



ΑΛΕΞΑΝΔΡΕΙΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ  
ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ  
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

2018

*Am Pelectric*

## ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ ΔΙΚΥΚΛΟΥ ΟΧΗΜΑΤΟΣ ΣΕ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ  
ΜΑΘΗΤΕΣ : ΕΛΕΥΘΕΡΙΟΣ ΑΜΠΑΤΖΙΔΗΣ , ΛΑΕΡΤΗΣ ΠΕΤΡΑΣ  
ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ : ΚΟΣΜΑΝΗΣ ΘΕΟΔΩΡΟΣ

## Πίνακας περιεχομένων

Περιεχόμενα εικόνων .....	3
Πρόλογος.....	6
Μέρος Ι: Ιστορική αναδρομή .....	7
Α . Ηλεκτροκίνητα αυτοκίνητα .....	7
Β. Ηλεκτροκίνητες μοτοσυκλέτες .....	9
Γ. Οι διαφορές στις ηλεκτροκίνητες μοτοσυκλέτες σήμερα. ....	16
Γ.1. Ηλεκτροκινητήρες .....	16
Γ.2. Συσσωρευτές .....	18
Δ. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα ηλεκτροκίνητων μοτοσυκλετών.....	20
Δ.1. Πλεονεκτήματα .....	20
Δ.2. Μειονεκτήματα.....	21
ΜΕΡΟΣ ΙΙ: ΤΟ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ .....	22
Α. Ηλεκτροκινητήρας DC .....	23
Α.1. Εύρεση των αντιστάσεων κίνησης:.....	24
Α.2. Επιλογή μετάδοσης .....	27
Α.3. Ισχύς.....	28
Α.4. Ηλεκτροκινητήρας .....	29
Α.5. Μπαταρία .....	31
ΜΕΡΟΣ ΙΙΙ: Η ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ.....	33
Α. Μετατροπή:.....	33
Β. Σύστημα μετάδοση κίνησης.....	34
Β.1. Υπολογισμός μετάδοσης .....	34
Β.2. Κατασκευή Γραναζιού: .....	35
Γ. Κατασκευή .....	37
Γ.1. Βάση ηλεκτροκινητήρα .....	37
Γ.2. Σχεδιασμός βραχίονα.....	39
Γ.3. Προσομοίωση αντοχής ψαλιδιού.....	43
Γ.4. Κατασκευή ψαλιδιού: .....	46
Γ.5. Βαφή ψαλιδιού.....	50
Γ.5. Τροχός .....	50
Γ.6. Τοποθέτηση στο πλαίσιο .....	52
Δ. Μικροελεγκτής.....	53

Δ.1. Αισθητήρας τάσης.....	55
Δ.2. Αισθητήρας ταχύτητας.....	57
Δ.3. Αισθητήρας έντασης ρεύματος .....	60
Δ.4. Οθόνη .....	61
Δ.5. Ο προγραμματισμός του μικροελεγκτή.....	61
Ε. Ηλεκτρική εγκατάσταση .....	66
ΜΕΡΟΣ IV: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ .....	67
Κεφάλαιο I:.....	67
Κεφάλαιο II:Τεχνικά χαρακτηριστικά μοτοσυκλέτας.....	69
ΜΕΡΟΣ V: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ .....	71
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	72
Έντυπη βιβλιογραφία .....	72
Ηλεκτρονική βιβλιογραφία.....	72

## Περιεχόμενα εικόνων

Εικόνα 1: General Motors EV1 .....	7
Εικόνα 2: Mitsubishi i MiEV .....	7
Εικόνα 3: Tesla Model X .....	8
Εικόνα 4: BMW i3S .....	8
Εικόνα 5: Δίπλωμα ευρεσιτεχνίας του Hosea W.Libbey .....	9
Εικόνα 6: : Περιοδικό POPULAR MECHANICS .....	9
Εικόνα 7: Τρίκυκλη μοτοσυκλέτα των Ransomes, Sims και Jefferies .....	9
Εικόνα 8: Πρώτη ηλεκτρική μοτοσυκλέτα της Socovel .....	10
Εικόνα 9: Ο Karl Kordesh οδηγάει την υβριδική μοτοσυκλέτα του.....	10
Εικόνα 10: Μοτοσυκλέτα Corbin Electric .....	10
Εικόνα 11: Μοτοσυκλέτα Quick Silver του Corbin στην δοκιμή του ρεκόρ ταχύτητας .....	11
Εικόνα 12: Οι δύο κινητήρες της του Quick Silver από εκκινήτες jet αεροσκάφους.....	11
Εικόνα 13: Αεροσκάφος Douglas A-4B .....	11
Εικόνα 14: Η Quick Silver σταθμευμένη σε έκθεση .....	12
Εικόνα 15: EMB Lectra .....	13
Εικόνα 16: Ο Ed Rannberg "καβαλώντας" την μοτοσυκλέτα του .....	13
Εικόνα 17: Peugeot Scoot' Elec.....	13
Εικόνα 18: αγωνιστική μοτοσυκλέτα για αγώνες drag της Killacycle .....	14
Εικόνα 19: Vectrix VX3.....	14
Εικόνα 20: Vectrix VX2.....	14
Εικόνα 21: BMW C evolution 2014.....	15
Εικόνα 22: BMW C evolution σε τομή δείχνοντας τα ηλεκτρικά του στοιχεία .....	15
Εικόνα 23: Αναπαράσταση ηλεκτροκινητήρα με ψήκτρες.....	16
Εικόνα 25: Αναπαράσταση τριφασικού BLDC κινητήρα με γράφημα έντασης ρεύματος για κάθε φάση .....	17
Εικόνα 24: Διφασικός κινητήρας BLDC .....	17
Εικόνα 26: ανάλυση κινητήρων PMAC, AC .....	18
Εικόνα 27: Λειτουργία μπαταρίας λιθίου ιόντων.....	19
Εικόνα 28: Honda SE50 Elite .....	22
Εικόνα 29: Το σκούτερ με τον θερμικό κινητήρα.....	23
Εικόνα 30: Αναπαράσταση Δυνάμεων.....	24
Εικόνα 31: Οι ψηφιακές γραμμές της ροής του αέρα που περικυκλώνουν την μοτοσυκλέτα.....	24
Εικόνα 32: Διάγραμμα δυνάμεων αντίστασης .....	25
Εικόνα 33: ανάλυση δυνάμεων μοτοσυκλέτας σε έδαφος με κλίση.....	26
Εικόνα 34: Διάγραμμα συνολικής δύναμης αντίστασης σε σχέση με την ταχύτητα και την κλίση του εδάφους.....	27
Εικόνα 35: Διάγραμμα ισχύος.....	28
Εικόνα 36: Διάγραμμα ισχύος - κλίση - ταχύτητα .....	29
Εικόνα 37: Κινητήρας MY 1020 48V 1000Watt .....	29
Εικόνα 38: Καπάκι συγκράτησης ψηκτρών .....	30

Εικόνα 39: Γράφημα επίδοσης σε μέγιστο φορτίο MY1020 1000watt 48V .....	30
Εικόνα 40: Απεικόνιση εσωτερικού μπαταρίας v1a.....	31
Εικόνα 41: τεχνικά χαρακτηριστικά μπαταρίας που χρησιμοποιήθηκε.....	32
Εικόνα 42: Φόρτιση μπαταριών και παρακολούθηση τάσης.....	32
Εικόνα 43: Honda SE50 Elite σε κατάσταση αποσυναρμολόγησης.....	33
Εικόνα 44: Σχέδιο για την κατασκευή δοντιών για αλυσοτροχό από το AutoDesk .....	35
Εικόνα 45: Αλυσοτροχοί 7 και 8 δοντιών αντίστοιχα σε ηλεκτρονική μορφή.....	36
Εικόνα 46: Σχέδιο πρωτότυπης βάσης μαζί με τον ηλεκτροκινητήρα.....	37
Εικόνα 47: Σχέδιο πρωτότυπης βάσης.....	37
Εικόνα 48: Τελικό σχέδιο της βάσης του κινητήρα.....	37
Εικόνα 49: Σχέδιο βάσης μαζί με τον κινητήρα.....	37
Εικόνα 50: Πλάγια εικόνα της βάσης με τον κινητήρα .....	38
Εικόνα 51: Κινητήρας με την βάση του.....	38
Εικόνα 52: Διαστάσεις του δίχρονου κινητήρα .....	39
Εικόνα 53: Πλάγιο σχέδιο ψαλιδιού .....	40
Εικόνα 54: Οι διαστάσεις του τροχού.....	41
Εικόνα 55: Βάση στήριξης.....	42
Εικόνα 56: Βάση στήριξης κινητήρα και ύστερα του ψαλιδιού .....	42
Εικόνα 57: Τελικό σχέδιο του ψαλιδιού .....	43
Εικόνα 58: Συνολική παραμόρφωση του μοντέλου.....	44
Εικόνα 59: Απεικόνιση τάσεων πάνω στο μοντέλο .....	44
Εικόνα 60: Απεικόνιση του συντελεστή ασφάλειας πάνω στο μοντέλο με χρωματική κλίμακα ..	45
Εικόνα 61: Δοκοί από χάλυβα για την κατασκευή του ψαλιδιού .....	46
Εικόνα 62: Επεξεργασμένοι δοκοί, πριν την συγκόλληση .....	46
Εικόνα 63: Εφαρμογή γωνίας δύο δοκών .....	47
Εικόνα 64: Δημιουργία μικρών κολλήσεων για ευθυγράμμιση των μετάλλων.....	47
Εικόνα 65: Πρώτη συγκόλληση και επεξεργασία εμφάνισης.....	48
Εικόνα 66: Πρόωρη τοποθέτηση τροχού, κινητήρα και αλυσίδα πάνω στο ψαλίδι.....	48
Εικόνα 67: Σινεμπλόκ .....	49
Εικόνα 68: Δακτυλίδια έτοιμα προς συγκόλληση για την σφιχτή συναρμογή με τα σινεμπλόκ...	49
Εικόνα 69: Το ψαλίδι μετά από την βαφή.....	50
Εικόνα 70: Τροχός από Honda Charpy .....	50
Εικόνα 71: Τροχός επισκευασμένος και έτοιμος προς τοποθέτηση .....	51
Εικόνα 72: Στεφάνι τροχού με το ελαστικό .....	51
Εικόνα 73: Σύνολο τροχού του ψαλιδιού με τον κινητήρα και τον τροχού.....	51
Εικόνα 74: Τοποθέτηση τροχού, ψαλιδιού και κινητήρα στο σκούτερ .....	52
Εικόνα 75: Το σκούτερ πριν την πρώτη δοκιμή .....	52
Εικόνα 76: Αισθητήρες και οθόνη .....	54
Εικόνα 77: Σχηματική αναπαράσταση διαιρέτη τάσης.....	55
Εικόνα 78: α) μέτρηση αντίστασης R1, β) μέτρηση αντίστασης R2 και γ) μέτρηση αντίστασης συνόλου R1 και R3. ....	56
Εικόνα 79: Σχεδιαστική αναπαράσταση διαιρέτη τάσης .....	57
Εικόνα 80: Αισθητήρας τάσης .....	57

Εικόνα 81: Αισθητήρας ταχύτητας, με αναγνώριση διακοπής του φωτός ανάμεσα από τα στοιχεία του.....	57
Εικόνα 82: Αισθητήρας US1881.....	58
Εικόνα 83: Κατάσταση αισθητήρα hall, χωρίς και με νότιο μαγνητικό πεδίο.....	59
Εικόνα 84: Κατασκευή αισθητήρα.....	59
Εικόνα 85: Ο αισθητήρας hall και οι μόνιμοι μαγνήτες νεοδυμίου.....	60
Εικόνα 86: Αισθητήρας έντασης ACS713 ELC.....	60
Εικόνα 87: Οθόνη 2004 20X4 με σειριακό δίαυλο επικοινωνίας I2C.....	61
Εικόνα 88: Δήλωση βιβλιοθηκών και κάποιον μεταβλητών.....	62
Εικόνα 89: Δήλωση μεταβλητών.....	63
Εικόνα 90: Υποπρόγραμμα για την επεξεργασία ταχύτητας στροφών.....	63
Εικόνα 91: Μέρος του κώδικα για την επεξεργασία μερικών παραμέτρων.....	64
Εικόνα 92: Τμήμα κώδικα για την εκτύπωση μπάρας στροφών.....	65
Εικόνα 93: Ηλεκτρικό σχέδιο ελεγκτή κινητήρα.....	66
Εικόνα 94: ηλεκτρικό σχέδιο εγκατάστασης Arduino αισθητήρων και οθόνης.....	66
Εικόνα 95: Απεικόνιση από την οθόνη την κατανάλωση ρεύματος και την απόσταση που διανύθηκε.....	67
Εικόνα 97: Το σκούτερ μετά την ολοκλήρωση της μετατροπής.....	68
Εικόνα 96: πλάγιες όψεις από την τελική εμφάνιση.....	68

## Πρόλογος

Οι ανάγκες των ανθρώπων εξαρτώνται από τα προβλήματα τις σημερινής κοινωνίας, έτσι οι ανάγκες μετακίνησης μεταβάλλονται σύμφωνα με τα οικονομικά και περιβαλλοντικά ζητήματα της εποχής. Η τάση των τεχνολογιών να ακολουθούν την πρόοδο, μας ώθησε στη μελέτη οχημάτων με εναλλακτική μορφή ενέργειας.

Συγκεκριμένα, η παρούσα πτυχιακή εργασία παρουσιάζει τα χαρακτηριστικά των ηλεκτροκίνητων μοτοσυκλετών στο πρώτο της μέρος ενώ στο δεύτερο την μετατροπή μιας θερμικής μοτοσυκλέτας σε ηλεκτροκίνητη. Στην επιλογή της συγκεκριμένης μορφής ενέργειας κυρίαρχο ρόλο έπαιξαν τα σημαντικά πλεονεκτήματά της αλλά και η πρόκληση που αποτελεί η μετατροπή της μηχανής. Οι μηδενικές εκπομπές ρύπων καθώς και τα ελάχιστα κόστη λειτουργικότητας καθιστούν το ηλεκτροκίνητο όχημα το οικονομικότερο και οικολογικότερο μέσο μετακίνησης.

Σκοπός της πτυχιακής εργασίας είναι να δώσει τα κατάλληλα ερεθίσματα ώστε να γίνει δυνατή και ευκολότερη η βελτίωση των δίτροχων οχημάτων αλλά και να ωθήσει σε αντικατάσταση των θερμικών με ηλεκτροκίνητα οχήματα.

### AmPelectric

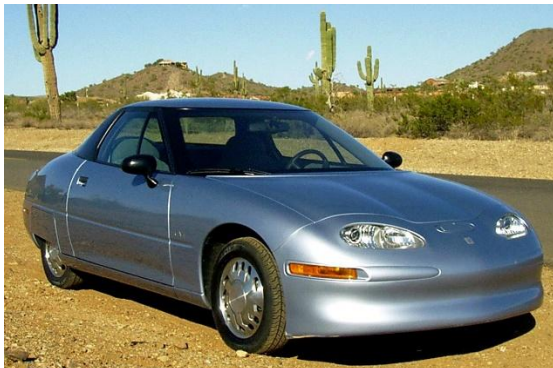
Το όνομα της μοτοσυκλέτας προέρχεται από το Ampere, την μονάδα μέτρησης της εντάσεως ρεύματος και το electric που σημαίνει ηλεκτρικό. Είναι εμπνευσμένο και από τα αρχικά των επιθέτων μας.

## Μέρος I: Ιστορική αναδρομή

### A . Ηλεκτροκίνητα αυτοκίνητα

Ιστορικά, η περιορισμένη διάδοση των ηλεκτροκίνητων αυτοκινήτων έχει αποδοθεί στο μεγάλο μειονέκτημα της περιορισμένης απόστασης ταξιδιού μεταξύ επαναφόρτισης των μπαταριών. Επιπλέον, έχουν υπάρξει βάσιμες ενδείξεις ότι οι μεγάλες πετρελαιϊκές εταιρίες έχουν, κατά καιρούς, υπονομεύσει τις προσπάθειες παραγωγής αμιγώς ηλεκτρικών οχημάτων, λόγω του φόβου ότι η συνεπακόλουθη απεξάρτηση από το πετρέλαιο θα έθιγε τα συμφέροντά τους.

Το πλέον τρανταχτό ιστορικό παράδειγμα είναι το General Motors EV1, που είχε κατασκευαστεί σε 1.117 αντίτυπα η General Motors από τον Δεκέμβριο του 1996 έως το 1999 και τελικά



Εικόνα 1: General Motors EV1

κατέληξε σε μαζική ανάκληση και διάλυση στην πρέσα. Η ίδια η General Motors μάλιστα, έχει κατηγορηθεί ότι σκόπιμα αυτο-υπονόμευε τότε το EV1, λόγω των πιέσεων που είχε δεχτεί από τις μεγάλες πετρελαιϊκές εταιρίες.



Εικόνα 2: Mitsubishi i MiEV





*Εικόνα 3: Tesla Model X*

Τα τελευταία χρόνια πάντως, έχει διατεθεί ένας μικρός αριθμός μοντέλων παραγωγής, όπως το σπορ ηλεκτροκίνητο Tesla Roadster, το Tesla Model S, το Nissan Leaf, BMW i3S και τα τρίδυμα Mitsubishi i MiEV / Peugeot iOn / Citroën C-Zero, και έχει αναγγελθεί η παραγωγή αρκετών μελλοντικών μοντέλων, όπως το Tesla Model X και το Tesla Model III που κυκλοφόρησαν στα τέλη του 2015 και 2017.

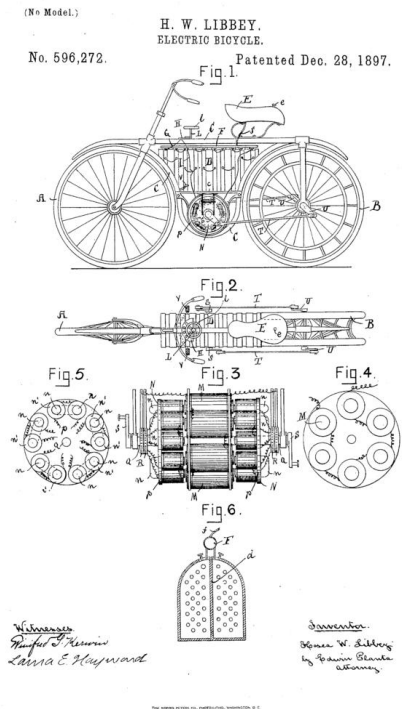


*Εικόνα 4: BMW i3S*

## B. Ηλεκτροκίνητες μοτοσυκλές

Η ιστορία των ηλεκτρικών μοτοσυκλετών είναι κάπως ασαφής. Το 1895 υποβλήθηκαν αιτήσεις για διπλώματα ευρεσιτεχνίας για τα πρώτα ηλεκτρικά ποδήλατα από τον Ogden Bolton Jr και από τον Hosea W. Libbey

Στο Stanley Cycle Show το 1896 στο Λονδίνο, ο κατασκευαστής ποδηλάτων Humber παρουσίασε ένα ηλεκτρικό ποδήλατο με τροφοδοσία από μια μπαταρία και ο κινητήρας τοποθετήθηκε μπροστά από τον πίσω τροχό. Ο έλεγχος της ταχύτητας ήταν από μια αντίσταση τοποθετημένη στα τιμόνια. Αυτό το ηλεκτρικό ποδήλατο προοριζόταν κυρίως για χρήση σε πίστες.



Εικόνα 5: Δίπλωμα ευρεσιτεχνίας του Hosea W. Libbey



Εικόνα 6: : Περιοδικό POPULAR MECHANICS

Το τεύχος Οκτωβρίου 1911 της Popular Mechanics ανέφερε την εισαγωγή μιας ηλεκτρικής μοτοσυκλέτας που έχει αυτονομία από 75 έως 100 μίλια (120-160 χλμ.) με κάθε φόρτιση. Η μοτοσυκλέτα είχε έναν ελεγκτή τριών ταχυτήτων, με ταχύτητες 6,4 km/h, 24 km/h και 56 km/h .

Το 1919, οι Ransomes, Sims & Jefferies έκαναν μια πρωτότυπη ηλεκτρική μοτοσυκλέτα στην οποία οι μπαταρίες τοποθετήθηκαν κάτω από το κάθισμα της πλευρικής θέσης τρίκυκλης μοτοσυκλέτας. Το όχημα αυτό δεν πέρασε ποτέ το στάδιο της δοκιμής.



Εικόνα 7: Τρίκυκλη μοτοσυκλέτα των Ransomes, Sims και Jefferies



Εικόνα 8: Πρώτη ηλεκτρική μοτοσυκλέτα της Socovel

Το 1936 οι Limelette ίδρυσαν μια εταιρεία ηλεκτρικών μοτοσυκλετών, την Socovel, στις Βρυξέλλες. Συνέχισαν την παραγωγή τους κατά τη διάρκεια της γερμανικής κατοχής αλλά μετά τον πόλεμο, άλλαξαν τα μοντέλα σε συμβατικά. Τα ηλεκτρικά μοντέλα παρέμειναν διαθέσιμα μέχρι το 1948.

Το 1967, ο Karl Kordesch, που εργάζεται για την Union Carbide, έκανε μια υβριδική ηλεκτρική μοτοσυκλέτα με κυψέλη καυσίμου νικελίου-καδμίου. Αργότερα αντικαταστάθηκε με μια κυψέλη καυσίμου υδραζίνης, δίνοντάς της καταναλωση 0,9 l/100km και μέγιστη ταχύτητα 40 km/h .



Εικόνα 9: Ο Karl Kordesch οδηγεί την υβριδική μοτοσυκλέτα του.



Εικόνα 10: Μοτοσυκλέτα Corbin Electric

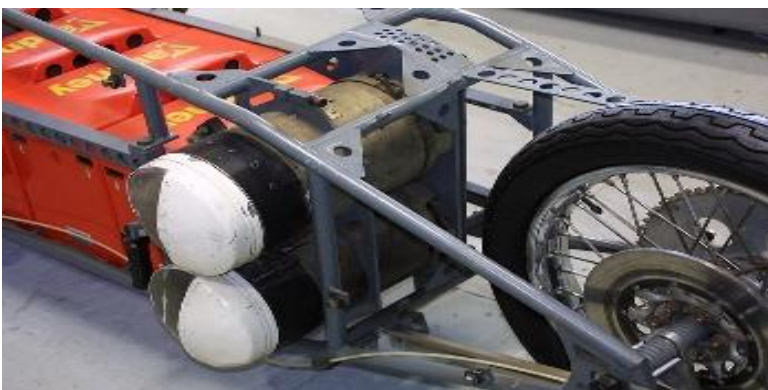
Στις αρχές της δεκαετίας του 1970, ο Mike Corbin κατασκεύασε μια ηλεκτρική μοτοσυκλέτα με το όνομα «Corbin Electric».

Αργότερα το 1974, ο Corbin, οδήγησε μια μοτοσυκλέτα που ονομάζεται Quick Silver, ανέβασε το παγκόσμιο ρεκόρ ταχύτητας ηλεκτρικής μοτοσυκλέτας στα 266.165 km/h.

Η μοτοσυκλέτα χρησιμοποίησε έναν ηλεκτρικό εκκινητή 24 volt από ένα μαχητικό αεροσκάφος Douglas A-4B . Το 1975, ο Corbin δημιούργησε μια πρωτότυπη μοτοσυκλέτα δρόμου που ονομάστηκε City Bike. Αυτή η μοτοσυκλέτα χρησιμοποίησε μια μπαταρία που κατασκευάστηκε από την Yardney Electric.



Εικόνα 11: Μοτοσυκλέτα Quick Silver του Corbin στην δοκιμή του ρεκόρ ταχύτητας



Εικόνα 12: Οι δύο κινητήρες της του Quick Silver από εκκινητήρες jet αεροσκάφους



Εικόνα 13: Αεροσκάφος Douglas A-4B



Εικόνα 14: Η Quick Silver σταθμευμένη σε έκθεση

Στα πιο πρόσφατα χρόνια, το 1988, ο Ed Rannberg δοκίμασε την ηλεκτρική μοτοσυκλέτα του στη Bonneville. Το 1992 μπορούσε να ολοκληρώσει 400 μέτρα σε 11-12 δευτερόλεπτα.

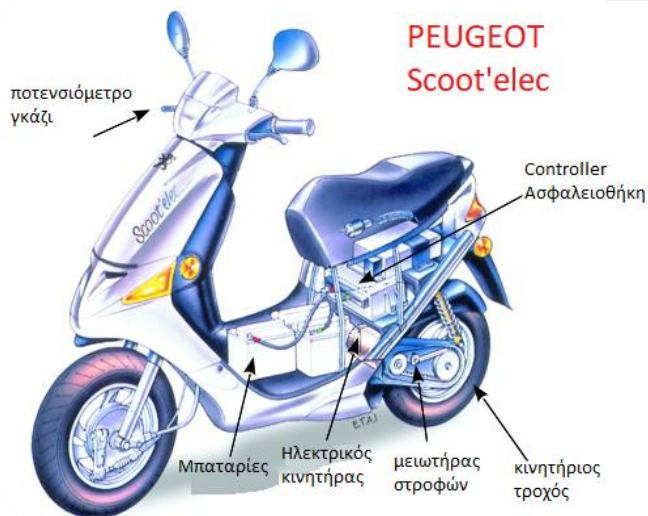


Εικόνα 15: EMB Lectra



Εικόνα 16: Ο Ed Rannberg "καβαλώντας" την μοτοσυκλέτα του

Το 1995, η Electric Motorbike ιδρύθηκε από τους Scott Cronk και Rick Whisman στην Καλιφόρνια. Το 1996, κατασκευάστηκε η EMB Lectra η οποία χρησιμοποίησε κινητήρα με μεταβλητή μαγνητική αντίδραση. Είχε τελική ταχύτητα περίπου 45 mph (72 km / h) και αυτονομία 35 μίλια (56 km).



Εικόνα 17: Peugeot Scoot' Elec

Το 1996 κυκλοφόρησε το πρώτο ηλεκτροκίνητο σκούτερ μαζικής παραγωγής, Peugeot Scoot'Elec. Χρησιμοποίησε μπαταρίες νικελίου-καδμίου έχοντας αυτονομία 40 χλμ.

Στις 26 Αυγούστου 2000, η Killacycle δημιούργησε ένα νέο ρεκόρ στους αγώνες DRAG



Εικόνα 18: αγωνιστική μοτοσυκλέτα για αγώνες drag της Killacycle

κάνοντας 400 μετρα σε 9,45 δευτερόλεπτα με ταχύτητα εξόδου 244.73 km/h στην πίστα του Woodburn χρησιμοποιώντας μπαταρίες μολύβδου οξέος. Αργότερα κατάφερε ένα νέο ρεκόρ κάνοντας 400μ σε 7,824 δευτερόλεπτα με ταχύτητα εξόδου 434.52 km/h , σπάζοντας το φράγμα των 8 δευτερολέπτων το 2007.

Η Vectrix το 2006 εισήγαγε το πρώτο εμπορικά διαθέσιμο ηλεκτρικό σκούτερ υψηλής απόδοσης, το VX-1. Η ομάδα μπαταριών Gold Peak αγόρασε την εταιρεία το 2009. Η Vectrix επεκτείνει τις σειρές προϊόντων, προσφέροντας το VX-2 και το τρίτροχο VX-3.



Εικόνα 19: Vectrix VX3



Εικόνα 20: Vectrix VX2

Η BMW το 2014 έβγαλε στην παραγωγή το scooter evolution C με 26 ίππους συνεχούς ισχύος και 47 ίππους μέγιστης ισχύος με ροπή 7,33 kgm, με αποτέλεσμα να κάνει το 0-100 σε 6,2 δευτερόλεπτα. Με πλήρη φόρτιση το σκούτερ μπορεί να διανύσει 100 χιλιόμετρα. Με μια τυπική πρίζα στα 220volt η μπαταρία του θα φορτιστεί πλήρως σε 4 ώρες.

Σήμερα η BMW motorrad κυκλοφορεί το BMW C evolution 2017 με τη μόνη διαφορά ότι η μπαταρία έχει χωρητικότητα 94Ah αντί 60Ah του προηγούμενου μοντέλου.



Εικόνα 21: BMW C evolution 2014



Εικόνα 22: BMW C evolution σε τομή δείχνοντας τα ηλεκτρικά του στοιχεία



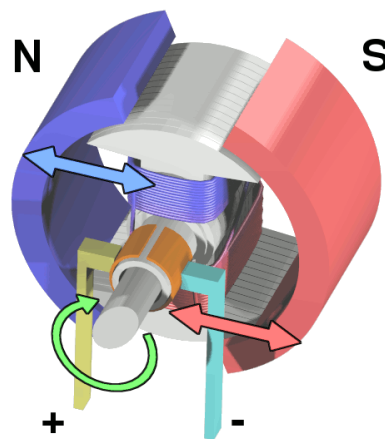
Γ. Οι διαφορές στις ηλεκτροκίνητες μοτοσυκλέτες σήμερα.

Οι κυριότερες διαφορές των παλαιότερων μοτοσυκλετών με τις σημερινές εντοπίζονται στις μπαταρίες και στους κινητήρες.

Οι πρώτοι ηλεκτρικοί κινητήρες ήταν συνεχούς ρεύματος με ψήκτρες (DC: direct current ) και εναλλασσόμενου ρεύματος επαγωγικοί (AC: alternating current). Πλέον με την εξέλιξη των ηλεκτρονικών συστημάτων οι προηγούμενες γενιές εξελίχθηκαν με την άφιξη των κινητήρων BLDC (brushless direct current: ηλεκτροκίνητες συνεχούς ρεύματος χωρίς ψήκτρες) και PMAC (permanent magnet alternating current: ηλεκτροκίνητες εναλλασσόμενου ρεύματος με μόνιμους μαγνήτες). Επίσης οι μπαταρίες που χρησιμοποιούνταν παλαιότερα αποτελούνταν από κελιά μολύβδου οξέως ή νικελίου μετάλλου υδριδίου ενώ σήμερα αποτελούνται από κελιά λιθίου ιόντων ή λιθίου σιδήρου φωσφόρου.

### Γ.1. Ηλεκτροκίνητες Ηλεκτροκίνητες DC με ψήκτρες

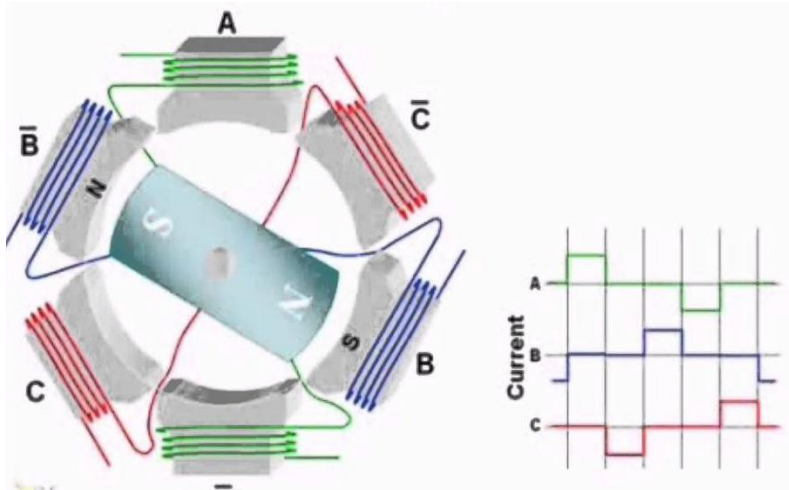
Σχεδόν όλοι οι ηλεκτροκίνητες συνεχούς ρεύματος αλλάζουν την ροή του ρεύματος στον ρότορα του κινητήρα ηλεκτρομηχανικά. Αποτελούν τον πιο απλό λειτουργικό τύπο και τον πρώτο που χρησιμοποιείται ευρέως, αφού μπορούν να τροφοδοτηθούν εύκολα από υπάρχοντα συστήματα συνεχούς ηλεκτρικού ρεύματος. Η διαχείριση του ηλεκτροκίνητηρα μπορεί να ελεγχθεί με μεταβλητή τάση τροφοδοσίας. Σε κινητήρες με πηνία στον στάτορα ο έλεγχος μπορεί να γίνει και αλλάζοντας την ισχύ του ρεύματος στις περιελίξεις του.



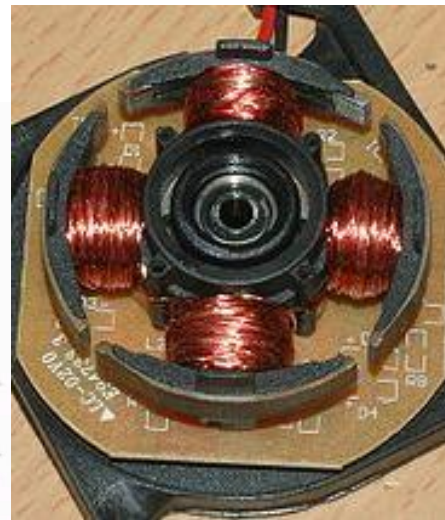
Εικόνα 23: Αναπαράσταση ηλεκτροκίνητηρα με ψήκτρες

## Ηλεκτροκινητήρες συνεχούς ρεύματος χωρίς ψήκτρες (BLDC)

Με την ανάπτυξη των ηλεκτρονικών συστημάτων οι κινητήρες DC εξελίχθησαν σε BLDC (χωρίς ψήκτρες) . Οι ηλεκτροκινητήρες χωρίς ψήκτρες συνεχούς ρεύματος, διαθέτουν συνήθως τρεις φάσεις ή ακόμα και δύο σε ορισμένες περιπτώσεις. Σε αυτούς τους κινητήρες το ηλεκτρικό ρεύμα εναλλάσσεται στα πηνία που βρίσκονται στον στάτορα ανάλογα με την θέση που βρίσκεται ο ρότορας με τους μόνιμους μαγνήτες, αυτό πραγματοποιείται με ηλεκτρονικό ελεγκτή κλειστού βρόχου που ελέγχει την γωνία θέσης του ρότορα και παρέχει τον ανάλογο παλμό στις περιελίξεις του στάτορα.



Εικόνα 25: Αναπαράσταση τριφασικού BLDC κινητήρα με γράφημα έντασης ρεύματος για κάθε φάση



Εικόνα 24: Διφασικός κινητήρας BLDC

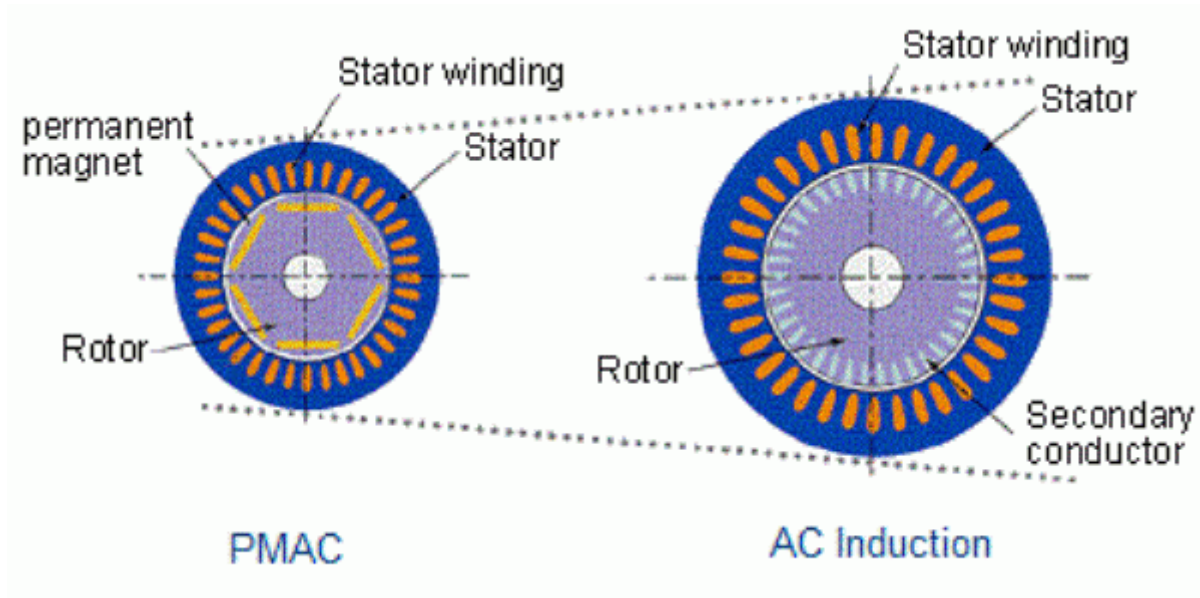
## Ηλεκτροκινητήρες AC

Οι ηλεκτροκινητήρες εναλλασσόμενου ρεύματος χωρίζονται σε δύο κατηγορίες, τους ηλεκτροκινητήρες επαγωγής (ασύγχρονους) και τους σύγχρονους κινητήρες. Στον επαγωγικό κινητήρα οι περιελίξεις του στάτορα, καθώς περνάει το εναλλασσόμενο ρεύμα, δημιουργούν περιστρεφόμενο μαγνητικό πεδίο που παρασέρνει τον ρότορα δημιουργώντας σε αυτόν, με επαγωγή, ένα δεύτερο περιστρεφόμενο μαγνητικό πεδίο. Ο επαγωγικός κινητήρας βασίζεται στην διαφορά ταχύτητας του περιστρεφόμενου μαγνητικού πεδίου του στάτορα και της ταχύτητας του ρότορα . Αν αυτές οι δύο ταχύτητες είναι ίδιες τότε ο ηλεκτροκινητήρας δεν

παράγει ροπή. Ο σύγχρονος κινητήρας εναλλασσομένου ρεύματος δεν διαφέρει από έναν κινητήρα DC με ψήκτρες, που στον στάτορα περιέχει περιέλιξη πηνίων αντί μόνιμους μαγνήτες.

## Ηλεκτροκινητήρες PMAC

Οι κινητήρες permanent magnet AC (κινητήρας εναλλασσόμενου ρεύματος με μόνιμους μαγνήτες) είναι παρόμοιοι με τους ασύγχρονους επαγωγικούς κινητήρες AC. Η διαφορά τους εντοπίζεται στον ρότορα, όπου υπάρχουν μόνιμοι μαγνήτες. Ωστόσο οι κινητήρες PMAC είναι σύγχρονοι κινητήρες που σημαίνει πως το μαγνητικό πεδίο και ο ρότορας περιστρέφονται με στις ίδιες στροφές ελεύθερου φορτίου.



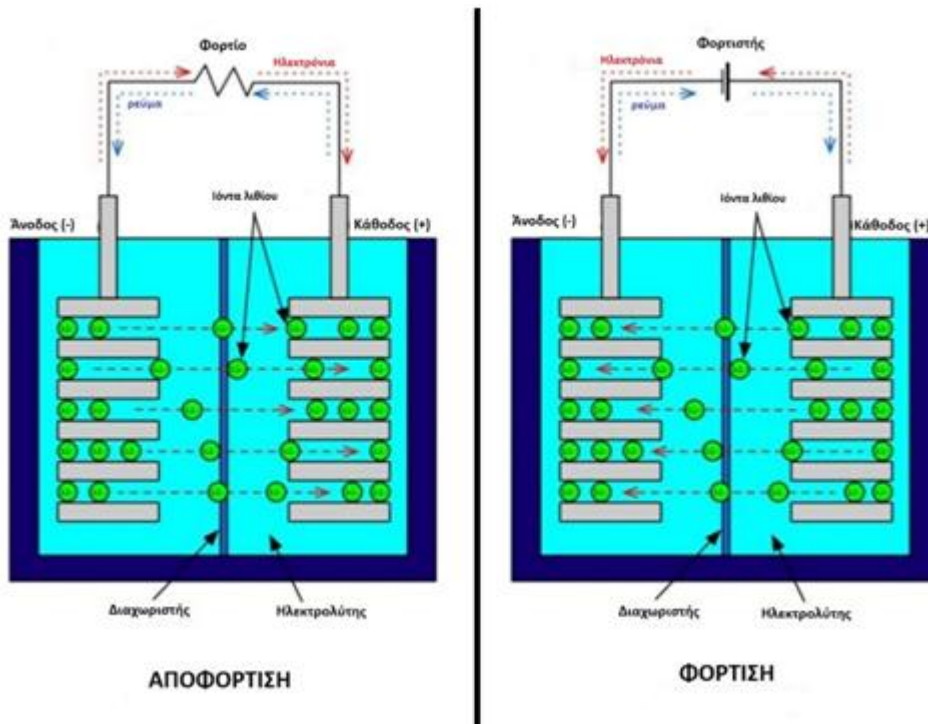
Εικόνα 26: ανάλυση κινητήρων PMAC, AC

## Γ.2. Συσσωρευτές

Η μπαταρία σε ένα ηλεκτροκίνητο όχημα είναι από τα κυριότερα εξαρτήματα του, διότι είναι το πιο ακριβό εξάρτημα σε ένα ηλεκτρικό όχημα και συγκεκριμένα πρόσφατες μελέτες δείχνουν ότι αφορούν περίπου το 40% του συνολικού κόστους, η αυτονομία του εξαρτάται ξεκάθαρα από αυτές, η ταχύτητα φόρτισης είναι διαφορετική σε κάθε τύπο μπαταριών καθώς δεν εξαρτάται μόνο από τον φορτιστή τους, και τελευταίο αλλά εξίσου σημαντικό είναι το συνολικό βάρος που θα έχουν καθώς επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό την απόδοση του αυτοκίνητου.

Ο πιο διαδεδομένος τύπος μπαταριών που χρησιμοποιείται από τις αυτοκινητοβιομηχανίες είναι λιθίου – ιόντων (lithium-ion battery) , διότι έχουν υψηλή ενεργειακή πυκνότητα και χαμηλή αυτοεκφόρτιση.

Ο τρόπος λειτουργίας των συγκεκριμένων κελιών είναι σχετικά απλός καθώς ιόντα λιθίου κινούνται από το αρνητικό ηλεκτρόδιο προς το θετικό κατά την διάρκεια της εκφόρτωσης και αντίστροφα κατά τη φόρτιση. Η διαδικασία αυτή είναι κοινή για τις περισσότερες μπαταρίες.



Εικόνα 27: Λειτουργία μπαταρίας λιθίου ιόντων

## Δ. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα ηλεκτροκίνητων μοτοσικλετών

Οι ηλεκτρικές μοτοσυκλέτες χρησιμοποιούν ηλεκτρικούς κινητήρες αντί των μηχανών εσωτερικής καύσης (ΜΕΚ). Σε σχέση με τις θερμικές μοτοσυκλέτες οι ηλεκτροκίνητες παρουσιάζουν πολλά εμφανή σημεία υπεροχής αλλά και αρκετούς περιορισμούς.

### Δ.1. Πλεονεκτήματα

#### Περιβάλλον και Ενέργεια

Τα ηλεκτροκίνητα οχήματα δεν παράγουν κανένα είδος ρύπων αφού δεν έχουν σύστημα εξαγωγής καυσαερίων και διάταξη εξάτμισης, ούτε σιγαστήρα (σιλανσιέ) προ της εξάτμισης, ούτε καταλύτη ή φίλτρο καπνού. Ιδανικά στην περίπτωση όπου η πηγή της ηλεκτρικής ενέργειας είναι ανανεώσιμη π.χ. ανεμογεννήτριες και φωτοβολταϊκά, οι ρύποι είναι μηδενικοί. Συμμετέχοντας έτσι στη μείωση των αερίων του θερμοκηπίου που προκαλούν την υπερθέρμανση του πλανήτη καθώς και στη μείωση τους. Επιπροσθέτως οι ηχητικοί ρύποι είναι ασήμαντοι. Οι ηλεκτροκίνητες μοτοσυκλέτες δεν καταναλώνουν ενέργεια κατά την στάση και επιπλέον συλλέγουν ενέργεια κατά την πέδηση βελτιώνοντας έτσι τον δείκτη κατανάλωσης.

#### Κόστος, Χρόνος

Τα κόστη λειτουργίας, συντήρησης και επισκευής είναι ασήμαντα σε βάθος χρόνου σε σχέση με ένα βενζινοκίνητο όχημα καθώς δεν επηρεάζονται από την συνεχή αύξηση της τιμής της βενζίνης. Η διάρκεια ζωής ενός ηλεκτροκίνητου κινητήρα και τα χρονικά διαστήματα συντήρησης είναι πολύ μεγαλύτερα. Δεν απαιτούν τις τακτικές αλλαγές λαδιών ενώ δεν χρειάζεται αντικατάσταση ή έστω συντήρηση σε μηχανικά μέρη όπως το σύστημα ανάφλεξης, πιστόνια, βαλβίδες, εκκεντροφόρους διότι δεν υπάρχουν.

## Απόδοση, Ροπή, Μετάδοση

Τα ηλεκτροκίνητα έχουν πολύ μεγάλο βαθμό απόδοσης, πολύ μεγάλη ροπή κατά την εκκίνηση και δεν χρειάζονται συμπλέκτη. Λειτουργούν σε μεγάλο εύρος στροφών και έχουν σε όλο το εύρος σταθερή ροπή. Δεν χρειάζονται κιβώτια ταχυτήτων για την μετάδοση. Έχουν ευχέρεια να λειτουργούν σε πιο υψηλές ταχύτητες από τους βενζινοκινητήρες ακόμα και ως τις 14.000 στροφές / λεπτό.

## Δ.2. Μειονεκτήματα

### Κόστη

Οι ηλεκτροκίνητες μοτοσυκλέτες έχουν υψηλές δαπάνες κατασκευής το οποίο συνεπάγεται και υψηλή τιμή πώλησης.

### Αυτονομία, Μπαταρία

Έχουν μικρή αυτονομία με αποτέλεσμα να είναι περιορισμένη η απόσταση ταξιδιού μεταξύ κάθε επαναφόρτισης μπαταρίας. Τα σύγχρονα μοντέλα επιτυγχάνουν αυτονομίες που ξεκινούν από 100 έως 160 χιλιόμετρα. Επίσης ο χρόνος για την πλήρη επαναφόρτιση των μπαταριών είναι μεγάλος. Ωστόσο, αρκετά σύγχρονα μοντέλα μπορούν να φορτιστούν κατά 80% σε χρόνο λιγότερο της 1 ώρας. Τέλος οι μπαταρίες έχουν περιορισμένη διάρκεια ζωής.

## ΜΕΡΟΣ ΙΙ: ΤΟ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ



*Εικόνα 28: Honda SE50 Elite*

Το μοτοποδήλατο που χρησιμοποιήθηκε είναι το Honda SE50 Elite παλιάς τεχνολογίας το οποίο βρισκόταν εκτός λειτουργίας και ανήκε στην ιδιοκτησία του ΑΤΕΙΘ. Το μικρό του μέγεθος και βάρος , ιδανικό για την μετατροπή, το καθιστούσε ευέλικτο στην οδηγική του συμπεριφορά και οικονομικό.

Τεχνικά χαρακτηριστικά μοτοποδηλάτου με θερμικό κινητήρα

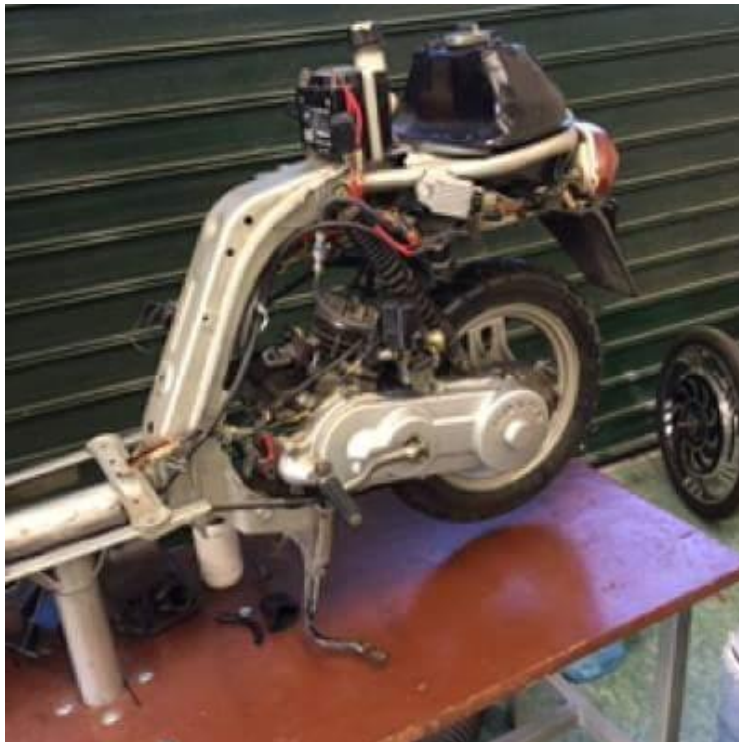
- Κατασκευαστής: Honda
- Μοντέλο: SE50 elite
- Παραγωγή: 1986-1991
- Κινητήρας: 49cc δίχρονος αερόψυκτος
- Μετάδοση: Honda Vmatic συνεχούς μεταβαλλόμενης μετάδοσης με αυτόματο συμπλέκτη
- Μήκος: 1610mm
- Πλάτος: 585mm
- Ύψος: 1030mm
- Μεταξόνιο: 1180mm
- Μάζα: 57 kg (κενό)
- Χωρητικότητα καυσίμου: 2,9 L

### A. Ηλεκτροκινητήρας DC

Έπειτα από ενδελεχή έρευνα για τις προδιαγραφές δεν ήταν δυνατό να βρεθεί η ισχύς από τον δίχρονο κινητήρα του συγκεκριμένου μοντέλου ίδιας χρονολογίας. Οπότε τέθηκαν δύο στόχοι:

- τελική ταχύτητα 50 km/h
- ανάβαση ανηφόρας με κλίση 10% με τουλάχιστον 15 km/h

Για την επίτευξη των συγκεκριμένων στόχων πρέπει να υπολογιστούν οι μέγιστες αντιστάσεις που δημιουργούνται στην μοτοσυκλέτα ώστε ο ηλεκτροκινητήρας που θα επιλεγεί να έχει την κατάλληλη ισχύ. Οι αντιστάσεις που συναντώνται είναι η αεροδυναμική αντίσταση και η αντίσταση κύλισης. Σε ορισμένες περιπτώσεις όπως σε δρόμο με κλίση ανηφορική υφίσταται και δύναμη αντίστασης του βάρους.



Εικόνα 29: Το σκούτερ με τον θερμικό κινητήρα



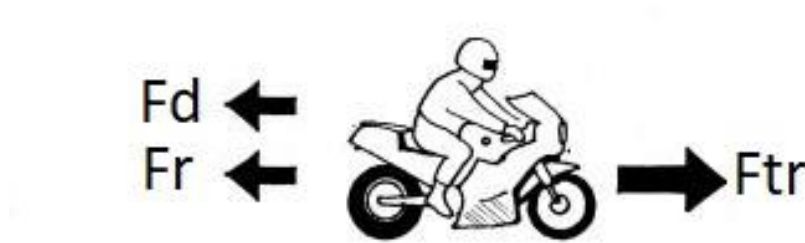
### A.1. Εύρεση των αντιστάσεων κίνησης:

Οι αντιστάσεις που επιδρούν πάνω σε μια μοτοσυκλέτα μπορεί να είναι οι εξής: αεροδυναμική αντίσταση, αντίσταση κύλισης και αντίσταση της μάζας λόγω κλίσης.

Οι αντιστάσεις κίνησης για επίπεδο έδαφος

( $F_d$ : δύναμη αεροδυναμικής αντίστασης,  $F_r$ : δύναμη αντίστασης κύλισης,  $F_{tr}$ : η δύναμη που ασκεί ο τροχός)

$$\Sigma f=0 \Rightarrow F_d+F_r-F_{tr}=0 \Rightarrow F_{tr}=F_d+F_r \quad (1).$$



Εικόνα 30: Αναπαράσταση Δυνάμεων

Αεροδυναμική αντίσταση:

Ο συντελεστής οπισθέλκουσας σύμφωνα με μια εργασία για σκούτερ από το Purdue University<sup>1</sup> για μικρά scooter είναι  $c_d=0,6$  και η μετωπική επιφάνεια  $A= 7ft^2 = 0,65m^2$ . Η αεροδυναμική αντίσταση καθορίζεται από τον τύπο:

$$(2) f_d = A \times \rho \times c_d \times \frac{u^2}{2}$$



Εικόνα 31: Οι ψηφιακές γραμμές της ροής του αέρα που περικυκλώνουν την μοτοσυκλέτα.

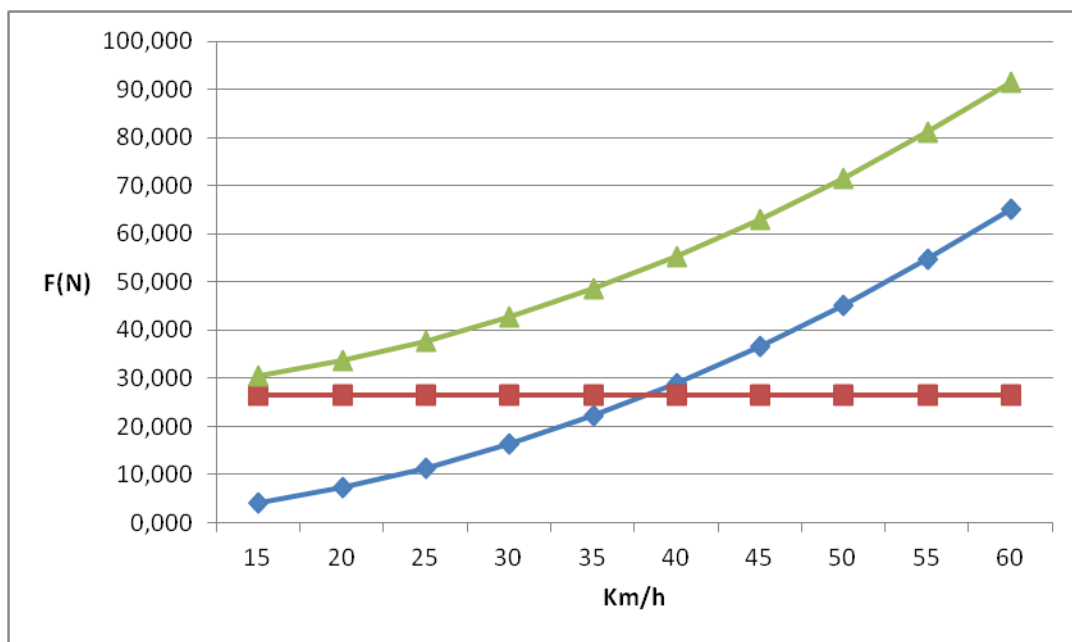
<sup>1</sup> Η ιστοσελίδα της εργασίας υπάρχει στην ηλεκτρονική βιβλιογραφία με το νούμερο 4

Αντίσταση κύλισης:

Ο συντελεστής αντίστασης κύλισης<sup>2</sup> για μοτοσυκλέτες είναι  $\mu r=0,013$ , η μάζα της μοτοσυκλέτας είναι 49 κιλά με την αλλαγή διότι δεν είναι γνωστό εξ αρχής το πρόσθετο βάρος καθώς και αυτό που θα αφαιρεθεί από τον βενζινοκινητήρα. Υποθέτουμε λοιπόν ότι η μάζα της μοτοσυκλέτας είναι 50 kg και επιπλέον 85kg για έναν μέσο ενήλικα, σύνολο 135kg.

$$(3) Fr = \mu r \times M \times g = 0,02 \times 135 \times 9,81 = 26,49N$$

Οι αντιστάσεις που ασκούνται στο μοτοποδήλατο καθώς και η συνολική δύναμη αυτών, που ισούται με την δύναμη που ασκεί ο τροχός σε σταθερή κίνηση, φαίνεται στο παρακάτω διάγραμμα από τις εξισώσεις (1), (2) και (3)



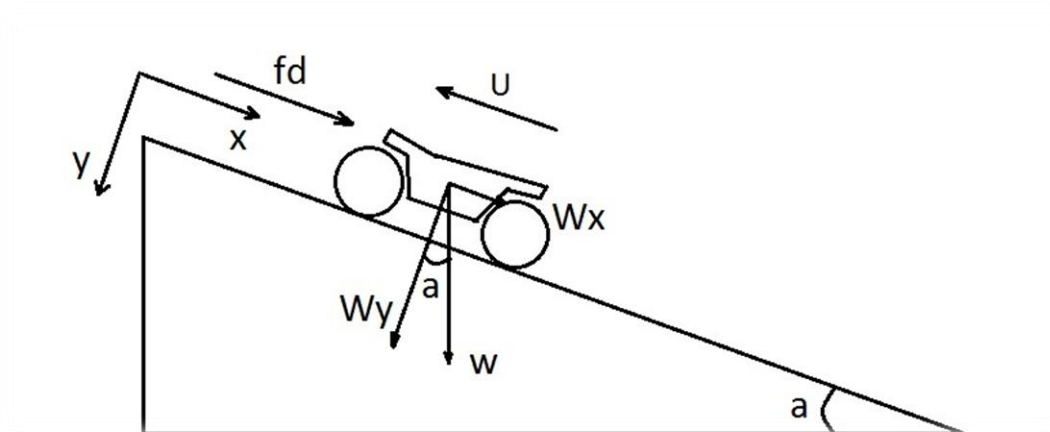
Εικόνα 32: Διάγραμμα δυνάμεων αντίστασης

<sup>2</sup> Από την ιστοσελίδα του wikipedia - motorcycle tyre στην ηλεκτρονική βιβλιογραφία με αριθμό 16

Περίπτωση ανηφορικής κίνησης

Στην ανηφόρα οι δυνάμεις που συναντώνται είναι οι αντιστάσεις, δηλαδή η συνιστώσα του βάρους  $W_x$ , η αεροδυναμική αντίσταση  $F_d$  και η αντίσταση κύλισης  $F_r$ .

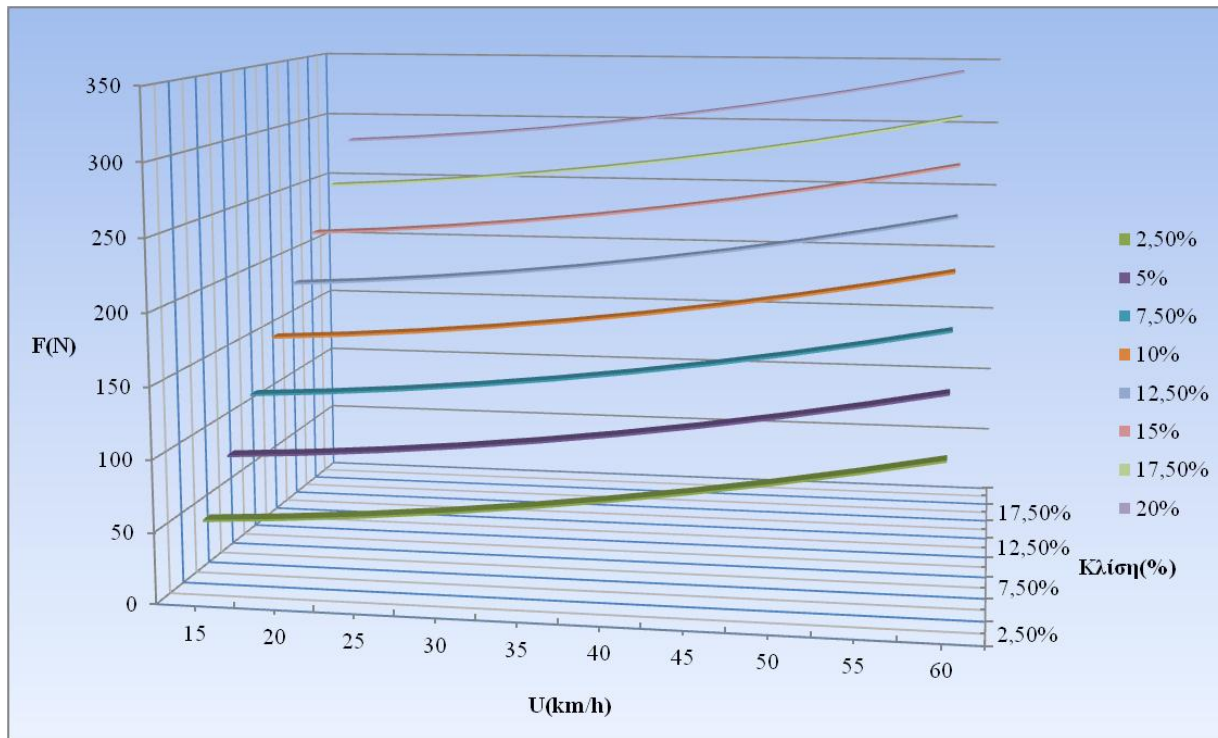
$$\Sigma f=0 \Leftrightarrow W_x+F_d+F_r-F_{tr}=0 \Leftrightarrow F_{tr}= W_x+F_d+F_r \quad (5)$$



Εικόνα 33: ανάλυση δυνάμεων μοτοσυκλέτας σε έδαφος με κλίση

Η δύναμη αντίστασης κύλισης είναι ίδια οπότε (3)  $\Rightarrow F_r = 26,49N$

οπότε η δύναμη έλξης ισούται με (5)  $\Rightarrow F_{tr}= W_x+F_d+F_r$ . Η δύναμη έλξης αλλάζει ανάλογα την κλίση που παριστάνεται στο παρακάτω διάγραμμα δύναμης – ταχύτητας – κλίσης.



Εικόνα 34: Διάγραμμα συνολικής δύναμης αντίστασης σε σχέση με την ταχύτητα και την κλίση του εδάφους

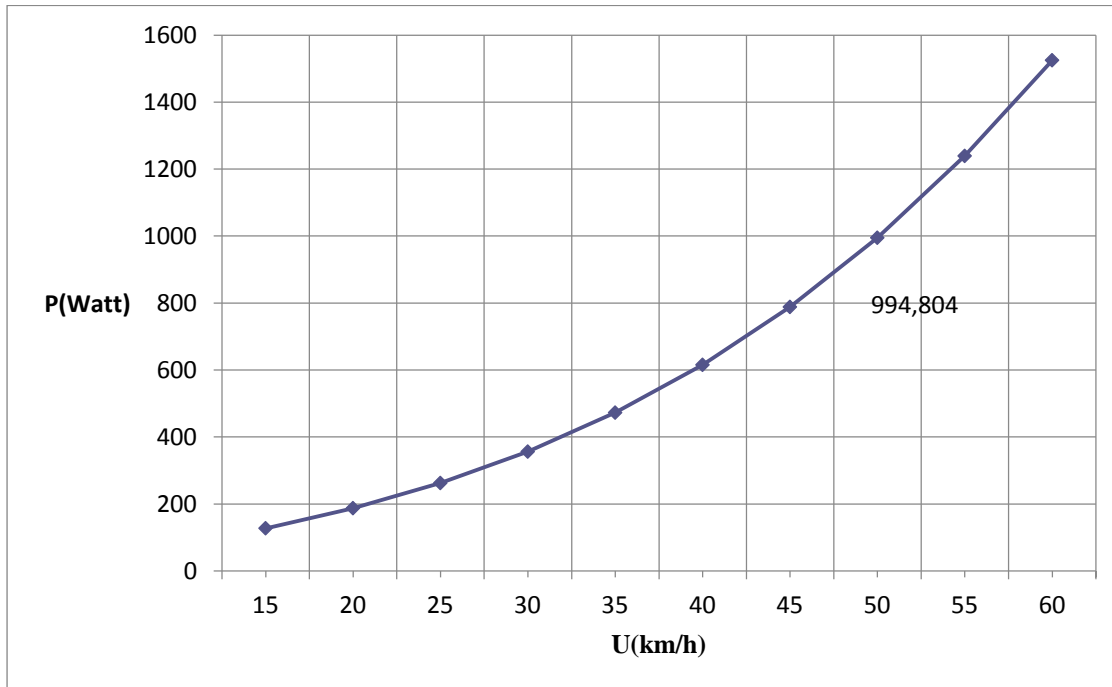
## A.2. Επιλογή μετάδοσης

Στην μετατροπή που διεξάγει οι επιλογές που υπήρχαν ήταν δύο, η ιμαντοκίνηση και η αλυσοκίνηση. Η επιλογή που επικράτησε είναι η αλυσοκίνηση, ο λόγος που τοποθετήθηκε αυτού του είδους η μετάδοση είναι διότι πραγματοποιεί πολύ μεγάλο βαθμό απόδοσης κάτι που χρειάζεται, δεδομένου ότι η ισχύς του ηλεκτροκινητήρα είναι αρκετά μικρή και επιπλέον το κόστος είναι μικρό, σε σχέση με την τοποθέτηση της ιμαντοκίνησης. Ύστερα ανατρέξαμε στην βιβλιογραφία και ανακτήσαμε τον βαθμό απόδοσης<sup>3</sup>  $\eta = 98\%$ .

<sup>3</sup> Από τα στοιχεία μηχανών 2 βιβλιογραφία με αριθμό 2

### A.3. Ισχύς

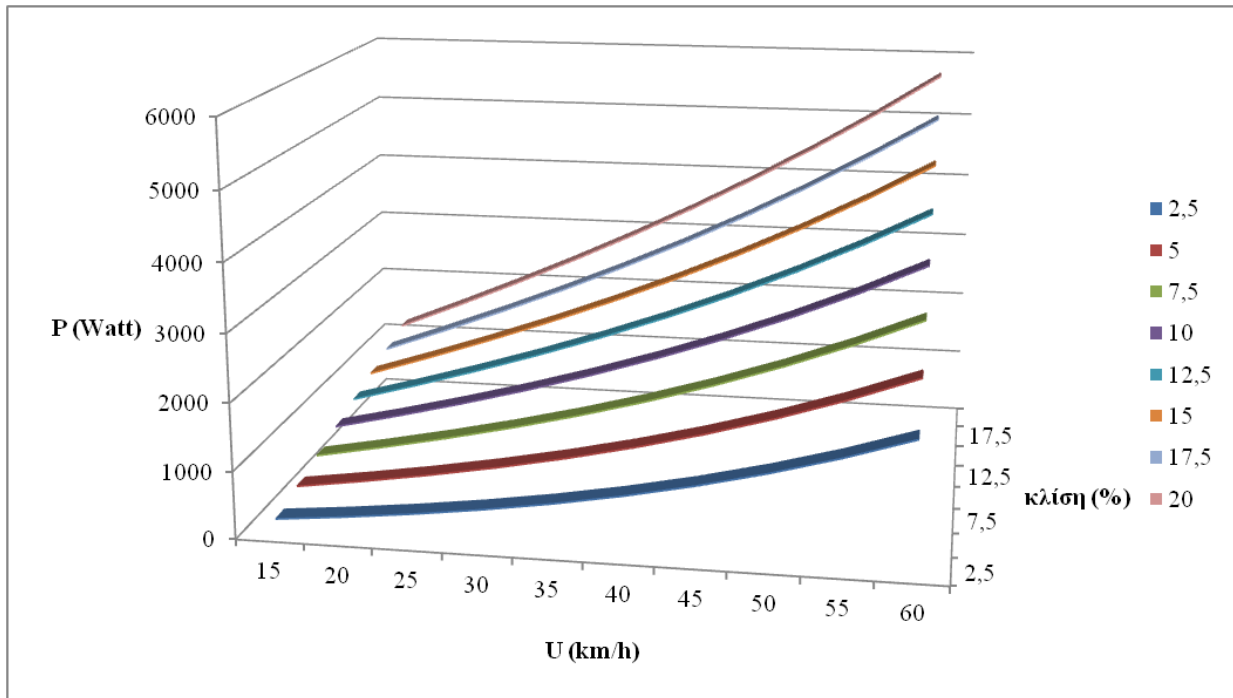
Η ισχύς στον τροχό, για σταθερή κίνηση σε οριζόντιο έδαφος, είναι ίδια με την ισχύ των αντιστάσεων κίνησης. Από την ολική δύναμη αντίστασης η ισχύς του τροχού υπολογίζεται με την σχέση (4)  $P_{tr} = F_{tr} \cdot U$  [ $N \cdot (m/s)$ ], όπου  $P_{tr}$ : ισχύς του τροχού (Watt),  $F_{tr}$ : δύναμη τροχού (N) και  $U$ : ταχύτητα σκούτερ (m/s), προκύπτει ο παρακάτω πίνακας ισχύς τροχού – ταχύτητα.



Εικόνα 35: Διάγραμμα ισχύος τροχού

Από το προηγούμενο διάγραμμα, βρίσκεται η ισχύς που χρειάζεται ο τροχός για τα 50km/h, να είναι στα 995Watt. Συνεπώς η ισχύς που απαιτείται από τον ηλεκτροκινητήρα είναι για τα 50km/h (6)  $P_m = P_{tr} / \eta = 1015,1$  Watt λόγω του βαθμού απόδοσης της αλυσοκίνησης.

Επομένως από τις προηγούμενες τιμές των αντιστάσεων σε περίπτωση της ανηφόρας υπολογίζεται η ισχύς από την σχέση (4) και προκύπτει το διάγραμμα ισχύς – ταχύτητα – κλίσης.



Εικόνα 36: Διάγραμμα ισχύος - κλίση - ταχύτητα

#### A.4. Ηλεκτροκινητήρας

Ο ηλεκτροκινητήρας που επιλέχτηκε και χρησιμοποιήθηκε στο σκούτερ έχει μέγιστη ισχύ στον ρότορα 1000 Watt και μέγιστη ηλεκτρική ισχύ 1200 Watt. Είναι ιδανικός για τέτοιου είδους μετατροπής σε σκούτερ μικρής ισχύος διότι έχει compact μέγεθος, είναι ελαφρύς, και αποδοτικός.



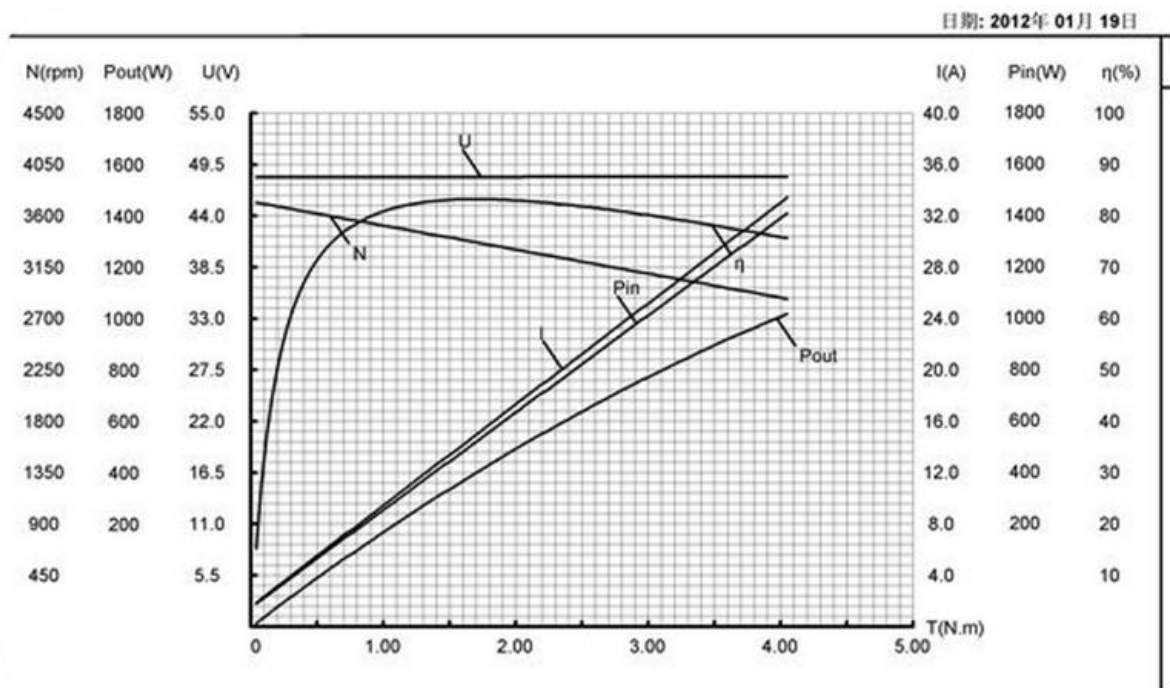
Εικόνα 37: Κινητήρας MY 1020 48V 1000Watt

Ο συγκεκριμένος ηλεκτροκινητήρας MY 1020 είναι συνεχούς ρεύματος, με τάση εισόδου 48 volt, έχει ονομαστική ισχύ 1000 Watt σε μεγάλο εύρος στροφών. Επιπλέον ο ηλεκτροκινητήρας είναι σύγχρονος, με μόνιμους μαγνήτες και διαθέτει τέσσερις ψήκτρες. Στις δοκιμές ο ηλεκτροκινητήρας είχε την μεγαλύτερη ένταση κατά την εκκίνηση με το μέγιστο που πέτυχε στα 33 Amp.



Εικόνα 38: Καπάκι συγκράτησης ψηκτρών

Παρακάτω εμφανίζεται το διάγραμμα επίδοσης του ηλεκτροκινητήρα.



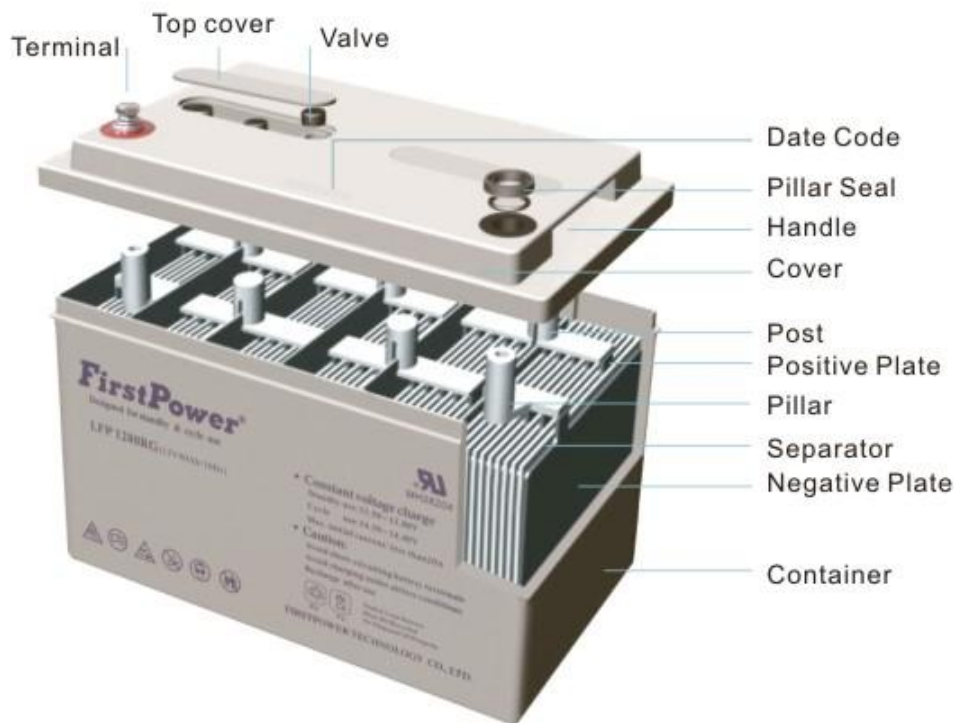
Εικόνα 39: Γράφημα επίδοσης σε μέγιστο φορτίο MY1020 1000watt 48V

## A.5. Μπαταρία

Οι μπαταρίες που χρησιμοποιήθηκαν είναι vrla-agm της standard και επιλέχθηκαν έναντι των ιόντων λιθίου για το χαμηλό τους κόστος και την υψηλή χωρητικότητα τους. Συγκεκριμένα τέσσερις μπαταρίες 12volt των 12Ah δημιουργούν με σύνδεση σε σειρά το πακέτο στα 48volt, 12Ah και 576Wh.

Οι συγκεκριμένες μπαταρίες AGM VRLA έχουν βάθος εκφόρτωσης (DoD) 50% με 30% οπότε η χωρητικότητα που θα χρησιμοποιηθεί είναι 6 Ah ή ενεργειακά 288 Ah. Η μάζα τους είναι συνολικά 14,4kg.

Η VRLA μπαταρία (valve regulated lead acid :ρυθμιζόμενη με βαλβίδες, μολύβδου οξέος) διαθέτει πλάκες που περιέχουν ασβέστιο, ενώ ανάμεσα από τις πλάκες βρίσκονται υαλώματα που συγκρατούν το οξύ αποτρέποντας την διάβρωση τους. Τα παραγόμενα αέρια που δημιουργούνται στον εσωτερικό του συσσωρευτή υγροποιούνται και επιστρέφουν στον ηλεκτρολύτη. Υπεύθυνες για αυτή την διαδικασία είναι οι εσωτερικές βαλβίδες.



Εικόνα 40: Απεικόνιση εσωτερικού μπαταρίας vrla





## GU120120 (12V12Ah)

GU series is a general purpose battery with 5 years design life in float service . It meets with IEC and JIS standards .With up-dated AGM valve regulated technology and high purity raw materials, the RT series battery has reliable standby service life. It is suitable for UPS/EPS, medical equipment, emergency light and security systems applications.

### Specification

Cells Per Unit	6
Voltage Per Unit	12
Capacity	12Ah@20hr-rate to 1.75V per cell @25°C
Weight	Approx. 3.6 Kg(Tolerance 4%)
Max. Discharge Current	120 A (5 sec)
Internal Resistance	Approx. 16.5 m
Operating Temperature Range	Discharge: -20°C~60°C Charge: 0°C~50°C Storage: -20°C~60°C
Normal Operating Temperature Range	25°C 5°C
Float charging Voltage	13.7 to 13.9 VDC/unit Average at 25°C
Recommended Maximum Charging Current	3.6 A
Equalization and Cycle Service	14.6 to 14.8 VDC/unit Average at 25°C
Self Discharge	STANDARD Valve Regulated Lead Acid (VRLA) batteries can be stored for more than 6 months at 25°C. Self-discharge ratio less than 3% per month at 25°C. Please charge batteries before using.
Terminal	Faston Tab 187(F1)/Faston tab 250(F2)
Constainer Material	A.B.S. UL94-HB, UL94-V0 Optional.

Εικόνα 41: τεχνικά χαρακτηριστικά μπαταρίας που χρησιμοποιήθηκε



Εικόνα 42: Φόρτιση μπαταριών και παρακολούθηση τάσης

## ΜΕΡΟΣ ΙΙΙ: Η ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ

### Α. Μετατροπή:

Αμέσως μετά την μελέτη των αντιστάσεων και την αγορά του ηλεκτροκινητήρα και των συσσωρευτών ακολούθησε το πρακτικό κομμάτι της μετατροπής. Για να επιτευχθεί χρειαζόταν να αντικατασταθεί ο κινητήρας με τον ηλεκτρικό και να προσαρμοστεί το πλαίσιο στον νέο αυτό κινητήρα. Αποσυναρμολογήθηκε η μοτοσυκλέτα, αφαιρέθηκε ο θερμικός κινητήρας και η καλωδίωση με αποτέλεσμα να παραμείνει μόνο το πλαίσιο ώστε να μελετηθεί για την κατασκευή του ψαλιδιού και την προσθήκη του ηλεκτροκινητήρα και των μπαταριών.



Εικόνα 43: Honda SE50 Elite σε κατάσταση αποσυναρμολόγησης

## B. Σύστημα μετάδοσης κίνησης

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω ως σύστημα μετάδοσης επιλέχθηκε η αλυσοκίνηση. Μετά την επιλογή χρειάστηκε να υπολογισθεί η σχέση μετάδοσης. Ο αλυσοτροχός του τροχού δεν γινόταν να αλλαχθεί διότι ήταν πακτωμένος και συνεπώς η μόνη επιλογή ήταν η προσθήκη αλυσοτροχού στον κινητήρα άξονα. Το επόμενο ερώτημα που έρχεται απάντησης ήταν πόσα δόντια θα έχει και συνεπώς την σχέση μετάδοσης.

### B.1. Υπολογισμός μετάδοσης

Για τον υπολογισμό της σχέσης μετάδοσης ως επιθυμητή μέγιστη ταχύτητα χρησιμοποιήθηκε η  $V_{max} = 50\text{km/h}$  για την ταχύτητα του κινητήρα στις  $N = 3000\text{rpm}$  που διαθέτει την μέγιστη ισχύ. Αφού ανακτήσαμε την δυναμική ακτίνα του τροχού συνεχίσαμε στον υπολογισμό.

Μέγιστη ισχύς: 1000 watt στις 2800rpm

Δυναμική ακτίνα τροχού: 18,5cm

Μέγιστη ταχύτητα:  $50\text{km/h} = 13,89\text{m/s}$

Μέγιστες στροφές ηλεκτροκινητήρα : 3000

Στα  $50\text{km/h}$  , η περιστροφική ταχύτητα του τροχού είναι  $\omega = v/r = 13,89/0,185 = 75,08\text{rad/s}$

$n = \omega/2\pi = 75,08/2\pi = 11,94\text{rps} = 16,14 \times 60 = 714,97\text{rpm}$

Οπότε η σχέση μετάδοσης ηλεκτροκινητήρα τροχού για ταχύτητα  $50\text{km/h}$  και  $3000\text{rpm}$  στον ηλεκτροκινητήρα θα είναι  $i = 3000/714 = 4,196$ .

Το γρανάζι του ηλεκτροκινητήρα θα πρέπει να έχει  $k_2 = k_1/i = 36/4,196 = 8,5$  δόντια. Κάτι τέτοιο δεν είναι εφικτό, οπότε θα επιλεγεί γρανάζι με 8 δόντια έτσι η σχέση μετάδοσης θα γίνει  $i=36/8=4,5$

και η ταχύτητα θεωρητικά για τις  $3000\text{rpm}$  του κινητήρα θα είναι:

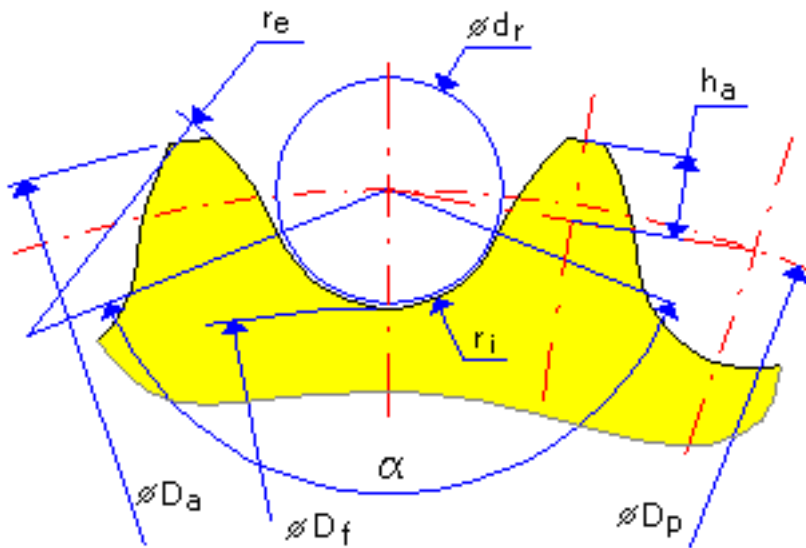
$n_{tr} = 3000/4,5 = 666,67\text{rpm} = 11,11\text{rps}$

$u = \omega * r = 11,11 * 2\pi * 0,185 = 12,91\text{m/s} = 46,49\text{km/h}$

## B.2. Κατασκευή Γραναζιού:

Δεν ήταν η έντυπη βιβλιογραφία αυτή που βοήθησε στον σχεδιασμό και ανάλυση του αλυσοτροχού αλλά η ιστοσελίδα του autocad<sup>4</sup>. Το γεγονός ότι η αλυσίδα και ο αλυσοτροχός του κινούμενου τροχού είναι κατασκευασμένα με το πρότυπο ISO διευκόλυνε την έρευνα. Επιλέχθηκαν δύο τιμές για τον αριθμό των δοντιών ώστε να υπάρχει εναλλακτική για τις δοκιμές  $z=8$ ,  $z=7$ .

Οι διαστάσεις που πρέπει να υπολογιστούν αναπαρίστανται στην εικόνα 44.



Εικόνα 44: Σχέδιο για την κατασκευή δοντιών για αλυσοτροχό από το AutoDesk

Η συγκεκριμένη αλυσίδα έχει απόσταση κυλινδρίσκων  $P= 12,7$  mm, διάμετρο κυλινδρίσκου  $dr=8,51$  mm και πάχος για την ενσωμάτωση του δοντιού με την αλυσίδα  $5,8$ mm.

Υπολογισμός διαστάσεων για αλυσοτροχό  $z= 8$  δοντιών:

$$\text{Η γωνία βήματος είναι } \zeta = \frac{360}{z} = \frac{360}{8} = 45^\circ$$

$$\text{Αρχική διάμετρος τροχού: } d = \frac{P}{\sin\left(\frac{45}{2}\right)} = \frac{12,7}{\sin\left(\frac{45}{2}\right)} = 33,1867\text{mm} \Rightarrow r = 16,59335\text{mm}$$

$$\text{Διάμετρος κύκλου πόδα: } df = d - dr = 33,1867 - 8,51 = 24,6767\text{mm} \Rightarrow rf = 12,33835\text{mm}$$

<sup>4</sup> Η ιστοσελίδα βρίσκεται στην ηλεκτρονική βιβλιογραφία με αριθμό 17

Διάμετρος κύκλου κεφαλής:  $da = d * \sin\left(\frac{z}{2}\right) + 0,8dr = 39,913859mm \Rightarrow ra = 19,95693mm$

Υπολογισμός διαστάσεων για αλυσοτροχό  $z = 7$  δοντιών:

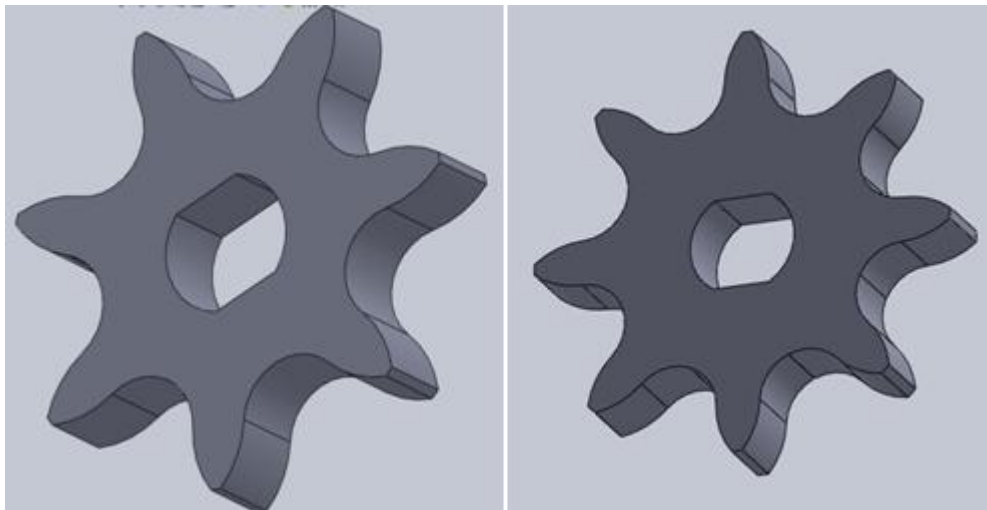
η γωνία βήματος είναι  $\zeta = \frac{360}{z} = \frac{360}{7} = 51,42857^\circ$

αρχική διάμετρος τροχού:  $d = \frac{P}{\sin\left(\frac{45}{2}\right)} = \frac{12,7}{\sin\left(\frac{51,42857}{2}\right)} = 29,27051mm \Rightarrow r = 14,63526mm$

διάμετρος κύκλου πόδα:  $df = d - dr = 29,27051 - 8,51 = 20,76051mm \Rightarrow rf = 10,380255mm$

διάμετρος κύκλου κεφαλής:  $da = d * \sin\left(\frac{z}{2}\right) + 0,8dr = 36,0239mm \Rightarrow ra = 18,011957mm$

Αφού υπολογίστηκαν οι διαστάσεις για τον σχεδιασμό των αλυσοτροχών, σχεδιάστηκαν τα παρακάτω δύο γρανάζια.



Εικόνα 45: Αλυσοτροχοί 7 και 8 δοντιών αντίστοιχα σε ηλεκτρονική μορφή

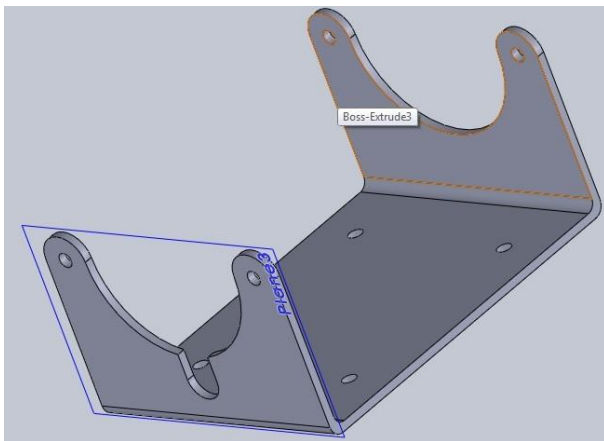
Η μικρή ισχύς του ηλεκτροκινητήρα, το μικρό μέγεθος του και ο μεσαίος ρυθμός περιστροφής του αποτελέσαν τους παράγοντες για την επιλογή του χάλυβα St37. Επομένως η κατασκευή των δύο αλυσοτροχών έγινε με κοπή Laser σε λαμαρίνα και στην συνέχεια φινίρισμα σε φρέζα.

## Γ. Κατασκευή

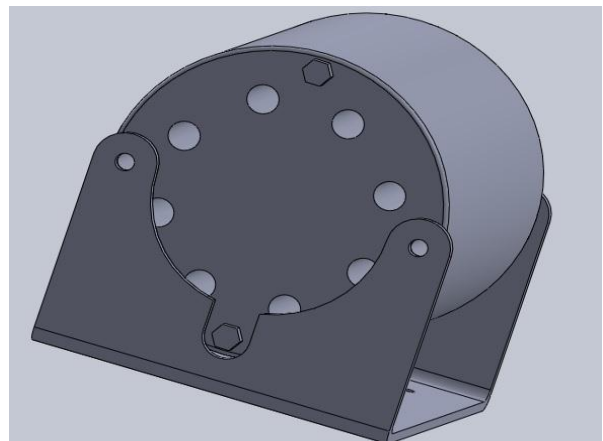
### Γ.1. Βάση ηλεκτροκινητήρα

Ο συγκεκριμένος ηλεκτροκινητήρας δεν έχει κάποια βάση ενσωματωμένη από μόνος του, παρ' όλα αυτά μας παρέχει 2 εισόδους για κοχλίες M6 στις δύο πλευρές του όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.

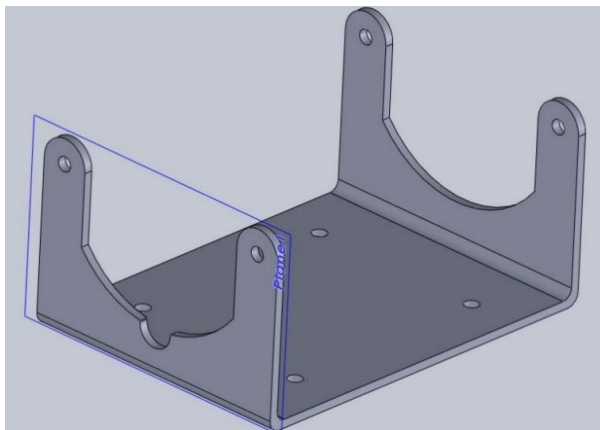
Με γνώση τις διαστάσεις του ηλεκτροκινητήρα σχεδιάστηκε μια βάση ώστε να διευκολυνθούν και οι δοκιμές αλλά και να χρησιμοποιηθεί για την συγκράτησή του πάνω στο scooter.



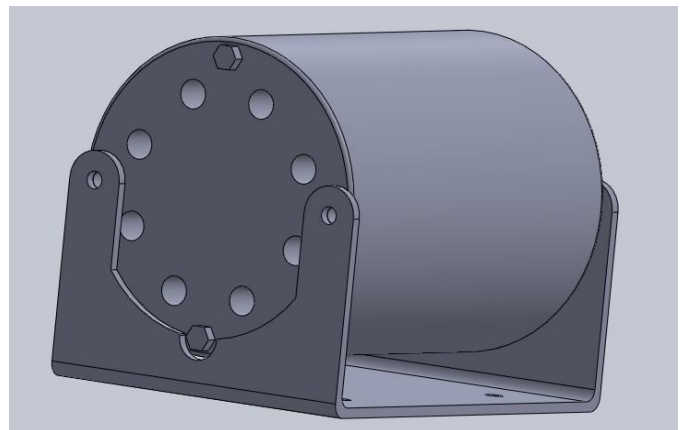
Εικόνα 47: Σχέδιο πρωτότυπης βάσης



Εικόνα 46: Σχέδιο πρωτότυπης βάσης μαζί με τον ηλεκτροκινητήρα



Εικόνα 49: Τελικό σχέδιο της βάσης του κινητήρα



Εικόνα 48: Σχέδιο βάσης μαζί με τον κινητήρα

Έπειτα από τον έλεγχο στις διαστάσεις και την προσοχή να μην κλειστεί κάποιος αεραγωγός του κινητήρα, μετασχηματίστηκε η βάση η οποία πλέον δεν κλείνει τους αεραγωγούς όπως φαίνεται και στην εικόνα 36. Έτσι δεν εμποδίζεται η ροή του αέρα για την ψύξη του ηλεκτροκινητήρα.

Το τελικό αποτέλεσμα με κοπή λέιζερ και στραντζάρισμα απεικονίζεται στις εικόνες 50-51.



Εικόνα 50: Πλάγια εικόνα της βάσης με τον κινητήρα

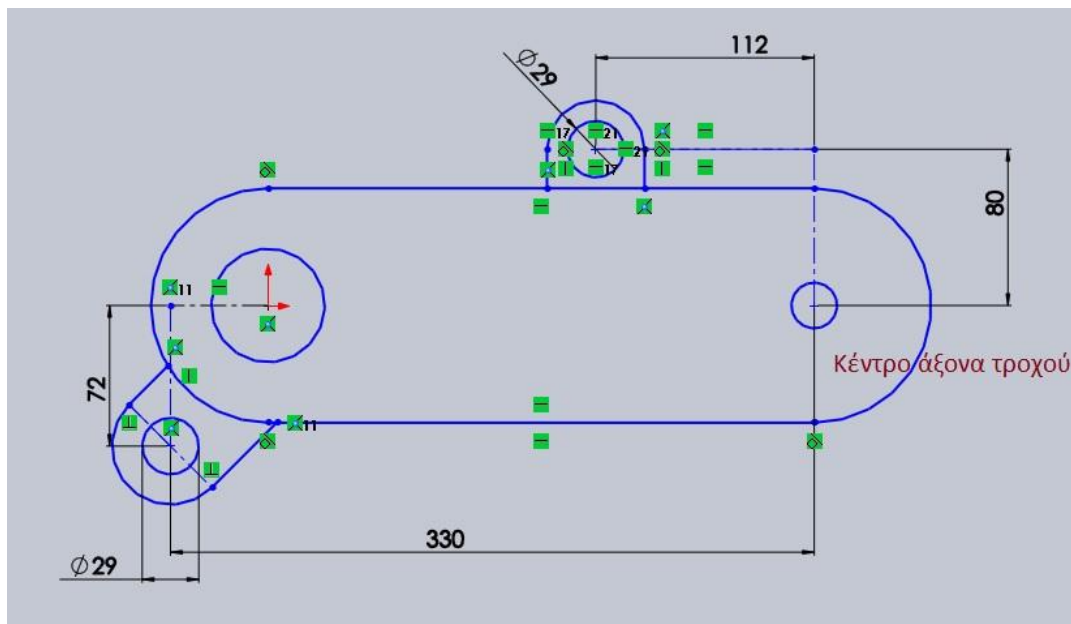


Εικόνα 51: Κινητήρας με την βάση του

## Γ.2. Σχεδιασμός βραχίονα

Αρχική ιδέα ήταν να σχεδιαστεί ένα ψαλίδι για ηλεκτρικό κινητήρα που να βρίσκεται μέσα στον τροχό, αλλά στην συνέχεια αποφασίστηκε ο κινητήρας να είναι εξωτερικός. Οπότε ο βραχίονας που κατασκευάστηκε, κοινώς ψαλίδι, θα φέρει πάνω του και τον ηλεκτροκινητήρα.

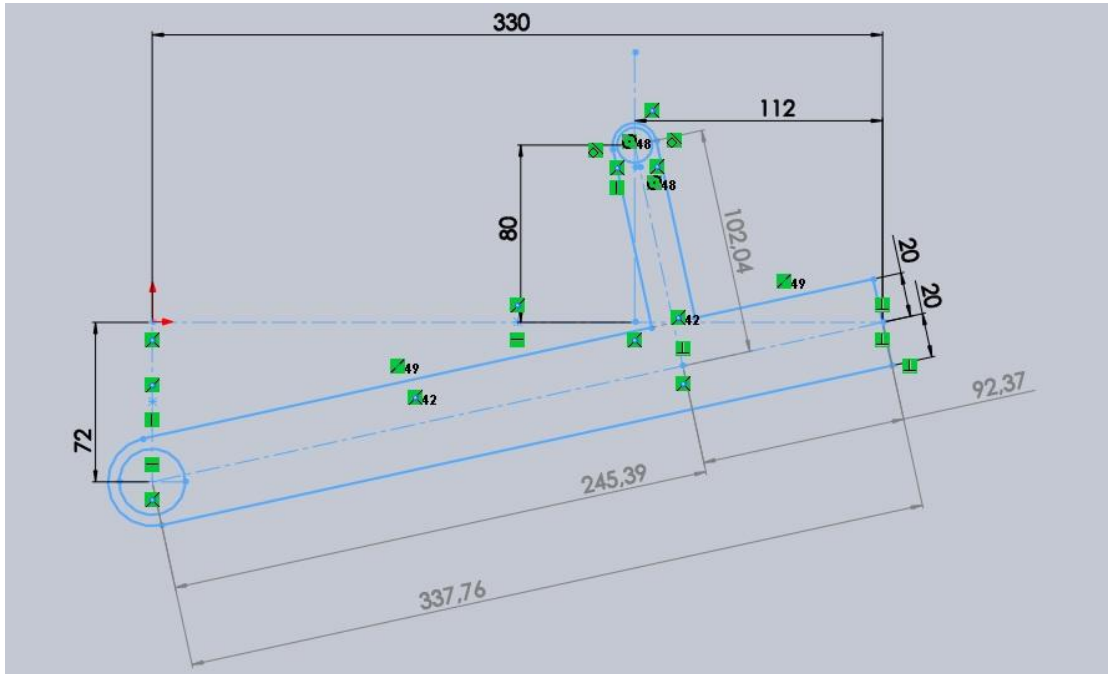
Η πρώτη σκέψη ήταν να χρησιμοποιηθεί το κέλυφος του βενζινοκινητήρα για την στήριξη του τροχού προσθέτοντας μια βάση για τον ηλεκτροκινητήρα και το σύστημα μετάδοσης να λειτουργήσει με μικρότερο κόστος. Η παραπάνω σκέψη δεν ήταν σωστή διότι ούτε χωροταξικά ευνοούσε λόγω του μεγάλου μεγέθους του ηλεκτροκινητήρα και θα είχε μεγαλύτερο βάρος και όγκο, ούτε θα ήταν εμφανίσιμο και θα συνυπήρχαν δυο κινητήρες με τον έναν εκτός λειτουργίας. Έτσι αποφασίστηκε να κατασκευαστεί ένα ψαλίδι όπως έχουν οι κοινές μοτοσυκλέτες με μετάδοση με αλυσίδα.



Εικόνα 52: Διαστάσεις του δίχρονου κινητήρα

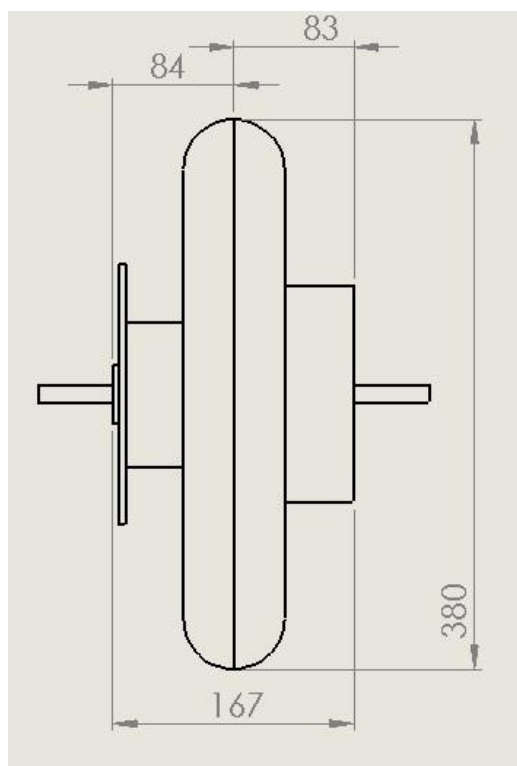


Στόχος ήταν ο τροχός να βρίσκεται στο ίδιο σημείο ώστε να μην αλλάξει το μεταξόνιό του, ούτε το ύψος του τροχού και τελικά να μην μεταβληθεί η γεωμετρία της μοτοσυκλέτας. Αφού εντοπίστηκαν οι διαστάσεις από τον βενζινοκινητήρα για το που βρίσκονται οι συνδέσεις στήριξης και η στήριξη της ανάρτησης, έπρεπε να βρεθεί τρόπος να σχεδιαστεί το ψαλίδι. Σε αυτό το σημείο η πλάγια όψη του ψαλιδιού είχε σχεδιαστεί ως εξής:



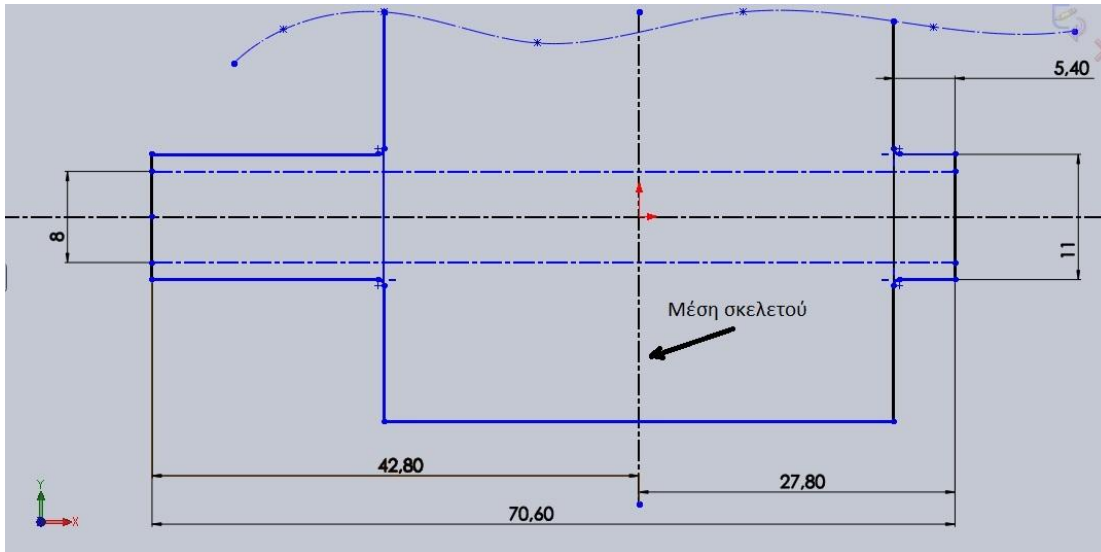
Εικόνα 53: Πλάγια σχέδιο ψαλιδιού

Ο νέος τροχός που αγοράστηκε έχει σταθερό άξονα και ίδια ακτίνα με τον προηγούμενο.

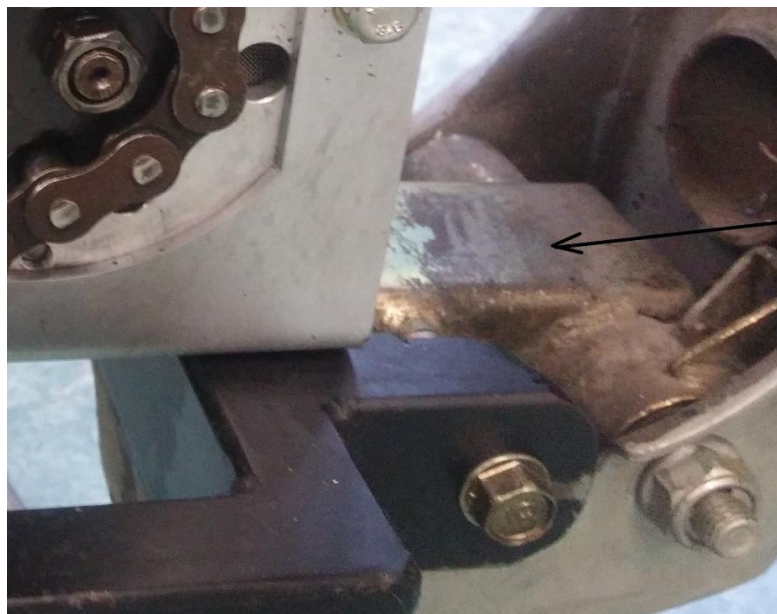


Εικόνα 54: Οι διαστάσεις του τροχού

Στη εικόνα 56 φαίνεται η μεταλλική βάση στήριξης με σινεμπλόκ που συνδέει το ψαλίδι με το υπόλοιπο πλαίσιο. Αφού υπολογίστηκαν όλες της διαστάσεις έπρεπε ο τροχός σε σχέση με την βάση στήριξης και με το πλαίσιο να είναι ακριβώς στην μέση.

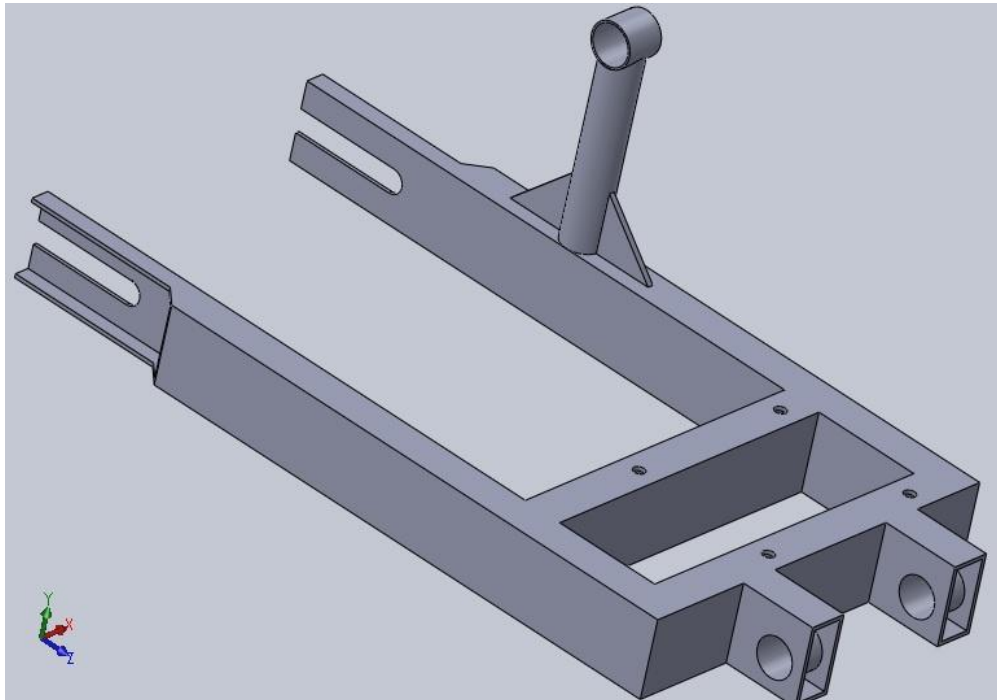


Εικόνα 55: Βάση στήριξης



Εικόνα 56: Βάση στήριξης κινητήρα και ύστερα του ψαλιδιού

Η τελική μορφή του ψαλιδιού παρουσιάζατε στην εικόνα 57. Το σχήμα του είναι απλούστερο, εύκολο κατασκευαστικά και οικονομικό.



Εικόνα 57: Τελικό σχέδιο του ψαλιδιού

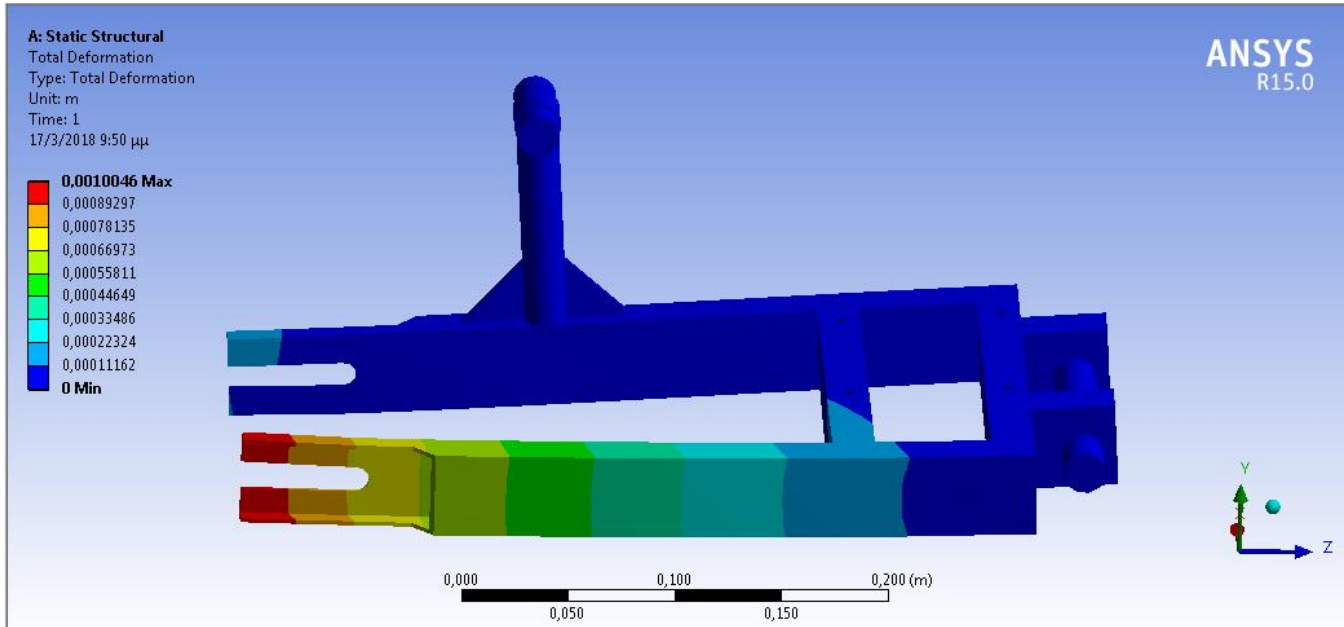
### Γ.3. Προσομοίωση αντοχής ψαλιδιού

Μετά τον σχεδιασμό του βραχίονα ψαλιδιού, εφαρμόστηκε η στατική προσομοίωση μέσω του προγράμματος ANSYS. Στην αρχή υπήρχαν αμφιβολίες για την αντοχή του διότι η ανάρτηση στηρίζεται μόνο στην μία πλευρά του βραχίονα.

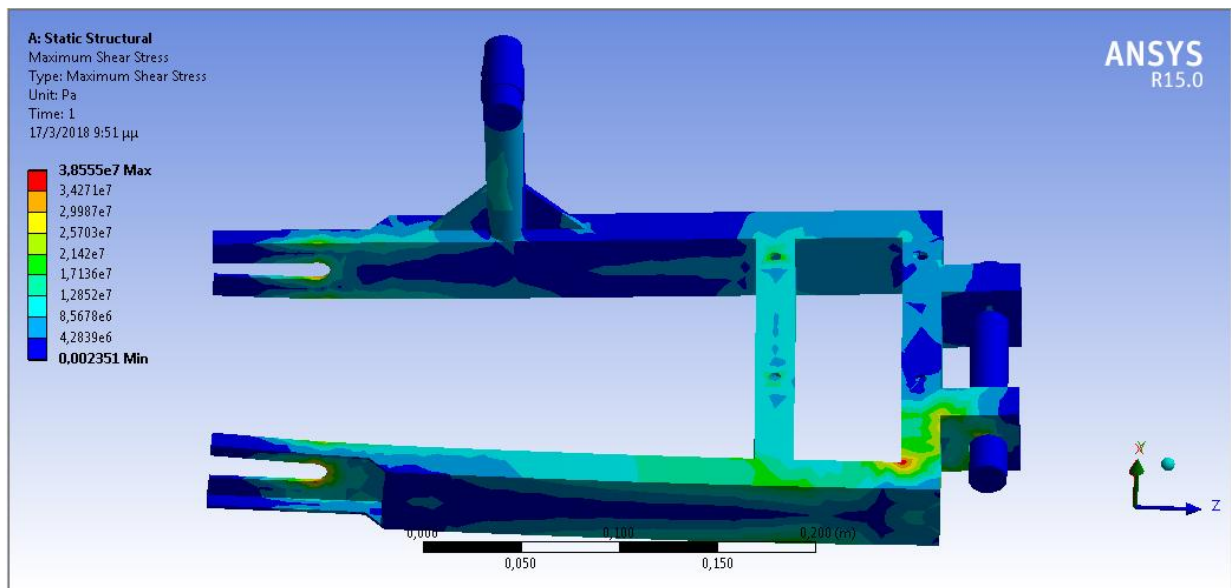
Το βάρος που εφαρμόστηκε για την προσομοίωση, είναι υπολογισμένο για έναν μέσο ενήλικα στα 850N και το βάρος του σκούτερ 490N (υπολογισμένο με την αφαίρεση του βενζινοκινητήρα και λοιπών με μάζα 25,4 kg και πρόσθεση μπαταριών, καλωδίωση, ηλεκτροκινητήρα με μάζα 18,4kg), Επομένως υπολογίστηκε με συνολικό βάρος 1340N.

Εφαρμόζοντας την στατική προσομοίωση ο συντελεστής ασφαλείας ήταν  $S = 3,65$ . Το αποτέλεσμα επιβεβαιώνει ότι είναι ανθεκτικό.

Στην εικόνα 58 φαίνεται η συνολική παραμόρφωση με την μεγαλύτερη τιμή να είναι στο 1mm.

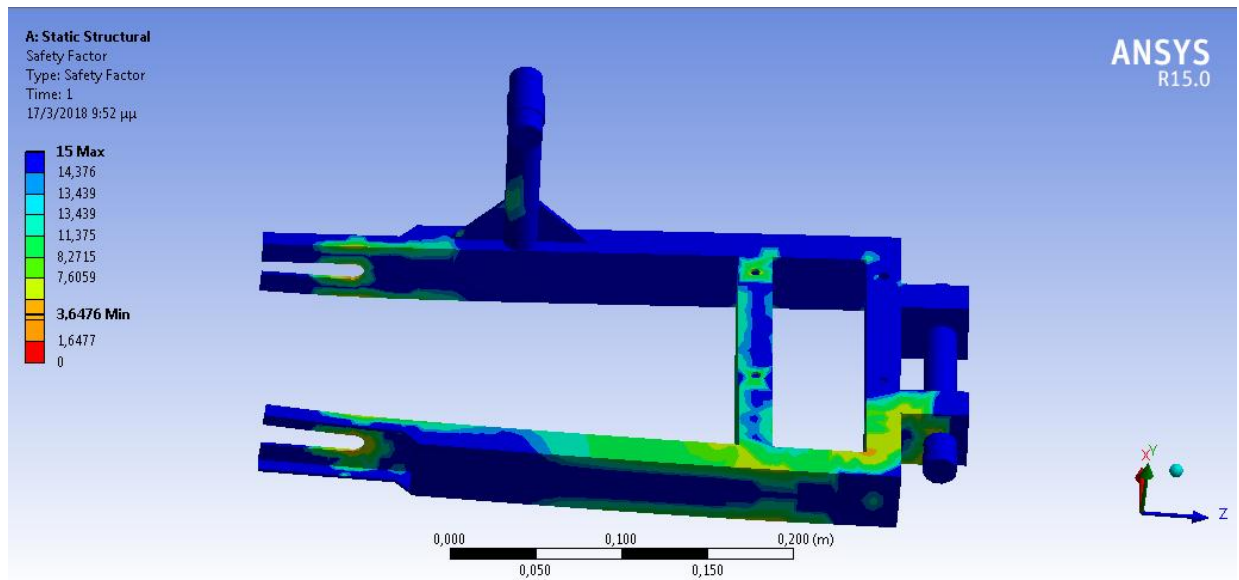


Εικόνα 58: Συνολική παραμόρφωση του μοντέλου



Εικόνα 59: Απεικόνιση τάσεων πάνω στο μοντέλο

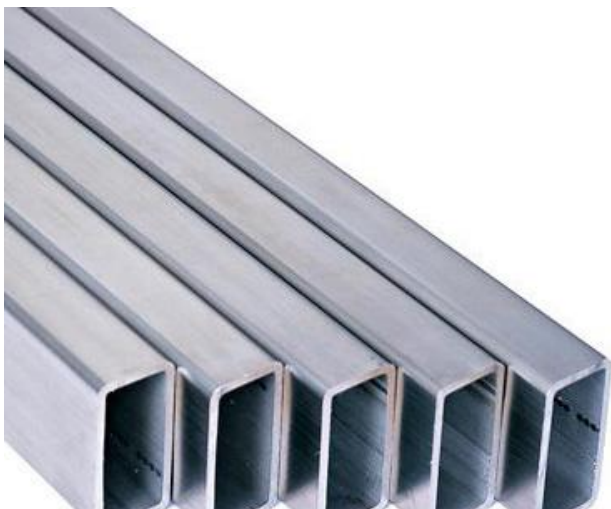
Στην εικόνα 59 εμφανίζονται με χρωματικές περιοχές οι τάσεις που δημιουργούνται στο ψαλίδι από το φορτίο.



Εικόνα 60: Απεικόνιση του συντελεστή ασφάλειας πάνω στο μοντέλο με χρωματική κλίμακα

Μετά από την ολοκλήρωση της στατικής προσομοίωσης προχωρήσαμε στην κατασκευή του ψαλιδιού.

#### Γ.4. Κατασκευή ψαλιδιού:



Εικόνα 61: Δοκοί από χάλυβα για την κατασκευή του ψαλιδιού

Η κατασκευή του βραχίονα έγινε με δοκούς χάλυβα St37, με διαστάσεις 40×20mm και πάχος 2mm.

Οι συγκεκριμένοι δοκοί κοπήκαν με ακρίβεια σε σταθερό τροχό ώστε στην συνέχεια να συγκολληθούν.

Μία πρώτη εικόνα τοποθετώντας απλά τα κομμάτια στην κανονική τους θέση παρουσιάζεται στη εικόνα 62.



Εικόνα 62: Επεξεργασμένοι δοκοί, πριν την συγκόλληση

Πριν την συγκόλληση των δοκών ελέγχουμε αν υπάρχει ακρίβεια στην κοπή ώστε να μην υπάρξουν προβλήματα στις διαστάσεις και ατέλειες.



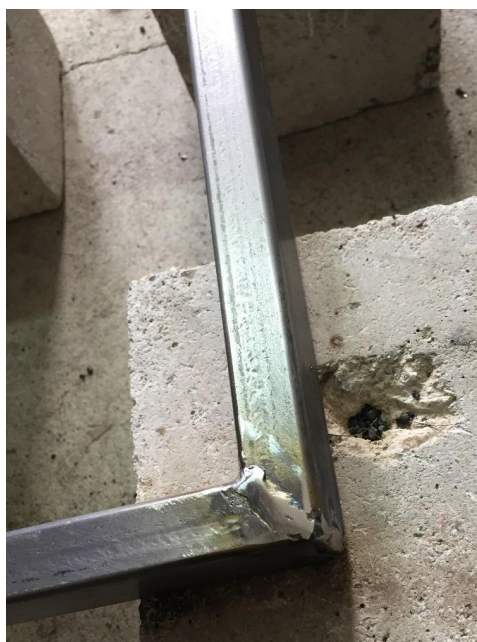
*Εικόνα 63: Εφαρμογή γωνίας δύο δοκών*



*Εικόνα 64: Δημιουργία μικρών κολλήσεων για ευθυγράμμιση των μετάλλων*

Ύστερα από το κόψιμο των δοκών στις διαστάσεις που χρειάζεται και την μορφοποίησή τους για την σωστή εφαρμογή, έγινε η συγκόλληση των κομματιών.





*Εικόνα 65: Πρώτη συγκόλληση και επεξεργασία εμφάνισης*



*Εικόνα 66: Πρόωρη τοποθέτηση τροχού, κινητήρα και αλυσίδα πάνω στο ψαλίδι*

Όταν τελειώσει η συγκόλληση του ψαλιδιού χρειάστηκε να κατασκευαστούν κυλινδρικοί σε μηχανουργείο, ώστε να μπουν τα σινεμπλόκ που θα στηρίζουν το πλαίσιο με το ψαλίδι και με την ανάρτηση. Τα σινεμπλόκ είναι ίδια με τα αρχικά απλά αντικαταστήθηκαν με καινούρια.



*Εικόνα 68: Δακτυλίδια έτοιμα προς συγκόλληση για την σφιχτή συναρμογή με τα σινεμπλόκ*



*Εικόνα 67: Σινεμπλόκ*

### Γ.5. Βαφή ψαλιδιού

Μετά από την κατασκευή, σειρά είχε το βάψιμο του ψαλιδιού για την προστασία από την οξείδωση καθώς και για την εμφάνιση.

Τελικό αποτέλεσμα:



Εικόνα 69: Το ψαλίδι μετά από την βαφή

### Γ.5. Τροχός

Επειδή δεν ήταν δυνατό να χρησιμοποιήσουμε την ζάντα από τον βενζινοκινητήρα, αγοράστηκε μεταχειρισμένος τροχός κατάλληλος για αυτήν την μετατροπή, που έχει ίδιες διαστάσεις με τον προηγούμενο και έχει προσαρτημένο και πακτωμένο αλυσοτροχό.

Ο τροχός δεν ήταν σε καλή κατάσταση, οπότε αφαιρέθηκε το παλιό χρώμα και η σκουριά και στην συνέχεια εφαρμόστηκε νέο χρώμα για την προστασία του.



Η διαδικασία που ακολούθησε για να προετοιμαστεί η ζάντα περιλάμβανε τρίψιμο της επιφάνειας με γυαλόχαρτο και βάψιμο με το ίδιο χρώμα που χρησιμοποιήθηκε στο ψαλίδι.

Εικόνα 70: Τροχός από Honda Chappy



*Εικόνα 71: Τροχός επισκευασμένος και έτοιμος προς τοποθέτηση*

*Εικόνα 72: Στεφάνι τροχού με το ελαστικό*



*Εικόνα 73: Σύνολο τροχού του ψαλιδιού με τον κινητήρα και τον τροχό*

## Γ.6. Τοποθέτηση στο πλαίσιο

Ύστερα από τις επεξεργασίες που έγιναν στον τροχό, την κατασκευή του ψαλιδιού, την βάση του ηλεκτροκινητήρα και τον αλυσοτροχό, συναρμολογήθηκαν και τοποθετήθηκαν στο πλαίσιο.



*Εικόνα 74: Τοποθέτηση τροχού, ψαλιδιού και κινητήρα στο σκούτερ*

Μετάπειτα έγινε η τοποθέτηση μπαταριών για την δοκιμή τόσο των ηλεκτρικών καθώς και του συνόλου.



*Εικόνα 75: Το σκούτερ πριν την πρώτη δοκιμή*

#### Δ. Μικροελεγκτής

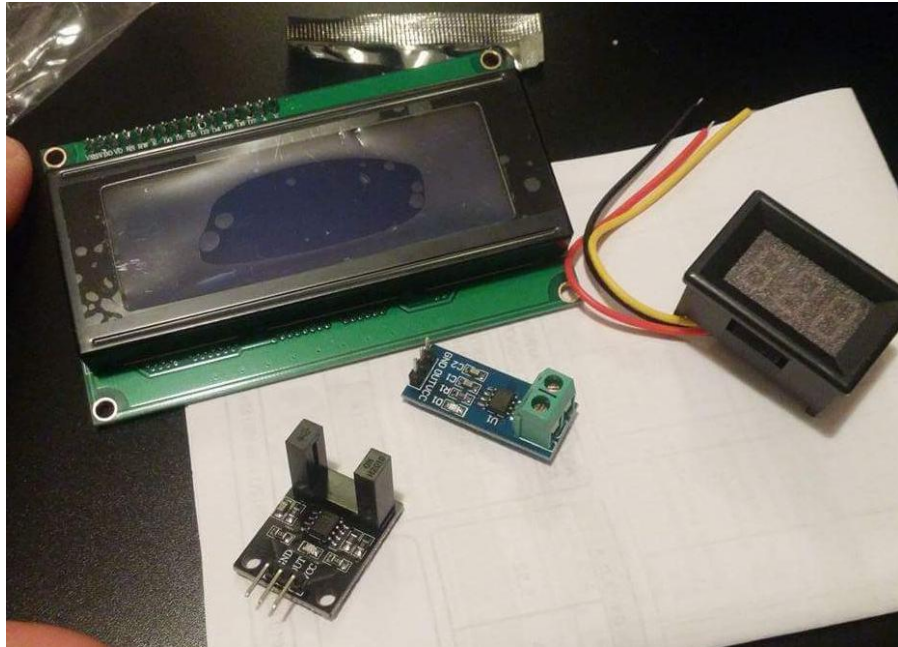
Ο ελεγκτής που χρησιμοποιείται στην μετατροπή για την ανάγνωση παραμέτρων είναι ο Arduino Uno, ένας ελεγκτής που είναι γνωστός για τις δυνατότητες του. Ο χειρισμός του γίνεται με το ελεύθερο λογισμικό Arduino IDE που παρέχει η ίδια η εταιρία και η γλώσσα προγραμματισμού του είναι η C Wiring που θυμίζει τις γλώσσες C/C++.

Ύστερα από την μετατροπή και την κατασκευή του scooter, στόχος ήταν να ενσωματωθεί ένας μικροελεγκτής, ο οποίος να παίρνει δεδομένα από τις καταστάσεις των μπαταριών, την ένταση ρεύματος που πηγαίνει στον ελεγκτή ανά πάσα στιγμή, την τάση των μπαταριών, την ταχύτητα του scooter καθώς και την ταχύτητα περιστροφής του ηλεκτροκινητήρα.

Για να καταγραφούν τα παραπάνω δεδομένα χρειάστηκαν τρεις αισθητήρες, ένας για την μέτρηση έντασης, ένας αισθητήρας για την τάση και ένας αισθητήρας για την μέτρηση της ταχύτητας. Με τους συγκεκριμένους αισθητήρες έγινε εφικτό να αποτυπωθούν οι παρακάτω παράμετροι.

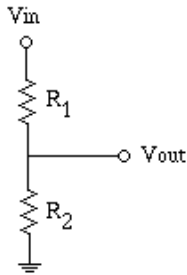
- 1) Η τάση των μπαταριών,
- 2) η ένταση,
- 3) οι στροφές του ηλεκτροκινητήρα,
- 4) η ταχύτητα του scooter,
- 5) η συνολική απόσταση που διανύει το scooter,
- 6) η εκφόρτωση των μπαταριών και
- 7) η στιγμιαία ηλεκτρική ισχύ.

Παραλαβή των ηλεκτρονικών αισθητήρων και της οθόνης:



Εικόνα 76: Αισθητήρες και οθόνη

## Δ.1. Αισθητήρας τάσης



Ο αισθητήρας της τάσης κατασκευάστηκε εξολοκλήρου αντί να αγοραστεί. Στην απόφαση αυτή συνέβαλλαν τόσο οικονομικοί όσο και εκπαιδευτικοί λόγοι. Η κατασκευή του συγκεκριμένου αισθητήρα βασίστηκε πάνω σε διαιρέτη τάσης όπως και οι εμπορικοί αισθητήρες που κυκλοφορούν για έλεγχο τάσης.

$$V_{out} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_{in}$$

### b) Voltage Divider

Εικόνα 77: Σχηματική αναπαράσταση διαιρέτη τάσης

Υπολογισμοί για την εύρεση ηλεκτρικών αντιστάσεων:

Οι υπολογισμοί των αντιστάσεων έγιναν με γνώμονα το όριο ελέγχου τάσης μέχρι τα 60 Volt άρα και η τάση σήματος εξόδου από τον αισθητήρα για τα 60 volt να είναι 5volt.

οπότε έχουμε τις συνθήκες  $V_{in} = 60\text{volt}$  και  $V_{out} = 5\text{volt}$

Η συνολική αντίσταση είναι 37,5 kohm

Έτσι ισχύει  $R_{ol} = R_1 + R_2 = 37,5 \text{ kohm} \Rightarrow R_1 = 37,5 - R_2$  (1)

για τον διαιρέτη τάσης ισχύει:

$$V_{out} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_{in} = \frac{R_2}{R_{ol}} V_{in} \Rightarrow R_2 = \frac{V_{out} * R_{ol}}{V_{in}} = \frac{5 * 37,5}{60} = 3,125\text{kohm}$$

και από την (1)  $\Rightarrow R_1 = 37,5 - R_2 = 37,5 - 3,125 = 34,375 \text{ Kohm}$



Κατασκευή αισθητήρα:

Για την κατασκευή του συγκεκριμένου αισθητήρα επιλέχθηκαν τρεις αντιστάσεις με ωμική αντίσταση  $R1 = 33 \text{ kohm}$ ,  $R2 = 3 \text{ kohm}$  και  $R3 = 1500 \text{ kohm}$  ώστε να ανταποκρίνονται στις τιμές των υπολογισμών έτσι η  $R1 = 33 \text{ kohm}$  και η  $R3 = 1500 \text{ kohm}$  θα μπουν σε σειρά ώστε μαζί να έχουν αντίσταση  $R_{ol1} = R1 + R3 = 34,5 \text{ kohm}$ . Ακολουθεί εικόνα με την νέα διάταξη.

Επαλήθευση τιμών για την μέγιστη τάση:



Εικόνα 78: α) μέτρηση αντίστασης  $R1$ , β) μέτρηση αντίστασης  $R2$  και γ) μέτρηση αντίστασης συνόλου  $R1$  και  $R3$ .

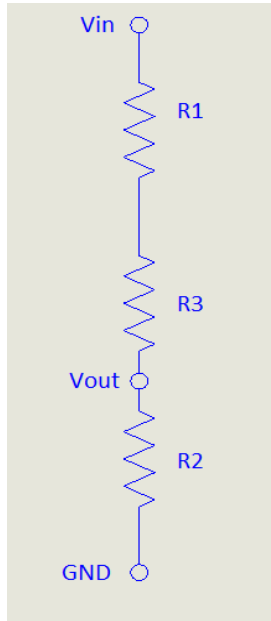
Ύστερα μετρήθηκαν με πολύμετρο αυτόματης κλίμακας και αποδείχθηκε πως δεν ανταποκρινόταν ακριβώς στις ονομαστικές τιμές, όπως φαίνεται και στις παραπάνω φωτογραφίες.

Αφού διαθέταμε τις ακριβείς τιμές από τις αντιστάσεις υπολογίστηκαν εκ νέου οι τιμές των τάσεων που μπορεί να δεχτεί για την τάση εξόδου.

$$V_{out} = \frac{R2}{R_{ol1} + R2} V_{in} \Rightarrow V_{in} = \frac{V_{out}(R_{ol1} + R2)}{R2} = \frac{5(34,6 + 3,27)}{3,27} = 57,9 \text{ volt}$$

οπότε η μέγιστη τάση εισόδου  $V_{in}=57,9 \text{ volt}$  για να δίνει τάση εξόδου  $V_{out}=5 \text{ volt}$ .

Η μέγιστη τάση είναι μεγαλύτερη από την μέγιστη τάση που δίνουν οι μπαταρίες οπότε μπορούσε να ξεκινήσει η κατασκευή.



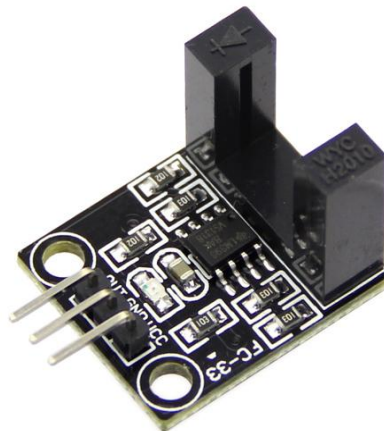
Εικόνα 79: Σχεδιαστική αναπαράσταση διαιρέτη τάσης



Εικόνα 80: Αισθητήρας τάσης

## Δ.2. Αισθητήρας ταχύτητας

Για αισθητήρα ταχύτητας στην αρχή τοποθετήθηκε ένας αισθητήρας με δύο φωτοδιόδους που ανιχνεύει την διακοπή του φωτός ανάμεσα στον πομπό και στον δέκτη που υπάρχουν πάνω στον module. Ο συγκεκριμένος αισθητήρας στην έξοδο έχει ψηφιακό σήμα στο οποίο όταν το φως διακόπτεται ανάμεσα στις φωτοδιόδους το σήμα του αντιστοιχεί σε LOW (<0,5Volt) στην αντίθετη περίπτωση το σήμα είναι HIGH (>4,5Volt).

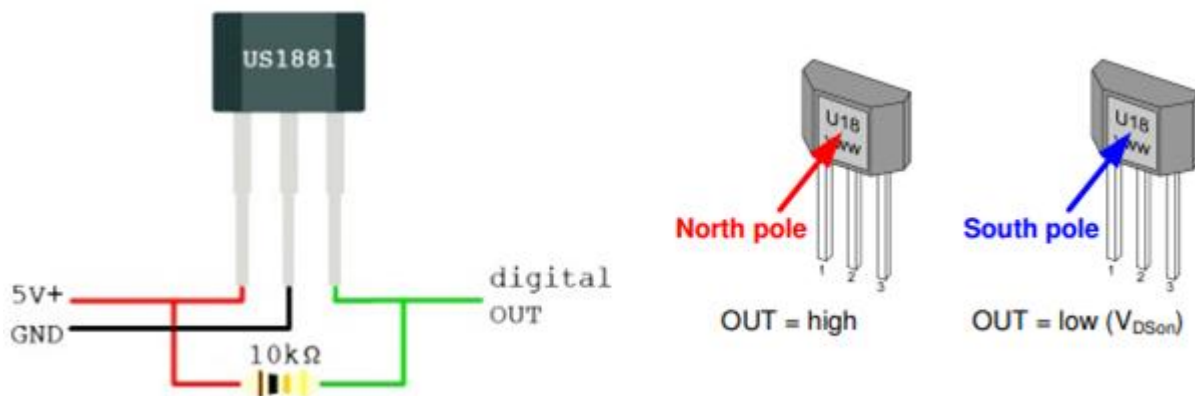


Εικόνα 81: Αισθητήρας ταχύτητας, με αναγνώριση διακοπής του φωτός ανάμεσα από τα στοιχεία του.

Από τις δοκιμές που διεξήχθησαν ο συγκεκριμένος δεν κατάφερε να αναγνώσει πάνω από τις 1700rpm διότι το chip που υπήρχε πάνω στο module του αισθητήρα δεν μπορούσε να ανταποκριθεί σε πιο μεγάλες ταχύτητες. Επίσης μετά από πολύ χρήση εισχωρούσε σκόνη στον αισθητήρα και έχανε την αποτελεσματικότητά του. Στην συνέχεια τοποθετήθηκε στην θέση του ένας αισθητήρας hall.

### Αισθητήρας Hall

Για εκπαιδευτικούς λόγους επιλέχθηκε ο αισθητήρας να κατασκευαστεί αντί να αγοραστεί. Ο αισθητήρας βασίζεται στο chip us1881, το οποίο είναι ένας διπολικός ψηφιακός αισθητήρας hall. Αν και κατασκευαστικά ο αισθητήρας αναγνωρίζει και τους δύο μαγνητικούς πόλους, επιλέχθηκε να αντιλαμβάνεται μόνο το ένα, για τον λόγο αυτό ενσωματώθηκε μία αντίσταση 10kohm στον θετικό ακροδέκτη και τον ακροδέκτη που αποδίδει το σήμα όπως φαίνεται στην εικόνα 82. οπότε από το φύλλο δεδομένων<sup>5</sup> του αισθητήρα αντιλαμβανόμαστε ότι ο αισθητήρας θα αποδίδει στην έξοδο του σήμα LOW (<0,5Volt) μόνο όταν εντοπίζει νότιο μαγνητικό πόλο, στις υπόλοιπες περιπτώσεις θα αποδίδει σήμα ίσο με την τάση εισόδου του αισθητήρα.



Εικόνα 82: Αισθητήρας US1881

<sup>5</sup> Η ιστοσελίδα του φύλλου στοιχείων του chip βρίσκεται στην βιβλιογραφία με αριθμό 15.

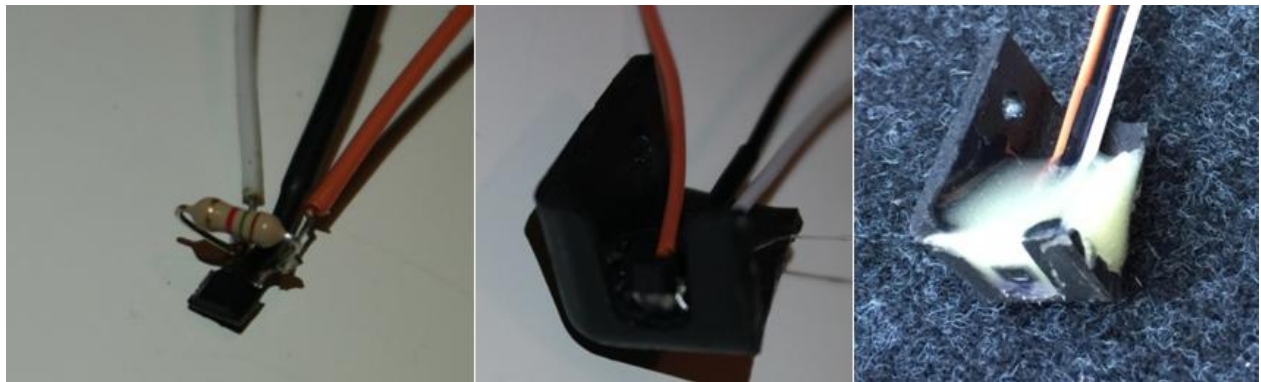
Ο αισθητήρας διαγνώστηκε με τις τιμές των τάσεων που αποδίδει να είναι 4,995Volt και 0,59Volt σε καταστάσεις χωρίς μαγνητικό πεδίο και με νότιο μαγνητικό πεδίο αντίστοιχα, οι τιμές φαίνονται και στην εικόνα 83.

```
// put your setup code here, to run once:
Serial.begin (9600);
pinMode (A0, INPUT);
pinMode (A1, INPUT);
}

void loop() {
// put your main code here, to run repeatedly:
double pin1 = analogRead (A0);
float pind = analogRead (A1);
pind= pind * 5 / 1024 ;
Serial.println(pind,3);
delay(500);
}
```

COM3	COM3
4.995	0.059
4.995	0.059
4.995	0.059
4.995	0.059
4.995	0.059
4.995	0.059
4.995	0.059
4.995	0.059
4.995	0.059
4.995	0.059
4.995	0.059
4.995	0.059

Εικόνα 83: Κατάσταση αισθητήρα hall, χωρίς και με νότιο μαγνητικό πεδίο



Εικόνα 84: Κατασκευή αισθητήρα

Στην συνέχεια ο αισθητήρας τοποθετήθηκε σε ένα πλαστικό κομμάτι και κολλήθηκε με εποξική κόλλα με χαρακτηριστικό την υψηλή αντίσταση στο ρεύμα, όπως απεικονίζεται στην εικόνα 84.

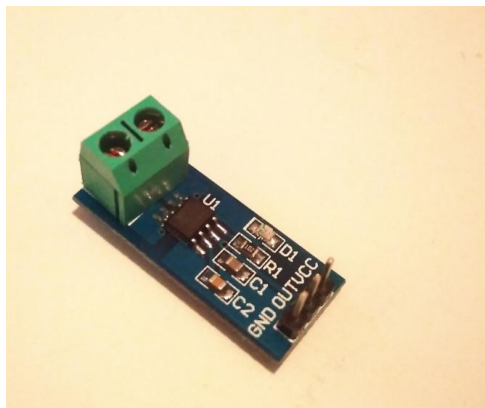


Εικόνα 85: Ο αισθητήρας hall και οι μόνιμοι μαγνήτες νεοδυμίου

Έπειτα τοποθετήθηκαν 8 μαγνήτες νεοδυμίου στην πλάγια μεριά του αλυσοτροχού, στραμμένοι όλοι με τον νότιο πόλο να αντικρίζει τον αισθητήρα, για την ανάγνωση σημάτων από τον αισθητήρα.

### Δ.3. Αισθητήρας έντασης ρεύματος

Ο αισθητήρας έντασης βασίζεται στο chip ACS713 ELC 30A που στην ουσία είναι ένας αισθητήρας hall. Το συγκεκριμένο chip μπορεί να μετρήσει μέχρι 30 Amp και έχει ευαισθησία 133mV ανά Ampere.



Εικόνα 86: Αισθητήρας έντασης ACS713 ELC

#### Δ.4. Οθόνη



*Εικόνα 87: Οθόνη 2004 20X4 με σειριακό διάλογο επικοινωνίας I2C.*

Η απεικόνιση των δεδομένων πραγματοποιήθηκε με μια οθόνη 20 χαρακτήρων και τεσσάρων γραμμών. Η συγκεκριμένη οθόνη συνδέθηκε με διάλογο επικοινωνίας I2C που έχει δημιουργηθεί από την Phillips.

#### Δ.5. Ο προγραμματισμός του μικροελεγκτή

Το εγχείρημα αυτό ήταν κάτι πρωτόγνωρο καθώς ήταν η πρώτη προσπάθεια προγραμματισμού ελεγκτή.

Στην αρχή τέθηκαν σε λειτουργία με τον κώδικα κάθε ένας αισθητήρας ξεχωριστά ώστε να είναι ευκολότερη η επεξεργασία. Αφού γράφθηκε ο κώδικας για κάθε έναν και για τους τρεις αισθητήρες ενσωματώθηκαν σε ένα ενιαίο κώδικα ώστε να λειτουργούν μαζί όλοι οι αισθητήρες.

Στην συνέχεια αφού παρατηρήθηκε ότι όλα λειτουργούν σωστά με τους αισθητήρες προχωρήσαμε στην βελτιστοποίηση του κώδικα και στην βελτίωση της διαχείρισης της οθόνης.

Παρακάτω στις εικόνες φαίνεται ο κώδικας.

```

1  #include <Wire.h>
2  #include <LiquidCrystal_I2C.h>
3  #include <LcdBarGraphX.h>
4
5  //          addr, en, rw, rs, d4, d5, d6, d7, bl, blpol
6  LiquidCrystal_I2C lcd(0x3f, 2, 1, 0, 4, 5, 6, 7, 3, POSITIVE);
7  LcdBarGraphX lbg(&lcd, 20, 0, 2);
8
9  byte index[8] = {
10     B00000,
11     B00000,
12     B00000,
13     B00001,
14     B00001,
15     B00001,
16     B00001,
17     B00001,
18 };
19
20
21 //δ;ήλωση κουμπιού
22 int b = 500;
23
24 int j = 0;
25 float a = 0;
26 int button = 4;
27 int buttonstate = 0;
28 int buttonRem = LOW;
29
30 //δήλωση μεταβλητών για αισθητήρα τάσης μπαταριών
31 int analogInput = A1;
32 float vout = 0.0;
33 float vin = 0.0;
34 float R1 = 35600; //αντίσταση 1
35 float R2 = 3270; //αντίσταση 2
36 int value = 0;

```

Εικόνα 88: Δήλωση βιβλιοθηκών και κάποιον μεταβλητών

```

39 //δήλωση μεταβλητών για αισθητήρα έντασης
40 const int analogIn = A2;
41 int mVperAmp = 133; // σταθερά για τον συγκεκριμένο αισθητήρα
42 int RawValue = 0;
43 int ACSoffset = 498; // τάση σήματος αισθητήρα χωρίς να δέχεται ένταση
44 double Voltage = 0; //τάση από αισθητήρα
45 double Amps = 0; //ένταση
46
47 //δηλωση για χωρητικοτητα Ah
48 unsigned long msec = 0;
49 float times = 0.0;
50 float sample = 0; // δείγματα
51 float totalCharge = 0.0; //άρθροισμα συνολικής έντασης
52 float averageAmps = 0.0; //Μ.Ο. έντασης
53 float ampSeconds = 0.0; //αμπερ*δευτερόλεπτα
54 double ampHours = 0.0; //αμπέρ*ένταση
55
56 //δήλωση μεταβλητών για αισθητηρα ταχυτητας
57 int t = 0;
58 int stat = 0; //status
59 int encoder_pin = 2; // χτύποι που βγαίνουν από τον αισθητήρα
60 float rpm;
61 volatile byte pulses; // αριθμος χτύπων
62 unsigned long timeold; // χρόνος
63 // η επόμενη μεταβλητη εξαρτάται απο τον δίσκο δλδ πόσες εσοχές έχει ή δόντια
64 unsigned int pulsesperturn = 1.5556;
65 const float pi = 3.14;
66 const float rad = 0.185; //ακτίνα τροχου
67 float rpm2 = 0; //στροφές τροχού
68 float Usp = 0; //ταχύτητα σκούτερ
69
70 //δήλωση για ηλεκτρική ισχύ
71 float watt = 0;

```

Εικόνα 89: Δήλωση μεταβλητών

```

void counter()
{
  //Update count
  pulses++;
  rpm = (60 * 1000 / pulsesperturn ) / (millis() - t);
  t = millis();
  stat = 1;
}

```

Εικόνα 90: Υποπρόγραμμα για την επεξεργασία ταχύτητας στροφών



Η επεξεργασία της ταχύτητας των στροφών γίνεται με την τεχνική διακοπής (interrupt), δηλαδή διακόπτει προσωρινά το κυρίως πρόγραμμα όταν ανιχνευθεί το σήμα από τον αισθητήρα Hall και στην συνέχεια καλείται και εκτελείται το παραπάνω υποπρόγραμμα (εικόνα 90). Έπειτα συνεχίζεται το πρόγραμμα από εκεί που είχε μείνει.

```
159
160
161 // επεξεργασία απόστασης
162 sumpulses = sumpulses + pulses;
163 pulses = 0;
164
165 //απόσταση σκούτερ
166 apostash = (apostash + (perimetros * (sumpulses / 8))) / 1000;
167
168 //ταχύτητα σκούτερ
169 rpm2 = rpm / 5.143;
170 Usp = (2 * pi * rpm2 * rad * 3.6) / 60;
171
172 //επεξεργασία τάσης
173 value = analogRead(analogInput);
174 vout = (value * 5.0) / 1024.0; //μετατροπή τιμής εισόδου σε κανονική τιμή
175 vin = vout / (R2/(R1 + R2)); //αποτέλεσμα τάσης εισόδου
176
177
178 // ένταση
179 RawValue = analogRead(analogIn);
180 Voltage = (RawValue / 1024.0) * 5000; // Gets you mV
181 Amps = ((Voltage - ACSoffset) / mVperAmp);
182
183 // χωρητικότητα Ah
184 sample = sample + 1;
185 msec = millis();
186 times = msec / 1000.0;
187 totalCharge = totalCharge + Amps;
188 averageAmps = totalCharge / sample;
189 ampSeconds = averageAmps * times;
190 ampHours = ampSeconds / 3600;
191
192 // ηλεκτρική ισχύς
193 watt = Amps * vin;
194
```

Εικόνα 91: Μέρος του κώδικα για την επεξεργασία μερικών παραμέτρων

Στην παραπάνω εικόνα φαίνεται η επεξεργασία των παραμέτρων για την τάση, την ένταση, την ταχύτητα του σκούτερ, την απόσταση που έχει διανύσει, την εκφόρτιση των μπαταριών και την ηλεκτρική ισχύ.

```

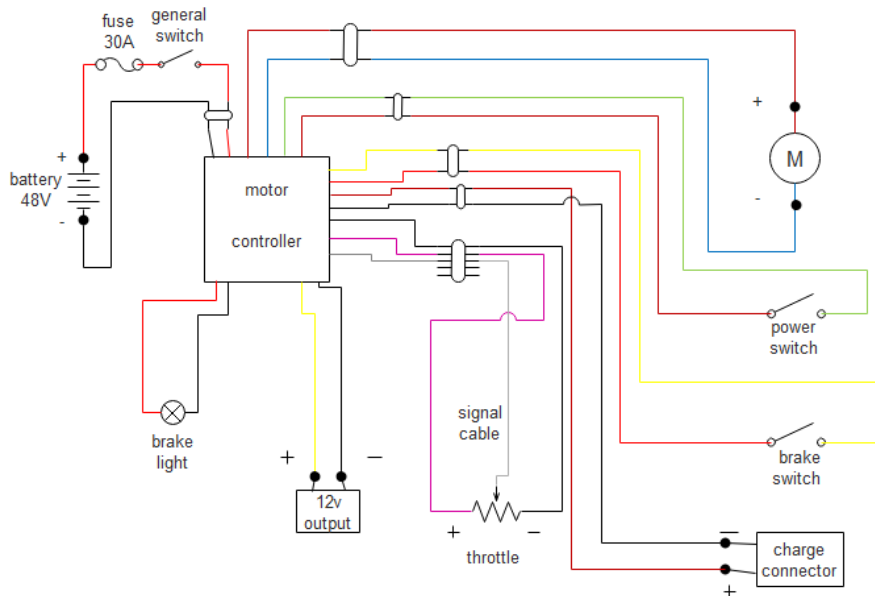
302 } else if (buttonstate == 1)
303 {
304     b = 500;
305     //εκτύπωση μπάρας στροφών
306     for (int i=2; i <= 19; i=i+3){
307         lcd.setCursor (i,1);
308         lcd.write(byte(0));
309     }
310     for (int i=2; i <= 18; i=i+3){
311         .....
312         j = j + 1;
313         a = 5 * j;
314         lcd.setCursor (i,0);
315         lcd.print (a,0);
316     }
317     j = 0;
318     a = 0;
319
320     lbg.drawValue ( (rpm / 3.2552), 1024);
321     Serial.println(buttonstate);
322     lcd.setCursor (8,3);
323     lcd.print ("X100");
324 }

```

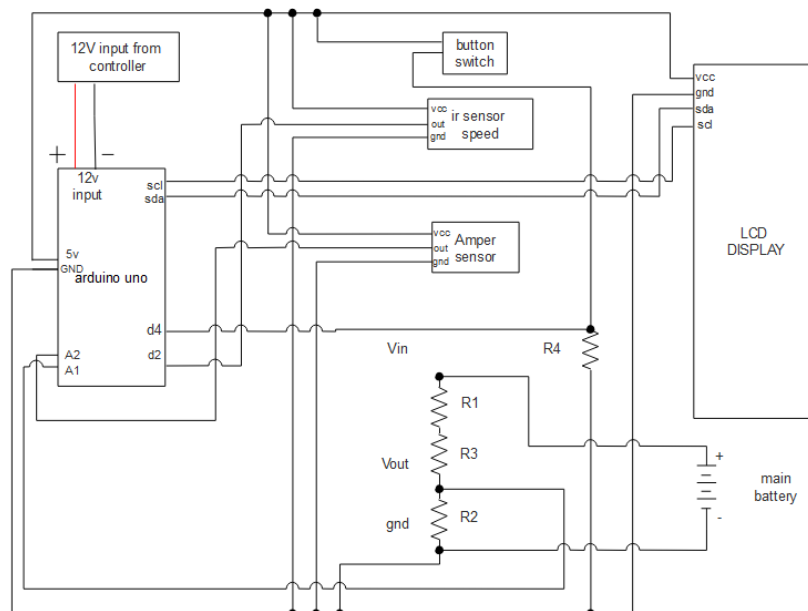
Εικόνα 92: Τμήμα κώδικα για την εκτύπωση μπάρας στροφών

## Ε. Ηλεκτρική εγκατάσταση

Η ηλεκτρική εγκατάσταση της μετατροπής έχει γίνει σε δύο ξεχωριστά κομμάτια, ένα με τις συνδέσεις για τον ελεγκτή του κινητήρα και ένα με τις συνδέσεις που χρειάζονται για τον Arduino.



Εικόνα 93: Ηλεκτρικό σχέδιο ελεγκτή κινητήρα



Εικόνα 94: ηλεκτρικό σχέδιο εγκατάστασης Arduino αισθητήρων και οθόνης

## ΜΕΡΟΣ IV: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

### Κεφάλαιο I:

Το σκούτερ μετά από δοκιμές κατάφερε να διανύσει με πλήρη φόρτιση από 8,88 μέχρι 10,83 χιλιόμετρα, με μέσο όρο ταχύτητας 35km/h και να καταναλώσει για αυτά 3,43 με 4,5 Ah όπως φαίνεται στις παρακάτω εικόνες. Κατανάλωση 2178-1995 Wh/100km.



Εικόνα 95: Απεικόνιση από την οθόνη την κατανάλωση ρεύματος και την απόσταση που διανύθηκε.

Με ταχύτητα σχεδόν σταθερή στα 25 χιλιόμετρα την ώρα κατάφερε να διανύσει 27 με 29 χιλιόμετρα και η κατανάλωση ρεύματος ήταν 6-6,5 Ah. Κατανάλωση 1066-1075 Wh/100km. Παρακάτω προβάλλεται με εικόνες το αποτέλεσμα τις μετατροπής.



*Εικόνα 96: Το σκούτερ μετά την ολοκλήρωση της μετατροπής*



*Εικόνα 97: πλάγιες όψεις από την τελική εμφάνιση*

## Κεφάλαιο II: Τεχνικά χαρακτηριστικά μοτοσυκλέτας

Ηλεκτρική ισχύς: 1,2Kw

Κινητική ισχύς: 1Kw

Μεταξόνιο: 1190mm

Μήκος: 1610mm

Πλάτος: 585mm

Ύψος: 1030mm (Χωρίς αναβάτη)

Βάρος: 490,5 N

Βάρος στον εμπρός τροχό: 176,6 N

Βάρος στον πίσω τροχό: 313,9 N

αναλογία κέντρου μάζας: 36:64 (εμπρός : πίσω)

Κατανάλωση ρεύματος

35km/h μέσο όρο: 2178-1995 Wh/100km

25km/h μέσο όρο: 1066-1075 Wh/100km

Αυτονομία:

με 35 km/h: 8,88 - 10,83 km

με 25 km/h: 27 - 29 km

Κοστολόγιο:

ΥΛΙΚΑ	ΠΟΣΟ (€)
Ηλεκτροκινητήρας & ελεγκτής	135
Τροχός-άξονας-ταμπούρο	50
Βραχίονας (υλικά)	10
Βάση ηλεκτροκινητήρα	5
Αλυσοτροχοί	4
Χερούλι ελέγχου φορτίου (γκαζιέρα)	25
Ηλεκτρονικά στοιχεία	28,5
Συσσωρευτές	116,5
Υλικά βαφής	15
Καλωδίωση	20
Αλυσίδα	13
Ντίζα φρένου	5
Φορτιστής	14
ΣΥΝΟΛΟ:	441

Παρότι η ισχύς και η αυτονομία του μειώθηκαν, το σκούτερ κατάφερε να γίνει οικονομικότερο τόσο σε επίπεδο συντήρησης όσο και κατανάλωσης. Το σημαντικότερο όμως είναι ότι μετατράπηκε σε ένα φιλικότερο προς το περιβάλλον όχημα.

## ΜΕΡΟΣ V: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Ύστερα από πολύ προσπάθεια και έρευνα επιτεύχθηκε η μετατροπή του σκούτερ σε ηλεκτρικό. Το κεντρικό συμπέρασμα είναι ότι ακόμα και οι μοτοσυκλέτες μπορούν να μετατραπούν σε ευχάριστα ηλεκτρικά οχήματα .

Στο συγκεκριμένο σκούτερ η ισχύς του κινητήρα δεν είναι επαρκής για να ανταπεξέλθει σε όλες τις οδικές δυσκολίες όπως τα εδάφη με μεγάλη κλίση αλλά και η επίτευξη της τελικής ταχύτητας είναι ιδεατή. Θα χρειαζόταν τουλάχιστον τη διπλάσια ισχύ ώστε να έχει επαρκή δύναμη πρόωσης για την κίνηση του σε όλες τις καταστάσεις καθώς και για καλύτερη επιτάχυνση. Επίσης η μπαταρία αν αποτελούνταν από κελιά ιόντων λιθίου θα ξεπερνούσε σε απόδοση την μολύβδου οξέως της οποίας η συνολική εκφόρτωση των μπαταριών έφτασε στο 28% τις ονομαστικής χωρητικότητας των μπαταριών.

Το όχημα αυτό μπορεί να αποτελέσει την οικονομικότερη επιλογή μετακίνησης. Δεν εξοικονομεί όμως μόνο χρήματα αλλά και ρύπους καθώς είναι φιλικότερο προς το περιβάλλον μέσο μετακίνησης. Τα οφέλη είναι ακόμη μεγαλύτερα αν η ηλεκτρική ενέργεια παράγεται από ανανεώσιμες πηγές. Το όχημα αυτό είναι ιδανικό και για τα αστικά κέντρα διότι δεν προκαλεί ηχορύπανση, επιτυγχάνει γρήγορη μετακίνηση και θα μείωνε αισθητά το κυκλοφοριακό πρόβλημα.



## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

### Έντυπη βιβλιογραφία

1. Σύγγραμμα: ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ (Δημήτριος Πράπας Δρ. Μηχανολόγου)
2. Σύγγραμμα: ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΜΗΧΑΝΩΝ 2, Μετάδοσης κίνησης (ΙΩΑΝΝΗΣ Κ. ΣΤΕΡΓΙΟΥ, ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ Ι. ΣΤΕΡΓΙΟΥ)
3. Σύγγραμμα: Ανάπτυξη εφαρμογών με το Arduino (Παναγιώτης Παπάζογλου M.Sc, Ph.D. & Σπύρος-Πολυχρόνης Λιώνης M.Sc.)

### Ηλεκτρονική βιβλιογραφία

4. <http://www.etc.s.ipfw.edu/~lin/490-Proposals/2008-Fall/ECET490-F08-April-Jason-Pres.pdf>  
(ανάκτηση πληροφοριών αεροδυναμικής)
5. [https://en.wikipedia.org/wiki/Electric\\_motorcycles\\_and\\_scooters](https://en.wikipedia.org/wiki/Electric_motorcycles_and_scooters) (ιστορία και γενικά στοιχεία)
6. [https://en.wikipedia.org/wiki/VRLA\\_battery](https://en.wikipedia.org/wiki/VRLA_battery) (χαρακτηριστικά VRLA)
7. <http://www.standard.gr/site/product/%CE%9C%CF%80%CE%B1%CF%84%CE%B1%CF%81%CE%AF%CE%B1-%CE%B2%CE%B1%CE%B8%CE%B5%CE%AF%CE%B1%CF%82-%CE%B5%CE%BA%CF%86%CF%8C%CF%81%CF%84%CE%B9%CF%83%CE%B7%CF%82-VRLA-AGM-STANDARD-GU120120-12V-12-0AH-20HR-?prdId=GU120120&catId=0202&extLang=> (μπαταρίες)
8. <https://www.arduino.cc/> (πληροφορίες για τον μικροελεγκτή)
9. <https://www.allegromicro.com/en/Products/Current-Sensor-ICs/Zero-To-Fifty-Amp-Integrated-Conductor-Sensor-ICs/ACS713.aspx> (πληροφορίες chip ACS713)
10. [http://moto-news.blogspot.gr/2011/11/blog-post\\_27.html](http://moto-news.blogspot.gr/2011/11/blog-post_27.html) ( πληροφορίες γεωμετρίας μοτοσυκλέτας )
11. [https://en.wikipedia.org/wiki/DC\\_motor](https://en.wikipedia.org/wiki/DC_motor) ( DC ηλεκτροκινητήρας)

12. [https://en.wikipedia.org/wiki/Brushless\\_DC\\_electric\\_motor](https://en.wikipedia.org/wiki/Brushless_DC_electric_motor) (BLDC ηλεκτροκινητήρας)
13. [https://en.wikipedia.org/wiki/AC\\_motor](https://en.wikipedia.org/wiki/AC_motor) (AC ηλεκτροκινητήρας)
14. <http://www.machinedesign.com/motorsdrives/whats-difference-between-ac-induction-permanent-magnet-and-servomotor-technologies> (PMAС - AC ηλεκτροκινητήρας)
15. <https://www.sparkfun.com/datasheets/Components/General/Hall-US1881EUA.pdf> (στοιχεία US1881)
16. [https://en.wikipedia.org/wiki/Motorcycle\\_tyre](https://en.wikipedia.org/wiki/Motorcycle_tyre) (συντελεστής κύλισης)
17. <https://knowledge.autodesk.com/support/inventor-products/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2016/ENU/Inventor-Help/files/GUID-DCB5BD38-6092-4ADA-86E0-8D1B3DBC74F6-htm.html> (στοιχεία αλυσσοτροχών)