



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ  
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ  
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ  
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
& ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

# ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΠΑΤΙΝΙΟΥ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

---

του/της

**ΔΗΜΗΤΡΙΟΥ ΠΑΠΑΝΤΩΝΗ**

**Επιβλέπων: ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ ΒΛΑΧΟΠΟΥΛΟΣ**

Ακαδημαϊκή θέση: Μέλος ΕΔΙΠ

ΚΟΖΑΝΗ/ΙΟΥΝΙΟΣ/2023

ΑΥΤΗ Η ΣΕΛΙΔΑ ΕΙΝΑΙ ΣΚΟΠΙΜΑ ΛΕΥΚΗ



HELLENIC DEMOCRACY  
UNIVERSITY OF WESTERN MACEDONIA  
SCHOOL OF ENGINEERING  
DEPARTMENT OF ELECTRICAL  
& COMPUTER ENGINEERING

# **BUILDING AN ELECTRIC SCOOTER**

Subtitle

THESIS

---

**DIMITRIOS PAPANTONIS**

**SUPERVISOR:** DIMITRIOS VLAHOPOULOS

Academic Position: Member of EDIP

KOZANI/JUNE/2023

ΑΥΤΗ Η ΣΕΛΙΔΑ ΕΙΝΑΙ ΣΚΟΠΙΜΑ ΛΕΥΚΗ



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ  
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ  
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ  
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
& ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

## **ΔΗΛΩΣΗ ΜΗ ΛΟΓΟΚΛΟΠΗΣ ΚΑΙ ΑΝΑΛΗΨΗΣ ΠΡΟΣΩΠΙΚΗΣ ΕΥΘΥΝΗΣ**

Δηλώνω ρητά ότι, σύμφωνα με το άρθρο 8 του Ν. 1599/1986 και τα άρθρα 2,4,6 παρ. 3 του Ν. 1256/1982, η παρούσα πτυχιακή Εργασία με τίτλο "κατασκευή ηλεκτρικού πατινιού" καθώς και τα ηλεκτρονικά αρχεία και πηγαίοι κώδικες που αναπτύχθηκαν ή τροποποιήθηκαν στα πλαίσια αυτής της εργασίας και αναφέρονται ρητώς μέσα στο κείμενο που συνοδεύουν, και η οποία έχει εκπονηθεί στο Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών του Πανεπιστημίου Δυτικής Μακεδονίας, υπό την επίβλεψη του μέλους του Τμήματος κ. Δημήτριου βλαχόπουλου αποτελεί αποκλειστικά προϊόν προσωπικής εργασίας και δεν προσβάλλει κάθε μορφής πνευματικά δικαιώματα τρίτων και δεν είναι προϊόν μερικής ή ολικής αντιγραφής, οι πηγές δε που χρησιμοποιήθηκαν περιορίζονται στις βιβλιογραφικές αναφορές και μόνον. Τα σημεία όπου έχω χρησιμοποιήσει ιδέες, κείμενο, αρχεία ή / και πηγές άλλων συγγραφέων, αναφέρονται ευδιάκριτα στο κείμενο με την κατάλληλη παραπομπή και η σχετική αναφορά περιλαμβάνεται στο τμήμα των βιβλιογραφικών αναφορών με πλήρη περιγραφή. Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα. Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και μόνο.

Copyright (C) Ονοματεπώνυμο Φοιτητή & Επιβλέποντα, Έτος, Πόλη

Copyright (C) Δημήτριος Παπαντώνης, Δημήτριος Βλαχόπουλος, 2023, Κοζάνη

Υπογραφή Φοιτητή: \_\_\_\_\_

ΑΥΤΗ Η ΣΕΛΙΔΑ ΕΙΝΑΙ ΣΚΟΠΙΜΑ ΛΕΥΚΗ

# Περίληψη

Σκοπός της πτυχιακής εργασίας είναι η περιγραφή της λειτουργίας και της κατασκευαστικής πορείας ενός ηλεκτρικού πατινιού.

Αφού περιγράφεται το ηλεκτρικό πατίνι στο δρόμο της πράσινης ανάπτυξης, επιχειρείται μια ιστορική αναδρομή και αναφέρονται τα βασικά πλεονεκτήματα και μειονεκτήματά τους, αλλά και οι κίνδυνοι χρήσης τους.

Ακόμη, αναλύεται η τεχνολογία του αναγεννητικού φρεναρίσματος ενός ηλεκτρικού πατινιού που διαθέτει υπερπυκνωτές.

Επιπρόσθετα, περιγράφεται η πορεία υλοποίησης της κατασκευής ενός ηλεκτρικού πατινιού. Αφού γίνει η κατασκευή, θα αλλαχθούν κάποια χαρακτηριστικά του, έτσι ώστε να αυξηθεί η μέγιστη απόσταση που μπορεί να διανύσει με μια μόλις φόρτιση.

Τέλος, αναφέρονται τα αποτελέσματα και τα αντίστοιχα συμπεράσματα που αφορούν στον τομέα των ηλεκτρικών πατινιών.

**Λέξεις Κλειδιά: ηλεκτρικό, πατίνι, αναγεννητικό φρενάρισμα, υπερπυκνωτές**

# Abstract

The purpose of the thesis is to describe the operation and manufacturing process of an electric skateboard. After describing the electric scooter on the road of green development, a historical review is attempted and their main advantages and disadvantages are mentioned, as well as the risks of their use. Furthermore, the regenerative braking technology of an electric skateboard equipped with supercapacitors is analyzed. In addition, the implementation process for the construction of an electric skateboard is described. Once built, some of its features will be changed to increase the maximum distance it can travel on a single charge. Finally, the results and corresponding conclusions concerning the field of electric skates are reported.

**Keywords:** electric, bike, regenerative braking, supercapacitors



# Ευχαριστίες

---

Με μεγάλη χαρά και ευγνωμοσύνη θα ήθελα να εκφράσω τις ειλικρινείς μου ευχαριστίες στον κ. Βλαχόπουλο για την εμπιστοσύνη, την καθοδήγηση και τη στήριξή του κατά τη διάρκεια της πτυχιακής εργασίας μου με θέμα την κατασκευή ηλεκτρικού πατινιού. Η πολύτιμη γνώση, η εμπειρία και οι κατευθυντήριες οδηγίες που μου παρείχε συνέβαλαν σημαντικά στην επίτευξη ενός ποιοτικού και ολοκληρωμένου αποτελέσματος.

Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω θερμά την οικογένειά μου, τους γονείς μου (Βασίλη και Αλεξία) και την αδερφή μου (Μαρία), για την αμέριστη στήριξή τους και την κατανόησή τους καθ' όλη τη διάρκεια της πτυχιακής εργασίας. Η συμπαράστασή και η υποστήριξή τους με έκανε να νιώθω σίγουρος σε κάθε στάδιο της εργασίας μου.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους συμφοιτητές μου, τους φίλους μου και όλους όσους με βοήθησαν με τις συμβουλές τους.

KOZANH/IOYNIOS/2023

ΑΥΤΗ Η ΣΕΛΙΔΑ ΕΙΝΑΙ ΣΚΟΠΙΜΑ ΛΕΥΚΗ

# Περιεχόμενα

Περίληψη	7
Abstract	8
Ευχαριστίες	9
Περιεχόμενα	12
Κατάλογος Σχημάτων	14
Κατάλογος Διαγραμμάτων	15
Κατάλογος Εικόνων	16
Κατάλογος Πινάκων	17
Πρόλογος	18
Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή	19
1.1 ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΤΗΣ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ	19
1.2 ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΤΟΥ ΤΟΜΟΥ	19
Κεφάλαιο 2: Θεωρητικό υπόβαθρο	20
2.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΠΑΤΙΝΙΟΥ (E-SCOOTER)	20
2.1.1 Ορισμός και περιγραφή του ηλεκτρικού πατινιού	20
2.1.2 Το ηλεκτρικό πατίνι στην μετάβαση προς την πράσινη ανάπτυξη	22
2.2 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ	24
2.3 ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΠΑΤΙΝΙΑ ΚΑΙ ΜΙΚΡΟΚΙΝΗΤΙΚΟΤΗΤΑ	29
2.4 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ	32
2.5 ΚΙΝΔΥΝΟΙ ΚΑΤΑ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΠΑΤΙΝΙΩΝ	35
Κεφάλαιο 3: Τεχνολογία αναγεννητικού φρεναρίσματος στα ηλεκτρικά πατίνια	36
3.1 ΑΝΑΓΕΝΝΗΤΙΚΟ ΦΡΕΝΑΡΙΣΜΑ	36
3.2 ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΠΑΤΙΝΙΟΥ	38
3.3 ΕΛΕΓΚΤΗΣ ΑΝΑΓΕΝΝΗΤΙΚΗΣ ΠΕΔΗΣΗΣ	40
3.4 ΜΙΚΡΟΕΠΕΞΕΡΓΑΣΤΗΣ	42

3.5 ΑΠΟΚΤΗΣΗ ΚΑΙ ΜΕΤΡΗΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	45
Κεφάλαιο 4: Υλοποίηση του e-bike	56
4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	56
4.2 ΠΟΡΕΙΑ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗΣ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΩΝ	60
Κεφάλαιο 5: Regenerative braking	76
5.1 ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗΣ	76
5.2 ΕΥΡΕΣΗ ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΠΥΚΝΩΤΩΝ	77
5.3 ΤΕΛΙΚΟ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ ΜΕ ΤΟΝ ΝΕΟ ΣΥΣΤΗΜΑ	80
5.4 ΚΟΣΤΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗΣ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗΣ	82
5.5 ΑΠΟΣΒΕΣΗ ΚΟΣΤΟΥΣ	84
Κεφάλαιο 6: Επίλογος	85
6.1 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	85
6.2 ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΕΚΤΑΣΕΙΣ	86
Βιβλιογραφία	87

# Κατάλογος Σχημάτων

---

<b>ΣΧΗΜΑ 1: ΕΛΕΓΚΤΗΣ ΠΕΔΗΣΗΣ</b> .....	41
<b>ΣΧΗΜΑ 2: ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΚΙΝΗΣΗΣ ΠΡΟΣ ΤΑ ΕΜΠΡΟΣ</b> .....	41
<b>ΣΧΗΜΑ 3: ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΕΜΠΡΟΣΘΙΑΣ ΠΕΔΗΣΗΣ</b> .....	42
<b>ΣΧΗΜΑ 4: ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΤΡΙΩΝ ΑΝΑΛΟΓΙΚΩΝ ΚΑΝΑΛΙΩΝ ΜΕ ΤΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ LABVIEW</b> .....	47
<b>ΣΧΗΜΑ 5: ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ ΔΥΝΑΜΗΣ ΕΞΙΣΟΡΡΟΠΗΣΗΣ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΠΑΤΙΝΙΟΥ</b> .....	48
<b>ΣΧΗΜΑ 6: ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ MOSFET ΔΙΑΥΛΟΥ Ν-ΠΥΚΝΩΣΕΩΣ</b> .....	59
<b>ΣΧΗΜΑ 7: ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ MOSFET ΔΙΑΥΛΟΥ Ν-ΑΡΑΙΩΣΕΩΣ</b> .....	60

# Κατάλογος Διαγραμμάτων

<b>ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 1: ΚΑΛΥΨΗ ΠΡΟΣΩΠΙΚΩΝ ΔΙΑΔΡΟΜΩΝ.....</b>	<b>30</b>
<b>ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 2: ΚΥΡΙΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΠΟΥ ΠΕΡΙΓΡΑΦΕΙ ΤΗΝ ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ .....</b>	<b>44</b>
<b>ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 3: ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΠΑΤΙΝΙΟΥ .....</b>	<b>49</b>
<b>ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4: ΠΕΝΤΕ (5) ΦΑΣΕΙΣ.....</b>	<b>49</b>
<b>ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5: ΡΕΥΜΑ ΛΟΓΩ ΠΕΔΗΣΗΣ.....</b>	<b>50</b>
<b>ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 6: ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ ΛΟΓΩ ΤΟΥ ΚΙΝΗΤΗΡΑ....</b>	<b>50</b>
<b>ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 7; ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΠΑΤΙΝΙΟΥ .....</b>	<b>52</b>
<b>ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 8: ΠΕΝΤΕ (5) ΦΑΣΕΙΣ.....</b>	<b>53</b>
<b>ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 9: ΡΕΥΜΑ ΠΕΔΗΣΗΣ.....</b>	<b>54</b>
<b>ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 10: ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ ΚΙΝΗΤΗΡΑ.....</b>	<b>55</b>

# Κατάλογος Εικόνων

---

ΕΙΚΟΝΑ 1: ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΠΑΤΙΝΙΑ ΤΥΠΟΥ “DOCK-LESS” .....	21
ΕΙΚΟΝΑ 2: ΜΟΤΟΠΟΔΗΛΑΤΑ ΤΥΠΟΥ “VESPA-LIKE” ΠΟΥ ΑΝΗΚΟΥΝ ΣΤΗΝ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΠΑΤΙΝΙΩΝ .....	22
ΕΙΚΟΝΑ 3:ΟΙ ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΔΙΟΞΕΙΔΙΟΥ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ (CO <sub>2</sub> ) ΠΑΓΚΟΣΜΙΩΣ.....	23
ΕΙΚΟΝΑ 4: ΜΟΤΟΠΟΔΗΛΑΤΟ ΑΥΤΟΡΕΔ (KRUPP) .....	25
ΕΙΚΟΝΑ 5: ΤΟ ΜΟΤΟΠΟΔΗΛΑΤΟ ΣΚΟΟΤΑΜΟΤΑ .....	27
ΕΙΚΟΝΑ 6: ΤΟ PEUGEOT SCOOT’ELEC.....	28
ΕΙΚΟΝΑ 7: ΕΦΑΡΜΟΓΗ SCOOTΑΡΙ ΓΙΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΠΑΤΙΝΙΩΝ.....	31
ΕΙΚΟΝΑ 8: ΥΠΕΡΠΥΚΝΩΤΗΣ .....	37
ΕΙΚΟΝΑ 9: ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΠΑΤΙΝΙ ΜΕ ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΝΑΓΕΝΝΗΤΙΚΗΣ ΠΕΔΗΣΗΣ .....	38
ΕΙΚΟΝΑ 10: ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ ΠΥΚΝΩΤΩΝ .....	39
ΕΙΚΟΝΑ 11: ΤΑ ΚΥΡΙΑ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΣΚΟΥΤΕΡ .....	45
ΕΙΚΟΝΑ 12: ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΩΝ ΔΕΛΟΜΕΝΩΝ.....	46
ΕΙΚΟΝΑ 13: ΟΙ ΑΡΧΙΚΕΣ ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΑΚΕΣ ΜΠΑΤΑΡΙΕΣ ΤΥΠΟΥ 18650 (2500ΜΑΗ).....	61
ΕΙΚΟΝΑ 14: ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΜΕ ΜΠΑΤΑΡΙΕΣ ΙΔΙΟΥ ΤΥΠΟΥ, ΑΛΛΑ ΜΕ ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑ 3400ΜΑΗ .....	62
ΕΙΚΟΝΑ 15: ΚΟΛΛΗΣΗ ΜΕ ΗΛΕΚΤΡΟΠΙΟΝΤΑ (SPOT WELDER) .....	62
ΕΙΚΟΝΑ 16: ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ ΜΠΑΤΑΡΙΩΝ (2.500ΜΑΗ) .....	63
ΕΙΚΟΝΑ 17: ΤΟ BMS.....	64
ΕΙΚΟΝΑ 18: ΑΙΣΘΗΤΗΡΑΣ ΓΚΑΖΙΟΥ HALL .....	66
ΕΙΚΟΝΑ 19: ΤΑ 3 ΚΑΛΩΔΙΑ ΤΟΥ ΑΙΣΘΗΤΗΡΑ ΓΚΑΖΙΟΥ ΚΑΙ 3 ΚΑΛΩΔΙΑ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ.....	67
ΕΙΚΟΝΑ 20: Ο ΕΛΕΓΚΤΗΣ (CONTROLLER) ΚΑΙ ΤΑ MOSFET .....	67
ΕΙΚΟΝΑ 21: Ο ΕΓΚΕΦΑΛΟΣ (CONTROLLER) .....	68
ΕΙΚΟΝΑ 22: Συνδεσμολογία MOSFET .....	69
ΕΙΚΟΝΑ 23: ΤΟ ΜΟΤΕΡ .....	69
ΕΙΚΟΝΑ 24: ΡΟΤΟΡΑΣ .....	70
ΕΙΚΟΝΑ 25: ΣΤΑΤΗΣ.....	71
ΕΙΚΟΝΑ 26: ΤΑΜΠΟΥΡΑ ΜΕ ΕΛΑΤΗΡΙΑ.....	72
ΕΙΚΟΝΑ 27: ΤΟ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟ ΜΕΡΟΣ ΤΩΝ ΦΡΕΝΩΝ .....	72
ΕΙΚΟΝΑ 28: ΣΧΕΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΚΑΛΩΔΙΩΣΕΩΝ .....	73
ΕΙΚΟΝΑ 29: ΔΙΑΚΟΠΤΗΣ ON-OFF ΓΙΑ ΦΩΤΙΣΜΟ .....	74
ΕΙΚΟΝΑ 30: ΦΩΤΙΣΜΟΣ ΠΑΤΙΝΙΟΥ.....	74
ΕΙΚΟΝΑ 31: ΤΟ ΤΕΛΙΚΟ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ .....	75
ΕΙΚΟΝΑ 32: CONTROLLER ΧΙΑΜΙ .....	76
ΕΙΚΟΝΑ 33: ΥΠΕΡΠΥΚΝΩΤΗΣ 3000 F .....	78
ΕΙΚΟΝΑ 34: ΜΕΤΑΧΗΜΑΤΙΣΤΗΣ ΑΝΥΨΩΣΗΣ ΤΑΣΗΣ .....	79



# Κατάλογος Πινάκων

---

ΠΙΝΑΚΑΣ 1: ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΠΑΤΙΝΙΟΥ.....	38
--	----

# Πρόλογος

Η παρούσα πτυχιακή εργασία επικεντρώνεται στον σχεδιασμό και την κατασκευή ενός ηλεκτρικού πατινιού που αξιοποιεί την προηγμένη τεχνολογία μπαταρίας και την αναβαθμισμένη μέθοδο φόρτισης από το αναγεννητικό φρενάρισμα. Ο στόχος της εργασίας είναι να δημιουργηθεί ένα ηλεκτρικό πατίνι που θα επιτρέπει μεγαλύτερη αυτονομία και απόλαυση στην ηλεκτρική μετακίνηση.

Το ηλεκτρικό πατίνι συγκεκριμένα είναι ένα μικρό όχημα με το οποίο οι άνθρωποι χρησιμοποιούνε για τις μετακινήσεις τους. Λειτουργεί με την βοήθεια της ηλεκτρικής ενέργειας και αποτελείται από έναν ηλεκτρικό κινητήρα, μια μπαταρία και το πλαίσιο του. Πέρα από τον ηλεκτρικό κινητήρα χρειάζεται και έναν controller ο οποίος θα μπορεί να ελέγξει την ταχύτητα του κινητήρα. Επίσης μπορούμε να προσθέσουμε και διάφορους άλλους αισθητήρες με τους οποίους μπορούμε να μετρήσουμε την ταχύτητα του, την τάση της μπαταρίας κλπ.

Η ανάπτυξη της ηλεκτροκίνησης στον τομέα των ποδηλάτων έχει ανοίξει νέους ορίζοντες και προοπτικές στην πορεία των μεταφορών. Με την ραγδαία εξέλιξη της τεχνολογίας, η απόδοση των ηλεκτρικών οχημάτων έχει βελτιωθεί σημαντικά, ωστόσο, η αυξημένη αυτονομία εξακολουθεί να αποτελεί έναν κρίσιμο παράγοντα για την αποδοτική χρήση τους.

Στην παρούσα εργασία, θα εξεταστεί μια σειρά τεχνολογικών βελτιώσεων που αφορούν την μπαταρία και τον τρόπο φόρτισης του ηλεκτρικού πατινιού.

---

# Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή

## 1.1 Αντικείμενο της πτυχιακής

Σκοπός της πτυχιακής εργασίας είναι η περιγραφή και ανάλυση της λειτουργίας του ηλεκτρικού πατινιού. Η εργασία περιλαμβάνει και την περιγραφή της κατασκευής ενός ηλεκτρικού πατινιού.

## 1.2 Οργάνωση του τόμου

Το 2ο Κεφάλαιο περιλαμβάνει τον ορισμό και την εν γένει περιγραφή του ηλεκτρονικού πατινιού στη μετάβασή των κοινωνιών προς την πράσινη ανάπτυξη.

Επιπλέον, επιχειρείται μια σύντομη ιστορική αναδρομή. Παράλληλα, αναφέρονται τα δεδομένα για την ανάπτυξη των ηλεκτρικών πατινιών και η ανάπτυξη της μικροκινητικότητας. Ακόμη, αναφέρονται τα κυριότερα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματά τους, καθώς επίσης και οι κίνδυνοι που ελλοχεύουν λόγω της χρήσης των ηλεκτρικών πατινιών.

Στο 3ο Κεφάλαιο περιλαμβάνεται η ανάλυση μιας ιδιαίτερα ενδιαφέρουσας μελέτης της τεχνολογίας του αναγεννητικού φρεναρίσματος με υπερ-πυκνωτές στα ηλεκτρικά πατίνια.

Εν συνεχεία στο 4ο Κεφάλαιο γίνεται αναφορά στην ανάλυση και σχεδίαση του e-bike που αφορά στην πορεία υλοποίησης της κατασκευής του πατινιού.

Το 5ο Κεφάλαιο περιλαμβάνει τα αποτελέσματα της εργασίας μαζί με την ανάλυση για την κατασκευή και το κόστος του αναγεννητικού φρεναρίσματος και τέλος, στο 6ο Κεφάλαιο αναφέρονται τα συμπεράσματα και προτάσεις για ενδεχόμενες μελλοντικές επεκτάσεις.

# Κεφάλαιο 2: Θεωρητικό υπόβαθρο

## 2.1 Περιγραφή του ηλεκτρικού πατινιού (e-scooter)

Στο εν λόγω κεφάλαιο θα επιχειρηθεί η ανάλυση του θεωρητικού υποβάθρου της πτυχιακής. Αρχικά εξηγούνται οι λόγοι εδραίωσης του ηλεκτρονικού πατινιού στο πλαίσιο της ανάπτυξης της μικροκινητικότητας στην μετάβαση προς την πράσινη ανάπτυξη. Εν συνεχεία δίδεται ο ορισμός και η γενικότερη περιγραφή του ηλεκτρικού πατινιού.

Επιπλέον, περιλαμβάνεται μια σύντομη ιστορική αναδρομή. Τέλος, αναφέρονται τόσο τα πλεονεκτήματα όσο και τα μειονεκτήματά του, καθώς επίσης και οι κίνδυνοι που ελλοχεύουν κατά τη χρήση του, ενώ γίνεται αναφορά αναφορικά με την κατασκευή και παραγωγή των ηλεκτρικών πατινιών.

### 2.1.1 Ορισμός και περιγραφή του ηλεκτρικού πατινιού

Το ηλεκτρικό πατίνι αποτελεί δίτροχο όχημα που διαθέτει ηλεκτρικό κινητήρα (μοτέρ). Κατά κανόνα δεν διαθέτει σέλα ή κάθισμα. Ο οδηγός του οδηγεί στέκοντας όρθιος και τοποθετώντας το πόδι ή τα πόδια του στον άξονα που συνδέει τους δυο τροχούς του ηλεκτρικού πατινιού.

Στην κάθετη ράβδο και πάνω από την μπροστινή ρόδα είναι τοποθετημένο το τιμόνι. Αποτελείται από μια οριζόντια ράβδο με χερούλια δεξιά κι αριστερά. Επιτρέπει στην κάθετη ράβδο να κάνει πλήρη περιστροφή. Έτσι ο οδηγός του έχει τη δυνατότητα να στρίβει προς όλες τις κατευθύνσεις. Το ηλεκτρικό πατίνι περιλαμβάνει φρένο που ενεργοποιείται όταν το πιέζει ο οδηγός. [1]

Τα ηλεκτρικά πατίνια που πωλούνται στην ελληνική αγορά, έχουν ταχύτητα που μπορεί να ξεπερνά τα 6Km/h. Ωστόσο, επιβάλλεται να έχουν ηλεκτρονικά περιορισμένη μέγιστη ταχύτητα τα 25 Km/h και οι οδηγοί να φορούν κράνος με δική τους ευθύνη. [2]

Απαγορεύεται για λόγους οδικής ασφάλειας, η κυκλοφορία τους σε δρόμους, όπου δύναται να αναπτύσσονται ταχύτητες άνω των 50km/h. [3]

Τα ηλεκτρικά πατίνια (e-scooters) διακρίνονται σε δύο (2) τύπους [4]:

- τα "dock-less" που είναι πατίνια που μοιάζουν με τα παλαιότερα και κλασικά πατίνια. Ωστόσο, η κίνησή τους γίνεται με τη χρήση ηλεκτρικού κινητήρα (μοτέρ). Τα εν λόγω πατίνια προτιμώνται από τους πολίτες της Αμερικής και των δυτικών χωρών. Και στη χώρα μας κυκλοφορούν κυρίως ηλεκτρικά πατίνια τύπου "dock-less". [4] Ακόμη, για αυτούς τους τύπους πατινιών δεν απαιτείται χώρος στάθμευσης. Επιπλέον, σημειώνουν μέγιστη ταχύτητα κατά μέσο όρο 15 χιλιόμετρα/ώρα. Είθισται να φέρουν GPS και να διαθέτουν συνδεσιμότητα στο internet. Τα πατίνια "dock-less" χρησιμοποιούνται για την κάλυψη μικρών αποστάσεων.



**ΕΙΚΟΝΑ 1: ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΠΑΤΙΝΙΑ ΤΥΠΟΥ "DOCK-LESS"**

(Πηγή: [5])

- τα "vespa-like" αποτελούν ηλεκτρικά πατίνια που μοιάζουν με τα βενζινοκίνητα μοτοποδήλατα, όπως οι γνωστές βέσπες. Προτιμώνται περισσότερο από τους πολίτες της Κίνας. Τα πατίνια "vespa-like" χρησιμοποιούνται για πιο μεγάλες αποστάσεις σε σχέση με τα "dock-less". Ακόμη, αναπτύσσουν πιο μεγάλη τελική ταχύτητα. Το κόστος απόκτησής τους είναι πιο μεγάλο. [6]



**ΕΙΚΟΝΑ 2: ΜΟΤΟΠΟΔΗΛΑΤΑ ΤΥΠΟΥ "VESPA-LIKE" ΠΟΥ ΑΝΗΚΟΥΝ ΣΤΗΝ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΠΑΤΙΝΙΩΝ**

(Πηγή: [11])

### **2.1.2 Το ηλεκτρικό πατίνι στην μετάβαση προς την πράσινη ανάπτυξη**

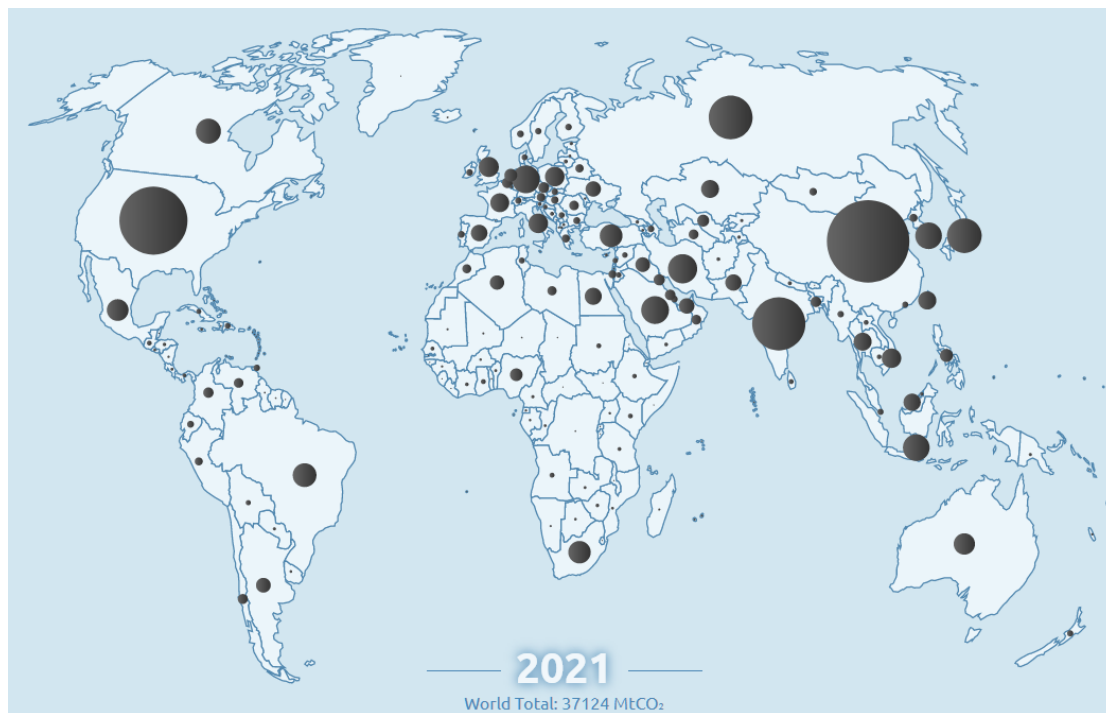
Είναι γεγονός ότι οι μεταφορές συνιστούν αναπόσπαστο κομμάτι στην καθημερινότητα των κοινωνιών. Με την αλματώδη τεχνολογική εξέλιξη και την παράλληλη αύξηση του επιπέδου διαβίωσης, διαπιστώνεται και η αντίστοιχη ραγδαία αύξηση στην κυκλοφορία των μέσων μεταφοράς. Το γεγονός αυτό έχει ως συνέπεια την αύξηση της εκπομπής αερίων του διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>), καθώς επίσης και την εντεινόμενη κυκλοφοριακή συμφόρηση στους αστικούς δρόμους. [4]

Στο σημείο αυτό πρέπει να σημειωθεί ότι το 80% των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου οφείλεται στον ενεργειακό τομέα. [7]

Έτσι, τονίζεται η άμεση ανάγκη για τη δραστική μείωση των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>) που προκαλούν το φαινόμενο του θερμοκηπίου.

Στο πλαίσιο αυτό, οι κυβερνήσεις έχουν ήδη παρέμβει δραστικά στον τομέα της ενεργειακής κατανάλωσης. [8] Επιχειρούν, σε συνεργασία με τις τοπικές αρχές, την πληροφόρηση και ευαισθητοποίηση των πολιτών για την ευρύτερη υιοθέτηση και ανάπτυξη της μικροκινητικότητας (micro-mobility).

Επίσης στην κατεύθυνση της πρόληψης της παγκόσμιας υπερθέρμανσης και της αποτροπής της κλιματικής αλλαγής, γίνονται συντονισμένες προσπάθειες παροχής πλέγματος προστασίας της γης. Ταυτόχρονα υπάρχει μέριμνα για τη διατήρηση των ρυθμών της οικονομικής ανάπτυξης των κρατών. [7], [9]



**ΕΙΚΟΝΑ 3:ΟΙ ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΔΙΟΞΕΙΔΙΟΥ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ (CO<sub>2</sub>) ΠΑΓΚΟΣΜΙΩΣ**

(Πηγή: [10])

Μεταξύ των δράσεων για την προστασία του περιβάλλοντος και την μείωση του κυκλοφοριακού φόρτου, πολλές από τις λεγόμενες "έξυπνες πόλεις", προωθούν τη χρήση των ηλεκτρικών ποδηλάτων, πατινιών κοκ.

Με αυτόν τον τρόπο, συμβάλλουν εκτός της μείωσης της εκπομπής των ρύπων και της παροχής ενός νέου κι ευέλικτου τρόπου μετακίνησης εντός των αστικών δρόμων. Επιπλέον, αποφορτίζονται τα μέσα μαζικής μεταφοράς και εν γένει όλα τα μέσα μεταφοράς, ενώ ταυτόχρονα μειώνεται το περιβαλλοντικό αποτύπωμα των ανθρώπινων δραστηριοτήτων στον πλανήτη. [12]

Ενδεικτικά, εφαρμόζονται υπηρεσίες ενοικίασης ηλεκτρικών οχημάτων (ποδηλάτων, πατινιών κλπ.). Επιπλέον, κατασκευάζονται ποδηλατοδρόμοι και αναπτύσσονται υποδομές φόρτισης των ηλεκτρικών οχημάτων.

Στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας, δίνεται έμφαση στην νέα μορφή μετακίνησης που είναι τα ηλεκτρικά πατίνια. Εκτιμάται ότι δύνανται να αποτελέσουν μία από τις υπάρχουσες λύσεις στο ζήτημα της λεγόμενης μετακίνησης του "τελευταίου μιλίου". Ενδεικτικό παράδειγμα της εν λόγω νέας τάσης είναι η χώρα της Κίνας. Στην Κίνα, η παραγωγή των ηλεκτρικών πατινιών σημείωσε εντυπωσιακή άνοδο με εκατομμύρια πατίνια να κυκλοφορούν εδώ και μια πενταετία. [4]

Κατ' αυτόν τον τρόπο, με σαφή και κομβικό στόχο τη μείωση των αέριων ρύπων, αλλά και την παροχή ενός γρήγορου κι ευέλικτου τρόπου μετακίνησης εντός των πόλεων, οι κοινωνίες οδηγούνται προς την πράσινη μετάβαση και τη βιώσιμη ανάπτυξη. Η τάση αυτή φέρει μεγάλες προεκτάσεις στον ενεργειακό τομέα σε παγκόσμια κλίμακα.

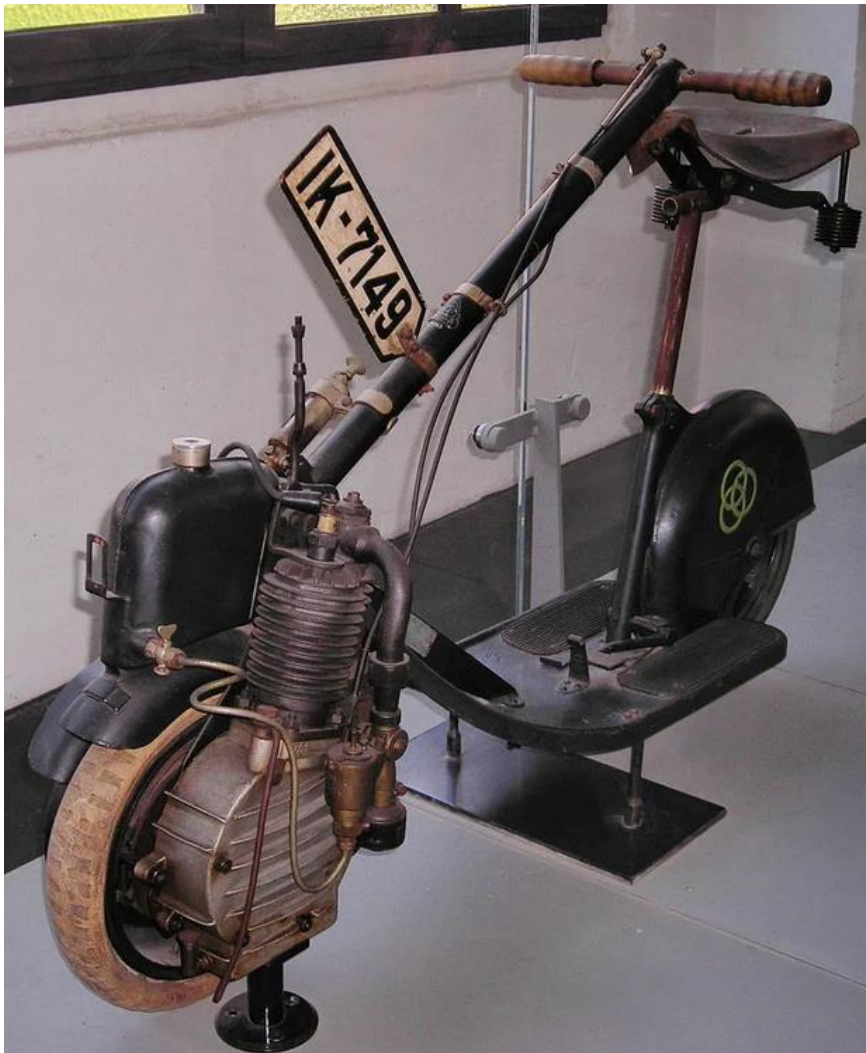
## 2.2 Ιστορική αναδρομή

Δεν είναι σαφής ο χρόνος εφεύρεσης του πρώτου ηλεκτρικού ποδηλάτου. Ωστόσο, το πρώτο δίπλωμα ευρεσιτεχνίας με τίτλο: «ηλεκτρικό ποδήλατο» αποκτήθηκε, το 1895, από τον εφευρέτη Ogden Bolton Jr, ο οποίος πρότεινε την έννοια του ηλεκτρικού πατινιού που να διαθέτει ηλεκτρικό κινητήρα (μοτέρ) και μπαταρία των 10Volt.

Έχει ιδιαίτερο ενδιαφέρον το γεγονός ότι το εν λόγω δίπλωμα ευρεσιτεχνίας αναφέρει τα εξής: «Η εφεύρεση μου σχετίζεται με μια βελτίωση στα ηλεκτρικά ποδήλατα». Το γεγονός αυτό υποδηλώνει ότι ηλεκτρικά ποδήλατα υπήρχαν εδώ και αρκετά χρόνια πριν. Άλλωστε οι πρώτοι ηλεκτροστατικοί κινητήρες χρονολογούνται από το 1740. Ακόμη, οι μπαταρίες μόλυβδου οξέος έχουν εφευρεθεί από το 1859 από τον Γάλλο Φυσικό Gaston Planté. [13]

Πριν κυκλοφορήσει η πρώτη γενιά μοτοποδηλάτων, το 1915, το τεύχος Οκτωβρίου 1911 του Περιοδικού Popular Mechanics ανέφερε την εισαγωγή ενός ηλεκτρικού ποδηλάτου (e-bike) της εταιρίας Autoped που μπορούσε να φτάσει στη μέγιστη ταχύτητα 56 km/h.





**ΕΙΚΟΝΑ 4: ΜΟΤΟΠΟΔΗΛΑΤΟ ΑΥΤΟΡΕΔ (KRUPP)**

(Πηγή: [13])

Το γεγονός αυτό προσέφερε περίπου κατά 40% βελτίωση της απόδοσης σε σχέση με την μοτοσυκλέτα των Hildebrand & Wolfmüller που λειτουργεί με καύσιμο. Επίσης, το ηλεκτρονικό ποδήλατο (e-bike) είχε τρεις (3) διαφορετικές ταχύτητες και διαθέτει αυτονομία από 121 km έως 160 km ανά φόρτιση. [13]

Το 1900, η εταιρεία Ajax Motor κατασκεύασε τα πρώτα ηλεκτρικά πατίνια. Εντούτοις, δεν είχαν μεγάλη απήχηση στο αγοραστικό κοινό.

Εν συνεχεία, το 1919, οι εφευρέτες Ransomes, Sims και Jefferies ανέπτυξαν την ηλεκτρική μοτοσυκλέτα που διαθέτει καρότσι πλευρικά και μετέφερε τις μπαταρίες.

Πρέπει να σημειωθεί ότι η ξαφνική επιτυχία των σκούτερ, τη δεκαετία του '10, ώθησε αρκετές εταιρίες από όλο τον κόσμο να δοκιμάσουν την κατασκευή δεκάδων νέων μοντέλων με χρήση φυσικού αερίου. Ωστόσο, τα περισσότερα από αυτά κρίθηκαν άβολα και εξαιρετικά δύσκολα στον χειρισμό τους. Το γεγονός αυτό έπληξε γρήγορα τη φήμη των σκούτερ και απαιτήθηκαν μερικές δεκαετίες για να μεταστραφεί η κοινή γνώμη γι' αυτά. Ενδεχομένως, το εν λόγω γεγονός να ήταν η αιτία της επιβράδυνσης της ανάπτυξης και υιοθέτησης των ηλεκτρικών σκούτερ.

Τα επόμενα 15 χρόνια, δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές καινοτομίες στον τομέα των ηλεκτρικών ποδηλάτων. Ένα σκούτερ με αναδιπλούμενο τιμόνι και με χρήση αερίου αποτέλεσε ένα αρκετά ικανοποιητικό μοντέλο, το οποίο κυκλοφόρησε μαζικά στις ΗΠΑ και στη Γερμανία από το 1916 έως το 1922. [13]

Ωστόσο, το 1919, η εταιρία μοτοσυκλετών ABC, συμμετείχαν σε αγώνες, όπου κυκλοφόρησαν το μοντέλο Skootamota, το οποίο και υιοθετήθηκε ευρέως. Το Skootamota ήταν ένα σκούτερ όρθιας οδήγησης, παρόλο που μπορούσε να διαθέτει καρέκλα για οδήγηση σε μεγάλες αποστάσεις.

Φθάνοντας στην περίοδο του Β' Παγκοσμίου Πολέμου, τα κράτη είχαν ελλείψεις στο φυσικό αέριο. Το γεγονός αυτό οδήγησε τον εφευρέτη Merle Williams από την Καλιφόρνια να αναπτύξει το δικό του ηλεκτρικό ποδήλατο (e-bike) που έφερε ένα μονότροχο ρυμουλκούμενο. Το όχημά του σημείωσε επιτυχία σε πωλήσεις στις ΗΠΑ με αποτέλεσμα την έναρξη της συνεργασίας του με την εταιρεία Marketeer Company, η οποία είναι ακόμη σε λειτουργία με την ονομασία ParCar Corp και κατασκευάζει ηλεκτρικά οχήματα.

Την ίδια περίοδο η ευρωπαϊκή εταιρία του Βελγίου, Sokovel, προχώρησε στην παραγωγή και πώληση 400 ηλεκτρικών οχημάτων. [13]

Μετά τη δεκαετία του '60 αναπτύχθηκε περαιτέρω η τεχνολογία των ηλεκτρικών πατινιών με αλκαλικές κυψέλες καυσίμου εντός του ηλεκτρικού τους κινητήρα. Τότε ακριβώς κυκλοφόρησαν ευρέως τα πρώτα ηλεκτρικά οχήματα.

Ο χημικός Karl Kordesch, το 1967, κατασκεύασε ένα υβριδικό πατίνι με χρήση βενζίνης και ηλεκτρικού ρεύματος. Το εν λόγω πατίνι είχε ικανοποιητική αυτονομία άνω των 300Km και μπορούσε να αναπτύσσει ταχύτητα έως και 40Km/h.



**ΕΙΚΟΝΑ 5: ΤΟ ΜΟΤΟΠΟΔΗΛΑΤΟ ΣΚΟΟΤΑΜΟΤΑ**

(Πηγή: [13])

Ορισμένα χρόνια αργότερα, το 1974, η εταιρία Auranthic Corp, κατασκεύασε το ηλεκτρικό πατίνι Charger που διαθέτει αυτονομία περίπου 80Km και ανέπτυξε μέγιστη ταχύτητα άνω των 45Km/h.

Φθάνοντας στη δεκαετία του 90, η Γαλλική εταιρία Peugeot έφερε την επανάσταση στον τομέα των ηλεκτρικών πατινιών προωθώντας στην αγορά τη γνωστή διορατική Γαλλίδα με όνομα: Peugeot Scoot'Elec. Το Peugeot Scoot'Elec είχε μπαταρία Νικελίου-Καδμίου (Ni-Cd) και ανέπτυξε μέγιστη ταχύτητα 40Km/h.



**ΕΙΚΟΝΑ 6: ΤΟ PEUGEOT SCOOT' ELEC**

(Πηγή: [14])

Η Peugeot βασιζόμενη στην πολυετή της εμπειρία, το 2011, εμφάνισε ένα ακόμα ηλεκτρικό σκούτερ, το E-Vivacity, με μπαταρίες ιόντων Κοβαλτίου- Λιθίου (Cb-Li) και αυτονομία έως 100 km. [14]

Είναι σαφές ότι τα τελευταία χρόνια έχουν γίνει αξιοσημείωτες προσπάθειες περαιτέρω βελτίωσης της επίδοσης των ηλεκτρικών πατινιών. Η μεγαλύτερη καινοτομία είναι η ανάπτυξη της τεχνολογίας μπαταριών Λιθίου (Li) που προσφέρει μεγάλη απόδοση και αυτονομία στα πατίνια με δυνατότητα επαρκούς επαναφόρτισης.[15] Επιπλέον, έχουν γίνει παρεμβάσεις στο σχεδιαστικό τομέα των ηλεκτρικών πατινιών.

Τέλος, είναι πλέον αρκετές οι εταιρίες, οι οποίες έχουν μπει δυναμικά στον τομέα των πωλήσεων ηλεκτρικών πατινιών, δεδομένου ότι το αγοραστικό κοινό αναγνωρίζει πολλά μεγάλα πλεονεκτήματα. Ορισμένα από αυτά είναι το μικρό σχετικά κόστος αγοράς, η εύκολη μεταφορά τους λόγω του μικρού τους βάρους, καθώς επίσης και το χαμηλό κόστος συντήρησης. Όλοι αυτοί οι παράγοντες έχουν οδηγήσει ένα σημαντικό ποσοστό πολιτών της κοινωνίας, που έχουν επίσης και περιβαλλοντικές ευαισθησίες, στην αγορά ηλεκτρικών πατινιών. [13]

## 2.3 Ηλεκτρικά πατίνια και μικροκινητικότητα

Με την ταχύτατη ανάπτυξη της λεγόμενης διαμοιραζόμενης κινητικότητας (shared mobility), προετοιμάστηκε η εντυπωσιακή είσοδος των ηλεκτρικών πατινιών στην αγορά. Ο σκοπός ήταν η κάλυψη των αναγκών των πολιτών για όσο το δυνατόν πιο οικονομική, άνετη κι ευέλικτη δυνατότητα μετακίνησης στους αστικούς δρόμους. Επιπλέον, συνιστά έναν άκρως διασκεδαστικό τρόπο μετακίνησης εντός των πόλεων. [16]

Τα περισσότερα ηλεκτρικά ή ηλεκτρονικά είδη κατασκευάζονται στην Κίνα. Ομοίως και τα ηλεκτρικά πατίνια. Το εργοστάσιο που κατά κανόνα κατασκευάζει ηλεκτρικά πατίνια έχει βάση το Πεκίνο και είναι το Ninebot. Από το 2018 που ξεκίνησε την μαζική παραγωγή ηλεκτρικών πατινιών εμφανίζει διαρκή αύξηση των πωλήσεων.

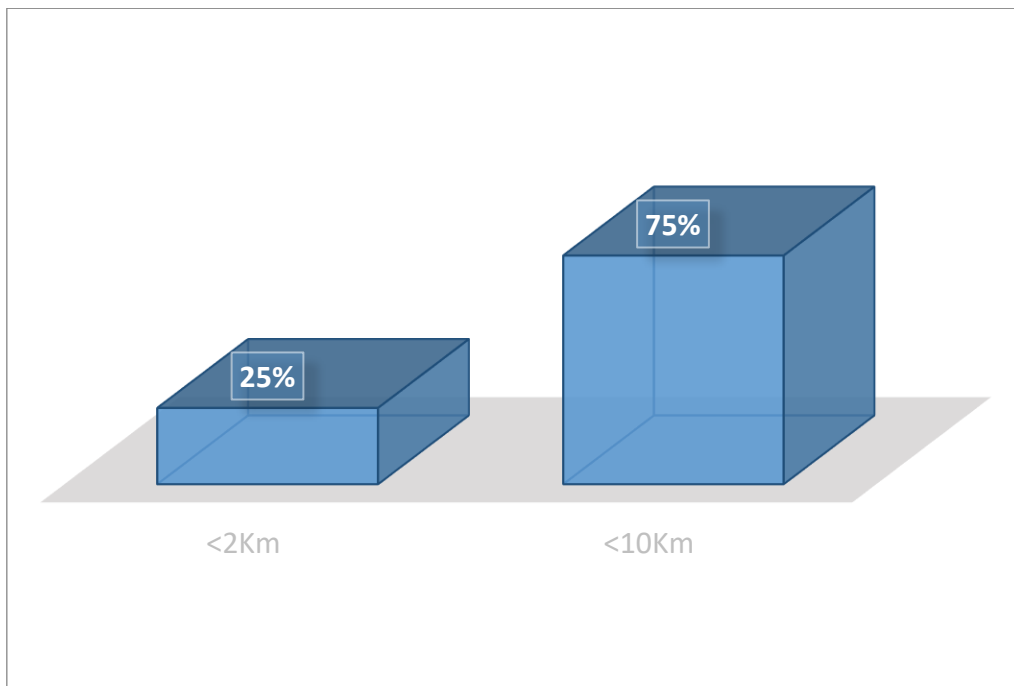
Έχουν ιδρυθεί αρκετές start-up εταιρείες, προσελκύοντας μεγάλα ποσά που ξεπερνούν το 1 δισεκατομμύριο. Έως το 2025, εκτιμάται ότι η παγκόσμια αγορά παροχής ηλεκτρικών πατινιών θα περιλαμβάνει έως και 50 δισεκατομμύρια ηλεκτρικά οχήματα (ποδήλατα, πατίνια κλπ.). [16]

Εντούτοις, υφίστανται αρκετοί ανασταλτικοί παράγοντες που λειτουργούν ανασταλτικά στην ανάπτυξη του εν λόγω τομέα. Συγκεκριμένα, θα πρέπει να βελτιστοποιηθεί περαιτέρω η τεχνολογία τους (οι μπαταρίες, η ασφάλεια κλπ.). Ταυτόχρονα, με την αύξηση της κυκλοφορίας των ηλεκτρικών πατινιών, επιβάλλεται να λυθούν ζητήματα αναφορικά με την θεσμοθέτηση κανόνων και νομικού πλαισίου για την κυκλοφορία τους.

Με άλλα λόγια, θα πρέπει να ενισχυθεί το πλαίσιο αναφορικά με τη δημόσια ασφάλεια. Επιπλέον, πρέπει να ρυθμιστεί η στάθμευση, οι άδειες λειτουργίας των εταιριών που παράγουν τα ηλεκτρικά πατίνια και ενδεχομένως να θεσμοθετηθεί η ασφάλιση των χρηστών.

Έτσι, λοιπόν, το κομβικό ζήτημα είναι η υπέρβαση των όποιων εμποδίων και η εδραίωση των ηλεκτρικών οχημάτων γενικά στο χώρο της μικροκινητικότητας. [16]

Περίπου το 25% όλων των προσωπικών διαδρομών καλύπτουν απόσταση μικρότερη των 2km, και το 75% είναι λιγότερο από 10km. Τα ηλεκτρικά πατίνια καλύπτουν συνηθώς αποστάσεις από 0,5km έως 4km, οι οποίες ισοδυναμούν με περπάτημα από 5 έως 45 λεπτά.



**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 1: ΚΑΛΥΨΗ ΠΡΟΣΩΠΙΚΩΝ ΔΙΑΔΡΟΜΩΝ**

(Πηγή: ίδια κατασκευή)

Επομένως, τα ηλεκτρικά πατίνια δύνανται να χρησιμοποιούνται σε ένα μεγάλο πλήθος μετακινήσεων εντός των πόλεων. Θεωρείται πιο οικονομική λύση από το λεγόμενο "ride-sharing", ενώ δεν απαιτείται χρόνος για την εύρεση σημείου στάθμευσης. Επιπλέον, οι χρήστες δεν κουράζονται σωματικά. [16]

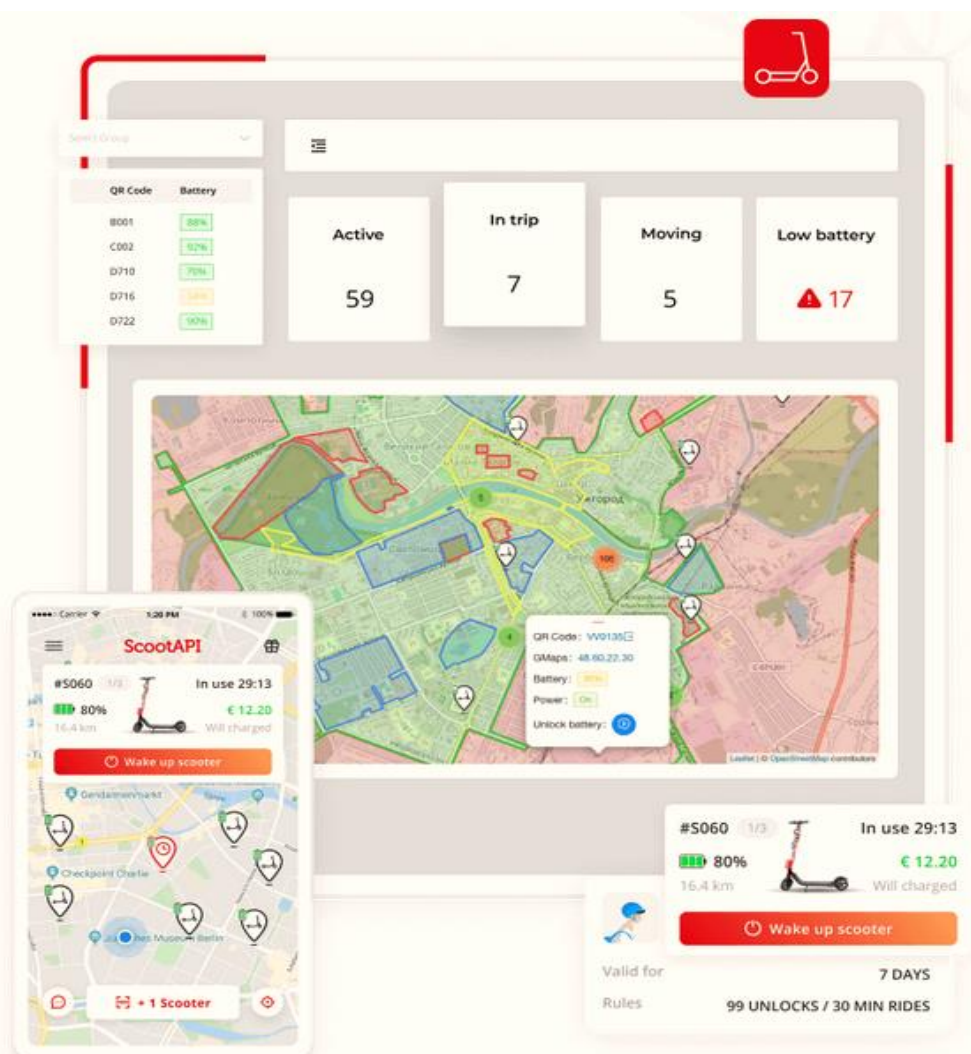
Πρέπει να σημειωθεί ότι τα ηλεκτρικά πατίνια έχουν και σημαντικούς περιορισμούς. Δεν θεωρούνται ιδιαίτερα εύχρηστα σε πόλεις που έχουν μεγάλες κλίσεις ή διαθέτουν πλακόστρωτους δρόμους. Ακόμη, για τη χρήση τους απαιτείται να είναι καλές οι καιρικές συνθήκες.

Επιπροσθέτως, η ανάπτυξη των ηλεκτρικών πατινιών εντάσσεται στην ευρύτερη τάση της υιοθέτησης της μικροκινητικότητας. Η μικροκινητικότητα συνδέεται με τη χρήση μικρών οχημάτων, τα οποία λειτουργούν είτε με την κίνηση του σώματος είτε με την αξιοποίηση ηλεκτρικού ρεύματος (ηλεκτρικό ποδήλατο, πατίνι ή μοτοποδήλατο).

Τα οχήματα μικροκινητικότητας έχουν αποκτήσει σαφές προβάδισμα σε σχέση με τα συμβατικά οχήματα που κυκλοφορούν στις πόλεις. Το προβάδισμα αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι αποσυμφορίζουν τα αστικά οδικά δίκτυα. Επίσης δύνανται να χρησιμοποιούνται συνδυαστικά με τα μέσα μαζικής μεταφοράς. Ενδεικτικά, μπορεί να χρησιμοποιείται ηλεκτρικό πατίνι μέχρι το σταθμό του τρένου.

Επιπροσθέτως, στο πλαίσιο της μικροκινητικότητας, εδώ και πάνω από μία πενταετία, αρκετές εταιρείες έχουν ξεκινήσει να παρέχουν υπηρεσίες ενοικίασης ηλεκτρικών (ή μη) ποδηλάτων.

Ακόμη, εταιρείες που δραστηριοποιούνται στο χώρο των ποδηλάτων, ενώ παλαιότερα χρησιμοποιούσαν σταθμούς για τα ποδήλατα, ξεκίνησαν τις έρευνες για την υλοποίηση διαφορετικών επιχειρηματικών μοντέλων. Στόχος τους είναι η αναβάθμιση των στόλων τους και η χρήση της τεχνολογίας "lock-to", σύμφωνα με την οποία οι χρήστες κλειδώνουν τα ποδήλατά τους οποιοδήποτε εντός της πόλης, δίχως να απαιτείται η ύπαρξη συγκεκριμένου σταθμού parking. Για παράδειγμα, το 2017, η εταιρία Bird των ΗΠΑ, εφάρμοσε το μοντέλο της υπηρεσίας ενοικίασης ηλεκτρικών πατινιών με τη βοήθεια εφαρμογής (application) σε έξυπνα κινητά.



**ΕΙΚΟΝΑ 7: ΕΦΑΡΜΟΓΗ SCOOTAPI ΓΙΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΠΑΤΙΝΙΩΝ**

(Πηγή: [17])

Τέλος, αναφορικά με την μικροκινητικότητα στην Ελλάδα, πριν πάνω από μια τριετία, εμφανίστηκαν τα πρώτα ηλεκτρικά πατίνια στην πόλη της Αθήνας, της Θεσσαλονίκης, αλλά και άλλων έξυπνων πόλεων της Αττικής, όπως το Μαρούσι, η Κηφισιά κλπ. Ο στόχος αφορά στην αποφόρτιση των εμπορικών κέντρων με την υπηρεσία ενοικίασης e-scooter. Οι χρήστες μέσω της εν λόγω εφαρμογής, εντοπίζουν το πιο κοντινό ηλεκτρικό πατίνι ή ποδήλατο, το ξεκλειδώνουν και εκτελούν τις διαδρομές που επιθυμούν. [18]

## 2.4 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα

Έχουν αναλυθεί σε μελέτες τα πλεονεκτήματα που προκύπτουν από τη λειτουργία των ηλεκτρονικών πατινιών στις πόλεις. Οι Fang et al. (2019) [19] αναφέρουν ότι ελευθερώνονται σημαντικά οι θέσεις στάθμευσης. Ακόμη, οι Smith & Schwieterman (2018) [20] συζητούν την πιθανή αντικατάσταση συγκεκριμένων χρήσεων των συμβατικών οχημάτων από το ηλεκτρικό πατίνι.

Οι Hollingsworth et al. (2019) [21] διαπίστωσαν ότι μειώνονται οι ρύποι από την εκπομπή του διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>). Ακόμη μειώνεται η ηχορύπανση.

Επιπλέον, οι Shunhua & Junfeng (2020) [22] περιγράφουν σε έρευνά τους το μερίδιο της αγοράς που έχουν καταλάβει τα κοινόχρηστα ηλεκτρικά πατίνια από τις υπηρεσίες κοινοχρησίας ποδηλάτων λόγω της ευέλικτης τιμολόγησης των ηλεκτρικών πατινιών με έμφαση στις μικρές διαδρομές.

Επιπροσθέτως, σε έρευνες εξάγονται και μειονεκτήματα, που όμως μπορούν να αντιμετωπιστούν. Ενδεικτικά οι Trivedi et al. (2019) [23] διαπίστωσαν την ανεπαρκή εκπαίδευση των χρηστών αναφορικά με την ασφάλεια με συνέπεια την πρόκληση τραυματισμών.

Ακόμη, άλλες έρευνες αμφισβητούν τη μείωση της κυκλοφοριακής συμφόρησης με τη χρήση ηλεκτρικών πατινιών ή ποδηλάτων, δεδομένου ότι επιλέγονται συχνά αντί του περπατήματος. [24]

Ταυτόχρονα, ορισμένοι μελετητές εκφράζουν σκεπτικισμό εκφράζοντας ενστάσεις ακόμα και ως προς τον οικολογικό χαρακτήρα των ηλεκτρικών οχημάτων. Συγκεκριμένα, οι Hollingsworth et al (2019) [25] εξήγαγαν το συμπέρασμα ότι εφόσον τα ηλεκτρικά πατίνια δεν επιβαρύνουν το περιβάλλον με άμεσο τρόπο, η ρύπανση που προκύπτει π.χ. από τη φόρτισή τους και η διαμοίρασή τους εντός της πόλης είναι πιο μεγάλη συγκριτικά με την επιλογή της μετακίνησης π.χ. με λεωφορείο ή με συμβατική μηχανή.

Τέλος, οι Hardt & Bogenberger (2019) [26], στην έρευνά τους, δίνουν έμφαση στο μικρή ικανότητα για τη μεταφορά των αποσκευών με ηλεκτρικά πατίνια.



Βάσει των ανωτέρω, είναι ξεκάθαρο ότι το ηλεκτρικό πατίνι αποτελεί ένα ιδιαίτερα εύκολο, ευέλικτο και γρήγορο μέσο μετακίνησης που προορίζεται για την κάλυψη μικρών αποστάσεων. Με τη χρήση της εφαρμογής στο κινητό, ο χρήστης μπορεί να ξεκλειδώνει το ηλεκτρικό του πατίνι. Ακόμη, παρκάρει σε οποιοδήποτε σημείο επιθυμεί, αρκεί να ακολουθεί τις σχετικές οδηγίες.

Τα ηλεκτρικά πατίνια συνδυάζονται και με άλλα μέσα κατά την κάλυψη των διαδρομών του τελευταίου μιλίου. Π.χ. ο χρήστης δύναται να χρησιμοποιεί το ηλεκτρικό του πατίνι, προκειμένου να φτάσει στο σταθμό του τρένου και αντίστοιχα να εξέλθει από τον σταθμό, ώστε να φτάσει στη δουλειά.

Τα ηλεκτρικά πατίνια είναι χρήσιμα, δεδομένου ότι δεν απαιτείται η τοποθέτησή τους σε συγκεκριμένο χώρο στάθμευσης. Επίσης, επειδή πρόκειται για ενοικιαζόμενα ή δανειζόμενα μέσα, οι χρήστες δεν έχει το φόβο κλοπής ή φθοράς.

Σε μικρές αποστάσεις αποτελεί μια αρκετά φθηνή λύση. Το κόστος (σε περίπτωση ενοικίασης) δεν ξεπερνά το 1 €, προκειμένου να ξεκλειδώσει το ηλεκτρικό πατίνι και περίπου 15 έως 20 cents για κάθε λεπτό χρήσης του. Αυτό σημαίνει ότι για μία διαδρομή που π.χ. με ένα ταξί θα μπορούσε να κοστίζει περίπου 4 ευρώ, ο χρήστης του ηλεκτρικού πατινιού φτάνει πιο σύντομα και μάλιστα με το μισό κόστος.

Στο σημείο αυτό, να σημειωθεί ότι οι χρήστες αναφέρουν ότι πρόκειται για διασκεδαστικές διαδρομές, ενώ παράλληλα αισθάνονται ότι συνεισφέρουν στην προστασία του περιβάλλοντος και στην αποσυμφόρηση της πόλης που ζουν. [27]

Σε σχέση με τις εταιρίες διαχείρισης των ηλεκτρικών οχημάτων, εκτιμάται ότι θα κατέχουν μερίδιο στην αγορά της τάξης των 200 έως και 300 δισεκατομμυρίων δολαρίων σε Ευρώπη και Αμερική, αντίστοιχα έως το 2030. [6], [28]

Βάσει των ανωτέρω, είναι σαφές ότι υφίσταται σαφής τάση για τη μείωση του δείκτη ιδιοκτησίας ιδιωτικών οχημάτων, που συνδέεται με την αστικοποίηση. Το γεγονός αυτό αποτελεί ευκαιρία για τις εταιρίες που δραστηριοποιούνται στο χώρο της ηλεκτροκίνησης, ώστε να εδραιωθούν περαιτέρω, επιτείνοντας την αντικατάσταση των συμβατικών οχημάτων εντός των αστικών δρόμων.

Μέσω της λειτουργίας των ηλεκτρικών πατινιών, οι εταιρίες έχουν τη δυνατότητα συλλογής μεγάλου όγκου δεδομένων αναφορικά με τις μετακινήσεις των πολιτών στις πόλεις. Οι εν λόγω πληροφορίες που συλλέγονται δύναται να αξιοποιηθούν κατάλληλα από τις εταιρίες. Με αυτόν τον τρόπο, μπορούν να συμβάλλουν στη διαμόρφωση ενός όσο το δυνατόν πιο αποτελεσματικού σχεδιασμού των μετακινήσεων μέσα στις πόλεις. Ακόμη, προκύπτουν ευκαιρίες για τη δημιουργία νέων θέσεων εργασίας, δεδομένου ότι η διαδικασία συλλογής και επαναφόρτισης των ηλεκτρικών πατινιών που βρίσκονται διάσπαρτα στην πόλη, είναι

χρονοβόρα και απαιτεί εργατικά χέρια, ώστε να μπορούν χρησιμοποιηθούν εκ νέου από τους πολίτες την επόμενη μέρα. [27]

Διαπιστώνεται ότι η βιομηχανία των ηλεκτρικών πατινιών αναπτύσσεται με ραγδαίο ρυθμό. Εντούτοις, οι εταιρίες, θέτοντας το στόχο για την όσο το δυνατόν πιο ταχεία εδραίωσή τους στην αγορά, ενδέχεται να παραβλέπουν τεχνικές ή άλλες δυσκολίες. Το γεγονός αυτό δύναται να οδηγήσει στην κατασκευή πατινιών με ελαττωματικά στοιχεία. Επιπλέον, τα λογισμικά που παρέχουν μπορεί να είναι ατελές. Ενδεικτικό παράδειγμα είναι η ανακοινώσεις απόσυρσης ή ανάκλησης ηλεκτρικών πατινιών από εταιρίες εξαιτίας κατασκευαστικών παραλείψεων ή ατελειών που εκτός από πιθανή βλάβη, έφεραν τον κίνδυνο πρόκλησης πυρκαγιάς. Γι' αυτό το λόγο και η εταιρία παραγωγής ηλεκτρικών πατινιών Lime, προέβη στην ανακοίνωση ανάκλησης 2.000 ηλεκτρικών πατινιών για λόγους ασφαλείας. [29]

Ένα άλλο ζήτημα που συνδέεται με την γρήγορη εξάπλωση κι εξέλιξη των εν λόγω εταιρειών, είναι η απουσία ρυθμιστικού πλαισίου για την λειτουργία τους ή η παρουσία κενών στους θεσπισμένους κανόνες λειτουργίας τους.

Επιπλέον, επιβάλλεται, οι εταιρείες να ξεπεράσουν τη λογική της παραγωγής ανεξαρτητών των θεσπισμένων κανόνων. Δεν πρέπει να έχουν την προσδοκία της έμμεσης επιβολής ή διαμόρφωσης προς τις κυβερνήσεις ή τις τοπικές αρχές των κανόνων βάσει των τεχνικών προδιαγραφών που ήδη ισχύουν. Με άλλα λόγια δεν πρέπει να ξεκινά η λειτουργία τους στην αγορά και εν συνεχεία να επιχειρείται η επίλυση των νομικών ζητημάτων που ανακύπτουν. Ενδεικτικό παράδειγμα είναι ότι το 2018, οι εταιρίες Bird, Lime και Spin προχώρησαν αρχικά στην παραγωγή πατινιών χωρίς να έχουν την απαραίτητη άδεια λειτουργίας. [28]

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι υφίστανται από αρκετούς, έντονες αντιρρήσεις αναφορικά με τον οικολογικό χαρακτήρα της χρήσης των ηλεκτρικών πατινιών. Το πιο σημαντικό σημείο συζήτησης και προβληματισμού αφορά στον τύπο των μπαταριών. Συγκεκριμένα, οι μπαταρίες Λιθίου (Li) πρέπει να αντικαθίστανται ανά περίπου 1000 φορτίσεις κατά το μέγιστο και σύμφωνα με τις οδηγίες της κατασκευάστριας εταιρίας. Ακόμη, παρά το γεγονός ότι οι εταιρείες εφαρμόζουν προγράμματα ανακύκλωσης των μπαταριών εξαρτάται ισχυρά από τη διαθεσιμότητα των μονάδων ανακύκλωσης στην κάθε περιοχή. [27]

Τέλος, είναι αρκετοί όσοι θέτουν τους προβληματισμούς τους αναφορικά με την ανάγκη συλλογής και επαναφόρτισης των ηλεκτρικών πατινιών. Συγκεκριμένα, θέτουν το ζήτημα ότι η συλλογή λαμβάνει χώρα συχνά με συμβατικά μέσα. [27]

## 2.5 Κίνδυνοι κατά τη χρήση των ηλεκτρικών πατινιών

Είναι γεγονός ότι η χρήση ηλεκτρικών πατινιών έχει μεγάλη πιθανότητα πρόκλησης ατυχημάτων. Τα ατυχήματα μπορεί να προκληθούν με ποικίλους τρόπους. Π.χ. ένα όχημα να χτυπήσει το χρήστη του ηλεκτρικού πατινιού ή ένας πεζός να χτυπηθεί από έναν χρήστη με ηλεκτρικό πατίνι κοκ. Ακόμη, συχνά προκαλούνται ατυχήματα λόγω κακοτεχνιών στο οδόστρωμα ή εξαιτίας τεχνικών προβλημάτων στο πατίνι.

Είθισται η ευθύνη να αποδίδεται στα άτομα που έχουν προκαλέσει το ατύχημα. Επιπλέον, η εταιρείες που παρέχουν ή νοικιάζουν τα ηλεκτρικά πατίνια ή οι οδηγοί τους μπορούν να θεωρηθούν ως υπεύθυνοι για έναν τραυματισμό. Εντούτοις, θεωρείται οξύμωρο το γεγονός ότι παγκοσμίως, δεν προβλέπεται από την νομοθεσία ασφάλεια αστικής ευθύνης, προκειμένου να χρησιμοποιούνται τα ηλεκτρικά πατίνια. [30]

Μέχρι τώρα έχουν καταγραφεί αρκετά ατυχήματα με ηλεκτρικά πατίνια. Όταν ηλεκτρικό πατίνι με ταχύτητα 25Km/h προκαλέσει ατύχημα, στον οδηγό του μπορεί να προκληθούν σημαντικά τραύματα έως και θάνατο. [31]

Το πρώτο θανατηφόρο συμβάν με ηλεκτρικό πατίνι καταγράφηκε το 2018 στην Καλιφόρνια. Ο χρήστης πέθανε λόγω εσωτερικής αιμορραγίας στο κεφάλι. Ν σημειωθεί ότι δεν φορούσε κράνος. [30]

Μέσα σε μια πενταετία, οι θάνατοι από συγκρούσεις με ηλεκτρονικά πατίνια ή σκούτερ βαίνουν με τριπλασιασμό από έτος σε έτος. Τα ατυχήματα με ηλεκτρικά πατίνια έχουν αυξηθεί κατά 38% με έναν σημαντικό αριθμό ατυχημάτων να περιλαμβάνουν μόνο το ηλεκτρικό πατίνι χωρίς την εμπλοκή άλλων οχημάτων.

Επίσης, αναφορικά με τις ηλικίες, είναι αναμενόμενο ότι τα περισσότερα θύματα είναι άντρες παρά γυναίκες με ηλικία από 10 ετών έως και 39 ετών. [32]

# Κεφάλαιο 3: Τεχνολογία αναγεννητικού φρεναρίσματος στα ηλεκτρικά πατίνια

---

## 3.1 Αναγεννητικό φρενάρισμα

Το λεγόμενο αναγεννητικό φρενάρισμα (regenerative braking) συνιστά μηχανισμό ανάκτησης ενέργειας όταν ένα κινούμενο όχημα επιβραδύνεται λόγω πέδησης. Τότε η κινητική του ενέργεια δύναται να μετατραπεί σε άλλη μορφή που μπορεί είτε να χρησιμοποιηθεί άμεσα είτε να αποθηκευτεί έως ότου χρειαστεί.

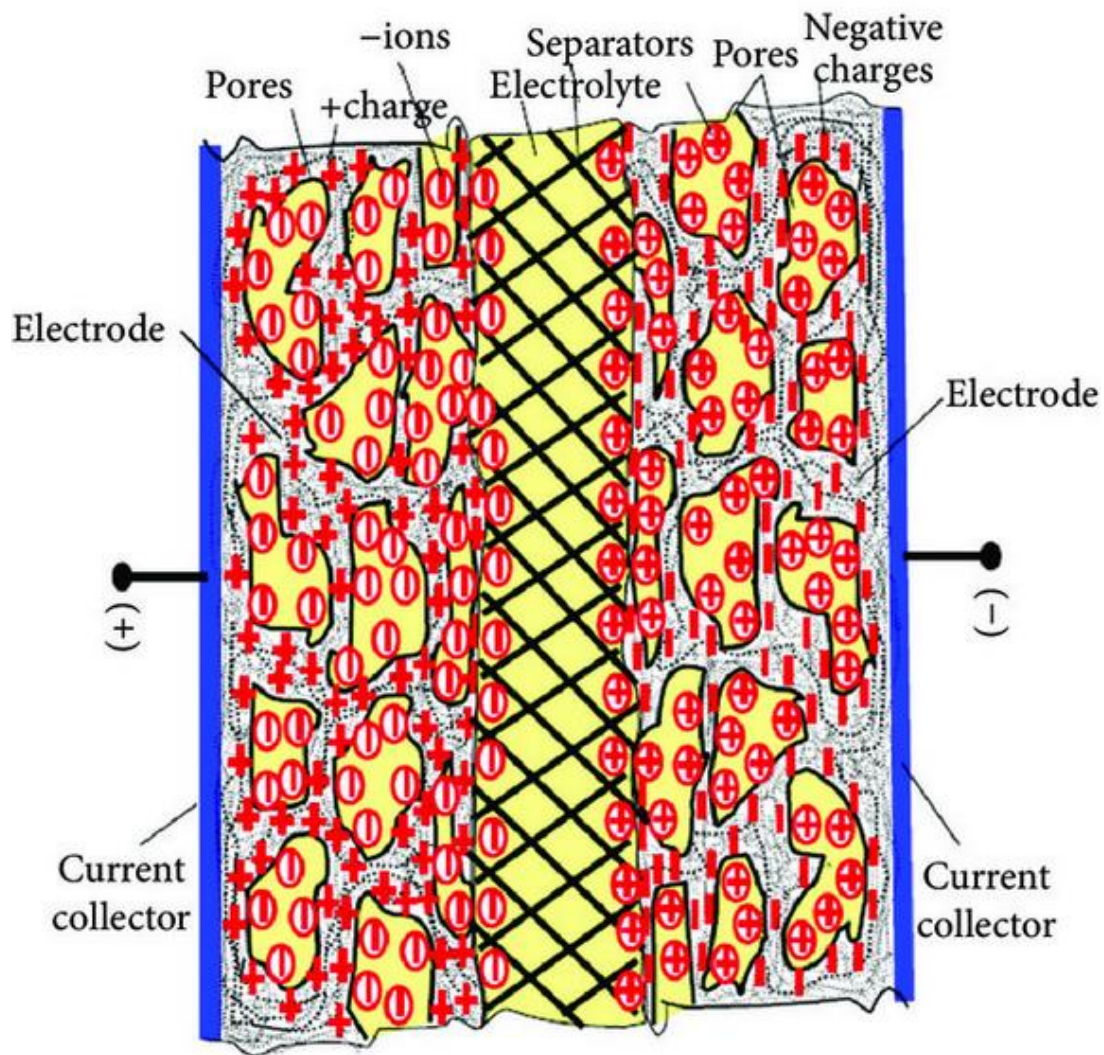
Η αναγεννητική πέδηση χρησιμοποιείται εδώ και πολύ καιρό σε ηλεκτρικά τρένα ή τραμ. Στις μέρες μας απαντάται και στα ηλεκτρικά οχήματα (EV) με σκοπό την εξοικονόμηση της ενέργειας. [33], [34]

Οι μπαταρίες ανακτούν την ενέργεια πέδησης. Επιπλέον, με την τοποθέτηση ενός υπερπυκνωτή ή συστοιχίας υπερπυκνωτών, διατηρούνται τα πολλαπλά πλεονεκτήματα που παρέχουν τα ηλεκτροχημικά χαρακτηριστικά της μπαταρίας. Οι υπερπυκνωτές μεγάλης χωρητικότητας προσφέρουν έναν αποτελεσματικό τρόπο καταστολής των αιχμών των ρευμάτων που οφείλονται στην μπαταρία. Με αυτόν τον τρόπο, αυξάνεται και η διάρκεια ζωής της μπαταρίας. [35]

Οι υπερπυκνωτές έχουν εξαιρετικά μεγάλη διάρκεια ζωής. Επιπλέον, δεν είναι ιδιαίτερα μεγάλες οι απαιτήσεις για τη συντήρησή τους, ενώ ταυτόχρονα έχουν σημαντική ενεργειακή απόδοση σε χαμηλές θερμοκρασίες. Ωστόσο, το πιο σημαντικό στοιχείο τους είναι το γεγονός ότι είναι φιλικό στο περιβάλλον, δεδομένου ότι δεν περιλαμβάνονται χημικοί ηλεκτρολύτες κλπ.

Οι υπερπυκνωτές περιλαμβάνουν πορώδεις οπλισμούς διπλού στρώματος, βυθισμένους σε υγρό ηλεκτρολύτη ελεύθερων ιόντων. Η ενεργός τους επιφάνεια εσωτερικά είναι μεγάλη. Κατ' αυτόν τον τρόπο απορροφώνται τα ιόντα και αυξάνεται η πυκνότητα των φορτίων.

Τα ηλεκτρόδια φορτίζονται από αντίθετα φορτία. Έτσι δημιουργείται ηλεκτρικό πεδίο που συγκρατεί τα φορτία. Αυτό συνεπάγεται την δημιουργία χωρητικότητας μεταξύ των ιόντων και της εσωτερικής επιφάνειας του οπλισμού των υπερπυκνωτών. [36]



ΕΙΚΟΝΑ 8: ΥΠΕΡΠΥΚΝΩΤΗΣ

(Πηγή: [36])

Ακόμη, αναφορικά με τις συμβατικές ηλεκτροχημικές κυψέλες των μπαταριών, θεωρούνται ευαίσθητες στην απώλεια θερμότητας υπό συνθήκες υψηλής φόρτισης. Επίσης, η παροχή ιδιαίτερα υψηλής ισχύος από την μπαταρία κρίνεται ως επιζήμια για τον κύκλο ζωής της και επομένως μειώνει και την απόδοσή της. [35]

Στην εν λόγω ενότητα μελετάται το ηλεκτρικό πατίνι της Εικόνας 9.



**ΕΙΚΟΝΑ 9: ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΠΑΤΙΝΙ ΜΕ ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΝΑΓΕΝΝΗΤΙΚΗΣ ΠΕΔΗΣΗΣ**

(Πηγή: [35])

### **3.2 Τεχνικά χαρακτηριστικά ηλεκτρικού πατινιού**

Τα κύρια τεχνικά χαρακτηριστικά του ηλεκτρικού πατινιού φαίνονται στον Πίνακα 1.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 1: ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΠΑΤΙΝΙΟΥ**

<b>Παράμετροι</b>	<b>Τιμές</b>
<b>Μέγιστη ταχύτητα</b>	18km/h
<b>Κλίση Αναρρίχησης</b>	6° έως 10°
<b>Μήκος πέδησης</b>	<4m
<b>Μπαταρία</b>	12V12AH * 2

---

ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΠΑΤΙΝΙ

<b>Κινητήρας συνεχούς τάσης</b>	24V, 350W
<b>Επαναφόρτιση</b>	6 – 8 ώρες
<b>Διαστάσης ρόδας</b>	10" x 3,5"
<b>Ελεγκτής Κινητήρα</b>	24V/Speed
<b>Συστοιχία υπερπυκνωτών</b>	6 × 3000 F
<b>Μετατροπείς συντονισμού DC-DC</b>	2

(Πηγή: [35])

Για λόγους εξοικονόμησης χώρου, χρησιμοποιήθηκε ένα πακέτο αποτελούμενο από έξι κυψέλες των 3.000 Farad (Boostcap3000P® Supercapacitor). Η κάθε κυψέλη έχει τάση 2,7 V. Επίσης διατίθεται κύκλωμα εξισορρόπησης, το οποίο είναι διασυνδεδεμένο στο επάνω άκρο όπως φαίνεται στην Εικόνα 10.



**ΕΙΚΟΝΑ 10: ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ ΠΥΚΝΩΤΩΝ**

(Πηγή: [35])

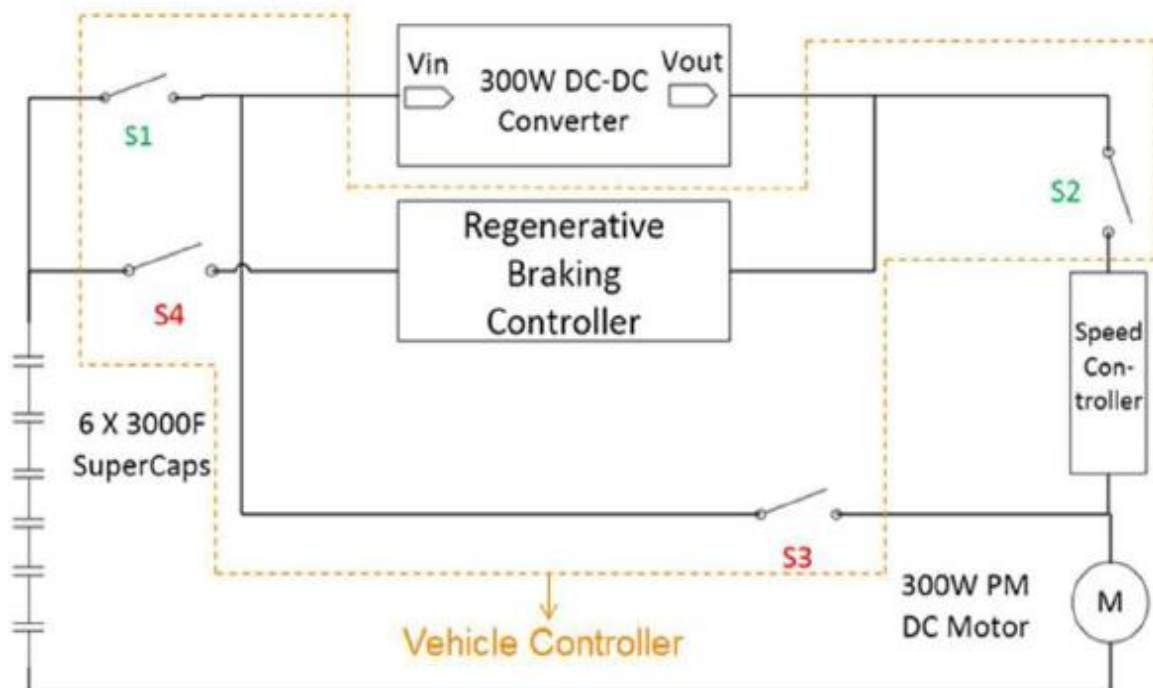
Εδώ το πρόβλημα που παρουσιάζεται στο σύστημα μας είναι ότι η μπαταρία σε ένα απότομο φρενάρισμα δεν μπορεί να απορροφήσει όλη την ενέργεια που μας παρέχει ο κινητήρας. Εδώ θα μας δώσουν την λύση η υπερπυκνωτές οι οποίοι μπορούν να αποθηκεύσουν μεγάλη ποσότητα ηλεκτρικής ενέργειας σε πάρα πολύ μικρό χρονικό διάστημα. Επίσης μαζί με αυτό, θα έχουμε και μεγάλη ανύψωση του ρεύματος το οποίο μπορεί να βλάψει και να υπερθερμάνει τις μπαταρίες μας. Άρα με την χρήση των πυκνωτών αποφεύγουμε και το φαινόμενο της υπερθέρμανσης των μπαταριών από το υψηλό ρεύμα και σαν αποτέλεσμα έχουμε και την μεγαλύτερη διάρκεια ζωής της μπαταρίας.

Ο ελεγκτής πέδησης πρέπει να είναι σε θέση να [35]:

- επιλέγει τις λειτουργίες για την οδήγηση του ηλεκτρικού πατινιού (επιτάχυνση - πέδηση) μέσω ενός μηχανικού διακόπτη που ρυθμίζει ο χρήστης.
- ενσωματώνει ένα (υπό)κύκλωμα για την εκτέλεση της αναγεννητικής πέδησης, όπου η αναφορά ρεύματος/ροπής πέδησης είναι ρυθμιζόμενη.
- διαθέτει ενσωματωμένα σημεία δοκιμών και μετρήσεων, προκειμένου να γίνεται περαιτέρω απόκτηση και ανάλυση των δεδομένων ή/και η αντιμετώπιση ενδεχόμενων προβλημάτων.

### 3.3 Ελεγκτής αναγεννητικής πέδησης

Ο ελεγκτής της πέδησης φαίνεται στο Σχήμα 1, όπου απεικονίζονται οι βασικές αρχές λειτουργίας του.

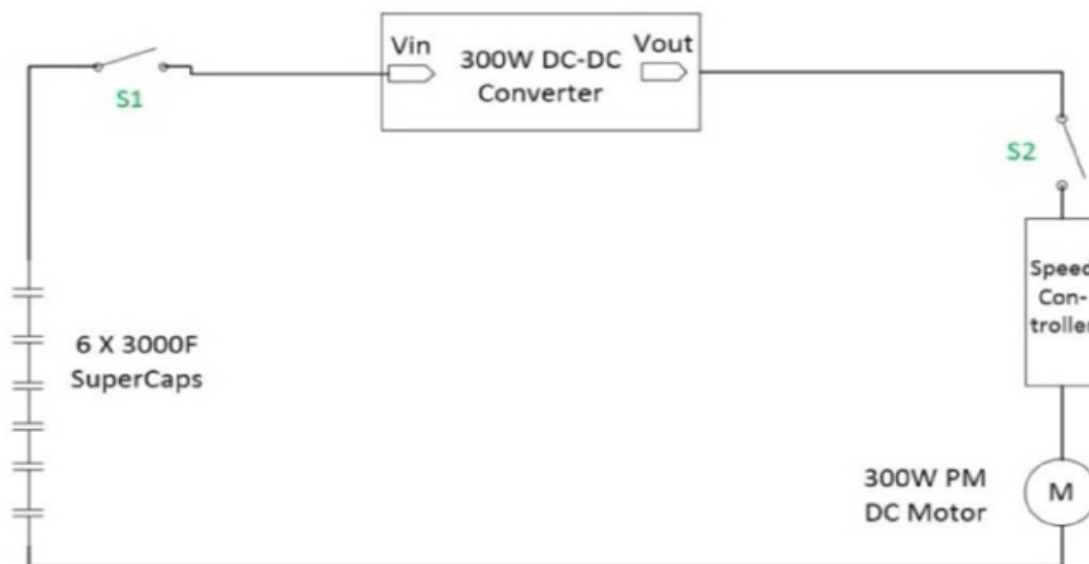




### ΣΧΗΜΑ 1: ΕΛΕΓΚΤΗΣ ΠΕΔΗΣΗΣ

(Πηγή: [35])

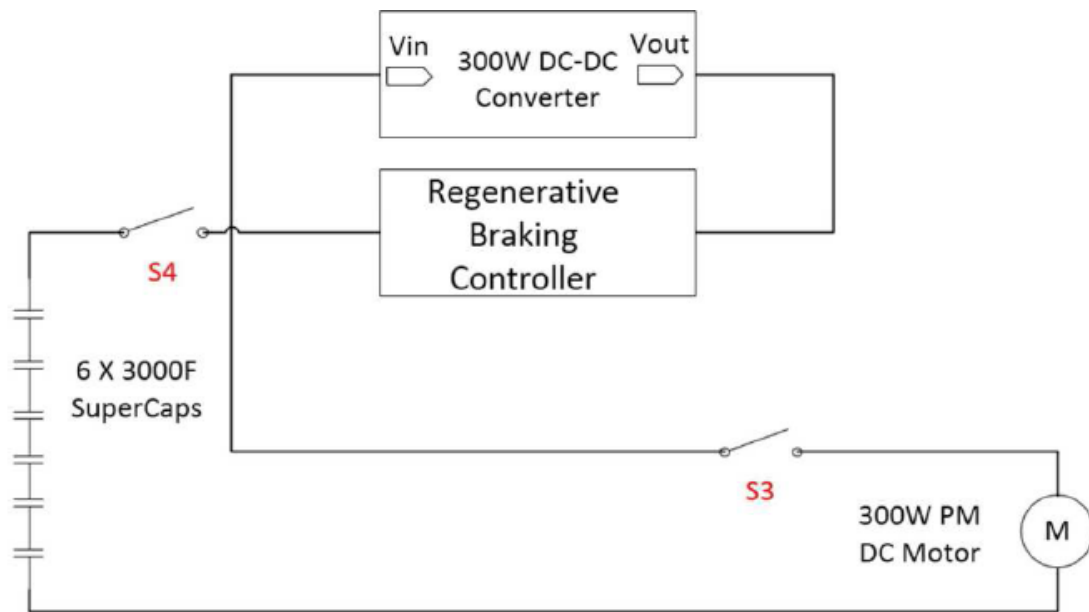
Ο ελεγκτής αποτελείται από τον ελεγκτή πέδησης και τέσσερις (4) διακόπτες ισχύος (S1~S4). Οι διακόπτες συνδυάζονται με διάφορες παραλλαγές (σχήματα 2 και 3).



### ΣΧΗΜΑ 2: ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΚΙΝΗΣΗΣ ΠΡΟΣ ΤΑ ΕΜΠΡΟΣ

(Πηγή: [35])

Κατά την κίνηση προς τα εμπρός, οι διακόπτες S1 και S2 κλείνουν και οι S3 και S4 ανοίγουν. Η ισχύς παρέχεται στον κινητήρα από τη συστοιχία των υπερπυκνωτών στον κινητήρα συνεχούς ρεύματος (dc) μέσω του μετατροπέα και του ελεγκτή ταχύτητας (Σχήμα 2).



**ΣΧΗΜΑ 3: ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΕΜΠΡΟΣΘΙΑΣ ΠΕΔΗΣΗΣ**

(Πηγή: [35])

Κατά την εμπρόσθια πέδηση, οι διακόπτες S3 και S4 κλείνουν και οι διακόπτες S1 και S2 ανοίγουν. Η ισχύς αποδίδεται από τον κινητήρα συνεχούς ρεύματος στον υπερπυκνωτή μέσω του μετατροπέα και του ελεγκτή πέδησης.

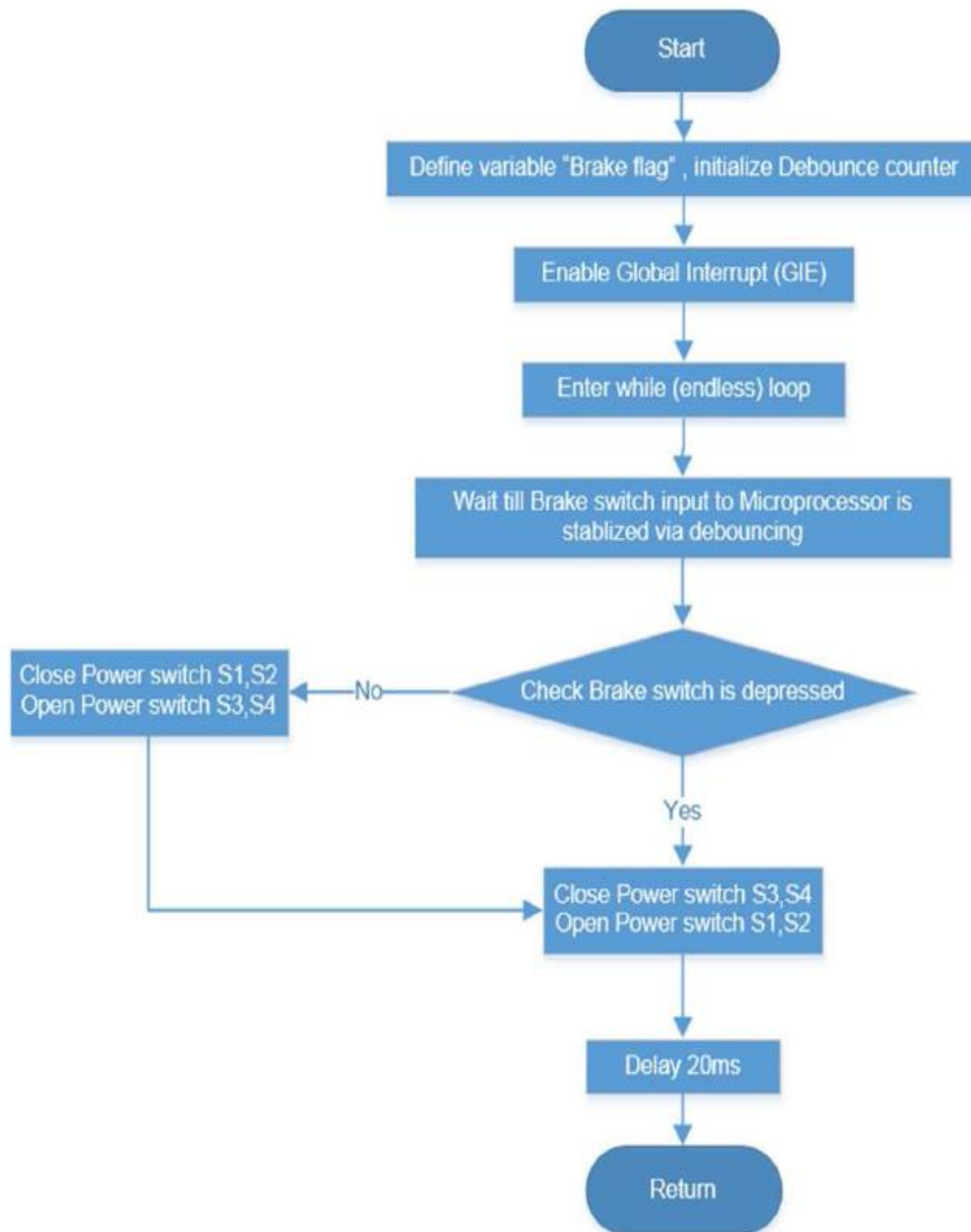
Το εύρος του ρεύματος εξόδου κυμαίνεται από 1A έως 7,5A και προκύπτει από το πηλίκο της πτώσης τάσης κατά μήκος της διόδου Schottky (D2) (περίπου 0,3 V) και την μεταβλητή αντίσταση trimpot (που κυμαίνεται από 0,3Ω έως 0,04Ω).

Να σημειωθεί ότι υφίσταται μικρή ποσότητα ισχύος στο τρανζίστορ NPN T1 λόγω της γραμμικότητας του ρυθμιστικού μηχανισμού. Αυτό το ζήτημα δύναται να μετριαστεί στην πράξη με την τοποθέτηση ενός ακόμη τρανζίστορ ισχύος NPN παράλληλα. Με αυτόν τον τρόπο, η θερμότητα που παίρνει το κάθε τρανζίστορ μειώνεται κατά 50%. Επιπλέον, χρησιμοποιείται η κατάλληλη ψήκτρα, η οποία συντελεί στη διάχυση της θερμότητας σε περίπτωση απότομου φρεναρίσματος. [35]

### 3.4 Μικροεπεξεργαστής

Η επιλογή των λειτουργιών οδήγησης και ο έλεγχος των 4 διακοπών ισχύος γίνεται μέσω μικροεπεξεργαστή. Ο μικροεπεξεργαστής διασφαλίζει, ώστε οι τέσσερις διακόπτες ισχύος (S1~S4) να ενεργοποιούνται με τη σωστή σειρά και τον κατάλληλο συνδυασμό σύμφωνα με τα δεδομένα από τις εισόδους. Αυτό επιτυγχάνεται με τη χρήση του μικροεπεξεργαστή PIC16F88 των 8-bit.

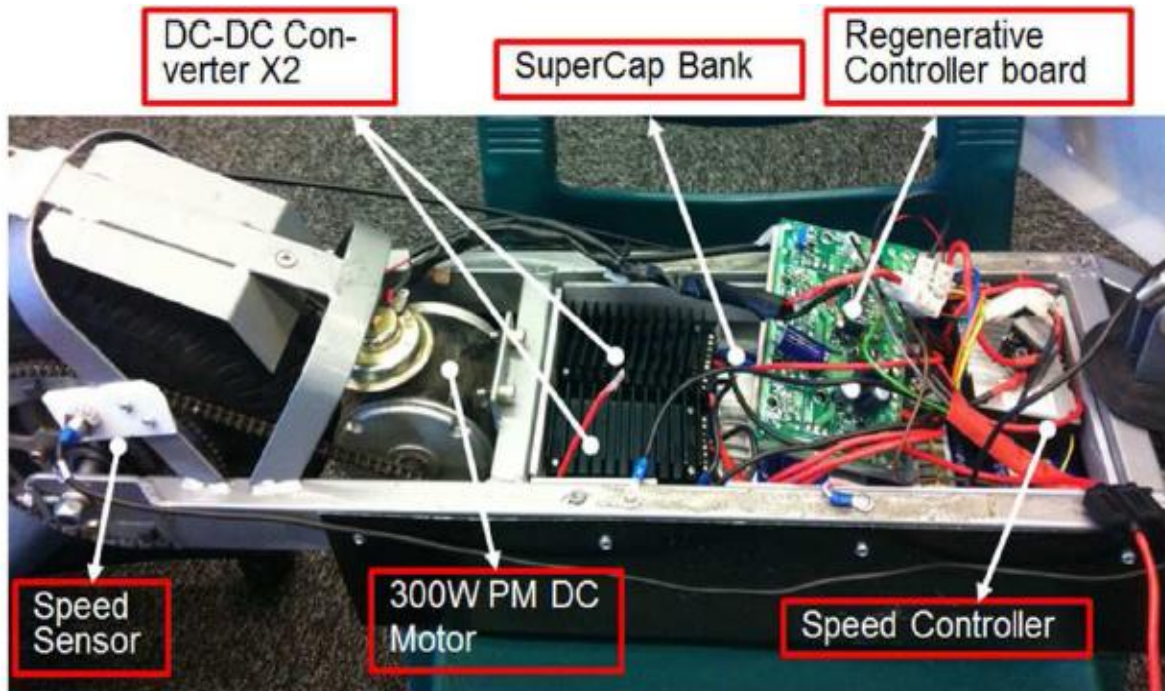
Το διάγραμμα του κύριου προγράμματος που περιγράφει την αρχή λειτουργίας, απεικονίζεται στο Διάγραμμα 2. Ο μικροεπεξεργαστής λαμβάνει μια ψηφιακή είσοδο μέσω ενός μηχανικού διακόπτη. Ο μηχανικός διακόπτης ρυθμίζεται, ώστε να εναλλάσσεται η λειτουργία της οδήγησης ανάμεσα στην επιτάχυνση και την πέδηση. Ο μικροεπεξεργαστής αποφασίζει για τις καταστάσεις των πολλαπλών εξόδων του, ώστε να ρυθμίζει περαιτέρω τον συνδυασμό των τεσσάρων διακοπών ισχύος. Ρυθμίζεται νεκρός χρόνος (dead time) στα 20ms, ώστε να αποφεύγεται η ταυτόχρονη ενεργοποίηση όλων των διακοπών. [35]



**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 2: ΚΥΡΙΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΠΟΥ ΠΕΡΙΓΡΑΦΕΙ ΤΗΝ ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ**

(Πηγή: [35])

Στην Εικόνα 11 περιλαμβάνονται όλα τα κύρια εξαρτήματα του συστήματος του ηλεκτρικού σκούτερ.



**ΕΙΚΟΝΑ 11: ΤΑ ΚΥΡΙΑ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΣΚΟΥΤΕΡ**

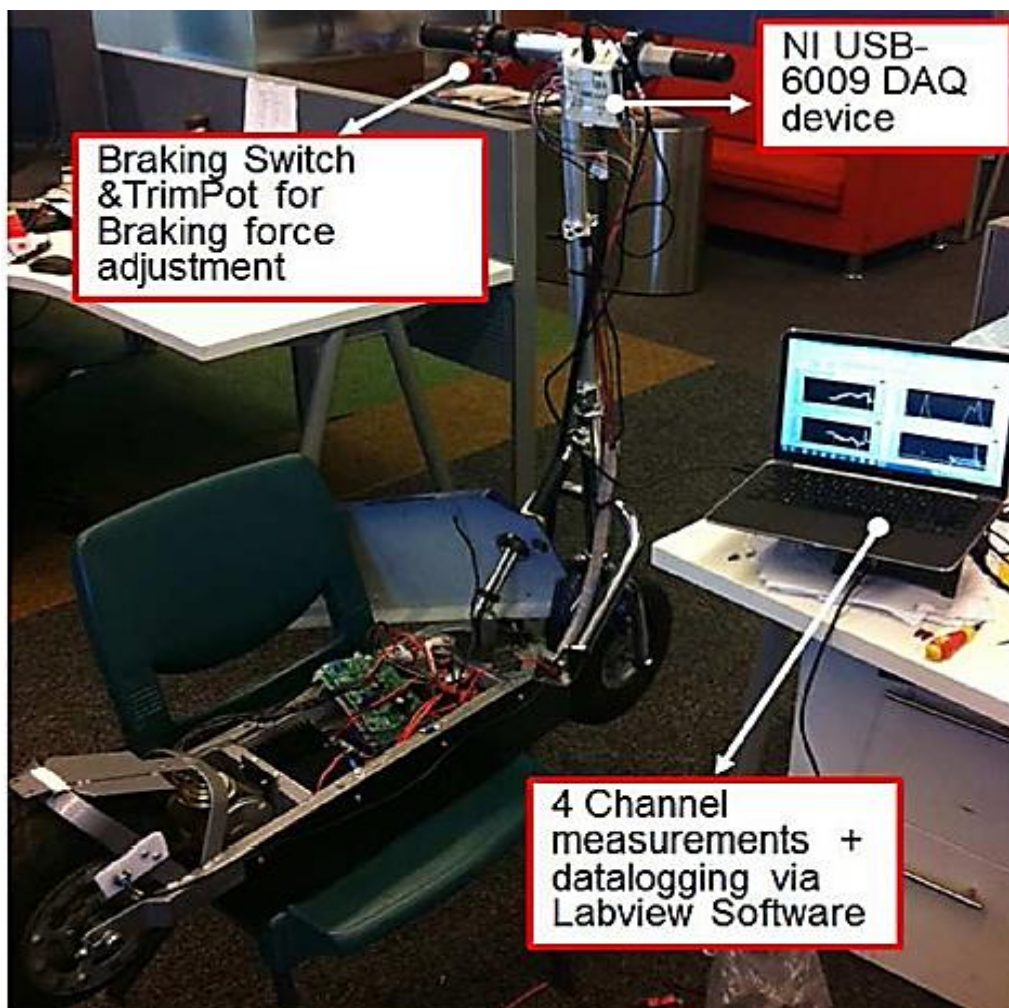
(Πηγή: [35])

### **3.5 Απόκτηση και μέτρηση δεδομένων**

Άλλο ένα σημαντικό ζήτημα που αφορά στο σύστημα αφορά στη μέτρηση και την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων. Κατ' αυτόν τον τρόπο, αναπτύσσεται η συσκευή λήψης δεδομένων (DAQ) USB-6009 της εταιρίας National Instrument (NI).

Ένας εξατομικευμένος αισθητήρας ταχύτητας έχει αναπτυχθεί αξιοποιώντας το φαινόμενο Hall. Περιλαμβάνει 12 μαγνήτες σταθερούς γύρω από τη στεφάνη του τροχού. Επομένως, ο αισθητήρας του φαινομένου Hall δημιουργεί 12 ακμές πτώσης ανά περιστροφή του τροχού με την έξοδο του αισθητήρα του συνδεδεμένη στον ακροδέκτη της συσκευής DAQ που λειτουργεί ως μετρητής. Σε συνδυασμό με τα απαραίτητα σήματα χρονισμού, το προφίλ ταχύτητας του ηλεκτρικού σκούτερ μπορεί να απεικονιστεί σε πραγματικό χρόνο στην οθόνη του φορητού υπολογιστή μέσω επικοινωνίας USB.

Στην Εικόνα 12 φαίνεται η φυσική πλατφόρμα για την μέτρηση των δεδομένων με χρήση φορητού υπολογιστή (σήμα ταχύτητας, ρεύμα πέδησης, τάση τερματικού υπερ-πυκνωτή κλπ.). [35]

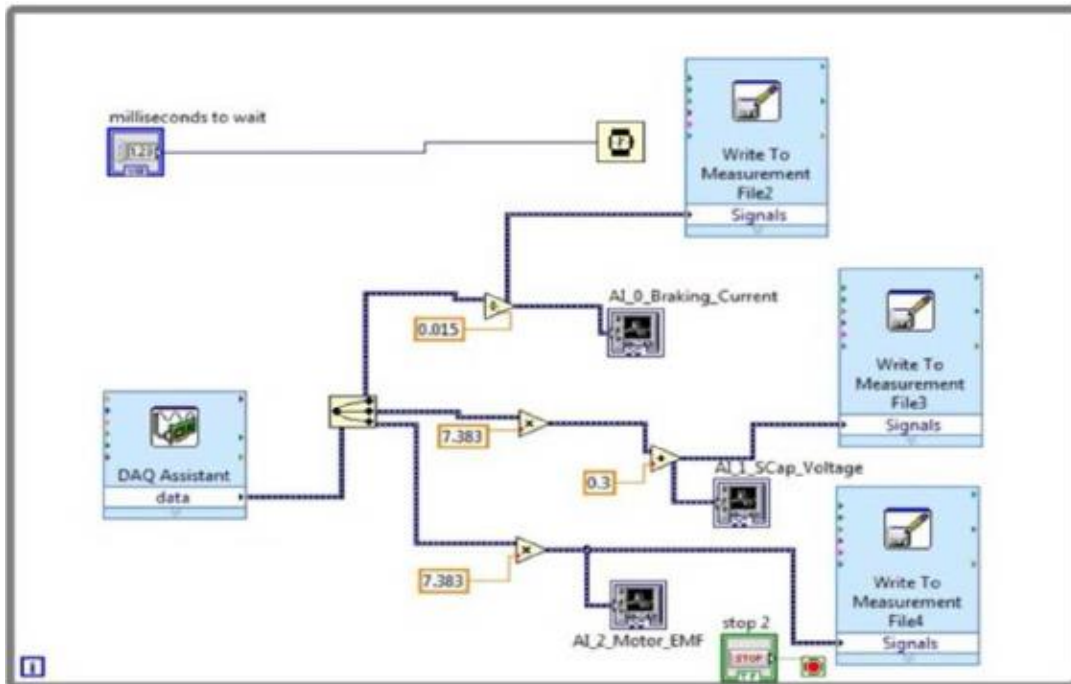


ΕΙΚΟΝΑ 12: ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

(Πηγή: [35])

Στο Σχήμα 4 φαίνεται η λήψη και καταγραφή τριών αναλογικών καναλιών χρησιμοποιώντας το λογισμικό Labview.

Αρχικά το πρώτο στοιχείο που βλέπουμε στην προσομοίωση είναι το **ρεύμα που δημιουργείτε από το φρενάρισμα**. Στην συνέχεια έχουμε την **τάση που υπάρχει στους πυκνωτές** και τέλος βλέπουμε την **τάση που παράγεται από τον ηλεκτροκινητήρα (MOTOR ElectroMotive Force)**.



**ΣΧΗΜΑ 4: ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΤΡΙΩΝ ΑΝΑΛΟΓΙΚΩΝ ΚΑΝΑΛΙΩΝ ΜΕ ΤΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ LABVIEW**

(Πηγή: [35])

Για να παρατηρηθεί η μείωση της ενέργειας από τον κινητήρα στον υπερπυκνωτή, θα πρέπει το ηλεκτρικό πατίνι να αναπτύξει μια αρκετά υψηλή ταχύτητα πριν εφαρμοστεί το ηλεκτρικό φρενάρισμα.

Επιπλέον, η διαδικασία πέδησης είναι προτιμότερο να παραταθεί για μερικά δευτερόλεπτα, έτσι ώστε η σχέση της κατάστασης μεταξύ πέδησης και φόρτισης να μπορεί να χαρακτηριστεί με την παρουσία θορύβου.

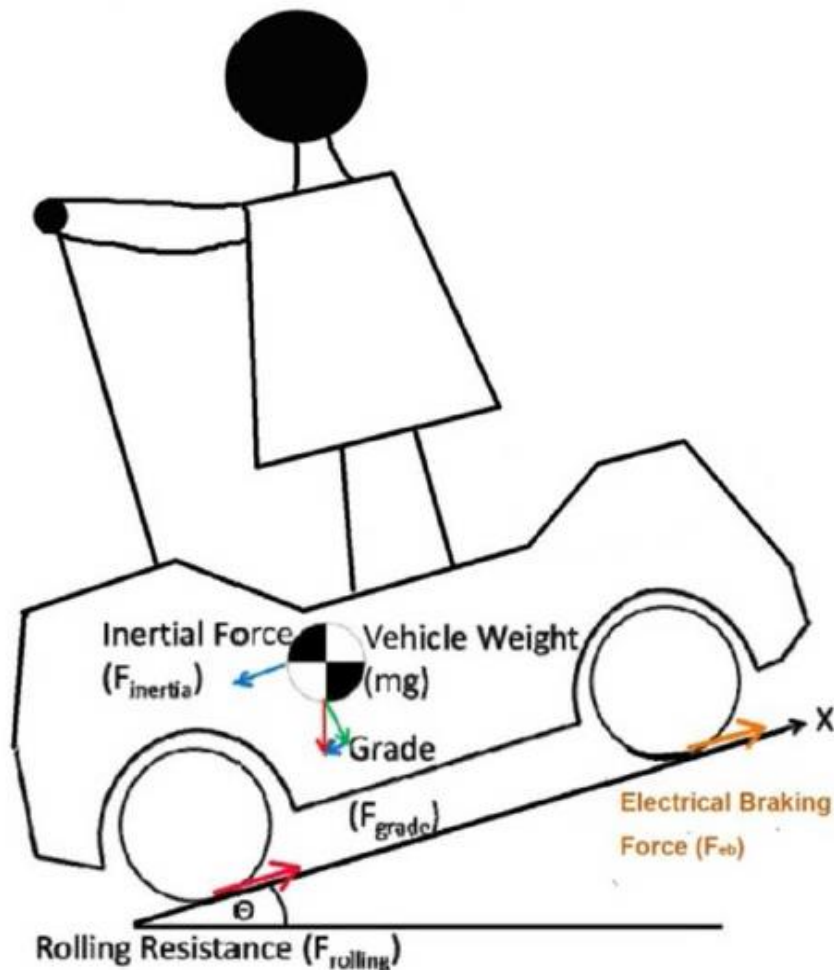
Η εκφόρτιση του υπερπυκνωτή μπορεί να παρατηρηθεί κατά τη φάση της επιτάχυνσης.

Επομένως, το πείραμα διεξάγεται σε μια ράμπα που έχει κατηφόρα με ελαφριά κλίση, όπου αναπτύσσεται μέτρια αδράνεια. Π.χ. να οδηγεί το ηλεκτρικό πατίνι 25 κιλών, ενήλικας βάρους 75 κιλών.

Να σημειωθεί ότι παρόλο που η ράμπα της κατηφόρας βοηθά στη μετακίνηση του ηλεκτρικού πατινιού κάτω από τη ράμπα, το σκούτερ πρέπει να τροφοδοτείται από τον κινητήρα για να επιτύχει ένα αποδεκτό επίπεδο επιτάχυνσης. Αυτό οφείλεται εν μέρει στην μεγάλη αδράνειας που του οδηγού και στην αντίσταση που αναπτύσσεται κατά την κύλιση.

Αρχικά, πραγματοποιήθηκε η ανάλυση της δύναμης εξισορρόπησης του ηλεκτρικού πατινιού για την καλύτερη κατανόηση του ρόλου της ηλεκτρικής δύναμης της πέδησης (όπως φαίνεται στο Σχήμα 5).

Δεδομένου ότι η μέγιστη ταχύτητα του ηλεκτρικού πατινιού δεν υπερβαίνει τα 20 χλμ/ώρα, η αεροδυναμική αντίσταση θεωρείται αμελητέα. [35]



ΣΧΗΜΑ 5: ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ ΔΥΝΑΜΗΣ ΕΞΙΣΟΡΡΟΠΗΣΗΣ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΠΑΤΙΝΙΟΥ

(Πηγή: [35])

Η κλίση της ράμπας είναι περίπου  $3^\circ$ . Το συνολικό βάρος του οδηγού μαζί με το ηλεκτρικό πατίνι είναι περίπου 100 κιλά.

Η δύναμη αδράνειας  $F_i$ , υπολογίζεται 51,3N και η δύναμη  $F_r$  είναι ο συντελεστής αντίστασης της κύλισης, ο οποίος είναι συνάρτηση του υλικού του ελαστικού, της δομής του ελαστικού, της θερμοκρασίας του ελαστικού, της πίεσης του ελαστικού, της γεωμετρίας του πέλματος, της τραχύτητας του δρόμου, του υλικού του δρόμου και της παρουσίας ή όχι υγρών στο δρόμο. Η  $F_r = 10,7N$ .

Στον υπολογισμό της απόδοσης του οχήματος, αρκεί να ληφθεί υπόψη ο συντελεστής αντίστασης κύλισης ως γραμμική συνάρτηση της ταχύτητας.

Δύο τύποι πέδησης αξιολογούνται [35]:

---

ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΠΑΤΙΝΙ



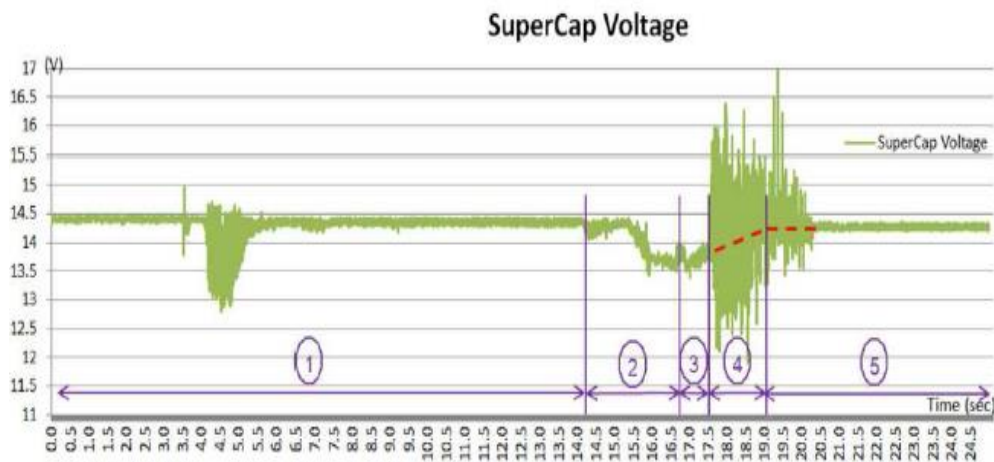
## 1. Γρήγορο (απότομο) φρενάρισμα έκτακτης ανάγκης

Στην εν λόγω περίπτωση, ρυθμίζεται η μεταβλητή αντίσταση με το φρενάρισμα να συνδέεται με την προσπάθεια πέδησης έκτακτης ανάγκης. Τα αποτελέσματα παρατίθενται στα Διαγράμματα 3 έως και 6. Πρέπει να σημειωθεί ότι εμφανίζεται ισχυρός ηλεκτρομαγνητικός θόρυβος σε συνθήκες μεσαίου και υψηλού φορτίου. Οι διακεκομμένες γραμμές (Διάγραμμα 4) υποδεικνύουν τις περιοχές, όπου εμφανίζεται ο θόρυβος.



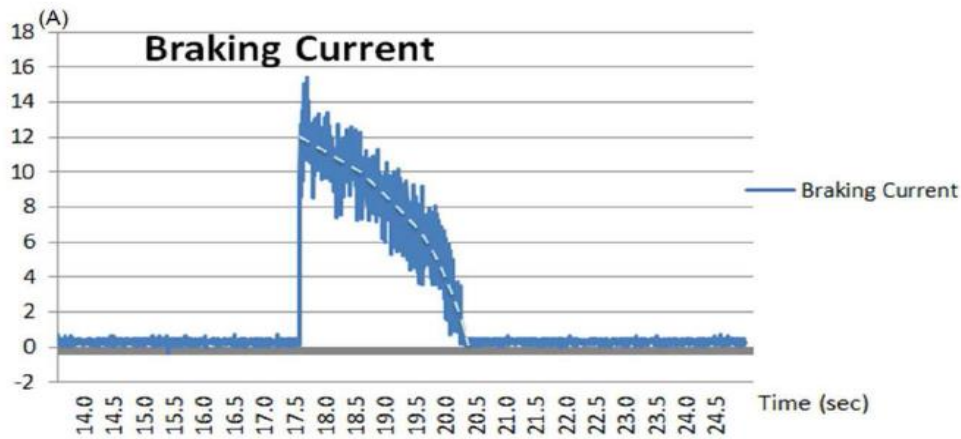
**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 3: ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΠΑΤΙΝΙΟΥ**

(Πηγή: [35])



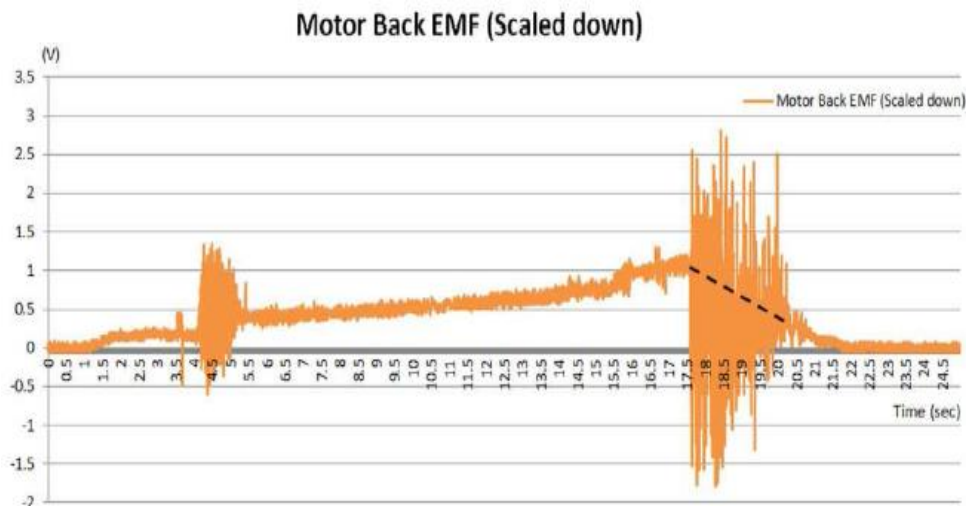
**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4: ΠΕΝΤΕ (5) ΦΑΣΕΙΣ**

(Πηγή: [35])



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5: ΡΕΥΜΑ ΛΟΓΩ ΠΕΔΗΣΗΣ

(Πηγή: [35])



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 6: ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ ΛΟΓΩ ΤΟΥ ΚΙΝΗΤΗΡΑ

(Πηγή: [35])

Η εν λόγω περίπτωση διακρίνεται σε πέντε (5) φάσεις (Διάγραμμα 4) [35]:

- **Φάση 1** (0-14,2 δευτερόλεπτα.): ήπια επιτάχυνση με τη βοήθεια του κινητήρα με ταχύτητα περίπου 12 χιλιόμετρα/ώρα.
- **Φάση 2** (14,2-16,7 δευτερόλεπτα.): μεγαλύτερη επιτάχυνση με τη βοήθεια του κινητήρα με ταχύτητα περίπου 18 χιλιόμετρα/ώρα.

- **Φάση 3** (16,7–17,5 δευτερόλεπτα): κύλιση του ηλεκτρικού πατινιού με απενεργοποιημένο τον κινητήρα και το φρένο. Η ταχύτητα του ηλεκτρικού πατινιού αυξάνεται ελαφρώς λόγω της αδράνειάς του.
- **Φάση 4** (17,5–19 δευτερόλεπτα): Ο διακόπτης του φρένου είναι πατημένος και το ηλεκτρικό πατίνι τίθεται σε λειτουργία ηλεκτρικού φρεναρίσματος. Η ταχύτητά του μειώνεται στα 11 χιλιόμετρα/ώρα. Η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία που δημιουργείται από τον κινητήρα αρχίζει να μειώνεται, διατηρώντας την τροφοδοσία στον μετατροπέα.
- **Φάση 5** (19–τέλος): η δύναμη λόγω της πέδησης μειώνεται σταδιακά ως αποτέλεσμα της μείωσης της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας του κινητήρα για περίπου ένα δευτερόλεπτο. Επομένως το ηλεκτρικό πατίνι επιταχύνεται ελαφρώς πριν εφαρμοστεί και το μηχανικό φρενάρισμα για περαιτέρω πέδηση στο πατίνι έως ότου ακινητοποιηθεί.

### Παρατηρήσεις [35]:

- Στη φάση 1 και 2, η συστοιχία των υπερπυκνωτών εκφορτίζεται. Επομένως η τάση του τερματικού πυκνωτή μειώνεται από 14,48 V (αρχική τιμή) σε 14,20 V (στη φάση 1) και από 14,20 V σε 13,60 V (στη φάση 2). Εύλογα, η πτώση τάσης του τερματικού υπερπυκνωτή είναι ανάλογη με το μέγεθος της επιτάχυνσης.
- Στη φάση 3, η τάση στους ακροδέκτες του υπερπυκνωτή ανεβαίνει από 13,60V σε 13,75V. Αυτό συμβαίνει, διότι ο υπερπυκνωτής ανακτά την πτώση τάσης στην εσωτερική του αντίσταση όταν επαναφέρεται σε κατάσταση ανοιχτού κυκλώματος.
- Η τάση των ακροδεκτών στον υπερπυκνωτή ανεβαίνει από 13,8 V σε περίπου 14,2 V (στη φάση 4) για περίπου 1,5 δευτερόλεπτο. Το μέσο ρεύμα (Iscap) που μετρήθηκε για αυτό το 1,5 δευτερόλεπτο (φάση 4) είναι περίπου 10A. Η ενέργεια εισόδου του συστήματος Ein που συνίσταται σε κινητική ενέργεια Ek και δυναμική ενέργεια Ep μετατρέπεται σε ηλεκτρική ενέργεια.
- Η ενέργεια εισόδου του συστήματος Ein υπολογίζεται ότι ισούται με 895,4Joule.
- Η ενέργεια εξόδου του συστήματος (Eout), στην περίπτωσή μας είναι η ενέργεια που ανακτάται πίσω τους υπερπυκνωτές (Escap). Προκύπτει ότι η συνολική απόδοση μετατροπής EMF ισούται με 24,5%.
- Η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία του κινητήρα φαίνεται στο Διάγραμμα 7, της οποίας το μέγεθος είναι γραμμικά ανάλογο με την ταχύτητα του κινητήρα του ηλεκτρικού πατινιού. [33]

## 2. Η αργή (συνεχής) πέδηση

Στην εν λόγω περίπτωση, η μεταβλητή αντίσταση που ρυθμίζει το ρεύμα πέδησης ρυθμίζεται σε μια μέση τιμή, στοχεύοντας στην προσπάθεια του αργού φρεναρίσματος. Είναι επίσης επιθυμητή η παράταση της περιόδου του ηλεκτρικού φρεναρίσματος προτού η ταχύτητα του ηλεκτρικού πατινιού μειωθεί κάτω από το όριο της αναγέννησης ενέργειας. Ο στόχος είναι να μεταβάλλεται το ρεύμα πέδησης που συμπεριφέρεται κατά κάποιο τρόπο γραμμικώς ανάλογη με τη ροπή της ηλεκτρικής πέδησης. [33] Επίσης, μπορεί να επιτευχθεί μεγαλύτερη περίοδος ηλεκτρικής πέδησης.

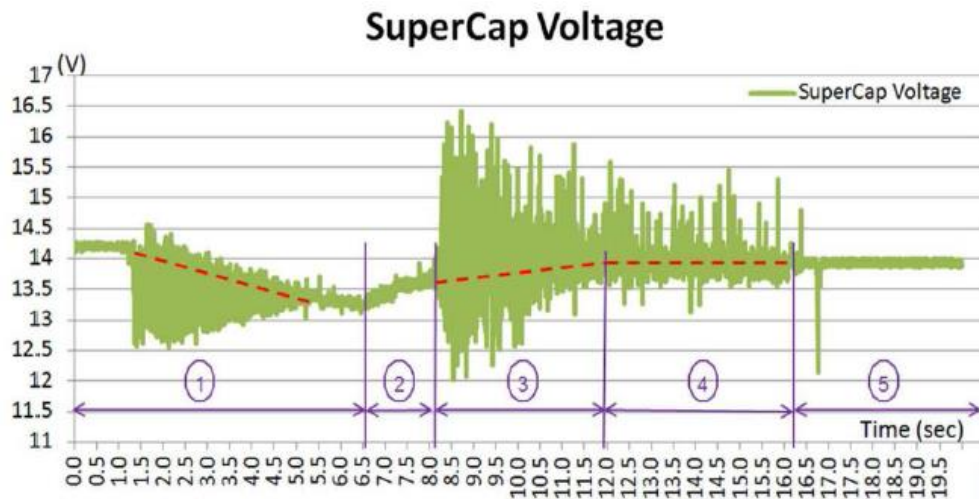


**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 7; ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΠΑΤΙΝΙΟΥ**

(Πηγή: [35])

Τα Διαγράμματα 8 έως 10 απεικονίζουν τα αποτελέσματα των μετρήσεων κατόπιν της βαθμονόμησης της θέσης της μεταβλητής αντίστασης.

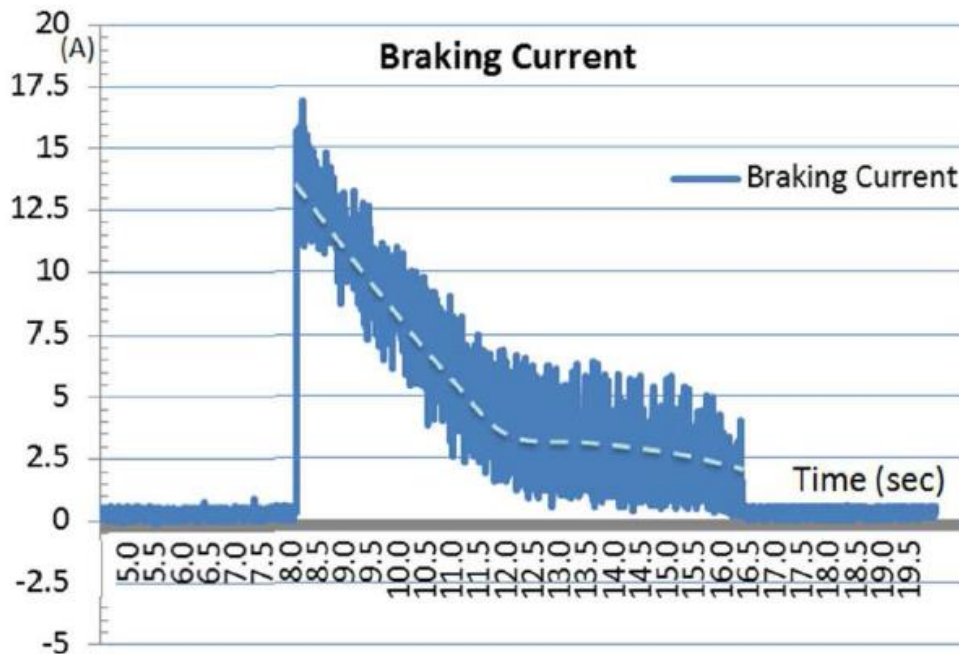
Και σε αυτήν την περίπτωση, υφίστανται πέντε (5) κύριες φάσεις (Διάγραμμα 8). [35]



**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 8: ΠΕΝΤΕ (5) ΦΑΣΕΙΣ**

(Πηγή: [35])

- Φάση 1 (0-6,5 δευτερόλεπτα): διαρκής μεγάλη επιτάχυνση με τη βοήθεια του κινητήρα για την επιτάχυνση του ηλεκτρικού πατινιού σε ταχύτητα περίπου 15 χλμ./ώρα.
- Φάση 2 (6,2-8,1 δευτερόλεπτα): οδήγηση με σβησμένο κινητήρα και φρένο, όπου η ταχύτητα του πατινιού φτάνει στην μέγιστη τιμή της στα 19 χλμ./ώρα, περίπου.
- Φάση 3 (8,1-12 δευτερόλεπτα): Ο διακόπτης του φρένου είναι πατημένος. Το πατίνι τίθεται σε λειτουργία ηλεκτρικού φρεναρίσματος, μειώνοντας την ταχύτητά του σε περίπου 10 χλμ/ώρα. Η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία του κινητήρα είναι αρκετά υψηλή, ώστε να διατηρείται τροφοδοσία στον μετατροπέα.
- Φάση 4 (12-16,2 δευτερόλεπτα): το ηλεκτρικό πατίνι τίθεται σε λειτουργία σταθερής ταχύτητας, διατηρώντας την ταχύτητά του περίπου στα 10 χλμ/ώρα. Με αυτήν την ταχύτητα δημιουργείται ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία που συνεχίζει να τροφοδοτεί τον μετατροπέα, προκειμένου να φορτίζει τη συστοιχία των υπερπυκνωτών ασκώντας ηλεκτρική ροπή πέδησης.
- Φάση 5 (16,2- έως τέλος): εφαρμόζεται μηχανικό φρενάρισμα για περαιτέρω φρενάρισμα του ηλεκτρικού πατινιού έως όπου ακινητοποιηθεί. [35]

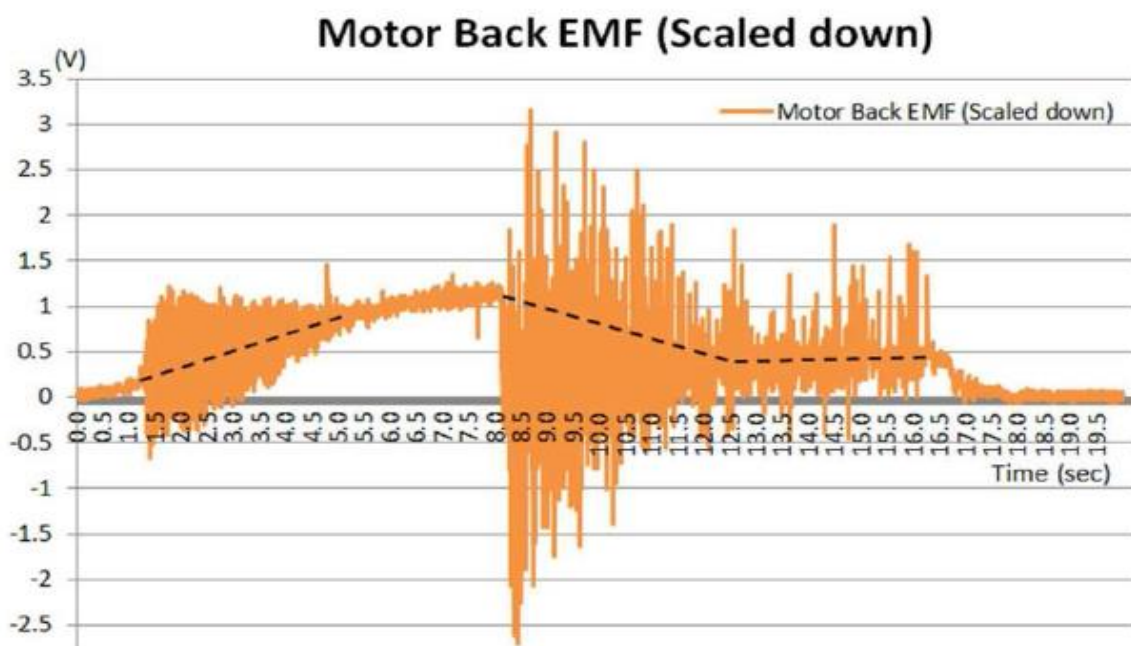


ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 9: ΡΕΥΜΑ ΠΕΔΗΣΗΣ

(Πηγή: [35])

### Παρατηρήσεις [35]:

- Στη φάση 1, η συστοιχία υπερπυκνωτών εκφορτίζεται. Επομένως η τάση του τερματικού υπερπυκνωτή μειώνεται από 14,2 V (αρχική τιμή) σε 13,25 V. Η πτώση τάσης είναι ιδιαίτερα απότομη, γεγονός που αντιστοιχεί σε πολύ μεγάλη επιτάχυνση.
- Στη φάση 2, η τάση ακροδεκτών του υπερπυκνωτή επανέρχεται για τον ίδιο λόγο με αυτόν της προηγούμενης περίπτωσης.
- Η τάση των ακροδεκτών του υπερπυκνωτή ανεβαίνει από 13,5 V σε περίπου 13,9 V στη φάση 3 και φάση 4 για περίπου 8 δευτερόλεπτα. Το ρεύμα πέδησης μειώνεται σταδιακά εντός τεσσάρων (4) δευτερολέπτων από περίπου 13A σε 3A και κατόπιν διατηρείται σχεδόν σταθερό για άλλα τέσσερα (4) δευτερόλεπτα. Λόγω του θορύβου που εμφανίζεται, το μέσο ρεύμα ( $I_{scap}$ ) για αυτές τις δύο φάσεις μπορεί να εκτιμηθεί γύρω στα 5,5A.
- Η ενέργεια εισόδου του συστήματος  $E_{in}$  υπολογίζεται ότι ισούται με  $E_{in}=2339,5$  Joule.
- Προκύπτει ότι η συνολική απόδοση μετατροπής EMF ισούται με 25,7%.
- Στο Σχήμα 20 φαίνεται η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία του κινητήρα.



**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 10: ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ ΚΙΝΗΤΗΡΑ**

(Πηγή: [35])

Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα των δύο δοκιμών (απότομο φρενάρισμα έκτακτης ανάγκης και αργή πέδηση), προκύπτουν τα εξής [35]:

Το αργό συνεχές φρενάρισμα φαίνεται να έχει ελαφρώς υψηλότερη (κατά 1,2%) απόδοση μετατροπής ενέργειας από το γρήγορο φρενάρισμα έκτακτης ανάγκης. Επίσης είναι σαφές ότι ανακτάται περισσότερη ενέργεια στη δοκιμή αργής πέδησης.

Η απόδοση μετατροπής ενέργειας μπορεί να βελτιωθεί αν βελτιστοποιηθούν οι υπάρχουσες τοπολογίες στον μετατροπέα DC-DC, αναπτύσσοντας έναν ρυθμιστή πέδησης στη λειτουργία μεταγωγής ή/και προσθέτοντας την πέδηση ανάκτησης στον μπροστινό τροχό του σκούτερ.

Η συστοιχία υπερπυκνωτών είναι αποτελεσματική στην απορρόφηση και την απελευθέρωση μεγάλου ρεύματος μέσω ενός ενδιάμεσου μετατροπέα DC-DC σε μεσαία ή υψηλή ταχύτητα. Επιπλέον, το μέγεθος της ροπής πέδησης, καθώς επίσης και της αναγεννητικής ισχύος δύναται να ρυθμιστούν από την είσοδο του χρήστη. Επομένως είναι πλήρως ελεγχόμενο.

Ως εκ τούτου, αναμένεται ότι παρόμοια συστήματα ηλεκτροκίνητων σκούτερ, θα χρησιμοποιούνται όλο και περισσότερο στο εγγύς μέλλον υπό ακόμη πιο αυστηρές περιβαλλοντικές πολιτικές. Η λειτουργία σε συνδυασμό με το φρενάρισμα τριβής σε χαμηλότερες ταχύτητες επιτρέπει στον χρήστη τη συνεχή διαδικασία πέδησης σε όλο το φάσμα των στροφών του κινητήρα χωρίς να διακυβεύεται η απόδοση του ηλεκτρικού πατινιού, ενώ ταυτόχρονα συμβάλλει σε ένα καθαρότερο περιβάλλον με χαμηλότερες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα.

# Κεφάλαιο 4: Υλοποίηση του e-bike

---

## 4.1 Εισαγωγικά στοιχεία

### Γενικά για τις μπαταρίες:

Οι μπαταρίες διαθέτουν τα λεγόμενα κελιά ή στοιχεία (cells). Στα κελιά βρίσκεται η άνοδος και η κάθοδος, όπου παρεμβάλλεται ο ηλεκτρολύτης. Με τη σύνδεση ηλεκτρικού κυκλώματος, δημιουργείται ηλεκτρικό ρεύμα χάρη στην ηλεκτροχημική αντίδραση που αναπτύσσεται.

Τα τεχνικά χαρακτηριστικά που αναφέρονται στις μπαταρίες είναι [38]:

- Τάση (σε V)
- Χωρητικότητα (σε Ah)
- Αμπέρ (σε A)

Υφίστανται στην αγορά διάφορα είδη, όπως Lead-acid, Nickel-cadmium, Sodium-Sulfur, Sodium-Nickel-Chloride, Zinc-Air, Nickel-Zinc, NiMH, Lithium-Polymer και Li-ion. Ανάλογα με το κόστος και την εφαρμογή, επιλέγεται και το κατάλληλο είδος.

Ακόμη, αναφορικά με τις μεθόδους φόρτισης των μπαταριών, οι κυριότεροι είναι [38]:

- Φόρτιση με συνεχή τάση (dc): η φόρτιση γίνεται με μεταβαλλόμενο ηλεκτρικό ρεύμα έως η τάση φτάσει σε μια συγκεκριμένη επιθυμητή τιμή.
- Φόρτιση με συνεχές ρεύμα (dc): η φόρτιση γίνεται μέσω σταθερού ρεύματος ανεξάρτητα της τάσης.
- Παλμική φόρτιση: η φόρτιση λαμβάνει χώρα μέσω τροφοδοσίας της μπαταρίας με παλμούς ρεύματος που έχουν σταθερό πλάτος και μεταβλητό εύρος.

### Κινητήρας (μοτέρ):

Οι ηλεκτρικές μηχανές λειτουργούν όμοια με τους μετατροπείς, δηλαδή λαμβάνει χώρα η μετατροπή της ηλεκτρικής ενέργειας σε κινητική και το αντίστροφο.

Οι κινητήρες (μοτέρ) των ηλεκτρικών οχημάτων διακρίνονται στις ακόλουθες κατηγορίες:

- κινητήρας συνεχούς ρεύματος (dc motor),
- κινητήρας εναλλασσόμενου ρεύματος (ac motor).



Η επιλογή ενός συνεχούς κινητήρα γίνεται βάσει ορισμένων τεχνικών χαρακτηριστικών, όπως π.χ. η ροπή εκκίνησης του οχήματος, η μέγιστη ταχύτητα που αναπτύσσει κλπ.

Οι σύγχρονοι τριφασικοί κινητήρες, έχουν το στάτη που διαθέτει τρία (3) τυλίγματα. Η συνδεσμολογία είναι σε αστέρα και οι τάσεις έχουν διαφορά φάσης 120°. Εσωτερικά του στάτη δημιουργείται μαγνητικό πεδίο με σύγχρονη ταχύτητα.

Ο δρομέας έχει περιέλιξη που τροφοδοτείται από συνεχές ρεύμα. Η κίνηση του δρομέα λόγω αδράνειας δεν σημαίνει την πρόκληση σύγχρονης ταχύτητας. Γι' αυτό το λόγο απαιτείται ένας εκκινητής συνεχούς ρεύματος, ώστε να περιστρέφεται ο δρομέας.

Οι σύγχρονοι κινητήρες, έχουν μεγάλη απόδοση και μικρές απώλειες. Λειτουργούν και ως γεννήτριες κατά την πέδηση, έχουν κάθετη ροπή. Φτάνουν στην μέγιστη ισχύ τους και εμφανίζουν μεγάλη απόδοση σε σχέση με άλλους κινητήρες. Να σημειωθεί ότι υφίσταται η δυνατότητα να ρυθμίζεται ο συντελεστής ισχύος τους, αφού ρυθμίζεται κι η διέγερσή τους.

Το κύριο μειονέκτημα των σύγχρονων κινητήρων είναι το μεγάλο κόστος κατασκευής και συντήρησής τους.

Αναφορικά με τους μετατροπείς ισχύος, μετατρέπουν τη συνεχή τάση των συσσωρευτών σε τάση τροφοδοσίας στον κινητήρα και ελέγχουν τη ροπή και τις στροφές του κινητήρα. [39]

Οι πιο συνηθισμένοι τύποι των μετατροπέων είναι [40], [41]:

- μετατροπέας συνεχούς τάσης σε συνεχή τάση, τύπου chopper,
- μετατροπέας συνεχούς τάσης σε εναλλασσόμενη τάση, τύπου inverter.

### **Περιγραφή λειτουργίας του BMS (Battery Management System):**

Το σύστημα διαχείρισης μπαταριών (Battery Management System - BMS) είναι τεχνολογία αφιερωμένη στην επίβλεψη μιας συστοιχίας μπαταριών, οι οποίες είναι ηλεκτρικά οργανωμένες σε διάταξη πίνακα (σειρά x στήλη), ώστε να επιτρέπει την παροχή συγκεκριμένης περιοχής τάσης και ρεύματος για μια δεδομένη χρονική διάρκεια. [42]

Οι κυριότερες λειτουργίες ενός BMS είναι [42]:

- Η παρακολούθηση της μπαταρίας
- Η παροχή προστασίας μπαταρίας
- Η συνεχής βελτιστοποίηση της απόδοσης της μπαταρίας
- Η εκτίμηση και αναφορά της κατάστασης λειτουργίας της μπαταρίας σε εξωτερικές συσκευές

Τα κριτήρια για την επιλογή ενός BMS ποικίλουν ανάλογα με [42]:

- Το κόστος, την πολυπλοκότητα και το μέγεθος της μπαταρίας
- Ενδεχόμενα ζητήματα ασφάλειας και τις αντίστοιχες απαιτήσεις πιστοποίησης,
- Τη διάρκεια ζωής και εγγύησης της μπαταρίας

### **Αισθητήρες Hall:**

Οι αισθητήρες Hall ανιχνεύουν την παρουσία και υπολογίζουν το μέγεθος του μαγνητικού πεδίου με χρήση του φαινομένου Hall. Η τάση εξόδου ενός αισθητήρα Hall είναι ανάλογη της ισχύος του μαγνητικού πεδίου. [43]

Η Αρχή λειτουργίας τους έχει ως εξής: Σ' έναν αισθητήρα Hall, εφαρμόζεται ρεύμα. Με την παρουσία μαγνητικού πεδίου κάθετου προς την κατεύθυνση του ρεύματος, τα φορτία εκτρέπονται από την αναπτυσσόμενη δύναμη Lorentz. Με αυτόν τον τρόπο, παράγεται διαφορά δυναμικού που καλείται τάση Hall και είναι ανάλογη της ισχύος του μαγνητικού πεδίου. [43]

Τέλος, οι αισθητήρες Hall ανταποκρίνονται σε στατικά (μη μεταβαλλόμενα) μαγνητικά πεδία. Αυτή είναι, άλλωστε κι η βασική τους διαφορά από τους επαγωγικούς αισθητήρες, οι οποίοι ανταποκρίνονται μόνο σε μεταβαλλόμενα πεδία. [44], [45]

### **MOSFET:**

Το MOSFET είναι ένα FET στο οποίο η πύλη είναι μονωμένη προς το δίαυλο με τη βοήθεια διοξειδίου του πυριτίου ( $\text{SiO}_2$ ). [46]

Στο MOSFET το ηλεκτρόδιο της πύλης χωρίζεται από τον ημιαγωγό με λεπτό στρώμα μονωτικού  $\text{SiO}_2$ . Το μονωτικό αυτό διηλεκτρικό στρώμα διοξειδίου του πυριτίου προσδίδει στο MOSFET μια πολύ υψηλή αντίσταση εισόδου (1010-1015Ω). [47]

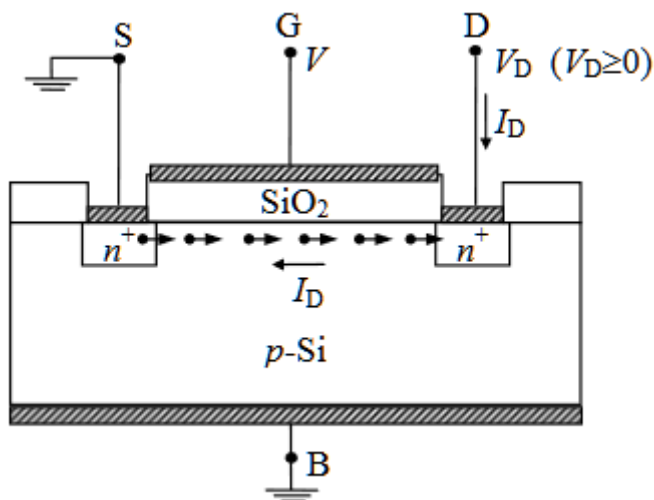
Το MOSFET αποδεικνύεται ίσως σημαντικότερο από το JFET επειδή προσφέρεται περισσότερο για να χρησιμοποιηθεί στα ολοκληρωμένα κυκλώματα. Στην πράξη δύο είναι οι πιο σημαντικοί τύποι MOSFET [46], [48], [49]

- **Ο τύπος διαύλου n-πυκνώσεως**, στον οποίο ο δίαυλος γίνεται τύπου n και τα ηλεκτρόδια πηγής και απορροής διαμορφώνονται σε ημιαγωγούς n+, δηλαδή με έντονη νόθευση.

Τα στοιχεία αυτά λειτουργούν συνήθως με τη μέθοδο της πυκνώσεως των φορέων, που σημαίνει ότι στην κανονική κατάσταση με πόλωση 0 δεν άγουν και άγουν όταν εφαρμοστεί θετική πόλωση πύλης. Αυτά λέγονται MOSFET διαύλου n-πυκνώσεως (enhancement mode n-channel MOSFET).

Ας σημειωθεί ότι, είναι δυνατόν να κατασκευαστούν και MOSFET διαύλου p-πυκνώσεως. Όμως, σήμερα στα ολοκληρωμένα κυκλώματα κυριαρχούν τα MOSFET διαύλου n-πυκνώσεως, λόγω της μεγαλύτερης κινητικότητας των ηλεκτρονίων φορέων αγωγιμότητας σε σχέση με τις οπές.

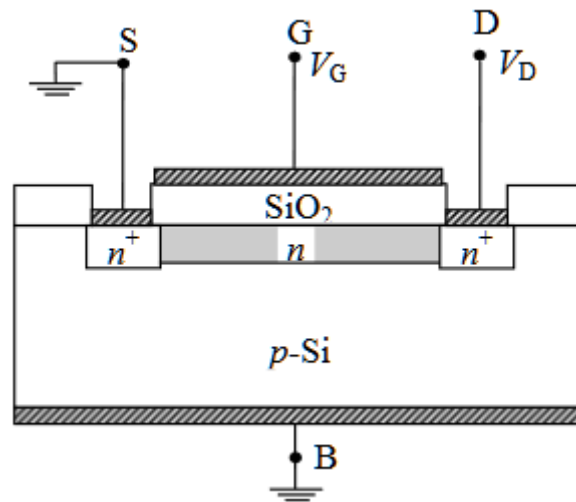
Το MOSFET έχει 4 ακροδέκτες: πηγής (S), πύλης (G), αποστράγγισης (D) και σώματος (B). Γενικά, το σώμα του MOSFET είναι σε σύνδεση με τον ακροδέκτη πηγής, σχηματίζοντας έτσι μια διάταξη 3 ακροδεκτών, όπως π.χ. ένα transistor φαινομένου πεδίου. Το MOSFET θεωρείται γενικά ως transistor και χρησιμοποιείται τόσο σε αναλογικά όσο και σε ψηφιακά κυκλώματα. [50]



ΣΧΗΜΑ 6: ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ MOSFET ΔΙΑΥΛΟΥ N-ΠΥΚΝΩΣΕΩΣ

(Πηγή: [47])

- Ο τύπος διαύλου n-αραιώσεως (depletion mode n-channel MOSFET), που έχει παρόμοια συμπεριφορά με το JFET. Τα MOSFET αυτά λειτουργούν με τη μέθοδο της αραιώσεως των φορέων, που σημαίνει ότι στην κανονική κατάσταση με πόλωση 0 άγουν, και δεν άγουν όταν εφαρμοστεί αρνητική πόλωση. Υπάρχουν βεβαίως και τα MOSFET διαύλου p-αραιώσεως, αλλά χρησιμοποιούνται σπανιότερα. [46], [48], [49]



ΣΧΗΜΑ 7: ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ MOSFET ΔΙΑΥΛΟΥ N-ΑΡΑΙΩΣΕΩΣ

(Πηγή: [47])

## 4.2 Πορεία υλοποίησης και λειτουργία εξαρτημάτων

Στο πρακτικό μέρος της εργασίας θα αναλυθεί η πορεία κατασκευής και λειτουργίας ενός ηλεκτρικού πατινιού. Σε γενικές γραμμές, θα περιγραφεί η μπαταρία του, η λειτουργία του ηλεκτρικού μοτέρ και ορισμένα στοιχεία αναφορικά με τον εγκέφαλο - ελεγκτή (controller) του πατινιού, ο οποίος ελέγχει το μοτέρ.

Ο εγκέφαλος (controller) λειτουργεί με τάση 36V και έχει αντοχή ρεύμα έως 17A. Το εν λόγω μοτέρ που έχει τοποθετηθεί έχει ισχύ 350W. Με τη χρήση του συγκεκριμένου εγκεφάλου και μπαταρίας των 36V, η ταχύτητά του κυμαίνεται από 25 έως 30Km/h.

### Αρχικό Kit μπαταρίας:

Αναφορικά με την μπαταρία του, αρχικώς φτιάχτηκε ένα kit που εσωτερικά έφερε 40 μπαταρίες λιθίου, τύπου 18650 με τάση 3,6V και χωρητικότητα 2.500mAh.

Ήταν κατασκευασμένη από δέκα (10) 4άδες μπαταριών συνδεδεμένες σε σειρά. Η κάθε 4άδα είχε χωρητικότητα 10.000mAh. Δεδομένου ότι οι μπαταρίες ήταν συνδεδεμένες σε σειρά, ολόκληρο το kit είχε συνολική χωρητικότητα 10.000mAh.

Ακόμη, στην πλήρη φόρτιση του kit, η κάθε μπαταρία είχε μέγιστη τάση 4,2V. Συνεπώς, η συνολική τάση του kit έφτανε στα 42V. Το kit της μπαταρίας παρείχε αυτονομία στο ηλεκτρικό πατίνι περίπου 25χλμ. Επίσης, για την πλήρη φόρτιση του kit της μπαταρίας, απαιτούνταν περίπου 7-8 ώρες.



**ΕΙΚΟΝΑ 13: ΟΙ ΑΡΧΙΚΕΣ ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΑΚΕΣ ΜΠΑΤΑΡΙΕΣ ΤΥΠΟΥ 18650 (2500ΜΑΗ)**

#### **Αναβάθμιση με νέο kit μπαταρίας:**

Δεδομένου ότι δεν ήταν ικανοποιητική η αυτονομία που παρείχε το ανωτέρω kit, αποφασίστηκε η κατασκευή νέου kit μπαταρίας. Το νέο kit αποτελείται από μπαταρίες κατασκευασμένες από την εταιρία Panasonic των 3,4 mAh αντί των 2,5 mAh, προκειμένου να αυξηθεί η αυτονομία. Η συγκεκριμένες μπαταρίες είναι επίσης τύπου λιθίου και 18650 όπως και οι προηγούμενες. Όπως βλέπουμε και στην εικόνα 14 στα χαρακτηριστικά αυτής της μπαταρίας έχουμε ελάχιστη τάση στα 3,6 volt και μέγιστη τάση φόρτισης στα 4,2 volt.



### Cell Type NCR18650B

Specifications		
Rated Capacity (at 20°C)	Mn.3200mAh	
Nominal Capacity (at 25°C)	Mn.3250mAh	
	Typ.3350mAh	
Nominal Voltage	3.6V	
Charging Method	Constant Current -Constant Voltage	
Charging Voltage	4.2V	
Charging Current	Std.1625mA	
Charging Time	4.0hrs.	
Ambient Temperature	Charge	+10~+45°C
	Discharge	-20~+60°C
	Storage	-20~+50°C
Weight (Max.)	47.5g	
Dimensions (Typ.) of Bare Cell	H	64.93mm
	D	18.2mm
Dimensions (Max.) Maximum size without tube	(D)	18.25mm
	(H)	65.10mm
Volumetric Energy Density		676Wh/l
Gravimetric Energy Density		243Wh/kg

KU

Panasonic ideas for life

### ΕΙΚΟΝΑ 14: ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΜΕ ΜΠΑΤΑΡΙΕΣ ΙΔΙΟΥ ΤΥΠΟΥ, ΑΛΛΑ ΜΕ ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑ 3400ΜΑΗ

Η μπαταρίες είναι τύπου λιθίου ιόντων και προτιμούμε αυτού του είδους μπαταριών λόγο αντοχής τους στον χρόνο και το χαμηλό τους βάρος.

Ένας ακόμη τύπος μπαταριών που χρησιμοποιείτε στην ηλεκτροκίνηση είναι η μπαταρίες πολυμερών λιθίου. Ο συγκεκριμένος τύπος μπαταριών έχει παρόμοιο τρόπο κατασκευής με της μπαταρίες ιόντων αλλά είναι φτιαγμένη από διαφορετικά υλικά. Το μειονέκτημα με αυτές τις μπαταρίες είναι ότι δεν έχουν τόσο μεγάλη διάρκεια ζωής όσο η μπαταρίες ιόντων και για αυτό χρησιμοποιούνται περισσότερο σε όλες τις εφαρμογές οι μπαταρίες ιόντων, όπως κάναμε και εμείς εδώ.

Για την κατασκευή απαιτήθηκε ένα λαμάκι νικελίου για την σύνδεση των μπαταριών μεταξύ τους. Η κόλληση έγινε με ηλεκτροπόντα (spot welder).

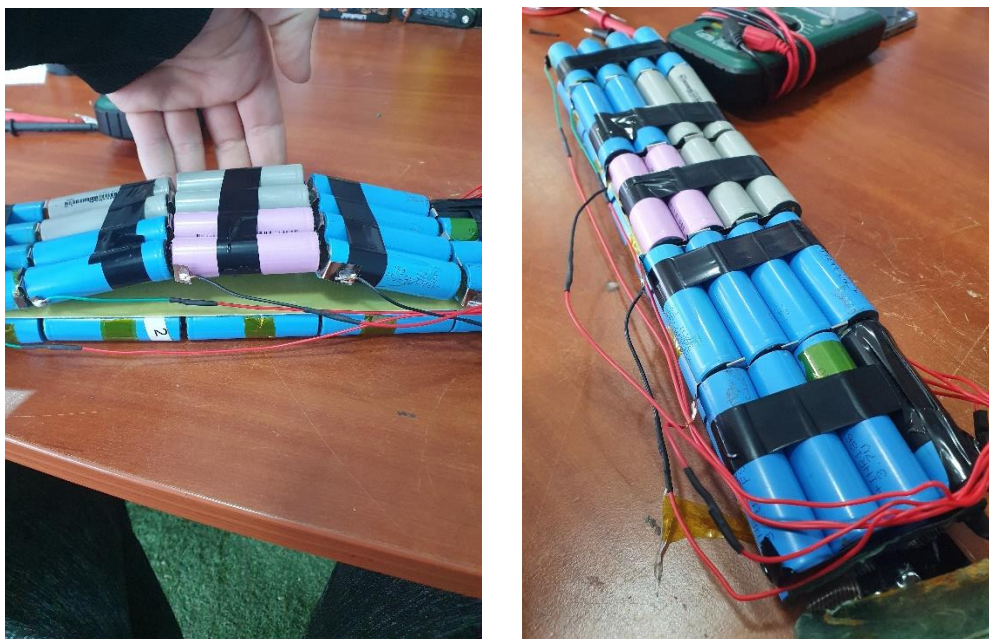


### ΕΙΚΟΝΑ 15: ΚΟΛΛΗΣΗ ΜΕ ΗΛΕΚΤΡΟΠΟΝΤΑ (SPOT WELDER)

Αναφορικά με το BMS (Battery Management System) του προηγούμενου kit μπαταρίας, έλεγχε την φόρτιση του kit ανά 4άδα μπαταριών. Το BMS συνδέθηκε στις νέες 4άδες μπαταριών Panasonic. Έτσι, το νέο kit μπαταρίας που προέκυψε έχει τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

- Συνολική τάση: 42V, δηλαδή ίδια με πριν,
- Χωρητικότητα:  $3,4 \times 4 = 13,6\text{mAh}$  αντί για 10mAh που είχε προηγουμένως.

Συμπερασματικά, αυξήθηκε η χωρητικότητά της και άρα η αυτονομία κατά περίπου 36%.



**ΕΙΚΟΝΑ 16: ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ ΜΠΑΤΑΡΙΩΝ (2.500MAH)**

### **Η λειτουργία του BMS:**

Το BMS λειτουργεί σαν βολτόμετρο. Πρακτικά δεν επιτρέπει να ξεπεράσει η τάση τα 4,2V στην κάθε μπαταρία. Έχει συνολικά 10 θέσεις μέτρησης. Αθροίζει τις τάσεις αυτών των θέσεων. Επομένως βάζουμε στην κάθε θέση από μια 4άδα.

Το BMS έχει το ρόλο να "κόβει" την τάση από τον φορτιστή μόλις η μια τετράδα φτάσει στο 4,2V. Σε ποσοστό 99%, όλες οι τετράδες φορτίζουν με την ίδια ταχύτητα. Γι' αυτό το λόγο "κόβεται" αμέσως η τάση σε όλες τις ομάδες μόλις μια τετράδα φτάσει στα 4,2V. Μετά την πάροδο αρκετών ετών και κατόπιν αρκετών φορτίσεων-εκφορτίσεων, ορισμένες 4άδες του kit της μπαταρίας, εμφανίζουν μείωση στη χωρητικότητά τους. Αυτό συνεπάγεται τη φόρτισή τους για μικρότερο χρονικό διάστημα. Ωστόσο, ορισμένες 4άδες, δεν επηρεάζονται σημαντικά και δεν εμφανίζουν σημαντική μείωση στη χωρητικότητά τους. Αυτό εξηγείται από το γεγονός ότι μια 4άδα, μπορεί να φτάσει στα 4,2V ενώ μια άλλη να είναι ακόμη στα 4,1V, όταν το BMS κόβει την τάση, ώστε να μην υπερφορτιστεί η τετράδα με τα 4,2V. Ωστόσο, με αυτόν τον τρόπο υφίσταται μείωση στη χωρητικότητα της άλλης 4άδας με αποτέλεσμα να μειώνεται η συνολική χωρητικότητα. Αυτό έχει ως συνέπεια, μετά την πάροδο ετών να απαιτείται η αλλαγή ή η επιδιόρθωσή τους.

Επίσης, το BMS έχει ρόλο να μην υπερβεί το kit μπαταρίας το μέγιστο όριο τάσης που έχει τεθεί. Με άλλα λόγια σε κάθε θέση μέτρησης κόβεται η τροφοδοσία προς το ηλεκτρικό πατίνι όταν η τάση ανά 4άδα φτάσει στα 3,6V.



ΕΙΚΟΝΑ 17: ΤΟ BMS



### **Φόρτιση της μπαταρίας:**

Σε περίπτωση που η τάση σε μια 4άδα φτάσει κάτω από 3,6V, υφίσταται ο κίνδυνος να αχρηστευτεί η μπαταρία και να μην υπάρχει η δυνατότητα επαναφόρτισης. Να σημειωθεί ότι υφίσταται μια ανοχή της τάξης των 0,5V, ανάλογα την ποιότητα της μπαταρίας. Δηλαδή μέχρι τα 3V μπορεί να μην υπάρξει πρόβλημα, αν συμβεί πτώση τάσης μόνο για μια φορά. Κάτω των 3V, η μπαταρία αχρηστεύεται.

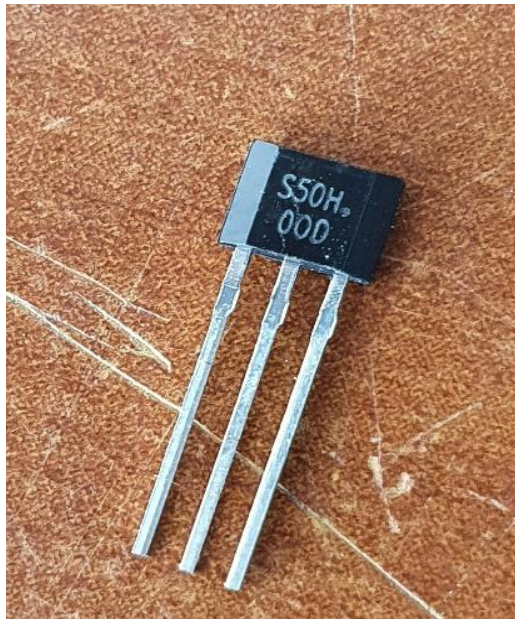
Ο τρόπος φόρτισης έχει ως εξής: οι μπαταρίες φορτίζονται σε σειρά. Δηλαδή παρέχεται τάση των 42V στο (+) της 1ης 4άδας και τοποθετείται η γείωση στο (-) της τελευταίας 4άδας. Το BMS δεν επιτρέπει στην τάση να υπερβεί τα 42V, σε ενδεχόμενο σφάλματος στις μπαταρίες. Επίσης μετριέται ξεχωριστά η τάση ανά 4άδα, ώστε να μην υπερβεί τα 4.2V. Γι' αυτό το λόγο, δεν είναι εφικτή η εξάλειψη του σφάλματος να φορτίσει η μια θέση στα 4,2V και μια άλλη θέση στα 4.1V.

Τέλος, σε περίπτωση που είναι επιθυμητή η αύξηση της χωρητικότητας της μπαταρίας, είναι εφικτή τεχνικά η πρόσθεση μπαταριών παράλληλα. Π.χ. μπορούν να σχηματιστούν αντί 4άδες, 5άδες ή 6άδες κοκ. Το BMS που προσαρμόζεται εκτελεί την ίδια λειτουργία.

### **Αισθητήρας γκαζιού:**

Ο αισθητήρας γκαζιού είναι τύπου Hall. Στην λαβή του γκαζιού τοποθετείται εσωτερικά ένας μικρός μαγνήτης με έναν αισθητήρα hall για τον εντοπισμό του μαγνητικού πεδίου του γκαζιού. Η μετακίνηση του μαγνήτη εξαρτάται από το γκάζι.

Ο αισθητήρας έχει 3 pins: +5V, GND, και την έξοδο. Η έξοδος ξεκινάει από 0,7V και καταλήγει στη μέγιστη τάση, περίπου στα 4V. Όσο πιο πολύ πιέζουμε το γκάζι τόσο αυξάνεται η τάση από τα 0,7V και όχι από τα 0V, ώστε να καταλάβει ο controller του πατινιού ότι λειτουργεί κανονικά ο αισθητήρας. Σε περίπτωση που η τάση γίνει 0V, εμφανίζεται σφάλμα στην οθόνη των ενδείξεων.



**ΕΙΚΟΝΑ 18: ΑΙΣΘΗΤΗΡΑΣ ΓΚΑΖΙΟΥ HALL**

Όπως φαίνεται στην Εικόνα 19, υπάρχουν 6 καλώδια: Τα 3 καλώδια είναι για την τροφοδοσία και τα υπόλοιπα 3 καλώδια για τον έλεγχο του γκαζιού. Από την δεξιά μεριά είναι τα καλώδια που συνδέονται με τον αισθητήρα γκαζιού. Το κίτρινο καλώδιο δίνει τα +5V, το άσπρο είναι η γείωση (-) και το πράσινο δίνει 0,8V.

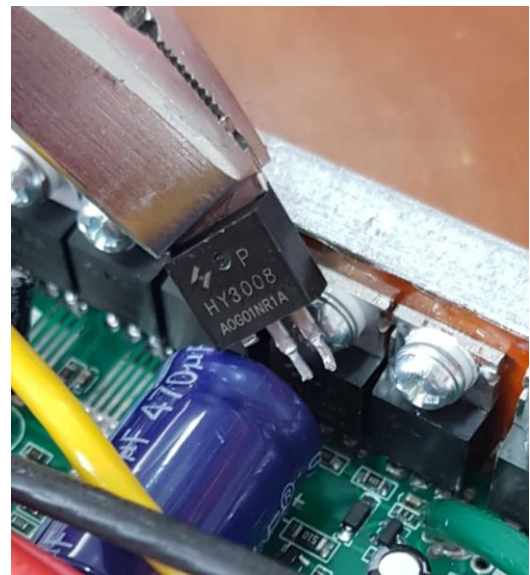
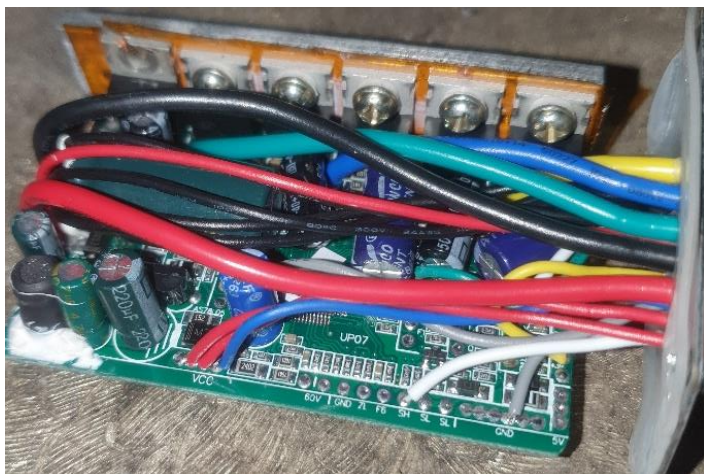
Στο πεντάλ υπάρχει ένας μόνιμος μαγνήτης για να διαβάζει ο αισθητήρας την κίνησή του.



**ΕΙΚΟΝΑ 19: ΤΑ 3 ΚΑΛΩΔΙΑ ΤΟΥ ΑΙΣΘΗΤΗΡΑ ΓΚΑΖΙΟΥ ΚΑΙ 3 ΚΑΛΩΔΙΑ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ**

### **Εγκέφαλος - ελεγκτής (controller):**

Ο εγκέφαλος (controller) του πατινιού λειτουργεί με 6 transistor τύπου MOSFET (Metal-Oxide-Semiconductor FET - FET Μειτάλλου-Οξειδίου-Ημιαγωγού) για τον έλεγχο της κίνησης του μοτέρ.



**ΕΙΚΟΝΑ 20: Ο ΕΛΕΓΚΤΗΣ (CONTROLLER) ΚΑΙ ΤΑ MOSFET**



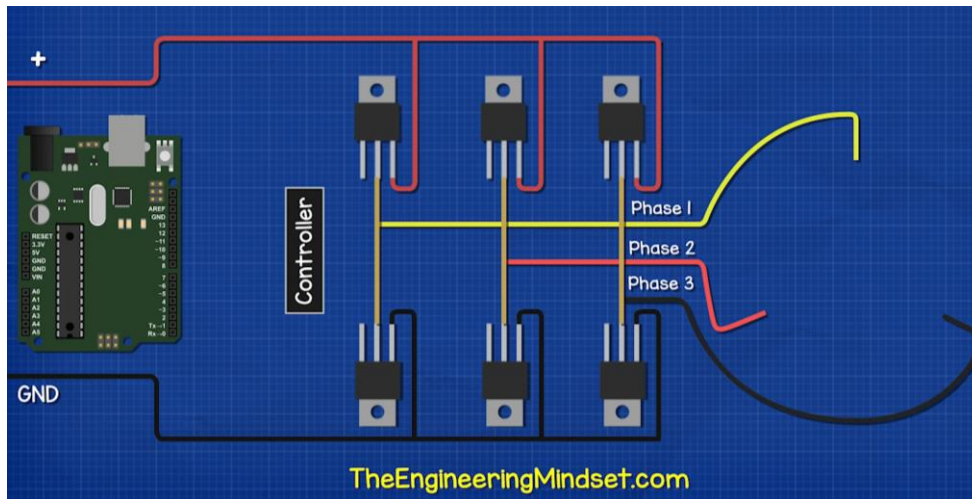
**ΕΙΚΟΝΑ 21: Ο ΕΓΚΕΦΑΛΟΣ (CONTROLLER)**

Η μπαταρία συνδέθηκε με τον εγκέφαλο (controller). Εν συνεχεία, συνδέθηκε το πεντάλ του γκαζιού στον εγκέφαλο (controller).

Η αριστερή μεριά είναι με κόκκινο χρώμα τα 36V, με μαύρο χρώμα είναι η γείωση (-) και με μπλε χρώμα είναι το καλώδιο που στέλνει τα 36V στον εγκέφαλο (controller) για την ενεργοποίησή του μόλις πατηθεί το κουμπί On - Off. (εικόνα 19)

#### **Η λειτουργία των mosfet για τον έλεγχο του κινητήρα:**

Η κάθε δυάδα mosfet αναλαμβάνει να κλείσει ή να ανοίξει μία φάση. Λειτουργούνε διαδοχικά η μία μετά την άλλη έτσι ώστε να δημιουργηθεί το κατάλληλο μαγνητικό πεδίο και να αρχίσει η περιστροφή του κινητήρα.



ΕΙΚΟΝΑ 22: Συνδεσμολογία MOSFET

Η λειτουργία του ηλεκτρικού μοτέρ του ηλεκτρικού πατινιού (brushless dc motor) :

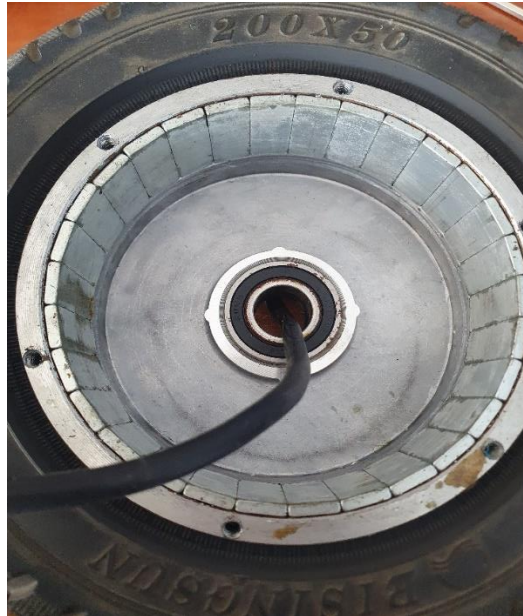
Ο κινητήρας (μοτέρ) είναι τριφασικός με ισχύ 350W και λειτουργεί με συνεχές (dc) ρεύμα (brushless dc motor). Έχει 3 καλώδια για την κάθε φάση και η διαφορά φάσης είναι  $120^\circ$ .



ΕΙΚΟΝΑ 23: ΤΟ ΜΟΤΕΡ

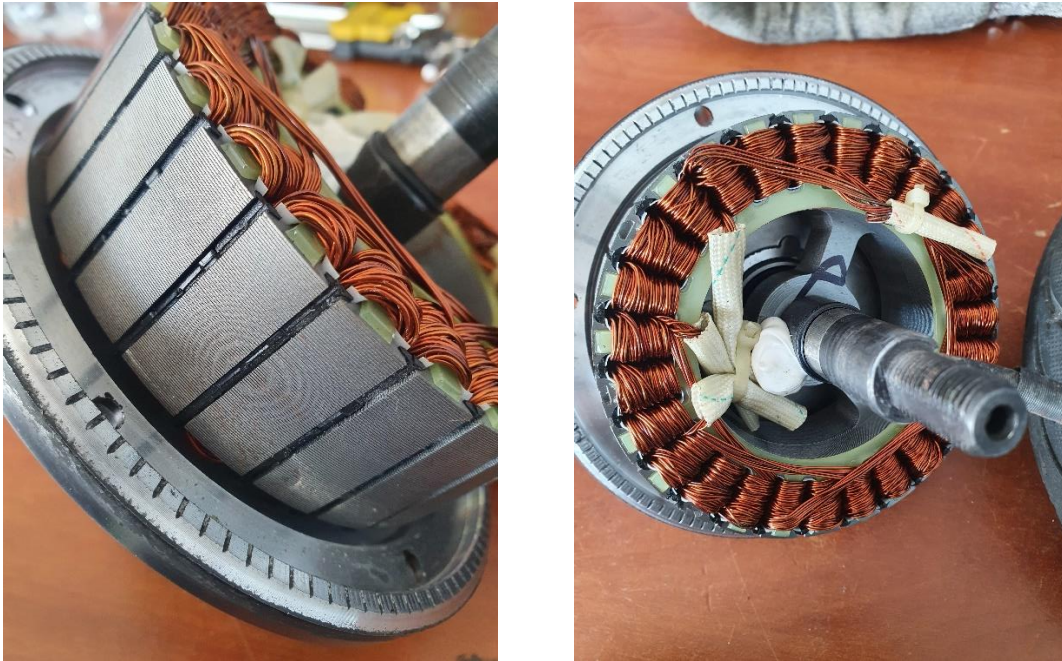
**Το μοτέρ ισχύος 350W και τάσης 36V:**

- Ρότορας: πρόκειται για το κινητό σημείο του ηλεκτρικού κινητήρα που φέρει σταθερούς μαγνήτες. Διαθέτει συμπαγές λάστιχο (χωρίς σαμπρέλα). Επιλέχθηκε το εν λόγω ελαστικό, διότι θεωρείται πιο ανθεκτικό στο χρόνο και δεν υφίστανται ζητήματα απώλειας του αέρα.



**ΕΙΚΟΝΑ 24: ΡΟΤΟΡΑΣ**

- Στάτης: πρόκειται για το σταθερό τμήμα του κινητήρα στο οποίο τροφοδοτείτε με ρεύμα.



**ΕΙΚΟΝΑ 25: ΣΤΑΤΗΣ**

Βλέπουμε από δίπλα ότι υπάρχουν ειδικά μέταλλα τα οποία ανάλογα έλκουν ή απωθούν τους μαγνήτες του ρότορα ανάλογα με τον έλεγχο της φάσης. Υπάρχουν 3 φάσεις σε αυτό το μοτέρ, συνεχούς ρεύματος και τροφοδοτούνται η μια μετά την άλλη έτσι ώστε να πραγματοποιηθεί η ομαλή κίνηση του ρότορα.

## Φρένα:

Στην έξω μεριά του μοτέρ είναι το σύστημα των φρένων που περιλαμβάνουν ταμπόρα.



**ΕΙΚΟΝΑ 26: ΤΑΜΠΟΥΡΑ ΜΕ ΕΛΑΤΗΡΙΑ**

Υπάρχουν δύο σιαγόνες που ανοίγουν και "τρίβονται" εντός μιας ειδικής βάσης έτσι, ώστε να μειώνεται η ταχύτητα κατά την πέδηση.

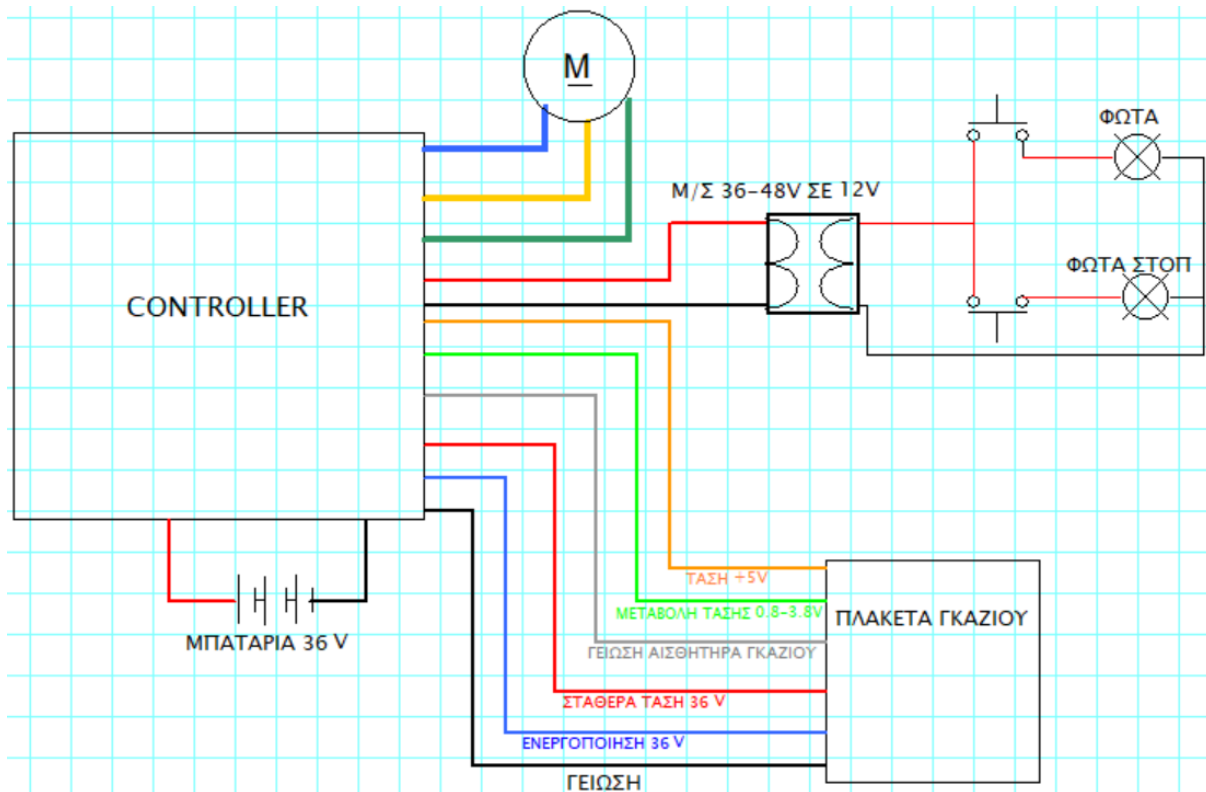


**ΕΙΚΟΝΑ 27: ΤΟ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟ ΜΕΡΟΣ ΤΩΝ ΦΡΕΝΩΝ**



## Ανάλυση συνδεσμολογίας του controller με όλα τα ηλεκτρικά μέρη του πατινιού:

Αφού μιλήσαμε για όλα τα μέρη του πατινιού μας, θα εξηγήσουμε και πως θα γίνει η σωστή συνδεσμολογία μεταξύ τους.



ΕΙΚΟΝΑ 28: ΣΧΕΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΚΑΛΩΔΙΩΣΕΩΝ

Αρχικά θα ξεκινήσουμε με την σύνδεση του ηλεκτρικού μας κινητήρα βλέποντας το σχέδιο όπου είναι και η πιο απλή σύνδεση αφού έχουμε να συνδέσουμε μόνο τις τρεις φάσεις. Επίσης απλή σύνδεση είναι και η μπαταρία αλλά για λόγους ασφαλείας θα την αφήσουμε τελευταία. Στη συνέχεια θα προχωρήσουμε στα φώτα. Το πατίνι θα έχει στο μπροστά μέρος led φώτα για φωτισμό σε σκοτάδι και στο πίσω μέρος θα έχει led φώτα στοπ και πορείας. Εδώ το πρόβλημα που έχουμε είναι ότι τα περισσότερα led φώτα που υπάρχουν στο εμπόριο λειτουργούν με τροφοδοσία των 12 volt. Εμείς στο συγκεκριμένο πατίνι χρησιμοποιούμε μια μπαταρία των 36 volt, άρα θα χρειαστεί να συνδέσουμε έναν μετασχηματιστή για την μετατροπή της τάσης από τα 36 volt στα 12 volt. Για τα φώτα στο μπροστά μέρος θα χρησιμοποιήσουμε έναν απλό διακόπτη on-off για τον έλεγχο τους. Για τα πίσω φώτα στοπ θα έχουμε έναν διακόπτη στην λαβή του φρένου, έτσι ώστε να πιέζετε μαζί με την λαβή και να ανάβουν κατά το φρενάρισμα.



**ΕΙΚΟΝΑ 29: ΔΙΑΚΟΠΤΗΣ ON-OFF ΓΙΑ ΦΩΤΙΣΜΟ**

Αφού τελειώσουμε και με την συνδεσμολογία, έχουμε πλέον το πατίνι μας έτοιμο.



**ΕΙΚΟΝΑ 30: ΦΩΤΙΣΜΟΣ ΠΑΤΙΝΙΟΥ**



**ΕΙΚΟΝΑ 31: ΤΟ ΤΕΛΙΚΟ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ**

# Κεφάλαιο 5: Regenerative braking

## 5.1 Ανάλυση αναβάθμισης

Σε αυτό το κεφάλαιο θα αναλύσουμε τον τρόπο με τον οποίο μπορούμε να αναβαθμίσουμε το δικό μας πατίνι έτσι ώστε να μπορεί να αποθηκεύσει ενέργεια από το αναγεννητικό φρενάρισμα, τα υλικά που θα χρειαστούν αλλά και το κόστος τους.

Για αρχή, θα πρέπει να βρούμε ένα νέο controller (ελεγκτή) για το πατίνι μας όπου θα μπορεί να υποστηρίξει αυτή την λειτουργία. Ένα αρκετά δημοφιλές και ποιοτικό controller είναι το xiaomi m365 controller το οποίο ταιριάζει και με τα χαρακτηριστικά του πατινιού μας.



ΤΑΣΗ	36V
ΡΕΥΜΑ	17A
ΙΣΧΥΣ	350W

**ΕΙΚΟΝΑ 32: CONTROLLER XIAMI**

Εδώ να σημειωθεί ότι σε γενικές γραμμές λόγω απωλειών και άλλων παραγόντων παίρνουμε πίσω το 50% της ισχύς από το αναγεννητικό φρενάρισμα.

Αφού επιλεγθεί το κατάλληλο controller θα πρέπει να βρεθούν και οι κατάλληλοι υπερπυκνωτές, οι οποίοι θα συνδεθούν **παράλληλα με την μπαταρία** έτσι ώστε να αποθηκεύεται άμεσα η ενέργεια που παράγεται από τον ηλεκτρικό κινητήρα. Θα χρειαστεί όμως και **μία δίοδος** πολωμένη με φορά έτσι ώστε να επιτρέπει **το ρεύμα να κινηθεί μόνο από τους πυκνωτές προς την μπαταρία**.

## 5.2 Εύρεση χωρητικότητας πυκνωτών

Αφού βρήκαμε τον κατάλληλο ελεγκτή, θα πρέπει να βρούμε και τους κατάλληλους πυκνωτές με την χωρητικότητα που χρειαζόμαστε για την μέγιστη απόδοση.

Αρχικά θα πρέπει να υπολογίσουμε πόση ενέργεια παράγεται από το μοτέρ κάθε φορά που πιέζουμε το φρένο για ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα και μια συγκεκριμένη απόσταση.

Παίρνοντας τον παρακάτω τύπο θα μπορέσουμε να βρούμε σε joule την ενέργεια που παράγει το μοτέρ:

$$E = \frac{1}{2} * M * (T2^2 - T1^2)$$

[35]

Από τον τύπο έχουμε το E όπου είναι η Ενέργεια, το M όπου είναι η Μάζα, το T2 είναι η ταχύτητα σε μέτρα ανά δευτερόλεπτο που έχουμε όταν πατηθεί το φρένο και τέλος το T1 όπου είναι η ταχύτητα σε μέτρα ανά δευτερόλεπτο που έχουμε μόλις αφήσουμε το φρένο. Το T1 θα μπορούσε να είναι και μηδενικό σε περίπτωση που σταματήσουμε εντελώς το πατίνι.

Το ηλεκτρικό μας πατίνι ζυγίζει περίπου 25 κιλά. Ας θεωρήσουμε ότι θα έχουμε έναν επιβάτη ο οποίος ζυγίζει 75 κιλά, άρα η μάζα (M) είναι 100 κιλά συνολικά.

Ας θεωρήσουμε ότι ο επιβάτης ταξιδεύει με την μέγιστη ταχύτητα του πατινιού όπου είναι τα 25 χιλιόμετρα την ώρα και επιλέγει να φρενάρει κάποια στιγμή έτσι ώστε να μειώσει ταχύτητα στα 5 χιλιόμετρα την ώρα.

Από εδώ μπορούμε να υπολογίσουμε με τον τύπο πόση ενέργεια θα μπορέσουμε να πάρουμε από το μοτέρ χρησιμοποιώντας τον τύπο:

*Γνωρίζοντας ότι 1 χιλιόμετρο την ώρα είναι ίσο με 0,27 μέτρα το δευτερόλεπτο έχουμε 25χλμ=6,7m/s και 5χλμ=1,38m/s*

$$E = \frac{1}{2} * M * (T2^2 - T1^2)$$

$$E = \frac{1}{2} * 100 * (6,7^2 - 1,38^2)$$

$$E = 2149,28 \text{ joule}$$

Βρίσκουμε από τον τύπο ότι η παραγόμενη ενέργεια που μπορεί να απορροφήσει το controller μας από το μοτέρ είναι **2149,28 joule**.

Όπως σημειώθηκε και προηγουμένως, το controller μαζί με τις διάφορες απώλειες του συστήματος μπορεί να απορροφήσει μόνο το 50% της ενέργειας, άρα εμείς θα πάρουμε μόνο τα **1074,64 joule** (2149,28/2).

Στην συνέχεια το επόμενο μας βήμα είναι μετατρέψουμε την ενέργεια από joule σε watt για να μπορέσουμε να βρούμε το μέγιστο ρεύμα που αναπτύχθηκε.

Όταν θέλουμε να μειώσουμε την ταχύτητα μας με το φρένο, τότε ο χρόνος πέδησης διαφέρει ανάλογα με το έδαφος και την κλίση του. Σε συνθήκες στεγνού οδοστρώματος και κλίση μηδενικών μοιρών, ένα τυπικό φρενάρισμα από την μέγιστη ταχύτητα των 25 χιλιόμετρα έως τα 5 χιλιόμετρα την ώρα θα διαρκέσει περίπου 3 δευτερόλεπτα.

Άρα με αυτά τα στοιχεία μπορούμε να βρούμε την ισχύ σε watt με τον παρακάτω τύπο:

$$P_{(w)} = E_{(J)} / t_{(s)}$$

$$P_{(w)} = 1074,64 / 3s = 358,21 \text{ watt}$$

Γνωρίζουμε ότι το πατίνι μας λειτουργεί στα 36 volt, οπότε το μέγιστο ρεύμα που θα αναπτυχθεί σε αυτό το φρενάρισμα είναι:

$$I = 358,21 / 36 = 9,95 \text{ Amper}$$

Αφού βρέθηκε και το ρεύμα το οποίο αναπτύσσεται στο πατίνι, τώρα μπορούμε να βρούμε και τους κατάλληλους υπερπυκνωτές έτσι ώστε να τους συνδέσουμε για να μας δίνουν την επιπλέον αποθήκευση ενέργειας.

Οι υπερπυκνωτές έχουν συγκεκριμένη τάση λειτουργίας και συνήθως είναι στα 2,7 volt [51].

Αυτό σημαίνει ότι για να φτάσουμε στα 36 volt που θέλει το controller μας, θα χρειαστούμε κάποιον μετασχηματιστή ανύψωσης τάσης, ο οποίος θα μπορεί να λειτουργήσει χωρίς πρόβλημα στα 10 A ρεύματος. Για την συγκεκριμένη κατασκευή θα επιλέξουμε υπερπυκνωτές της εταιρίας **SUPREME POWER SOLUTIONS (sps)** οι οποίοι έχουν τάση λειτουργίας τα 2,7 volt και χωρητικότητα τα 3000F.



**ΕΙΚΟΝΑ 33: ΥΠΕΡΠΥΚΝΩΤΗΣ 3000 F**

Για να μπορέσουμε να έχουμε ένα καλό αποτέλεσμα, επειδή τα 2,7 volt είναι πολύ χαμηλή τάση ακόμα και με την χρήση του μετασχηματιστή ανύψωσης τάσης, θα επιλέξουμε να βάλουμε 6 πυκνωτές συνδεδεμένους σε σειρά έτσι ώστε να μας δώσουν 16,2 volt όπου είναι αρκετή τάση για να μπορέσουμε να ανυψώσουμε στα 36 volt χωρίς πρόβλημα.

Στην συνέχεια βρίσκουμε έναν μετασχηματιστή ανύψωσης τάσης που καλύπτει τα χαρακτηριστικά που χρειαζόμαστε.



**ΕΙΚΟΝΑ 34: ΜΕΤΑΧΗΜΑΤΙΣΤΗΣ ΑΝΥΨΩΣΗΣ ΤΑΣΗΣ**

Επιλέξαμε έναν OEM μετασχηματιστή, όπου συγκεκριμένα μπορεί να **λειτουργήσει με ρεύμα έως 15 A** οπότε μας καλύπτει πλήρως σύμφωνα με τους υπολογισμούς που κάναμε και μπορεί να δεχτεί τάση **από 10 έως 60 volt** και να την **ανυψώσει μέχρι και τα 80 volt**. Η τάση εξόδου μπορεί να ρυθμιστεί, έτσι ώστε να δέχεται τα 16,2 volt των πυκνωτών μας και να τα ανυψώνει στα 36 volt που δέχεται το controller.

Σε αυτό το σημείο φτάνουμε στο τελευταίο βήμα όπου θα βρούμε πόση ενέργεια θα πάρουμε από τους πυκνωτές, χρησιμοποιώντας τον παρακάτω τύπο:

$$E = \frac{1}{2} * C * (V_2^2 - V_1^2)$$

Εδώ να σημειώσουμε ότι το C στον τύπο που δηλώνει την συνολική χωρητικότητα των πυκνωτών θα είναι στα 500F από τα 3000F αφού οι 6 πυκνωτές θα συνδεθούν σε σειρά και η χωρητικότητα διαιρείται διά του 6.

Το  $V_2$  στον τύπο δηλώνει την μέγιστη τάση των πυκνωτών όπου είναι τα 16,2 volt και το  $V_1$  είναι η ελάχιστη τάση που μπορούν να δώσουν οι πυκνωτές όπου αυτό εξαρτάτε πλέον από τον μετατροπέα τάση μας που μας επιτρέπει την κατώτερη τάση στα 10 volt.

Άρα έχουμε:

$$E = \frac{1}{2} * 500 * (16,2^2 - 10^2) = 40.610 \text{ j}$$

Άρα η μέγιστη χωρητικότητα των πυκνωτών σε ενέργεια είναι **40.610 j**

## 5.3 Τελικό αποτέλεσμα με τον νέο σύστημα

### Σενάριο 1:

Αφού κάναμε την κατάλληλη εγκατάσταση και βρήκαμε πόση ενέργεια μπορούμε να αποθηκεύσουμε, πλέον μπορούμε να βρούμε και πόση επιπλέον αυτονομία θα μας δώσει στο πατίνι μας.

Αρχικά να λάβουμε υπόψιν ότι έχουμε στο πατίνι μας τις νέες μπαταρίες με 13,6 Ah που μας έδιναν μία επιπλέον αυτονομία περίπου 36% άρα από τα 25 χιλιόμετρα αυτονομίας και πλέον θα μπορούμε να ταξιδέψουμε για περίπου 34 χιλιόμετρα μέχρι να τελειώσει η ενέργεια της μπαταρίας.

Σε αυτό το σημείο θα κάνουμε ένα υποθετικό σενάριο στο οποίο θα βρούμε πόσο επιπλέον αυτονομία θα κερδίσουμε μαζί με τους πυκνωτές και τις νέες μπαταρίες σε αυτή την απόσταση των 34 χιλιομέτρων.

Ας θεωρήσουμε ότι κατά την διάρκεια της διαδρομής μας, πιέσαμε την λαβή του φρένου συνολικά για 1000 μέτρα. Οπότε θα υπολογίσουμε πόσα mAh θα δώσει πίσω στην μπαταρία μας ο κινητήρας σε αυτή την απόσταση. Θεωρούμε επίσης ότι κινούμαστε με μέση ταχύτητα τα 20 χιλιόμετρα την ώρα και σταματάμε εντελώς σε κάθε φανάρι και σήμανση στοπ. Ένα σχετικά ελαφρύ πάτημα του φρένου θα μειώσει την ταχύτητα από τα 20 χιλιόμετρα την ώρα στα 0, σε περίπου 5 δευτερόλεπτα, που σημαίνει ότι μειώνουμε 4 χιλιόμετρα την ώρα ανά δευτερόλεπτο.

Πλέον μπορούμε να βρούμε και την απόσταση που θα διανύσουμε κατά το φρενάρισμα με τον εξής τρόπο: [52]

$$\text{Απόσταση} = \text{αρχική ταχύτητα} * \text{χρόνος} + 1/2 * \text{επιτάχυνση} * \text{χρόνος}^2$$

Όπου η αρχική ταχύτητα είναι η ταχύτητα κατά την έναρξη της πέδησης, ο χρόνος είναι η διάρκεια του φρεναρίσματος, η επιτάχυνση είναι η επιβράδυνση λόγω πέδησης και η απόσταση είναι η απόσταση που διανύσαμε κατά την πέδηση.

Σε αυτή την περίπτωση, η αρχική ταχύτητα είναι 20 km/h, ο χρόνος είναι 5 δευτερόλεπτα και η τελική ταχύτητα είναι 0 km/h, που σημαίνει ότι η επιτάχυνση είναι: [52]

$$\begin{aligned} \text{επιτάχυνση} &= (\text{τελική ταχύτητα} - \text{αρχική ταχύτητα}) / \text{χρόνος} \\ \text{επιτάχυνση} &= (0 - 20) \text{ km/h} / 5\text{s} \\ \text{επιτάχυνση} &= -4 \text{ km/h/s} \end{aligned}$$

Τώρα μπορούμε να βάλουμε τις τιμές στον τύπο:

$$\text{Απόσταση} = 20 \text{ km/h} * 5\text{s} + 1/2 * (-4 \text{ km/h/s}) * (5\text{s})^2$$

$$\text{Απόσταση} = 50 \text{ m}$$



Επομένως, διανύσαμε μία απόσταση 50 μέτρων ενώ φρενάρουμε από 20 km/h σε 0 km/h σε διάστημα 5 δευτερολέπτων.  
Ας βρούμε τώρα και πόση ενέργεια θα πάρουμε πίσω σε αυτά τα 50 μέτρα.

$$E = \frac{1}{2} * M * (T_2^2 - T_1^2)$$

$$E = \frac{1}{2} * 100 * (5,56^2) \quad (20\text{χλμ/ώρα} = 5,56 \text{ μέτρα/δευτερόλεπτο})$$

$$E = 1547,64 \text{ joule}$$

Στη συνέχεια βρίσκουμε την ισχύ και το ρεύμα:

$$P(w) = E(J) / t(s)$$

$$P(w) = 773.82 / 5s = 154,76 \text{ watt} \quad (\text{η ενέργεια είναι το } 50\% \text{ λόγω απωλειών})$$

$$I = 154,76 / 36 = 4,29 \text{ Amper}$$

Αν παράγονται 154,76 watt στα 5 δευτερόλεπτα τότε έχουμε **30.95 watt** το δευτερόλεπτο.

Άρα για τα 1000 μέτρα που θέλουμε στην περίπτωση μας, θα έχουμε φρενάρει συνολικά 20 φορές από 5 δευτερόλεπτα όπου θα έχουμε 100 δευτερόλεπτα.

Άρα αν σε ένα δευτερόλεπτο έχουμε 30,95 watt, τότε σε 100 δευτερόλεπτα θα έχουμε:  
 $30,95 * 100 = 3095 \text{ watt}.$

Θα χρειαστεί να βρούμε πόσες wh είναι με τον εξής τρόπο:

Γνωρίζοντας ότι η ώρα έχει 3600 δευτερόλεπτα έχουμε:

$$3095 \text{ watts} * (100 \text{ sec} / 3600 \text{ sec}) = 86.53 \text{ wh}$$

Τώρα που γνωρίζουμε πόσες watt-ώρες παράγονται, θα το μετατρέψουμε σε mAh έτσι ώστε να δούμε πόση ενέργεια θα πάρει η μπαταρία μας πίσω με τον εξής τύπο:

$$\text{mAh} = \text{Wh} * 1000 / V$$

$$\text{mAh} = 86.53 \text{ Wh} * 1000 / 36 \text{ V} = 2403.61 \text{ mAh}$$

Άρα αφού συνολικά η μπαταρία μας είναι 13.600 mAh, θα έχουμε κέρδος με το φρενάρισμα 2403.61 mAh που σημαίνει ότι θα έχουμε μια αύξηση της αυτονομίας περίπου 17.6%.

## Σενάριο 2:

Αφού βρήκαμε πόσο κέρδος θα έχουμε από μία διαδρομή με αρκετά φρεναρίσματα, τώρα θα δούμε σε περίπτωση που κάποιος δεν κάνει διαδρομές εντός πόλης χωρίς πολλά σταματήματα έτσι ώστε να βρούμε αν θα συμφέρει μία τέτοια αναβάθμιση.

Σε αυτό το σενάριο θα υποθέσουμε ότι για τα ίδια χιλιόμετρα διαδρομής, θα πατηθεί το φρένο συνολικά για 100 μέτρα αντί για 1000 που είχαμε στο προηγούμενο σενάριο.

Παίρνοντας τους αριθμούς από τους προηγούμενος υπολογισμούς έχουμε τα εξής:

Γνωρίζοντας ότι στα 1000 μέτρα παράγονται 86,53 wh, τότε στα 100 μέτρα θα έχουμε:

$$86,53 / 10 = 8,653 \text{ Wh.}$$

**Αρα βρίσκουμε τα mAh**

$$\text{mAh} = 8,653 \text{ Wh} * 1000 / 36 \text{ V} = 240.36 \text{ mAh}$$

**Αρα με τα νέα δεδομένα έχουμε μια αύξηση στο 1,76% το οποίο πιθανόν να μη το παρατηρήσει και καθόλου ο οδηγός διότι είναι πολύ μικρή η διαφορά.**

## 5.4 Κοστολόγηση της αναβάθμισης

Ας αναλύσουμε πόσο μας κόστισε για αρχή η κατασκευή αυτού του πατινιού και στην συνέχεια θα δούμε πόσο κόστισε συνολικά μαζί με την αναβάθμιση του αναγεννητικού φρεναρίσματος.

- Για αρχή ας δούμε πόσο κόστισε ο ηλεκτρικός κινητήρας. Ο κινητήρας βρίσκεται μέσα στην ρόδα όπου συνήθως πωλείται και μαζί με το ελαστικό, το οποίο είναι συμπαγές τύπου. Ένα καινούριο σετ κινητήρα 350 watt που έχουμε, μαζί με το ελαστικό κοστίζει σήμερα **60 ευρώ**.
- Μαζί με το μοτέρ θα επιλέξουμε και μία ίδιου μεγέθους απλή ρόδα με απλό ελαστικό και σαμπρέλα το οποίο θα κοστίσει **20 ευρώ**.
- Στην συνέχεια θα επιλέξουμε το κατάλληλο controller (εγκέφαλο) για αυτόν τον κινητήρα. Στην δική μας περίπτωση επιλέξαμε ένα controller των 36 volt. Υπάρχουν φυσικά και με διαφορετικές τάσης λειτουργίας αλλά τα 36 volt για την ισχύ που θέλουμε είναι αρκετά. Ένα controller με ισχύ 350 watt και 36 volt μπορούμε να το βρούμε στην τιμή των **20 ευρώ**.
- Τώρα θα επιλέξουμε την μπαταρία. Ένα πακέτο μπαταριών με συνολική τάση τα 36 volt και 10.000 mAh μαζί με το BMS θα μας **κοστίσει 120 ευρώ**. Όπου είναι το πιο ακριβό εξάρτημα του πατινιού μας.

- Θα χρειαστούμε επίσης και την λαβή του γκαζιού η οποία κόστισε **15 ευρώ**.
- Και τέλος μένει ο σκελετός του πατινιού, δηλαδή το πάτωμα του και το τιμόνι όπου υπάρχουν διάφορα ήδη και σχέδια ανάλογα το μέγεθος των τροχών κλπ. Ο δικός μας σκελετός είχε επίσης ήδη και την λαβή του φρένου και μας κόστισε **50 ευρώ**.

Άρα συνολικά τα υλικά για την κατασκευή μας κόστισε **285 ευρώ**.

Στην πορεία όμως επιλέξαμε να αναβαθμίσουμε την μπαταρία, αλλάζοντας τα παλιά στοιχεία που είχε ήδη με νέα μεγαλύτερης χωρητικότητας. Το πακέτο της μπαταρίας περιέχει συνολικά 40 στοιχεία εσωτερικά. Άρα φτιάξαμε μία με τον ίδιο αριθμό στοιχείων, και χρησιμοποιήσαμε το παλιό bms που ήδη είχαμε από την προηγούμενη.

- Τα στοιχεία που επιλέξαμε ήταν μάρκας Panasonic και κόστιζε **5 ευρώ ανά κομμάτι**. Συνολικά για 40 κομμάτια μας κόστισε **200 ευρώ**.
- Επίσης χρειάστηκε ειδικό λαμάκι νικελίου για να γίνει η κόλληση των στοιχείων μεταξύ τους αλλά αυτό μας κόστισε μόνο **1 ευρώ**.

Άρα συνολικά μαζί με την αναβάθμιση της μπαταρίας το κόστος ανέβηκε στα **485 ευρώ**.

Τέλος, αφού καταφέραμε και κατασκευάσαμε το σύστημα αναγεννητικού φρεναρίσματος, θα αναλύσουμε και το κόστος κατασκευής του.

Αρχικά θα μιλήσουμε για το πιο ακριβό μέρος της κατασκευής όπου είναι οι 6 υπερπυκνωτές. Ο κάθε ένας από αυτούς είναι διαθέσιμος στα περίπου 50 ευρώ. Που σημαίνει ότι συνολικά και για τους 6 θα μας κοστίσει γύρω στα **300 ευρώ**. Η τιμή τους είναι σχετικά υψηλή διότι είναι εξαιρετικά αποδοτικοί στην αποθήκευση και την παροχή ηλεκτρικής ενέργειας, καθιστώντας τους ιδανικούς για την κατασκευή μας.

Στην συνέχεια έχουμε το controller που χρησιμοποιήσαμε το οποίο κοστολογείτε γύρω στα 50 ευρώ στην κίνα, και περίπου στα **60 ευρώ** στην Ελλάδα. Φυσικά υπάρχουν κι άλλα φθηνότερα controller αλλά χωρίς την δυνατότητα να υποστηρίξουν το αναγεννητικό φρενάρισμα.

Και τέλος ο μετασχηματιστής μας ο οποίος είναι ένας απλός μετασχηματιστής ανύψωσης συνεχής τάσης όπου θα μας κοστίσει γύρω στα **20 ευρώ**.

Άρα συνολικά η αναβάθμιση θα κοστίσει σχεδόν **400 ευρώ**, ένα ποσό το οποίο μετά από αρκετές διαδρομές θα μπορέσουμε να το κάνουμε απόσβεση, αφού θα εξοικονομούμε ενέργεια φορτίζοντας το πατίνι πολύ λιγότερες φορές.

Μαζί με την κατασκευή και την αναβάθμιση της μπαταρίας καταλήγουμε πως το πατίνι θα κοστίσει **885 ευρώ**.

## 5.5 Απόσβεση κόστους

Αφού τελειώσαμε με την κοστολόγηση της κατασκευής μας, πλέον μπορούμε να δούμε πότε θα κάνουμε απόσβεση του κόστους με τις φορτίσεις και την εξοικονόμηση ενέργειας.

Την συγκεκριμένη χρονική περίοδο, το κόστος της κιλοβατώρας είναι στα 0,48 ευρώ.

Ένας απλός φορτιστής ή τροφοδοτικό μπορεί να φορτίσει τις μπαταρίες με ασφάλεια στα 2 αμπέρ και συγκεκριμένα στην δική μας περίπτωση με τις νέες μπαταρίες χρειάζεται περίπου 9,5 ώρες για μία πλήρη φόρτιση.

Πρώτα, πρέπει να μετατρέψουμε το ρεύμα από αμπέρ σε κιλοβάτ χρησιμοποιώντας τον τύπο: [53]

$$\text{Ισχύς (σε kW)} = \text{Τάση (σε V)} \times \text{Ρεύμα (σε A)} / 1000$$

Για την περίπτωσή μας, η κατανάλωση ενέργειας είναι:

$$\text{Ισχύς} = 230 \text{ V} \times 2 \text{ A} / 1000 = 0,46 \text{ kW}$$

Στη συνέχεια, μπορούμε να υπολογίσουμε τη συνολική ενέργεια που καταναλώνεται σε κιλοβατώρες:

$$\text{Ενέργεια (σε kWh)} = \text{Ισχύς (σε kW)} \times \text{Χρόνος (σε ώρες)}$$

Για την περίπτωσή μας, η κατανάλωση ενέργειας είναι:

$$\text{Ενέργεια} = 0,46 \text{ kW} \times 9,5 \text{ ώρες} = 4,56 \text{ kWh}$$

Τώρα, μπορούμε να υπολογίσουμε το κόστος χρήσης ηλεκτρικής ενέργειας:

$$\text{Κόστος} = \text{Ενέργεια (σε kWh)} \times \text{Κόστος ανά kWh}$$

Υποθέτοντας ότι το κόστος ανά kWh είναι 0,48 ευρώ:

$$\text{Κόστος} = 4,56 \text{ kWh} \times 0,49 \text{ ευρώ/kWh} = 2,18 \text{ ευρώ}$$

Επομένως, θα πληρώναμε περίπου **2,18 ευρώ** για χρήση 230 βολτ και 2 αμπέρ για 9,5 ώρες, υποθέτοντας ότι το κόστος ανά κιλοβατώρα είναι 0,48 ευρώ.

Αυτή η φόρτιση θα γεμίσει και τα 13600 mAh που διαθέτει η μπαταρία μας από το μηδέν.

Σύμφωνα με τους προηγούμενους υπολογισμούς μας, σε μία φυσιολογική διαδρομή υπολογίσαμε ότι με την χρήση του αναγεννητικού φρεναρίσματος, θα κερδίσουμε πίσω τα 2400 mAh. Ας δούμε λοιπόν πόσο θα εξοικονομήσουμε από αυτό το κέρδος.

$$1\text{mAh} = 2,18/13600 = 0.00016 \text{ ευρώ κόστος}$$

$$2400 \text{ mAh} = 0.00016 \times 2400 = 0.38 \text{ ευρώ κόστος.}$$

**Άρα θα εξοικονομούμε περίπου 0.38 ευρώ με την νέα αναβάθμιση μας άρα το συνολικό κόστος φόρτισης αν θεωρήσουμε ότι κάνουμε την ίδια απόσταση θα είναι:**

$$2,18 - 0,38 = 1,76 \text{ ευρώ στην κάθε φόρτιση.}$$

**Το σύστημα του αναγεννητικού φρεναρίσματος μας κόστισε 400 ευρώ. Για να κάνουμε την απόσβεσή μας με το κέρδος των 0.38 ευρώ θα χρειαστούμε:**

**$400/0,38= 1052,6$  πλήρης φορτίσεις.**

Το χρονικό διάστημα μπορεί να διαφέρει ανάλογα με την χρήση του πατινιού.

## **Κεφάλαιο 6: Επίλογος**

### **6.1 Συμπεράσματα**

Τα ηλεκτρικά πατίνια συνιστούν μία πολλά υποσχόμενη τεχνολογία για την μετακίνηση των πολιτών σε μικρές αποστάσεις εντός των αστικών δρόμων.

Στο πλαίσιο αυτό, αρκετές εταιρίες επεκτείνονται και εξελίσσονται τεχνολογικά παρέχοντας ολοένα πιο βελτιωμένα μοντέλα ηλεκτρικών πατινιών.

Παράλληλα, οι κυβερνήσεις και οι τοπικές αρχές και φορείς δημιουργούν τις κατάλληλες προϋποθέσεις παρέχοντας κίνητρα, προκειμένου οι πολίτες να αγκαλιάσουν δράσεις μικροκινητικότητας.

Επιπροσθέτως, η ενοικίαση των ηλεκτρικών πατινιών, έχει προοδευτικά ενταχθεί στην καθημερινότητα των πολιτών, επιτυγχάνοντας να αυξηθούν οι ελεύθερες θέσεις στάθμευσης, η μείωση του κυκλοφοριακού προβλήματος και κατ' επέκταση η προστασία του περιβάλλοντος λόγω της μείωσης των ρύπων.

Ωστόσο, πρέπει να σημειωθεί ότι υφίστανται ακόμα σημαντικά ζητήματα για τους χρήστες των ηλεκτρικών πατινιών, όπως για παράδειγμα πεζοδρόμια με εμπόδια, η παραμένουσα μικτή κυκλοφορία πεζών, ποδηλάτων και ηλεκτρικών πατινιών. Το γεγονός αυτό επιτείνει τους κινδύνους τραυματισμών.

Τέλος, προκύπτει ότι υφίστανται αρκετά τεχνικά ζητήματα που πρέπει να μελετηθούν κατασκευαστικά. Συγκεκριμένα, πρέπει να διερευνηθεί η βελτίωση των τεχνικών χαρακτηριστικών των ηλεκτρικών πατινιών που συνδέονται με: την καλή απόσβεση και την άνεση οδήγησης, την ευκολότερη εξισορρόπηση, τη μεγάλη εμβέλεια, το σύστημα του φρεναρίσματος, την αυξημένη ικανότητα οδήγησης των πατινιών σε δρόμους μεγάλης κλίσης, τη γρήγορη φόρτιση, την αντοχή της μπαταρίας στο χρόνο κλπ.

## 6.2 Μελλοντικές Επεκτάσεις

Ιδιαίτερα στις αστικές περιοχές, ο κύριος σκοπός των κοινωνιών αφορά στη βελτιστοποίηση της καθημερινότητας των πολιτών και ταυτόχρονα στην μείωση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος των ανθρώπινων δραστηριοτήτων.

Κατ' αυτόν τον τρόπο, θα πρέπει να αναζητηθούν και να αναδειχθούν λύσεις που θα παρέχουν μεγαλύτερη ασφάλεια στη χρήση των ηλεκτρικών πατινιών.

Το γεγονός αυτό συνεπάγεται ότι η κατεύθυνση των πρωτοβουλιών για το μέλλον θα πρέπει να έχει διττό χαρακτήρα:

- α. τη βελτιστοποίηση των τεχνικών χαρακτηριστικών και της απόδοσης των ηλεκτρικών πατινιών με την ταυτόχρονη μείωση του κόστους τους,
- β. την περαιτέρω ανάπτυξη δράσεων και επιχορηγούμενων προγραμμάτων εκ μέρους των κυβερνήσεων και των τοπικών φορέων.

---

## Βιβλιογραφία

- [1] Πατίνι, 2013, [el.wikipedia.org](https://el.wikipedia.org/wiki/Πατίνι), διαθέσιμο από: <https://el.wikipedia.org/wiki/Πατίνι>
- [2] Όλοι οι νέοι κανονισμοί για τα ηλεκτρικά πατίνια (ΕΠΗΟ), Μάρτιος 2021, Δ. Σκιάννης, διαθέσιμο από: <https://getelectric.gr/oloi-oi-neoi-kanonismoi-gia-ta-ilektrika-patinia-epio/>
- [3] Υπ. Μεταφορών: Κανόνες και πρόστιμα για τα ηλεκτρικά πατίνια, Νοέμβριος 2020, [www.naftemporiki.gr](http://www.naftemporiki.gr), διαθέσιμο από: <https://www.naftemporiki.gr/society/1135104/yp-metaforon-kanones-kai-prostima-gia-ta-ilektrika-patinia/>
- [4] Β. Μαραγκουδάκης, Α. Κονταξή, Κ. Δελιαλή, Γ. Γιαννής, Προτιμήσεις των Αθηναίων απέναντι στα ηλεκτρικά πατίνια, 10ο Διεθνές Συνέδριο για την Έρευνα στις μεταφορές - Κινητικότητα του Μέλλοντος και Ανθεκτικές Μεταφορές: Ο δρόμος προς την Καινοτομία. (2021) διαθέσιμο από: <https://www.nrso.ntua.gr/geyannis/wp-content/uploads/geyannis-rc424.pdf>
- [5] Scooter sharing system, χ.η., [en.wikipedia.org](https://en.wikipedia.org/wiki/Scooter-sharing_system), διαθέσιμο από: [https://en.wikipedia.org/wiki/Scooter-sharing\\_system](https://en.wikipedia.org/wiki/Scooter-sharing_system)
- [6] Estimated micro mobility market size in 2030, by key region and scenario, April 2022, M. Carlier, διαθέσιμο από: <https://www.statista.com/statistics/1012311/estimated-micromobility-market-size-by-region/>
- [7] Who Has The Most Historical Responsibility for Climate Change?, November 2021, N. Popovich, B. Plumer, διαθέσιμο από: <https://www.nytimes.com/interactive/2021/11/12/climate/cop26-emissions-compensation.html>
- [8] Greenhouse Gas Emissions from Energy Data Explorer, November 2021, International Energy Agency - [iea](http://iea.org), διαθέσιμο από: <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/greenhouse-gas-emissions-from-energy-data-explorer>
- [9] Πράσινη μετάβαση, χ.η., Ευρωπαϊκή Επιτροπή, διαθέσιμο από: [https://reform-support.ec.europa.eu/what-we-do/green-transition\\_el](https://reform-support.ec.europa.eu/what-we-do/green-transition_el)
- [10] Global CO2 emissions, n.d., διαθέσιμο από: <http://www.globalcarbonatlas.org/en/CO2-emissions>

- [11] Electric moped sharing programs expand around the US - Are Americans ready to become scooter riders?, June 2018, Toll, M., διαθέσιμο από: <https://electrek.co/2018/06/18/electric-moped-sharing-programs-expand/>
- [12] Sustainable transport: What is it and why is it important?, 2021, διαθέσιμο από: <https://climate.selectra.com/en/advice/sustainable-transport>
- [13] Electric Scooter: Origins, History and Evolution, Madcharge, December 2018, διαθέσιμο από: <https://www.madcharge.com/electric-scooter-origins-history-and-evolution/>
- [14] Peugeot Scoot'Elec 1996: Ηλεκτρικό... 26 ετών. scooternet.gr, Μάιος 2022, διαθέσιμο από: <https://scooternet.gr/ιστορια/peugeot-scootelec-1996-πολύ-μπροστά/>
- [15] M. Yu, P. Hynan, A. von Jouanne, A. Yokochi, Current Li-Ion Battery Technologies in Electric Vehicles and Opportunities for Advancements, Energies. 12(6):1074 (2019). <https://doi.org/10.3390/en12061074>
- [16] The Promise and Pitfalls of E-Scooter Sharing, BCG, May 2019, D. Schellong, P. Sadek, C. Schaetzberger, T. Barrack, διαθέσιμο από: <https://www.bcg.com/publications/2019/promise-pitfalls-e-scooter-sharing.aspx>
- [17] Looking to create an e-scooter sharing business?, n.d., διαθέσιμο από: <https://scootapi.com>
- [18] Τα ηλεκτρικά πατίνια "κατακτούν" το κέντρο της Αθήνας - Που θα τα βρείτε, Ιανουάριος 2019, autodioiisi.gr, διαθέσιμο από: <https://www.aftodioikisi.gr/koinonia/ta-ilektrika-patinia-kataktoyn-to-kentro-tis-athinas-poy-tha-ta-vreite/>
- [19] K. Fang, A.W. Agrawal, A.M. Hooper, How and where should I ride this thing? "Rules of the road" for personal transportation devices, Project 1713, SJSU ScholarWorks, San Jose State University, May 2019, διαθέσιμο από: [https://scholarworks.sjsu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1264&context=mti\\_publications](https://scholarworks.sjsu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1264&context=mti_publications)
- [20] C.S. Smith, J.P. Schwieterman, E-scooter scenarios: evaluating the potential mobility benefits of shared dockless scooters in Chicago, December 2018, διαθέσιμο από: <https://trid.trb.org/view/1577726>
- [21] J. Hollingsworth, B. Copeland, J.X. Johnson, Are e-scooters polluters? The environmental impacts of shared dockless electric scooters. Environmental Research Letters, 14(8) (2019), 084031



- [22] B. Shunhua, J. Junfeng, Dockless E-scooter usage patterns and urban built Environments: A comparison study of Austin, TX, and Minneapolis, MN, *Travel Behaviour and Society*, 20 (2020) 264-272, <https://doi.org/10.1016/j.tbs.2020.04.005>.
- [23] T.K. Trivedi, C. Liu, A.L.M. Antonio, N. Wheaton, V. Kreger, A. Yap, J.G. Elmore, Injuries associated with standing electric scooter use. *JAMA network open*, 2(1) (2019) 187381-187381, doi:10.1001/jamanetworkopen.2018.7381
- [24] E-Scooter Finding Report - The City of Portland, 2018, Portland Bureau of Transportation Oregon, διαθέσιμο από: <https://www.portland.gov/transportation/escooterpdx/2018-e-scooter-findings-report>
- [25] Are e-scooters polluters?, October 2019, NC State University, College of Engineering News, διαθέσιμο από: <https://www.engr.ncsu.edu/news/2019/10/24/are-e-scooters-polluters/>
- [26] C. Hardt, K. Bogenberger, Usage of e-scooters in urban environments, *Transportation research procedia*, 37(2019) 155-162
- [27] Are Electric Scooters Awesome or Terrible? A Look at the Pros and Cons, August 2018, O. Jogi, διαθέσιμο από: <https://www.entrepreneur.com/article/318486>
- [28] Shared mobility: Sustainable cities, shared destinies, January 2023, McKinsey & Company, διαθέσιμο από: <https://www.mckinsey.com/industries/automotive-and-assembly/our-insights/shared-mobility-sustainable-cities-shared-destinies>
- [29] Lime Electric Scooter Recall May Lead to Litigation Explosion, June 2020, <https://www.expertinstitute.com>, διαθέσιμο από: <https://www.expertinstitute.com/resources/insights/lime-electric-scooter-recall-may-lead-to-litigation-explosion/>
- [30] The Booming E-Scooter Market Just Reported Its First Fatality, G. Dobush, September 2018, διαθέσιμο από: <https://fortune.com/2018/09/21/escooter-share-first-fatality-lime-helmet/>
- [31] E-scooter drivers beware of unplanned claims, December 2018, H. Smith, διαθέσιμο από: <https://www.propertycasualty360.com/2018/12/20/e-scooter-drivers-beware-of-unplanned-claims/?slreturn=20230108053541>
- [32] Accident data shows e-scooter deaths treble year-on-year, November 2022, <https://www.fleetnews.co.uk>, διαθέσιμο από: <https://www.fleetnews.co.uk/news/car-industry->

news/2022/11/25/accident-data-shows-e-scooter-deaths-treble-year-on-year

[33] T. Wildi, *Electrical Machines, Drives, and Power Systems*, Fifth Edition, Prentice Hall, 2001, pp. 96-118

[34] New mobile energy storage system for rolling stock, EPE '09, September 2009, M. Meinert, 13th European Conference on Power Electronics and Applications.

[35] L. Sun, M. Awadallah, L. Chi, N. Zhang, An Electric Scooter with Super-Capacitor Drive and Regenerative Braking, SAE Technical Paper 2014-01-1878, 2014, doi:10.4271/2014-01-1878

[36] T. Kibona, C. King'ondy, A. Pogrebnoi, Y. Jande, Status of Biomass Derived Carbon Materials for Supercapacitor Application, *International Journal of Electrochemistry*, License CC BY 4.0, Project: Nanomaterials for energy storage, 1.1(2017) 1 - 14, doi: 10.1155/2017/6453420

[37] M.-J. Yang, H.-L. Jhou, B.-Y. Ma, K.-K. Shyu, A Cost-Effective Method of Electric Brake With Energy Regeneration for Electric Vehicles, *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 56(6) (2009), doi:10.1016/j.proci.2006.07.231.

[38] Lead Acid Battery Charger Circuit, September 2018, [www.electronicshub.org](http://www.electronicshub.org), διαθέσιμο από: <https://www.electronicshub.org/lead-acid-battery-charger-circuit/>

[39] M. Al Sakka, T. Geury, M. El Baghdadi, M. Dhaens, O. Hegazy, Review of Fault Tolerant Multi-Motor Drive, Topologies for Automotive, Applications. *Energies*, 15(15) (2022) 5529, <https://doi.org/10.3390/en15155529>

[40] O. Garcia, L.A. Flores, J.A. Oliver, J.A. Cobos, J. De la Pena, Bi-Directional DC/DC Converter For Hybrid Vehicles, *Proceedings of PESC'05 IEEE 36th Power Electronics Specialists Conference*, (2005)1881 1886 0-78039-033-4, Brazil

[41] M. Cacciato, F. Caricchi, F. Giuhlii, E. Santini, A Critical Evaluation and Design of Bi-directional DC/DC Converters for Super-Capacitors Interfacing in Fuel Cell Applications, *Proceedings of IAS 39th IEEE Industry Applications Conference Annual Meeting*, (2004) 1127 1133 0-78038-486-5, Italy

[42] What is a Battery Management System? n.d., <https://www.synopsys.com>, διαθέσιμο από: <https://www.synopsys.com/glossary/what-is-a-battery-management-system.html>

[43] D. Halliday, R. Resnick, J. Walker, *Fundamentals Of Physics*, 10th Edition, Wiley, 2014

- [44] R.S. Popovic, Hall Effect Devices, 2nd Edition, CRC Press, 2004
- [45] A. Baumgartner, T., Ihn, K. Ensslin, G. Papp, F. Peeters, K. Maranowski, A.C. Gossard, Classical Hall effect in scanning gate experiments, Phys. Rev. B. 74 (16) (2006) 165426, doi:10.1103/PhysRevB.74.165426
- [46] P.A. Malvino, J.D. Bates, Ηλεκτρονική - Αρχές και Εφαρμογές, Μιφρ. Παπαβραμίδου, Π., 8η Έκδοση, Εκδόσεις Τζιόλα, 2016
- [47] Τρανζίστορ FET Επιδράσεως Πεδίου, χ.η., Διαφάνειες παρουσίασης στη Σχολή Ναυτικών Δοκίμων, Α. Τσιγκόπουλος, διαθέσιμο από: <https://eclass.hna.gr/modules/document/file.php/TMA102/Τσιγκόπουλος/ΔΙΑΦΑΝΕΙΕΣ ΤΡΑΝΖΙΣΤΟΡ ΕΠΙΔΡΑΣΕΩΣ ΠΕΔΙΟΥ.pdf>
- [48] A. Sedra, K. Smith, Μικροηλεκτρονικά Κυκλώματα, Εκδόσεις Παπασωτηρίου, 2017
- [49] R.L. Boylestad, L. Nashelsky, Ηλεκτρονικές διατάξεις και θεωρία κυκλωμάτων, Εκδόσεις Τζιόλα, 2012
- [50] What is a MOSFET: Working and Its Applications, n.d., <https://www.elprocus.com>, διαθέσιμο από: <https://www.elprocus.com/mosfet-as-a-switch-circuit-diagram-free-circuits/>
- [51] Battery University, How does a Supercapacitor Work? <https://batteryuniversity.com/article/bu-209-how-does-a-supercapacitor-work>
- [52] school for champions, [https://www.school-for-champions.com/science/motion equations distance braking.htm#.YKy18Y5KjIU](https://www.school-for-champions.com/science/motion%20equations%20distance%20braking.htm#.YKy18Y5KjIU)
- [53] Charge an Electric Bike, <https://www.hovsco.com/blogs/news/what-does-it-cost-to-charge-an-electric-bike>