



**ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΡΟΠΗΣ, ΙΣΧΥΟΣ ΚΑΙ ΕΙΔΙΚΗΣ  
ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΣΕ ΜΙΚΡΟ ΚΙΝΗΤΗΡΑ DIESEL**

Torque, power and specific consumption measurements in a small diesel  
engine

Όνομα Σπουδαστή **ΜΙΧΕΛΗΣ Γ. ΣΤΕΦΑΝΟΣ**

A.M. **42853**

Όνομα Επιβλέποντα Καθηγητή **ΘΕΟΔΩΡΑΚΑΚΟΣ ΑΝΔΡΕΑΣ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

Π. Ράλλη & Θηβών 250, 12244 Αιγάλεω, Αθήνα – Ελλάδα

## Περίληψη

Η συγκεκριμένη πτυχιακή ασχολήθηκε με τις μετρήσεις ροπής, ισχύος και ειδικής κατανάλωσης. Για να πραγματοποιηθεί η λήψη των συγκεκριμένων μετρήσεων έπρεπε να ολοκληρωθούν πρώτα δυο προηγούμενες εργασίες ώστε να δημιουργηθεί το σύστημα το οποίο θα έδινε αποτελέσματα. Οι εργασίες αυτές ήταν η ανακατασκευή ενός πετρελαιοκινητήρα εργαστηριακού μεγέθους και η δεύτερη ήταν η συνεργασία αυτού με έναν ηλεκτροκινητήρα ο οποίος θα ελέγχεται πλήρως από έναν οδηγό. Οι μετρήσεις που θα πραγματοποιηθούν από αυτή τη συνεργασία των δυο αυτών κινητήρων που προαναφέρθηκαν θα επεξεργασθούν ώστε να γίνει αντιληπτό τόσο λεκτικά όσο και σχηματικά με διαγράμματα πόσο αποκλείουν οι ονομαστικές τιμές που αναφέρουν οι κατασκευαστές του πετρελαιοκινητήρα με τις πραγματικές μετρήσεις ροπής, ισχύος και κατανάλωσης αυτού.

## **Abstract**

This particular diploma deals with torque, power and specific consumption measurements. In order to get these measurements, two previous tasks had to be completed first in order to create the system that would produce results. These were the complete reconstruction of a laboratory-sized diesel engine and the second was to co-operate with an electric motor that would be fully controlled by a driver. The measurements to be made by this collaboration of the two above-mentioned engines will be worked out so as to illustrate both the verbal and the schematic diagrams of how far the nominal values reported by the diesel engine manufacturers outweigh their actual torque, power and consumption measurements.

## Ευχαριστίες

Πρώτα από όλα θέλω να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Θεοδωρακάκο Ανδρέα για την καθοδήγησή του, την υπομονή του, την παραχώρηση υλικού εξοπλισμού αλλά και τον χώρο του εργαστηρίου που μας παραχώρησε για την υλοποίηση αυτής της πτυχιακής. Ευχαριστώ επίσης, τους καλούς μου φίλους και συναδέλφους Πηνελόπη Καλλίτση και Τσιρώνη Αλέξανδρο τόσο για την ολοκλήρωση των δυο πτυχιακών τους οι οποίες ήταν οι βάσεις για την ολοκλήρωση της δικής μου όσο και για την ηθική υποστήριξη τους όλους τους μήνες πραγματοποίησης της εργασίας. Τελειώνοντας, πάνω απ' όλα είμαι ευγνώμων στους γονείς μου, Γεώργιο και Μαρία Μιχελή για την υποστήριξη τους όλα αυτά τα χρόνια.

# Περιεχόμενα

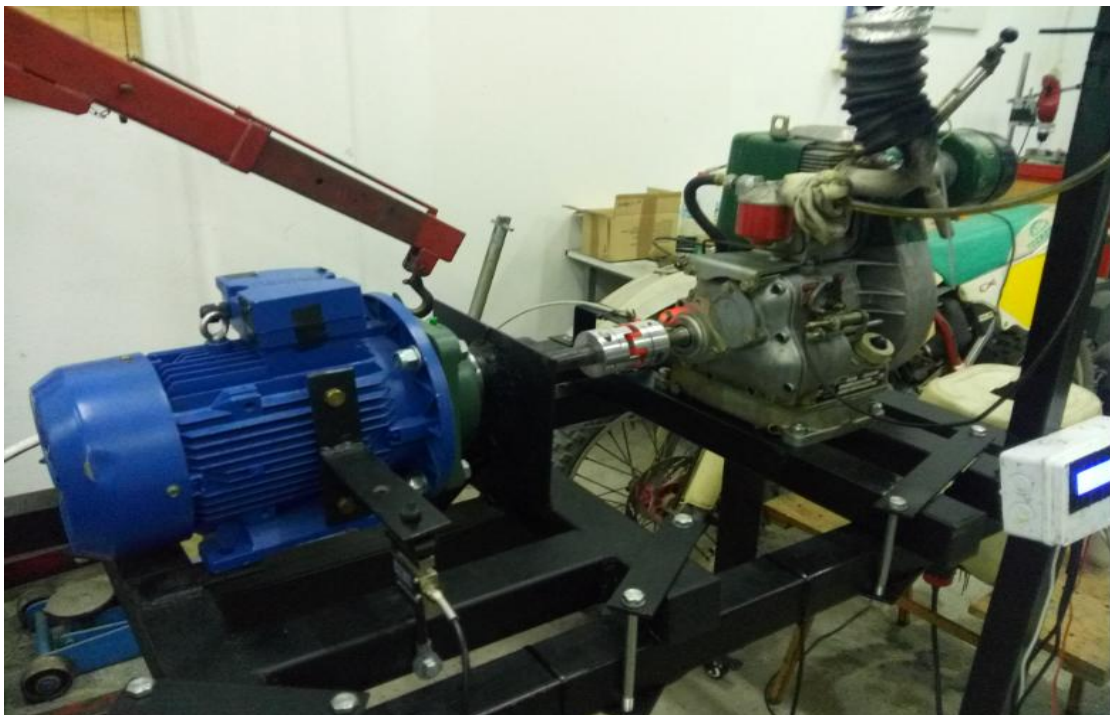
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1:ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....</b>	<b>5</b>
<i>1.1 Σκοπός.....</i>	<i>5</i>
<i>1.2 Δυναμοπéδη.....</i>	<i>6</i>
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΠΙΜΕΡΟΥΣ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΔΙΑΤΑΞΗΣ.....</b>	<b>8</b>
<i>2.1 Κινητήρας diesel.....</i>	<i>8</i>
<i>2.2 Ηλεκτροκινητήρας - VFD.....</i>	<i>10</i>
<i>2.3 Ηλεκτρολογικά παρελκόμενα και συνδεσμολογία.....</i>	<i>12</i>
<i>2.4 Αισθητήρες και μετρητικά όργανα.....</i>	<i>13</i>
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΛΗΨΗΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ.....</b>	<b>16</b>
<i>3.1 Πίνακες μετρήσεων.....</i>	<i>18</i>
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ.....</b>	<b>20</b>
<i>4.1 Υπολογισμοί.....</i>	<i>20</i>
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ, ΒΕΛΤΙΩΣΕΙΣ &amp; ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΑ ΣΧΕΔΙΑ.....</b>	<b>30</b>
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....</b>	<b>33</b>
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....</b>	<b>34</b>

# 1. Εισαγωγή

Η παρούσα πτυχιακή αποτελεί συνέχεια δυο προηγούμενων πτυχιακών εργασιών με τίτλους, «Αποκατάσταση λειτουργίας εργαστηριακού κινητήρα Diesel» του συναδέλφου Τσιρώνη Αλέξανδρου, ο οποίος ανακατασκεύασε τον εργαστηριακό κινητήρα diesel που μας παρείχε το εργαστήριο ώστε να είναι εφικτή η συνεργασία αυτού με τον ηλεκτροκινητήρα, και «Κατασκευή μικρής δυναμοπέδης με επαγωγικό κινητήρα και έλεγχο με VFD» της συναδέλφου Καλλίτση Πηνελόπη, η οποία δημιούργησε τρόπο ελέγχου του ηλεκτροκινητήρα μέσω ενός οδηγού VFD ώστε να καταστήσει εφικτή την παρούσα πτυχιακή.

## 1.1 Σκοπός

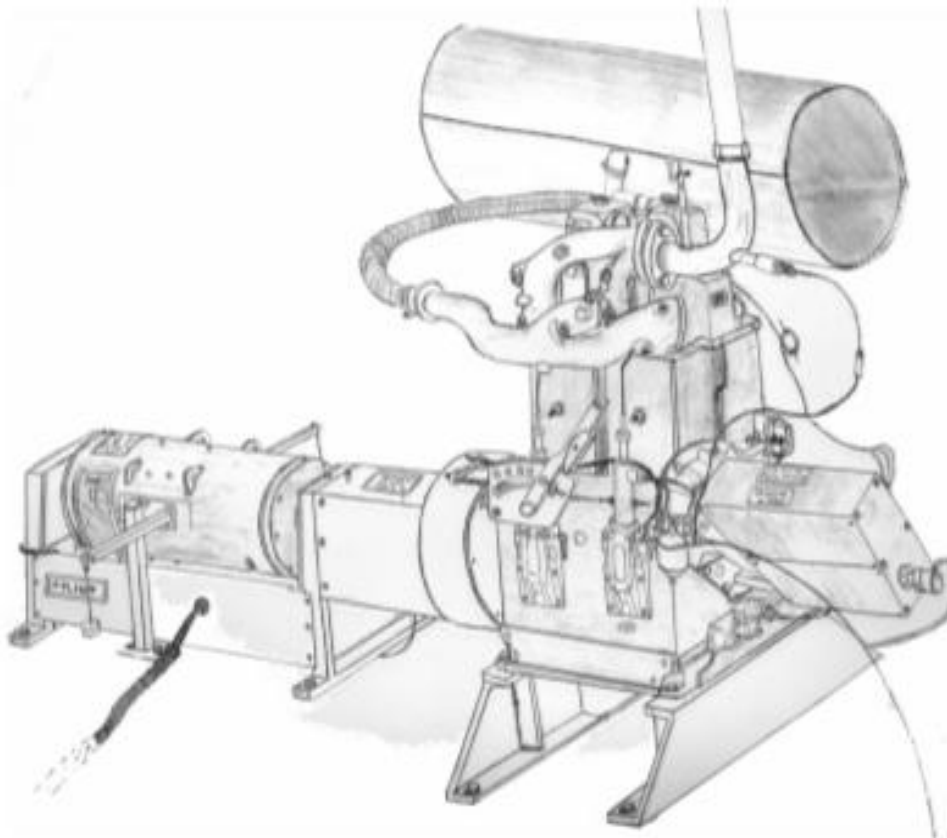
Η συγκεκριμένη εργασία έχει ως σκοπό να αναλύσει τη συνεργασία ενός μικρού εργαστηριακού κινητήρα Diesel με ηλεκτροκινητήρα εναλλασσόμενου ρεύματος ο οποίος ελέγχεται πλήρως από ένα VFD προκειμένου να δημιουργηθεί διάταξη δυναμοπέδης. Επιπροσθέτως στην πτυχιακή θα γίνει λήψη μετρήσεων ροπής, ισχύος, στροφών και κατανάλωσης. Τέλος, όλες οι μετρήσεις θα παρουσιαστούν διαγραμματικά ώστε να έχουμε μια πλήρη εικόνα της συμπεριφοράς του κινητήρα.



Εικόνα 1.1.1: Διάταξη δυναμοπέδης.

## 1.2 Δυναμοπέδη

Η δυναμοπέδη η οποία θα χρησιμοποιηθεί για τη λήψη των μετρήσεων που αναφέρθηκε παραπάνω έχει υλοποιηθεί σε προηγούμενη πτυχιακή και είναι τύπου ηλεκτροκινητήρα - γεννήτρια. Ο συγκεκριμένος τύπος δυναμοπέδης αποτελείται από έναν κινητήρα diesel που είναι ο κινητήρας προς εξέταση, συνδεδεμένος μέσω ενός συνδέσμου (coupler) με μια μονάδα απορρόφησης ισχύος η οποία απαρτίζεται από ένα ηλεκτροκινητήρα εναλλασσόμενου ρεύματος. Ο ηλεκτροκινητήρας έχει τη δυνατότητα να λειτουργεί είτε ως γεννήτρια, είτε ως εκκινητής του diesel προς εξέταση. Η μονάδα που ελέγχεται ο ηλεκτροκινητήρα εναλλασσόμενου ρεύματος είναι μια μονάδα με μεταβλητή συχνότητα (VFD). Ο VFD έχει τη ιδιότητα να μπορεί να οδηγήσει την παραγόμενη ισχύ από πέδηση, στο δίκτυο, ή σε μια αντίσταση όπως έχει σχεδιαστεί στην παρούσα διάταξη.

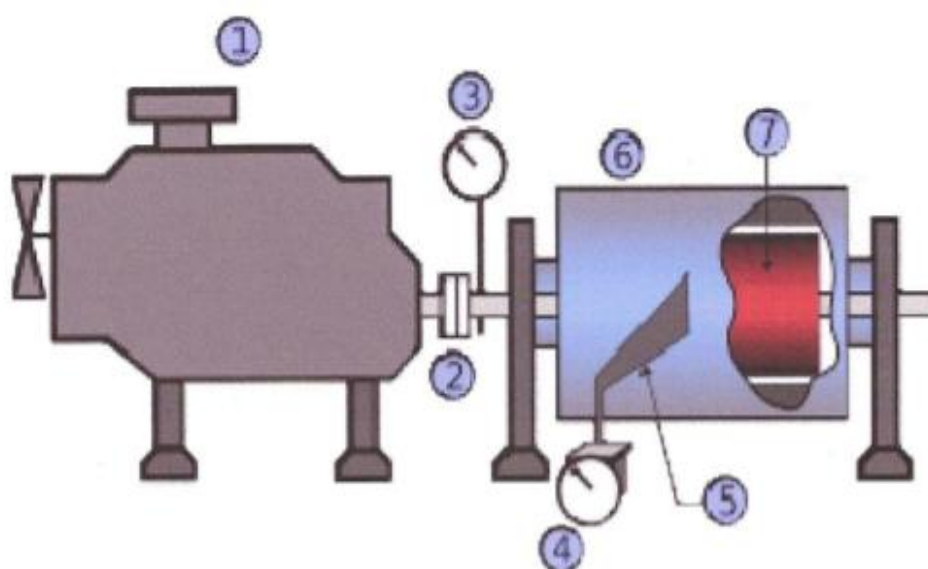


Εικόνα 1.2.1: Τυπική διάταξη δυναμοπέδης ηλεκτροκινητήρα - γεννήτρια.<sup>iv</sup>

Εφόσον, αναλύσαμε την διάταξη την οποία θα χρησιμοποιηθεί, πρέπει να κατανοήσουμε με ποιον τρόπο λειτουργεί μια δυναμοπέδη. Η δυναμοπέδη, αποτελείται από τη μονάδα απορρόφησης και ένα μέσο μέτρησης της ροπής και της ταχύτητας περιστροφής του άξονα του κινητήρα. Η μονάδα απορρόφησης, στην περίπτωση μας ο ηλεκτροκινητήρας, απαρτίζεται από τον ρότορα και το κέλυφος. Επάνω στον ρότορα έχει συνδεθεί ο άξονας του κινητήρα diesel που είναι προς εξέταση, μέσω ενός συνδέσμου (coupler) και έχει τη δυνατότητα να περιστραφεί με οποιαδήποτε ταχύτητα. Ανάμεσα στο κέλυφος και τον ρότορα αναπτύσσεται τριβή, με ηλεκτρομαγνητικό πεδίο εντός του ηλεκτροκινητήρα. Αυτή η τριβή που δημιουργείται είναι το φαινόμενο που εκμεταλλευόμαστε για να μετρήσουμε τη ροπή.

Ο τρόπος μέτρησης ροπής έγινε τοποθετώντας ένα μοχλοβραχίονα στο κέλυφος του ηλεκτροκινητήρα, ενώ αυτός θα στηρίζεται εξ ολοκλήρου με μια φλάντζα η οποία του επιτρέπει να περιστρέφεται ελεύθερα και προς τις δυο κατευθύνσεις. Πάνω στο κέλυφος του ηλεκτροκινητήρα είναι συνδεδεμένος ο βραχίονας, και στην άκρη του είναι τοποθετημένη μια δυναμοκυψέλη (load cell), πάνω στην οποία θα ασκηθεί δύναμη από το περίβλημα του ηλεκτροκινητήρα τείνοντας αυτό να περιστραφεί. Η δυναμοκυψέλη μετράει την κάθετη δύναμη από το κέλυφος και παρέχει ένα ηλεκτρικό σήμα το οποίο με τη χρήση κατάλληλης διάταξης (Arduino) μετατρέπεται σε ροπή που θα αναλύσουμε παρακάτω. Προσθέτοντας κατάλληλο αισθητήρα για την μέτρηση των στροφών στην υπάρχουσα διάταξη μπορούμε με αυτόν τον τρόπο να υπολογίσουμε την ισχύ και να έχουμε μια πιο αναλυτική εικόνα της λειτουργίας του κινητήρα υπό δοκιμή.

Στην παρακάτω εικόνα παρουσιάζεται η διάταξη της δυναμοπέδης μαζί με τα επιμέρους στοιχεία της.



Εικόνα 1.2.2: 1: Κινητήρας υπό δοκιμή, 2: συνδέσμον (coupler) 3: Στροφόμετρο 4: Δυναμοκυψέλη 5: Μοχλοβραχίονας 6: Κέλυφος μονάδας απορρόφησης 7: Ρότορας. v



## 2. Ανάλυση επιμέρους στοιχείων διάταξης

Σε αυτό το κεφάλαιο θα εξετάσουμε αναλυτικά τα επιμέρους τμήματα που συμμετέχουν στη λειτουργία της διάταξης δυναμοπέδης. Αυτά είναι:

- Κινητήρας diesel
- Ηλεκτροκινητήρας - VFD
- Ηλεκτρολογικά παρελκόμενα - συνδεσμολογία
- Αισθητήρες και μετρητικά όργανα

### 2.1 Κινητήρας Diesel

Ο κινητήρας προς εξέταση που μας παρείχε το εργαστήριο για την συγκεκριμένη πτυχιακή, είναι ένα diesel κινητήρας, μάρκας Lister Petter σειράς AA1, ο οποίος ανακατασκευάστηκε και προσαρμόστηκε πάνω σε ειδική βάση με σκοπό τη σύνδεσή του με κατάλληλο ηλεκτροκινητήρα δημιουργώντας μια δυναμοπέδη για τις ανάγκες αυτής της πτυχιακής.



*Εικόνα 2.1.1: Κινητήρας Lister Petter AA1.*

Τα χαρακτηριστικά του κινητήρα προς εξέταση παραθέτονται στον κάτωθεν πίνακα.

<b>ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΗΚΑ - LISTER PITTER AA1</b>	
<b>Κωδικός</b>	AA1
<b>Αριθμός Κυλίνδρων</b>	1
<b>Έγχυση Καυσίμου</b>	Έγχυση Μέσο Αεροκυψέλης
<b>Διάμετρος Κυλίνδρου</b>	69,85 mm (ονομαστική)
<b>Διατομή Κυλίνδρου</b>	57,15
<b>Επιφάνια Εμβόλου</b>	38,32 cm <sup>2</sup>
<b>Συνολικός Κοβισμός Κινητήρα</b>	219 cm <sup>3</sup>
<b>Σχέση Συμπίεσης</b>	17:1
<b>Μέγιστη Ισχύ Κινητήρα</b>	2,6 KW (3.5bhp) at 3600rpm
<b>Ελαχίστη Ταχύτητα Εμβόλου Στις 3600 σ.α.λ</b>	6,85 m/sec
<b>Μέγιστη Επιτρεπόμενη Τελική Ωθηση Στον Στρόφαλο</b>	54 kg
<b>Μηχανική Απόδοση</b>	59%
<b>Θερμική Απόδοση</b>	25%
<b>Χωρητικότητα Ελαιολεκάνης</b>	1,9 liters
<b>Όγκος Μεταξύ Των Σημαδιών Του Δίκτη Στάθμης Λαδιού</b>	0,65 liters
<b>Πίεση Λαδιού Στο Ρελαντί (Σε Θερμοκρασία Λειτουργίας)</b>	0,8 bar
<b>Πίεση Λαδιού Ελάχιστη (Σε Λειτουργία)</b>	2,8 – 4,0 bar
<b>Ρύθμιση Βαλβίδας Εκτόνωσης Πίεσης</b>	3,0 – 3,3 bar
<b>Πίεση Εγχυτήρα</b>	183,0 bar
<b>Περιορισμός Εισαγωγής Αέρα</b>	20,5 mm Hg
<b>Αρνητική Πίεση Στην Εξαγωγή</b>	18,7 mm Hg
<b>Ρελαντί</b>	1200 σ.λ.α

Πίνακας 2.1.1: Τεχνικά χαρακτηριστικά κινητήρα diesel. <sup>vi</sup>

Επίσης αξιοσημείωτο είναι ο πίνακας καταναλώσεων του κατασκευαστή που θα συγκριθεί στο τέλος της εργασίας με τις μετρήσεις που υλοποιήθηκαν.

ENGINE TYPE	CONTINUOUS POWER AND SPEED			FUEL USED g/kWh
	kW	bhp	r/min	
AA1	1.15	1.5	1500	329
	1.35	1.8	1800	329
	1.55	2.1	2100	317
	1.85	2.5	2500	311
	2.25	3.0	3000	317
	2.6	3.5	3600	329

Εικόνα 2.1.2: Πίνακας καταναλώσεων κατασκευαστή. <sup>vi</sup>

## 2.2 Ηλεκτροκινητήρας - VFD

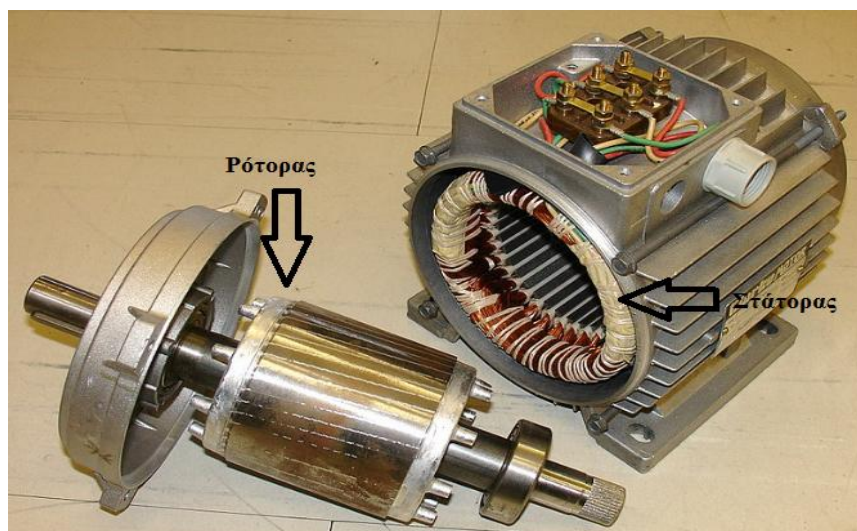
Ο ηλεκτροκινητήρας της διάταξης είναι ένας ασύγχρονος τριφασικός κινητήρας, μοντέλο MS 100L-2 ο οποίος επιλέχθηκε λαμβάνοντας υπόψη τα χαρακτηριστικά του κινητήρα προς εξέταση, τα στοιχεία του οποίου εμφανίζονται παρακάτω.

Μέγεθος Model	Ισχύς Output		Φόρτιση 100% load				Φόρτιση 75% load		Φόρτιση 50% load		Χαρακτηριστικά Εκκίνησης		
			Ρεύμα 400V Current (A)	Στροφές Speed (r/min)	Απόδοση Eff (%)	cosφ Power Factor	Απόδοση Eff (%)	cosφ Power Factor	Απόδοση Eff (%)	cosφ Power Factor	Ms/Mr	Is/In	Mmax/Mn
	kW	HP								Tstart/Tn	Ist/In	Tmax/Tn	
MS100L-2	3.0	4	6.31	2870	82.6	0.87	81.0	0.86	79.3	0.86	2.2	7.5	2.3

Πίνακας 2.2.1: Τεχνικά χαρακτηριστικά ηλεκτροκινητήρα.<sup>i</sup>

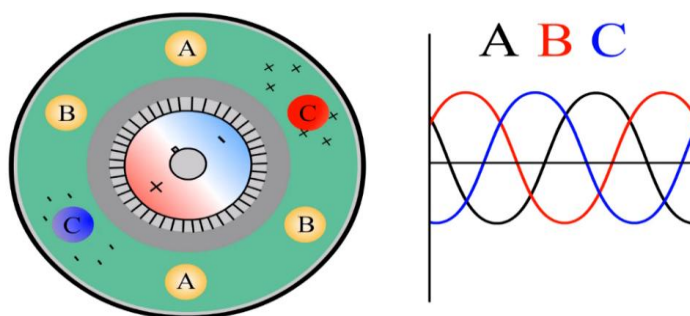
Για να λειτουργήσει ο ηλεκτροκινητήρας ,ως δυναμοπέδη, είναι απαραίτητη η χρήση ενός VFD ο οποίος μετατρέπει τη συχνότητα του ρεύματος παροχής, έτσι ώστε ο ηλεκτροκινητήρας να περιστρέφεται με την ταχύτητα την οποία επιθυμεί ο χρήστης. Για να αντιληφθούμε το τρόπο τον οποίο επηρεάζει τη λειτουργία του ηλεκτροκινητήρα ένα VFD θα πρέπει να κατανοήσουμε το τρόπο λειτουργίας του ηλεκτροκινητήρα.

Ο ηλεκτροκινητήρας αποτελείται από δυο κύρια μέρη, το ρότορα, που βρίσκεται στο κέντρο του κινητήρα και περιστρέφεται ελεύθερα και το στάτορα που είναι το εξωτερικό τμήμα φτιαγμένο από πολλές περιελίξεις από λεπτό χάλκινο καλώδιο συνήθως.



Εικόνα 2.2.1: Ρότορας και στάτορας ηλεκτροκινητήρα.<sup>vii</sup>

Στον τριφασικό κινητήρα υπάρχουν τρεις περιελίξεις εντός του στάτορα η κάθε μια από τις οποίες παίρνουν ισχύ από τη κάθε φάση. Η κάθε φάση που εισέρχεται μέσα στον κινητήρα αναγκάζει ένα ζευγάρι περιελίξεων να γίνουν θετικό και το αντίθετο ζευγάρι να γίνει αρνητικό δημιουργώντας ανάμεσα τους μαγνητικό πεδίο. Ο ρότορας είναι επίσης μαγνητικά φορτισμένος και προσπαθεί να ευθυγραμμιστεί με το μαγνητικό πεδίο του στάτορα. Αν ο κινητήρας λειτουργούσε με μια μόνο φάση η περιστροφή του άξονα θα ήταν ασταθής. Για αυτό το λόγο έχουν προστεθεί συνολικά τρεις φάσεις ώστε να κινεί τον άξονα πιο ομαλά.



Εικόνα 2.2.2: Σχηματική απεικόνιση φάσεων. <sup>viii</sup>

Για να αλλάξει η ταχύτητα περιστροφής του άξονα, θα πρέπει να αλλάξει η ταχύτητα που εισέρχεται η ισχύς μέσα στον ηλεκτροκινητήρα. Μειώνοντας την ταχύτητα που εισέρχεται η ισχύς μέσα στον κινητήρα, θα μειωθεί η ταχύτητα περιστροφής του μαγνητικού πεδίου που δημιουργείται στο στάτορα, συνεπώς ο ρότορας θα περιστρέφεται και αυτός με λιγότερες στροφές. Προκειμένου να αλλάξει η ταχύτητα που εισέρχεται η ισχύς στον ηλεκτροκινητήρα, μεταβάλλουμε τη συχνότητα της. Αυτό επιτυγχάνεται με τη χρήση ενός VFD και κατά συνέπεια μπορούμε να ελέγχουμε την ταχύτητα περιστροφής του ηλεκτροκινητήρα όπως προαναφέραμε. Ο VFD που χρησιμοποιήθηκε είναι ο DELTA VFD022M43B 2.2kW ο οποίος είναι ιδανικός με βάση τα τεχνικά χαρακτηριστικά του ηλεκτροκινητήρα.



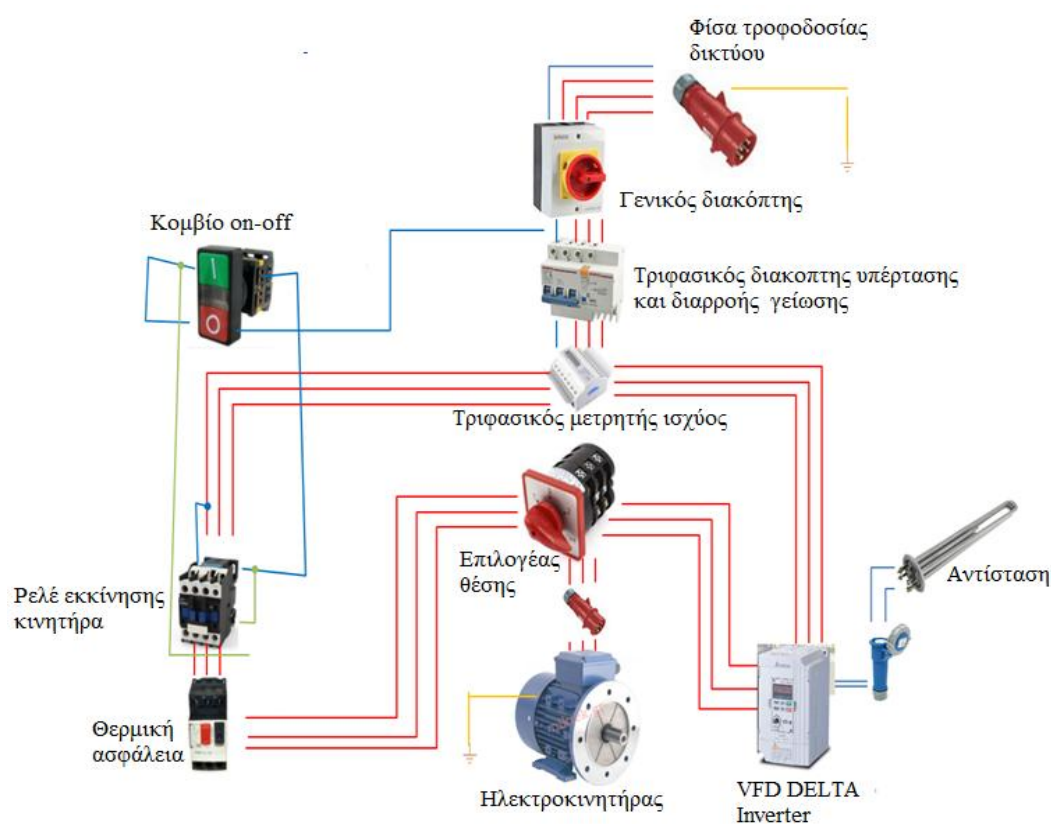
Εικόνα 2.2.3: VFD διάταξης.

## 2.3 Ηλεκτρολογικά παρελκόμενα και συνδεσμολογία

Για να λειτουργήσει σωστά η διάταξη της δυναμοπέδης, εκτός από τον diesel προς δοκιμή και τον ηλεκτροκινητήρα ήταν απαραίτητη και η χρήση κάποιων πρόσθετων εξαρτημάτων τα οποία τοποθετήθηκαν σε πίνακα και αναγράφονται παρακάτω:

- Τριφασική φίσα τροφοδοσίας
- Γενικός διακόπτης τροφοδοσίας
- Τριφασικό διακόπτης υπέρτασης και διαρροής
- Κομβίο on-off
- Τριφασικός μετρητής ισχύος
- Ρελέ εκκίνησης κινητήρα
- Θερμική ασφάλεια
- Επιλογέας θέσης
- Μονοφασική φίσα αντίστασης
- Αντίσταση

Στη συνέχεια παρουσιάζεται σκαρίφημα συνδεσμολογίας με τα προαναφερθέντα εξαρτήματα.



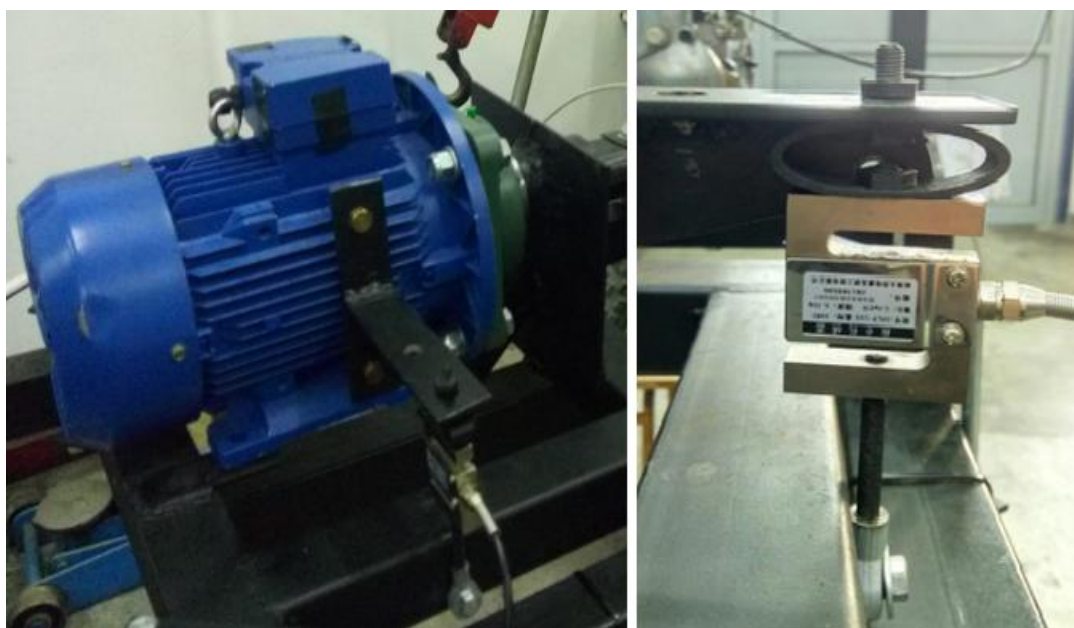
Εικόνα 2.3.1: Σκαρίφημα συνδεσμολογίας δυναμοπέδης.

## 2.4 Αισθητήρες και μετρητικά όργανα

Προκειμένου να γίνει η λήψη των μετρήσεων, είναι αναγκαία η χρήση κάποιων αισθητήρων και μετρητικών οργάνων για τον υπολογισμό:

- Ροπής
- Στροφών
- Κατανάλωσης καυσίμου
- Θερμοκρασίας και πίεση περιβάλλοντος

Για τις μετρήσεις ροπής προσαρμόστηκε στο κέλυφος του ηλεκτροκινητήρα βραχίονας και στην άκρη του τοποθετήθηκε load cell το οποίο στερεώθηκε πάνω στην βάση του ηλεκτροκινητήρα, ενώ για την απορρόφηση κραδασμών και κατά συνέπεια την αποφυγή λανθασμένων μετρήσεων, κατασκευάστηκε πλαστικό έλασμα όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.



Εικόνα 2.4.1: Load cell και βραχίονας τοποθετημένος στο κέλυφος.

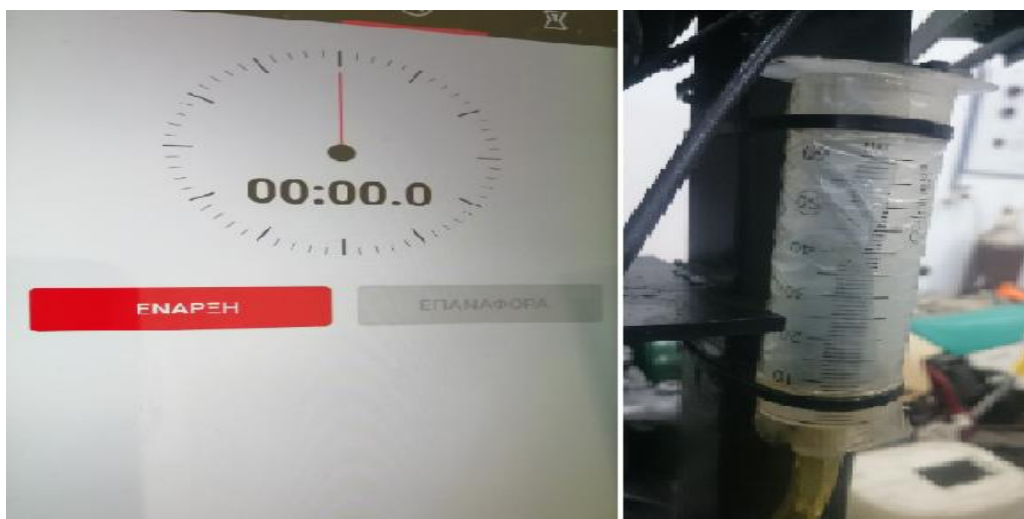
Οι μετρήσεις που καταγράφει το load cell είναι ένα ηλεκτρικό σήμα που αποστέλλεται στον μικροελεγκτή Arduino που θα δούμε στη συνέχεια.

Για την απεικόνιση των στροφών του κινητήρα σε πραγματικό χρόνο χρησιμοποιήσαμε ένα αισθητήρα μέτρησης στροφών ο οποίος προσαρμόστηκε σε κατάλληλη απόσταση από το μαγνήτη που βρίσκεται πάνω στον άξονα του κινητήρα. Ο αισθητήρας αυτός παρέχει ένα σήμα στον μικροελεγκτή (αναφέρεται παρακάτω) ο οποίος εμφανίζει το αποτέλεσμα της μέτρησης. Για να διαπιστώσουμε την εγκυρότητα των μετρήσεων του αισθητήρα στροφών, χρησιμοποιήσαμε εξωτερικό ταχύμετρο.



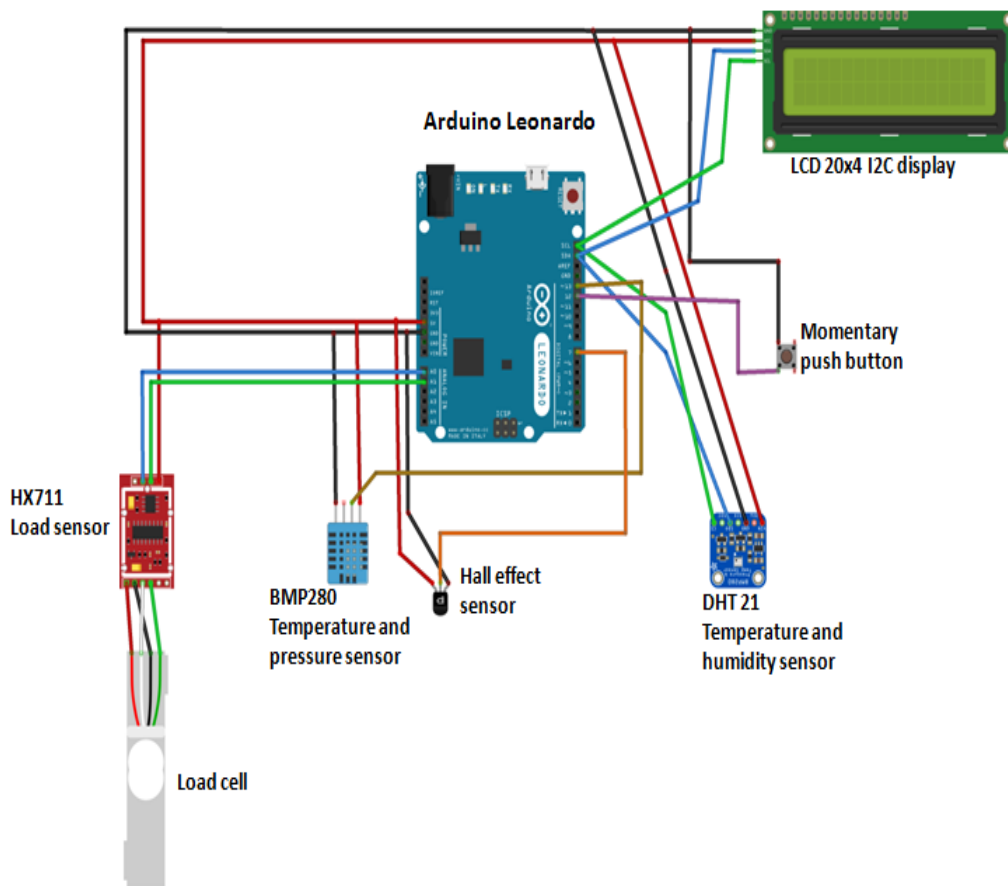
Εικόνα 2.4.2: Αισθητήρας στροφών arduino και εξωτερικό ταχύμετρο.

Με τη χρήση ενός βαθμονομημένου δοχείου, το οποίο συμπληρώναμε με καύσιμο και τη βοήθεια ενός χρονομέτρου, υπολογίστηκε η κατανάλωση καυσίμου του κινητήρα όπως θα αναφερθεί παρακάτω.



Εικόνα 2.4.3: Χρονόμετρο και βαθμονομημένο δοχείο καυσίμου.

Ο αισθητήρας στροφών καθώς επίσης και το load cell δημιουργούν ηλεκτρικά σήματα τα οποία στέλνονται και επεξεργάζονται από το Arduino πριν εμφανιστούν στην οθόνη του. Εδώ θα πρέπει να σημειωθεί ότι το Arduino λαμβάνει μια τιμή δύναμης από το load cell και την πολλαπλασιάζει επί την απόσταση του βραχίονα ώστε να εμφανίσει το αποτέλεσμα της ροπής. Το Arduino είναι τοποθετημένο εντός κατάλληλα διαμορφωμένου περιβλήματος το οποίο ακόμα στεγάζει αισθητήρες θερμοκρασίας, πίεσης, υγρασίας, ενισχυτή σήματος για το load cell, ένα κουμπί και μια οθόνη για την εμφάνιση των αποτελεσμάτων.



Εικόνα 2.4.4: Συνδεσμολογία arduino.



### 3. Διαδικασία λήψης μετρήσεων

Εφόσον αναλύσαμε όλα τα επιμέρους εξαρτήματα της δυναμοπέδης μπορούμε να ξεκινήσουμε τη διαδικασία λήψης μετρήσεων. Η διαδικασία λήψης των μετρήσεων είναι η εξής:

1. Ξεκινώντας περιστρέφουμε τον γενικό διακόπτη του κυκλώματος στη θέση on,
2. Θέτουμε τον διακόπτη επιλογής θέσης, στη θέση (2), ώστε ο ηλεκτροκινητήρας να δουλεύει μέσω του VFD προκειμένου να ελέγχουμε τις στροφές,
3. Παίρνουμε τις παραμέτρους πίεσης, θερμοκρασίας και υγρασίας από τον πίνακα ελέγχου Arduino,
4. Κάνουμε βαθμονόμηση στον πίνακα έλεγχου Arduino για τις μετρήσεις ροπής,
5. Τοποθετούμε τον μοχλό του κινητήρα diesel στη θέση run και κρατάμε ενεργοποιημένο τον αποσυμπιεστή,
6. Ξεκινάμε τον ηλεκτροκινητήρα πατώντας το κομβίο run που βρίσκεται στον VFD, αφού έχουμε θέσει σε αυτόν 19Hz που αντιστοιχούν περίπου στις 1200 στροφές (ρελαντί κινητήρα diesel) και αφήνουμε τον αποσυμπιεστή,
7. Εφόσον έχει πραγματοποιηθεί η εκκίνηση του, τον αφήνουμε να λειτουργήσει για κάποιο χρονικό διάστημα ώστε να έρθει σε θερμοκρασία λειτουργίας,
8. Θέτουμε ανοιχτό τον ρυθμιστή στροφών στον κινητήρα diesel για αρχή,
9. Ρυθμίζουμε του VFD τις επιθυμητές στροφές βάση manual του diesel, οι οποίες αναγράφονται στην οθόνη του arduino και τις καταγράφουμε,
10. Γεμίζουμε το δοχείο με καύσιμο και ξεκινάμε τη χρονομέτρηση μέχρι την καταναλωση των 10ml όπου και σταματάμε το χρονόμετρο καταγράφοντας την τιμή,
11. Παράλληλα καταγράφουμε τη τιμή ροπής από την οθόνη του arduino,
12. Επαναλαμβάνουμε τη διαδικασία από το βήμα 9 για όλες τις επιθυμητές στροφές προς εξέταση.

Η διαδικασία που αναφέρθηκε αφορά μόνο τις μετρήσεις για ανοιχτό ρυθμιστή στροφών. Όταν ολοκληρωθεί εκτελούμε τα 7 πρώτα βήματα, θέτουμε τον ρυθμιστή στροφών του diesel στο μισό και συνεχίζουμε με τα υπόλοιπα βήματα.

Μετά την ολοκλήρωση αυτών των δύο διαδικασιών, πραγματοποιήθηκε σειρά μετρήσεων στην οποία ο diesel δεν εκτελούσε καύση και περιστρεφόταν μόνο από τον ηλεκτροκινητήρα. Σε αυτή την περίπτωση ακολουθούμε τα 4 πρώτα βήματα που αναφέρονται παραπάνω και στη συνέχεια πράττουμε ως εξής:

1. Θέτουμε τον διακόπτη του κινητήρα στη θέση stop ώστε να μην πραγματοποιείται καύση,
2. Θέτουμε τις επιθυμητές στροφές από τον VFD,
3. Έχοντας απενεργοποιημένο τον αποσυμπιεστή, καταγράφουμε μετρήσεις στροφών και ροπής.
4. Ενεργοποιούμε τον αποσυμπιεστή και καταγράφουμε τις μετρήσεις ροπής,
5. Επαναλαμβάνουμε τη διαδικασία από το βήμα 2 και μετά για τις επιθυμητές στροφές προς εξέταση.



*Εικόνα 3.1: Πίνακας ελέγχου και ολοκληρωμένη διάταξη δυναμοπέδης.*

### 3.1 Πίνακες μετρήσεων

Σε αυτό το κεφάλαιο θα παρουσιάσουμε τις μετρήσεις που λήφθηκαν από την διαδικασία που αναφέραμε στο παραπάνω κεφάλαιο. Η διαδικασία αυτή πραγματοποιήθηκε δυο φορές προκειμένου να έχουμε ποιο ακριβή αποτελέσματα τα παρουσιάζονται στους παρακάτω πίνακες.

- Πρώτη σειρά μετρήσεων

<b>T</b>	27 °C
<b>RH</b>	39%
<b>P</b>	1020,6 hPa

<b>Ανοιχτό Ρυθμιστή Στροφών</b>			
<b>a/a</b>	<b>Στροφές (RPM)</b>	<b>Ροπή (Nm)</b>	<b>Χρόνος (sec)</b>
1	2900	3,9	48,75
2	2700	7,2	31,66
3	2500	8,4	26,72
4	2200	8,4	30,34
5	2000	8,3	31,59
6	1800	7,9	34,19
7	1500	7,1	37,13

<b>Μισό Ρυθμιστή Στροφών</b>			
<b>a/a</b>	<b>Στροφές (RPM)</b>	<b>Ροπή (Nm)</b>	<b>Χρόνος (sec)</b>
1	1800	6,8	44,6
2	1500	6,9	40,38
3	1300	5,8	38,15

<b>Χωρίς καύση</b>			
<b>a/a</b>	<b>Στροφές (RPM)</b>	<b>Ροπή (Nm) Με ενεργοποιημένο αποσυμπιεστή</b>	<b>Ροπή (Nm) με απενεργοποιημένο αποσυμπιεστή</b>
1	3000	8,59	5,98
2	2500	7,6	4,91
3	2000	6,75	3,16
4	1500	5,42	0,82
5	1000	3,9	0,57

- Δεύτερη σειρά μετρήσεων

<b>T</b>	25,8 °C
<b>RH</b>	51,4%
<b>P</b>	1019,8 hPa

<b>Ανοιχτό Ρυθμιστή Στροφών</b>			
<b>α/α</b>	<b>Στροφές (RPM)</b>	<b>Ροπή (Nm)</b>	<b>Χρόνος (sec)</b>
1	2900	5,3	42,37
2	2700	8,14	25,78
3	2500	8,5	26,46
4	2200	8,8	27,21
5	2000	7,25	32,53
6	1800	7,7	33,78
7	1500	7,4	35,31

<b>Μισό Ρυθμιστή Στροφών</b>			
<b>α/α</b>	<b>Στροφές (RPM)</b>	<b>Ροπή (Nm)</b>	<b>Χρόνος (sec)</b>
1	1800	6,8	30,15
2	1500	6,9	40,38
3	1300	5,8	44,6

<b>Χωρίς καύση</b>			
<b>α/α</b>	<b>Στροφές (RPM)</b>	<b>Ροπή (Nm) Με ενεργοποιημένο αποσυμπιεστή</b>	<b>Ροπή (Nm) με απενεργοποιημένο αποσυμπιεστή</b>
1	3000	8,6	5,7
2	2500	8,2	4,1
3	2000	7,6	5,2
4	1500	6,7	5,1
5	1000	4,2	4,3

## 4. Επεξεργασία μετρήσεων

Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο θα υπολογίσουμε με βάση τις πειραματικές μετρήσεις που πάρθηκαν την ισχύς και την ειδική κατανάλωση του μικρού κινητήρα Diesel. Ακόμα θα υπολογίσουμε τον μέσο όρο των δύο σειρών μετρήσεων και θα τον απεικονίσουμε διαγραμματικά μαζί με τις υπόλοιπες μετρήσεις προκειμένου να τις συγκρίνουμε με τις αντίστοιχες τιμές του manual.

### 4.1 Υπολογισμοί

Ξεκινώντας πρέπει να γνωρίζουμε την πυκνότητα του καυσίμου που χρησιμοποιήθηκε στον κινητήρα η οποία είναι 0,832kg/lit.

Οπότε, η μάζα υπολογίζεται από τον τύπο:

$$m_f = \rho * V, \text{ όπου:}$$

$\rho$ : πυκνότητα diesel σε kg/lit

$m_f$ : μάζα καυσίμου σε kg

$V$ : όγκος που μετράγαμε για την κατανάλωση όπου είναι σταθερά 0,01lit.

Εν συνεχεία πρέπει να υπολογιστεί η ροή μάζας, διαιρώντας την μάζα που υπολογίστηκε από τον προηγούμενο τύπο,  $m_f = 0.00832\text{kg}$ , με τον εκάστοτε χρόνο που πάρθηκε στην κάθε μέτρηση ροπής.

Για να υπολογίσουμε την ισχύς χρησιμοποιούμε τον παρακάτω τύπο:

$$P = \frac{2\pi \cdot N \cdot T}{1000}, \text{ όπου:}^{\text{ii}}$$

P: Ισχύς σε kW

T: Ροπή σε Nm

N: στροφές σε RPS

$\pi$ : 3,14.

Επιπροσθέτως, υπολογίζουμε την ειδική κατανάλωση μέσα από τον τύπο που παρουσιάζεται κάτωθι:

$$sfc = \frac{m}{P}, \text{ όπου:}$$

sfc(specific fuel consumption): ειδική κατανάλωση σε gr/kWh<sup>iii</sup>

m: μάζα καυσίμου ανά μονάδα χρόνου gr/h

P: ισχύς σε kW.

Σημειώνεται ξανά ότι υπήρχαν δυο σειρές μετρήσεων και σε κάθε σειρά υπήρχαν δυο περιπτώσεις, μια με ανοιχτό ρυθμιστή στροφών και μια με μισό ρυθμιστή στροφών. Ακολούθως παραθέτονται οι πίνακες με υπολογισμένες τις τιμές ισχύος και ειδικής κατανάλωσης σε κάθε περίπτωση ξεχωριστά.

- 1η σειρά μετρήσεων

Ανοιχτό Ρυθμιστή Στροφών			
Στροφές (RPM)	Ροή μάζας (gr/sec)	Ισχύς (kW)	sfc (gr/kWh)
2900	0,17	1,18	519,02
2700	0,26	2,03	464,95
2500	0,31	2,20	509,99
2200	0,27	1,93	510,39
2000	0,26	1,74	545,71
1800	0,24	1,49	588,60
1500	0,22	1,11	723,67

Μισό Ρυθμιστή Στροφών			
Στροφές (RPM)	Ροή μάζας (gr/sec)	Ισχύς (kW)	sfc (gr/kWh)
1800	0,18	1,28	524,20
1500	0,2	1,08	684,72
1300	0,21	0,79	994,84

Χωρίς καύση		
Στροφές (RPM)	Ισχύς (kW) Με ενεργοποιημένο αποσυμπιεστή	Ισχύς (kW) Με απενεργοποιημένο αποσυμπιεστή
3000	2,70	1,88
2500	1,99	1,28
2000	1,41	0,66
1500	0,85	0,13
1000	0,41	0,06

- 2η σειρά μετρήσεων

Ανοιχτό Ρυθμιστή Στροφών			
Στροφές (RPM)	Ροή μάζας (gr/sec)	Ισχύς (kw)	sfc (gr/kWh)
2900	0,19	1,61	439,43
2700	0,32	2,30	505,06
2500	0,31	2,22	508,94
2200	0,3	2,03	543,23
2000	0,25	1,52	606,69
1800	0,24	1,45	611,22
1500	0,23	1,16	730,12

Μισό Ρυθμιστή Στροφών			
Στροφές (RPM)	Ροή μάζας (gr/sec)	Ισχύς (kw)	sfc (gr/kWh)
1800	0,27	1,28	775,44
1500	0,2	1,08	684,72
1300	0,18	0,79	850,96

Χωρίς καύση		
Στροφές (RPM)	Ισχύς (kW) Με ενεργοποιημένο αποσυμπιεστή	Ισχύς (kW) Με απενεργοποιημένο αποσυμπιεστή
3000	2,70	1,79
2500	2,15	1,07
2000	1,59	1,09
1500	1,05	0,80
1000	0,44	0,45



Αφού έγινε η επεξεργασία και των δυο σειρών μετρήσεων μπορούμε να υπολογίσουμε τον μέσω όρο αυτών. Παρακάτω παραθέτονται οι ανάλογοι πίνακες και τα διαγράμματά τους.

- Ανοιχτός ρυθμιστής στροφών

Στροφές (RPM)	Ροπή(Nm)	Χρόνος (sec)	Ροή μάζας (gr/sec)	Ισχύς (kW)	sfc (gr/kWh)
2900	4,6	45,56	0,18	1,40	479,22
2700	7,7	28,72	0,29	2,17	485,01
2500	8,5	26,59	0,31	2,21	509,47
2200	8,6	28,78	0,29	1,98	526,81
2000	8,3	32,06	0,26	1,63	576,20
1800	7,8	33,99	0,24	1,47	599,91
1500	7,3	36,22	0,23	1,14	726,90

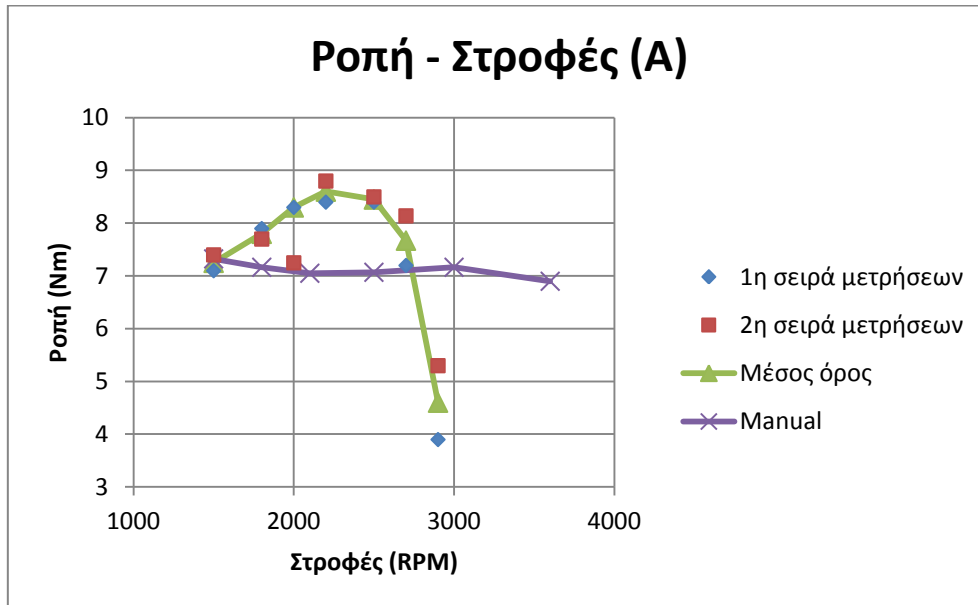
- Μισό ρυθμιστή στροφών

Στροφές (RPM)	Ροπή(Nm)	Χρόνος (sec)	Ροή μάζας (gr/sec)	Ισχύς (kW)	sfc (gr/kWh)
1800	6,8	37,38	0,23	1,28	649,82
1500	6,9	40,38	0,20	1,08	684,72
1300	5,8	41,38	0,20	0,79	922,90

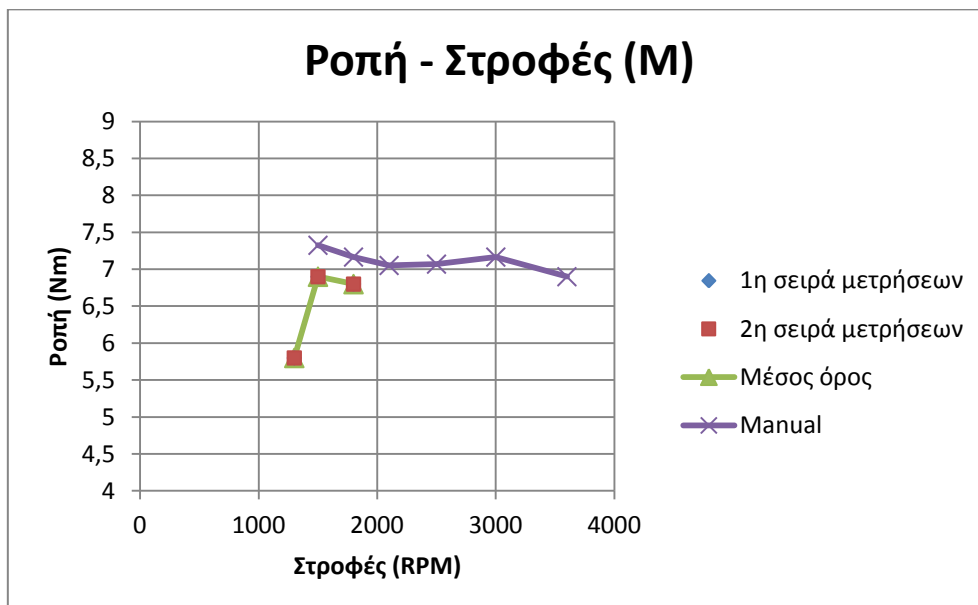
- Χωρίς καύση

Στροφές (RPM)	Ροπή (Nm) Με ενεργοποιημένο αποσυμπιεστή	Ροπή (Nm) Με απενεργοποιημένο αποσυμπιεστή	Ισχύς (kW) Με ενεργοποιημένο αποσυμπιεστή	Ισχύς (kW) Με απενεργοποιημένο αποσυμπιεστή
3000	8,60	5,98	2,70	1,88
2500	7,90	4,91	2,07	1,28
2000	7,18	3,16	1,50	0,66
1500	6,06	0,82	0,95	0,13
1000	4,05	0,57	0,42	0,06

## 1. Ροπή - Στροφές

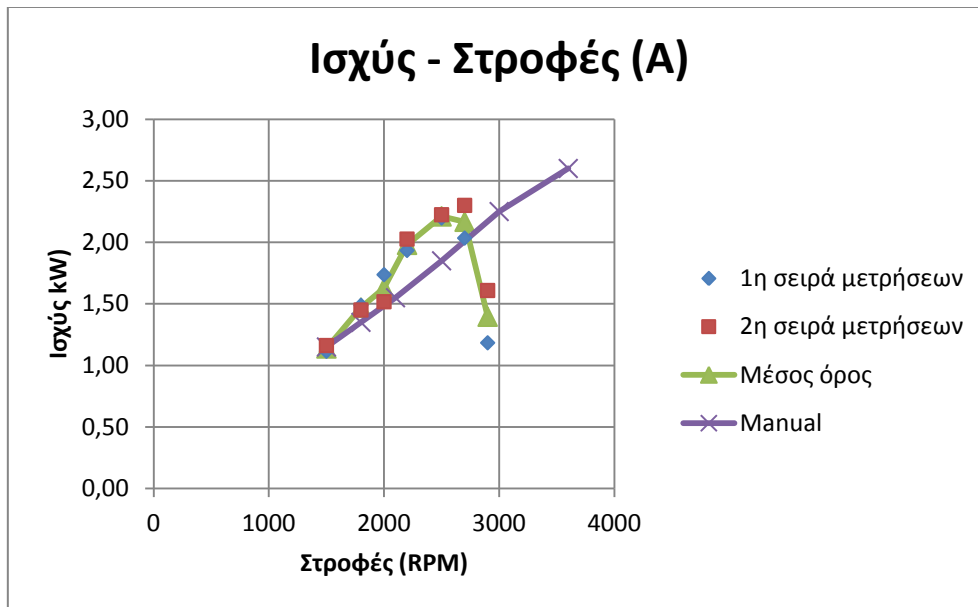


Διάγραμμα 4.1: Γραφική απεικόνιση ροπή με στροφές για ανοιχτό ρυθμιστή στροφών.

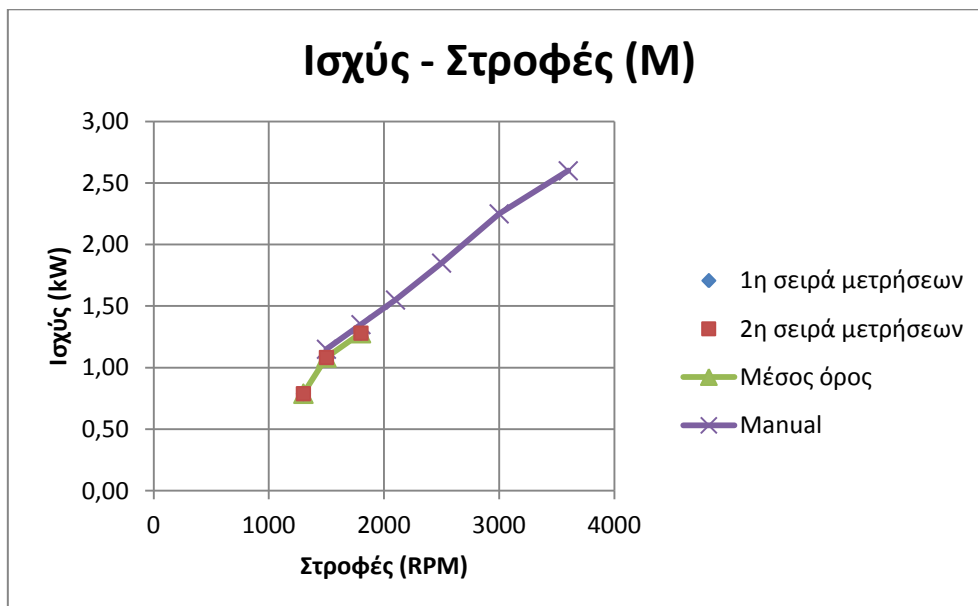


Διάγραμμα 4.2: Γραφική απεικόνιση ροπή με στροφές για μισό ρυθμιστή στροφών.

## 2. Ισχύς - Στροφές

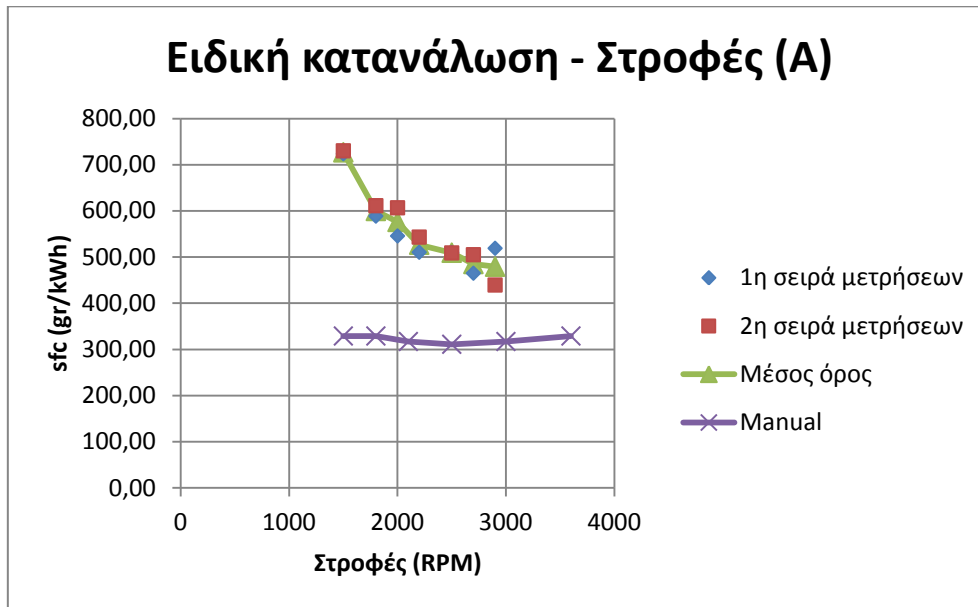


Διάγραμμα 4.3: Γραφική απεικόνιση ισχύς με στροφές για ανοιχτό ρυθμιστή στροφών.

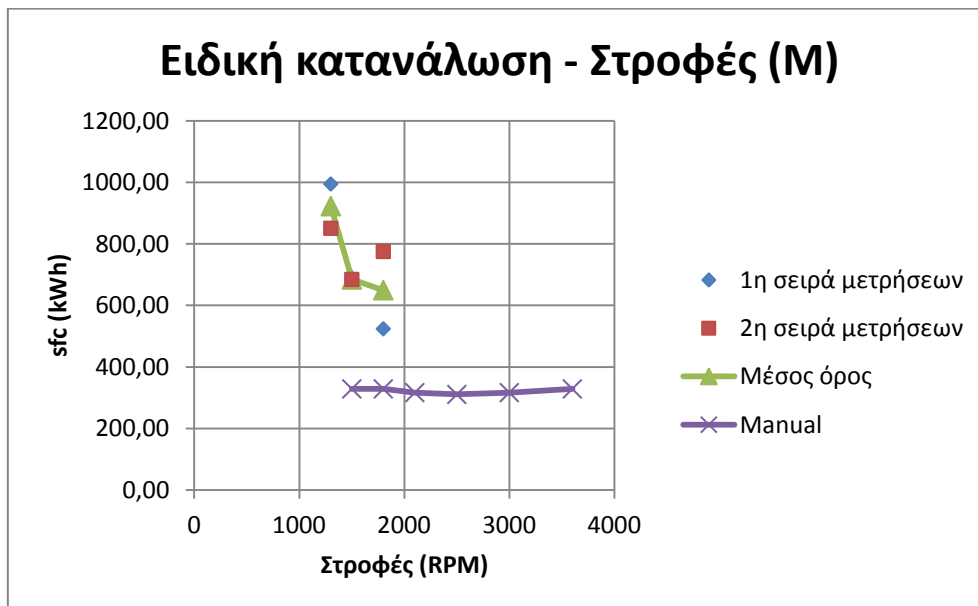


Διάγραμμα 4.4: Γραφική απεικόνιση ισχύς με στροφές για μισό ρυθμιστή στροφών.

### 3. Ειδική κατανάλωση - Στροφές

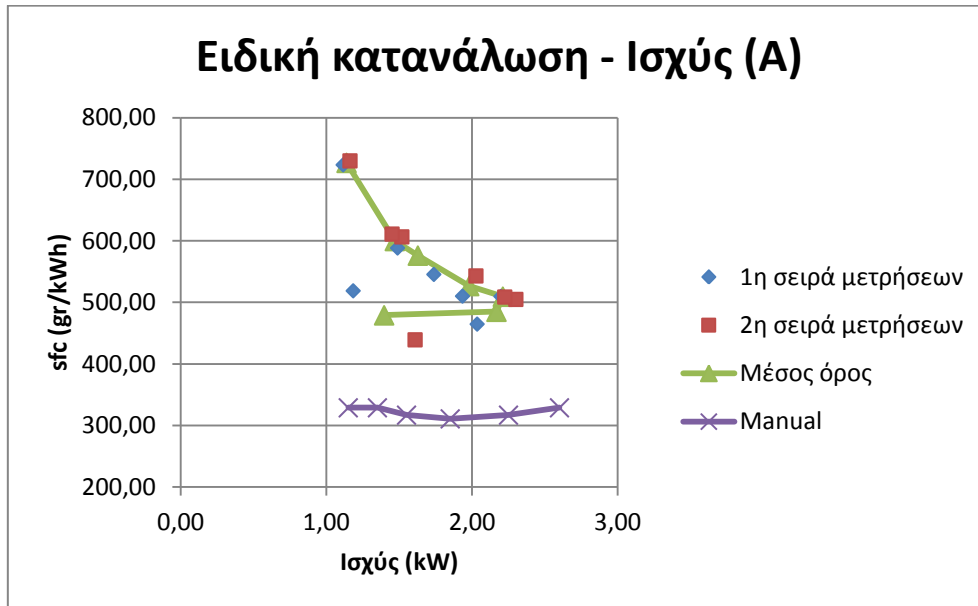


Διάγραμμα 4.5: Γραφική απεικόνιση ειδική κατανάλωση με στροφές για ανοιχτό ρυθμιστή στροφών.

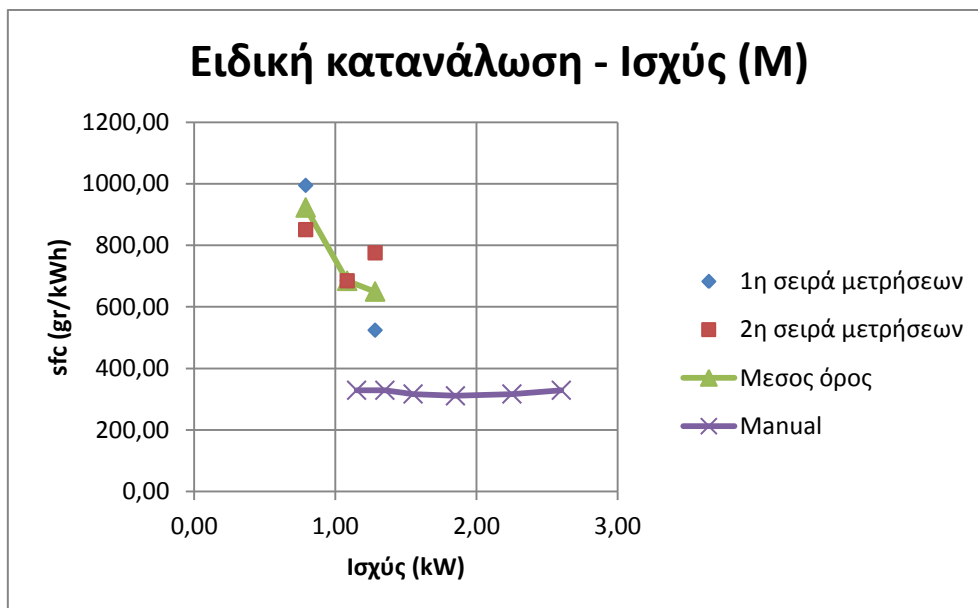


Διάγραμμα 4.6: Γραφική απεικόνιση ειδική κατανάλωση με στροφές για μισό ρυθμιστή στροφών.

#### 4. Ειδική κατανάλωση - Ισχύς

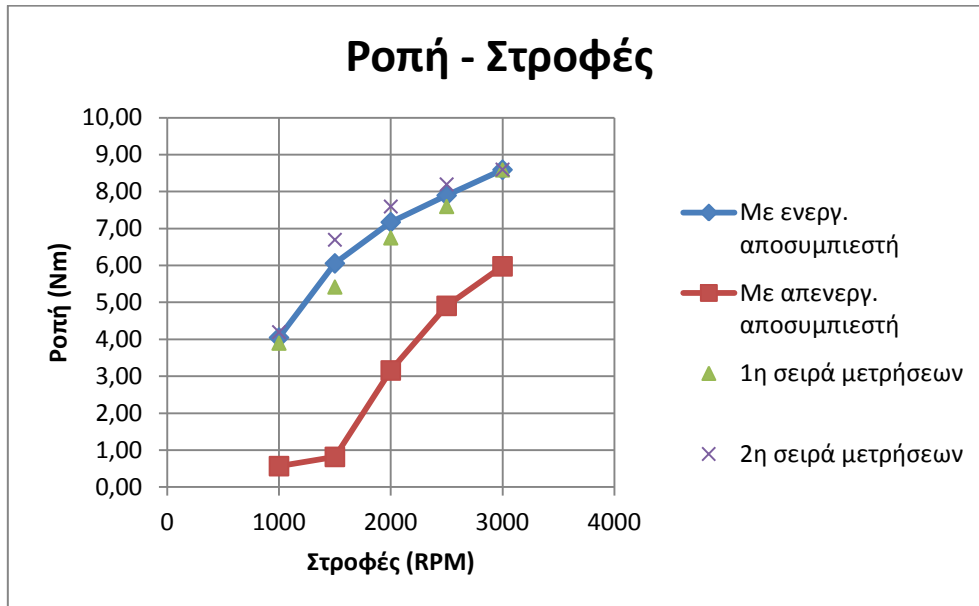


Διάγραμμα 4.7: Γραφική απεικόνιση ειδική κατανάλωση με ισχύς για ανοιχτό ρυθμιστή στροφών.



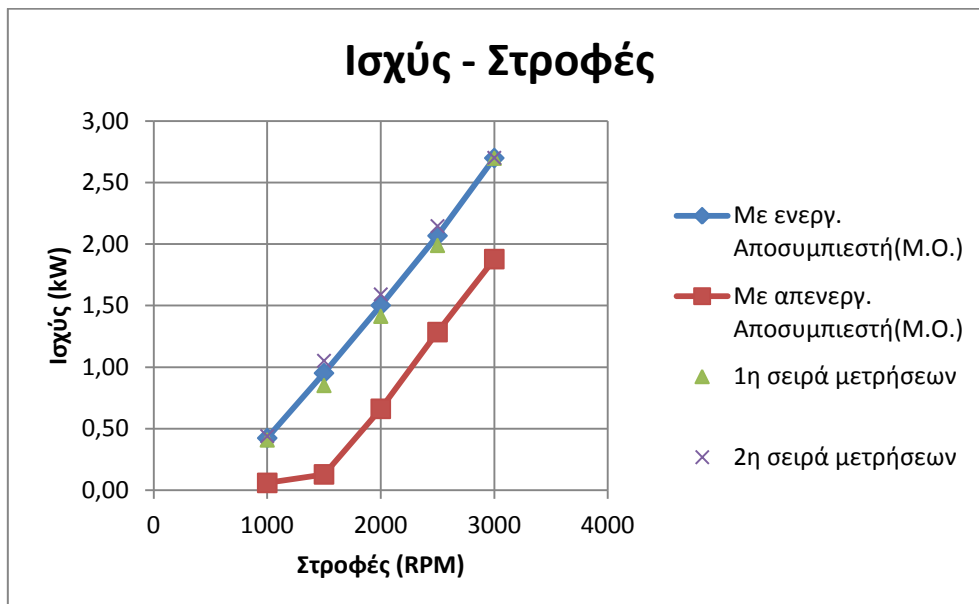
Διάγραμμα 4.8: Γραφική απεικόνιση ειδική κατανάλωση με ισχύς για μισό ρυθμιστή στροφών.

## 5. Ροπή - Στροφές (χωρίς καύση)



Διάγραμμα 4.9: Γραφική απεικόνιση ροπή με στροφές χωρίς καύση.

## 6. Ισχύς - Στροφές (χωρίς καύση)



Διάγραμμα 4.10: Γραφική απεικόνιση ισχύς με στροφές χωρίς καύση.

## 5. Συμπεράσματα, βελτιώσεις & μελλοντικά σχέδια

Σε αυτή την ενότητα παραθέτονται τα συμπεράσματα στα οποία καταλήξαμε κατά τη διάρκεια της εκπόνησης της εργασίας, τη λήψη των μετρήσεων και την επεξεργασία αυτών σε κατηγορίες. Εκτός από τα συμπεράσματα, αναφέρονται και βελτιώσεις για την διάταξη και μελλοντικά σχέδια μελέτης, τα οποία ήταν κοινή συνεργασία των φοιτητών που ολοκλήρωσαν και τις τρεις πτυχιακές και παραθέτονται σε όλες με τον ίδιο τρόπο.

1. Για τον κινητήρα diesel συμπεράναμε ότι:

- Στην πρώτη σειρά μετρήσεων, στις μετρήσεις ροπής που πήραμε χωρίς καύση στις 1500 και στις 1000 στροφές με απενεργοποιημένο αποσυμπιεστή, παρατηρήθηκαν τιμές 0,82 και 0,57 αντίστοιχα, οι οποίες δεν έχουν λογική σειρά με τις υπόλοιπες μετρήσεις. Αυτό συνέβη διότι μέσα στον κύλινδρο πραγματοποιούνταν μερική καύση λόγω του ότι ο διακόπτης της μηχανής δεν ήταν εξ ολοκλήρου στη θέση stop.
- Όταν δεν υπήρχε καύση κατά τη λειτουργία του συστήματος δεν υπήρχαν κραδασμοί ενώ όσο ανέβαιναν οι στροφές τόσο μεγαλύτερες ταλαντώσεις δημιουργούσε.
- Όταν είναι απενεργοποιημένος ο αποσυμπιεστής, λόγω υψηλής θερμοκρασίας και ύπαρξης υπολειμμάτων καυσίμου μέσα στο θάλαμο καύσης έχουμε ως αποτέλεσμα την μείωση της ροπής.
- Όταν είναι απενεργοποιημένος ο αποσυμπιεστής μετράμε και τις τριβές και τη συμπίεση του πιστονιού ενώ όταν είναι ενεργοποιημένος ο αποσυμπιεστής μετράμε μόνο τις τριβές από τα τοιχώματα, τα κουζινέτα και όποιες άλλες μηχανικές τριβές εμπλέκονται στην κίνηση του πιστονιού.
- Στις μεσαίες στροφές παρατηρούσαμε ύπαρξη φλόγας στην εξάτμιση πράγμα το οποίο οδηγεί στο συμπέρασμα ότι η καύση ήταν ατελής. Αντιθέτως, στις υψηλές στροφές δεν παρατηρήθηκε παρόμοιο φαινόμενο το οποίο σημαίνει ότι γινόταν πιο σωστή καύση.
- Με βάση το manual της μηχανής diesel, αναγράφεται πως η μηχανή φτάνει στις 3600 στροφές. Στις μετρήσεις που πήραμε η μηχανή έφτασε στις 2900 στροφές και αυτό μάλλον οφείλεται στο ότι έχει αλλάξει ο χρονισμός ψεκασμού της μηχανής.

- Στην πρώτη αλλά και στη δεύτερη σειρά μετρήσεων με ανοιχτό ρυθμιστή στροφών στις 2900 στροφές η ροπή που μετρήθηκε ήταν 3,9 Nm και 5,3Nm αντίστοιχα. Η ροπή αυτή είναι πολύ μικρή και στις δυο περιπτώσεις και αυτό οφείλεται στο ότι η μηχανή diesel δεν προλάβαινε να κάνει πλήρη καύση.
- Κατά τη διάρκεια και των δυο μετρήσεων παρατηρήθηκε μια μετατόπιση της ροπής και της ισχύς του κινητήρα προς τις χαμηλότερες στροφές σε σχέση με αυτές που όριζε το manual. Αυτό οφείλετε στη πιθανή μετατόπιση του χρονισμού ψεκασμού και έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της ισχύς και ροπής στις υψηλότερες στροφές όπως αναφέραμε πιο πάνω.

## 2. Για τη διάταξη δυναμοπέδης παρατηρήσαμε:

- Σε κάποιες μετρήσεις όπου οι κραδασμοί λόγω περιστροφής του άξονα ήταν πολύ μεγάλοι, είχαμε ενδοιασμούς για την εγκυρότητα του μετρητικού των στροφών οπότε χρησιμοποιήθηκε μετρητικό χειρός ανεξάρτητο από το σύστημα.
- Λόγω σχεδιασμού της κατασκευής, η απουσία ενός σφονδύλου οδήγησε στην ανομοιομορφία περιστροφής και στην ύπαρξη πολλών κραδασμών στον άξονα.
- Το load cell το οποίο ήταν υπεύθυνο για την μέτρηση ροπής, δεν μπορούσε να δείξει με ακρίβεια τη μέτρηση ούτε έδειχνε σταθερή τιμή. Αντ' αυτού, έδειχνε πολλές διαφορετικές μετρήσεις μέσα σε ένα εύρος λόγω του ότι οι κραδασμοί που υπήρχαν του παρείχαν διαφορετικό φορτίο ανά πάσα στιγμή.
- Κατά τη λειτουργία του συστήματος, ειδικά στις υψηλές στροφές, λόγω κραδασμών, υπήρχαν απώλειες καυσίμου από το δοχείο που είχε κατασκευαστεί για την τροφοδοσία της μηχανής diesel και κατά συνέπεια αυξημένη κατανάλωση στις μετρήσεις μας.

## 3. Για τις μετρήσεις:

- Άλλος ένας λόγος που οι καταναλώσεις είναι πολύ μεγαλύτερες από αυτές που έχει καταγράψει ο κατασκευαστής είναι ότι λόγω των κραδασμών πολλές φορές δεν ήταν εύκολο να αναγνωριστεί σωστά η στάθμη στο δοχείο καυσίμου άρα και ο χρόνος δεν ήταν όσο ακριβής περιμέναμε να είναι.



- Λόγω των απωλειών που είχαμε στο καύσιμο, των κραδασμών και όλων των υπόλοιπων που αναφέρθηκαν παραπάνω, μπορούμε να καταλάβουμε εικονικά μέσω των διαγραμμάτων που παρατέθηκαν, ότι αν δεν υπήρχαν αυτές οι απώλειες, οι μετρήσεις θα έτειναν να είναι κοντά σε αυτές του manual δηλαδή αυτές που έχει ορίσει ο κατασκευαστής.
- Στο μέσο όρο για το διάγραμμα ισχύς - στροφών χωρίς καύση δε λάβαμε υπόψη τη δεύτερη σειρά μετρήσεων με απενεργοποιημένο αποσυμπιεστή διότι υπήρχαν μεγάλες αποκλίσεις.
- Στα διαγράμματα Ροπή - Στροφές και Ισχύς - Στροφές με μισό ρυθμιστή στροφών, οι τιμές της πρώτης και της δεύτερης σειράς μετρήσεων ήταν ακριβώς ίδιες. Συνεπώς τα σημεία στα διαγράμματα δεν εμφανίζονται.

Με βάση τα παραπάνω συμπεράσματα έχουμε να προτείνουμε μερικές αλλαγές οι οποίες θα επιτρέψουν στην διάταξη να λειτουργεί απροβλημάτιστα και με καλύτερη ακρίβεια. Όπως αναφέραμε παραπάνω, η τοποθέτηση ενός σφονδύλου θα βοηθούσε στη μείωση της ύπαρξης κραδασμών στη διάταξη. Ακόμα όσο αφορά τον κινητήρα diesel, έχουμε να προτείνουμε τοποθέτηση μεγαλύτερου βαθμονομημένου δοχείου ώστε να μην υπάρχουν απώλειες λόγω ταλαντώσεων. Επιπλέον, προτείνεται ο έλεγχος του χρονισμού ψεκασμού του κινητήρα diesel. Επίσης, οι προτάσεις μας για μια μελλοντική πτυχιακή πάνω στην υπάρχουσα διάταξη είναι, η χρήση διαφορετικών τύπων καυσίμου ώστε να εξετάσουμε τη συμπεριφορά του κινητήρα με αυτά, όπως επίσης και την προσθήκη αισθητήρα εκπομπών ρύπων για την μέτρηση αυτών σε κάθε τύπο καυσίμου. Τέλος, στη συγκεκριμένη διάταξη, άλλο ένα ενδιαφέρον πείραμα θα ήταν η σύνδεση διαφορετικών ειδών κινητήρα ώστε να πραγματοποιηθούν μετρήσεις και να εξεταστούν οι διαφορές τους.

## 6. Παράρτημα

Μέγεθος Model	Ισχύς Output		Φόρτιση 100% load		Φόρτιση 75% load		Φόρτιση 50% load		Χαρακτηριστικά Εκκίνησης				
	kW	HP	Ρεύμα 400V Current (A)	Φόρτιση Speed (r/min)	Απόδοση		Απόδοση		Απόδοση Eff (%)	cosφ Power Factor	Ms/Mr	Is/In	Tmax/Tn
					cosφ	Power Factor	cosφ	Power Factor					
380V 50Hz Synchronous Speed 3000 r/min (2 Poles)													
MS561-2	0.09	0.12	0.30	2700	58.0	0.78	56.2	0.77	54.0	0.74	2.2	5.5	2.2
MS562-2	0.12	0.16	0.38	2700	60.0	0.79	58.5	0.78	56.0	0.75	2.2	5.5	2.2
MS631-2	0.18	0.25	0.53	2720	63.0	0.80	62.0	0.80	60.5	0.76	2.2	5.5	2.2
MS632-2	0.25	0.34	0.69	2720	65.0	0.81	64.0	0.80	62.5	0.77	2.2	5.5	2.2
MS711-2	0.37	0.50	0.99	2740	66.0	0.81	65.0	0.80	63.5	0.78	2.2	6.1	2.2
MS712-2	0.55	0.75	1.40	2740	71.0	0.82	70.0	0.82	68.5	0.79	2.2	6.1	2.3
MS801-2	0.75	1	1.83	2830	73.0	0.83	72.0	0.83	70.5	0.80	2.2	6.1	2.3
MS802-2	1.1	1.5	2.58	2830	76.2	0.84	75.1	0.83	73.0	0.80	2.2	7.0	2.3
MS90S-2	1.5	2	3.43	2840	78.5	0.84	77.0	0.85	70.0	0.81	2.2	7.0	2.3
MS90L-2	2.2	3	4.85	2840	81.0	0.85	80.0	0.85	78.0	0.84	2.2	7.0	2.3
MS100L-2	3.0	4	6.31	2870	82.6	0.87	81.0	0.86	79.3	0.86	2.2	7.5	2.3
MS112M-2	4.0	5.5	8.10	2890	84.2	0.88	83.5	0.87	81.0	0.84	2.2	7.5	2.3
MS132S1-2	5.5	7.5	11.0	2900	85.7	0.88	84.3	0.89	83.0	0.84	2.2	7.5	2.3
MS132S2-2	7.5	10	14.9	2900	87.0	0.88	85.9	0.87	83.7	0.84	2.2	7.5	2.3
MS160M1-2	11	15	21.3	2930	88.4	0.89	86.8	0.89	84.1	0.84	2.2	7.5	2.3
MS160M2-2	15	20	28.8	2930	89.4	0.89	88.0	0.89	86.4	0.85	2.2	7.5	2.3
MS160L-2	18.5	25	34.7	2930	90.0	0.90	89.0	0.88	86.8	0.86	2.2	7.5	2.3

**ΔΙΠΟΛΙΚΑ**

**2-POLES**

## 7. Βιβλιογραφία

---

<sup>i</sup> Ημερομηνία πρόσβασης 16 Οκτώβριος 2017,  
<http://www.hellaselectric.gr/images/products/ilektrokinitires/3f/ms/479.pdf>.

<sup>ii</sup> 'ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ.pdf', ημερομηνία πρόσβασης 10 Νοέμβριος 2018,  
[https://eclass.upatras.gr/modules/document/file.php/MECH1225/KATASKEYH%20KINHHTHRA\\_distr.pdf](https://eclass.upatras.gr/modules/document/file.php/MECH1225/KATASKEYH%20KINHHTHRA_distr.pdf).

<sup>iii</sup> 'ΜΕΚ ΚΕΦΑΛΑΙΟ-01.pdf', ημερομηνία πρόσβασης 10 Νοέμβριος 2018,  
<https://eclass.upatras.gr/modules/document/file.php/MECH1159/%CE%9C%CE%95%CE%9A%20%CE%9A%CE%95%CE%A6%CE%91%CE%9B%CE%91%CE%99%CE%9F-01.pdf>.

<sup>iv</sup><https://eclass.gunet.gr/modules/document/file.php/LABGU291/%CE%9C%CE%95%CE%A4%CE%A1%CE%97%CE%A3%CE%97%20%CE%99%CE%A3%CE%A7%CE%A5%CE%9F%CE%A3%20%CE%A3%CE%95%20%CE%9C%CE%95%CE%9A.pdf>

<sup>v</sup> <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Dynamometer01CJC.svg>

<sup>vi</sup> "Petter A Range Workshop Manual"

<sup>vii</sup> [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Stator\\_and\\_rotor\\_by\\_Zureks.JPG](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Stator_and_rotor_by_Zureks.JPG)

<sup>viii</sup> <https://www.youtube.com/watch?v=YA-6TNhFsE4>