



# **ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ**

## **ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

### **ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ**

#### **Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών Προηγμένες Τεχνολογίες Υπολογιστικών Συστημάτων ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**Βάση φόρτισης μη επανδρωμένων οχημάτων με χρήση  
ανανεώσιμων πηγών ενέργειας**

**Μουργελάς Χρήστος  
Α.Μ. 21016**

**Εισηγητής: Δρ. Βουτσινάς Στυλιανός**

**(Κενό φύλλο)**

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**Βάση φόρτισης μη επανδρωμένων οχημάτων με χρήση ανανεώσιμων  
πηγών ενέργειας**

**Μουργελάς Χρήστος  
Α.Μ. 21016**

**Εισηγητής:**

**Δρ. Βουτσινάς Στυλιανός**

**Εξεταστική Επιτροπή:**

Βουτσινάς Στυλιανός  
Βογιατζής Ιωάννης  
Φατούρος Σταυρος

**Ημερομηνία εξέτασης**

**(Κενό φύλλο)**

## ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο/η κάτωθι υπογεγραμμένος Μουργελάς Χρήστος του Δημητρίου, με αριθμό μητρώου 21016 φοιτητής του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών Προηγμένες Τεχνολογίες Υπολογιστικών Συστημάτων του Τμήματος Μηχανικών Πληροφορικής και Υπολογιστών της Σχολής Μηχανικών του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής, δηλώνω ότι:

«Είμαι συγγραφέας αυτής της μεταπτυχιακής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της, είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος.

Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του πτυχίου μου».

Επιθυμώ την απαγόρευση πρόσβασης στο πλήρες κείμενο της εργασίας μου μέχρι ..... και έπειτα από αίτηση μου στη Βιβλιοθήκη και έγκριση του επιβλέποντα καθηγητή.

Ο Δηλών



**(Κενό φύλλο)**

## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Η παρούσα διπλωματική εργασία ολοκληρώθηκε χάρης το μεγάλο ενδιαφέρον για τα μη επανδρωμένα μέσα και συστήματα, και για αυτό θα ήθελα να ευχαριστήσω τον φίλο ,και συμφοιτητή μου Σωκράτη Κόκκινο που έκανε την αρχή για την δημιουργία της βάσης φόρτισης. Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω την ερευνητική ομάδα TALOS U.V.S που μέσα από την ενασχόληση μου με αυτή την ομάδα μου έδωσε το απαραίτητο ενθουσιασμό να ασχοληθώ με αυτό το θέμα. Να ευχαριστήσω επίσης τον Πάνο Βαζούκη που με βοήθησε και με βοηθάει ακόμα στο εγχείρημα μου να ασχοληθώ με τον τομέα που αγαπάω. Θα ήθελα να ευχαριστήσω επίσης την Σοφία Μπίλη που μέσα από της συζήτησης μας μου έδωσε το έναυσμα να τελειώσω την διπλωματική μου όσο πιο γρήγορα γινόταν

Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέπων καθηγητή μου Στέλιο Βουτσινά που μου έδωσε την ιδέα να ασχοληθώ με αυτό το ενδιαφέρον θέμα

**(Κενό φύλλο)**



## **ΠΕΡΙΛΗΨΗ**

Η παρούσα διπλωματική εργασία διερευνά την έννοια των σταθμών φόρτισης των UAV, που χρησιμοποιούν ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και αναφέρει μια πειραματική διάταξη για ένα σύστημα βάσης φόρτισης με χρήση φωτοβολταϊκού στοιχείου, επιδεικνύοντας την αναγκαιότητα τέτοιων συστημάτων για την απρόσκοπτη λειτουργία των UAV σε απομακρυσμένες τοποθεσίες και περιοχές χωρίς αξιόπιστη πρόσβαση στο δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας και εξασφαλίζει μακροπρόθεσμα περιβαλλοντικά οφέλη.

## **ABSTRACT**

This thesis explores the concept of UAV charging stations using renewable energy sources and reports an experimental setup for a charging base system using a photovoltaic cell, demonstrating the necessity of such systems for the uninterrupted operation of UAVs in remote locations and areas without reliable access to the electricity grid and ensuring long-term environmental benefits.

ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗ ΠΕΡΙΟΧΗ: Μη επανδρωμένα μέσα και συστήματα

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Βάση φόρτισης, Μη επανδρωμένα πτητικά μέσα, ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, drones, U.A.V.

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<b>1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....</b>	<b>14</b>
1.1 Περιγραφή του αντικειμένου της διπλωματικής εργασίας .....	15
1.2 Ιστορική αναδρομή .....	15
1.3 Δομή της εργασίας.....	16
<b>2. ΒΑΣΕΙΣ ΦΟΡΤΙΣΗΣ.....</b>	<b>17</b>
2.1 Εφαρμογές βάσεων φόρτισης.....	18
2.2 Δομή βάσεων φόρτισης.....	23
2.3 Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και η εφαρμογή τους στις βάσεις φόρτισης..	24
2.4 Σχεδιασμός ενός σταθμού φόρτισης μη επανδρωμένων αεροσκαφών με ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.....	26
<b>3. ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΚΑΙ ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΣΗ ΒΑΣΗΣ ΦΟΡΤΙΣΗΣ ΣΥΜΒΑΤΗ ΜΕ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.....</b>	<b>31</b>
3.1 Υλικά τροποποίησης.....	31
3.2 Συνδεσμολογία.....	37
<b>4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ.....</b>	<b>49</b>
4.1 Σύνοψη της διπλωματικής εργασίας .....	49
4.2 Προοπτικές .....	50
<b>5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....</b>	<b>51</b>

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

<b>Σχήμα 2.1:</b> Drone της Amazon για διαδρομές παράδοσης.....	<b>19</b>
<b>Σχήμα 2.2:</b> Drone της DJI Agras T30 για χρήση στην γεωργία.....	<b>19</b>
<b>Σχήμα 2.3:</b> Drone της DJI inspire 2 για χρήση στην παραγωγή ταινιών.....	<b>20</b>
<b>Σχήμα 2.4:</b> Drone-in-a-box solutions της SKYDIO για χρήση στην επιθεώρηση υποδομών.....	<b>21</b>
<b>Σχήμα 2.5:</b> Raptor SAM'S-Hybrid drone σχεδιασμένο για στρατιωτικές επιχειρήσεις επίβλεψης.....	<b>22</b>
<b>Σχήμα 2.6:</b> Microdrones τετρακόπτερο σχεδιασμένο για ερευνητικούς σκοπούς .....	<b>22</b>
<b>Σχήμα 2.7:</b> Πρωτότυπη υλοποίηση βάσης φόρτισης .....	<b>24</b>
<b>Σχήμα 2.8:</b> Διάταξη διαχείρισης ηλεκτρικής ενέργειας από μια πηγή φωτοβολταϊκού .....	<b>27</b>
<b>Σχήμα 3.1:</b> Φωτοβολταϊκό στοιχείο .....	<b>32</b>
<b>Σχήμα 3.2:</b> MPPT.....	<b>33</b>
<b>Σχήμα 3.3:</b> Μπαταρία μολύβδου .....	<b>34</b>
<b>Σχήμα 3.4:</b> Inverter 500VA 300W .....	<b>34</b>
<b>Σχήμα 3.5:</b> Arduino Mega 2560 .....	<b>35</b>
<b>Σχήμα 3.6:</b> ili9486 TFT Touch Shield LCD Module .....	<b>36</b>
<b>Σχήμα 3.7:</b> Voltage Sensor Module DC(0-25 V) .....	<b>37</b>
<b>Σχήμα 3.8:</b> Διάγραμμα συνδεσμολογίας .....	<b>38</b>
<b>Σχήμα 3.9:</b> Πειραματική διάταξη βαθμονόμησης συστήματος παρακολούθησης τάσης .....	<b>40</b>
<b>Σχήμα 3.10:</b> Διάγραμμα τάσης μπαταρίας μολύβδου οξέος .....	<b>40</b>
<b>Σχήμα 3.11:</b> Ένδειξη ποσοστού μπαταρίας στο 90%.....	<b>41</b>
<b>Σχήμα 3.12:</b> Ένδειξη τάσης μπαταρίας στο 12.86 Volt .....	<b>41</b>
<b>Σχήμα 3.13:</b> Ένδειξη ποσοστού μπαταρίας στο 30%.....	<b>42</b>
<b>Σχήμα 3.14:</b> Ένδειξη μπαταρίας στο 11.92 Volt .....	<b>42</b>
<b>Σχήμα 3.15:</b> Ένδειξη ποσοστού μπαταρίας στο 20%.....	<b>43</b>
<b>Σχήμα 3.16:</b> Ένδειξη μπαταρίας στο 11.92 Volt .....	<b>43</b>
<b>Σχήμα 3.17:</b> Προειδοποιητική ένδειξη μπαταρίας.....	<b>44</b>
<b>Σχήμα 3.18:</b> Ένδειξη μπαταρίας 11.59 Volt .....	<b>44</b>

<b>Σχήμα 3.19:</b> Τάση προστασίας μπαταρίας από under voltage μέσω του MPPT .....	<b>45</b>
<b>Σχήμα 3.20:</b> Τάση προστασίας μπαταρίας από over voltage μέσω του MPPT .....	<b>45</b>
<b>Σχήμα 3.21:</b> Πειραματική υλοποίηση .....	<b>46</b>
<b>Σχήμα 3.22:</b> Διάγραμμα πειραματικής υλοποίησης .....	<b>47</b>
<b>Σχήμα 3.23:</b> Διάγραμμα πειραματικής υλοποίησης με inverter.....	<b>48</b>

## ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ

**UAV** Unmanned aerial Vehicles

**PSU** Power Supply Unit

**MPPT** Maximum Power Point Tracking

**MCB** Miniature Circuit Breakers

**TFT** Thin-film transistor

**LCD** Liquid Crystal Display

**AC** Alternating Current

**DC** Direct Current

**MID** Multi Info Display

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

### ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ραγδαία ανάπτυξη των μη επανδρωμένων αεροσκαφών (UAV) έχει φέρει επανάσταση σε πολλούς κλάδους, από την αεροφωτογράφιση και την επιτήρηση μέχρι τη γεωργία και τις υπηρεσίες παράδοσης. Καθώς η ζήτηση για UAV συνεχίζει να αυξάνεται, η ανάγκη για αποτελεσματικές και βιώσιμες λύσεις φόρτισης έχει γίνει όλο και πιο κρίσιμη. Οι παραδοσιακές μέθοδοι φόρτισης, όπως οι μπαταρίες μίας χρήσης ή τα συστήματα που εξαρτώνται από το δίκτυο, δεν είναι μόνο περιβαλλοντικά μη βιώσιμες, αλλά εμποδίζουν επίσης τη συνεχή και αδιάλειπτη λειτουργία των UAV.

Για την αντιμετώπιση αυτών των προκλήσεων, οι βάσεις φόρτισης UAV που χρησιμοποιούν ανανεώσιμες πηγές ενέργειας έχουν αναδειχθεί ως μια πολλά υποσχόμενη λύση. Με την ενσωμάτωση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, όπως η ηλιακή ενέργεια, η αιολική ενέργεια και η γεωθερμική ενέργεια, στην υποδομή φόρτισης, τα UAV μπορούν να τροφοδοτούνται με βιώσιμη ενέργεια, μειώνοντας το αποτύπωμα άνθρακα και την εξάρτησή τους από μη ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Η συμβατότητα των σταθμών φόρτισης UAV με ανανεώσιμες πηγές ενέργειας όχι μόνο εξασφαλίζει μακροπρόθεσμα περιβαλλοντικά οφέλη, αλλά επιτρέπει επίσης την απρόσκοπτη λειτουργία των UAV σε απομακρυσμένες τοποθεσίες και περιοχές χωρίς αξιόπιστη πρόσβαση στο δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας.

Ο σχεδιασμός ενός σταθμού φόρτισης UAV που αξιοποιεί αποτελεσματικά τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας απαιτεί προσεκτικές εκτιμήσεις. Τα συστήματα παραγωγής ενέργειας, όπως τα ηλιακά πάνελ ή οι ανεμογεννήτριες, πρέπει να βελτιστοποιηθούν για μέγιστη απόδοση και αποδοτικότητα. Επιπλέον, πρέπει να ενσωματωθούν συστήματα αποθήκευσης ενέργειας, όπως προηγμένες μπαταρίες ή πυκνωτές, ώστε να εξασφαλίζεται σταθερή παροχή ενέργειας σε περιόδους χαμηλής παραγωγής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές. Τα ευφυή συστήματα διαχείρισης ενέργειας και οι αλγόριθμοι ελέγχου είναι επίσης απαραίτητα για την παρακολούθηση της παραγωγής, της αποθήκευσης και της κατανάλωσης

ενέργειας σε πραγματικό χρόνο, βελτιστοποιώντας τη διαδικασία φόρτισης και διαχειριζόμενα αποτελεσματικά τις διακυμάνσεις ισχύος.

Η ενσωμάτωση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στους σταθμούς φόρτισης UAV δεν προσφέρει μόνο περιβαλλοντικά οφέλη, αλλά ανοίγει και νέες δυνατότητες για ποικίλες εφαρμογές. Από τη γεωργία ακριβείας και την περιβαλλοντική παρακολούθηση έως την αντιμετώπιση έκτακτων περιστατικών και τις εναέριες έρευνες, τα UAV που είναι εξοπλισμένα με σταθμούς φόρτισης συμβατούς με ανανεώσιμες πηγές ενέργειας μπορούν να λειτουργούν για παρατεταμένες περιόδους, επιτρέποντας τη βελτίωση της αποδοτικότητας και της παραγωγικότητας σε διάφορους κλάδους.

### **1.1 Περιγραφή του αντικειμένου της διπλωματικής εργασίας**

Στην παρούσα διπλωματική εργασία, θα διερευνήσουμε την έννοια των σταθμών φόρτισης UAV συμβατών με ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Θα εμβαθύνουμε στις εκτιμήσεις σχεδιασμού, στα απαιτούμενα εξαρτήματα, στα οφέλη και τις προκλήσεις που σχετίζονται με τέτοια συστήματα. Επιπλέον, θα συζητήσουμε τις πιθανές μελλοντικές εξελίξεις και εφαρμογές των σταθμών φόρτισης UAV, τονίζοντας τη σημασία τους για την προώθηση της βιωσιμότητας, τη μείωση του λειτουργικού κόστους και την επέκταση των δυνατοτήτων της τεχνολογίας UAV.

### **1.2 Ιστορική αναδρομή**

Η ραγδαία ανάπτυξη των μη επανδρωμένων αεροσκαφών (UAV) έχει φέρει επανάσταση σε διάφορους κλάδους, προσφέροντας νέες δυνατότητες μεταβάλλοντας τις παραδοσιακές πρακτικές. Τα UAV έχουν βρει εφαρμογές σε τομείς όπως η γεωργία, η επιθεώρηση υποδομών, η επιτήρηση, η χαρτογράφηση και η αντιμετώπιση καταστροφών, μεταξύ άλλων. Τα μη επανδρωμένα αεροσκάφη παρέχουν σημαντικά πλεονεκτήματα έναντι των επανδρωμένων αεροσκαφών, όπως χαμηλότερο λειτουργικό κόστος, αυξημένη ευελιξία και αυξημένη ασφάλεια. Με την πρόοδο της τεχνολογίας, τα UAV έχουν γίνει πιο αποτελεσματικά, αποδοτικά και ικανά να εκτελούν σύνθετες εργασίες αυτόνομα ή με τηλεχειρισμό[1]. Ως αποτέλεσμα, η ζήτηση για UAV έχει εκτοξευθεί στα ύψη, γεγονός που οδηγεί στην ανάγκη για αποτελεσματικές λύσεις φόρτισης για τη διασφάλιση συνεχών και αδιάλειπτων αποστολών πτήσης.



Πρόσφατες μελέτες έχουν επικεντρωθεί στη βελτιστοποίηση των επιδόσεων και των δυνατοτήτων των UAV. Για παράδειγμα, οι ερευνητές έχουν διερευνήσει τη χρήση προηγμένων τεχνικών υπολογιστικής όρασης και μηχανικής μάθησης για τη βελτίωση της πλοήγησης UAV, της αποφυγής εμποδίων και της αναγνώρισης αντικειμένων. Επιπλέον, οι εξελίξεις στην τεχνολογία των μπαταριών έχουν βελτιώσει την αντοχή και το χρόνο πτήσης των UAV, επιτρέποντάς τους να καλύπτουν μεγαλύτερες περιοχές και να εκτελούν πιο απαιτητικές εργασίες [2].

Εν κατακλείδι, η ταχεία ανάπτυξη των UAV είχε βαθύτατο αντίκτυπο σε διάφορους κλάδους, με τις πρόσφατες εξελίξεις να διευρύνουν τα όρια των δυνατοτήτων τους. Καθώς τα UAV γίνονται πιο ευέλικτα, αποδοτικά και αυτόνομα, η ανάγκη για αποδοτικές λύσεις φόρτισης συμβατές με τις εξελισσόμενες απαιτήσεις τους γίνεται όλο και πιο σημαντική.

### **1.3 Δομή της εργασίας**

Στο δεύτερο κεφάλαιο αναλύονται οι βάσεις φόρτισης τα χαρακτηριστικά τους, οι χρήσεις τους και η δομή τους τέλος αναφέρετε η ενσωμάτωση ανανεώσιμων πηγών σε βάσεις φόρτισης, η αναγκαιότητά τα τους, και τα οφέλη τους.

Στο τρίτο περιγράφεται η πειραματική κατασκευή που υλοποιήθηκε, τα ηλεκτρονικά στοιχεία και υλικά που χρησιμοποιήθηκαν, η καλωδίωσή τους και οι τοποθέτησή τους πάνω στην κατασκευή με εικόνες.

Στο τέταρτο κεφάλαιο παρατίθενται τα συμπεράσματα κατά την έρευνα και υλοποίηση, τα προβλήματα που παρουσιάστηκαν αλλά και πιθανές βελτιώσεις που μπορούν να γίνουν

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

### ΒΑΣΕΙΣ ΦΟΡΤΙΣΗΣ

Οι βάσεις φόρτισης για UAV έχουν αναδειχθεί σε κρίσιμη υποδομή για την υποστήριξη της συνεχούς λειτουργίας αυτών των UAV. Αυτοί οι βάσεις φόρτισης παρέχουν έναν αποκλειστικό χώρο για τα UAV για την επαναφόρτιση των μπαταριών τους, εξασφαλίζοντας αδιάλειπτες αποστολές πτήσης και βελτιστοποιώντας τη λειτουργική αποδοτικότητα. Οι βάσεις φόρτισης UAV μπορούν να είναι εξοπλισμένοι με διάφορα χαρακτηριστικά, όπως αποβάθρες φόρτισης, συστήματα διαχείρισης ισχύος και επιλογές συνδεσιμότητας για τη διευκόλυνση της απρόσκοπτης φόρτισης και της ανταλλαγής δεδομένων μεταξύ των UAV και της υποδομής φόρτισης [3].

Αρκετές μελέτες [4] αναφέρουν τον σχεδιασμό και κατασκευή βάσεων φόρτισης για drones, χρησιμοποιώντας διάφορες μεθόδους και τεχνικές μεταφοράς ενέργειας με διαφορετικά ποσοστά αποδοτικότητας συγκρίνοντας τους σταθμούς φόρτισης σύμφωνα με τις μεθοδολογίες που χρησιμοποιούνται, τη ενέργεια που μπορεί να προσφέρουν σε ένα drone, την αποτελεσματικότητα που έχουν, και την ανάγκη προσανατολισμού προσγείωση.

Η ανάπτυξη σταθμών φόρτισης UAV έχει πολλά οφέλη. Πρώτον, εξαλείφει την ανάγκη για χειροκίνητη αντικατάσταση της μπαταρίας, επιτρέποντας στους χειριστές UAV να απλουστεύουν τις δραστηριότητές τους και να ελαχιστοποιήσουν τον χρόνο διακοπής λειτουργίας. Τα UAV μπορούν να προσγειωθούν αυτόνομα στο σταθμό φόρτισης, να ξεκινήσουν τη διαδικασία φόρτισης και να συνεχίσουν τις αποστολές τους μόλις φορτιστούν πλήρως. Δεύτερον, οι βάσεις φόρτισης μπορούν να τοποθετηθούν στρατηγικά σε περιοχές όπου τα UAV αναπτύσσονται συχνά, όπως περιοχές επιθεώρησης ή κόμβοι παράδοσης, επιτρέποντας την άνετη πρόσβαση σε υποδομές φόρτισης. Αυτό βελτιώνει τη συνολική αποτελεσματικότητα των επιχειρήσεων UAV και μειώνει τις υλικοτεχνικές προκλήσεις που σχετίζονται με τη διαχείριση της ισχύος των μπαταριών. Επιπλέον, οι βάσεις φόρτισης μπορούν να συμβάλουν στην επεκτασιμότητα και την επέκταση των υπηρεσιών των UAV παρέχοντας μια αξιόπιστη και τυποποιημένη υποδομή. Οι βάσεις φόρτισης διαδραματίζουν κρίσιμο ρόλο στην επιτυχή ανάπτυξη και λειτουργία των UAV σε διάφορους κλάδους.

Οι βάσεις φόρτισης UAV μπορεί να ποικίλλουν σε μέγεθος και πολυπλοκότητα, ανάλογα με τις ανάγκες του χρήστη και το μέγεθος των μη επανδρωμένων αεροσκαφών που φορτίζονται. Ορισμένοι βάσεις φόρτισης είναι φορητοί και μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε απομακρυσμένες τοποθεσίες, ενώ άλλοι είναι μεγαλύτερες, πιο μόνιμες εγκαταστάσεις σχεδιασμένες για εμπορική ή βιομηχανική χρήση, και χρησιμοποιούν μια πηγή ενέργειας, όπως μια γεννήτρια ή το ηλεκτρικό δίκτυο, για τη φόρτιση των μπαταριών των μη επανδρωμένων αεροσκαφών. Ορισμένοι βάσεις φόρτισης έχουν επίσης τη δυνατότητα να εκτελούν διαγνωστικούς ελέγχους και συντήρηση στα μη επανδρωμένα αεροσκάφη ενώ αυτά φορτίζονται.

## **2.1 Εφαρμογές βάσεων φόρτισης**

Η ύπαρξη ενός σταθμού φόρτισης UAV είναι χρήσιμη για τους χειριστές μη επανδρωμένων αεροσκαφών που χρησιμοποιούν τα αεροσκάφη τους για παρατεταμένες χρονικές περιόδους και πρέπει να διασφαλίζουν ότι έχουν αρκετή ενέργεια για να ολοκληρώσουν τις αποστολές τους. Μπορεί επίσης να βοηθήσει τους χειριστές μη επανδρωμένων αεροσκαφών να είναι πιο αποτελεσματικοί, καθώς μπορούν να φορτίσουν γρήγορα τα μη επανδρωμένα αεροσκάφη τους και να επιστρέψουν στις πτήσεις, αντί να περιμένουν για μεγάλο χρονικό διάστημα να επαναφορτιστεί η μπαταρία.

Μια βάση φόρτισης μη επανδρωμένων πτητικών μέσω μπορεί να χρησιμοποιηθεί σχεδόν σε κάθε εφαρμογή όπου εμπλέκονται UAVs όπως:

Εμπορικές υπηρεσίες παράδοσης με μη επανδρωμένα αεροσκάφη: Οι βάσεις φόρτισης είναι απαραίτητοι για να διασφαλιστεί ότι τα μη επανδρωμένα αεροσκάφη έχουν αρκετή ισχύ για να ολοκληρώσουν τις διαδρομές παράδοσης. Ένας σταθμός φόρτισης μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη γρήγορη και αποτελεσματική φόρτιση των μη επανδρωμένων αεροσκαφών, ώστε να είναι έτοιμα για την επόμενη πτήση τους[5].



**Εικόνα 2.1:** Drone της Amazon για διαδρομές παράδοσης

Αγροτική παρακολούθηση και επιτήρηση: Τα γεωργικά μη επανδρωμένα αεροσκάφη χρησιμοποιούνται για την παρακολούθηση των καλλιεργειών και την επιτήρηση των αγρών, και ένας σταθμός φόρτισης μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την επαναφόρτιση των μη επανδρωμένων αεροσκαφών όταν επιστρέφουν από τις πτήσεις τους. Αυτό συμβάλλει στη διασφάλιση ότι τα μη επανδρωμένα αεροσκάφη είναι πάντα έτοιμα για την επόμενη πτήση τους και βοηθά στη μεγιστοποίηση της παραγωγικότητάς τους[6].



**Εικόνα 2.2:** Drone της DJI Agras T30 για χρήση στην γεωργία

Παρακολούθηση και διατήρηση του περιβάλλοντος: Περιβαλλοντικές οργανώσεις και κυβερνητικές υπηρεσίες χρησιμοποιούν UAVs για την παρακολούθηση της άγριας ζωής, των δασών και άλλων περιοχών[7], [8].

Αντιμετώπιση έκτακτων αναγκών και διαχείριση κρίσεων: Τα μη επανδρωμένα αεροσκάφη χρησιμοποιούνται για επιχειρήσεις έρευνας και

Βάση φόρτισης μη επανδρωμένων οχημάτων με χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας

διάσωσης, καθώς και για την παρακολούθηση και την αντιμετώπιση φυσικών καταστροφών, όπως τυφώνες, σεισμοί και πυρκαγιές[9].

Κινηματογράφος και φωτογραφία: Με την ικανότητά τους να καταγράφουν εκπληκτικές εναέριες λήψεις από μοναδικές προοπτικές, τα UAV έχουν γίνει ανεκτίμητα εργαλεία για τους φωτογράφους και τους κινηματογραφιστές. Εξοπλισμένα με κάμερες υψηλής ανάλυσης και σταθεροποιητές (gimbals), τα UAV προσφέρουν στους κινηματογραφιστές και τους φωτογράφους πρωτοφανείς δημιουργικές δυνατότητες. Μπορούν να καταγράψουν σαρωτικές πανοραμικές λήψεις, δυναμικές λήψεις παρακολούθησης και εναέριες προοπτικές που κάποτε ήταν δυνατές μόνο με ακριβές ενοικιάσεις ελικοπτέρων[10].



**Εικόνα 2.3:** Drone της DJI inspire 2 για χρήση στην παραγωγή ταινιών

Επιθεώρηση υποδομών: Τα UAVs έχουν αποδειχθεί ιδιαίτερα αποτελεσματικά στην επιθεώρηση υποδομών. Οι παραδοσιακές μέθοδοι επιθεώρησης υποδομών, όπως γέφυρες, κτίρια και ηλεκτρικές γραμμές, μπορεί να είναι χρονοβόρες, δαπανηρές και δυνητικά επικίνδυνες για τους εργαζόμενους. Τα μη επανδρωμένα αεροσκάφη παρέχουν μια ασφαλέστερη και πιο αποτελεσματική εναλλακτική λύση, επιτρέποντας επιθεωρήσεις από κοντά από τον αέρα. Εξοπλισμένα με κάμερες και αισθητήρες υψηλής ανάλυσης, τα UAV μπορούν να καταγράφουν λεπτομερείς εικόνες και δεδομένα των στοιχείων υποδομής, εντοπίζοντας πιθανά προβλήματα όπως ρωγμές, διάβρωση ή δομικές βλάβες[11]. Ένας σταθμός φόρτισης μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την επαναφόρτιση των μη επανδρωμένων αεροσκαφών όταν επιστρέφουν από τις πτήσεις τους.



**Εικόνα 2.4:** Drone-in-a-box solutions της SKYDIO για χρήση στην επιθεώρηση υποδομών

Επιβολή του νόμου και δημόσια ασφάλεια: Τα UAV προσφέρουν στις υπηρεσίες επιβολής του νόμου και στις υπηρεσίες αντιμετώπισης εκτάκτων αναγκών βελτιωμένες δυνατότητες για επιτήρηση, αποστολές έρευνας και διάσωσης και επίγνωση της κατάστασης. Εξοπλισμένα με κάμερες, τεχνολογία θερμικής απεικόνισης και άλλους αισθητήρες, τα UAV μπορούν να παρέχουν σε πραγματικό χρόνο εναέριες απόψεις σκηνών συμβάντων, βοηθώντας τους αστυνομικούς και το προσωπικό έκτακτης ανάγκης να συλλέγουν κρίσιμες πληροφορίες και να λαμβάνουν τεκμηριωμένες αποφάσεις. Τα UAV μπορούν να επιθεωρήσουν γρήγορα μεγάλες περιοχές, να εντοπίσουν υπόπτους και να παρακολουθήσουν τα πλήθη κατά τη διάρκεια εκδηλώσεων, ενισχύοντας τη δημόσια ασφάλεια και βοηθώντας στην πρόληψη του εγκλήματος[12].

Βιομηχανική επιθεώρηση: Τα μη επανδρωμένα αεροσκάφη χρησιμοποιούνται για την επιθεώρηση αγωγών, γραμμών μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας, αγωγών πετρελαίου, φυσικού αερίου, τοπογράφηση και χαρτογράφηση ορυχείων και λατομείων και άλλων βιομηχανικών υποδομών[13].

Άμυνα και στρατός: Τα μη επανδρωμένα αεροσκάφη, έχουν καταστεί αναπόσπαστο μέρος της άμυνας και των στρατιωτικών επιχειρήσεων, παρέχοντας σημαντικά πλεονεκτήματα στο πεδίο της μάχης. Προσφέρουν βελτιωμένες δυνατότητες επιτήρησης, αναγνώρισης και συλλογής πληροφοριών, επιτρέποντας στις στρατιωτικές δυνάμεις να συλλέγουν πληροφορίες σε πραγματικό χρόνο και να λαμβάνουν τεκμηριωμένες αποφάσεις. Εξοπλισμένα με προηγμένους αισθητήρες, κάμερες, ακόμη και οπτικά συστήματα, να μπορούν να διεξάγουν εναέρια

Βάση φόρτισης μη επανδρωμένων οχημάτων με χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας

αναγνώριση, να παρακολουθούν τις κινήσεις του εχθρού και να παρέχουν επίγνωση της κατάστασης στα επίγεια στρατεύματα. Μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν για απόκτηση στόχων, πλήγματα ακριβείας και εκτίμηση ζημιών, ελαχιστοποιώντας τον κίνδυνο για το ανθρώπινο προσωπικό [14].



**Εικόνα 2.5:** Raptor SAM'S-Hybrid drone σχεδιασμένο για στρατιωτικές επιχειρήσεις επίβλεψης

Επιστημονική έρευνα: Τα UAV έχουν γίνει όλο και πιο πολύτιμα στην επιστημονική έρευνα, προσφέροντας στους ερευνητές νέες ευκαιρίες για τη συλλογή δεδομένων και τη διεξαγωγή μελετών σε διάφορους τομείς. Τα UAV που είναι εξοπλισμένα με εξειδικευμένους αισθητήρες και όργανα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παρακολούθηση και τη μελέτη διαφόρων πτυχών του περιβάλλοντος, συμπεριλαμβανομένων των οικοσυστημάτων, των κλιματικών προτύπων και των πληθυσμών άγριας ζωής. Πετώντας πάνω από στοχευμένες περιοχές, τα UAV μπορούν να καταγράψουν εικόνες υψηλής ανάλυσης, να συλλέγουν δεδομένα από αέρος και να δημιουργούν λεπτομερείς τρισδιάστατους χάρτες για ερευνητικούς σκοπούς.



**Εικόνα 2.6:** Microdrones τετρακόπτερο σχεδιασμένο για ερευνητικούς σκοπούς

## 2.2 Δομή βάσεων φόρτισης

Μια βάση φόρτισης μη επανδρωμένων αεροσκαφών αποτελείται συνήθως από διάφορα εξαρτήματα που συνεργάζονται για να διευκολύνουν τη διαδικασία φόρτισης και να παρέχουν ένα ασφαλές και αποτελεσματικό περιβάλλον φόρτισης για τα αεροσκάφη. Τα βασικά στοιχεία ενός σταθμού φόρτισης μη επανδρωμένων αεροσκαφών περιλαμβάνουν:

**Υποδομή φόρτισης:** Περιλαμβάνει τη φυσική υποδομή, όπως αποβάθρες ή πλάκες φόρτισης, όπου τα μη επανδρωμένα αεροσκάφη μπορούν να προσγειωθούν και να συνδεθούν για φόρτιση. Η υποδομή φόρτισης μπορεί να διαφέρει ανάλογα με τον σχεδιασμό του drone και τη μέθοδο φόρτισης, όπως η ενσύρματη ή η ασύρματη φόρτιση.

**Σύστημα διαχείρισης ενέργειας:** Το σύστημα διαχείρισης ενέργειας ρυθμίζει τη ροή της ηλεκτρικής ενέργειας στο σταθμό φόρτισης και διασφαλίζει ότι τα μη επανδρωμένα αεροσκάφη λαμβάνουν την κατάλληλη τάση και ρεύμα φόρτισης. Μπορεί να περιλαμβάνει εξαρτήματα όπως μετασχηματιστές, μετατροπείς ισχύος και ρυθμιστές τάσης για τη βελτιστοποίηση της διαδικασίας φόρτισης.

**Συνδεσιμότητα και επικοινωνία:** Οι σταθμοί φόρτισης μπορεί να διαθέτουν συστήματα επικοινωνίας για τη δημιουργία σύνδεσης με τα μη επανδρωμένα αεροσκάφη, επιτρέποντας την ανταλλαγή δεδομένων, την παρακολούθηση και τον έλεγχο. Αυτό επιτρέπει στο σταθμό να παρακολουθεί την πρόοδο της φόρτισης, να λαμβάνει ενημερώσεις κατάστασης από τα μη επανδρωμένα αεροσκάφη και να παρέχει τις απαραίτητες οδηγίες.

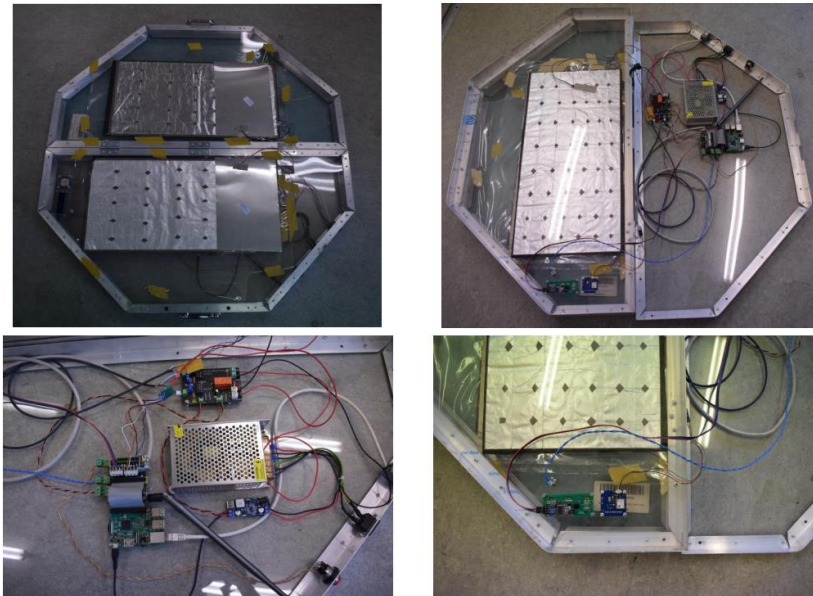
**Συστήματα παρακολούθησης και ελέγχου:** Για την αποτελεσματική διαχείριση της διαδικασίας φόρτισης και την παρακολούθηση της απόδοσης του σταθμού φόρτισης, μπορεί να ενσωματωθεί ένα σύστημα παρακολούθησης και ελέγχου. Το σύστημα αυτό μπορεί να παρέχει δεδομένα σε πραγματικό χρόνο σχετικά με την κατάσταση φόρτισης, την κατανάλωση ενέργειας και τη διάγνωση του συστήματος, επιτρέποντας στους χειριστές να βελτιστοποιούν τις λειτουργίες φόρτισης και να αντιμετωπίζουν τυχόν προβλήματα.

**Συστήματα ασφαλείας:** Τα χαρακτηριστικά ασφαλείας είναι απαραίτητα σε έναν σταθμό φόρτισης μη επανδρωμένων αεροσκαφών για την πρόληψη ατυχημάτων και την εξασφάλιση ασφαλών λειτουργιών φόρτισης. Αυτά μπορεί να περιλαμβάνουν χαρακτηριστικά όπως θερμική παρακολούθηση για την αποφυγή υπερθέρμανσης, συστήματα καταστολής πυρκαγιάς, προστασία από υπερτάσεις και μηχανισμούς ανίχνευσης βλαβών.

**Σύστημα αποθήκευσης ενέργειας:** Σε ορισμένες περιπτώσεις, ένας σταθμός φόρτισης μη επανδρωμένων αεροσκαφών μπορεί να ενσωματώνει ένα σύστημα αποθήκευσης ενέργειας, όπως μπαταρίες ή υπερπυκνωτές, για την αποθήκευση της πλεονάζουσας ενέργειας που παράγεται από ανανεώσιμες πηγές ή για την παροχή εφεδρικής ισχύος κατά τη διάρκεια περιόδων χαμηλής διαθεσιμότητας ανανεώσιμης ενέργειας.



Ενσωμάτωση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας: Εάν ο σταθμός φόρτισης έχει σχεδιαστεί ώστε να είναι συμβατός με ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, μπορεί να περιλαμβάνει ηλιακούς συλλέκτες, ανεμογεννήτριες ή άλλα συστήματα παραγωγής ανανεώσιμης ενέργειας. Αυτά τα εξαρτήματα αξιοποιούν καθαρή και βιώσιμη ενέργεια για την τροφοδοσία του σταθμού φόρτισης, μειώνοντας την εξάρτηση από τις παραδοσιακές πηγές ηλεκτρικής ενέργειας.



**Εικόνα 2.7:** Πρωτότυπη υλοποίηση βάσης φόρτισης [15]

### 2.3 Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και η εφαρμογή τους στις βάσεις φόρτισης

Η σημασία των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας δεν μπορεί να υπερεκτιμηθεί στον σημερινό κόσμο. Καθώς η παγκόσμια ζήτηση για ενέργεια συνεχίζει να αυξάνεται και οι ανησυχίες για την κλιματική αλλαγή αυξάνονται, οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας προσφέρουν μια κρίσιμη λύση. Σε αντίθεση με τα ορυκτά καύσιμα, οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, όπως η ηλιακή, η αιολική, η υδροηλεκτρική και η γεωθερμική ενέργεια, είναι καθαρές, βιώσιμες και έχουν ελάχιστες περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Αξιοποιώντας αυτές τις πηγές, μπορούμε να μειώσουμε σημαντικά τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, την ατμοσφαιρική ρύπανση και την εξάρτηση από πεπερασμένους πόρους. Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας παρέχουν επίσης ενεργειακή ασφάλεια και οικονομικά οφέλη, δημιουργώντας νέες ευκαιρίες απασχόλησης και προωθώντας την τοπική ανάπτυξη. Επιπλέον, ενισχύουν την ενεργειακή ανθεκτικότητα και μειώνοντας την ευπάθεια στις διακυμάνσεις των τιμών και τις γεωπολιτικές εντάσεις που συνδέονται με τα ορυκτά καύσιμα. Η υιοθέτηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας δεν είναι απαραίτητη μόνο για τον περιορισμό

της κλιματικής αλλαγής, αλλά και για την οικοδόμηση ενός πιο βιώσιμου και ανθεκτικού μέλλοντος για τις επόμενες γενιές[16].

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, ιδίως η ηλιακή ενέργεια, διαδραματίζουν καθοριστικό ρόλο στην τροφοδοσία των σταθμών φόρτισης μη επανδρωμένων αεροσκαφών, προσφέροντας πολλά οφέλη και πλεονεκτήματα. Η ηλιακή ενέργεια παρέχει μια καθαρή, βιώσιμη και άμεσα διαθέσιμη πηγή ενέργειας που είναι κατάλληλη για τις ανάγκες φόρτισης των μη επανδρωμένων αεροσκαφών. Ο ήλιος είναι ένας άφθονος και ανεξάντλητος ενεργειακός πόρος, γεγονός που τον καθιστά μια αξιόπιστη και μακροπρόθεσμη λύση για την τροφοδοσία σταθμών. Με την αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας, οι σταθμοί φόρτισης μπορούν να λειτουργούν αυτόνομα και ανεξάρτητα από το δίκτυο, μειώνοντας την ανάγκη για ορυκτά καύσιμα και ελαχιστοποιώντας τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα. Οι ηλιακοί συλλέκτες που εγκαθίστανται στην υποδομή του σταθμού φόρτισης ή σε παρακείμενες περιοχές συλλαμβάνουν το ηλιακό φως και το μετατρέπουν σε ηλεκτρική ενέργεια, η οποία μπορεί να αποθηκευτεί σε μπαταρίες για μεταγενέστερη χρήση ή να τροφοδοτηθεί απευθείας για τη φόρτιση των αεροσκαφών. Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας όχι μόνο μειώνει το λειτουργικό κόστος, αλλά συμβάλλει επίσης στην περιβαλλοντική βιωσιμότητα και υποστηρίζει τη μετάβαση σε ένα πιο πράσινο και βιώσιμο ενεργειακό μέλλον[17].

Επιπλέον, η ηλιακή ενέργεια προσφέρει ευελιξία για τους σταθμούς φόρτισης. Τα μη επανδρωμένα αεροσκάφη επιχειρούν συχνά σε απομακρυσμένες ή δυσπρόσιτες τοποθεσίες, όπου η πρόσβαση σε συμβατικές πηγές ενέργειας μπορεί να είναι περιορισμένη ή ανύπαρκτη. Οι σταθμοί φόρτισης με ηλιακή ενέργεια μπορούν να εγκατασταθούν σε αυτές τις περιοχές, παρέχοντας μια αξιόπιστη και αυτόνομη λύση ενέργειας. Οι φορητοί συλλέκτες ενέργειας επιτρέπουν την εύκολη μετεγκατάσταση και προσαρμογή για τη βελτιστοποίηση της έκθεσης στο ηλιακό φως, εξασφαλίζοντας αποτελεσματική παραγωγή ενέργειας καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας. Αυτή η προσαρμοστικότητα είναι ιδιαίτερα επωφελής σε προσωρινά ή ταχέως μεταβαλλόμενα επιχειρησιακά περιβάλλοντα. Επιπλέον, οι σταθμοί φόρτισης με ηλιακή ενέργεια συμβάλλουν στην ενεργειακή ανθεκτικότητα, μειώνοντας την εξάρτηση από εξωτερικά δίκτυα ηλεκτρικής ενέργειας, καθιστώντας τους πιο ανθεκτικούς σε διακοπές ή διακοπές ρεύματος. Χρησιμοποιώντας την ηλιακή ενέργεια, οι σταθμοί φόρτισης συνδυάζουν τα πλεονεκτήματα των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας με την ευελιξία και την αυτονομία που απαιτούνται

για την υποστήριξη των επεκτεινόμενων εφαρμογών των μη επανδρωμένων αεροσκαφών σε διάφορες βιομηχανίες[18].

## **2.4 Σχεδιασμός ενός σταθμού φόρτισης μη επανδρωμένων αεροσκαφών με ανανεώσιμες πηγές ενέργειας**

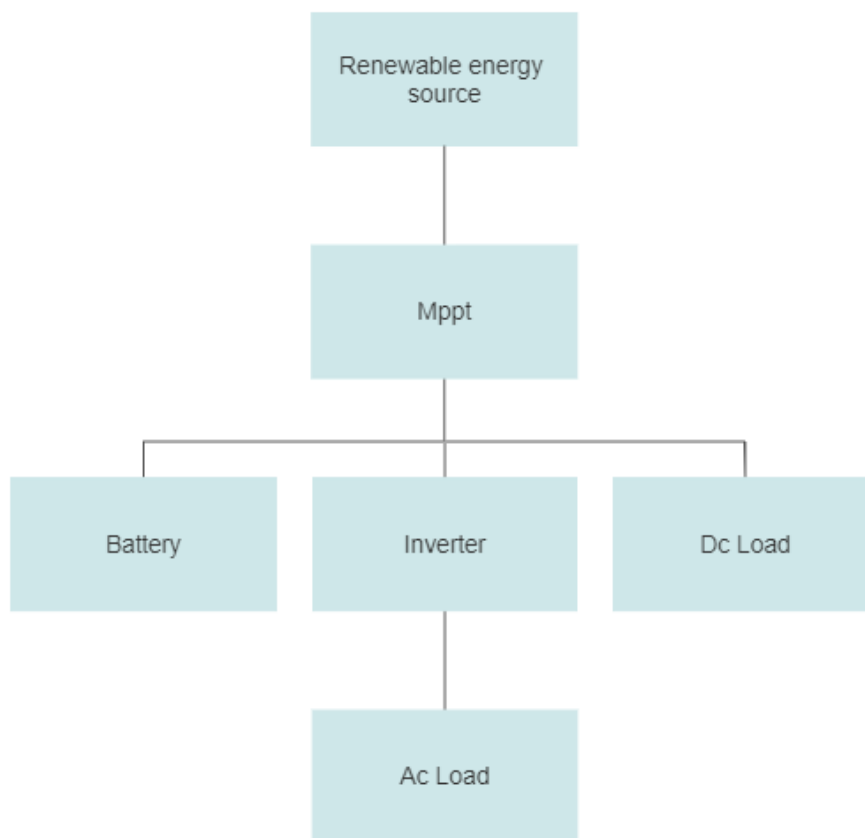
Ο σχεδιασμός ενός σταθμού φόρτισης μη επανδρωμένων αεροσκαφών με ανανεώσιμες πηγές ενέργειας περιλαμβάνει προσεκτική εξέταση πολλών βασικών στοιχείων για να εξασφαλιστεί η αποτελεσματική και βιώσιμη λειτουργία. Ακολουθούν ορισμένες σημαντικές πτυχές που πρέπει να ληφθούν υπόψη:

Ένα ζωτικής σημασίας στοιχείο κάθε σταθμού φόρτισης μη επανδρωμένων με ανανεώσιμες πηγές ενέργειας είναι το σύστημα ηλιακών πάνελ. Με την ενσωμάτωση ηλιακών συλλεκτών υψηλής ποιότητας, ο σταθμός φόρτισης μπορεί να συλλαμβάνει το ηλιακό φως και να το μετατρέπει σε ηλεκτρική ενέργεια. Πρέπει να δοθεί προσεκτική προσοχή στη διαστασιολόγηση και την τοποθέτηση των πάνελ για τη μεγιστοποίηση της παραγωγής ενέργειας[19]. Επιπλέον, ένα σύστημα αποθήκευσης ενέργειας, που συνήθως αποτελείται από μπαταρίες, διαδραματίζει κρίσιμο ρόλο στη διασφάλιση συνεχών δυνατοτήτων φόρτισης. Αυτές οι μπαταρίες αποθηκεύουν την πλεονάζουσα ενέργεια που παράγεται κατά τις ώρες αιχμής του ηλιακού φωτός, επιτρέποντας τη λειτουργία φόρτισης σε περιόδους χαμηλής διαθεσιμότητας ηλιακής ενέργειας ή τη νύχτα[20]. Η σωστή διαστασιολόγηση και επιλογή των μπαταριών είναι απαραίτητη για την κάλυψη των ενεργειακών απαιτήσεων του σταθμού φόρτισης και την παροχή αξιόπιστης ενέργειας για την ταυτόχρονη φόρτιση πολλών μη επανδρωμένων αεροσκαφών.

Μια βασική πτυχή του σχεδιασμού του σταθμού φόρτισης είναι η αποτελεσματική διαχείριση της ισχύος. Ένα καλά σχεδιασμένο σύστημα διαχείρισης ισχύος ρυθμίζει τη ροή της ενέργειας από τις ανανεώσιμες πηγές στην υποδομή φόρτισης και το σύστημα αποθήκευσης. Αυτό διασφαλίζει τη βέλτιστη χρήση ενέργειας, ελαχιστοποιεί τη σπατάλη ενέργειας και διευκολύνει τις απρόσκοπτες λειτουργίες φόρτισης[17]. Επιπλέον, η ενσωμάτωση ενός συστήματος παρακολούθησης και ελέγχου επιτρέπει στους φορείς εκμετάλλευσης να παρακολουθούν την παραγωγή ενέργειας, τα επίπεδα αποθήκευσης και την κατάσταση φόρτισης σε πραγματικό χρόνο. Αυτή η προσέγγιση με βάση τα δεδομένα επιτρέπει την αποτελεσματική διαχείριση της ενέργειας, εντοπίζει πιθανά

προβλήματα και βελτιστοποιεί τη συνολική απόδοση του σταθμού φόρτισης. Επιπλέον, οι δυνατότητες απομακρυσμένης παρακολούθησης ενισχύουν την ευκολία και διευκολύνουν την προληπτική συντήρηση, διασφαλίζοντας ότι ο σταθμός φόρτισης λειτουργεί στο μέγιστο δυναμικό του[21].

Στο παρακάτω διάγραμμα, (διάγραμμα 1) φαίνεται μια κλασική διάταξη διαχείρισης ηλεκτρικής ενέργειας από μια πηγή φωτοβολταϊκού. Η τάση που συλλέγεται από το φωτοβολταϊκό αποστέλλεται σε έναν ρυθμιστή τάσης Mppt, όπου παρακολουθεί τα σημεία μέγιστης ισχύος του φωτοβολταϊκού και για τις εκάστοτε συνθήκες θερμοκρασίας και ηλιακής ακτινοβολίας «ανιχνεύει» το βέλτιστο σημείο μέγιστης ισχύος και «τραβάει» την μέγιστη ισχύ από το πάνελ. Στην συνέχεια η ισχύ μπορεί να χρησιμοποιηθεί κατευθείαν σε κάποιο φορτίο συνεχούς τάσης, να διανεμηθεί σε μετατροπέα inverter συνεχούς τάσης σε εναλλασσόμενη για να χρησιμοποιηθεί σε κάποιο φορτίο εναλλασσόμενης τάσης, ή να αποθηκευτεί σε μπαταρίες για μετέπειτα χρήση.



**Εικόνα 2.8:** Διάταξη διαχείρισης ηλεκτρικής ενέργειας από μια πηγή φωτοβολταϊκού

### **Inverter (αντιστροφέας)**

Ο Inverter (αντιστροφέας) είναι μια ηλεκτρονική συσκευή που μετατρέπει την ισχύ συνεχούς ρεύματος (DC) από μια μπαταρία ή έναν ηλιακό συλλέκτη σε ισχύ εναλλασσόμενου ρεύματος (AC) που είναι κατάλληλη για την τροφοδοσία οικιακών συσκευών και ηλεκτρονικών συσκευών. Οι μετατροπείς χρησιμοποιούνται συνήθως σε ηλιακά συστήματα εκτός δικτύου, τροχόσπιτα, σκάφη και άλλες εφαρμογές όπου δεν υπάρχει διαθέσιμη ισχύς δικτύου. Οι αντιστροφέες λειτουργούν με τη χρήση ηλεκτρονικών εξαρτημάτων για την ταχεία ενεργοποίηση και απενεργοποίηση του συνεχούς ρεύματος, δημιουργώντας μια κυματομορφή εναλλασσόμενου ρεύματος που μπορεί να τροφοδοτήσει συσκευές και ηλεκτρονικά είδη εναλλασσόμενου ρεύματος. Η ποιότητα της κυματομορφής εναλλασσόμενου ρεύματος που παράγεται από έναν αντιστροφέα μπορεί να διαφέρει ανάλογα με τον τύπο και την ποιότητα του αντιστροφέα. Υπάρχουν διαθέσιμοι διάφοροι τύποι αντιστροφέων, μεταξύ των οποίων:

Μετατροπείς καθαρού ημιτονοειδούς κύματος: Αυτοί οι αντιστροφέες παράγουν μια υψηλής ποιότητας κυματομορφή εναλλασσόμενου ρεύματος που είναι παρόμοια με την κυματομορφή που παράγεται από το δίκτυο. Είναι ο πιο ακριβός τύπος αντιστροφέα, αλλά είναι η καλύτερη επιλογή για την τροφοδοσία ευαίσθητων ηλεκτρονικών συσκευών και συσκευών.

Μετατροπείς ημιτονοειδούς κύματος: Αυτοί οι μετατροπείς παράγουν μια κυματομορφή εναλλασσόμενου ρεύματος που δεν είναι τόσο ομαλή όσο ένα καθαρό ημιτονοειδές κύμα, το οποίο μπορεί να προκαλέσει προβλήματα με ορισμένα ηλεκτρονικά είδη και συσκευές. Ωστόσο, είναι λιγότερο ακριβοί από τους μετατροπείς καθαρού ημιτονοειδούς κύματος και είναι κατάλληλοι για πολλές εφαρμογές.

### **MPPT (Maximum Power Point Tracking)**

Η τεχνολογία MPPT εφαρμόζεται σε ελεγκτές ηλιακής φόρτισης και αντιστροφέες. Οι ελεγκτές ηλιακής φόρτισης είναι συσκευές που ρυθμίζουν την τάση και το ρεύμα από τη συστοιχία ηλιακών συλλεκτών για να εξασφαλίσουν τη σωστή φόρτιση μιας συστοιχίας μπαταριών. Οι αντιστροφέες είναι συσκευές που μετατρέπουν τη συνεχή ισχύ από τη συστοιχία ηλιακών συλλεκτών ή την συστοιχία μπαταριών σε εναλλασσόμενη ισχύ που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την

τροφοδοσία οικιακών συσκευών και ηλεκτρονικών συσκευών. Η τεχνολογία MPPT λειτουργεί με τη χρήση ενός μικροεπεξεργαστή για τη συνεχή παρακολούθηση της τάσης και του ρεύματος εξόδου της συστοιχίας ηλιακών συλλεκτών. Ο μικροεπεξεργαστής ρυθμίζει την έξοδο του ελεγκτή φόρτισης ή του μετατροπέα ώστε να διατηρείται το σημείο μέγιστης ισχύος του πάνελ, προσαρμόζοντας δυναμικά την τάση και το ρεύμα εξόδου. Αυτό επιτρέπει στο σύστημα να εξάγει τη μέγιστη ποσότητα ενέργειας από τη συστοιχία ηλιακών συλλεκτών, με αποτέλεσμα υψηλότερη απόδοση και μεγαλύτερη παραγωγή ισχύος. Η τεχνολογία MPPT μπορεί να αυξήσει την απόδοση ενός ηλιακού συστήματος έως και 30% σε σύγκριση με συστήματα που δεν χρησιμοποιούν MPPT όπως επίσης βελτιστοποιώντας την έξοδο ισχύος της συστοιχίας ηλιακών συλλεκτών, η τεχνολογία MPPT μπορεί να αυξήσει την ποσότητα ενέργειας που συλλέγεται από ένα ηλιακό σύστημα, με αποτέλεσμα μεγαλύτερη παραγωγή ισχύος και να παρατείνει τη διάρκεια ζωής μιας συστοιχίας μπαταριών, διασφαλίζοντας ότι οι μπαταρίες φορτίζονται πιο αποτελεσματικά και δεν υπερφορτίζονται ή υποφορτίζονται.

### **Μπαταρίες αποθήκευσης ενέργειας**

Όσο αφορά τις μπαταρίες Ο καλύτερος τύπος για χρήση με ηλιακούς συλλέκτες εξαρτάται από τις ειδικές ανάγκες και απαιτήσεις του ηλιακού συστήματος. Υπάρχουν διάφοροι τύποι μπαταριών που χρησιμοποιούνται συνήθως σε ηλιακά συστήματα, ο καθένας με τα δικά του πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα.

Ακολουθούν ορισμένοι από τους πιο συχνά χρησιμοποιούμενους τύπους μπαταριών σε ηλιακά συστήματα και τα χαρακτηριστικά τους:

Μπαταρίες μολύβδου-οξέος: Πρόκειται για τις πιο συχνά χρησιμοποιούμενες μπαταρίες στα ηλιακά συστήματα λόγω του χαμηλού κόστους και της αξιοπιστίας τους. Διατίθενται σε δύο τύπους: πλημμυρισμένες μπαταρίες μολύβδου-οξέος και σφραγισμένες μπαταρίες μολύβδου-οξέος. Οι μπαταρίες μολύβδου-οξέος απαιτούν τακτική συντήρηση και πρέπει να εγκαθίστανται σε καλά αεριζόμενο χώρο, ενώ οι σφραγισμένες μπαταρίες μολύβδου-οξέος δεν χρειάζονται συντήρηση και μπορούν να εγκατασταθούν σε οποιοδήποτε προσανατολισμό. Οι μπαταρίες μολύβδου-οξέος έχουν μικρότερη διάρκεια ζωής από άλλους τύπους μπαταριών και απαιτούν τακτική αντικατάσταση.

Μπαταρίες ιόντων λιθίου: Αυτές οι μπαταρίες είναι ακριβότερες από τις μπαταρίες μολύβδου-οξέος, αλλά έχουν μεγαλύτερη διάρκεια ζωής και υψηλότερη ενεργειακή πυκνότητα. Απαιτούν ελάχιστη έως καθόλου συντήρηση και μπορούν να φορτίζονται και να εκφορτίζονται συχνότερα από τις μπαταρίες μολύβδου-οξέος. Οι μπαταρίες ιόντων λιθίου είναι ελαφριές και συμπαγείς, γεγονός που τις καθιστά καλή επιλογή για φορητά ηλιακά συστήματα.

Μπαταρίες νικελίου-καδμίου: Αυτές οι μπαταρίες είναι ακριβότερες από τις μπαταρίες μολύβδου-οξέος, αλλά έχουν μεγαλύτερη διάρκεια ζωής και μπορούν να αντέξουν σε ακραίες θερμοκρασίες. Χρησιμοποιούνται συνήθως σε ηλιακά συστήματα εκτός δικτύου σε απομακρυσμένες περιοχές.

Μπαταρίες ροής: Αυτές οι μπαταρίες είναι ακόμη σχετικά νέες και ακριβότερες από άλλους τύπους μπαταριών, αλλά έχουν το πλεονέκτημα ότι είναι επεκτάσιμες και μπορούν να αποθηκεύουν μεγάλες ποσότητες ενέργειας[22]. Είναι κατάλληλες για ηλιακά συστήματα μεγάλης κλίμακας που απαιτούν μεγάλη αποθήκευση ενέργειας.

Γενικά, οι μπαταρίες ιόντων λιθίου θεωρούνται η καλύτερη επιλογή για ηλιακά συστήματα λόγω της υψηλής ενεργειακής πυκνότητας, της μεγάλης διάρκειας ζωής και των χαμηλών απαιτήσεων συντήρησης[23]. Ωστόσο, η επιλογή του τύπου μπαταρίας εξαρτάται από τις συγκεκριμένες ανάγκες και απαιτήσεις του ηλιακού συστήματος, συμπεριλαμβανομένης της απαιτούμενης ποσότητας αποθήκευσης ενέργειας, του διαθέσιμου προϋπολογισμού και των περιβαλλοντικών συνθηκών του χώρου εγκατάστασης.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

### ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΚΑΙ ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΣΗ ΒΑΣΗΣ ΦΟΡΤΙΣΗΣ ΣΥΜΒΑΤΗ ΜΕ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Για τη κατασκευή βάσης φόρτισης που θα είναι συμβατή με ανανεώσιμες πηγές ενέργειας θα γίνει τροποποίηση πειραματικής βάσης φόρτισης που σχεδιάστηκε και κατασκευάστηκε στα πλαίσια διπλωματικής εργασίας με τίτλο Σταθμός φόρτισης για μη επανδρωμένα πτητικά μέσα (Drone) [15].

Η τροποποίηση που πραγματοποιήθηκε μπορεί να γίνει σε οποιαδήποτε πρότυπη βάση φόρτισης για μη επανδρωμένα πτητικά αεροσκάφη, που περιέχουν τα βασικά στοιχεία κατασκευής όπως σύστημα τροφοδοσίας, διανεμητή τάσης, και έξυπνα συστήματα διαχείρισης φόρτισης και επικοινωνίας.

#### 3.1 Υλικά τροποποίησης

Με βάση τα προηγούμενα τα συμπεράσματα που προέκυψαν, τα υλικά που επιλέχτηκαν για την τροποποίηση της βάσης φόρτισης είναι τα εξής:

- Φωτοβολταϊκό στοιχείο
- MPPT
- Inverter
- MCB (μικροσκοπικοί διακόπτες κυκλώματος)
- Μπαταρία μολύβδου
- Arduino Mega 2560
- ili9486 TFT Touch Shield LCD Module 480x320
- Voltage Sensor Module DC (0-25 V)
- Hall Current Sensor Module ACS712 20A

#### Φωτοβολταϊκό στοιχείο

Για το φωτοβολταϊκό στοιχείο χρησιμοποιήθηκε ένα φωτοβολταϊκό 10 Watt και μέγεθος 42 x 27 εκατοστά. Η τάση ανοικτού κυκλώματος σε πλήρη ήλιο είναι 18,1V με 19.8V. Το ρεύμα βραχυκυκλώματος μετρήθηκε από 0,488A έως 0,543A με θερμοκρασία του στοιχείου στους 39 βαθμούς κελσίου.





**Εικόνα 3.1:** Φωτοβολταϊκό στοιχείο

### MPPT

Ο ελεγκτής ηλιακής φόρτισης MPPT που χρησιμοποιήθηκε είναι 10A και έχει σχεδιαστεί για μπαταρίες 12V και 24V μολύβδου-οξέος, Gel & AGM Deep Cycle. Ανιχνεύει αυτόματα τον τύπο της μπαταρίας που χρησιμοποιείται και είναι plug-and-play (οι εσωτερικές τιμές μπορούν να ρυθμιστούν χειροκίνητα).

Χαρακτηριστικά:

- Τύπος: PWM Solar Charge Controller, 10A, 12V/24V
- Τύπος μπαταρίας: DC 12V/24V (αυτόματη ανίχνευση)
- Ρεύμα φόρτισης: 10A
- Ρεύμα εκφόρτισης: 10A
- USB Έξοδος: 5V/2.5A μέγιστο
- Μέγιστη ηλιακή είσοδος: 23V (για μπαταρίες 12V) /46V (για μπαταρίες 24V)
- Equalization: sealed 14.4V / gel 14.2V / flooded 14.6V
- Τάση συντήρησης (Float): 13.7V/27.4V
- Διακοπή εκφόρτισης: 10.7V/21.4V
- Επανασύνδεση εκφόρτισης: 12.6V/25.2V
- Θερμοκρασία λειτουργίας: 35°C έως 60°C
- Διαστάσεις προϊόντος: 134 x 70 x 35mm
- Βάρος: 165g

Χαρακτηριστικά ηλεκτρονικής προστασίας:

Βάση φόρτισης μη επανδρωμένων οχημάτων με χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας

- Προστασία ανοικτού κυκλώματος
- Προστασία από βραχυκύκλωμα
- Προστασία αντιστροφής
- Προστασία υπερφόρτωσης
- Διπλή προστασία αντίστροφου ρεύματος Mosfet



**Εικόνα 3.2:** MPPT

Μπαταρία μολύβδου

Η μπαταρία που χρησιμοποιήθηκε είναι τεχνολογίας κλειστού τύπου γεγονός που επιτρέπει τη λειτουργία της χωρίς την προσθήκη νερού ή οξέος. Ως μπαταρία γενικής χρήσης είναι σχεδιασμένη να παρέχει αξιόπιστη απόδοση σε ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών.

Χαρακτηριστικά:

- Χωρητικότητα μπαταρίας: 7 Ah.
- Τάση μπαταρίας: 12 V.
- Ρεύμα φόρτισης: 105 A.
- Κύκλος χρήσης: 14.4 V - 15 V.
- Σύνδεση: Fast-on 250 (T2)
- Βάρος: 1.94 kg.

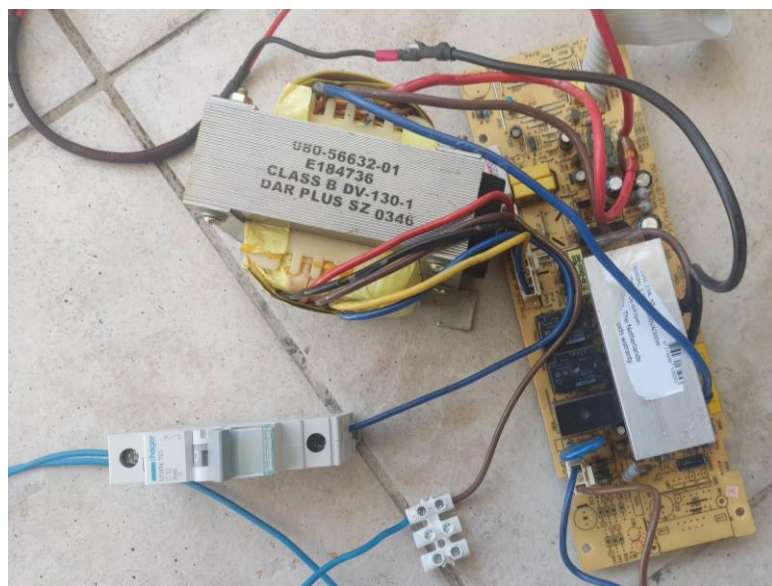
Βάση φόρτισης μη επανδρωμένων οχημάτων με χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας



Εικόνα 3.3: Μπαταρία μολύβδου

### Inverter

Για inverter χρησιμοποιήθηκε ένας εναλλάκτης από 12V σε 230 με μέγιστη ισχύ 500VA 300W το οποίο βγήκε από UPS (μονάδα αδιάλειπτης παροχής ρεύματος) για να τροποποιηθεί για την συγκεκριμένη εφαρμογή αφαιρώντας τις περιττές πρίζες εξόδου και τοποθετώντας έναν ασφαλιοδιακόπτη 230V 10A για προστασία.



Εικόνα 3.4: Inverter 500VA 300W

### Μικροελεγκτής Arduino Mega 2560

Για το σύστημα παρακολούθησης χρησιμοποιήθηκε ένας μικροελεγκτής Arduino Mega 2560. Το Arduino Mega 2560 είναι μια πλακέτα μικροελεγκτή που βασίζεται στον ATmega 2560. Διαθέτει 54 ψηφιακές ακίδες εισόδου/εξόδου (εκ

Βάση φόρτισης μη επανδρωμένων οχημάτων με χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας

των οποίων οι 14 μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως έξοδοι PWM), 16 αναλογικές εισόδους και 4 UART.

Χαρακτηριστικά:

- Μικτό βάρος: 0.06kg
- Κατασκευασμένο σε: Ιταλία
- Μικροελεγκτής: ATmega2560
- Τάση λειτουργίας: 5V
- Τάση εισόδου: 7-12V
- Τάση εισόδου (όρια): 6-20V
- Ψηφιακές ακίδες εισόδου/εξόδου: 54
- Αναλογικά κανάλια εισόδου: 16
- Κανάλια PWM: 15
- Ρεύμα συνεχούς ρεύματος ανά ακροδέκτη I/O: 40mA
- Ρεύμα DC ανά ακροδέκτη 3,3V: 50mA
- Μνήμη Flash: 256 KB
- SRAM: 8 KB
- EEPROM: 4 KB
- Ταχύτητα ρολογιού: 16 MHz



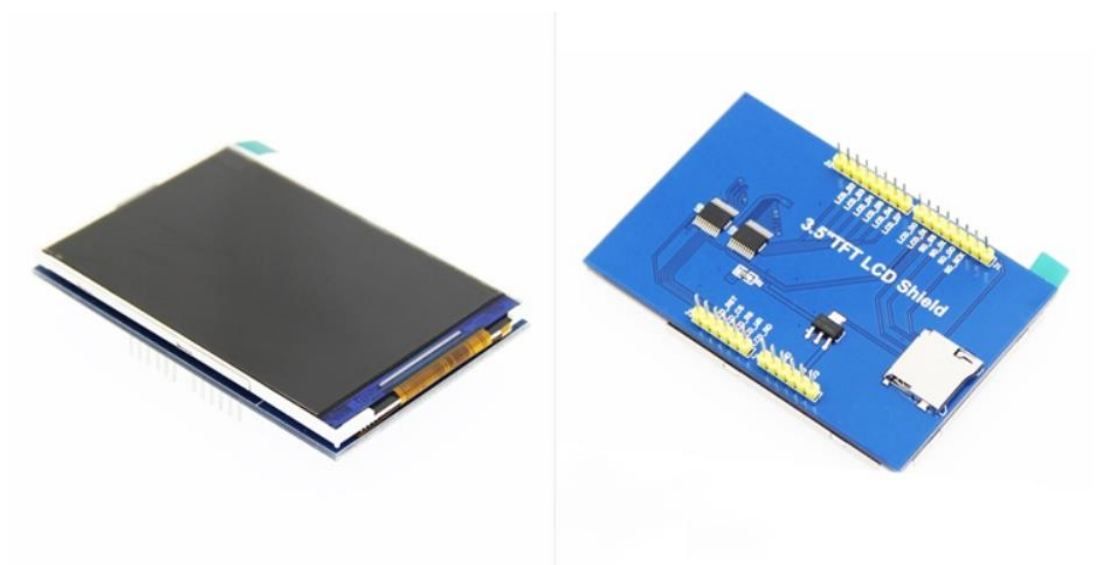
**Εικόνα 3.5:** Arduino Mega 2560 [24]

#### Οθόνη αφής MID (Multi Info Display)

Για το σύστημα παρακολούθησης χρησιμοποιήθηκε μια οθονη αφής ili9486 TFT Touch Shield LCD Module 480x320 που εφαρμόζεται πάνω στο μικροελεγκτή Arduino Mega 2560

#### Χαρακτηριστικά:

- Υποστηρίζει αναπτυξιακές πλακέτες όπως Arduino UNO και Mega2560 για plug-in χρήση χωρίς καλωδίωση
- Ανάλυση 480X320, καθαρή οθόνη, υποστήριξη λειτουργίας αφής  
Υποστήριξη 16-bit RGB 65.000 χρώματα, απεικόνιση πλούσιων χρωμάτων
- Παράλληλος δίαυλος 8 bit, ταχύτερη ανανέωση από τη σειριακή ανανέωση SPI
- Ενσωματωμένο ολοκληρωμένο κύκλωμα μετατόπισης επιπέδου 5V/3.3V, συμβατό με τάση λειτουργίας 5V/3.3V
- Εύκολη επέκταση λογισμικού με υποδοχή κάρτας SD
- Στρατιωτικά πρότυπα

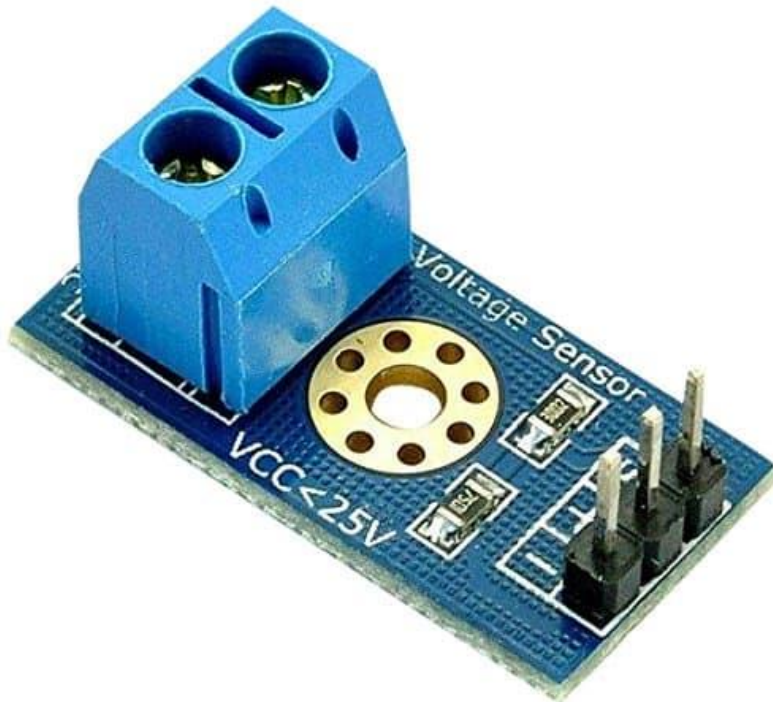


**Εικόνα 3.6:** ili9486 TFT Touch Shield LCD Module

Βάση φόρτισης μη επανδρωμένων οχημάτων με χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας

### Voltage Sensor Module

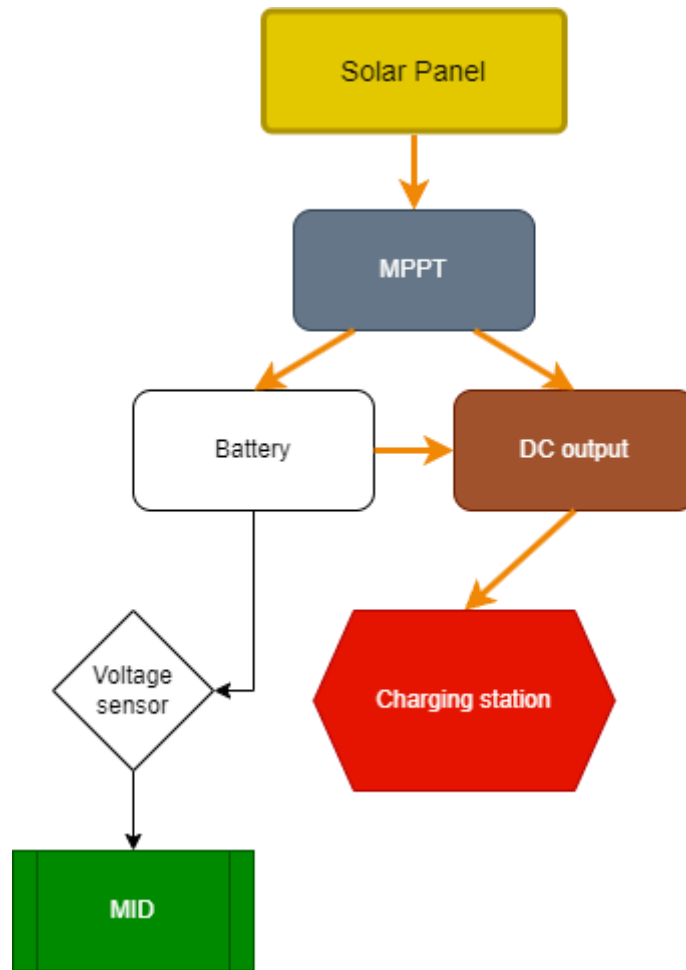
Ο αισθητήρας τάσης είναι μια συσκευή ανίχνευσης τάσης από 0-25 DC που βασίζεται σε ένα κύκλωμα διαιρέτη τάσης. Μειώνει το σήμα τάσης εισόδου κατά τον συντελεστή 5 και παράγει μια αντίστοιχη αναλογική τάση εξόδου. Αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο μπορούμε να μετρήσουμε την τάση έως 25V χρησιμοποιώντας τον αναλογικό ακροδέκτη 5V οποιουδήποτε μικροελεγκτή.



**Εικόνα 3.7:** Voltage Sensor Module DC(0-25 V)

### 3.2 Συνδεσμολογία

Στο παρακάτω διάγραμμα απεικονίζεται τη διαμόρφωση της καλωδίωσης για την τροποποίηση της βάσης φόρτισης. Κάνοντας αυτές της τροποποιήσεις, η βάση φόρτισης μπορεί να ενσωματωθεί με πρόσθετα εξαρτήματα για τη βελτίωση της λειτουργικότητάς της και της συμβατότητάς της με ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.



Εικόνα 3.8: Διάγραμμα συνδεσμολογίας

Στο επίκεντρο του διαγράμματος συνδεσμολογίας βρίσκεται η σύνδεση με την κύρια πηγή ενέργειας, η οποία θα είναι ένα σύστημα ανανεώσιμης ενέργειας, όπως οι ηλιακοί συλλέκτες. Η πηγή ενέργειας παρέχει ηλεκτρική ενέργεια στη βάση φόρτισης μέσω ενός ελεγκτή φόρτισης MPPT, ο οποίος ρυθμίζει τη ροή της ενέργειας για να διασφαλίσει την ασφαλή και αποτελεσματική φόρτιση των μπαταριών της βάσης. Ο ελεγκτής φόρτισης λειτουργεί ως γέφυρα μεταξύ της πηγής ενέργειας και της συστοιχίας μπαταριών του drone.

Η συστοιχία μπαταριών συνδέεται με τον ελεγκτή φόρτιση, επιτρέποντας τη μεταφορά ηλεκτρικής ενέργειας από το MPPT στη βάση φόρτισης και από εκεί μπαταρίες του drone. Η σύνδεση αυτή εξασφαλίζει ότι τα drones θα λαμβάνουν την απαραίτητη ενέργεια για την φόρτιση των μπαταριών τους.

Εκτός από τη σύνδεση ισχύος, το διάγραμμα συνδεσμολογίας επίσης περιλαμβάνει εξαρτήματα, όπως αισθητήρες τάσης και το σύστημα παρακολούθησης, για την παροχή δεδομένων σε πραγματικό χρόνο μέσω της οθόνης πολλαπλών ενδείξεων MID σχετικά με τη διαδικασία φόρτισης και την κατάσταση των μπαταριών. Αυτά τα εξαρτήματα θα ενσωματωθούν στη βάση φόρτισης για να επιτρέψουν προηγμένες λειτουργίες παρακολούθησης και ελέγχου.

#### Σύστημα παρακολούθησης με οθόνη αφής MID

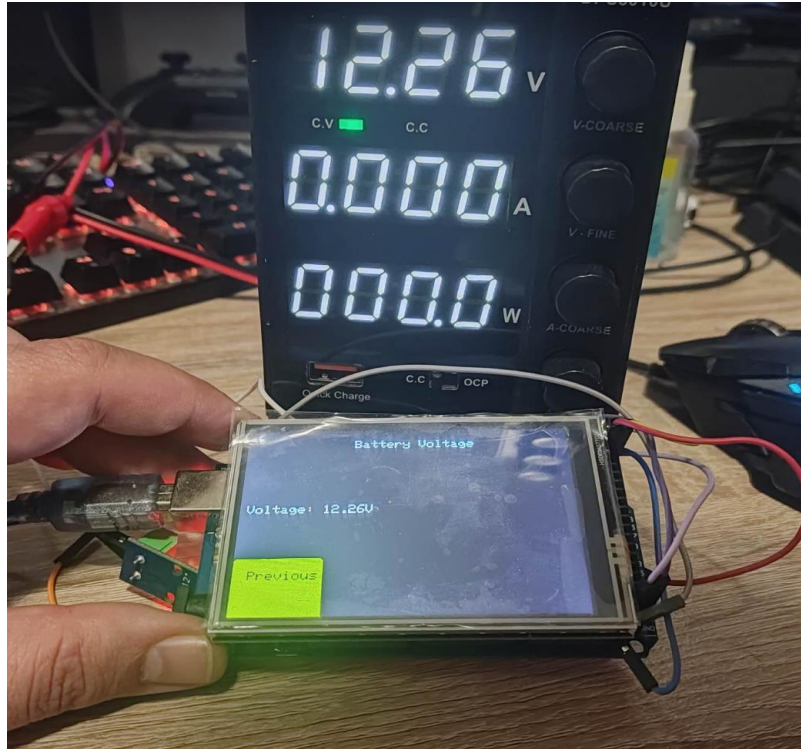
Το σύστημα παρακολούθησης υλοποιήθηκε με ένα Arduino Mega 2560, μια μονάδα LCD ili9486 TFT Touch Shield και έναν αισθητήρα τάσης που προσφέρει μια ολοκληρωμένη λύση για την παρακολούθηση ηλεκτρικών παραμέτρων και την εμφάνιση ενδείξεων τάσης σε πραγματικό χρόνο. Το Arduino Mega 2560 χρησιμεύει ως κεντρική μονάδα επεξεργασίας, επιτρέποντας την απόκτηση, την επεξεργασία και τον έλεγχο δεδομένων. Το ili9486 TFT Touch Shield LCD Module παρέχει μια ζωντανή και διαδραστική διεπαφή οθόνης αφής για την εμφάνιση μετρήσεων τάσης και άλλων σχετικών πληροφοριών.

Ο αισθητήρας τάσης διαδραματίζει κρίσιμο ρόλο στη συσκευή παρακολούθησης, μετρώντας με ακρίβεια τα επίπεδα τάσης των ηλεκτρικών συστημάτων και κυκλωμάτων. Συνδέεται με το Arduino Mega 2560 και παρέχει αναλογικές μετρήσεις τάσης, οι οποίες στη συνέχεια επεξεργάζονται και εμφανίζονται στην οθόνη αφής TFT. Ο αισθητήρας τάσης επιτρέπει στους χρήστες να παρακολουθούν την τάση των μπαταριών, των τροφοδοτικών ή οποιωνδήποτε άλλων ηλεκτρικών εξαρτημάτων σε πραγματικό χρόνο.

Με αυτόν τον συνδυασμό εξαρτημάτων Το σύστημα παρακολούθησης μπορεί να προσφέρει πολύτιμες πληροφορίες σχετικά με την ηλεκτρική απόδοση διαφόρων συστημάτων. Οι χρήστες μπορούν να προβάλλουν τις ενδείξεις τάσης, να εντοπίζουν διακυμάνσεις ή ανωμαλίες τάσης και να αναλαμβάνουν τις κατάλληλες ενέργειες για να διασφαλίζουν τη βέλτιστη λειτουργία και ασφάλεια. Η διεπαφή της οθόνης αφής επιτρέπει τη διαισθητική πλοήγηση, επιτρέποντας στους χρήστες να εναλλάσσονται μεταξύ των ενδείξεων τάσης ή να έχουν πρόσβαση σε πρόσθετες λειτουργίες ή μενού.



Βάση φόρτισης μη επανδρωμένων οχημάτων με χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας

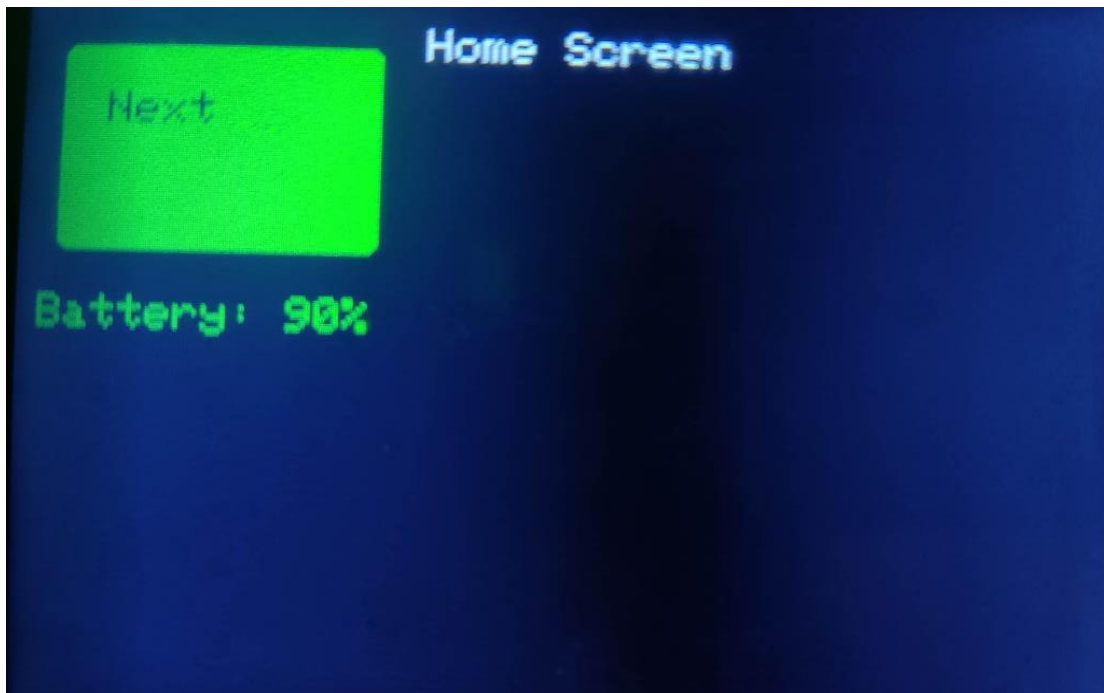


**Εικόνα 3.9:** Πειραματική διάταξη βαθμονόμησης συστήματος παρακολούθησης τάσης

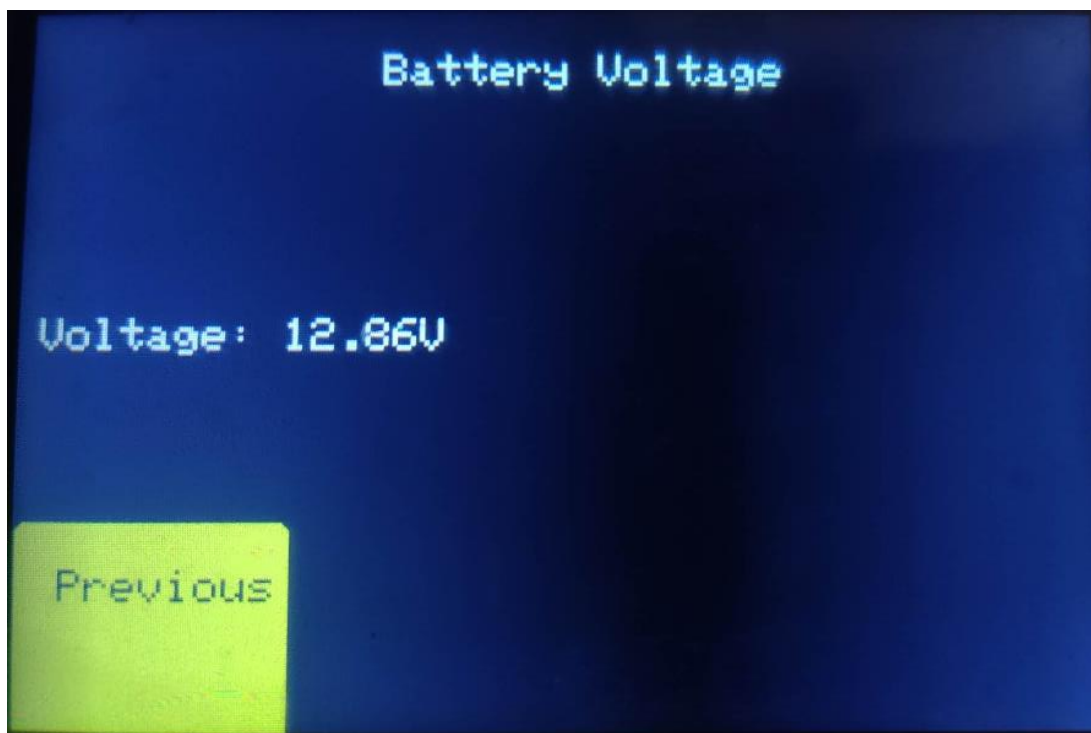
Σύμφωνα με το παρακάτω διάγραμμα υλοποιήθηκε ο τρόπος ένδειξης του ποσοστού της μπαταρίας στη κεντρική οθόνη του συστήματος παρακολούθησης MID.

Voltage	Capacity
12.89V	100%
12.78V	90%
12.65V	80%
12.51V	70%
12.41V	60%
12.23V	50%
12.11V	40%
11.96V	30%
11.81V	20%
11.70V	10%
11.63V	0%

**Εικόνα 3.10:** Διάγραμμα τάσης μπαταρίας μολύβδου οξέος



**Εικόνα 3.11:** Ένδειξη ποσοστού μπαταρίας στο 90%



**Εικόνα 3.12:** Ένδειξη τάσης μπαταρίας στο 12.86 Volt

Όταν η τάση της μπαταρίας βρίσκεται στα 12.86 Volt το ποσοστό της σύμφωνα με το διάγραμμα της εικόνας 1.16 είναι στο 90% και αυτό παρουσιάζεται στην κεντρική οθόνη με πράσινο χρώμα.

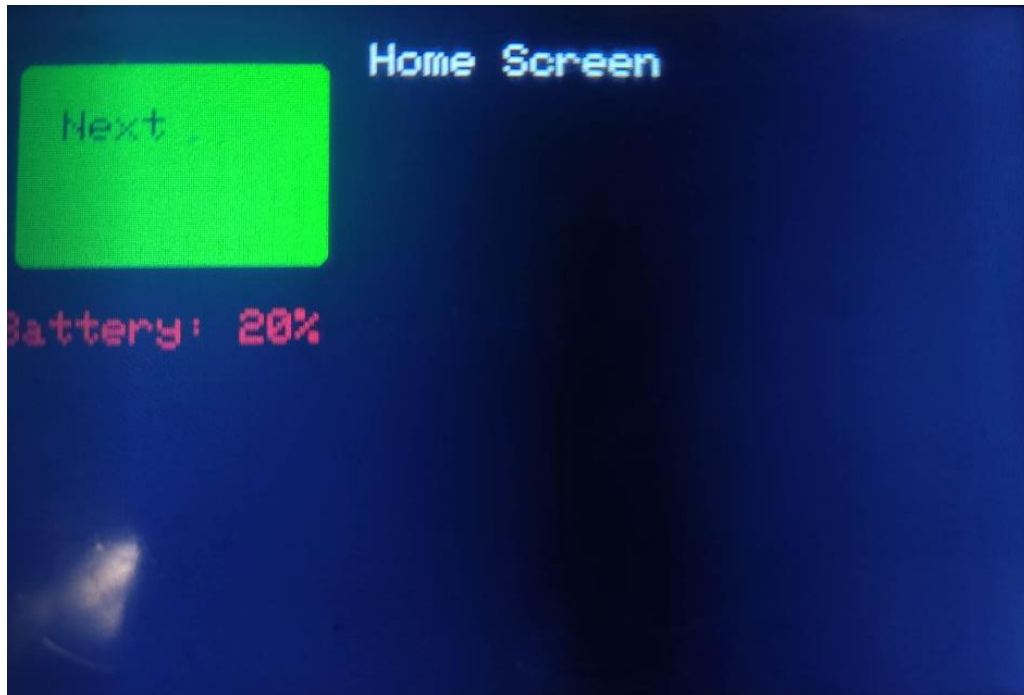


Εικόνα 3.13: Ένδειξη ποσοστού μπαταρίας στο 30%

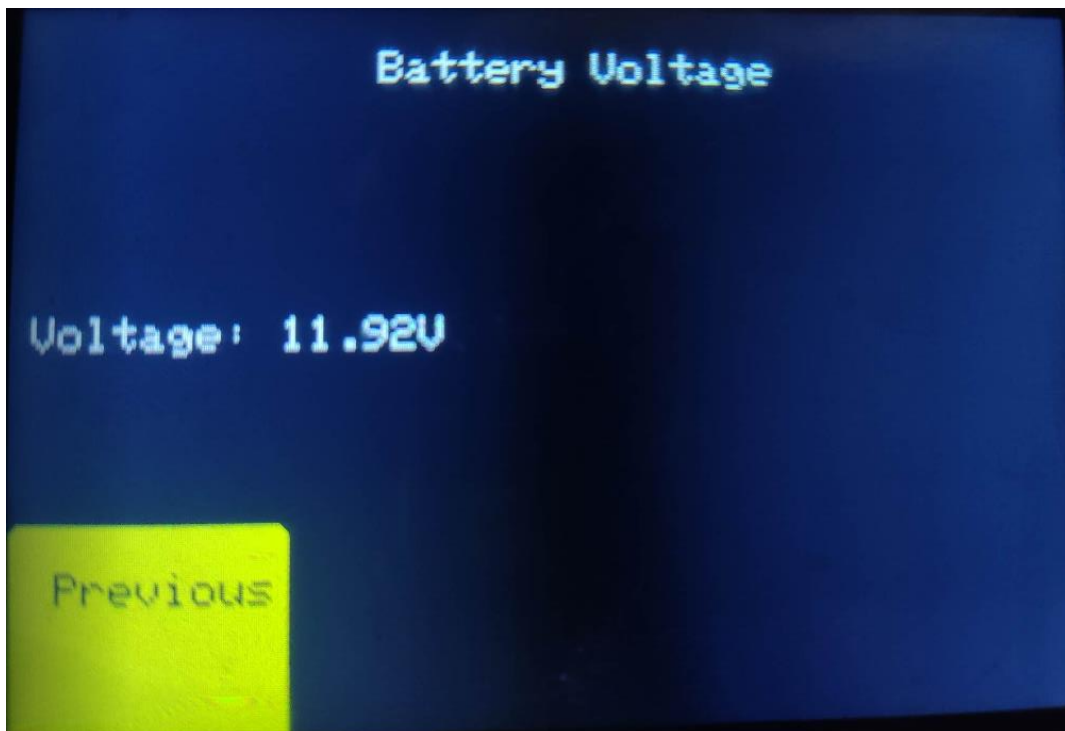


Εικόνα 3.14: Ένδειξη μπαταρίας στο 11.92 Volt

Όταν η τάση της μπαταρίας βρίσκεται στα 12.01 Volt το ποσοστό της σύμφωνα με το διάγραμμα της εικόνας 1.16 είναι στο 30% και αυτό παρουσιάζεται στην κεντρική οθόνη με κίτρινο χρώμα υποδηλώνοντας σύσταση για φόρτιση της μπαταρίας.

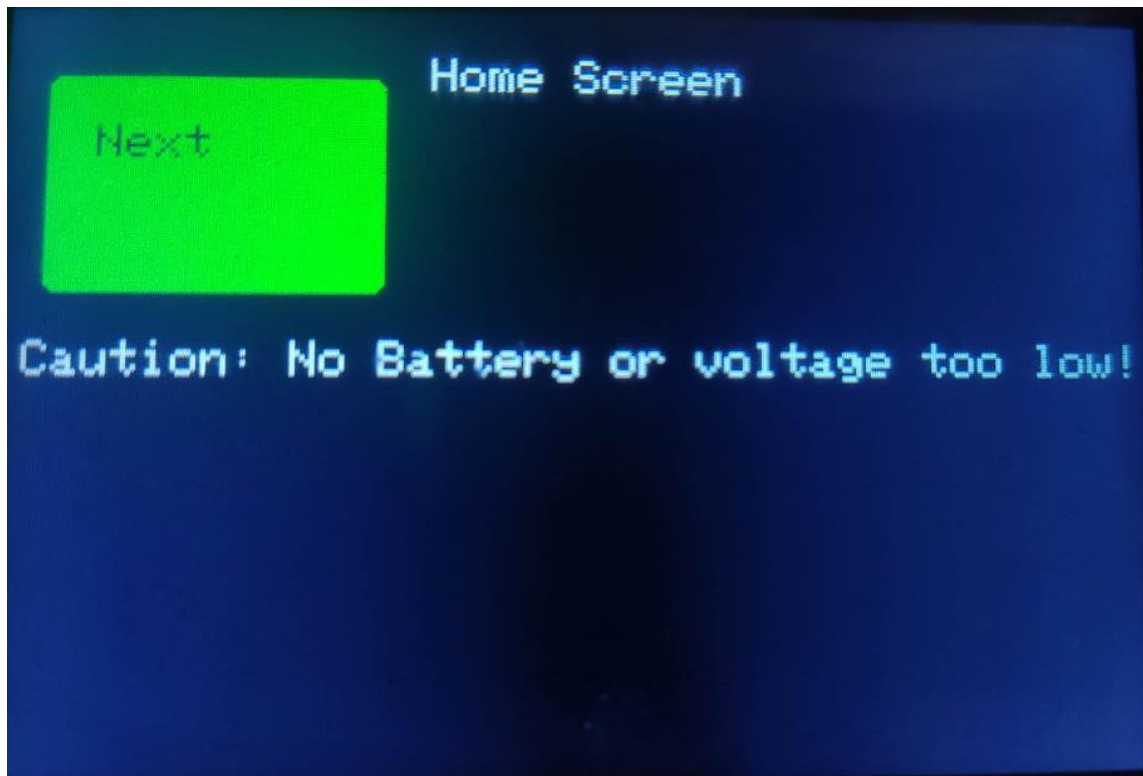


**Εικόνα 3.15:** Ένδειξη ποσοστού μπαταρίας στο 20%

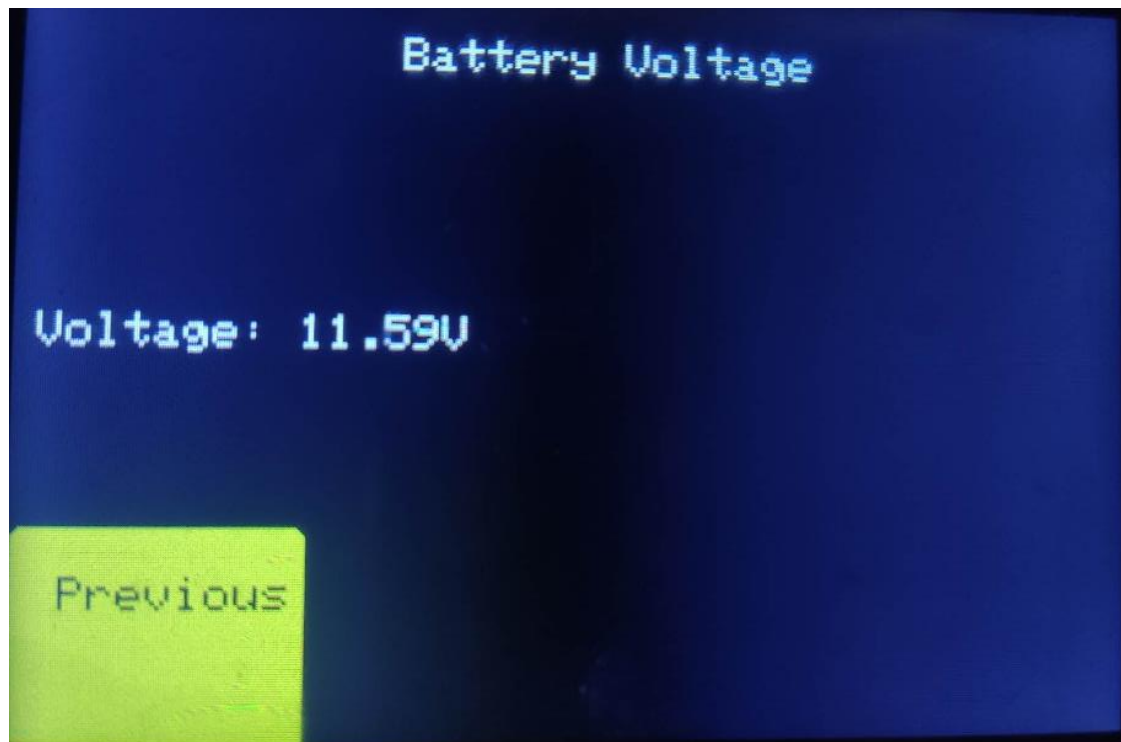


**Εικόνα 3.16:** Ένδειξη μπαταρίας στο 11.92 Volt

Όταν η τάση της μπαταρίας βρίσκεται στα 11.92 Volt το ποσοστό της σύμφωνα με το διάγραμμα της εικόνας 1.16 είναι στο 20% και αυτό παρουσιάζεται στην κεντρική οθόνη με κόκκινο χρώμα προειδοποίησης για φόρτιση της μπαταρίας.



Εικόνα 3.17: Προειδοποιητική ένδειξη μπαταρίας



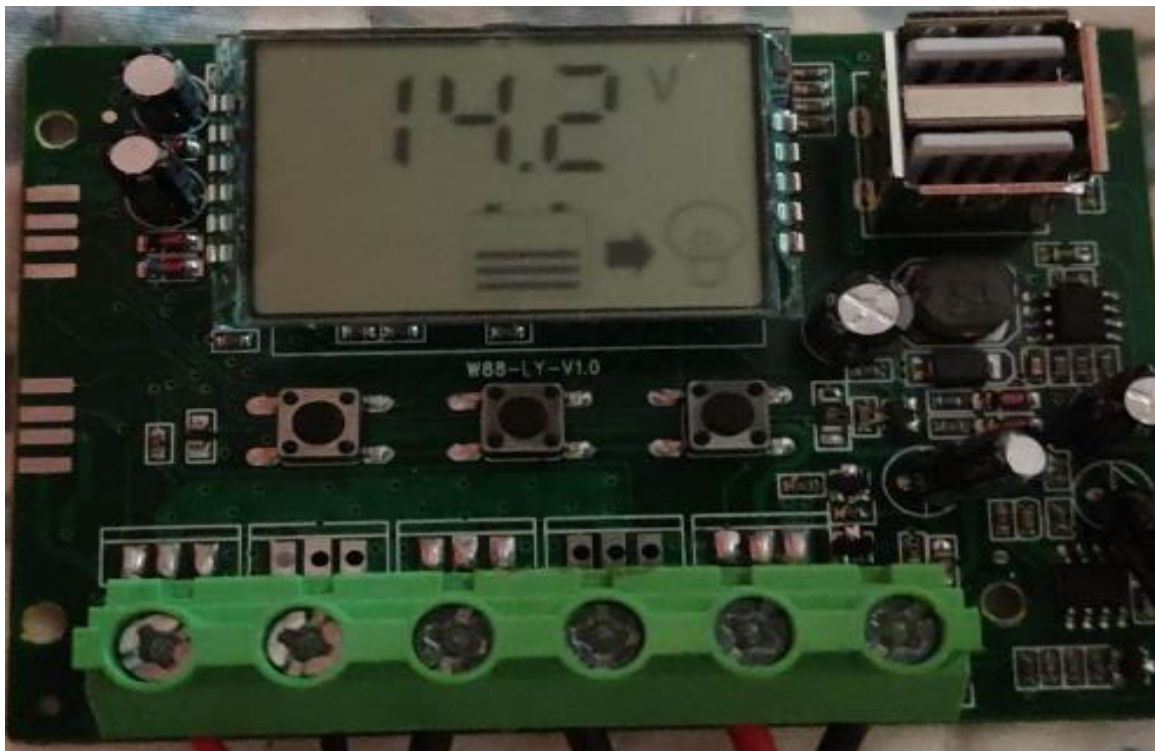
Εικόνα 3.18: Ένδειξη μπαταρίας 11.59 Volt

Όταν η τάση της μπαταρίας βρίσκεται κάτω από τα 11.70 Volt το ποσοστό της σύμφωνα με το διάγραμμα της εικόνας 1.16 είναι στο 0% αλλά στην κεντρική οθόνη εμφανίζεται προειδοποιητικό μήνυμα ότι η τάση της μπαταρίας είναι πολύ χαμηλή ή ότι δεν υπάρχει μπαταρία στο σύστημα.

Όσο αφορά το σύστημα προστασίας της μπαταρίας από under voltage, ο ελεγκτής ηλιακής φόρτισης MPPT έχει ρυθμιστεί να αποκόπτει την τροφοδοσία προς την έξοδο για την τροφοδότηση του συστήματος από την μπαταρία στα 11.6 Volt κατά προσέγγιση. Για την προστασία από over voltage ο MPPT ρυθμίστηκε να διακόπτει την φόρτιση από το φωτοβολταϊκό στοιχείο στα 14.2 Volt κατά προσέγγιση.



**Εικόνα 3.19:** Τάση προστασίας μπαταρίας από under voltage μέσω του MPPT



**Εικόνα 3.20:** Τάση προστασίας μπαταρίας από over voltage μέσω του MPPT

Βάση φόρτισης μη επανδρωμένων οχημάτων με χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας

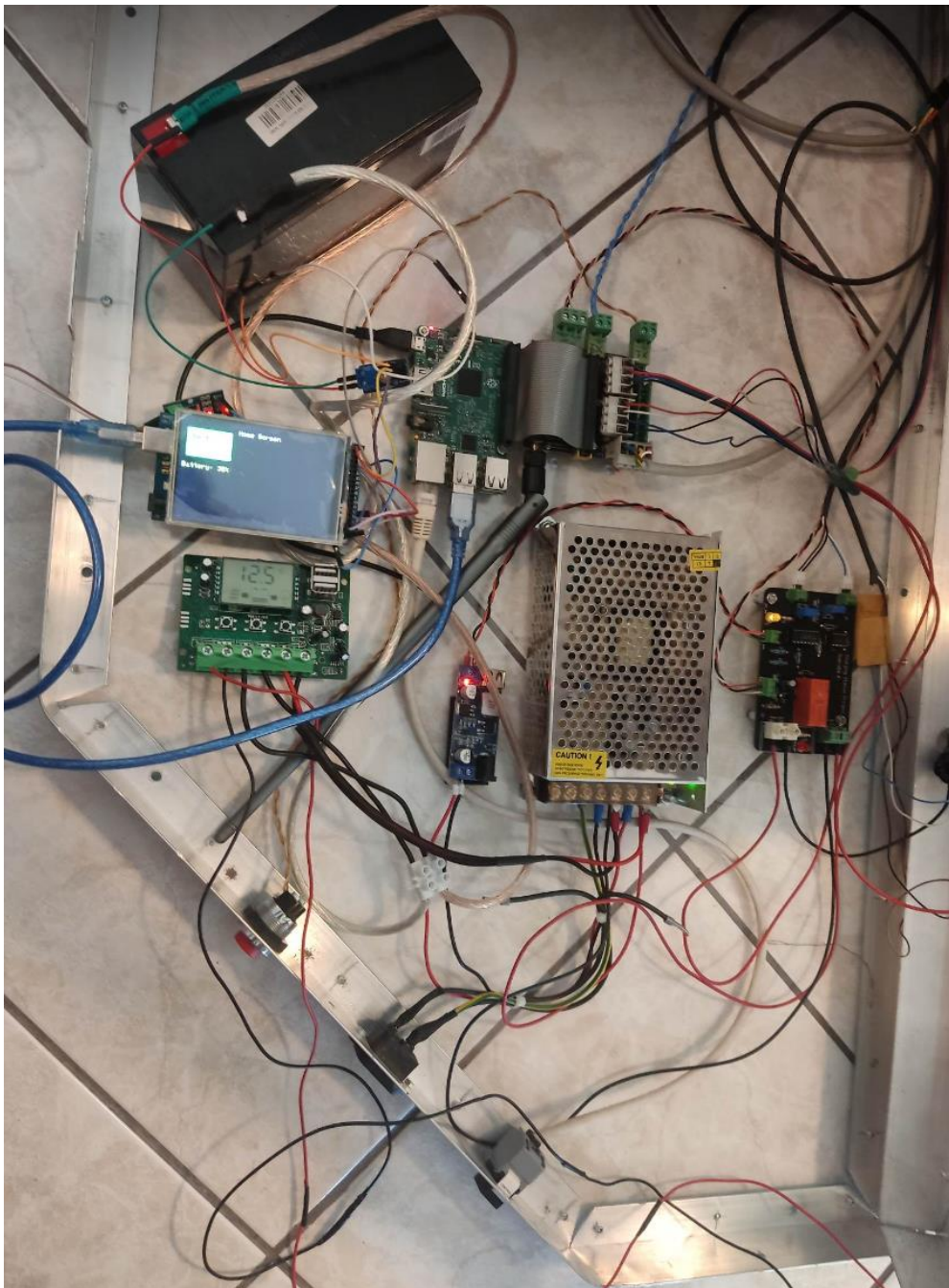
Στην παρακάτω εικόνα 1.27 όπως και στο διάγραμμα της εικόνας 1.28 φαίνεται η πειραματική υλοποίηση του συστήματος τροφοδοσίας μέσω μπαταρίας και φωτοβολταϊκού στοιχείου όπως επίσης και του κυκλώματος παρακολούθησης, στο υπάρχον συστήματα της βάσης φόρτισης χωρίς χρήση του εναλλακτη inverter.

Τα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά του κυκλώματος είναι:

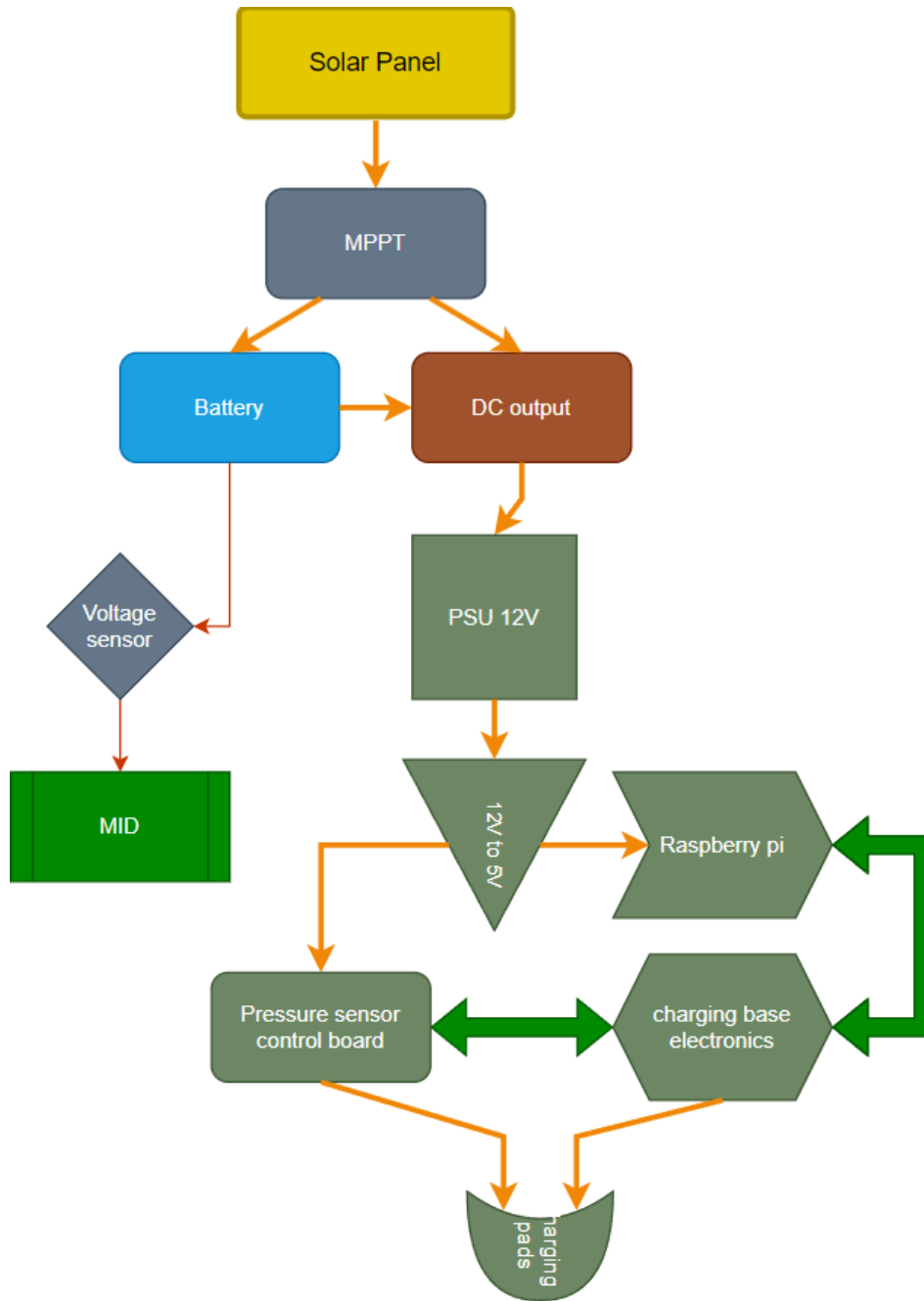
Τάση εισόδου : 12-13.5 Volt (μπαταρία) 13-18 Volt (φωτοβολταϊκό)

Τάση εξόδου: 12 Volt (τροφοδοτικό), 5 Volt (step down converter)

Κατανάλωση ρεύματος: 330-450 mA



Εικόνα 3.21: Πειραματική υλοποίηση



**Εικόνα 3.22:** Διάγραμμα πειραματικής υλοποίησης

Στην εικόνα 1.29 φαίνεται το διάγραμμα υλοποίησης όπου έχει προστεθεί ο εναλλακτης inverter. Ο εναλλακτης εκτελεί διάφορες βασικές εργασίες. Πρώτον, εξασφαλίζει ότι η ισχύς εναλλασσόμενου ρεύματος που παράγεται από την ανανεώσιμη πηγή ενέργειας έχει τη σωστή τάση, συχνότητα και κυματομορφή ώστε να ανταποκρίνεται στις ηλεκτρικές απαιτήσεις των συνδεδεμένων φορτίων ή του



Βάση φόρτισης μη επανδρωμένων οχημάτων με χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας

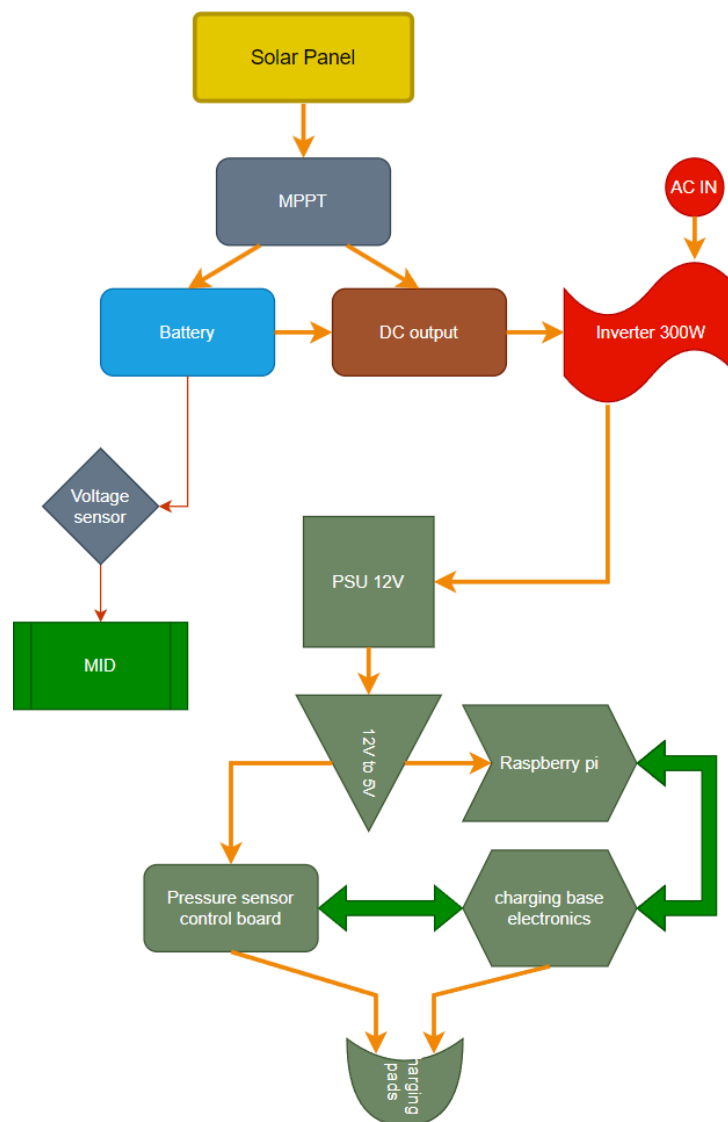
δικτύου. Αυτό επιτρέπει την απρόσκοπτη ενσωμάτωση και χρήση της παραγόμενης ενέργειας. Επιπλέον σε περίπτωση διακοπής της ενέργειας από το δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας ο inverter αλλάζει την πηγή τροφοδοσίας από το δίκτυο στην μπαταρία του συστήματος παρέχοντας στο σύστημα αδιάληπτη λειτουργία.

Τα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά του κυκλώματος είναι:

Τάση εισόδου : 220Volt AC (Τάση δικτύου) 12-13.5 Volt DC (μπαταρία) 13-18 Volt DC (φωτοβολταϊκό)

Τάση εξόδου: 12 Volt DC (τροφοδοτικό), 5 Volt DC (step down converter)

Κατανάλωση ρεύματος: 1.5A – 3A



Εικόνα 3.23: Διάγραμμα πειραματικής υλοποίησης με inverter

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

### ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ

#### 4.1 Συμπεράσματα

Συμπερασματικά, η ανάπτυξη και η υλοποίηση σταθμών φόρτισης UAV συμβατών με ανανεώσιμες πηγές ενέργειας είναι απαραίτητη για την προώθηση των δυνατοτήτων και της βιωσιμότητας των μη επανδρωμένων αεροσκαφών. Αυτοί οι σταθμοί φόρτισης προσφέρουν μια σειρά από οφέλη, συμπεριλαμβανομένης της αυξημένης επιχειρησιακής ευελιξίας, της μειωμένης εξάρτησης από ορυκτά καύσιμα και της ελαχιστοποίησης των περιβαλλοντικών επιπτώσεων.

Αξιοποιώντας ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, όπως η ηλιακή ενέργεια, οι σταθμοί φόρτισης UAV μπορούν να παρέχουν καθαρή και ανανεώσιμη ενέργεια για τη φόρτιση των μπαταριών των μη επανδρωμένων αεροσκαφών. Αυτό όχι μόνο μειώνει το ανθρακικό αποτύπωμα που συνδέεται με τις λειτουργίες UAV, αλλά επεκτείνει επίσης τον χρόνο πτήσης και την εμβέλεια των μη επανδρωμένων αεροσκαφών, ενισχύοντας την αποδοτικότητα και την αποτελεσματικότητά τους σε διάφορες εφαρμογές.

Επιπλέον, η ενσωμάτωση έξυπνων τεχνολογιών, συστημάτων παρακολούθησης και μηχανισμών ελέγχου στους σταθμούς φόρτισης UAV επιτρέπει την αποτελεσματική διαχείριση των ενεργειακών πόρων, τις βελτιστοποιημένες διαδικασίες φόρτισης και τις δυνατότητες απομακρυσμένης παρακολούθησης. Τα χαρακτηριστικά αυτά βελτιώνουν τη συνολική λειτουργικότητα και απόδοση των σταθμών φόρτισης, εξασφαλίζοντας αξιόπιστες και ασφαλείς λειτουργίες φόρτισης.

Καθώς η ζήτηση για την τεχνολογία UAV συνεχίζει να αυξάνεται σε διάφορους κλάδους, η διαθεσιμότητα σταθμών φόρτισης που τροφοδοτούνται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας καθίσταται όλο και πιο κρίσιμη. Οι σταθμοί αυτοί υποστηρίζουν την επεκτασιμότητα και τη βιωσιμότητα των λειτουργιών UAV, διευκολύνοντας τη χρήση τους σε τομείς όπως η φωτογράφιση, η επιθεώρηση υποδομών, η επιβολή του νόμου, η επιστημονική έρευνα, η άμυνα και άλλοι.

Εν κατακλείδι, οι σταθμοί φόρτισης UAV συμβατοί με ανανεώσιμες πηγές ενέργειας προσφέρουν ένα μονοπάτι προς ένα πιο πράσινο και πιο βιώσιμο μέλλον για τα μη επανδρωμένα εναέρια οχήματα. Προωθούν την αποτελεσματική και φιλική προς το περιβάλλον φόρτιση, επεκτείνουν τις δυνατότητες των μη επανδρωμένων αεροσκαφών και συμβάλλουν στην πρόοδο διάφορων βιομηχανιών και εφαρμογών. Με την υιοθέτηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στις υποδομές φόρτισης UAV, μπορούμε να αξιοποιήσουμε πλήρως τις δυνατότητες των μη επανδρωμένων αεροσκαφών, ελαχιστοποιώντας παράλληλα τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις τους.

## 4.2 Προοπτικές

Όσον αφορά τις προοπτικές, υπάρχουν διάφοροι τομείς που παρουσιάζουν δυνατότητες περαιτέρω ανάπτυξης και βελτίωσης στον τομέα των βάσεων φόρτισης UAV. Μια πτυχή είναι η ενσωμάτωση προηγμένων συστημάτων αποθήκευσης ενέργειας, όπως μπαταρίες υψηλής χωρητικότητας ή υπερπυκνωτές, για την ενίσχυση των δυνατοτήτων αποθήκευσης ενέργειας των σταθμών φόρτισης. Αυτό θα επέτρεπε μεγαλύτερους και αποτελεσματικότερους κύκλους φόρτισης, επεκτείνοντας την επιχειρησιακή εμβέλεια και το χρόνο πτήσης των UAV.

Επιπλέον, οι προσπάθειες έρευνας και ανάπτυξης μπορούν να επικεντρωθούν στη βελτιστοποίηση των αλγορίθμων φόρτισης και των τεχνικών διαχείρισης ισχύος. Αυτό περιλαμβάνει την εφαρμογή ευφυών συστημάτων φόρτισης που προσαρμόζονται στις μεταβαλλόμενες περιβαλλοντικές συνθήκες, βελτιστοποιούν τη χρήση της ενέργειας και δίνουν προτεραιότητα στη φόρτιση βάσει συγκεκριμένων απαιτήσεων ή περιορισμών.

Ένας άλλος τομέας διερεύνησης είναι η διερεύνηση εναλλακτικών ανανεώσιμων πηγών ενέργειας πέραν της ηλιακής ενέργειας. Τεχνολογίες όπως οι ανεμογεννήτριες, η συγκομιδή κινητικής ενέργειας ή οι κυψέλες καυσίμου μπορούν να διερευνηθούν και να ενσωματωθούν σε βάσης φόρτισης για τη διαφοροποίηση των πηγών ενέργειας και την παροχή πιο ισχυρών επιλογών φόρτισης σε διαφορετικά περιβάλλοντα.

Επιπλέον, η ανάπτυξη τυποποιημένων πρωτοκόλλων και διεπαφών για βάση φόρτισης UAV μπορεί να διευκολύνει τη διαλειτουργικότητα και τη συμβατότητα μεταξύ διαφορετικών μοντέλων UAV και υποδομών φόρτισης. Αυτό θα επιτρέψει την απρόσκοπτη ενσωμάτωση και την αποτελεσματική φόρτιση σε ένα ευρύ φάσμα μη επανδρωμένων αεροσκαφών, προωθώντας ένα πιο εξορθολογισμένο και προσβάσιμο οικοσύστημα φόρτισης.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] F. Ahmed, J. C. Mohanta, A. Keshari, and P. S. Yadav, "Recent Advances in Unmanned Aerial Vehicles: A Review," *Arab J Sci Eng*, vol. 47, no. 7, pp. 7963–7984, Jul. 2022, doi: 10.1007/s13369-022-06738-0.
- [2] A. Townsend, I. N. Jiya, C. Martinson, D. Bessarabov, and R. Gouws, "A comprehensive review of energy sources for unmanned aerial vehicles, their shortfalls and opportunities for improvements," *Heliyon*, vol. 6, no. 11, p. e05285, Nov. 2020, doi: 10.1016/j.heliyon.2020.e05285.
- [3] S. S. Bacanli, E. Elgeldawi, B. Turgut, and D. Turgut, "UAV Charging Station Placement in Opportunistic Networks," *Drones*, vol. 6, no. 10, p. 293, Oct. 2022, doi: 10.3390/drones6100293.
- [4] C. Mourgelas, S. Kokkinos, A. Milidonis, and I. Voyiatzis, "Autonomous drone charging stations: A survey," in *24th Pan-Hellenic Conference on Informatics*, New York, NY, USA: ACM, Nov. 2020, pp. 233–236. doi: 10.1145/3437120.3437314.
- [5] N. T. K. Chi, L. T. Phong, and N. T. Hanh, "The drone delivery services: An innovative application in an emerging economy," *The Asian Journal of Shipping and Logistics*, vol. 39, no. 2, pp. 39–45, Jun. 2023, doi: 10.1016/j.ajsl.2023.01.002.
- [6] A. Mahachi, T. Aloni, and L. Mashevedze, "Unmanned Aerial Vehicle for Agriculture Surveillance," in *Aeronautics - New Advances*, IntechOpen, 2022. doi: 10.5772/intechopen.104476.
- [7] A. Fascista, "Toward Integrated Large-Scale Environmental Monitoring Using WSN/UAV/Crowdsensing: A Review of Applications, Signal Processing, and Future Perspectives," *Sensors*, vol. 22, no. 5, p. 1824, Feb. 2022, doi: 10.3390/s22051824.
- [8] D. Ventura, A. Bonifazi, M. F. Gravina, A. Belluscio, and G. Ardizzone, "Mapping and Classification of Ecologically Sensitive Marine Habitats Using Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Imagery and Object-Based Image Analysis (OBIA)," *Remote Sens (Basel)*, vol. 10, no. 9, p. 1331, Aug. 2018, doi: 10.3390/rs10091331.
- [9] W. Alawad, N. Ben Halima, and L. Aziz, "An Unmanned Aerial Vehicle (UAV) System for Disaster and Crisis Management in Smart Cities," *Electronics (Basel)*, vol. 12, no. 4, p. 1051, Feb. 2023, doi: 10.3390/electronics12041051.
- [10] K. Özgen, "The impact of drones in documentary filmmaking: Renaissance of aerial shot.," *AVANCA / CINEMA*, Dec. 2020, doi: 10.37390/ac.v0i0.74.
- [11] K. Máthé and L. Buşoni, "Vision and Control for UAVs: A Survey of General Methods and of Inexpensive Platforms for Infrastructure Inspection," *Sensors*, vol. 15, no. 7, pp. 14887–14916, Jun. 2015, doi: 10.3390/s150714887.
- [12] P. Royo, À. Asenjo, J. Trujillo, E. Çetin, and C. Barrado, "Enhancing Drones for Law Enforcement and Capacity Monitoring at Open Large Events," *Drones*, vol. 6, no. 11, p. 359, Nov. 2022, doi: 10.3390/drones6110359.

- [13] H. Ren, Y. Zhao, W. Xiao, and Z. Hu, "A review of UAV monitoring in mining areas: current status and future perspectives," *Int J Coal Sci Technol*, vol. 6, no. 3, pp. 320–333, Sep. 2019, doi: 10.1007/s40789-019-00264-5.
- [14] S. Borg, "Below the radar. Examining a small state's usage of tactical unmanned aerial vehicles," *Defence Studies*, vol. 20, no. 3, pp. 185–201, Jul. 2020, doi: 10.1080/14702436.2020.1787159.
- [15] Κόκκινος Σωκράτης, "Σταθμός φόρτισης για μη επανδρωμένα πτητικά μέσα (Drone)," Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής, Athens, 2022.
- [16] N. L. Panwar, S. C. Kaushik, and S. Kothari, "Role of renewable energy sources in environmental protection: A review," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 15, no. 3, pp. 1513–1524, Apr. 2011, doi: 10.1016/j.rser.2010.11.037.
- [17] Y. Qin, M. A. Kishk, and M.-S. Alouini, "Drone Charging Stations Deployment in Rural Areas for Better Wireless Coverage: Challenges and Solutions," Oct. 2021.
- [18] E. Ali, M. Fanni, and A. M. Mohamed, "A New Battery Selection System and Charging Control of a Movable Solar-Powered Charging Station for Endless Flying Killing Drones," *Sustainability*, vol. 14, no. 4, p. 2071, Feb. 2022, doi: 10.3390/su14042071.
- [19] P.-T. Le, H.-L. Tsai, and P.-L. Le, "Development and Performance Evaluation of Photovoltaic (PV) Evaluation and Fault Detection System Using Hardware-in-the-Loop Simulation for PV Applications," *Micromachines (Basel)*, vol. 14, no. 3, p. 674, Mar. 2023, doi: 10.3390/mi14030674.
- [20] P. K. Chittoor and C. Bharatiraja, "Solar Integrated Wireless Drone Charging System for Smart City Applications," in *2021 IEEE 6th International Conference on Computing, Communication and Automation (ICCCA)*, IEEE, Dec. 2021, pp. 407–412. doi: 10.1109/ICCCA52192.2021.9666263.
- [21] S. Voutsinas, I. Mandourarakis, E. Koutroulis, D. Karolidis, I. Voyiatzis, and M. Samarakou, "Control and communication for smart photovoltaic arrays," in *Proceedings of the 26th Pan-Hellenic Conference on Informatics*, New York, NY, USA: ACM, Nov. 2022, pp. 139–144. doi: 10.1145/3575879.3575983.
- [22] M. Dieterle, P. Fischer, M.-N. Pons, N. Blume, C. Minke, and A. Bischi, "Life cycle assessment (LCA) for flow batteries: A review of methodological decisions," *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, vol. 53, p. 102457, Oct. 2022, doi: 10.1016/j.seta.2022.102457.
- [23] S. N. Islam, S. Saha, M. E. Haque, and M. A. Mahmud, "Comparative Analysis of Commonly used Batteries for Residential Solar PV Applications," in *2019 IEEE PES Asia-Pacific Power and Energy Engineering Conference (APPEEC)*, IEEE, Dec. 2019, pp. 1–5. doi: 10.1109/APPEEC45492.2019.8994441.
- [24] arduino.cc, "Arduino Mega 2560 Rev3," <https://store.arduino.cc/products/arduino-mega-2560-rev3>.