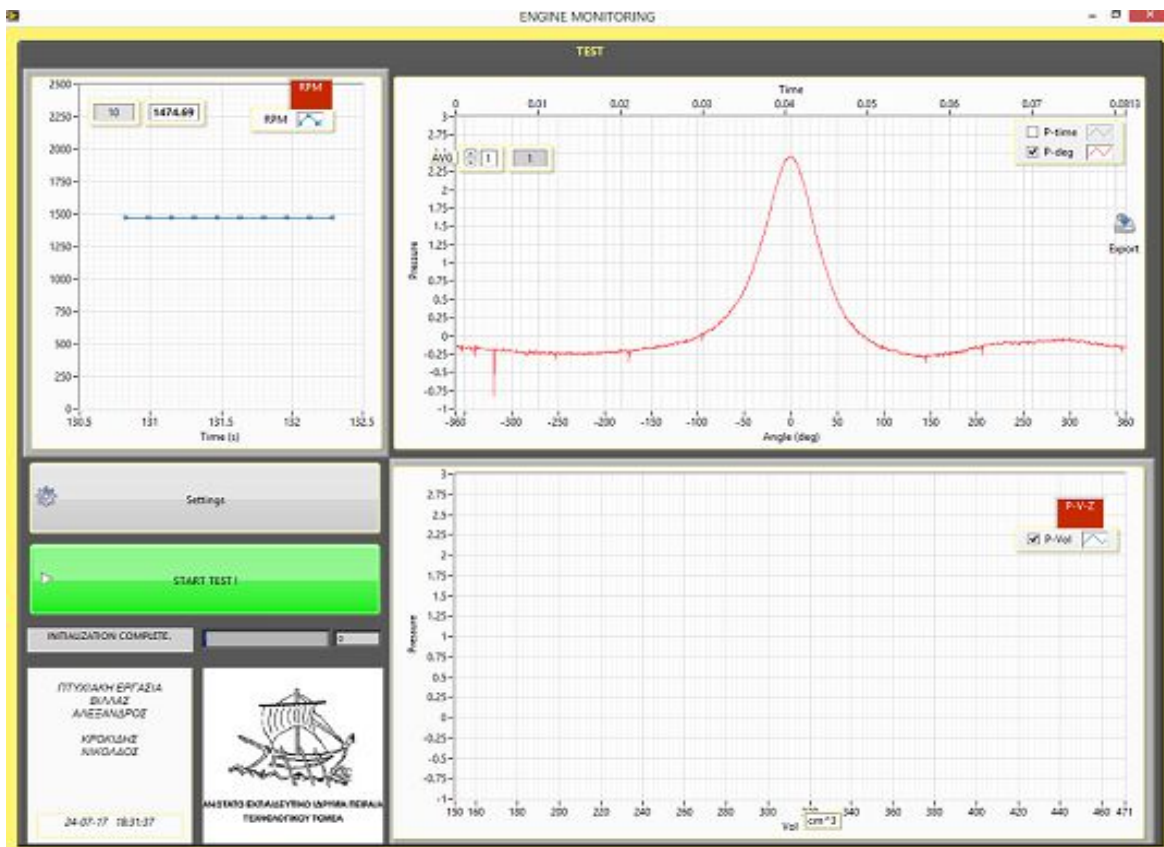
Στη συνέχεια για να υπολογίσουμε τον όγκο του κυλίνδρου για κάθε θέση του εμβόλου, πολλαπλασιάζουμε την παραπάνω σχέση με τον τύπο:

$$V = \frac{\pi \times D^2}{4} \times x \quad \text{σχέση 2}$$

Όπου $D=85\text{mm}$ – η διάμετρος του εμβόλου
 $x=H$ θέση του εμβόλου από σχέση 1

4.1. Περιβάλλον χρήστη συστήματος LABVIEW

Αφού αναλύσαμε την αρχή λειτουργίας του συστήματός μας, προχωράμε στην παρουσίαση και επεξήγησή του. Στην επιφάνεια εργασίας του υπολογιστή μας, υπάρχει ένα εικονίδιο μέσω του οποίου εκκινούμε το λογισμικό μας. Το εικονίδιο αυτό είναι το "Engine Analysis.lvproj". Πατώντας σε αυτό το εικονίδιο, ανοίγει το κεντρικό παράθυρο του project μας, όπου εντοπίζουμε το εικονίδιο "Main_CTR". Πατώντας σε αυτό το εικονίδιο, εκκινεί το λογισμικό μας μέσω του LabView και μας παρουσιάζεται το περιβάλλον χρήστη. Παρακάτω παρουσιάζεται σε φωτογραφία το περιβάλλον χρήστη (user interface). Εδώ ο χρήστης βλέπει, κατά την λειτουργία του προγράμματός μας, τα αποτελέσματα του data acquisition, αλλά μπορεί επίσης και να επενεργήσει στο σύστημα.



Εικόνα 18: Περιβάλλον χρήστη LabView

Το σύστημά μας αποτελείται από τρία διαγράμματα. Το πρώτο, επάνω δεξιά, είναι οι στροφές του κινητήρα μας στη μονάδα του χρόνου, RPM. Στο δεύτερο διάγραμμα, επάνω αριστερά, παρουσιάζεται το διάγραμμα πίεσης(στον y άξονα) και γωνίας σε μοίρες του στροφάλου (χ άξονας κάτω), αρά και η θέση του εμβόλου. Σε αυτό το διάγραμμα μπορούμε να δούμε κατά την λειτουργία του κινητήρα μας να εμφανίζεται μία καμπύλη η οποία αντιπροσωπεύει έναν πλήρη κύκλο καύσης του κινητήρα μας. Εδώ ο χρήστης έχει την δυνατότητα να επιλέξει να εμφανίζεται ο μέσος όρος όσων κύκλων επιθυμεί, απλά πληκτρολογώντας στο πεδίο "AVG" το οποίο βρίσκεται στα αριστερά του διαγράμματος. Τέλος, στα δεξιά του διαγράμματος υπάρχει το πλήκτρο "Export", με το οποίο ο χρήστης με ένα πάτημα έχει την δυνατότητα να μεταφέρει σε αρχείο excel τις τιμές του συγκεκριμένου διαγράμματος και να τις αποθηκεύσει για περαιτέρω επεξεργασία.

Στη συνέχεια, κάτω δεξιά, έχουμε το δυναμοδεικτικό διάγραμμα P-V του κινητήρα μας. Εδώ έχουμε και πάλι την πίεση στον y άξονα και στον χ άξονα έχουμε τον όγκο του κυλίνδρου, ανάλογα με την θέση του εμβόλου ανά χρόνο. Αυτός ο υπολογισμός επιτυγχάνεται με την επίλυση των μαθηματικών τύπων που παρουσιάσαμε παραπάνω σε συνδυασμό με τον υπολογισμό της γωνίας του στροφάλου μέσω του encoder. Έτσι, έχουμε σαν αποτέλεσμα το δυναμοδεικτικό διάγραμμα του κινητήρα μας.

Τέλος, αριστερά υπάρχουν δύο πλήκτρα. Το ένα αναγράφει "START TEST". Αυτό επιλέγουμε ουσιαστικά προκειμένου να εκκινήσει το σύστημά μας και να ξεκινήσει το data acquisition και οι επεξεργασία των σημάτων του encoder και του αισθητήρα πίεσης.

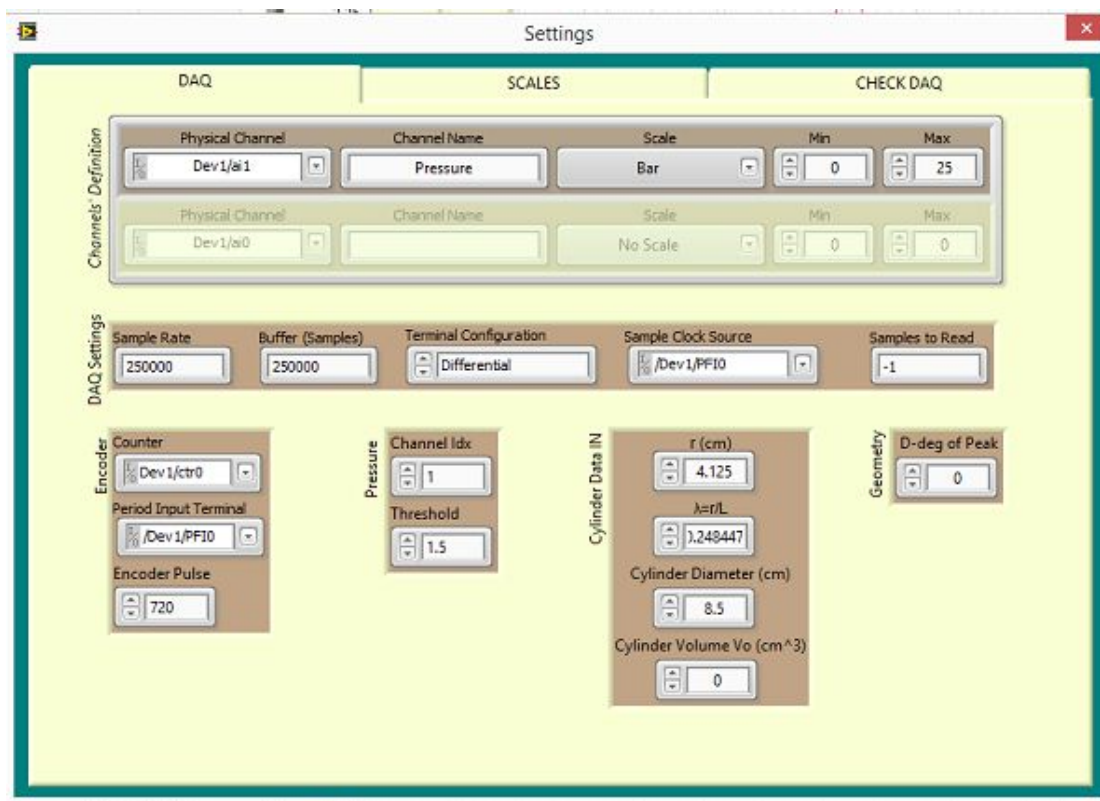
Το δεύτερο πλήκτρο αναγράφει "SETTINGS". Με την επιλογή αυτού του πλήκτρου, ανοίγει ένα παράθυρο όπου ο χρήστης έχει την δυνατότητα να επέμβει στο σύστημα κάνοντας αλλαγές στις ρυθμίσεις του προγράμματος. Εδώ να αναφέρουμε ότι προκειμένου ο χρήστης να έχει την δυνατότητα να εισέλθει στο περιβάλλον των ρυθμίσεων, θα πρέπει πρώτα να σταματήσει το data acquisition, δηλαδή απλά να πατήσει το πλήκτρο "STOP".



Εικόνα 19: Πλήκτρα εκκίνησης και ρυθμίσεων

4.2. Περιβάλλον ρυθμίσεων-settings

Από εδώ ο χρήστης έχει την δυνατότητα να επέμβει στο σύστημα εισάγοντας εναλλακτικές ρυθμίσεις οι οποίες επηρεάζουν και το αποτέλεσμα του data acquisition. Παρακάτω παρουσιάζεται το παράθυρο των ρυθμίσεων:



Εικόνα 20: Πίνακας ρυθμίσεων, καρτέλα DAQ

Αποτελείται από τρεις ενότητες: την DAQ, την SCALES και τη CHECK DAQ. Στην παραπάνω φωτογραφία παρουσιάζεται η πρώτη καρτέλα (DAQ). Εδώ ο χρήστης εισάγει στο σύστημα βασικές και σημαντικές παραμέτρους για την λειτουργία του προγράμματός μας.

Στο πρώτο πλαίσιο, το οποίο ονομάζεται Channel Definition, ουσιαστικά αφορά τον αισθητήρα πίεσης. Ο χρήστης πρέπει να δηλώσει στο σύστημα, σε πιο κανάλι της SCB-68 έχει συνδεθεί ο αισθητήρας, αλλά και στα δεξιά, το εύρος λειτουργίας του. Όπως βλέπουμε και στην φωτογραφία πρέπει να ορίσουμε την minimum και maximum πίεση που θα λαμβάνει ο αισθητήρας. Αυτό βέβαια προέρχεται από την βαθμονόμηση του οργάνου. Τέλος, θα πρέπει επίσης να επισημάνουμε πως ο χρήστης θα πρέπει να εισάγει φυσικά μεγέθη, για παράδειγμα bar. Στη συνέχεια έχουμε το DAQ Settings. Όπως έχουμε ήδη αναφέρει, χρησιμοποιούμε το clock της κάρτας μας, το οποίο είναι σε πλήρη συνεργασία με το encoder. Κάθε παλμός του encoder ενεργοποιεί ουσιαστικά το clock και κατ' επέκταση το data acquisition.

Η συμβουλή που μας έδωσε η National Instruments είναι να χρησιμοποιούμε τον μέγιστο ρυθμό δειγματοληψίας (sample rate) ώστε να ελαχιστοποιούμε τα σφάλματα, δηλαδή μια ενδεχόμενη απώλεια δειγμάτων. Εμείς λοιπόν το έχουμε ορίσει στα 250KHz. Επίσης το μέγεθος της ενδιάμεσης μνήμης (buffer size) το έχουμε ορίσει και αυτό στα 250KHz. Ουσιαστικά ορίζεται από το external clock(η αλλιώς από τον παλμοδότη), όμως το σύστημά μας χρειάζεται να του εισάγουμε ένα μέγεθος ώστε να μπορέσει να ορίσει ένα μέγεθος

μνήμης ικανό για την ομαλή ροή του data acquisition. Αυτό φυσικά μπορεί να ελεγχθεί μετά από κάποια δοκιμαστικά run tests του συστήματος.

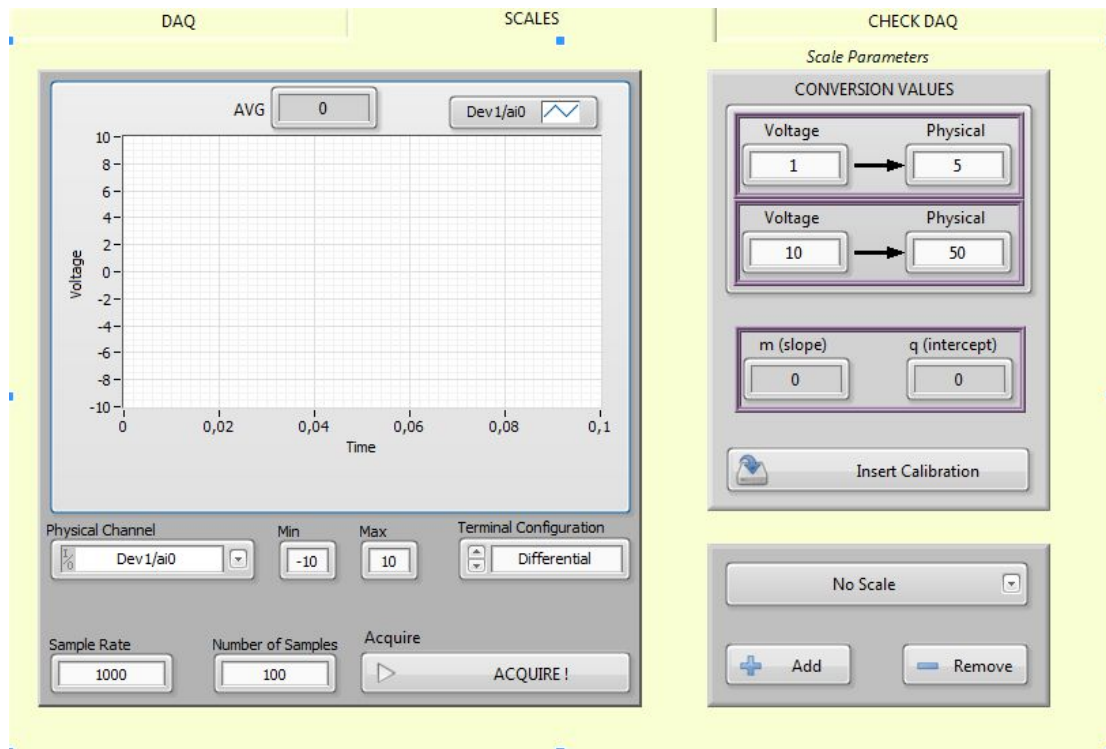
Σε ότι αφορά το sample clock source, αυτό ουσιαστικά είναι το pin όπου είναι συνδεδεμένο το encoder και με το σήμα του εκκινεί το sample acquisition.

Στη συνέχεια ακολουθεί ο πίνακας με τις ρυθμίσεις που αφορούν το encoder. Εδώ ορίζουμε τον counter που χρησιμοποιούμε για την μέτρηση της περιόδου και συχνότητας των παλμών του, το pin στο οποίο είναι συνδεδεμένος στην SCB-68 καθώς και τον αριθμό των παλμών που μας δίνει ανά περιστροφή 360 μοιρών.

Ο επόμενος πίνακας, στα δεξιά του encoder, ονομάζεται pressure και αφορά την μέτρηση της πίεσης. Από εδώ ορίζουμε ένα όριο (threshold) πάνω από το οποίο επιθυμούμε το σύστημά μας να αναζητεί την μέγιστη πίεση κατά την περιστροφή του κινητήρα μας. Κατά το motoring το πρόγραμμα "ψάχνει" για την μέγιστη πίεση πάνω από το όριο που έχουμε ορίσει. Έτσι γίνεται γρηγορότερα ο εντοπισμός του, καθώς το σύστημα απορρίπτει έναν όγκο δειγμάτων που δεν ικανοποιούν τα κριτήρια και επίσης αποφεύγονται σφάλματα.

Στη συνέχεια έχουμε το cylinder data in. Από εδώ ο χρήστης μπορεί να εισάγει τις γεωμετρικές παραμέτρους που σχετίζονται με τον κινητήρα μας και που χρησιμοποιούνται από το σύστημά μας για την επίλυση των μαθηματικών σχέσεων που παρουσιάσαμε παραπάνω. Τέλος, στο πλαίσιο geometry, ορίζουμε τις μοίρες στις οποίες περιμένουμε να έχουμε την μέγιστη πίεση κατά το motoring.

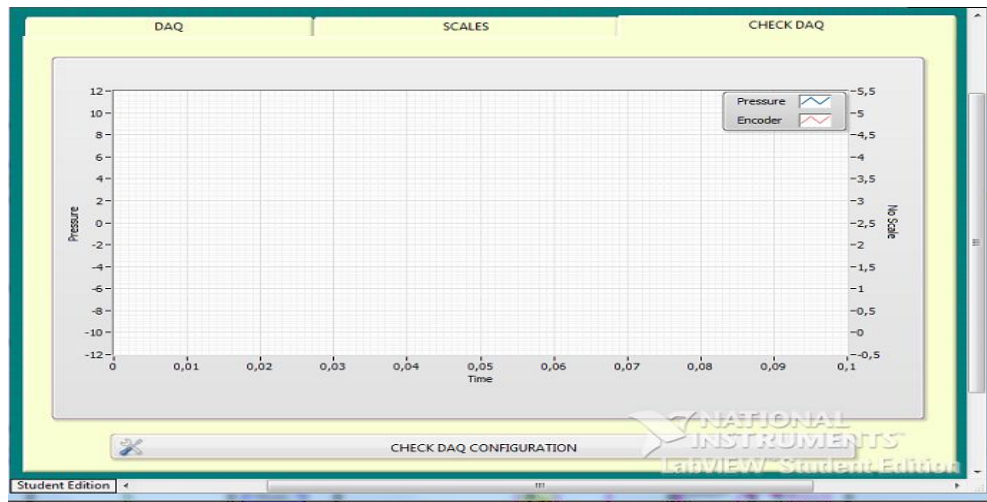
Η επόμενη καρτέλα ονομάζεται SCALES. Με την βοήθεια της παρακάτω φωτογραφίας θα περιγράψουμε την λειτουργία της.



Εικόνα 21: Καρτέλα εισαγωγής βαθμονόμησης

Από εδώ ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να εισάγει στη μνήμη του συστήματος κλίμακες φυσικών μεγεθών που αφορούν την βαθμονόμηση του αισθητήρα της πίεσης. Αυτό που πρέπει να κάνει ο χρήστης είναι να επιλέξει σε πιο φυσικό μέγεθος επιθυμεί να γίνει η μετατροπή, δηλαδή σε bar, Pascal κ.τ.λ. Επιλέγοντας insert calibration θα εισάγει στην μνήμη του συστήματος ένα εύρος λειτουργίας. Για παράδειγμα $1V=5bar$ και $10V=50bar$.

Η επόμενη καρτέλα ονομάζεται CHECK DAQ.



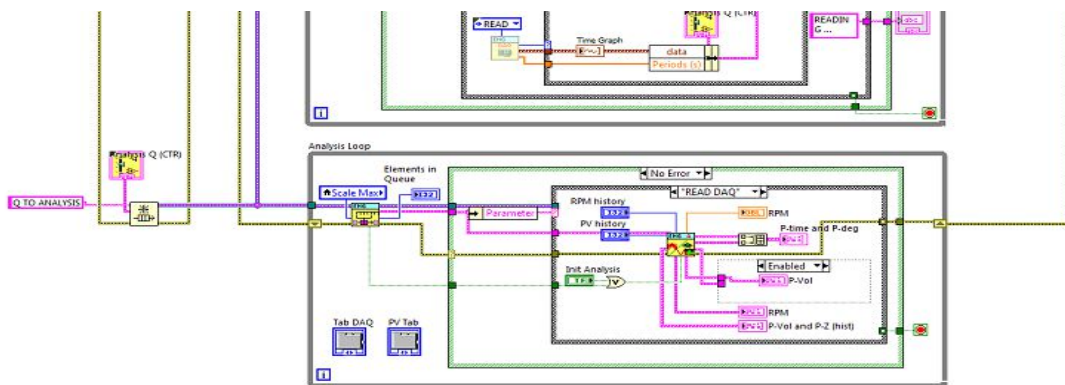
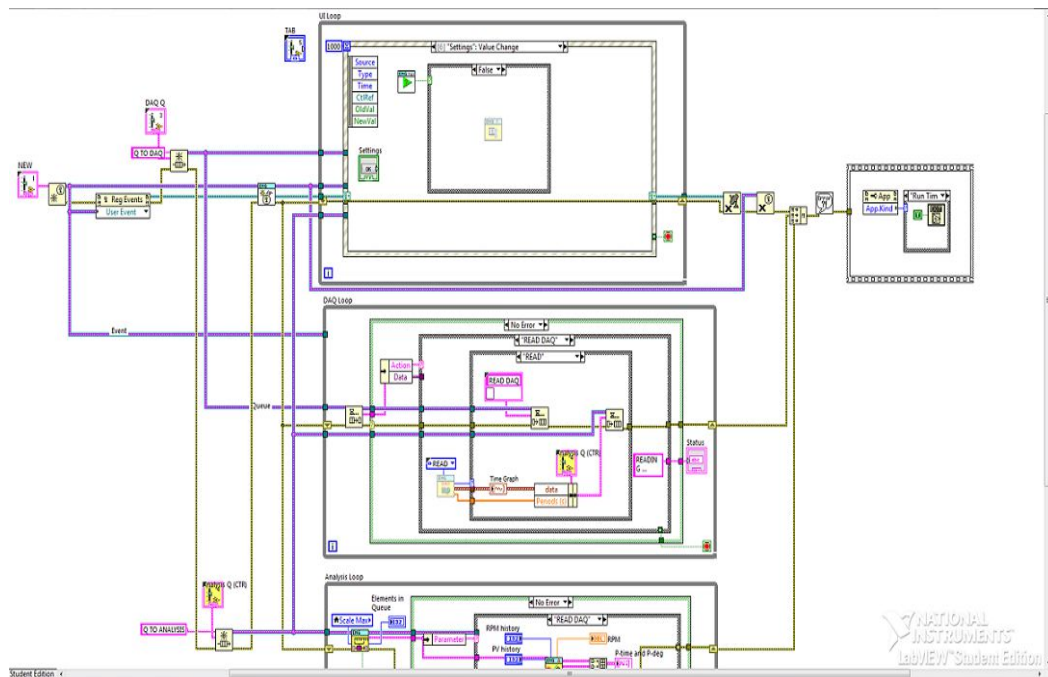
Εικόνα 22: Καρτέλα check DAQ

Από εδώ ο χρήστης μπορεί να κάνει ένα απλό τεστ και να εξακριβώσει ότι το σύστημα διαβάζει σωστά τα δεδομένα που δέχεται.

4.3. Δομή του προγράμματος

Παρακάτω θα αναλύσουμε με την βοήθεια φωτογραφιών την δομή του προγράμματός μας ή αλλιώς block diagram. Εδώ είναι η "καρδιά" του συστήματός μας όπου ο χρήστης δεν έχει άμεση πρόσβαση.

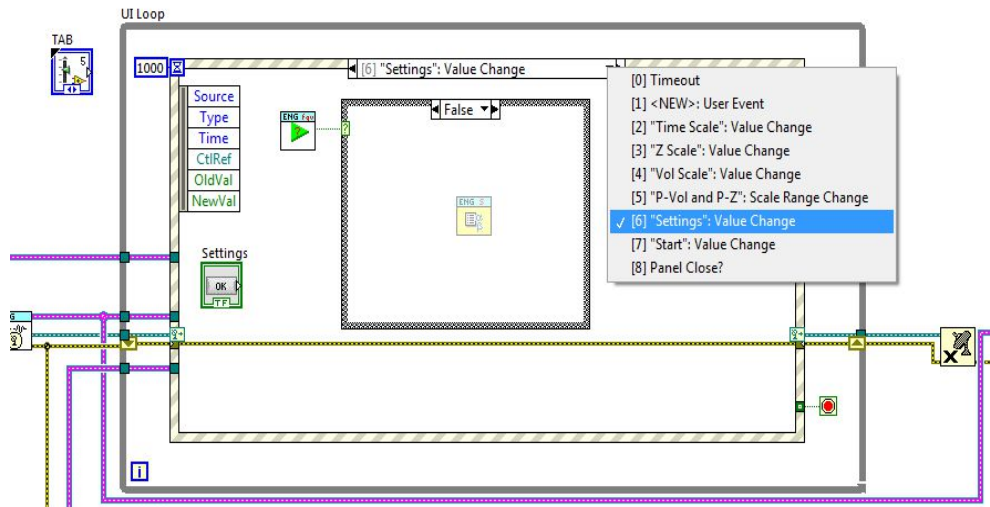
Αρχικά, η λογική του προγράμματός μας βασίζεται στην αλληλεπίδραση τριών παράλληλων βρόγχων (loops). Ονομαστικά, αυτά είναι ο βρόγχος αλληλεπίδρασης χρήστη (user interaction loop), ο βρόγχος συλλογής μετρήσεων (DAQ loop) και ο βρόγχος ανάλυσης δεδομένων (Analysis loop).



Εικόνα 23: Δομή λογισμικού LabView

Στις παραπάνω φωτογραφίες παρουσιάζεται η δομή του προγράμματός μας με τις τρεις βρόγχους ο ένας κάτω από τον άλλο. Παρακάτω θα αναλύσουμε τον κάθε βρόγχο και ποιος είναι ο ρόλος της στο σύστημά μας.

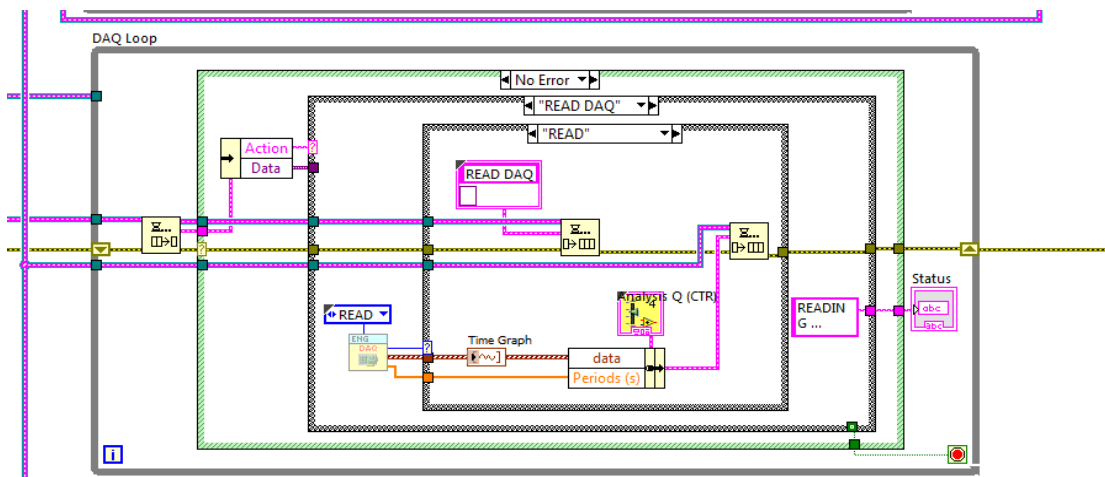
Ξεκινώντας θα αναλύσουμε την user interaction loop η οποία φαίνεται καθαρά στην παρακάτω φωτογραφία.



Εικόνα 24: user interaction loop

Ουσιαστικά, ο βρόγχος αυτός αφορά το περιβάλλον χρήστη που περιγράψαμε και σε προηγούμενο κεφάλαιο, καθώς και όλες τις λειτουργίες και ενδείξεις με τις οποίες ο χρήστης έχει άμεση επαφή. Στην παραπάνω φωτογραφία παρουσιάζεται η καρτέλα των SETTINGS, των ρυθμίσεων, δηλαδή, του συστήματός μας. Από την μπάρα στο επάνω μέρος μπορούμε να εισέλθουμε σε διαφορετική καρτέλα. Υπάρχουν 8 διαφορετικές καρτέλες και η κάθε μια αφορά και διαφορετική λειτουργία που σχετίζεται με το περιβάλλον χρήστη, user interface. Η loop αυτή βασίζεται σε μια event structure και επί της ουσίας, όταν ο χρήστης πατήσει για παράδειγμα, το START BUTTON τότε η event structure έχει ως αποστολή να λάβει το ερέθισμα αυτό και να δημιουργήσει την σωστή κίνηση μέσα στο πρόγραμμα.

Στη συνέχεια έχουμε την DAQ loop:



Εικόνα 25: Data acquisition loop

Η loop αυτή είναι υπεύθυνη για την απόκτηση δεδομένων από την κάρτα μας (Data acquisition). Λαμβάνει εντολές από την ουρά δεδομένων (queue), οι οποίες ενεργοποιούνται είτε από την πρώτη loop, την user interaction loop, είτε από την ίδια.

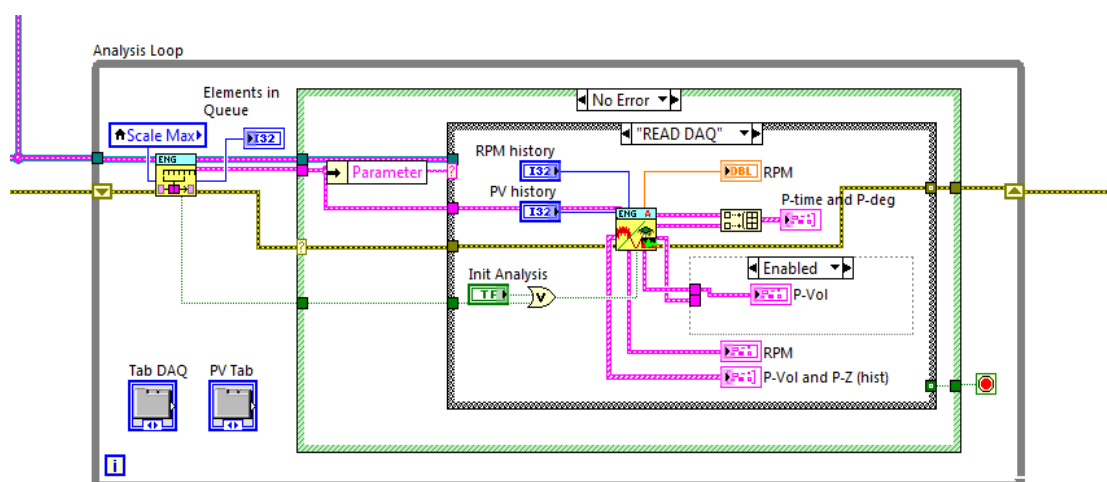
Οι εντολές αυτές μπορεί να είναι το START, STOP ή το Read Daq Board.

Στην περίπτωση του START, διαμορφώνεται το daq board βασιζόμενο στις παραμέτρους που έχουν εισαχθεί στο μενού των ρυθμίσεων από τον χρήστη και εκκινεί το πρόγραμμα.

Στην περίπτωση του STOP, η DAQ loop διακόπτει την σύνδεση με το daq board.

Στην περίπτωση του Read, η loop διαβάζει έναν όγκο δεδομένων από το αναλογικό κανάλι και ταυτόχρονα έναν ίδιο όγκο δεδομένων από το counter clock όπου είναι συνδεδεμένοι οι παλμοί του encoder. Τα δεδομένα του counter είναι ουσιαστικά η περίοδος, δηλαδή τα δευτερόλεπτα που μεσολαβούν μεταξύ των παλμών του encoder. Αυτό βοηθάει το πρόγραμμα στη απόκτηση δεδομένων (acquiring data), αλλά έμμεσα το εκμεταλλευόμαστε και εμείς για τον υπολογισμό των στροφών RPM του κινητήρα μας. Τέλος, και τα δύο είδη δεδομένων μεταφέρονται στη συνέχεια στην επόμενη loop, την Analysis loop.

Τέλος, έχουμε την τρίτη και τελευταία loop, η οποία ονομάζεται Analysis loop και παρουσιάζεται στην παρακάτω φωτογραφία.



Εικόνα 26: Analysis loop

Σε αυτή την loop αναλύονται τα δεδομένα που λαμβάνονται από την DAQ loop για την δημιουργία διαγραμμάτων τα οποία τελικά παρουσιάζονται στον χρήστη.

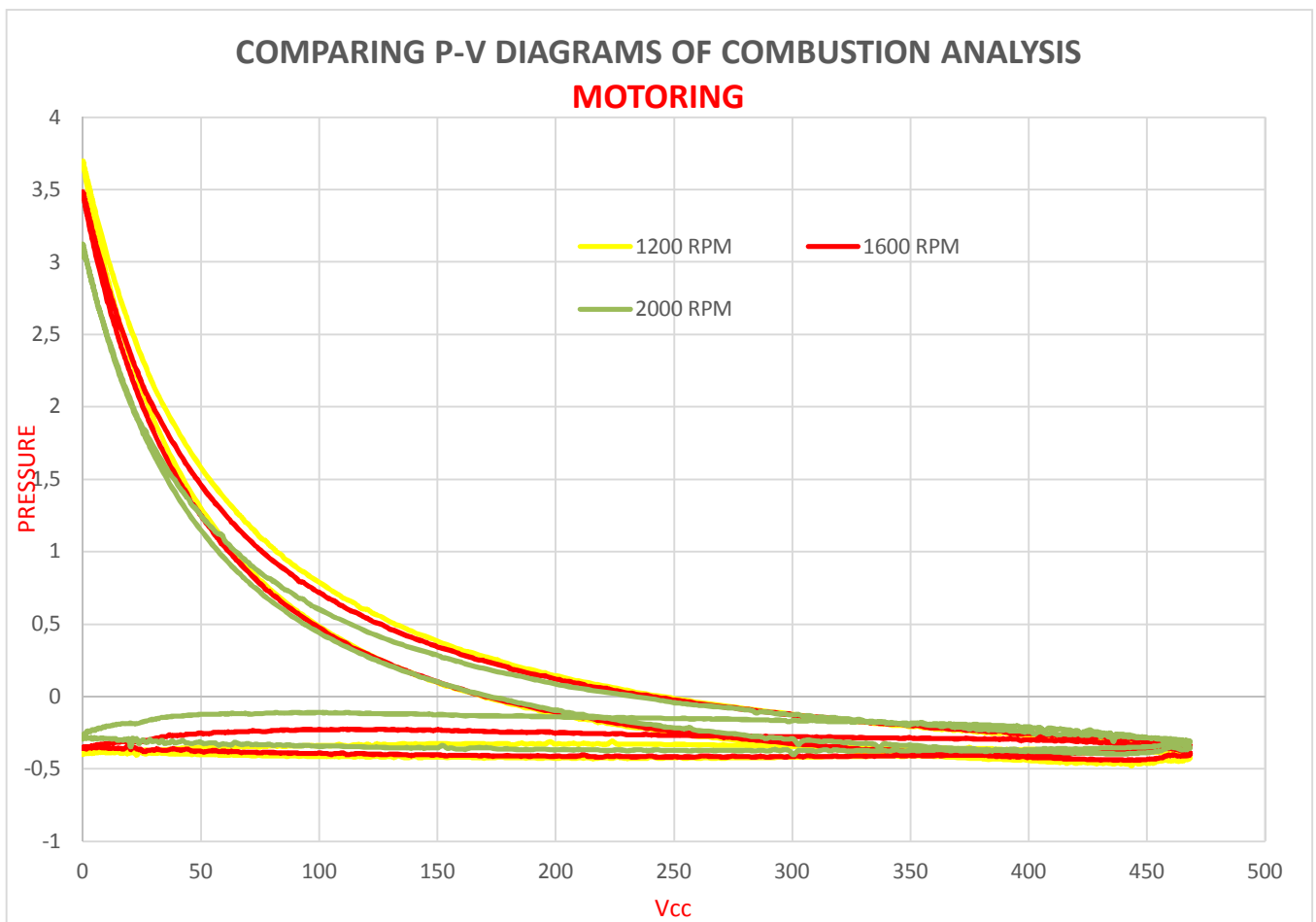
Τα δεδομένα αναλύονται σε τρία στάδια:

Πρώτο στάδιο είναι ο εντοπισμός της μέγιστης πίεσης. Αφού αυτή βρεθεί, στη συνέχεια, κάθε δεδομένο που εισέρχεται στο σύστημα, "παντρεύεται" με δεδομένα αποθηκευμένα στην μνήμη του συστήματος τα οποία είναι και αυτά προς ανάλυση(queue). Έτσι, στο δεύτερο στάδιο δημιουργούνται πίνακες δεδομένων που αφορούν την πίεση (P), τον χρόνο (T), τις μοίρες του άξονα (degrees) και τις στροφές (RPM). Στο τρίτο στάδιο έχουμε την δημιουργία των διαγραμμάτων η οποία βασίζεται στα παραπάνω δεδομένα. Έτσι έχουμε την δημιουργία των διαγραμμάτων RPM-Time, Πίεση-μοιρών άξονα και Πίεσης-Όγκου (P-V). Επίσης, είναι εφικτή η συγκράτηση από το σύστημα, ενός ιστορικού δεδομένων τα οποία μπορεί ο χρήστης να δει επιλέγοντας την αντίστοιχη καρτέλα από το control panel.

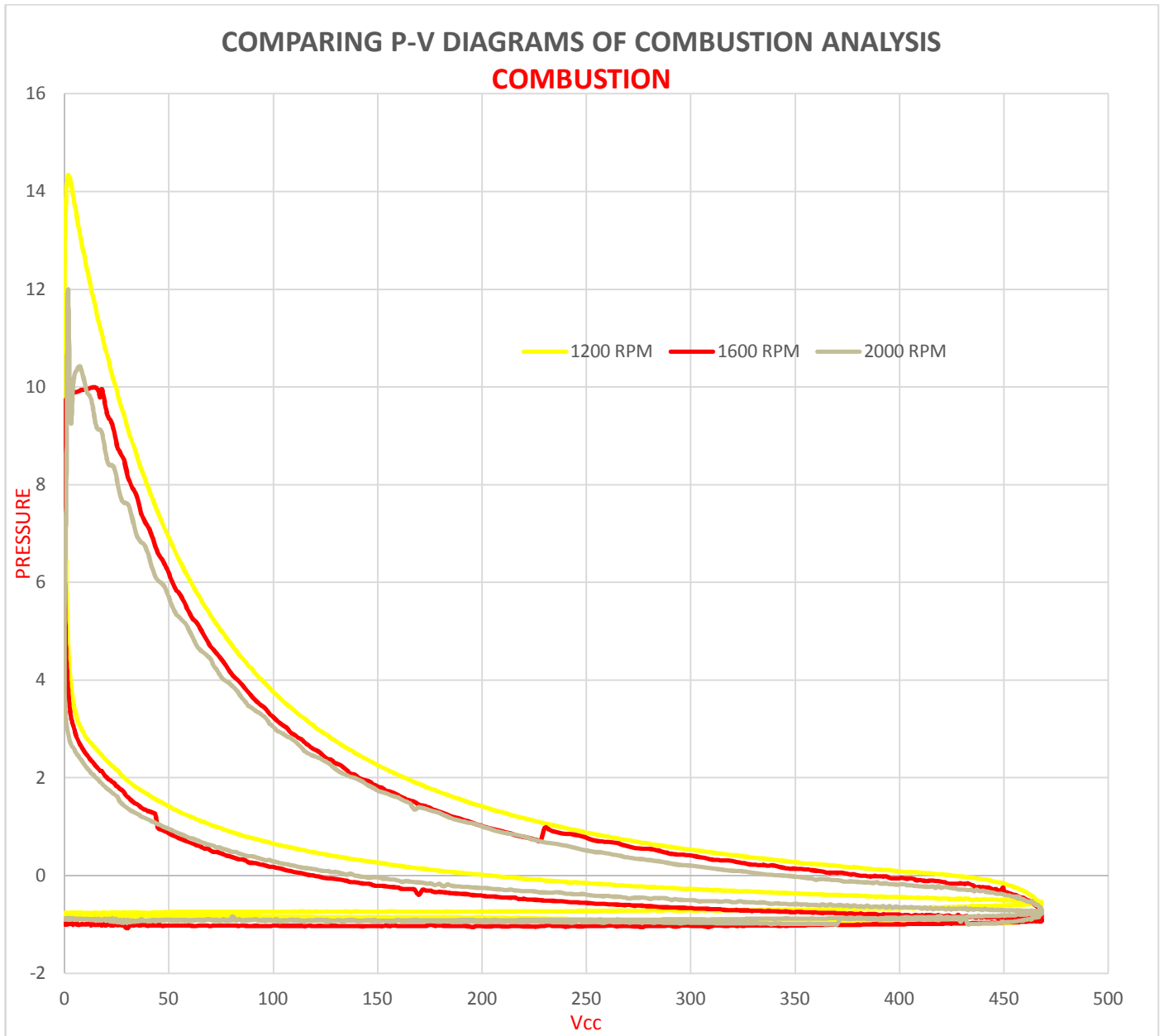
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5°: ΛΗΨΗ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΚΑΙ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ P-V

Με την ολοκλήρωση του λογισμικού μας, πήραμε κάποιες μετρήσεις για συγκεκριμένες συνθήκες λειτουργίας του κινητήρα μας. Συγκεκριμένα, πήραμε σε κατάσταση motoring, δηλαδή, σε περιστροφή του κινητήρα από την δυναμοπέδη, χωρίς καύση, τον μέσο όρο δέκα κύκλων του κινητήρα στις 1200, 1600 και 2000 στροφές. Το ίδιο κάναμε και σε διαδικασία καύσης. Μετά από επεξεργασία των αρχείων excel βάλουμε τα τρία διαγράμματα P-V μαζί για τις αντίστοιχες στροφές και τα παρουσιάζουμε παρακάτω.

Διάγραμμα P-V motoring:



Διάγραμμα P-V με καύση:



ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ

Καταρχάς παρατηρείται ότι η μορφή των δυναμοδεικτικών είναι αυτή που αναμέναμε.

Οι πιέσεις κατά τη μέτρηση σε λειτουργία motoring φυσιολογικά είναι μικρότερες από την κανονική λειτουργία με καύση. Σε όλες τις περιπτώσεις όμως οι **μετρούμενες πιέσεις είναι σημαντικά μικρότερες από τις αναμενόμενες**. Ολοκληρώνοντας τα δυναμοδεικτικά, τα έργα που υπολογίζουμε ανά κύκλο, και μέσω του έργου ανά κύκλο οι ροπές που υπολογίζονται, είναι **σημαντικά μικρότερες** από τις πραγματικές ροπές που καταγράφηκαν από την δυναμοπέδη, κατά τη διάρκεια των δοκιμών. Αυτό είναι σίγουρα κάτι το οποίο πρέπει να διερευνηθεί.

Σε κάποια σημεία παρατηρούνται κάποιες ασυνέχειες (σκαλοπάτια) στα διαγράμματα. Αυτό είναι ιδιαίτερα εμφανές για την περίπτωση της κανονικής λειτουργίας στις 1600 RPM. Όπως έχουμε ήδη αναφέρει στο κεφάλαιο 2, ο πιεζοηλεκτρικός αισθητήρας μας μετράει τις μεταβολές της πίεσης και όχι την απόλυτη πίεση. Για αυτόν τον λόγο τα διαγράμματά μας παρουσιάζουν κάποιες απότομες εναλλαγές στις πιέσεις. Τα διαγράμματά μας μπορούν να διορθωθούν, είτε με την λήψη μιας απόλυτης πίεσης μέσω ενός δεύτερου αισθητήρα, είτε μέσω διόρθωσης των πιέσεων με θερμοδυναμικούς υπολογισμούς. Και αυτό το φαινόμενο χρήζει περαιτέρω διερεύνησης.

Από άποψη λειτουργίας της μηχανής, και ανεξάρτητα από τη λανθασμένη κλίμακα των πιέσεων, παρατηρείται μια αυξανόμενη αστάθεια στη λειτουργία με την αύξηση των στροφών (κανονική λειτουργία με καύση). Ειδικά στις 2000 RPM οι πιέσεις κοντά στο ΑΝΣ δείχνουν ότι ίσως εμφανίζονται σημάδια κρουστικής καύσης.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Μέσω του προγράμματος που δημιουργήσαμε, οι συμφοιτητές μας που παρακολουθούν το εργαστηριακό μάθημα των Μηχανών Εσωτερικής Καύσης, θα έχουν την δυνατότητα να πειραματιστούν, να μελετήσουν και να κατανοήσουν την λειτουργία ενός κινητήρα εσωτερικής καύσης, αλλά και τα αποτελέσματα, μετά από διάφορες εξωτερικές επεμβάσεις.

Ο εξοπλισμός που διαθέταμε ήταν επαρκής ώστε να έχουμε ένα αρκετά καλό αποτέλεσμα. Κάποια προβλήματα που παρουσιάζονται χρήζουν περαιτέρω διερεύνησης, κυρίως αυτά που σχετίζονται με την κλίμακα των πιέσεων.

Επίσης, υπάρχουν περιθώρια βελτίωσης του συστήματός μας, όπως η αναβάθμιση κάποιων λειτουργιών. Μία σημαντική αναβάθμιση, θα μπορούσε να είναι η εγκατάσταση ενός αισθητήρα απόλυτης πίεσης στον αυλό εισαγωγής ή εξαγωγής, ο οποίος σε κάποιο σημείο του κύκλου όπου η αντίστοιχη βαλβίδα είναι ανοιχτή, να μετρά την απόλυτη πίεση και να συσχετίζει την πίεση με την πίεση αυτή με την πίεση που μετράται από τον πιεζοηλεκτρικό αισθητήρα πίεσης. Με αυτό τον τρόπο θα γίνεται μία διόρθωση των πιέσεων του δυναμοδεικτικού, και τα αποτελέσματα θα είναι ακριβέστερα.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Δρ. Περικλής Γ.Χασιώτης, Μηχανές Εσωτερικής Καύσης Ι, Εκδοτικός Οίκος Ίων
2. National Instruments support and LabVIEW libraries, Διαθέσιμο σε: www.ni.com
3. Σημειώσεις των μαθημάτων Μ.Ε.Κ Ι και Μ.Ε.Κ ΙΙ, Α. Θεοδορακάκος, ΑΕΙ Πειραιά
Τ.Τ..
4. V. Ganesan, Internal Combustion Engines.
5. John Heywood, Internal Combustion Engine Fundamentals.