



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ & ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

Διπλωματική Εργασία

Αυτόνομο σύστημα φροντίδας αδέσποτων ζώων



**Φοιτήτρια: Τόσκα Ευαγγελία-Βασιλική
ΑΜ: 04365**

Επιβλέπων Καθηγητής

**Σταύρακας Ηλίας
Καθηγητής**

ΑΘΗΝΑ-ΑΙΓΑΛΕΩ, Ιούλιος 2022



UNIVERSITY OF WEST ATTICA
FACULTY OF ENGINEERING
DEPARTMENT OF ELECTRICAL & ELECTRONICS ENGINEERING

Diploma Thesis

Autonomous system for stray pets care



Student: Toska Evagelia-Vassiliki
Registration Number: 04365

Supervisor

Stavrakas Ilias
Professor

ATHENS-EGALEO, July 2022

Η Διπλωματική Εργασία έγινε αποδεκτή και βαθμολογήθηκε από την εξής τριμελή επιτροπή:

Σταύρακας Ηλίας, καθηγητής	Ψωμόπουλος Κωνσταντίνος, καθηγητής	Τσακιρίδης Οδυσσέας, Επίκουρος Καθηγητής
(Υπογραφή)	(Υπογραφή)	(Υπογραφή)

Copyright © Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ και Τόσκα Ευαγγελία-Βασιλική,
Ιούλιος, 2022**

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 τους συγγραφείς.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον/την συγγραφέα του και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις θέσεις του επιβλέποντος, της επιτροπής εξέτασης ή τις επίσημες θέσεις του Τμήματος και του Ιδρύματος.

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η κάτωθι υπογεγραμμένη διπλωματική εργασία της φοιτήτριας Τόσκα Ευαγγελία-Βασιλική, με αριθμό μητρώου 04365 φοιτήτρια του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της Σχολής ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ του Τμήματος ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ,

δηλώνω υπεύθυνα ότι:

«Είμαι συγγραφέας αυτής της διπλωματικής 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 διπλώματός μου.

Η Δηλούσα

Τόσκα Ευαγγελία-Βασιλική

(Υπογραφή φοιτήτριας)



Θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα τον επιβλέπων καθηγητή μου Κ. Σταύρακας Ηλίας, για την πολύτιμη βοήθεια κατά τη διάρκεια της έρευνας για την πτυχιακή μου εργασία, αλλά και την ενθάρρυνσή του πάνω στο συγκεκριμένο θέμα.

Επιπλέον θα ήθελα να ευχαριστήσω τους γονείς μου οι οποίοι με στήριξαν σε όλους τους τομείς από την αρχή των φοιτητικών μου χρόνων και συνεχίζουν να το κάνουν έως και σήμερα με απόλυτη διακριτικότητα.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στόχος της συγκεκριμένης εργασίας είναι η διεξοδική μελέτη και ο σχεδιασμός μίας τεχνολογικά εφικτής και βιώσιμης λύσης αναφορικά με το μεγαλύτερο πρόβλημα που αντιμετωπίζουν τα αδέσποτα σε ολόκληρο τον κόσμο το οποίο εντοπίζεται στην εύρεση κατάλληλης προς κατανάλωση τροφής και πόσιμου νερού με άμεσο αποτέλεσμα να προσφέρει μία βιώσιμη λύση που θα ωφελήσει την κοινωνία αλλά και τα ίδια τα ζώα.

Για την επίτευξη του στόχου έχει πραγματοποιηθεί μελέτη αλλά και σύγκριση μεταξύ διαφόρων τρόπων σίτισης που έχουν επιλεγεί τόσο από δημόσιους φορείς όσο και από ιδιώτες.

Τα δεδομένα που συλλέχθηκαν κατά τη διάρκεια της διπλωματικής εργασίας αξιοποιήθηκαν για τον σχεδιασμό και την υλοποίηση της καλύτερης δυνατής τεχνικής

Τελικός στόχος, ήταν η δημιουργία και η λειτουργία ενός αυτόνομου συστήματος τροφοδοσίας νερού και φαγητού με βασικά χαρακτηριστικά την ευκολία στην κατασκευή και το χαμηλό κόστος μέσα από την εφαρμογή νέων τεχνολογιών και έξυπνων αισθητήρων και δικτύων.

Λέξεις Κλειδιά: αδέσποτα ζώα, σίτιση, dc μηχανές, ηλιακά πάνελ

ABSTRACT

The aim of this specific work is the thorough study and design of a technologically feasible and sustainable solution regarding the biggest problem faced by strays in the whole world which is found in finding suitable food and drinking water with the direct result of offering a sustainable solution which will benefit society but also the animals themselves.

In order to achieve the goal, a study has been carried out and a comparison has been made between various feeding methods that have been chosen by both public bodies and private individuals.

The data collected during the thesis was used to design and implement the best possible technique

The final goal was the creation and operation of an autonomous water and food supply system with the basic characteristics of ease of construction and low cost through the application of new technologies and smart sensors and networks. Keywords: stray animals, feeding, dc motors, solar panels

Πίνακας περιεχομένων

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	6
ABSTRACT	7
Κατάλογος Πινάκων	9
Κατάλογος Εικόνων	9
Εισαγωγή και βιβλιογραφική ανασκόπηση	11
Αντικείμενο της διπλωματικής εργασίας	11
Στόχος της διπλωματικής εργασίας	12
Μεθοδολογία	12
Καινοτομία	13
Δομή διπλωματικής εργασίας	13
1 Κεφάλαιο 1 ^ο : Σίτιση των αδέσποτων στην Ελλάδα	15
1.1 Τάισμα αδέσποτων ανά τον κόσμο	15
1.2 Υπέρ και κατά του κάθε τρόπου σίτισης και ποτίσματος αδέσποτων	15
1.2.1Ελαττώματα κάθε τρόπου σίτισης των αδέσποτων	15
1.2.2Προτερήματα του κάθε τρόπου σίτισης των αδέσποτων	18
1.3 Περίοδος εγκλεισμού και σίτιση αδέσποτων	19
1.4 Πληθυσμός αδέσποτων σκυλιών και γατιών ανά χώρα	19
1.5 Κοινωνικά προβλήματα	22
1.5.1Αρμοδιότητες και υποχρεώσεις των δήμων στην Ελλάδα απέναντι στα αδέσποτα	22
2 Κεφάλαιο 2 ^ο : Θεωρητικό υπόβαθρο τεχνικής λύσης	25
2.1 Κινητήρες συνεχούς ρεύματος	25
2.1.1Εισαγωγή στους κινητήρες συνεχούς ρεύματος	25
2.1.2Δομή μηχανών συνεχούς ρεύματος	26
2.1.3Τυλίγματα μηχανών ΣΡ	28
2.1.4Τρόπος λειτουργίας ενός στοιχειώδους κινητήρα Σ.Ρ.	30
2.1.5Αντιηλεκτρεγερτική δύναμη	31
2.1.6Αντίδραση τυμπάνου κινητήρα ΣΡ	32
2.1.7Είδη κινητήρων ΣΡ	33
2.1.8Ρύθμιση ταχύτητας περιστροφής των κινητήρων ΣΡ	35
2.1.9Βλάβες αιτίες και επισκευές μηχανών ΣΡ	38
2.1.10Κινητήρες συνεχούς ρεύματος	40
2.2 Φωτοβολταϊκά και μπαταρίες	41

2.2.1Υλικά φωτοβολταϊκού και τρόπος λειτουργίας τους.....	41
2.2. Μπαταρία (συσσωρευτής)	49
2.3 Ηλεκτρονικά υποσυστήματα	54
2.3. Wemos.....	55
2.3. Αισθητήρες μέτρησης απόστασης	56
2.3. Αισθητήρες μέτρησης βάρους.....	57
2.4 Ρυθμιστής τάσης.....	60
2.5 Ελεγκτής φόρτισης.....	60
2.6 Αντλία υγρών	61
2.7 Πληροφοριακά υποσυστήματα	61
2.7. Arduino IDE.....	61
2.7. Graphana	62
2.7. InfluxDB	62
3 Κεφάλαιο 3 ^ο : Σχεδιασμός και ανάπτυξη τεχνικής λύσης	64
3.1 Μηχανικό μηχανολογικό σχέδιο.....	64
3.2 Ηλεκτρικό / Ηλεκτρονικό σχέδιο	66
4 Κεφάλαιο 4 ^ο :Λειτουργία.....	68
4.1 Δομικά στοιχεία της κατασκευής.....	68
4.2 Διάγραμμα ηλεκτρονικών συνδέσεων.....	69
4.3 Διάγραμμα λειτουργία.....	70
4.4 Λειτουργία κώδικα.....	71
5 Συμπεράσματα.....	72
Βιβλιογραφία – Αναφορές - Διαδικτυακές Πηγές	73
Παραρτημα.....	74

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1.1 Τα αδέσποτα σε χώρες εντός και εκτός ευρωπαϊκής ένωσης.....	21
Πίνακας 2.1 Τα αίτια βλαβών και οι τρόποι επιδιόρθωσης κινητήρων ΣΡ.....	40

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 1.1 Μεταλλική ταΐστρα στη Μαγούλα	16
Εικόνα 1.2 Μεταλλική ταΐστρα-ποτίστρα στον Πειραιά	16
Εικόνα 1.3 Μεταλλική ποτίστρα και ταΐστρα στο δήμο Αχαρνών.....	16
Εικόνα 1.4 Τοποθέτηση φαγητού στο πεζοδρόμιο	17
Εικόνα 1.5 Αυτόματη ταΐστρα-ποτίστρα, συσκευή ανακύκλωση τοποθετημένη από το δήμο βόλου	18
Εικόνα 2.1 Γενική εικόνα της δομής ενός κινητήρα ΣΡ.....	26

Εικόνα 2.2 Στάτης	26
Εικόνα 2.3 Μαγνητικός πόλος στάτη	27
Εικόνα 2.4 Πέλημα κύριου μαγνητικού πόλου	27
Εικόνα 2.5 Δρομέας	27
Εικόνα 2.6 Συλλέκτης μηχανής ΣΡ	28
Εικόνα 2.7 Ψήκτρα μηχανής ΣΡ	28
Εικόνα 2.8 Τυπικό βροχοτύλιγμα ΣΡ.....	29
Εικόνα 2.9 Ομάδες από κυματοτυλίγματα	30
Εικόνα 2.10 Σχηματική παράσταση φαινομένου αντιδράσεων τυμπάνου σε στοιχειώδη κινητήρα ΣΡ	32
Εικόνα 2.11 Λειτουργία κινητήρα ΣΡ με παράλληλη διέγερση	34
Εικόνα 2.12 Έλεγχος τάσεως τυμπάνου για κινητήρα με ανεξάρτητη ή παράλληλη διέγερση	36
Εικόνα 2.13 Κινητήρας DC HQ - 12 RPM 12V	40
Εικόνα 2.14 Τρόποι παράθεσης ηλιακών στοιχείων στα Φ/Β πλαίσια	43
Εικόνα 2.15 Προσδιορισμός απόστασης μεταξύ Φ/Β πλαισίων	44
Εικόνα 2.16 WeMos d1 mini ESP8266	56
Εικόνα 2.17 Αισθητήρας υπερήχων και ο τρόπος συνδεσμολογίας του	57
Εικόνα 2.18 Τρόπος λειτουργίας κυψέλης φορτίου	58
Εικόνα 2.19 Αισθητήρας φορτίου και μικροελεγκτής HX711	59
Εικόνα 2.20 Τελική μορφή αισθητήρα φορτίου συνδεδεμένου με το HX711	59
Εικόνα 2.21 Ρυθμιστής τάσης	60
Εικόνα 2.22 Ελεγκτής ηλιακής φόρτισης-10A	60
Εικόνα 2.23 Αντλία υγρών-12V	61

Εισαγωγή και βιβλιογραφική ανασκόπηση

Τόσο στην Ελλάδα όσο και σε πολλές άλλες χώρες όπως, η Αλβανία, η Βουλγαρία κλπ. αντιμετωπίζουν τεράστιο πρόβλημα με τα αδέσποτα. Εκτιμάται μάλιστα ότι περίπου το 70% των αδέσποτων σκύλων προέρχεται από γέννες δεσποζόμενων ή μη-δεσποζόμενων ζώων, ενώ το υπόλοιπο 30% έχει προκύψει από αιτίες όπως, μία ανεύθυνη αγορά ενός χαριτωμένου τετράποδου ή από ιδιοκτήτες οι οποίοι δεν είναι σε θέση να φροντίσουν πλέον το κατοικίδιό τους. Είναι γεγονός ότι, με το ξεκίνημα της πανδημίας οι εγκαταλείψεις αυξήθηκαν κατακόρυφα, αφού πολλοί ήταν εκείνοι που αποφάσισαν να αφήσουν τα κατοικίδια τους στο δρόμο λόγω της διάδοσης της καταφανούς εσφαλμένης πληροφορίας ότι ο σκύλος μπορούσε να γίνει φορέας της καινούργιας μετάλλαξης covid. Δηλαδή λόγω άγνοιας ως προς κάτι καινούριο, όπως ήταν ο ιός δημιουργήθηκε μία ανεξέλεγκτη κατάσταση με καινούργιες εγκαταλείψεις.

Όλα τα παραπάνω έχουν οδηγήσει στην ύπαρξη πάνω από 2.000.000 αδέσποτων σκύλων. Ο μεγάλος αριθμός των αδέσποτων καθιστά αδύνατη την επαρκή σίτιση όλων των αδέσποτων. Οι Δήμοι που έχουν την ευθύνη για τα αδέσποτα ζώα είναι γεγονός ότι διαθέτουν τις απαραίτητες ποσότητες τόσο τροφής όσο και νερού για να καλύψουν τις ανάγκες του. Βασική ανάγκη που έρχεται να συνδράμει η παρούσα διπλωματική είναι ο χρονική και ποσοτική διαχείριση των διαθέσιμων πόρων ώστε τροφή και νερό να είναι κατανομημένα λειτουργικά για την εξυπηρέτηση των ζώων. Σημειώνεται ότι παρά το γεγονός της σαφούς αποτύπωσης του προβλήματος εδώ και μεγάλο χρονικό διάστημα παραμένει έντονο το πρόβλημα της απώλειας αδέσποτων ζώων από ασιλία.

Η διαχείριση της τροφής και του νερού χωρίς την παρέμβαση της τεχνολογίας θα προϋπόθετε την εκπαίδευση των ζώων ώστε να τρώνε όσο ακριβώς χρειάζονται και να αφήνουν και για τα υπόλοιπα. Είναι πραγματικότητα όμως ότι τα ζώα θα φάνε αρκετά περισσότερο φαγητό από αυτό που χρειάζονται γιατί δεν γνωρίζουν πότε θα είναι το επόμενο γεύμα τους. Επίσης τα ποιο ευάλωτα σκυλιά, όπως κουτάβια ή σκυλιά που δεν ανήκουν σε κάποια αγέλη διώκονται από τα υπόλοιπα σκυλιά τα οποία ως ποιο ισχυρά σιτίζονται πρώτα με αποτέλεσμα να μη μένει φαγητό για τα υπόλοιπα ή αυτό που μένει να μην είναι αρκετό. Μια ακόμα κατάσταση η οποία δεν μπορούσε να προβλεφθεί αλλά προέκυψε κατά την περίοδο του εγκλεισμού λόγω Covid και δημιούργησε αντίστοιχα με τα παραπάνω προβλήματα είναι ο περιορισμός στη δυνατότητα μετακινήσεων.

Αντικείμενο της διπλωματικής εργασίας

Το αντικείμενο που πραγματεύεται η διπλωματική είναι η σίτιση και το πότισμα των αδέσποτων μέσω ενός αυτοματοποιημένου συστήματος. Ποιο συγκεκριμένα έγινε προσπάθεια κατασκευής μίας ταϊστρας- ποτίστρας η οποία θα έχει δυνατότητα να τοποθετηθεί σε όλα τα σημεία μίας πόλης, θα είναι εύκολα προσβάσιμη στα αδέσποτα, θα λύνει μία πληθώρα προβλημάτων που δεν έχουν καταφέρει να λύσουν οι άλλοι τρόποι σίτισης και τα οποία αναλύονται παρακάτω και θα πραγματοποιεί συνεχώς ενημέρωση για τα αποθέματα νερού και φαγητού που υπάρχουν εντός των δοχείων φύλαξης.

Η συνεχής αύξηση του πληθυσμού των αδέσποτων αλλά και το lock down που προηγήθηκε όπου οι μετακινήσεις ήταν μειωμένες κατέστησαν το συγκεκριμένο θέμα ύψιστης σημασίας. Μέσο της διαχείρισης του συγκεκριμένου συστήματος θα είναι δυνατός τόσο ο έλεγχος των ποσοτήτων τροφής και νερού που καταναλώνονται ημερησίως από τα αδέσποτα όσο και η ανίχνευση του πότε τα δοχεία αποθήκευσης χρειάζονται πλήρωση. Η γνώση των ημερήσιων αναγκών των αδέσποτων σε φαγητό κάνει γνωστό ένα μέσο όρο του πληθυσμού τους αλλά και πως αυτός μεταβάλλεται.

Στόχος της διπλωματικής εργασίας

Τα προβλήματα που αναφέρθηκαν παραπάνω βοηθούν να γίνει κατανοητή η επιτακτική ανάγκη που υπάρχει για την κατασκευή ταϊστρών αρκετά μεγάλων προκειμένου να μην χρειάζονται συχνά γέμισμα μέσα στην μέρα, ενώ παράλληλα θα προσφέρουν πληροφορίες μέσω του δικτύου αναφορικά με τη διαθεσιμότητα φαγητού και νερού στον κάθε σταθμό σίτισης. Η μελέτη και η εφαρμογή ενός τέτοιου συστήματος εξασφαλίζει ότι οι σταθμοί σίτισης δεν θα είναι ποτέ άδειοι και θα υπήρχε συνεχώς διαθέσιμη τροφή και νερό για τα ζώα. Η υλοποίηση του συγκεκριμένου εγχειρήματος θα μετριάσει τους καυγάδες μεταξύ των αδέσποτων που προκύπτουν από τη διεκδίκηση τροφής αλλά και την υπερκατανάλωση τροφής η οποία οφείλεται στο φόβο τους ότι μπορεί να μη βρουν φαγητό ακόμη και για εβδομάδες, ενώ θα προσφέρει μια ποιο ολοκληρωμένη εικόνα για τις πραγματικές ανάγκες των αδέσποτων. Επιπλέον μέσω της παρακολούθησης των ημερήσιων καταναλώσεων σε τροφή θα γίνεται καλύτερη παρακολούθηση του πληθυσμού τους.

Με κινητήριο μοχλό την επίτευξη των παραπάνω στόχων ερευνήθηκε ο αποτελεσματικότερος τρόπος για την κατασκευή μίας ποτίστρας-ταϊστρας η οποία να έχει τη δυνατότητα να παρέχει επαρκές φαγητό αλλά και νερό στο κάθε ζώο χωρίς να έχει εκτεθειμένες όλες τις προμήθειες, ενώ παράλληλα θα ενημερώνει για τη στάθμη των προμηθειών εντός των δοχείων φύλαξης κατά τη διάρκεια όλης ημέρας διατηρώντας ταυτόχρονα στοιχεία που αν αξιοποιηθούν κατάλληλα θα μας προσφέρουν χρήσιμα στοιχεία για τα αδέσποτα.

Μεθοδολογία

Το πρώτο μέρος που έπρεπε να μελετηθεί πριν ξεκινήσει η τοποθέτηση των ηλεκτρονικών και των αισθητήρων ήταν η εξωτερική δομή της εργασίας προκειμένου να μην επηρεάζει αρνητικά τη λειτουργία της τελικής κατασκευής. Σε αυτό βοήθησε και η μελέτη των ταϊστρών -ποτιστρών που τοποθετεί ο κάθε δήμος, όπως και ο τρόπος ταΐσματος που έχει υιοθετήσει ο κάθε ιδιώτης.

Βασικοί παράγοντες για τον σχεδιασμό της κατασκευής ήταν:

- Ευκολία χρήσης
- Χαμηλό κόστος κατασκευής
- Λειτουργικότητα και άντληση δεδομένων
- Ασφάλεια χρήσης από τα αδέσποτα ζώα

Τα δομικά μέλη της κατασκευής απαιτούσαν τον σχεδιασμό και υλοποίηση των παρακάτω Τμημάτων:

- Μηχανικό / δομικό σχέδιο που περιλαμβάνει τη δομή της ταϊστρας και ειδικότερα τους απροσπέλαστους χώρους φιλοξενίας τροφής και νερού, τα δοχεία σίτισης, το σύστημα μεταφοράς τροφής και νερού από τον προσπελάσιμο χώρο σίτισης
- Ηλεκτρικό σχέδιο (κινητήρες συστημάτων τροφοδοσίας, ηλεκτρονικά υποσυστήματα ελέγχου ποσότητας και διαχείρισης τροφής και νερού, συστήματα τροφοδοσίας και υποστηρικτικά υποσυστήματα όπως φωτοβολταϊκών πάνελ και τέλος διαχείριση πληροφορίας μέσω αποστολής και καταγραφής των δεδομένων σε κεντρικό σύστημα βάσης δεδομένων και απεικόνισης.
- Προγραμματιστικό μέρος που περιλαμβάνει τη διαχείριση όλων των λειτουργιών όπως ενεργοποίηση του συστήματος μεταφοράς νερού και τροφής από τον απροσπέλαστο χώρο στο χώρο σίτισης, το έλεγχο της διαθέσιμης ποσότητας νερού και τροφής τόσο στον απροσπέλαστο όσο και στο χώρο σίτισης, της διαχείριση της ηλεκτρικής ενέργειας για τον περιορισμό της σπατάλης της, τη συλλογή και αποστολή των δεδομένων από

όλα τα συστήματα μέτρησης αλλά και στοιχείων όπως η ενεργειακή επάρκεια του σταθμού σίτισης ή άλλων στοιχείων ζωτικής σημασίας για τον σταθμό προς ένα κέντρικό σύστημα συλλογής δεδομένων.

Κύριος στόχος ήταν η κατασκευή μίας συσκευής η οποία θα εκτελεί άρτια το ρόλο που της έχει ανατεθεί. Επιπλέον έπρεπε να γίνει σωστή επιλογή των υλικών, ώστε η κατασκευή να εκτελεί το σκοπό της και ταυτόχρονα να μην ανεβαίνει πολύ το κόστος της. Γι' αυτό έγινε χρήση αισθητήρων και ηλεκτρονικών κυκλωμάτων, όπως και ξύλου για τη κατασκευή στήριξης και στέγασης των επιμέρους στοιχείων τα οποία είναι πολύ φθηνότερα συγκριτικά με άλλα υλικά, όπως το μέταλλο.

Για να γίνει η ηλεκτροδότηση της κατασκευής, αλλά την ίδια στιγμή να είναι βιώσιμη και να έχει τη δυνατότητα να τοποθετηθεί σε κάθε σημείο της πόλης, χωρίς να εξαρτάται από κάποια άμεση πηγή ρεύματος έγινε χρήση πάνελ και συσσωρευτών ενέργειας οι οποίοι θα τροφοδοτούν το σύστημα τις ώρες που δε θα υπάρχει ήλιος, αλλά θα υπάρχει ζήτηση.

Καινοτομία

Η εργασία εξετάζει την αυτόματη τροφοδότηση των τροφοδοχείων για τη σίτιση των αδέσποτων με χαμηλό κόστος κάτι το οποίο συναντάται σε κάποιους δήμους σε πολύ μικρή όμως κλίμακα λόγω του αυξημένου κόστους αγοράς που έχουν.

Βασικό πλεονέκτημα του προτεινόμενου σχεδίου αποτελεί η ενσωμάτωση σε αυτό συστημάτων αισθητήρων που μπορούν και δίνουν επιπλέον πληροφορίες σε σχέση με τα αντίστοιχα εμπορικά διαθέσιμα. Ενδεικτικά αναφέρονται:

- Υποσύστημα μέτρησης διαθέσιμης τροφής και νερού με αισθητήρες απόστασης.
- Υποσύστημα διαχείρισης ενέργειας μέσω ηλιακών πάνελ.
- Κεντρικό σύστημα συλλογής δεδομένων με δυνατότητα πρόσθετης επεξεργασίας και αξιοποίησης των δεδομένων.

Δομή διπλωματικής εργασίας

Η διπλωματική χωρίζεται σε 7 κεφάλαια με στόχο την καλύτερη κατανομή του πεδίου που καλύπτει και την αρτιότερη περιγραφή τόσο του τεχνικού όσο και του λειτουργικού θέματος. Ειδικότερα, στο πρώτο κεφάλαιο περιέχεται η εισαγωγή στην οποία τοποθετείται το πρόβλημα που έρχεται η παρούσα διπλωματική να λύσει Παράλληλα αναλύεται η λύση που δίνεται και ο τρόπος με τον οποίο θα εξυπηρετήσει το σκοπό της. Στο πρώτο βασικό κεφάλαιο το πρόβλημα τοποθετείται βιβλιογραφικά και περιγράφεται τόσο η εθνική όσο και η διεθνής κατάσταση γύρω από το θέμα. Ειδικότερα περιγράφεται η σίτιση των αδέσποτων στην Ελλάδα: κατά τη διάρκεια της οποίας αναλύονται οι συνθήκες διαβίωσης των αδέσποτων οι ασθένειες που μεταφέρουν, οι νόμοι που υπάρχουν για τα αδέσποτα και ο τρόπος με τον οποίο οι ποτιότερες -ταϊότερες θα βελτιώσουν τις αστικές συνθήκες διαβίωσης τόσο για τον άνθρωπο όσο και για τα αδέσποτα. Στο δεύτερο κεφάλαιο αναπτύσσεται το θεωρητικό υπόβαθρο της τεχνικής λύσης. Ειδικότερα περιγράφονται τα επιμέρους τμήματα της τεχνικής λύσης που εφαρμόστηκε με στόχο να δοθεί όλη η απαραίτητη πληροφορία αναφορικά με την καταλληλότητα της χρήσης τους. Γίνεται αναφορά στις μηχανές Σ.Ρ. της μεταφοράς τροφής αλλά και του τρόπου λειτουργίας τους. Επιπλέον, περιγράφονται τα είδη των φωτοβολταϊκών, ο τρόπος λειτουργίας τους αλλά και πως επηρεάζονται από τις μεταβολές του καιρού και του ρυπογόνου περιβάλλοντος. Στην ίδια παράγραφο αναλύονται επίσης και οι μπαταρίες, καθώς θεωρούνται αναπόσπαστο κομμάτι των φωτοβολταϊκών. Αναφορικά με το τμήμα των ηλεκτρονικών και προγραμματιστικών εργαλείων και υποσυστημάτων περιγράφονται οι πλατφόρμες που χρησιμοποιήθηκαν όπως Wemos,

αισθητήρες απόστασης και βάρους, βάση δεδομένων influxdb και γραφικού περιβάλλοντας διαχείρισης μετρήσεων Graphana και η πλατφόρμα ανάπτυξης κώδικα Arduino IDE. Στο τρίτο κεφάλαιο περιγράφεται ο σχεδιασμός και η λειτουργία της τεχνικής λύσης. Ειδικότερα : στη συγκεκριμένη παράγραφο δίνονται εικόνες και αναλυτικές οδηγίες για τη κατασκευή της ταϊστρας-ποτίστρας στα τρία επίπεδα όπως αυτά αναφέρθηκαν παραπάνω. Αναλυτικά περιγράφονται το μηχανικό / μηχανολογικό σχέδιο, το ηλεκτρικό / ηλεκτρονικό σχέδιο και τέλος το προγραμματιστικό.

Στο τέταρτο κεφάλαιο περιγράφεται ο τρόπος λειτουργίας συστήματος μέσω μιας ενδεικτικής πιλοτικής χρήσης (demo).

Στο πέμπτο κεφάλαιο των συμπερασμάτων καταγράφονται τα συμπεράσματά σε σχέση με την κατασκευή, τυχόν τεχνικές δυσκολίες αλλά και λύσεις που εφαρμόστηκαν αναφορικά με τις ποτίστρες-ταϊστρες

Στο τέλος παρατίθεται το βιβλιογραφικό υπόβαθρο που απαιτήθηκε να μελετηθεί για την επιτυχή ολοκλήρωση ολόκληρου του συστήματος όπως αυτό αναπτύχθηκε παραπάνω..

1 Κεφάλαιο 1^ο: Σίτιση των αδέσποτων στην Ελλάδα

Ήδη από το 2014 πολλοί δήμοι αλλά και νησιά στην Ελλάδα έχουν τοποθετήσει ποτίστρες-ταΐστρες, ώστε να έχουν τη δυνατότητα τα αδέσποτα ζώα να σιτίζονται και να ξεδιψούν όλες τις ώρες τις ημέρας. Ο δήμος Αλεξανδρούπολης πέρσι τοποθέτησε 60 ποτίστρες και άλλες τόσες ταΐστρες για τα αδέσποτα, ενώ φέτος και λόγω του εγκλεισμού ο δήμος Πειραιά αποφάσισε με τη σειρά του να τοποθετήσει ποτίστρες -ταΐστρες προκειμένου να μη λείψουν στα αδέσποτα αυτού του είδους τα αγαθά. Ο Δήμος Αρταίνω είχε τοποθετήσει από το 2014 σύστημα τροφοδοσίας νερού και φαγητού για τα αδέσποτα, ενώ ο δήμος Βόλου θέλοντας να τονώσει την οικολογική συνείδηση των πολιτών και ταυτόχρονα να τους δείξει πως μπορούν να βάλουν το δικό τους λιθαράκι στη φροντίδα των αδέσποτων χωρίς να μπαίνουν σε περιττά έξοδα το 2016 τοποθέτησε 15 αυτόματες ποτίστρες-ταΐστρες / συσκευές ανακύκλωσης αξίας 5.000 ευρώ έκαστη. Πολλοί ακόμη δήμοι ακολούθησαν το παράδειγμα των παραπάνω τοποθετώντας και αυτοί με τη σειρά τους ποτίστρες-ταΐστρες. Παρόλα αυτά υπάρχουν ακόμη πολλοί δήμοι που δεν έχουν δημιουργήσει σημεία τροφοδοσίας νερού και φαγητού για τα αδέσποτα. Σε αυτή τη περίπτωση μέλη οργανώσεων αλλά και απλός φιλόζωοι πολίτες αναλαμβάνουν και τροφοδοτούν καθημερινά διάφορα σημεία της πόλης τους με φαγητό και νερό.

1.1 Τάισμα αδέσποτων ανά τον κόσμο

Πολλές χώρες παρόλο τον αυξημένο αριθμό αδέσποτων που διαθέτουν, δε λαμβάνουν μέτρα για το τάισμα και πότισμα των αδέσποτων. Αυτό το φαινόμενο παρατηρείτε κυρίως σε οικονομικά ποιο υποβαθμισμένες χώρες, όπως η Ρουμανία, η Κροατία, η Βουλγαρία, η Ινδία κλπ., όπου οι πολίτες είναι αυτοί που έχουν αναλάβει την ευθύνη του να παρέχουν καθημερινά στα αδέσποτα φαγητό και νερό. Από την άλλη υπάρχουν χώρες όπως, η Αμερική που ασχολούνται περισσότερο με τη περισυλλογή των αδέσποτων παρά με το τάισμά τους. Στον αντίποδα υπάρχουν και χώρες όπως η Τουρκία, που έχουν τοποθετήσει ποτίστρες-ταΐστρες / συσκευές ανακύκλωσης, όπως αυτές του δήμου Βόλου και έτσι όχι μόνο βοηθούν στη σίτιση των αδέσποτων αλλά και στην ενίσχυση της οικολογικής συνείδησης των κατοίκων.

1.2 Υπέρ και κατά του κάθε τρόπου σίτισης και ποτίσματος αδέσποτων

1.2.1 Ελαττώματα κάθε τρόπου σίτισης των αδέσποτων

Μεταλλικές ταΐστρες ποτίστρες:

- Το φαγητό τελειώνει μέσα στη διάρκεια της μέρας, χωρίς να ξαναγεμίζει μέχρι την επόμενη μέρα γιατί οι αρμόδιοι δε γνωρίζουν πως το φαγητό έχει τελειώσει.
- Οι περισσότερες είναι λάθος σχεδιασμένες με αποτέλεσμα σε περίπτωση βροχής το νερό να πέφτει μέσα στη τροφή και να τη μουλιάζει.
- Σε περίπτωση που μέχρι το τέλος της μέρας έχουν μείνει υπολείμματα τροφής μέσα στο δοχείο θα προσελκύει ποντίκια και κατσαρίδες τα οποία είναι φορείς πολλών ασθενειών.
- Δεν είναι αποδεκτές από όλους με αποτέλεσμα να καταλήγουν σπασμένες.
- Αν η τροφοδότηση του δοχείου γίνεται με φлотέρ τότε σε περίπτωση σφάλματος θα έχουμε σπατάλη νερού μέχρι να επισκευαστεί η ζημιά
- Σε περίπτωση που η τροφοδότηση των δοχείων με νερό γίνεται από ανθρώπους του δήμου το δοχείο μπορεί μέσα στην ημέρα να αδειάσει, χωρίς να ανατροφοδοτηθεί



Εικόνα 1.1 Μεταλλική ταΐστρα στη Μαγούλα



Εικόνα 1.2 Μεταλλική ταΐστρα-ποτίστρα στον Πειραιά



Εικόνα 1.3 Μεταλλική ποτίστρα και ταΐστρα στο δήμο Αχαρνών

Τοποθέτηση τροφής και νερού στο δρόμο:

- Τα δοχεία που χρησιμοποιούνται για τη τροφοδότηση των αδέσποτων πολλές φορές δεν μαζεύονται από το σημείο όταν τελειώσει το αδέσποτο με αποτέλεσμα να δημιουργούνται σκουπίδια και να υποβαθμίζεται αισθητικά η περιοχή.
- Πολλοί ταΐζουν τα αδέσποτα με αποφάγια τα οποία παρατάνε σε δρόμους και πεζοδρόμια. Με αυτό το τρόπο, εκτός ότι υποβαθμίζεται αισθητικά η περιοχή, λόγω των υπολειμμάτων που μένουν κάτω προσελκύονται ποντίκια και κατσαρίδες
- Αν και οι άνθρωποι τοποθετούν συχνά φαγητό, σχεδόν ποτέ δε αφήνουν δοχεία με νερό, καθώς τους είναι ευκολότερο να κουβαλήσουν μια σακούλα με ξηρά τροφή παρά μπουκάλια με νερό και δοχείο για να το τοποθετήσουν.
- Αυτή η μέθοδος εκνευρίζει συνήθως τους κατοίκους, οι οποίοι πολλές φορές καταλήγουν να ξεσπάνε και να κατηγορούν τα αδέσποτα.



Εικόνα 1.4 Τοποθέτηση φαγητού στο πεζοδρόμιο

Ποτίστρες, ταΐστρες – συσκευές ανακύκλωσης:

- Τα συγκεκριμένα μηχανήματα είναι ιδιαίτερα ακριβά.
- Σε περιόδους που ο κόσμος δε κυκλοφορεί (π.χ. ο εγκλεισμός λόγω covid) οι ταΐστρες δε θα τροφοδοτούνται από τον απαραίτητο αριθμό μπουκαλιών και κουτιών και εν τέλη τα αδέσποτα δε θα σιτίζονται επαρκώς.
- Σε περίπτωση που κάποιο μηχάνημα χαλάσει το κόστος επιδιόρθωσής του θα είναι σχετικά μεγάλο.
- Οι ποσότητες τροφής που ρίχνει είναι σχετικά μικρές, οπότε για να σιτιστεί ένα αδέσποτο επαρκώς θα πρέπει να πέσουν στη συσκευή ένας συγκεκριμένος αριθμός μπουκαλιών και κουτιών. Αυτό συνεπάγεται ότι θα πρέπει να πέφτουν κατά τη διάρκεια όλης της ημέρας συσκευασίες για να καταφέρουν όλα τα αδέσποτα να τραφούν επαρκώς.
- Πρέπει να γίνεται σχετικά συχνά έλεγχος των δοχείων, καθώς δεν περιέχει κάποιο σύστημα το οποίο να ενημερώνει για τη στάθμη του νερού ή του φαγητού.
- Σε περίπτωση που υπάρχουν πολύ πρόθυμοι πολίτες να ανακυκλώσουν τις συσκευασίες τους και να βοηθήσουν στο τάισμα των αδέσποτων αλλά δεν υπάρχουν αρκετά αδέσποτα να καταναλώσουν τη τροφή, η τροφή πιθανόν να ξεχειλίζει από τα δοχεία μένοντας ταυτόχρονα στάσιμη λόγω μικρής ζήτησης. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα η τροφή να χαλάει.



Εικόνα 1.5 Αυτόματη ταΐστρα-ποτίστρα, συσκευή ανακύκλωση τοποθετημένη από το δήμο βόλου

1.2.2 Προτερήματα του κάθε τρόπου σίτισης των αδέσποτων

Μεταλλικές ταΐστρες ποτίστρες:

- Δε χρειάζεται να τοποθετήσεις πολλές για να σιτίζονται και να ξεδιψούν τα αδέσποτα.
- Δεν έχουν μεγάλο κόστος κατασκευής και τοποθέτησης.
- Δεν δημιουργούν περιττά σκουπίδια.
- Είναι εύκολα προσβάσιμες, όλες τις ώρες της ημέρας (εφόσον τροφοδοτούνται τόσο συχνά ώστε να είναι πάντα γεμάτες).
- Δεν υπάρχει λόγος για τα αδέσποτα να περιπλανηθούν για να βρουν τροφή και νερό, καθώς είναι τοποθετημένες σε μόνιμα σημεία.

Τοποθέτηση τροφής και νερού στο δρόμο:

- Τροφοδοτούνται περισσότερα σημεία.
- Ταΐζονται και τα ποιο ευάλωτα και μικρά ζώα τα οποία συνήθως αποφεύγουν τις ταΐστρες, καθώς πολλές φορές δεν γίνονται δεκτά από τα υπόλοιπα σκυλιά με αποτέλεσμα να απομονώνονται.
- Το κόστος είναι σχεδόν μηδαμινό

- Όλοι μπορούν να το κάνουν είτε ανήκουν σε κάποια φιλοζωική οργάνωση είτε όχι.

Ποτίστρες, ταΐστρες – συσκευές ανακύκλωσης:

- Ενισχύει το αίσθημα της κοινωνικής ευθύνης, αφού προτρέπει τους ανθρώπους να ταΐσουν τα αδέσποτα βοηθώντας παράλληλα το περιβάλλον.
- Αυξάνει τον αριθμό των συσκευασιών που ανακυκλώνονται ημερησίως, καθώς περισσότεροι αποφασίζουν να ανακυκλώσουν προκειμένου να πάρουν την ευχαρίστηση ότι βοηθούν τα αδέσποτα, ενώ παράλληλα .
- Λόγο του όγκου τους και των υλικών τους είναι ποιο δύσκολο να καταστραφούν από κάποιον πολίτη.
- Δεν μειώνει αισθητικά μια πόλη.
- Είναι φιλική προς το περιβάλλον, καθώς το ρεύμα που χρησιμοποιεί προέρχεται από συλλεκτήριο σύστημα (φωτοβολταϊκά).
- Είναι ένας ωραίος και ευχάριστος τρόπος να διδαχθούν οι επόμενες γενιές για το πόσο σημαντική είναι η προστασία του περιβάλλοντος και η φροντίδα των αδέσποτων.
- Λόγο των μεγάλων δοχείων φαγητού και νερού η συχνή ανατροφοδότηση των συσκευών δεν είναι απαραίτητη (αναλόγως τον αριθμό των αδέσποτων)

1.3 Περίοδος εγκλεισμού και σίτιση αδέσποτων

Μέσα σε όλα όμως δε θα πρέπει να ξεχάσουμε και τη περίοδο του lock down όπου οι μετακινήσεις ήταν περιορισμένες και ο έλεγχος πολύ αυστηρός.

Κατά την περίοδο του εγκλεισμού πολλά αδέσποτα χάσανε τις πηγές που τους παρείχαν φαγητό και νερό με αποτέλεσμα πολλά να γίνονται επιθετικά απειλώντας τη ζωή άλλων αδέσποτων, οικόσιτων ζώων παραγωγής αλλά ακόμη και των ίδιων των πολιτών.

Στο Μπαλί για παράδειγμα κατά τη διάρκεια του εγκλεισμού τα ταξίδια σταμάτησαν. Αυτό αυτόματα μεταφράστηκε σε λιγότερους τουρίστες άρα και σε κλείσιμο καταστημάτων. Το γεγονός ότι τα καταστήματα δεν λειτουργούσαν για μεγάλο χρονικό διάστημα είχε ως αποτέλεσμα πολλά από τα αδέσποτά να λιμοκτονήσουν από τη πείνα, καθώς δεν υπήρχαν ούτε αποφάγια για να τα θρέψουν αλλά ούτε και τουρίστες για να τα ταΐσουν.

Όμως αυτό το πρόβλημα δεν εμφανίστηκε μόνο στο Μπαλί, αλλά ήταν παγκόσμιο. Πολλοί ήταν οι εθελοντές οι οποίοι λόγω των αυστηρών μέτρων δεν μπορούσαν να πάνε να ταΐσουν τα αδέσποτα που φροντίζουν συνήθως. Σαν να μην έφτανε όμως αυτό, έκλεισε και η εστίαση οπότε τα περισσότερα αδέσποτα κινδύνευαν από την ασιτία αλλά και από την έλλειψη νερού.

Οπότε οι εν λόγω αυτόματες ταΐστρες -ποτίστρες θα μπορούσαν να λειτουργήσουν υπέρ των αδέσποτων ακόμη και σε αυτές τις ακραίες συνθήκες. Αυτό έγκειται στο γεγονός ότι θα επιτρέπανε στους εθελοντές να γνωρίζου ανά πάσα στιγμή ποια είναι η στάθμη του φαγητού ή νερού μέσα στα δοχεία. Κάτι τέτοιο αυτόματα συνεπάγετε μείωση των μετακινήσεων των εθελοντών, καθώς ούτε χρειάζεται να ελέγξουν αν τα δοχεία είναι γεμάτα αλλά ούτε χρειάζεται να τα γεμίζουν συνέχεια λόγω των μεγάλων ποσοτήτων που χωράνε μέσα (20 λίτρα έκαστος).

1.4 Πληθυσμός αδέσποτων σκυλιών και γατιών ανά χώρα

Χώρα	Σκυλιά	Γάτες
Αζερμπαϊτζάν	150.000	
Αλβανία	150.000	

Αυτόνομο σύστημα φροντίδας αδέσποτων ζώων

Ανδόρρα	5.000	
Αρμενία	30.000	
Αυστρία (ΕΕ)		
Βατικανό		
Βέλγιο (ΕΕ)	1.000	
Βόρεια Μακεδονία	150.000	
Βοσνία και Ερζεγοβίνη	200.000	
Βουλγαρία (ΕΕ)	300.000	
Γαλλία (ΕΕ)	20.000	
Γερμανία (ΕΕ)		
Γεωργία	150.000	
Γροιλανδία		
Δανία (ΕΕ)		
Ελβετία		
Ελλάδα (ΕΕ)	500.000	
Εσθονία (ΕΕ)	10.000	
Ηνωμένο Βασίλειο	125.176	200.000
Ιρλανδία (ΕΕ)	100.000	
Ισλανδία		
Ισπανία (ΕΕ)	800.000	
Ιταλία (ΕΕ)	600.000	800.000
Καζακστάν	300.000	
Κανάρια Νησιά	10.000	
Κοσσυφοπέδιο	100.000	
Κροατία	150.000	
Κύπρος (ΕΕ)	40.000	
Λετονία	30.000	
Λευκορωσία	500.000	
Λιθουανία (ΕΕ)	40.000	
Λίχτενσταϊν		
Λουξεμβούργο (ΕΕ)		
Μάλτα (ΕΕ)	10.000	
Μαυροβούνιο	100.000	
Μολδαβία	200.000	
Μονακό		
Νορβηγία		
Ολλανδία (ΕΕ)	8.000	25.000
Ουγγαρία (ΕΕ)	200.000	
Ουκρανία	1.000.000	
Πολωνία (ΕΕ)	250.000	
Πορτογαλλία (ΕΕ)	250.000	250.000
Ρουμανία (ΕΕ)	2.000.000	
Ρωσία	4.000.000	
Σαν Μαρίνο	1.000	
Σερβία	75.000	
Σλοβακία (ΕΕ)	100.000	

Σλοβενία (ΕΕ)	40.000	
Σουηδία (ΕΕ)		130.000
Τουρκία	2.000.000	
Τσεχία (ΕΕ)		
Φινλανδία (ΕΕ)		
Σύνολο Ευρώπης	14.695.176	1.405.000
ΠΑΓΚΟΣΜΙΑ	600 εκατ.	

Πίνακας 1.1 Τα αδέσποτα σε χώρες εντός και εκτός ευρωπαϊκής ένωσης

Λόγο της ανεξέλεγκτης αύξησης των αδέσποτων η κοινωνία έχει να αντιμετωπίσει μια σωρεία προβλημάτων που προκύπτουν από την ύπαρξη των αδέσποτων. Τέτοια προβλήματα είναι:

1. Ένα αδέσποτο ζώο μπορεί να προκαλέσει κάποιο ατύχημα στο δρόμο, όπως σύγκρουση διερχόμενων οχημάτων που έχει ως φυσικό επακόλουθο τον τραυματισμό ή ακόμη και το θάνατο των επιβαινόντων.
2. Τα αδέσποτα ζώα τείνουν να λεηλατούν και να ανακατεύουν χώρους απορριμμάτων, δημιουργώντας με αυτόν το τρόπο εστίες μόλυνσης αλλά και υποβαθμίζοντας δημόσιους χώρους.
3. Τα πεινασμένα αδέσποτα έχουν απρόβλεπτη συμπεριφορά. Μπορεί να επιτεθούν σε άλλα κατοικίδια ή ακόμη και σε ανθρώπους. Κάθε χρόνο καταγράφονται πάνω από 100 επιθέσεις από αδέσποτα σε περαστικούς, ενώ κάποιες από αυτές μπορεί να είναι και θανατηφόρες.
4. Τα αδέσποτα σκυλιά συχνά προτιμούν να περιπλανούνται σε ομάδες προκαλώντας την αίσθηση της απειλής.
5. Τα αδέσποτα ζευγαρώνουν και πολλαπλασιάζονται σε σύντομο χρονικό διάστημα. Ποιο συγκεκριμένα ένα θηλυκό σκυλί και οι απόγονοι της μπορούν να παράγουν μέχρι 67.000 κουτάβια μέσα σε έξι μόλις χρόνια.
6. Μπορεί να εξαπλώσουν τη λύσσα, μια θανατηφόρα ασθένεια που μπορεί εύκολα να μεταδοθεί μεταξύ τους όπως και σε ανθρώπους. Η λύσσα προκαλεί περισσότερους ανθρώπινους θανάτους ετησίως και η καταμέτρηση αυξάνεται κάθε χρόνο, παρά τα διάφορα μέτρα που λαμβάνονται από τις εκάστοτε κυβερνήσεις. Ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (ΠΟΥ) εκτιμά ότι υπάρχουν περισσότερα από 300 εκατομμύρια αδέσποτα σκυλιά παγκοσμίως και ότι κάθε χρόνο, 55.000 άνθρωποι πεθαίνουν από τη λύσσα.

Όμως δεν είναι μόνο οι άνθρωποι που αντιμετωπίζουν προβλήματα από τα αδέσποτα αλλά και τα ίδια τα αδέσποτα από το φυσικό περιβάλλον στο οποίο ζουν ή ακόμη και από τους ανθρώπους.

1. Τα ποιο αδύναμα αδέσποτα συχνά πέφτουν θύματα των ισχυρότερων αδέσποτων, κυρίως οι γάτες από τους σκύλους και κατά τη περίοδο ζευγαρώματος, όπου τα αρσενικά γίνονται ποιο επιθετικά προς άλλα αρσενικά.
2. Τα αδέσποτα πολλές φορές πέφτουν θύματα της καταστρεπτικής μανίας του ανθρώπου. Χιλιάδες αδέσποτα κάθε χρόνο κακοποιούνται από ανθρώπους, ενώ εκατομμύρια είναι αυτά που δολοφονούνται με χρήση φόλας, θρυμματισμένου γυαλιού ή φυτοφαρμάκων τα οποία προσλαμβάνουν μέσω της τροφής τους.
3. Τα αδέσποτα είναι εκτεθειμένα στα στοιχεία της φύσης (κρύο, βροχή, χαλάζι, καύσιμα κλπ.).
4. Τα αδέσποτα ζώα δεν έχουν τη δυνατότητα να προμηθευτούν τη τροφή τους από κάποιο κατάστημα, όπως κάνει ο άνθρωπος. Γι' αυτό είναι αναγκασμένα να ψάχνουν τα

σκουπίδια ή να περιμένουν υπομονετικά από κάποιον άνθρωπο να τους αφήσει λίγο φαγητό. Το ίδιο ισχύει και για το νερό το οποίο αν δεν καταφέρουν να αποσπάσουν από κάποιον περαστικό θα πρέπει να το καταναλώσουν από το δρόμο, αν υπάρχει. Σε πολλές περιπτώσεις τα αδέσποτα καταλήγουν λόγω αφυδάτωσης και έλλειψης τροφής.

5. Τα αδέσποτα ζώα συντροφιάς είναι εκτεθειμένα σε ασθένειες χωρίς δυνατότητα περίθαλψης, γεγονός που μειώνει τον μέσο όρο ζωής τους στα 2 χρόνια.

1.5 Κοινωνικά προβλήματα

Η παρουσία υπεράριθμων αδέσποτων ζώων σε μια κοινωνία μπορεί να προκαλέσει μια σειρά διαφόρων ζητημάτων, πέραν του μείζονος θέματος της Δημόσιας Υγείας. Ο κίνδυνος πρόκλησης τροχαίου ατυχήματος και μάλιστα τραυματισμού του ίδιου του ζώου είναι ιδιαίτερα υψηλός. Αυξημένος όμως είναι και ο κίνδυνος εκφοβισμού των πολιτών μέχρι και τραυματισμού αυτών από δαγκώματα σκύλων. Οποιοδήποτε ζώο αδέσποτο ή δεσποζόμενο, εκπαιδευμένο ή μη, μπορεί να προκαλέσει τραυματισμό μέσω δαγκωμάτων σε άνθρωπο που θα προσπαθήσει να τα προσεγγίσει κακοποιώντας τα ή προκαλώντας τους έντονο στρες. Ακόμη, προκαλούνται ακουστικές οχλήσεις στους πολίτες και περιβαλλοντικές με την ύπαρξη περιττωμάτων των ζώων σε δημόσιους χώρους πρασίνου και παιδικές χαρές.

1.5.1 Αρμοδιότητες και υποχρεώσεις των δήμων στην Ελλάδα απέναντι στα αδέσποτα

Ο κάθε δήμος είναι υποχρεωμένος να διαθέτει ολοκληρωμένο επιχειρησιακό πρόγραμμα διαχείρισης αδέσποτων ζώων, σύμφωνα με τα όσα ορίζονται στην παρ. 2 του άρθρου 3, το οποίο περιλαμβάνει κατ' ελάχιστον

- I. την περισυλλογή,
- II. την παροχή κτηνιατρικής περίθαλψης,
- III. την ηλεκτρονική σήμανση και την καταγραφή στο ΕΜΖΣ,
- IV. τη στείρωση και
- V. την υιοθεσία τους.

Η αρμοδιότητα αυτή μπορεί να ασκείται είτε από συνδέσμους δήμων ή διαδημοτικές συνεργασίες. Επιπλέον, είναι υποχρεωμένοι να εξυπηρετούν τους πολίτες και ιδιοκτήτες δεσποζόντων ζώων συντροφιάς τόσο διοικητικές πράξεις οι οποίες σχετίζονται με το Εθνικό Μητρώο Ζώων Συντροφιάς όσο και την υποχρέωση υλοποίησης προγραμμάτων πρόληψης δημιουργίας νέων αδέσποτων ζώων.

Ο δήμος είναι υπεύθυνος, με απόφαση του δημοτικού συμβουλίου, να συνεργάζεται προκειμένου να εκτελούνται οι σκοποί που αναφέρθηκαν παραπάνω, συνάπτοντας σχετική έγγραφη συμφωνία, με φιλοζωικά σωματεία και φιλοζωικές οργανώσεις μη κερδοσκοπικού χαρακτήρα που έχουν έδρα στην Ελλάδα ή σε κράτος-μέλος της Ε.Ε. και οι οποίες είναι καταχωρημένες στο Μητρώο Φιλοζωικών Σωματείων και Οργανώσεων του Εθνικού Μητρώου Ζώων Συντροφιάς ή σε αντίστοιχα μητρώα των χωρών στις οποίες εδρεύουν. Μέσα στις δράσεις που αναλαμβάνουν τα φιλοζωικά σωματεία και οι φιλοζωικές οργανώσεις μη κερδοσκοπικού χαρακτήρα μπορεί να συγκαταλέγεται η έκδοση των εγγράφων τα οποία είναι απαραίτητα για την υλοποίηση υιοθεσίας σύμφωνα με το νόμο. Οι βασικοί όροι ώστε να υπάρξει συνεργασία μεταξύ του δήμου, φιλοζωικών σωματείων και φιλοζωικών οργανώσεων μη κερδοσκοπικού χαρακτήρα περιλαμβάνονται στο επιχειρησιακό πρόγραμμα κάθε δήμου.

Κάθε δήμος ξεχωριστά ή συνεργαζόμενοι δήμοι ή σύνδεσμοι δήμων ιδρύουν και λειτουργούν δημοτικά ή διαδημοτικά κτηνιατρεία, καταφύγια και αποτεφρωτήρια αδέσποτων ζώων συντροφιάς σε ιδιόκτητους ή μισθωμένους ή παραχωρούμενους από το Δημόσιο, την

περιφέρεια ή από ιδιώτες χώρους. Κάθε δήμος είναι υποχρεωμένος να διαθέτει, είτε ο ίδιος, είτε στο πλαίσιο συνεργασίας με άλλους δήμους είτε ως μέλος συνδέσμου δήμων, τουλάχιστον ένα καταφύγιο. Ο δήμος δύναται, ανάλογα με τις ανάγκες του, να συμβάλλει με νομίμως αδειοδοτημένα καταφύγια. Η συγκεκριμένη υποχρέωση δεν υφίσταται για δήμους με πληθυσμό μικρότερο των τριών χιλιάδων (3.000) κατοίκων.

Η διαχείριση αδέσποτων ζώων συντροφιάς υλοποιείται ως εξής:

- a) Τα αδέσποτα ζώα συντροφιάς περισυλλέγονται από άτομα επαρκώς καταρτισμένα και έμπειρα στην αιχμαλωσία ζώων συντροφιάς. Για αυτόν τον σκοπό, κάθε δήμος οφείλει να έχει στη κατοχή του τουλάχιστον ένα όχημα περισυλλογής αδέσποτων κατάλληλα διαμορφωμένο γι' αυτόν τον σκοπό. Οι δήμοι και το Εθνικό Κέντρο Δημόσιας Διοίκησης και Αυτοδιοίκησης έχουν τη δυνατότητα να καταρτίζουν προγράμματα εκπαίδευσης του προσωπικού τους για τον σκοπό αυτό από πιστοποιημένους εκπαιδευτές. Τα συνεργεία περισυλλογής αδέσποτων ζώων συντροφιάς εποπτεύονται, ως προς τις επιτρεπόμενες μεθόδους αιχμαλωσίας των ζώων αυτών, από κτηνίατρο της αρμόδιας κτηνιατρικής υπηρεσίας του δήμου και, όπου αυτή δεν έχει συσταθεί, από κτηνίατρο της οικείας περιφερειακής ενότητας.
- b) Τα ζώα που περισυλλέγονται επειδή περιφέρονται σε δημόσιους χώρους ελέγχονται για ηλεκτρονική σήμανση:

Αν δεν διαθέτουν σήμανση θεωρούνται αυτόματα αδέσποτα και: οδηγούνται στα δημοτικά κτηνιατρεία ή σε συνεργαζόμενα με τον δήμο κτηνιατρεία, υποβάλλονται σε κτηνιατρική εξέταση, στερώνονται, αποπαρασιτώνονται, εμβολιάζονται, σημαίνονται με ηλεκτρονική σήμανση και καταγράφονται στο ΕΜΖΣ ως αδέσποτα με προσωρινό ιδιοκτήτη τον δήμο.

- I. Αν διαπιστωθεί έπειτα από κτηνιατρική εξέταση που θα πραγματοποιηθεί ότι είναι τραυματισμένα ή πάσχουν από ίασιμο νόσημα, υποβάλλονται στην κατάλληλη θεραπευτική αγωγή.
- II. Αν διαπιστωθεί από την κτηνιατρική εξέταση ότι τα ζώα είναι επικίνδυνα ή ότι πάσχουν από ανίατη ασθένεια ή ότι είναι εντελώς ανίκανα να αυτοσυντηρηθούν λόγω γήρατος ή αναπηρίας και η διατήρησή τους εν ζωή είναι πρόδηλα αντίθετη με τους κανόνες ευζωίας τους, τότε υποβάλλονται σε ευθανασία.
- III. Αφού τους παρασχεθεί η αναγκαία κτηνιατρική φροντίδα και περίθαλψη, τα περισυλλεγμένα ζώα συντροφιάς μεταφέρονται στα διαθέσιμα καταφύγια, δημοτικά, διαδημοτικά ή μη δημοτικά και στα συνεργαζόμενα με έγγραφη συμφωνία φιλοζωικά σωματεία και οργανώσεις μη κερδοσκοπικού χαρακτήρα με σκοπό να υιοθετηθούν. Εάν κάποιο φιλοζωικό σωματείο ή οργάνωση μη κερδοσκοπικού χαρακτήρα ή φυσικό πρόσωπο που διαθέτει αδειοδοτημένο καταφύγιο το επιθυμεί, είναι δυνατή η μεταβίβαση της προσωρινής ιδιοκτησίας ενός αδέσποτου σε αυτά, με αντίστοιχη φυσικά πάντα ενημέρωση του ΕΜΖΣ.
- IV. Αν δεν υπάρχει διαθέσιμη θέση σε κάποιο καταφύγιο ή δεν βρεθεί ανάδοχος για ένα ζώο ή αυτό δεν υιοθετηθεί, τότε το ζώο επιστρέφεται στο οικείο περιβάλλον του. Δεν επιτρέπεται η επαναφορά των αδέσποτων ζώων σε απόσταση μικρότερη των διακοσίων (200) μέτρων περιμετρικά από νοσοκομεία, σχολεία, αθλητικά κέντρα, αυτοκινητόδρομους ταχείας κυκλοφορίας, χώρους αποβίβασης και επιβίβασης ακτοπλοϊκών συγκοινωνιών, λιμάνια, αεροδρόμια, σιδηροδρομικούς σταθμούς, περιφραγμένους αρχαιολογικούς χώρους και περιφραγμένους χώρους του Οργανισμού Κεντρικών Αγορών και Αλιείας ΑΕ και της Κεντρικής Αγοράς Θεσσαλονίκης ΑΕ, καθώς και σε χώρους σφαγείων ή όπου συγκεντρώνονται ή υπάρχουν σκουπίδια.

- V. Αν διαθέτουν σήμανση, από την οποία προκύπτει ότι είναι ήδη καταγεγραμμένα στον δήμο ως αδέσποτα, τότε ενημερώνονται τα στοιχεία παρακολούθησης του ζώου. Εφόσον το ζώο δεν παρουσιάζει κλινικά προβλήματα ελευθερώνεται στο ίδιο σημείο, εκτός αν προκύπτουν οι περιορισμοί που προαναφέρθηκαν, οπότε μεταφέρεται σε άλλη περιοχή η οποία έχει κριθεί κατάλληλη.
- VI. Αν διαθέτουν σήμανση από την οποία προκύπτει ότι είναι δεσποζόμενα, τότε ελέγχεται αν το ζώο έχει δηλωθεί ως απολεσθέν. Σε περίπτωση που έχει γίνει δήλωση εξαφάνισης του ζώου, ενημερώνεται ο ιδιοκτήτης για να το παραλάβει. Αν δεν υπάρχει δήλωση απώλειας, διερευνάται η περίπτωση εγκατάλειψης από τον ιδιοκτήτη και ενημερώνεται η Ελληνική Αστυνομία.
- c) Στην περίπτωση που το δημοτικό ή διαδημοτικό καταφύγιο δεν έχει διαθέσιμες θέσεις για τη φιλοξενία αδέσποτων ζώων, ο δήμος θα κληθεί να επαναφέρει ζώα από το καταφύγιο πίσω στο δρόμο, ώστε να κενωθούν θέσεις για άλλα ζώα τα οποία είτε χρειάζονται φροντίδα εντός καταφυγίου είτε είναι νεαρής ηλικίας. Σε κάθε περίπτωση, ζώα τα οποία δεν έχουν ξεπεράσει το πέμπτο (5) μήνα της ηλικίας τους θεωρούνται ακατάλληλα να επιβιώσουν στον δρόμο και γι' αυτό δεν επανεπεντάσσονται στο οικείο τους περιβάλλον, ενώ δίνονται για υιοθεσία κατά σειρά προτεραιότητας.
- d) Την ευθύνη για την παροχή τροφής και νερού την έχουν οι δήμοι, καθώς και τα συνεργαζόμενα με τους δήμους φιλοζωικά σωματεία και φιλοζωικές οργανώσεις μη κερδοσκοπικού χαρακτήρα. Η παροχή τροφής, νερού και ιατροφαρμακευτικής φροντίδας σε αδέσποτα ζώα συντροφιάς από φιλόζωους πολίτες είναι επιτρεπτή, αν και εφόσον τηρούνται οι κανόνες καθαριότητας και υγιεινής για όλους, όπως και οι κανόνες ευζωίας των ζώων.
- e) Για τη διαχείριση των καταγεγραμμένων αδέσποτων που ζουν εκτός καταφυγίου μεριμνά επίσης το συνεργείο περισυλλογής αδέσποτων ζώων συντροφιάς του οικείου δήμου, όπως ενδεικτικά για τη μεταφορά τους με σκοπό την ετήσια κτηνιατρική εξέταση και τον αντιλυσσικό εμβολιασμό, την παρέμβαση σε περίπτωση δημιουργίας επιθετικής αγέλης αδέσποτων, τη χορήγηση φαρμάκων και την επικαιροποίηση της καταγραφής τους.
- f) Η περισυλλογή και η φιλοξενία αδέσποτου ζώου επιτρέπεται και από εγγεγραμμένα στο οικείο μητρώο φιλοζωικά σωματεία και φιλοζωικές οργανώσεις μη κερδοσκοπικού χαρακτήρα που διαθέτουν αδειοδοτημένα καταφύγια, καθώς και από ιδιώτες που διαθέτουν επίσης αδειοδοτημένα καταφύγια. Σε αυτή την περίπτωση τα ζώα καταχωρούνται στο ΕΜΖΣ με προσωρινό ιδιοκτήτη το ως άνω σωματείο ή οργάνωση ή ιδιοκτήτη καταφυγίου, οι οποίοι μεριμνούν για την υιοθεσία τους κατά το άρθρο 9 της νομοθεσίας. Τα ζώα αυτά δεν εξαιρούνται από τα προγράμματα διαχείρισης αδέσποτων ζώων του οικείου δήμου για την παροχή κτηνιατρικής περίθαλψης, τη στείρωση και τη συνολική μέριμνα για την ευζωία τους. Επιτρέπεται, επίσης, η μεταφορά αδέσποτων ζώων από φιλόζωους ιδιώτες σε δημοτικό κτηνιατρείο ή κτηνιατρείο με το οποίο είναι συμβεβλημένος ο δήμος, προκειμένου να εφαρμοστεί η διαδικασία όπως την έχουμε αναφέρει παραπάνω ή σε μη συμβεβλημένο με τον δήμο κτηνιατρείο, στην περίπτωση που ο ιδιώτης επιθυμεί να καλύψει το αντίστοιχο κόστος.

2 Κεφάλαιο 2^ο: Θεωρητικό υπόβαθρο τεχνικής λύσης

Στο κεφάλαιο αυτό αναπτύσσεται το θεωρητικό υπόβαθρο των υποσυστημάτων που χρησιμοποιήθηκαν για την διαμόρφωση της τεχνικής λύσης. Ειδικότερα περιγράφονται οι μηχανές Συνεχούς Ρεύματος, (Σ.Ρ.) της μεταφοράς τροφής αλλά και του τρόπου λειτουργίας τους. Επιπλέον, σε αυτή τη παράγραφο αναλύονται τα είδη των φωτοβολταϊκών, ο τρόπος λειτουργίας τους αλλά και πως επηρεάζονται από τις μεταβολές του καιρού και του ρυπογόνου περιβάλλοντος. Στην ίδια παράγραφο αναλύονται επίσης και οι μπαταρίες, καθώς θεωρούνται αναπόσπαστο κομμάτι των φωτοβολταϊκών. Αναφορικά με το τμήμα των ηλεκτρονικών και προγραμματιστικών εργαλείων και υποσυστημάτων περιγράφονται οι πλατφόρμες που χρησιμοποιήθηκαν όπως Wemos, αισθητήρες απόστασης και βάρους, βάση δεδομένων influxdb και γραφικού περιβάλλοντος διαχείρισης μετρήσεων Graphana και η πλατφόρμα ανάπτυξης κώδικα Arduino IDE.

2.1 Κινητήρες συνεχούς ρεύματος

Ως κινητήρες συνεχούς ρεύματος, ονομάζονται οι μηχανές συνεχούς ρεύματος που λειτουργούν ως κινητήρες. Οι κινητήρες συνεχούς ρεύματος είναι εφικτό να λειτουργούν τόσο ως ηλεκτρικές μηχανές όσο και ως γεννήτριες. Ο τρόπος λειτουργίας ενός τέτοιου κινητήρα μπορεί να προσδιοριστεί αποκλειστικά από τη φορά ροής της ισχύος.

Ένας κινητήρας Σ.Ρ. αποτελείται από ένα σταθερό μέρος, το στάτη και ένα κινητό, που ονομάζεται δρομέας. Στο στάτη τοποθετούνται οι μαγνητικοί πόλοι, ενώ στο δρομέα τοποθετούνται τα τυλίγματα του επαγωγικού τυμπάνου όπως και ο συλλέκτης. Οι κινητήρες Σ.Ρ. ρεύματος μπορούν να μετατρέψουν ένα ηλεκτρικό μέγεθος σε μηχανικό δημιουργώντας κίνηση. Στην ουσία συμπεριφέρονται σαν μετατροπείς τάσεως-ροπής.

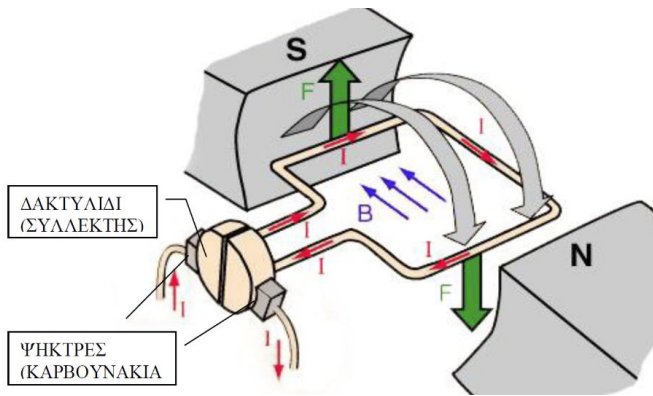
2.1.1 Εισαγωγή στους κινητήρες συνεχούς ρεύματος

Οι μηχανές συνεχούς ρεύματος χρησιμοποιήθηκαν πολύ τη περίοδο μεταξύ 1870 και 1900. Τις επόμενες περιόδους λόγω της ανάπτυξης της διανομής του εναλλασσόμενου ρεύματος οι μηχανές συνεχούς ρεύματος ξεχάστηκαν για να κάνουν την επανεμφάνισή τους στις αρχές της δεκαετίας του '60 με την εισαγωγή των συστημάτων ανορθώσεως, τα οποία σου επιτρέπουν να μετατρέψεις το εναλλασσόμενο ρεύμα σε συνεχές, οικονομικά και με ασφάλεια.

Οι κινητήρες ΣΡ είναι αρκετά δημοφιλείς ακόμη και στις σύγχρονες κοινωνίες για τους παρακάτω λόγους:

- Τα συστήματα Σ.Ρ. είναι ακόμη αναντικατάστατα στα επιβατικά οχήματα, στα φορτηγά και στα αεροπλάνα.
- Γιατί είναι οι καλύτεροι κινητήρες σε εφαρμογές, όπου απαιτούνται μεγάλες μεταβολές στην ταχύτητα περιστροφής.

Όπως γίνεται αντιληπτό οι κινητήρες Σ.Ρ. τροφοδοτούνται από πηγή συνεχής τάσης. Για την ευκολότερη σύγκριση μεταξύ των κινητήρων Σ.Ρ. διαφορετικού τύπου και την ευκολότερη ανάλυσή τους, η τάση εισόδου ενός κινητήρα θεωρείτε σταθερή, εκτός αν αναγράφετε το αντίθετο.



Εικόνα 2.1 Γενική εικόνα της δομής ενός κινητήρα ΣΡ

Οι βασικές κατηγορίες κινητήρων συνεχούς ρεύματος είναι:

- Κινητήρες συνεχούς ρεύματος ανεξάρτητης διέγερσης
- Κινητήρες συνεχούς ρεύματος διέγερσης σειράς
- Κινητήρες συνεχούς ρεύματος με μόνιμο μαγνήτη
- Κινητήρες συνεχούς ρεύματος παράλληλης διέγερσης
- Κινητήρες συνεχούς ρεύματος σύνθετης διέγερσης

2.1.2 Δομή μηχανών συνεχούς ρεύματος

Τα κύρια μέρη μίας μηχανής ΣΡ είναι :

1. Ο στάτης
2. Ο δρομέας
3. Ο συλλέκτης και
4. Οι ψήκτρες

1. Στάτης

Ο στάτης είναι το ακίνητο μέρος των μηχανών όπου τοποθετούνται οι κύριοι μαγνητικοί πόλοι, οι οποίοι προεξέχουν από την επιφάνεια του στάτη.

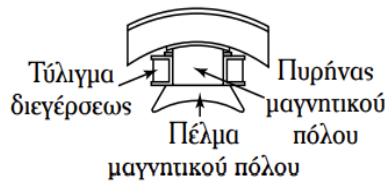
Ο καθένας από τους μαγνητικούς πόλους αποτελούνται από:

1. Τον πυρήνα ο οποίος είναι κατασκευασμένος από πολλά λεπτά, σιδερένια ελάσματα. Προκειμένου να παράγεται η διαδοχική μαγνητική πολικότητα, τοποθετείτε στον πυρήνα το τύλιγμα διεγέρσεως το οποίο διαρρέεται από ρεύμα κατάλληλης φοράς. Με στόχο τη μείωση των απωλειών από δινορεύματα πραγματοποιείτε η ελασματοποίηση του σιδηρομαγνητικού υλικού του πυρήνα.



Εικόνα 2.2 Στάτης

2. Το πέλημα το οποίο ευθύνεται για τη κατανομή του μαγνητικού πεδίου στο διάκενο χώρο της μηχανής. Το όνομα μιας μηχανής προκύπτει από τον αριθμό των πόλων της πχ. διπολική αν έχει δυο πόλους, τετραπολική αν έχει τέσσερις πόλους, εξαπολική αν έχει έξη πόλους κλπ., ενώ ο αριθμός των πόλων τις είναι πάντα άρτιος.



Εικόνα 2.3 Μαγνητικός πόλος στάτη

Λόγο των αυλακώσεων του δρομέα στα πέσματα εμφανίζονται δινορεύματα. Το διάκενο που υπάρχει μεταξύ δρομέα και πέματος δεν είναι σταθερό (παρουσιάζει μικρές κυματώσεις), με αποτέλεσμα η μαγνητική επαγωγή να ακολουθεί το ρυθμό των μικροδιαφορών που υπάρχουν στο διάκενο.

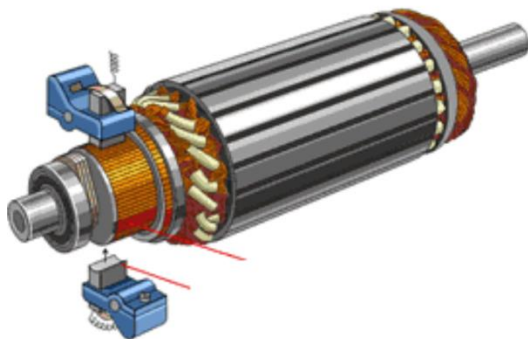
Λόγο της μεταβολής της μαγνητικής επαγωγής δημιουργείτε τάση εξ επαγωγής και κατά συνέπεια δινορεύματα στα πέσματα των μαγνητικών πόλων. Γι' αυτό το λόγο όπως και στο σιδηρομαγνητικό υλικό έτσι και εδώ κατασκευάζουμε τα πέσματα από λεπτά ελάσματα μονωμένα μεταξύ τους.



Εικόνα 2.4 Πέλημα κύριου μαγνητικού πόλου

2. Ο δρομέας

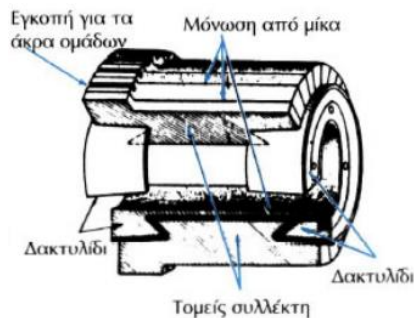
Ο δρομέας, που είναι το περιστρεφόμενο μέρος της μηχανής ΣΡ. Ο δρομέας είναι κυλινδρικού τύπου και κατασκευάζεται από πολλά λεπτά μαγνητικά ελάσματα. Οι οδοντώσεις του δρομέα οι οποίες έχουν τα ελάσματα στην περιφέρειά τους διαμορφώνουν τα αυλάκια του πυρήνα μέσα στα οποία τοποθετούνται τα τυλίγματα του δρομέα.



Εικόνα 2.5 Δρομέας

3. Συλλέκτης

Ο συλλέκτης, που είναι κατασκευασμένος από τους τομείς, οι οποίοι δεν είναι τίποτα περισσότερο από πολλά χάλκινα ελάσματα. Οι τομείς μονώνονται μεταξύ τους, με μονωτικό υλικό (μίκρα) και στερεώνονται ανάμεσα σε δύο σιδερένιους δακτυλίους, ώστε να δώσουν τελικά μία κυλινδρική επιφάνεια. Ο συλλέκτης ανήκει στο περιστρεφόμενο μέρος της μηχανής.

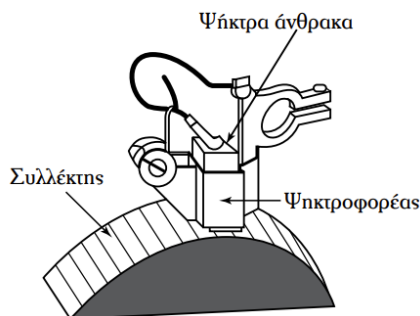


Εικόνα 2.6 Συλλέκτης μηχανής ΣΡ

4. Ψήκτρες

Οι ψήκτρες, οι οποίες κατασκευάζονται από μεταλλικό γραφίτη ή άνθρακα ή από συνδυασμό των δύο. Οι ψήκτρες συνδέουν το επαγωγικό τύμπανο μ' ένα εξωτερικό κύκλωμα, ενώ έχουν μεγάλη αγωγιμότητα. Οι ψηκτροθήκες μέσα στις οποίες μπαίνουν μέσα οι ψήκτρες, τοποθετούνται μέσα στον ψηκτροφορέα. Ο ψηκτροφορέας από την άλλη πλευρά στερεώνεται στο ακίνητο μέρος της μηχανής από την πλευρά του συλλέκτη.

Η πίεση μεταξύ των επιφανειών της ψήκτρας και του συλλέκτη πρέπει να είναι τέτοια διότι σε περίπτωση που η πίεση στον συλλέκτη είναι αρκετά υψηλή τότε τα δύο μέρη φθείρονται, σε περίπτωση που η πίεση μεταξύ τους είναι πολύ μικρή τότε λόγω κενού που δημιουργείται εμφανίζονται σπινθήρες.



Εικόνα 2.7 Ψήκτρα μηχανής ΣΡ

2.1.3 Τυλίγματα μηχανών ΣΡ

2.1.3.1 Δομή τυλιγμάτων τυμπάνου

Τα τυλίγματα ενός επαγωγικού τυμπάνου χαρακτηρίζονται ως το σημαντικότερο μέρος των μηχανών ΣΡ, καθώς:

- I. Μέσα σε αυτά αναπτύσσονται οι τάσεις
- II. Μέσω αυτών οδηγείται το κύριο ρεύμα τη ηλεκτρικής μηχανής

Για μηχανές Σ.Ρ. το επαγωγικό τύμπανο βρίσκεται στο δρομέα, ενώ τα τυλίγματα του τοποθετούνται σε ειδικά αυλάκια.

Βασικά χαρακτηριστικά τυλιγμάτων τυμπάνων.

1. Αγωγός: ο αγωγός είναι το στοιχειώδες μέρος ενός τυλίγματος. Το ενεργό τμήμα του αγωγού τοποθετείται στο εσωτερικό του αυλακιού και το υπόλοιπο στα μέτωπα των επιφανειών του δρομέα
2. Σπείρα: Η σπείρα είναι το τμήμα του τυλίγματος το οποίο αποτελείται από δύο αγωγούς συνδεδεμένους σε σειρά μεταξύ τους.
3. Ομάδα τυλίγματος: Η ομάδα τυλίγματος είναι όταν το πλαίσιο αποτελείται από πολλούς αγωγούς συνδεδεμένους σε σειρά.
4. Στοιχεία: Τα στοιχεία είναι οι πλευρές της ομάδας τυλιγμάτων.

2.1.3.2 Είδη τυλιγμάτων μηχανής Σ.Ρ.

Τα τυλίγματα επαγωγικού τυμπάνου στις μηχανές .P. διακρίνονται σε δύο ειδών

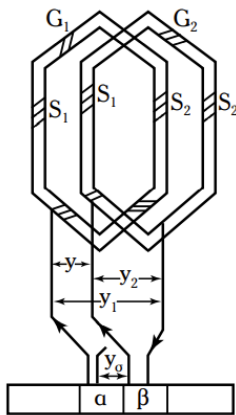
1. Στα βροχोटυλίγματα
2. Τα κυματοτυλίγματα

1. Βροχोटυλίγματα

Σε ένα βροχोटύλιγμα δημιουργούνται τόσοι παράλληλοι κλάδοι στοιχείων ομάδων όσος και ο αριθμός των μαγνητικών πόλων. Λόγο των τυλιγμάτων δημιουργούνται μεγάλης έντασης ρεύματα.

Στο παρακάτω σχήμα παρατηρούμε ότι τα άκρα των ομάδων στ1 και στ2 καταλήγουν σε γειτονικούς τομείς.

Κάθε στοιχείο αποτελείται από περισσότερους του ενός αγωγούς. Το κάθε στοιχείο τοποθετείται σε αυλάκια.



Εικόνα 2.8 Τυπικό βροχोटύλιγμα ΣΡ

2. Κυματοτυλίγματα

Οι παράλληλοι κλάδοι στα κυματοτυλίγματα ή τυλίγματα σειράς είναι πάντα δύο. Ο αριθμός των τομέων είναι ίσος με τον αριθμό των ομάδων του τυλίγματος και ίσος με το μισό του αριθμού των στοιχείων του τυλίγματος, καθώς κάθε τομέας ενώνεται με το τέλος μιας ομάδας με την αρχή της επόμενης.

$$T = G = \frac{S}{2}$$

Όπου:

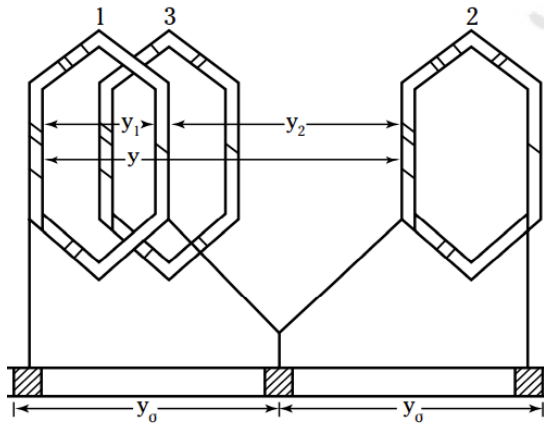
S: ο αριθμός των στοιχείων του τυλίγματος

G : ο αριθμός των ομάδων του τυλίγματος

T : ο αριθμός των τομέων

Από τα κυματοτυλίγματα παρέχονται μικρές τιμές εντάσεως ρεύματος στο εξωτερικό κύκλωμα της μηχανής.

Θεωρητικά ο αριθμός των ψηκτρών στα κυματοτυλίγματα μπορεί να ισούται με το πλήθος των παράλληλων κλάδων. Στην πράξη όμως προτιμάται ο αριθμός των ψηκτρών των κυματοτυλιγμάτων να ισούται με το πλήθος των μαγνητικών πόλων, προκειμένου να επιτευχθεί η μείωση της ροής του ρεύματος που διαρρέει κάθε ψήκτρα.



Εικόνα 2.9 Ομάδες από κυματοτυλίγματα

2.1.3.3 Αντίδραση τυμπάνου

Όταν η λειτουργία μιας μηχανής Σ.Ρ. συμβαίνει χωρίς η μηχανή να βρίσκεται υπό φορτίο, τότε στο χώρο του διακένου υπάρχει μόνο μαγνητικό φορτίο, το οποίο προκύπτει από τους κύριους μαγνητικούς πόλους του στάτη.

Όταν μια μηχανή Σ.Ρ. λειτουργεί υπό φορτίο τότε το επαγωγικό τύμπανο διαρρέεται από ρεύμα. Αυτό σημαίνει ότι στο δρομέα δημιουργείται μαγνητικό πεδίο το οποίο είναι κάθετο στο μαγνητικό πεδίο του στάτη.

Η πρόσθεση των δύο μαγνητικών πεδίων (με τέτοιο τρόπο ώστε να μη μπορούν να συνυπάρξουν) οδηγεί στη δημιουργία του φαινομένου της αντιδράσεως τυμπάνου.

Σε μία μηχανή Σ.Ρ. το παραπάνω φαινόμενο προκαλεί:

3. Μετατόπιση του ουδετέρου άξονα
4. Μείωση του συνολικού μαγνητικού πεδίου
5. Δημιουργία μηχανικού προβλήματος
6. Παραμόρφωση στο μαγνητικό πεδίο των κύριων πόλων

2.1.4 Τρόπος λειτουργίας ενός στοιχειώδους κινητήρα Σ.Ρ.

Μια γραμμική μηχανή συνεχούς ρεύματος που αποτελεί το πιο απλό μοντέλο μηχανής συνεχούς ρεύματος αποτελείται από μία πηγή συνεχούς τάσης και μια αντίσταση που συνδέονται μέσω ενός διακόπτη με τη χρήση, ενός ζεύγους ραγών.

Λόγο του ότι οι ράγες είναι λείες δεν παρατηρούνται τριβές. Στο χώρο των δύο ράβδων υπάρχει ομογενές μαγνητικό πεδίο που έχει κίνηση προς τη σελίδα.

2.1.4.1 Τρόπος εκκίνησης γραμμικής μηχανής συνεχούς ρεύματος

Όταν κλείνουμε το διακόπτη, η κινούμενη ράβδος διαρρέεται από ρεύμα με αποτέλεσμα η μηχανή να ξεκινάει να κινείται. Αυτό φαίνεται από το νόμο των τάσεων του Kirchhoff.

$$i = \frac{V_B - e_{ind}}{R}$$

Το χρονικό διάστημα, όπου η ράβδος δε διαρέται από ρεύμα η ράβδος είναι ακίνητη και άρα ισχύει $e_{ind} = 0$ και $i = \frac{V_B}{R}$. Όμως σύμφωνα με την εξίσωση $F = i(I * B)$, όταν ένας ρευματοφόρος αγωγός βρίσκεται μέσα σε μαγνητικό πεδίο επάγεται σε αυτό μία δύναμη F_{int} .

Λόγο της γεωμετρίας της μηχανής έχω:

$$F_{int} = ilB \rightarrow \text{με φορά προς τα δεξιά}$$

Οπότε σύμφωνα με το νόμο του Newton η ράβδος θα επιταχύνεται προς τα δεξιά. Παρόλ' αυτά, κατά τη διάρκεια που αυξάνεται η ταχύτητα της ράβδου εμφανίζεται μια επαγόμενη τάση στα άκρα της οποίας για τη δεδομένη γεωμετρία έχει τιμή:

$$e_{ind} = vLB \rightarrow \text{με φορά προς τα επάνω.}$$

Σύμφωνα με το νόμο του Kirchhoff η αύξηση του e_{ind} προκαλεί μείωση του ρεύματος i :

$$i \downarrow = \frac{V_B - e_{ind}}{R}$$

Το παραπάνω οδηγεί τη ράβδο σε κατάσταση ισορροπίας.

Ποιο συγκεκριμένα όταν η $e_{ind} = V_B$, τότε η ράβδος θα κινείται με σταθερή ταχύτητα, όπως φαίνεται και στη παρακάτω σχέση:

$$V_B = e_{ind} = V_{SS}LB \rightarrow V_{SS} = \frac{V_B}{LB}$$

2.1.4.2 Τρόπος λειτουργία γραμμικής μηχανής Σ.Ρ. ως κινητήρας

Έστω ότι κατά τη διάρκεια, όπου η γραμμική μηχανή βρίσκεται σε κατάσταση ισορροπίας εφαρμοστεί στη ράβδο μία δύναμη F_{load} η οποία είναι αντίθετη προς τη κατεύθυνση της κίνησης της. Κάτι τέτοιο θα προκαλούσε μία συνιστάμενη δύναμη με φορά αντίθετη της φοράς της κίνησης της ράβδου ($F_{net} = F_{load} - F_{ind}$). Αυτό οδηγεί στη μείωση της ταχύτητας της ράβδου. Η εν λόγω μείωση προκαλεί αντίστοιχα μείωση της τάσης, η οποία επάγεται στα άκρα της ράβδου ($e_{ind} \downarrow = v \downarrow * l * B$) και με τη σειρά της η μείωση στη τάση προκαλεί αύξηση ρεύματος που διαρρέει τη ράβδο.

$$i \uparrow = \frac{v_B - e_{int} \uparrow}{R}$$

Λόγο της αύξησης του ρεύματος αυξάνεται ταυτόχρονα η επαγόμενη δύναμη $F_{ind} = i \uparrow * l * B$. Όλες αυτές οι αυξομειώσεις στις τιμές καταλήγουν σε αύξηση της επαγόμενης δύναμης και μία νέα κατάσταση ισορροπίας.

2.1.5 Αντιηλεκτρεγερτική δύναμη

Οι αγωγοί σε έναν κινητήρα ΣΡ μετακινούνται με την ίδια φορά που κινούνται οι δείκτες του ρολογιού. Σε αυτούς τους αγωγούς δημιουργούνται τάσεις από επαγωγή, οι οποίες αντιτίθενται στις αιτίες που τις προκαλούν. Οι τάσεις αυτές είναι οι αντιΗΕΔ δυνάμεις, που αντιτίθενται στην

κίνηση των αγωγών και έχουν ως προορισμό την ελάττωση του ρεύματος που δημιουργεί την κίνηση της μηχανής.

Ισχύει: $E_a = K\Phi n$

Όπου

K η σταθερά του κινητήρα

n οι στροφές ανά λεπτό του κινητήρα

και Φ η κύρια μαγνητική ροή ανά πόλο

η αντι-ΗΕΔ, δημιουργεί μία ροπή αντιστάσεων ή πεδήσεως. Η ροπή αυτή εξουδετερώνεται από τον κινητήρα, ο οποίος αναπτύσσει μία ίση και αντίθετη ροπή στρέψης. Η αντι-ΗΕΔ ενός κινητήρα αποτελεί το 85-95% της τάσεως τροφοδοσίας του κινητήρα.

2.1.6 Αντίδραση τυμπάνου κινητήρα ΣΡ

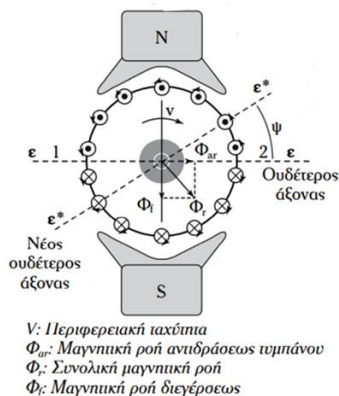
Η δράση του μαγνητικού πεδίου του επαγωγικού τυμπάνου στο μαγνητικό πεδίο του στάτη οδηγεί στο φαινόμενο αντιδράσεως τυμπάνου.

Οι συχνότερες επιπτώσεις λόγω του φαινομένου αντιδράσεως τυμπάνου είναι ο κορεσμός των μαγνητικών πόλων, οι απώλειες ισχύος, οι σπινθηρισμοί και η φθορά του συλλέκτη.

Όταν γίνεται λειτουργία του κινητήρα χωρίς φορτίο η αντίδραση του επαγωγικού τυμπάνου είναι ελάχιστη. Όταν πραγματοποιείτε η λειτουργία του κινητήρα υπό φορτίο, το ρεύμα τυμπάνου αυξάνεται και μαζί του αυξάνεται και η γωνία μετατόπισης, ψ, του ουδέτερου άξονα, γεγονός που οδηγεί στην εμφάνιση των προαναφερθέντων επιπτώσεων.

Προκειμένου να αντιμετωπιστεί το φαινόμενο της αντιδράσεως τυμπάνου τοποθετούνται βοηθητικοί πόλοι. Η χρήση των βοηθητικών μαγνητικών πόλων γίνεται ώστε να εξουδετερωθεί η μαγνητική ροή Φ_{ar} , του επαγωγικού τυμπάνου. Στη θέση 2 του ουδέτερου άξονα ε-ε, τοποθετείται ένας βόρειος βοηθητικός πόλος, ενώ στη θέση 1 του ουδέτερου άξονα, ε-ε, τοποθετείται ένας νότιος βοηθητικός πόλος.

Κατά τη περιστροφή του κινητήρα ΣΡ, μετά από έναν βόρειο κύριο μαγνητικό πόλο ακολουθεί διαδοχικά ένας βόρειος βοηθητικός πόλος και αντίστοιχα μετά από έναν νότιο κύριο μαγνητικό πόλο ακολουθεί ένας νότιος βοηθητικός πόλος. Για κινητήρες μεγάλης ισχύος προκειμένου να εξαλείψουμε τα αποτελέσματα της αντιδράσεως τυμπάνου τοποθετούμε τυλίγματα αντισταθμίσεως στα πλέγματα των κύριων μαγνητικών πόλων.



Εικόνα 2.10 Σχηματική παράσταση φαινομένου αντιδράσεως τυμπάνου σε στοιχειώδη κινητήρα ΣΡ

2.1.7 Είδη κινητήρων ΣΡ

Τα είδη των κινητήρων ΣΡ διαχωρίζονται σύμφωνα με τον τρόπο σύνδεσης των τυλιγμάτων διέγερσης του κινητήρα με το ισοδύναμο κύκλωμα του επαγωγικού του τυμπάνου.

1. Κινητήρες ΣΡ ανεξάρτητης διέγερσης, όταν το ισοδύναμο ηλεκτρικό κύκλωμα διεγέρσεως δε συνδέεται με το αντίστοιχο του επαγωγικού τυμπάνου.
2. Κινητήρες ΣΡ παράλληλης διέγερσης, όταν το ισοδύναμο ηλεκτρικό κύκλωμα διεγέρσεως συνδέεται παράλληλα με το αντίστοιχο του επαγωγικού τυμπάνου.
3. Κινητήρες ΣΡ διέγερσης σειράς, όταν το ισοδύναμο ηλεκτρικό κύκλωμα διεγέρσεως συνδέεται σε σειρά με το επαγωγικό τύμπανο.
4. Κινητήρες ΣΡ σύνθετης διέγερσης, όταν ένα μέρος του τυλίγματος διέγερσης συνδέεται σε με το επαγωγικό τύμπανο και το υπόλοιπο παράλληλα.

Δύο μεγέθη χαρακτηρίζουν τη λειτουργία των κινητήρων ΣΡ:

- η ταχύτητα
- η ροπή

Για διάφορες τιμές της ταχύτητας περιστροφής των κινητήρων οι εφαρμογές στη βιομηχανία απαιτούν σταθερή τιμή. Όμως υπάρχουν και εφαρμογές οι οποίες απαιτούν να έχουν σταθερή μηχανική ισχύ κατά τη διάρκεια μεταβολής της ταχύτητας περιστροφής.

2.1.7.1 Τρόπος εκκίνησης κινητήρων ΣΡ

Την στιγμή της εκκίνησης του κινητήρα ο κινητήρας απορροφά ρεύμα 30 φορές μεγαλύτερο από το ονομαστικό ρεύμα λειτουργίας του κινητήρα. Η ροπή του κινητήρα η οποία αναπτύσσεται παίρνει μεγάλες τιμές, με αποτέλεσμα να επιταχύνεται όλο ένα και περισσότερο, γεγονός που καθιστά τον κινητήρα επικίνδυνο. Λόγο του παραπάνω δημιουργούνται στον άξονα ισχυρές φυγοκεντρικές δυνάμεις που μπορούν να καταστρέψουν τον κινητήρα. Η αντίσταση εκκινήσεως μειώνεται βαθμιαία, όταν ο βραχίονας του κιβωτίου στρέφεται προς τα δεξιά και συγκρατείται στη θέση λειτουργίας από τον μαγνήτη συγκρατήσεως. Ο μαγνήτης συγκρατήσεως τροφοδοτείται από το ρεύμα του κυκλώματος διεγέρσεως και έχει το ρόλο διακόπτη στην που μηδενιστεί το ρεύμα διεγέρσεως.

Σε περίπτωση που το κύκλωμα διεγέρσεως διακοπεί, ο μαγνήτης συγκρατήσεως θα απελευθερώσει τον βραχίονα, ο οποίο επιστρέφει στη θέση εκκινήσεως. Αυτό γίνεται για να προστατεύεται ο κινητήρας, καθώς όταν συμβεί διακοπή στο κύκλωμα διεγέρσεως αναπτύσσεται μεγάλος αριθμός στροφών, γεγονός που μπορεί να οδηγήσει στη καταστροφή του κινητήρα όπως αναφέρθηκε παραπάνω.

Κατά τη διάρκεια της εκκίνησης ο κινητήρας ΣΡ τραβάει ρεύμα η τιμή του οποίου είναι έως και 30 φορές μεγαλύτερη του ονομαστικού ρεύματος λειτουργίας του κινητήρα. Η ροπή του κινητήρα που συνεχώς αναπτύσσεται μπορεί να αποβεί εξαιρετικά επικίνδυνη.

2.1.7.2 Τρόπος λειτουργίας κινητήρα ΣΡ με παράλληλη διέγερση

Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται ένας κινητήρας ΣΡ παράλληλης διέγερσης που αντιστοιχεί στο κύκλωμα που φαίνεται στο σχήμα.

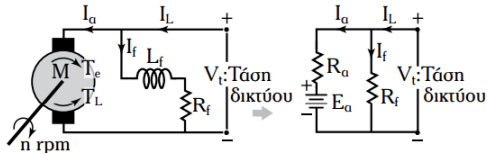
$$E_a = K * \Phi_n,$$

$$V_t = E_a + I_a * R_a,$$

$$I_L = I_a + I_f,$$

$$T = T_e = K + (= K) * \Phi I_a,$$

$$\Phi = \lambda * I_s,$$



Εικόνα 2.11 Λειτουργία κινητήρα ΣΡ με παράλληλη διέγερση

Όπου:

E_a , η αντί-ΗΕΔ του κινητήρα

K , η κατασκευαστική σταθερά του κινητήρα

Φ , η ωφέλιμη ροή ανά πόλο

n , η ταχύτητα περιστροφής του κινητήρα

V_t , η τάση τροφοδοσίας του κινητήρα

R_a , η ωμική αντίσταση των τυλιγμάτων

I_L , το ρεύμα γραμμής

I_f , το ρεύμα διεγέρσεως

T , η αναπτυσσόμενη ροπή του κινητήρα

$K_1=K$, σταθερά

T_e , η ηλεκτρομαγνητική ροπή του κινητήρα

Όταν ο κινητήρας λειτουργεί στο γραμμικό τμήμα της μαγνητικής χαρακτηριστικής του, ισχύει :

$$\Phi = \lambda * I_f$$

Στην ουσία το λ λειτουργεί ως συντελεστής αναλογίας.

2.1.7.3 Ευστάθεια λειτουργίας του κινητήρα ΣΡ με παράλληλη διέγερση

Αν υποθέσω ότι ο κινητήρας λειτουργεί με κάποιο φορτίο, στην κανονική ταχύτητα περιστροφής του, τότε σε κάποια χρονική στιγμή το φορτίο στον άξονα της μηχανής αυξάνεται ($T_{αξ} \uparrow$). Σε αυτή τη περίπτωση ο κινητήρας εμφανίζει έλλειμα ροπής στέψεως ($T_e \downarrow$), σε αντίθεση με την ανθιστάμενη ροπή ($T_r \uparrow$) του φορτίου, δηλαδή ισχύει $T_e < T_r \rightarrow T_e - T_r < 0$. Ως επί των πλείστων η ταχύτητα ροπής γίνεται μικρότερη της ονομαστικής του ροπής. Το παραπάνω έχει ως αποτέλεσμα να μειώνεται η αντι-ΗΕΔ, η οποία εξαρτάται από τον αριθμό στροφών της μηχανής. Έπειτα αυξάνονται το ρεύμα τυμπάνου και η ροπή στέψεως. Η ισορροπία αποκαθίσταται όταν ισχύει $T_e = T_r$, ενώ αυξάνονται και σε ένα μικρό ποσοστό και οι στροφές του κινητήρα. Η αντίστροφη αντίδραση παρουσιάζεται στον κινητήρα όταν μειωθεί το φορτίο στον άξονά του.

Προκειμένου να επέλθει ισορροπία μεταξύ των ροπών ο κινητήρας μειώνει την οποία απορροφά από το δίκτυο. Αν ο άξονάς του δεν συνδέεται με κάποιο φορτίο, ο κινητήρας απορροφά από το δίκτυο την ισχύ που χρειάζεται προκειμένου να εξισορροπήσει τις απώλειες πυρήνα και τις απώλειες λόγω τριβών και ανεμισμού, ενώ ταυτόχρονα η ταχύτητα περιστροφής του είναι μεγαλύτερη από την ονομαστική της τιμή.

2.1.8 Ρύθμιση ταχύτητας περιστροφής των κινητήρων ΣΡ

Η συμπεριφορά, ενός κινητήρα ΣΡ εξαρτάται από δύο χαρακτηριστικά μεγέθη, τη ταχύτητα και τη ροπή στέψεως. Στις βιομηχανικές εφαρμογές υπάρχει η απαίτηση για σταθερή ροπή για διάφορες ταχύτητες περιστροφής, όπως και σε άλλες εφαρμογές απαιτείται η ισχύς να διατηρείται σταθερή όταν γίνεται μεταβολή της ταχύτητας περιστροφής του κινητήρα.

Παρακάτω γίνεται ανάλυση των βασικών μεθόδων ρύθμισης της ταχύτητας περιστροφής των κινητήρων ΣΡ.

2.1.8.1 Μέθοδος ρυθμίσεως της ταχύτητας περιστροφής των κινητήρων ΣΡ

Αν συνδυάσουμε τις δύο παρακάτω εξισώσεις θα προκύψουν οι μέθοδοι ρυθμίσεως της ταχύτητας κινητήρα ΣΡ οι οποίοι αναλύονται στη συνέχεια.

$$E_a = K * \Phi_n,$$

και

$$V_t = E_a + I_a * R_a,$$

Η μετατροπή της τάσης V_a στα άκρα του επαγωγικού τυμπάνου.

Με αυτόν τον τρόπο μεταβάλουμε τη τάση V_a , ενώ την ίδια στιγμή οι τιμές της αντίστασης τυμπάνου και του ρεύματος διεγέρσεως διατηρούνται σταθερές. Αν τα παραπάνω συμβαίνουν τότε η ροπή παίρνει τη τιμή της.

Στο σχήμα που φαίνεται παρακάτω παρουσιάζεται η διαδικασία μετατροπής της τάσεως τυμπάνου με τη χρήση ενός ηλεκτρικού μετατροπέα, ο οποίος μετατρέπει την ισχύ συνεχούς ρεύματος με σταθερή τάση, σε ισχύ συνεχούς ρεύματος με μεταβαλλόμενη τάση.

Αυτή η μέθοδος μετατροπής τυμπάνου ισχύει τόσο για κινητήρα με ανεξάρτητη διέγερση όσο και για κινητήρα με παράλληλη διέγερση.

Όταν πραγματοποιείται αύξηση της V_a , τότε έχουμε αύξηση και του ρεύματος I_a του επαγωγικού τυμπάνου.

$$I_a \uparrow = \frac{V_a \uparrow - E_a}{R_a}$$

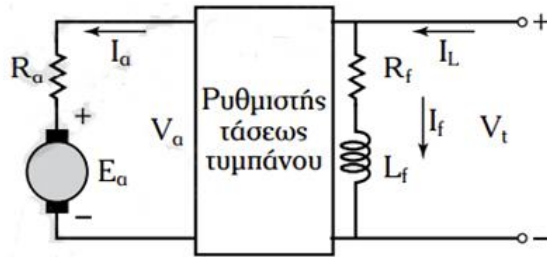
Λόγο της αύξησης του $I_a \uparrow$, έχουμε αύξηση της ροπής T :

$$T \uparrow = I \uparrow * K * \Phi$$

Οπότε ισχύει $T > T_r$, δηλαδή ο κινητήρας επιταχύνεται. Ταυτόχρονα προκαλείται αύξηση της αντι-ΗΕΔ, E_a :

$$E_a \uparrow = K * \Phi_n \uparrow$$

Η οποία προκαλεί μείωση του ρεύματος τυμπάνου και αντίστοιχα της ροπής T . αυτό έχει ως αποτέλεσμα η ροπή T να γίνεται ίση με τη ροπή T_r με μία ταχύτητα περιστροφής n , μεγαλύτερη από την αρχική.



Εικόνα 2.12 Έλεγχος τάσεως τυμπάνου για κινητήρα με ανεξάρτητη ή παράλληλη διέγερση

Μεταβολή της μαγνητικής ροής Φ

Προκειμένου να ρυθμίσουμε τη μαγνητική ροή Φ θα πρέπει να ρυθμίσουμε το ρεύμα διεγέρσεως.

Η μέθοδος ρυθμίσεως της ταχύτητας μεταβάλλοντας τη μαγνητική ροή Φ απαιτεί τη σταθερότητα της τιμής της αντιστάσεως του τυμπάνου R_a και της τάσεως τροφοδοσίας V_t .

Από τις εξισώσεις:

$$E_a = K * \Phi n,$$

$$V_t = E_a + I_a * R_a,$$

και

$$T = T_e = K * \Phi I_a,$$

προκύπτει το συμπέρασμα, ότι η σχέση ανάμεσα στη ταχύτητα περιστροφής του κινητήρα ΣΡ με παράλληλη διέγερση και της ροπής T είναι:

$$n = \frac{V_t}{K\Phi} - \frac{R_a}{R_f}$$

Γεγονός που οδηγεί και στη μείωση της μαγνητικής ροής Φ .

Έπειτα μειώνεται στιγμιαία η E_a :

$$E_a \downarrow = K * \Phi \downarrow * n,$$

Με αποτέλεσμα να αυξηθεί η τιμή του ρεύματος τυμπάνου I_a :

$$I_a \uparrow = \frac{V_a - E_a \uparrow}{R_a}$$

Με την αύξηση του I_a παρατηρείται αύξηση της ροπής T :

$$T \uparrow = I_a \uparrow * K * \Phi,$$

καθώς το ποσοστό αυξήσεως του ρεύματος τυμπάνου είναι μεγαλύτερο από το ποσοστό της μαγνητικής ροής που έχει μειωθεί. Όταν έχουμε αύξηση της ροπής T τότε ισχύει ότι $T > T_r$, ενώ η ταχύτητα περιστροφής αυξάνεται.

Αλλαγή της αντιστάσεως του τυλιγματος τυμπάνου R_a

Αυτή η μέθοδος ρυθμίσεως της ταχύτητας περιστροφής πραγματοποιείται κυρίως σε κινητήρες ΣΡ με παράλληλη διέγερση και τόσο η τάση τροφοδοσίας τους όσο και το ρεύμα διεγέρσεως τους διατηρούνται σταθερά στις ονομαστικές τους τιμές. Η ταχύτητα περιστροφής προσαρμόζεται στην επιθυμητή τιμή όταν συνδεθεί σε σειρά με το επαγωγικό φορτίο μία κατάλληλη αντίσταση R_L :

Αν συνδυάσουμε τις εξισώσεις:

$$E_a = K * \Phi_n,$$

$$V_t = E_a + I_a * R_a,$$

και

$$T = T_e = K + (= K) * \Phi * I_a,$$

Προκύπτει η εξίσωση:

$$T = \frac{K * \Phi * V_t}{R_a + R_L} - \frac{K^2 * \Phi^2}{R_a + R_L} * n$$

Αφού ξέρω ότι Φ και V_t σταθερά τότε έχω ότι:

$$T = \frac{K}{R_a + R_L} - \frac{K}{R_a + R_L} * n$$

Η ρύθμιση της ταχύτητας περιστροφής ενός κινητήρα ΣΡ με παράλληλη διέγερση, μεταβάλλοντας τη τιμή R_L , ενώ είναι απλή δεν είναι και τόσο αποτελεσματική, καθώς δημιουργούνται μεγάλες απώλειες joule.

Συνδυασμός της μεθόδου μεταβολής της τάσεως στα άκρα του επαγωγικού τυμπάνου με τη μέθοδο μεταβολής της ροής εγέρσεως Φ .

Γενικά ισχύει ότι όταν ένας κινητήρας ΣΡ λειτουργεί στα ονομαστικά του μεγέθη, τότε ο κινητήρας θα περιστρέφεται με τη ονομαστική του ταχύτητα.

Στη μέθοδο ρυθμίσεως της ταχύτητας περιστροφής μεταβάλλοντας τη ροή διεγέρσεως Φ , ισχύει ότι όσο μικρότερη είναι η τιμή του ρεύματος διεγέρσεως, τόσο μεγαλύτερη είναι η ταχύτητα περιστροφής και αντίστροφα. Αυτό οφείλετε στην αύξηση της τιμής του ρεύματος διεγέρσεως η οποία επιφέρει μείωση της ταχύτητας περιστροφής και η οποία ανταποκρίνεται στη μέγιστη τιμή του ρεύματος διεγέρσεως, στοιχείο το οποίο δίνεται στις τεχνικές περιγραφές του κινητήρα.

Στη μέθοδο αυτή ρυθμίσεως της ταχύτητας περιστροφής μέσω της αύξησης της τάσεως στα άκρα του επαγωγικού τυμπάνου προκαλείται αύξηση της ταχύτητας περιστροφής, σε αυτή τη περίπτωση υπάρχει ένα μέγιστο όριο της τιμής της ταχύτητας περιστροφής, η οποία αντιστοιχεί στην ονομαστική τιμή της τάσεως στα άκρα του επαγωγικού τυμπάνου.

Αυτό ο τρόπος ρύθμισης της ταχύτητας χρησιμοποιείται για να επιτύχουμε τιμές στη ταχύτητα μεγαλύτερες από την αντίστοιχη ονομαστική. Όμως δεν γίνεται να χρησιμοποιηθεί για να επιτύχουμε τιμές μικρότερες της ονομαστικής, καθώς σε εκείνη τη περίπτωση η τιμή του ρεύματος διεγέρσεως θα ξεπεράσει την αντίστοιχη μέγιστη τιμή της.

Οι δύο τρόποι ρυθμίσεως της ταχύτητας περιστροφής λειτουργούν συμπληρωματικά:

1) η μεταβολή της τάσεως στα άκρα του επαγωγικού τυμπάνου για τιμές της ταχύτητας περιστροφής μικρότερες της αντίστοιχης ονομαστικής, ενώ

2) η μεταβολή του ρεύματος διεγέρσεως εφαρμόζεται για τιμές της ταχύτητας μεγαλύτερες της αντίστοιχης ονομαστικής.

2.1.9 Βλάβες αιτίες και επισκευές μηχανών ΣΡ

Στον παρακάτω πίνακα οι πιθανές βλάβες που μπορεί να προκύψουν σε έναν κινητήρα ΣΡ, οι αιτίες και οι τρόποι επισκευής τους.

1	Σπινθηρισμός των ψηκτρών κατά τη διάρκεια της φόρτισης.	Ρύπανση ή ανωμαλίες στην επιφάνεια του συλλέκτη.	Καθαρισμός ή λείανση.
		Λάθος θέση ψηκτρών.	Διόρθωση (μετάθεση) ψηκτρών.
		Μεγάλη εκκεντρότητα στον συλλέκτη.	Τορνάρισμα.
		Η μίκα βρίσκεται ψηλά (<0,8 mm) ή προεξέχει.	Τοποθέτηση της μίκας σε βάθος περίπου 0,8 mm κάτω από την επιφάνεια του συλλέκτη.
		Μικρή πίεση ψηκτρών .	Αύξηση της πίεσης (στα 180-220 p/cm ²). Ερώτηση στον κατασκευαστή. Ελατήρια.
		Φθορά ψηκτρών .	Αντικατάσταση με καινούριες του ίδιου υλικού.
		Μη επιθυμητή ποιότητα ψηκτρών.	Ερώτηση στον κατασκευαστή για αλλαγή ποιότητας.
		Κραδασμοί των ψηκτρών (μη ομαλή περιστροφή).	Έλεγχος κεντραρίσματος δρομέα. Ευθυγράμμιση με κομπλέρ. Ζυγοστάθμιση δρομέα.
		Βραχυκύκλωμα στο πηνίο του βοηθητικού ή αντισταθμιστικού πόλου.	Επισκευή ή αλλαγή πηνίου.
		Υπερφόρτιση .	Ελάττωση φορτίου, έλεγχος φορτίων.
		Υπέρβαση του ορίου ταχύτητας.	Έλεγχος αριθμού φορτίων
		Χαλασμένο ρουλεμάν.	Αλλαγή ρουλεμάν.
		Βραχυκύκλωμα τομέων ή πηνίου τυλίγματος.	Επισκευή σε εξειδικευμένο συνεργείο.
		Αποσύνδεση ή σπάσιμο της σύνδεσης.	Επισκευή από ειδικό ο οποίο διαθέτει την απαιτούμενη εμπειρία.
2	Υπερθέρμανση μηχανής	Υπερφόρτιση για μεγαλύτερο	Έλεγχος μεταβολής

		χρονικό διάστημα.	φορτίου και σε περίπτωση που υπάρξει ανάγκη μετατόπιση φορτίων σε άλλες ώρες ή μείωση φορτίου.
		Κακή λίπανση.	Πρόσθεση πολύ ή λίγου γράσου στα ρουλεμάν.
		Μεγάλη αξονική καταπόνηση.	Ελάττωση της συσφίξεως.
3	Υπερθέρμανση εδράνων.	Υπερβολική τριβή η οποία προκαλεί διάφορες κακώσεις.	Ακουστικός έλεγχος κατά το σταμάτημα της μηχανής.
		Κακή λίπανση.	Προσθήκη γράσου στα ρουλεμάν.
		Μεγάλη αξονική καταπόνηση.	Ελάττωση της συσφίξεως.
4	Ο κινητήρας δεν ξεκινά ούτε χωρίς φορτίο	Το κύκλωμα τροφοδοσίας έχει διακοπεί	Έλεγχος γραμμών συνδέσεων (βίδες, συγκολλήσεις διακοπών, γεννήτριας-δικτύου ασφαλειών, θερμικών, ρελέ υπερεντάσεως κ.λπ.)
		Ο εκκινητής δεν λειτουργεί	Έλεγχος για διακοπή ή λανθασμένη σύνδεση. Έλεγχος επαφών-συνδέσεων εκκινητή.
		Οι ψήκτρες δεν κάνουν επαφή	Έλεγχος ψηκτρών
		Διακοπή στο κύκλωμα.	Έλεγχος τυλιγμάτων διεγέρσεως και ρυθμιστικής αντιστάσεως.
		Διακοπή ή βραχυκύκλωμα δρομέα.	Έλεγχος και επισκευή από εξειδικευμένο προσωπικό.
		Μπλοκάρισμα δρομέα.	Έλεγχος κεντραρίσματος εδράνων κινητήρα ή φορτίων.
		Χαμηλή τάση δικτύου.	Μέτρηση τάσεως και ρύθμιση.
5	Ο κινητήρας ξεκινά με δυσκολία	Το ρεύμα διεγέρσεως είναι μικρό.	Μέτρηση και ρύθμιση ρεύματος διεγέρσεως έλεγχος της ρυθμιστικής αντιστάσεως η οποία τοποθετείται σε σειρά με το τύλιγμα διεγέρσεως.
		Το τύλιγμα διεγέρσεως συνδέθηκε λάθος.	Έλεγχος της πολικότητας συνδέσεως του τυλίγματος διεγέρσεως.
6	Ο κινητήρας ξεκινά	Διακοπή τμήματος της	Μέτρηση της

	απότομα	αντιστάσεως εκκινήσεως.	αντιστάσεως, αποκατάσταση της βλάβης.
		Η αντίσταση εκκινήσεως βρέθηκε μικρή.	Αύξηση της αντιστάσεως εκκινήσεως κατόπιν συνεννοήσεως με τον κατασκευαστή.
		Λάθος στη σύνδεση της αντιστάσεως εκκινήσεως.	Σωστή σύνδεση σύμφωνα με το σχέδιο.
		Βραχυκύκλωμα στο τύλιγμα δρομέα.	Μέτρηση αντιστάσεως τυλίγματος. Επισκευή από ειδικό.
		Βραχυκύκλωμα τομέων συλλέκτη.	Έλεγχος συλλέκτη, αποκατάσταση βραχυκυκλώματος.
7	Ο κινητήρας στρέφεται με χαμηλή ταχύτητα.	Υπερφόρτωση.	Έλεγχος εδράνων φορτίου (γενικά όπου υπάρχει τριβή).
		Χαμηλή τάση.	Μέτρηση τάσεως.
		Παρέμεινε <<εντός>> (σε σειρά με το τύλιγμα τυμπάνου) ένα μέρος του εκκινητή.	Έλεγχος στο κύκλωμα αυτοματισμού της αντιστάσεως εκκινήσεως.
		Οι ψήκτρες δεν είναι στην ουδέτερη ζώνη.	Έλεγχος, μετατόπιση ψηκτρών.

Πίνακας 2.1 Τα αίτια βλαβών και οι τρόποι επιδιόρθωσης κινητήρων ΣΡ

2.1.10 Κινητήρες συνεχούς ρεύματος

Τους συγκεκριμένους κινητήρες μπορεί να τους βρει κάποιος σε διάφορες μορφές και χαρακτηριστικά. Η συνδεσμολογία τους είναι εξαιρετικά απλή. Το μόνο που χρειάζονται είναι δύο καλώδια, ένα για την πηγή και ένα για τη γείωση. Ανάλογα με το πώς θα συνδεθούν θα οριστεί και η τελική στρέψη που θα δίνουν. Προφανώς με μια δοκιμή μπορεί κανείς να βρει την επιθυμητή φορά, ενώ δεν διατρέχει ο κινητήρας κίνδυνο να καταστραφεί λόγω λάθους συνδεσμολογίας.



Εικόνα 2.13 Κινητήρας DC HQ - 12 RPM 12V

2.2 Φωτοβολταϊκά και μπαταρίες

2.2.1 Υλικά φωτοβολταϊκού και τρόπος λειτουργίας τους

Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία αποτελούνται από ημιαγωγούς. Οι ημιαγωγοί είναι σώματα με ενδιάμεση ηλεκτρική αγωγιμότητα και βρίσκονται στους αγωγούς και τους μονωτές. Οι πιο γνωστοί ημιαγωγοί είναι τετρασθενή στοιχεία, όπως το πυρίτιο και το γερμάνιο, χημικές ενώσεις όπως θειούχο κάδμιο και το αρσενικόχο γάλλιο. Ο αγωγός που έχει τη μεγαλύτερη χρήση είναι το πυρίτιο το οποίο χρησιμοποιείτε τόσο στα ηλιακά στοιχεία όσο και σε άλλες ηλεκτρονικές εφαρμογές. Το κάθε άτομο πυριτίου είναι ενωμένο με 4 γειτονικά άτομα και ο κάθε χημικός δεσμός αποτελείται από 2 ηλεκτρόνια. Αυτό σημαίνει ότι, όλα τα ηλεκτρόνια σθένους των ατόμων είναι απασχολημένα στους δεσμούς, γεγονός που οδηγεί στο να μην υπάρχουν ελεύθεροι φορείς του ηλεκτρικού ρεύματος και το σώμα να μην διαθέτει ηλεκτρική αγωγιμότητα. Το παραπάνω όμως ισχύει στην υποθετική περίπτωση όπου ο αγωγός βρίσκεται στη θεμελιώδη ενεργειακή κατάσταση, δηλαδή είναι ενεργειακά υποβαθμισμένος.

Στην περίπτωση όμως, που οι ημιαγωγοί απορροφήσουν ενέργεια υπό τη μορφή θερμότητας ή ακτινοβολίας, τα ελεύθερα ηλεκτρόνια που θα προκύψουν θα δώσουν στο ημιαγωγό ηλεκτρική αγωγιμότητα. Ποιο συγκεκριμένα στη μέση θερμοκρασία περιβάλλοντος, η θερμική ενέργεια που παρέχεται στο σώμα και κατανέμεται στα άτομα του προκαλεί την ελευθέρωση πολλών ηλεκτρονίων από τους δεσμούς, κατά τη διάρκεια της συνεχούς ανακατανομής της θερμικής ενέργειας, μπορεί να ελευθερωθεί από ένα 13 ηλεκτρόνιο σθένους σε μμερικούς από τους δεσμούς του σώματος. Τα ελεύθερα πλέον ηλεκτρόνια χάρη στη κινητική ενέργεια που απέκτησαν από τη θερμότητα μπορούν και απομακρύνονται από την περιοχή του δεσμού τους και μετατρέπονται σε φορείς ηλεκτρισμού, έτσι ο ημιαγωγός αποκτά ηλεκτρική αγωγιμότητα.

Το πλήθος των ελεύθερων ηλεκτρονίων και κατά συνέπεια των διασπασμένων δεσμών των σωμάτων, είναι ένα μικρό ποσοστό του συνόλου των δεσμών των ατόμων τους. Αυτό σημαίνει ότι η αποδυνάμωση, ενός σχετικά μικρού πλήθους δεσμών στα υπό μελέτη σώματα, δεν συνεπάγεται την απώλεια της συνοχής των ατόμων τους και την κατάρρευση του κρυσταλλικού πλέγματος.

Για το χρονικό διάστημα κατά το οποίο τα ηλεκτρόνια διατηρούν την αυξημένη τους ενέργεια, τα ελεύθερα ηλεκτρόνια περιφέρονται άτακτα στο σώμα, ανάμεσα από τα άτομα και τους δεσμούς, ενώ όταν η ενέργεια που αρχικά είχαν απορροφήσει, μειωθεί ως ένα συγκεκριμένο βαθμό πάνε στην κενή θέση κάποιου ατελούς δεσμού σταματώντας με αυτό τον τρόπο να είναι ελεύθερα. Στην ουσία οι κενές ηλεκτρονικές θέσεις των χημικών δεσμών λειτουργούν σαν παγίδες δέσμευσης για τα ελεύθερα ηλεκτρόνια υπό συγκεκριμένες συνθήκες. Στη περίπτωση που δεν υπάρχουν ελεύθερα ηλεκτρόνια στην περιοχή του δεσμού, δεν σημαίνει ότι η κενή θέση μένει αμετακίνητη, διότι είναι ενεργειακά αδιάφορο σε ποιο δεσμό βρίσκεται μια κενή θέση ηλεκτρονίου. Έτσι προκύπτει ότι ένα ηλεκτρόνιο σθένους είναι εφικτό να έρθει από ένα γειτονικό πλήρη δεσμό και να κάνει κατάληψη στη κενή θέση, με τη ταυτόχρονη δημιουργία μιας κενής θέσης στον δεσμό που κατείχε προηγουμένως, κλπ. Αυτός ο μηχανισμός μετακίνησης της κενής θέσης μπορεί να επαναλαμβάνεται έως ότου κάποια στιγμή να παγιδέψει ένα ελεύθερο ηλεκτρόνιο και η κενή θέση να πάψει να υφίσταται.

Οι κενές θέσεις των δεσμών ονομάζονται οπές. Οι οπές διαγράφουν μια άτακτη κίνηση στο σώμα, από τον ένα δεσμό στον άλλο, αφού είναι εντελώς τυχαίο από ποια πλευρά θα έρθει το γειτονικό ηλεκτρόνιο σθένους προκειμένου να συμπληρώσει τον ατελή δεσμό. Όταν όμως εμφανιστεί ένα εξωτερικό ηλεκτρικό πεδίο, είναι πιο πιθανό ότι το ηλεκτρόνιο θα προσελκυστεί από τη πλευρά που θα ευνοηθεί από το πεδίο.

Συνοπτικότερα, στους ημιαγωγούς εμφανίζονται δύο ανταγωνιστικοί μηχανισμοί, που επηρεάζουν τον μηχανισμό των φορέων και είναι οι εξής:

1. η ελευθέρωση ηλεκτρονίων από τους δεσμούς, με ταυτόχρονη δημιουργία οπών
2. η δέσμευση ελεύθερων ηλεκτρονίων στις οπές, που συνεπάγεται την ταυτόχρονη εξαφάνιση και των δύο.

Σε συνθήκες σταθερής ενεργειακής κατάστασης από οποιαδήποτε μορφή ενέργειας, γίνεται τελικά αποκατάσταση ισορροπίας και το πλήθος των ηλεκτρονίων που ελευθερώνονται ανά μονάδα όγκου και χρόνου ισούται με το πλήθος των ελεύθερων ηλεκτρονίων που παγιδεύονται στις οπές. Έτσι σε σταθερή θερμοκρασία η ακτινοβολία, η συγκέντρωση των ελεύθερων ηλεκτρονίων ή των 14 οπών ενός ημιαγωγού παραμένει σταθερή και είναι χαρακτηριστική για το υλικό και τη θερμοκρασία. Όσο ασθενέστεροι είναι οι δεσμοί στο υλικό και όσο υψηλότερη είναι η θερμοκρασία του ή εντονότερη η ακτινοβολία, τόσο ποιο αυξημένη θα είναι η συγκέντρωση των φορέων του.

2.2.1.1 Δημιουργία ενέργειας

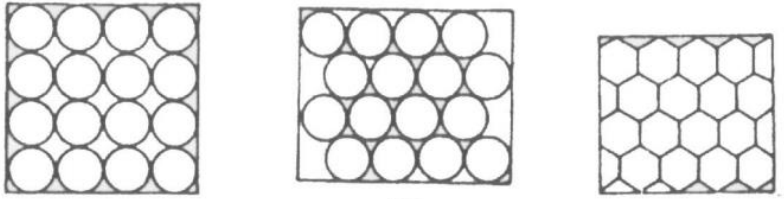
Η παραγωγή ενέργειας μέσω της χρήσης των φωτοβολταϊκών στοιχείων βασίζεται στην εκμετάλλευση του φωτοβολταϊκού φαινομένου. Φωτοβολταϊκό φαινόμενο ονομάζεται η εμφάνιση διαφοράς δυναμικού ανάμεσα στις δύο όψεις της διόδου, η οποία αντιστοιχεί σε ορθή πόλωση. Εκτός από τις προσμίξεις των τμημάτων p και n μιας ομοένωσης, δηλαδή υλικού που προέρχεται από τον ίδιο βασικό ημιαγωγό, το ενσωματωμένο ηλεκτροστατικό πεδίο, που είναι απαραίτητη προϋπόθεση για τη πραγματοποίηση ενός ηλιακού στοιχείου αλλά και κάθε φωτοβολταϊκής διάταξης, μπορεί να προέρχεται ακόμη και από διόδους άλλων ειδών. Για παράδειγμα από διόδους ετεροενώσεων p – n διαφορετικών ημιαγωγών ή από διόδους Σότκυ, που σχηματίζονται όταν έρθουν σε επαφή ένας ημιαγωγός με ένα μέταλλο.

2.2.1.2 Απορρόφηση ακτινοβολίας

Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία δεν έχουν τη δυνατότητα να μετατρέψουν όλη την ηλιακή ακτινοβολία που δέχονται στην επιφάνειά τους σε ηλεκτρική ενέργεια. Ένα μέρος από την συνολική ακτινοβολία που δέχονται ανακλάται στην επιφάνεια του στοιχείου και διαχέεται στο περιβάλλον. Από την ακτινοβολία που διεισδύει στον ημιαγωγό, απορροφάτε μόνο το μέρος που αποτελείται από φωτόνια με ενέργεια ίση με το ενεργειακό διάκενο του ημιαγωγού, συμβάλλοντας στην εκδήλωση του φωτοβολταϊκού φαινομένου. Για τα φωτόνια με ενέργεια μικρότερη από το ενεργειακό διάκενο του ημιαγωγού, ο ημιαγωγός συμπεριφέρεται σαν διαφανές σώμα, έτσι η αντίστοιχη ακτινοβολία διαπερνά άθικτη το ημιαγωγίμο υλικό του στοιχείου και απορροφάτε τελικά στο μεταλλικό ηλεκτρόδιο που καλύπτει την πίσω όψη του, με αποτέλεσμα εκείνο να θερμαίνεται. Το υπόλοιπο μεταφέρεται σε μορφή κινητικής ενέργειας, στο ηλεκτρόνιο που ελευθερώθηκε από τον δεσμό και τελικά μετατρέπεται επίσης σε θερμότητα. Η αύξηση της θερμοκρασίας των φωτοβολταϊκών στοιχείων μειώνει την απόδοση τους.

2.2.1.3 Πλαίσιο, πανέλα και συστοιχίες Φ/Β συστημάτων

Το βασικό και χαρακτηριστικό συστατικό κάθε φ/β εγκατάστασης είναι η φ/β γεννήτρια, που αποτελείται από τους ηλιακούς συλλέκτες και τα φ/β/ ηλιακά στοιχεία. Η τάση και η ισχύος των φ/β στοιχείων είναι πολύ μικρή για να ανταποκριθεί στην τροφοδότηση των συνηθισμένων ηλεκτρικών καταναλώσεων ή για τη φόρτιση των συσσωρευτών. Για τον λόγο αυτό, φ/β/ στοιχεία συνδέονται σε σειρά, σε ομάδες κατάλληλου πλήθους για την απόκτηση της επιθυμητής τάσης.



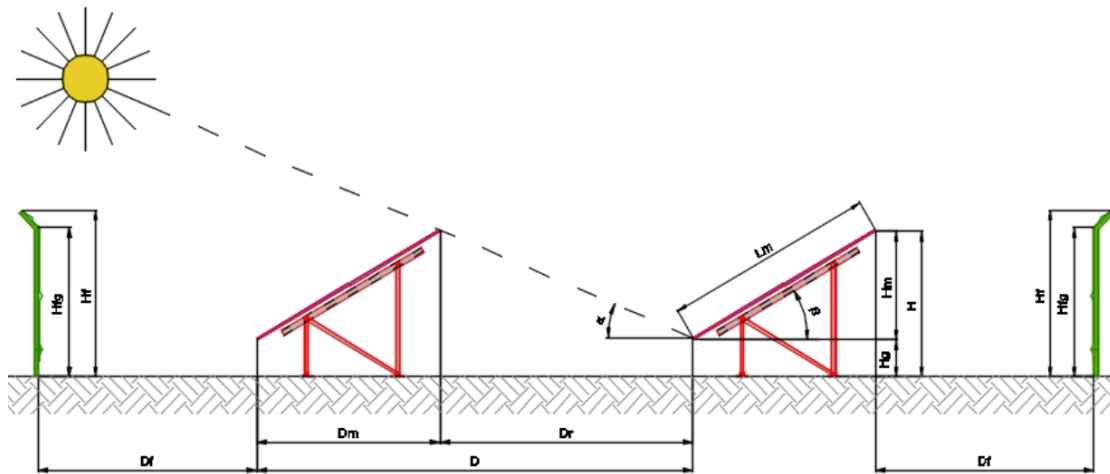
Εικόνα 2.14 Τρόποι παράθεσης ηλιακών στοιχείων στα Φ/Β πλαίσια

Κατασκευή πλαισίων : η πλάτη ενός πλαισίου κατασκευάζεται από ένα ανθεκτικό φύλλο μετάλλου (συνήθως αλουμίνιο) ή από ενισχυμένο πλαστικό τα ηλιακά στοιχεία, ενώ η εμπρός όψη τους καλύπτεται από ένα προστατευτικό φύλλο γυαλιού ή διαφανούς πλαστικού. Για τη στεγανή συγκράτηση του εμπρόσθιου και οπίσθιου τμήματος του πλαισίου χρησιμοποιείται ταινία από συνθετικό ή φυσικό ελαστικό και συσφίγγονται με ένα περιμετρικό μεταλλικό περίβλημα. Με αυτό το τρόπο διαμορφώνεται το φ/β πλαίσιο (module), που είναι η δομική μονάδα που κατασκευάζεται βιομηχανικά για τη συγκρότηση των φ/β γεννητριών. Λόγω των υλικών και εργασιών που απαιτούνται για την κατασκευή του, το κόστος των φ/β πλαισίων είναι σημαντικά μεγαλύτερο από το κόστος των ηλιακών στοιχείων που περικλείουν. Πριν τα φ/β πλαίσια βγουν για χρήση, υποβάλλονται σε μια σειρά από δοκιμές ποιοτικού ελέγχου με θερμικές και μηχανικές καταπονήσεις καθώς και σε δοκιμασία 5ήμερης συνεχούς παραμονής σε ατμόσφαιρα με σχετική υγρασίας 95% και θερμοκρασίας 95°C, προκειμένου να πιστοποιηθεί η στεγανότητά τους.

Κατασκευή φ/β πανέλου (panel): όπως και το πλαίσιο έτσι και το πανέλο, έχει επίσης προκατασκευαστεί και συναρμολογηθεί στο εργοστάσιο και είναι έτοιμο προς τοποθέτηση στην εγκατάσταση, με τη διαφορά ότι ένα πανέλο μπορεί να απαρτίζεται από περισσότερα χωριστά πλαίσια (το ένα δίπλα στο άλλο), που είναι σε κοινή συσκευασία και κοινή ηλεκτρική σύνδεση μεταξύ τους. το πλήθος των πλαισίων ενός πανέλου είναι τέτοιος, ώστε οι διατάξεις και το βάρος του να μην αποτελεί εμπόδιο για την μεταφορά και την τοποθέτηση του στην εγκατάσταση. Προκειμένου να αυξάνεται η αξιοπιστία ενός φ/β συστήματος, είναι απαραίτητο οι συνδέσεις των φ/β στοιχείων μέσα στα πλαίσια, αλλά και στα πανέλα ή ανάμεσα στα γειτονικά πλαίσια και πανέλα, να μην είναι μόνο εν σειρά αλλά και παράλληλες. Με αυτόν τον τρόπο αν ένα φ/β στοιχείο σκιαστεί ή πάθει βλάβη, δεν θα μηδενιστεί η ισχύς που παράγει το σύστημα, όπως θα πρόκυπτε στη περίπτωση που όλα τα φ/β στοιχεία ήταν συνδεδεμένα σε σειρά. Μία μικρή φωτοβολταϊκή εγκατάσταση μπορεί να αποτελείται από ένα πλαίσιο ή πανέλο, εγκαταστάσεις όμως μεγαλύτερου βελινεκούς τοποθετούνται περισσότερα από ένα πανέλα σε μία κοινή κατασκευή που ονομάζονται φωτοβολταϊκές συστοιχίες. Η σύνδεση των πλαισίων (σε σειρά ή παράλληλα) σε μία συστοιχία είναι πάντα τέτοια ώστε να προκύπτει η επιθυμητή τιμή τάσης εξόδου. Παρόλα αυτά γίνεται σαφές ότι η διαφορετική συνδεσμολογία των πλαισίων μιας φ/β γεννήτριας δεν μεταβάλλει και την ισχύ της, αφού η οποία αύξηση της τάσης εξόδου της γεννήτριας συνεπάγεται ανάλογη μείωση της έντασης του ρεύματος που παράγει. Ο αριθμός των πανέλων τα οποία θα τοποθετηθούν παράλληλα και σε σειρά εξαρτάτε από την ηλεκτρική ενέργεια που επιδιώκουμε να λάβουμε. Ο τρόπος με τον οποίο τοποθετούνται τα φ/β σε μία εγκατάσταση επιτρέπει την προσθήκη νέων συλλεκτών, για την αντιμετώπιση των ηλεκτρικών αναγκών που ενδεχόμενος να προκύψουν μελλοντικά.

Φυσικά τα πανέλα είτε μόνα τους είτε σε συστοιχίες είναι πάντα τοποθετημένα με τρόπο που να μην επισκιάζει το ένα το άλλο. Επίσης θα πρέπει να σημειωθεί ότι τα πανέλα δε θα πρέπει να έχουν αντικείμενα ψηλότερα από αυτά σε μία συγκεκριμένη από στάση καθώς αυτό έχει ως συνέπεια επίσης την επισκίαση των πανέλων. Γι αυτό το λόγο ποτέ δε θα δούμε φωτοβολταϊκές

συστοιχίες μέσα σε δάσος, τα φωτοβολταϊκά είναι συνήθως σε πεδιάδες ή ταράτσες καθώς αποτελούν ανοιχτούς χώρους και συνήθως δεν υπάρχουν τριγύρω ψηλότερα αντικείμενα τα οποία να δημιουργούν σκιά στα φωτοβολταϊκά.



Εικόνα 2.15 Προσδιορισμός απόστασης μεταξύ Φ/Β πλαισίων

2.2.1.4 Η απόδοση φωτοβολταϊκών

Το κάθε φ/β πλαίσιο εμφανίζει τα δικά του ηλεκτρικά χαρακτηριστικά (απόδοση, τάση, ισχύ, κ.λ.π.) τα οποία διαμορφώνονται από τα αντίστοιχα μεγέθη των χωριστών ηλιακών στοιχείων που περιέχει, από τα υλικά κατασκευής των φωτοβολταϊκών όπως και την ηλικία τους. Για να βρούμε την απόδοση ενός φ/β χρειάζεται απλώς να διαιρέσουμε την ισχύ που αποδίδει ένα φωτοβολταϊκό προς την ισχύ που λαμβάνει από τον ήλιο. Το πρόβλημα φυσικά είναι ότι η απόδοση του φωτοβολταϊκού αλλάζει σύμφωνα με την ένταση της ακτινοβολίας καθώς και από τη θερμοκρασία λειτουργίας του φωτοβολταϊκού. Γι' αυτό προκειμένου να μπορούμε να επιλέξουμε ορθά το φωτοβολταϊκό που χρειαζόμαστε σύμφωνα με τις απαιτήσεις της εγκατάστασής μας οι κατασκευαστές εκτελούν τα τεστ υπό κάποιες συγκεκριμένες συνθήκες.

2.2.1.5 Επίδραση της θερμοκρασίας και της ρύπανσης

Η θερμοκρασία αποτελεί ένας σημαντικός παράγοντα επίδρασης στην απόδοση των φ/β. Ο συντελεστής απόδοσης που δίνεται για τα ηλιακά στοιχεία ή για τα φ/β πλαίσια αντιστοιχεί σε μια σταθερή θερμοκρασία των 25°C που συχνά, ιδίως κατά τους θερινούς μήνες, διαφέρει από λίγο έως και υπερβολικά πολύ, από την πραγματική θερμοκρασία του στοιχείου. Έχει μετρηθεί ότι (κυρίως) λόγω της ηλιακής ακτινοβολίας που δέχονται, αλλά και λόγω των ηλεκτρικών απωλειών που πραγματοποιούνται πάνω στις αντιστάσεις σειράς, τα ηλιακά στοιχεία αποκτούν κατά τη λειτουργία τους θεοκρασία μεγαλύτερη από τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος. Ένας άλλος παράγοντας που μπορεί να μειώσει αισθητά την ηλεκτροπαραγωγή των φ/β πλαισίων, ιδίως όταν έχουν μικρή κλίση, είναι η επικάλυψη σκόνης στην επιφάνειά τους, νιφάδων χιονιού κατά τους χειμερινούς μήνες, εντόμων όπως ακαθαρσιών από πουλιά. Η μείωση της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας γίνεται πιο εμφανής σε αστικές και βιομηχανικές περιοχές λόγω της συσσώρευσης αιθάλης που αιωρείται στην ατμόσφαιρα και προσκολλάται στη γυάλινη ή πλαστική επιφάνεια των φ/β πλαισίων, χωρίς να είναι εφικτό η βροχή να τη ξεπλύνει στο μέγιστο βαθμό. Σε αυτές τις περιπτώσεις είναι απαραίτητο να πραγματοποιείται περιοδικός καθαρισμός της επιφάνειας των φ/β πλαισίων. Μια καλή λύση στα παραπάνω προβλήματα αποτελεί και η αύξηση της κλίσης των πλαισίων για την αποφυγή συσσώρευσης χιονιού και σκόνης. Όταν η φ/β γεννήτρια βρίσκεται σε περιοχή όπου ο βαθμός ρύπανσης είναι σημαντικός, είναι επιθυμητό να προβλέπεται στους υπολογισμούς η αντίστοιχη μείωση της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας

από τα φ/β πλαίσια, με τη χρησιμοποίηση ενός αδιάστατου συντελεστή καθαρότητας (σ), ο οποίος ορίζεται ως ο λόγος της ηλεκτρικής ισχύος που παράγει το ρυπασμένο φ/β πλαίσιο προς την ηλεκτρική ισχύ που παράγει όταν η επιφάνεια του είναι εντελώς καθαρή. Η τιμή του σ είναι ανάλογη με το ποσοστό ρύπανσης της κάθε περιοχής, δηλαδή όσο εντονότερη είναι η ρύπανση του περιβάλλοντος σε μία περιοχή τόσο μικρότερος από τη μονάδα είναι ο σ . Ο συντελεστής καθαρότητας βασίζεται και σε άλλους παράγοντες όπως είναι η κλίση του φ/β πλαισίου, οι βροχές σε μία περιοχή, κ.λ.π.

2.2.1.6 Φωτοβολταϊκή ενέργεια

Η ηλιακή ενέργεια μετατρέπεται σε ηλεκτρική ενέργεια χρησιμοποιώντας τα φωτοβολταϊκά ή ηλιακά κύτταρα. Τα φωτοβολταϊκά κύτταρα (PV) είναι συσκευές ημιαγωγών, συνήθως φτιαγμένες από πυρίτιο, οι οποίες δεν περιέχουν κανένα υγρό στοιχείο, διαβρωτική χημική ουσία ή κινούμενο τμήμα. Το γεγονός ότι παράγουν ηλεκτρική ενέργεια με τη χρήση του φωτός, απαιτούν λίγη συντήρηση, δεν μολύνουν (ως επί των πλείστων) και λειτουργούν σιωπηλά, κάνουν τη φωτοβολταϊκή ενέργεια μία από την καθαρότερη και ασφαλέστερη μέθοδο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

Το πυρίτιο, το δεύτερο στοιχείο που βρίσκουμε αφθονότερο στον φλοιό της γης, αποτελεί το ίδιο υλικό ημιαγωγών που χρησιμοποιείται και στους υπολογιστές. Όταν το πυρίτιο συνδυάζεται με ένα ή περισσότερα υλικά, εμφανίζει ηλεκτρικές ιδιότητες στο φως του ηλίου. Τα ηλεκτρόνια που διεγείρονται από το φως, κινούνται μέσω του πυριτίου. Αυτό είναι γνωστό ως φωτοβολταϊκή επίδραση και οδηγεί στην παραγωγή συνεχούς ηλεκτρικής ενέργειας (DC). Η μέση διάρκεια ζωής των Φ/Β πλαισίων κυμαίνεται μεταξύ 20 - 30 ετών. Η Φ/Β ενέργεια είναι μια από τις πιο πολλά υποσχόμενες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας στον κόσμο. Αντίθετα από τον άνθρακα, το φυσικό αέριο, το πετρέλαιο, κ.λ.π. τα πλεονεκτήματα που προσφέρει αυτή η αιώνια πηγή ενέργειας είναι σαφή: είναι αρκετά μη ρυπογόνο σε σχέση με άλλους τρόπους, δε χρειάζεται υποβοήθηση από μηχανές, και δεν απαιτεί κάποια σημαντική συντήρηση. Ένα πολύ σημαντικό χαρακτηριστικό της φωτοβολταϊκής ηλεκτρικής παραγωγής είναι ότι δεν απαιτούνται εγκαταστάσεις μεγάλης κλίμακας για να λειτουργήσει, σε αντίθεση με τους κοινούς σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Τα Φ/Β συστήματα μπορούν να εγκατασταθούν σε ταράτσες σπιτιών, επιχειρήσεων ή σχολείων, και να παράγουν ισχύ ήσυχα και ακίνδυνα. Ένα βασικό μειονέκτημα ενός φωτοβολταϊκού συστήματος είναι ότι, σε αντίθεση με πολλά άλλα συστήματα μετατροπής, η τροφοδοσία του (ηλιακή ακτινοβολία) δεν είναι σταθερή, αλλά αυξομειώνεται μεταξύ μιας μέγιστης και της μηδενικής τιμής, ακολουθώντας συχνά απότομες διακυμάνσεις.

2.2.1.7 Ηλιακή γεωμετρία

Ο σημαντικότερος παράγοντας που διαμορφώνει την ισχύ της ηλιακής ακτινοβολίας είναι η θέση του ήλιου σε σχέση με το σημείο της γης που δέχεται την ακτινοβολία. Κατά τη διάρκεια μιας χρονιάς, η θέση του ήλιου αλλάζει το πολύ 33 διαφορετικές τιμές, σαν αποτέλεσμα της μεταβολής της κλίσης της γης, δηλαδή της γωνίας που σχηματίζεται ανάμεσα στην νοτιή ευθεία που ενώνει το κέντρο της γης με το κέντρο του ήλιου, και το επίπεδο του ισημερινού. Οι τιμές της απόκλισης του ήλιου είναι θετικές για το βόρειο ημισφαίριο και αρνητικές για το νότιο.

Ιδιαίτερα χρήσιμα μεγέθη τα οποία βοηθούν στη γενική εκτίμηση της καθημερινής και της εποχιακής διακύμανσης της ακτινοβολίας σε ένα τόπο αποτελούν, η θεωρητική ηλιοφάνεια, δηλαδή το χρονικό διάστημα από την ανατολή έως και τη δύση του ηλίου, καθώς και η μέση πραγματική ηλιοφάνεια που δείχνει τον μέσο όρο των ωρών όπου ο ήλιος δεν καλύπτεται από σύννεφα. Εξίσου σημαντικός όμως είναι και ο αριθμός των ολόφεγγών ημερών, στη διάρκεια των οποίων ο ήλιος δεν καλύπτεται καθόλου από σύννεφα, καθώς και των ανήλιων ημερών, όπου ο ήλιος καλύπτεται από σύννεφα όλη τη διάρκεια της ημέρας.

Η θέση του ήλιου στον ουρανό ενός τόπου περιγράφεται από δύο γωνίες : το ύψος και το αζιμούθιο. Ως ύψος του ήλιου (β) περιγράφεται η γωνία που σχηματίζεται ανάμεσα στην κατεύθυνση του ήλιου και τον ορίζοντα. Συχνά αντί του ύψους χρησιμοποιείται η συμπληρωματική γωνία, δηλαδή η γωνία μεταξύ της κατεύθυνσης του ήλιου και της κατακόρυφου, που ονομάζεται ζενιθιακή απόσταση (ή ζενιθιακή γωνία) του ήλιου. Ζενίθ ονομάζεται το σημείο του ουρανού που συναντά τη κατακόρυφο ενός τόπου.

Η πυκνότερη ισχύς μιας δέσμης ηλιακής ακτινοβολίας πάνω σε έναν επίπεδο συλλέκτη θα πραγματοποιείται όταν η επιφάνεια του είναι κάθετη προς την κατεύθυνση της ακτινοβολίας, ποιο συγκεκριμένα όταν η γωνία πρόσπτωσης ισούται με μηδέν (0). Μια τέτοια συνθήκη όμως είναι ακατόρθωτο να εξασφαλιστεί, αφού ο ήλιος συνεχώς μετακινείται στον ουρανό κατά τη διάρκεια της ημέρας. Για το λόγο αυτό έχουν δημιουργηθεί μηχανικές διατάξεις που επαναπροσανατολίζουν συνεχώς το συλλέκτη, προκειμένου η επιφάνεια του να αντικρίζει πάντα κάθετα τον ήλιο. Οι διατάξεις όμως αυτές είναι σύνθετες και αρκετά δαπανηρές και η χρήση τους δικαιολογείται μόνο σε πολύ συγκεκριμένες περιπτώσεις εφαρμογών, όπως σε συστήματα συγκεντρωτικής ακτινοβολίας με φακούς ή κάτοπτρα.

2.2.1.8 Βέλτιστη κλίση

Συνήθως οι συλλέκτες τοποθετούνται με σταθερή κλίση και αζιμούθια γωνία. Τα παραπάνω επιλέγονται κατά τέτοιο τρόπο, ώστε η γωνία της πρόσπτωσης της ηλιακής ακτινοβολίας να είναι όσο το δυνατό μικρότερη, κατά τη συνολική διάρκεια του έτους. Η γωνία πρόσπτωσης της ακτινοβολίας συνδέεται με τις άλλες γωνίες της ηλιακής γεωμετρίας μέσω της σχέσης:

$$\text{συν } \phi = \text{συν } \beta \cdot \eta \mu \beta \text{ συν } (\theta \sigma - \theta) + \eta \mu \beta \cdot \text{συν } \beta \sigma$$

Στο βόρειο ημισφαίριο της γης η βέλτιστη κλίση του συλλέκτη, για τη διάρκεια όλου του έτους, ισούται με τη γεωγραφική παράλληλο του τόπου, και η αζιμούθια γωνία είναι μηδέν (0). Εξαιτίας της μεταβολής της απόκλισης του ήλιου κατά τη διάρκεια του έτους, η βέλτιστη κλίση του συλλέκτη είναι άλλη για κάθε εποχή του χρόνου.

2.2.1.9 Υλικά και διαδικασία κατασκευής ηλιακών πάνελ

Το υλικό που χρησιμοποιείται στις μέρες μας σε μεγαλύτερο βαθμό για την κατασκευή φωτοβολταϊκών στοιχείων είναι το πυρίτιο. Το πυρίτιο, αποτελεί την πρώτη ύλη για το 90% των φωτοβολταϊκών που κυκλοφορούν στην αγορά. Παρόλο που υπάρχουν αρκετές τεχνολογίες που διαφέρουν μεταξύ τους, η πιο συνήθης είναι αυτή που έχει ως πρώτη ύλη το κρυσταλλικό πυρίτιο για την παραγωγή αυτών των στοιχείων. Ποιο συγκεκριμένα χρησιμοποιείται το διοξείδιο του πυριτίου το οποίο εξάγεται από πετρώματα χαλαζία.

2.2.1.10 Στάδια παραγωγής πάνελ

Στάδιο 1: Επεξεργασία της “πρώτης ύλης” ή αλλιώς “Casting and Wafering”, δηλαδή κρυστάλλωση με θερμική διεργασία του πυριτίου σε κυλινδρικούς μονοκρυστάλλους ή πολυκρυσταλλικές χελώνες ή κατευθείαν σε πολυκρυσταλλικά δισκία πυριτίου και κοπή των παραπάνω σε λεπτά δισκία ή φέτες πυριτίου.

Στάδιο 2: Παραγωγή ηλιακών στοιχείων

Στάδιο 3: Συναρμολόγηση φωτοβολταϊκών πλαισίων, όπως περιεγράφηκε παραπάνω.

Δύο είναι οι τύποι πυριτίου που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή φωτοβολταϊκών στοιχείων: το άμορφο και το κρυσταλλικό πυρίτιο.

Το κρυσταλλικό πυρίτιο χωρίζεται σε μονοκρυσταλλικό και πολυκρυσταλλικό. Το άμορφο και το κρυσταλλικό πυρίτιο εμφανίζουν τόσα πλεονεκτήματα όσα και μειονεκτήματα. Κατά τη μελέτη του φωτοβολταϊκού συστήματος γίνεται η αξιολόγηση τους σε ειδικές συνθήκες (κατεύθυνση και διάρκεια της ηλιοφάνειας, τυχόν σκιάσεις κλπ.), έτσι ώστε να επιλεγεί η κατάλληλη τεχνολογία.

Οι ηλεκτρικές του ιδιότητες μπορούν να διατηρηθούν ακόμη και σε ακραίες περιβαλλοντικές συνθήκες, δηλαδή έως και τους 125°C. Αυτός είναι και ο λόγος που τα φωτοβολταϊκά στοιχεία κατασκευάζονται κυρίως από πυρίτιο.

Το πυρίτιο, ανάλογα με την επεξεργασία που δέχεται δίνει μονοκρυσταλλικά, πολυκρυσταλλικά ή άμορφα υλικά από τα οποία κατασκευάζονται τα φωτοβολταϊκά στοιχεία (κυψέλες).

Τα φωτοβολταϊκά πάνελ συνήθως αποτελούνται από:

- Ένα ηλιακό γυαλί με προ-τοποθετημένη την ειδική μεμβράνη προστασίας (EVA). Στην ουσία πρόκειται για ένα σκληρυσμένο, προεκτεταμένο ηλιακό γυαλί.
- Ηλιακές φωτοβολταϊκές κυψέλες ενωμένες σε σειρές στοιχείων.
- Μία ειδική υαλώδη μεμβράνη (EVA) καθώς και μία μονωτική μεμβράνη στην πίσω πλευρά του πανελ.

Και τα τρία παραπάνω στρώματα δημιουργούν ένα ανθεκτικό ελασματοποιημένο φύλλο, αρκετά ανθεκτικό στις καιρικές συνθήκες, το οποίο τοποθετείται σε ένα πλαίσιο αλουμινίου και μια υποδοχή σύνδεσης ώστε να στερεωθούν μεταξύ τους.

2.2.1.11 Κατηγορίες φωτοβολταϊκών πάνελ

Μονοκρυσταλλικά φωτοβολταϊκά πάνελ:

Κατασκευάζονται από κυψέλες οι οποίες έχουν κοπεί από ένα μόνο μεγάλο κυλινδρικό κρύσταλλο πυριτίου. Η κατασκευή τους είναι πιο πολύπλοκη, με αποτέλεσμα το υψηλότερο κόστος παραγωγής.

Χαρακτηριστικά:

- Είναι ο πρώτος τύπος φωτοβολταϊκών πάνελ που άρχισε να παράγεται μαζικά.
- Έχουν καλύτερη σχέση απόδοσης/ επιφάνειας από όλους τους άλλους τύπους πάνελ.
- Η ενεργειακή απόδοσή τους κυμαίνεται μεταξύ 11% - 19%
- Έχουν υψηλότερο κόστος παραγωγής σε σχέση με το κόστος των πολυκρυσταλλικών πάνελ.
- Το πάχος του υλικού είναι μεγαλύτερο.
- Έχουν σκούρο μπλε ή μαύρο χρώμα.

Πολυκρυσταλλικά φωτοβολταϊκά πάνελ:

Φτιάχνονται από κυψέλες οι οποίες έχουν κοπεί σε λεπτά τμήματα, από ράβδους λιωμένου και επανακρυσταλλοποιημένου πυριτίου, ποιο συγκεκριμένα το λειωμένο πυρίτιο χύνεται σε καλούπι και στη συνέχεια τεμαχίζεται σε κυψέλες).

Χαρακτηριστικά:

- Η διαδικασία παραγωγής τους είναι φθηνότερη από αυτήν των μονοκρυσταλλικών, για αυτό και η τιμή τους είναι συνήθως χαμηλότερη.
- Η ενεργειακή απόδοσή τους κυμαίνεται από 11% έως 16% και είναι σχετικά μικρότερη από αυτή των μονοκρυσταλλικών, όμως επειδή οι κυψέλες τοποθετούνται μέσα σε ένα

πάνελ με άλλες 60, η πραγματική διαφορά σε watt ανά τετραγωνικό μέτρο είναι σχεδόν αμελητέα. Στις μέρες μας, λόγω της ταχύτατης ανάπτυξης της τεχνολογίας, η απόδοσή τους τείνει να αγγίξει την απόδοση των μονοκρυσταλλικών

- Είναι τα πιο διαδεδομένα πάνελ παγκοσμίως.
- Έχουν καλή σχέση κόστους-απόδοσης.

Πάνελ λεπτού υμενίου (thinfilm):

Περιλαμβάνουν μια ευρύτερη κατηγορία, η οποία περιλαμβάνει τα λεγόμενα πάνελ «τρίτης γενιάς». Τα πάνελ τρίτης γενιάς προέρχονται από πολλές διαφορετικές μεθόδους παραγωγής και επεξεργασίας (π.χ. άμορφου πυριτίου (a-Si), Δισεληνοϊνδιούχου χαλκού (CuInSe₂ ή CIS), Τελουριούχου Καδμίου (CdTe), Αρσενικούχου Γαλλίου (GaAs) κλπ). Τα πάνελ άμορφου πυριτίου που είναι και τα πιο διαδεδομένα της εν λόγω κατηγορίας, αποτελούνται από ταινίες λεπτών επιστρώσεων οι οποίες παράγονται με την τοποθέτηση ημιαγώγιμου υλικού (πυρίτιο στην περίπτωση μας) πάνω σε υπόστρωμα υποστήριξης μικρού κόστους, όπως γυαλί ή αλουμίνιο. Ο χαρακτηρισμός άμορφο φωτοβολταϊκό προέρχεται από την τυχαιότητα με τη οποία τα άτομα του πυριτίου είναι διατεταγμένα.

Χαρακτηριστικά:

- Έχουν, χαμηλότερη ονομαστική απόδοση σε σύγκριση με τις άλλες κατηγορίες (από 6% έως 11%).
- Εξαιτίας της μικρότερης ποσότητας πυριτίου που χρησιμοποιείται για την παραγωγή τους, η τιμή τους είναι φανερά χαμηλότερη
- Έχουν πολύ καλή απόδοση στις υψηλές θερμοκρασίες.
- Τα πάνελ λεπτού υμενίου έχουν καλύτερη απόδοση σε σχέση με τα κρυσταλλικά φωτοβολταϊκά, όταν υπάρχει συννεφιά, δηλαδή όταν η ακτινοβολία είναι διάχυτη.
- Έχουν χαμηλή ενεργειακή πυκνότητα, δηλαδή για να παράγουμε την ίδια ενέργεια που παράγουμε με τα κρυσταλλικά φωτοβολταϊκά στοιχεία χρειαζόμαστε σχεδόν διπλάσια επιφάνεια.
- Αποτελούν καλή λύση όταν έχουμε να αντιμετωπίσουμε τα παρακάτω προβλήματα και έχουμε μεγάλο διαθέσιμο χώρο: σκιάσεις και δυσμενή προσανατολισμό.

Υβριδικά πάνελ:

Είναι τα πάνελ τα οποία συνδυάζουν περισσότερες από μία από τις ήδη γνωστές τεχνολογίες (π.χ. συνδυασμός άμορφου και μονοκρυσταλλικού πυριτίου). Στην αγορά, τα πιο διαδεδομένα πάνελ αυτής της κατηγορίας κατασκευάζονται από δύο στρώσεις άμορφου πυριτίου γύρω από μια στρώση μονοκρυσταλλικού πυριτίου.

Χαρακτηριστικά:

- Έχουν μεγάλο βαθμό απόδοσης που φτάνει ακόμη και το 19%.
- Έχουν πολύ καλύτερη απόδοση σε σχέση με άλλα πάνελ στις υψηλές θερμοκρασίες και στο διάχυτο φωτισμό.
- Έχουν συγκριτικά μεγαλύτερο κόστος κατασκευής.
- Λόγω του ότι η τεχνολογία τους είναι σχετικά καινούργια, δεν υπάρχουν στοιχεία από παλιότερες εγκαταστάσεις, σχετικά με τις αποδόσεις και τη διάρκεια ζωής τους.

2.2.2 Μπαταρία (συσσωρευτής)

Ένα εξαιρετικά σημαντικό στοιχείο των φωτοβολταϊκών συστημάτων είναι οι μπαταρίες που χρησιμοποιούνται. Ο ηλεκτρικός συσσωρευτής είναι η συσκευή που αποθηκεύει, μετατρέπει και αποδεσμεύει την χημική ενέργεια σε μορφή ηλεκτρικής ενέργειας. Ο συσσωρευτής αποτελεί μία χημική πηγή ρεύματος, ικανή να αποθηκεύσει ηλεκτρική ενέργεια (αφού πριν την έχει μετατρέψει σε χημική) και όταν απαιτηθεί, να την προσφέρει σε εξωτερικό κύκλωμα. Έχει ένα δοχείο κατασκευασμένο από μονωτικό υλικό (εβονίτη, πλαστικό, γυαλί) το οποίο περιέχει κάποιον ηλεκτρολύτη, όπως για παράδειγμα οξύ ή αλκάλι, στο οποίο βυθίζονται μέσα τα ηλεκτρόδια. Η σύνδεση των ηλεκτροδίων σε εξωτερικό κύκλωμα προκαλεί σε αυτό διέλευση ρεύματος, δηλαδή εκφόρτιση του ηλεκτρικού συσσωρευτή. Στην ουσία, στον ηλεκτρικό συσσωρευτή εκτελούνται χημικές διεργασίες, που σχετίζονται με τη μμετατροπή της χημικής ενέργειας σε ηλεκτρική.

2.2.2.1 Δομή

Η κύρια δομή ενός συσσωρευτή είναι, η κυψελίδα. Η κυψελίδα αποτελεί τη βασική ηλεκτροχημική μονάδα της μπαταρίας, αποτελείται από μία θετική και μία αρνητική μπάρα οι οποίες είναι βυθισμένες σε ένα διάλυμα ηλεκτρολύτη και κλείνονται ερμητικά μέσα σε ένα δοχείο.

2.2.2.1.1 Κύρια συστατικά στοιχεία μιας κυψελίδας

- Ηλεκτρολύτης: Ο ηλεκτρολύτης είναι αγωγίμος και επιτρέπει τη ροή του ηλεκτρικού ρεύματος μέσω ιοντικής ανταλλαγής που συμβαίνει πάνω στις πλάκες της κυψελίδας.
- Πλέγμα: Σε μία μπαταρία μόλυβδου, το πλέγμα είναι ένα πλαίσιο κατασκευασμένο από κράμα μόλυβδου το οποίο υποστηρίζει το ενεργό υλικό που βρίσκεται πάνω στις πλάκες της κυψελίδας. Για να αυξήσουμε τη μηχανική αντοχή των πλακών χρησιμοποιούμε υλικά κράματος, όπως το αντιμόνιο ή το ασβέστιο τα οποία έχουν χαρακτηριστική επίδραση στις επιδόσεις της μπαταρίας.
- Διαχωριστής: Ο διαχωριστής είναι ένα πορώδες μέσο το οποίο απομονώνει μεταξύ τους τις πλάκες της μπαταρίας εμποδίζοντας την αγωγή επαφή θετικού και αρνητικού ηλεκτροδίου.
- Πλάκες: Οι πλάκες που συνίστανται από το πλέγμα και από το ενεργό υλικό, είναι το βασικό στοιχείο της μπαταρίας και συνήθως αναφέρονται ως ηλεκτρόδια. Σε γενικές γραμμές υπάρχει ένα πλήθος αρνητικών και θετικών πλακών συνδεδεμένων σε παραλληλία εντός μίας κυψελίδας. Το πάχος τους και οι σχέσεις των επιφανειών μεταξύ των αρνητικών και θετικών πλακών, έχουν καθοριστική επίδραση στα χαρακτηριστικά της μπαταρίας.
- Ενεργό Υλικό: Το ενεργό υλικό αποτελεί έναν συνδυασμό υλικών τα οποία από την θετική και την αρνητική πλάκα, είναι οι βασικοί συντελεστές της ηλεκτροχημικής αντίδρασης μέσα στην κυψελίδα. Η ποσότητα του ενεργού υλικού εντός μίας μπαταρίας είναι ανάλογη της χωρητικότητας της.

2.2.2.2 Κατηγορίες Μπαταριών

Η δυνατότητα αποθήκευσης ενέργειας κάθε στιγμή της ημέρας ή όχι είναι αυτή που διαχωρίζει τους συσσωρευτές σε δύο κύριες κατηγορίες. Στην πρώτη κατηγορία ανήκουν αυτοί που έχουν αποθηκευμένα, χημική ενέργεια την οποία μπορούν να αποδώσουν ως ηλεκτρική, δεν έχουν όμως τη δυνατότητα να επαναφορτιστούν. Στην δεύτερη κατηγορία ανήκουν οι μπαταρίες που μπορούν και επαναφορτίζονται. Αυτή τους η ιδιότητα τους κάνει και πιο κατάλληλους για χρήση σε φωτοβολταϊκά συστήματα.

Τα υλικά του κράματος στο πλέγμα των πλακών παίζει επίσης πολύ σημαντικό ρόλο στην διαδικασία κατηγοριοποίησης των μπαταριών. Βάση αυτού του είδους κατηγοριοποίησης έχουμε τις μπαταρίες μόλυβδου, νικελίου, λιθίου, όπως επίσης και τις υποκατηγορίες τους (μόλυβδου - αντιμονίου, μόλυβδου ασβεστίου) οι οποίες χωρίζονται σε υγρού καταλύτη με ανοικτή ή σφραγισμένη βαλβίδα εξαέρωσης και υβριδικούς συσσωρευτές μόλυβδου - αντιμονίου/ μόλυβδου-ασβεστίου.

2.2.2.2.1 Μπαταρίες μόλυβδου

Μεγάλη απήχηση στο κοινό έχουν οι ηλεκτρικοί συσσωρευτές μόλυβδου - οξέος, στους οποίους σαν ηλεκτρολύτης χρησιμοποιείται διάλυμα θειικού οξέος με πυκνότητα 1,18 έως 1,29 gr/cm³ και σαν ηλεκτρόδια το διοξείδιο του μόλυβδου και ο σπογγώδης μόλυβδος. Κατά την εκφόρτωση τους συμβαίνει χημική αντίδραση που έχει ως αποτέλεσμα η τάση και η πυκνότητα του ηλεκτρολύτη να ελαττώνονται.

Υπάρχουν μπαταρίες διαφόρων ειδών, ανάλογα με το υλικό που χρησιμοποιείται για τη κατασκευή των ηλεκτροδίων τους. Έχει όμως διαπιστωθεί ότι οικονομικότερες για χρήση σε φ/β συστήματα είναι οι μπαταρίες μόλυβδου. Αυτές οι μπαταρίες είναι όμοιες με τις συνηθισμένες μπαταρίες αυτοκινήτων, με τη διαφορά ότι εκείνες κατασκευάζονται από φτηνότερο κράμα μόλυβδου και αυτοεκφορτίζονται με σχετικά γρήγορο ρυθμό.

Για την ολοκληρωμένη φόρτιση κάθε ζεύγους ηλεκτροδίων χρειάζεται να πραγματοποιηθεί τροφοδότηση με τάση περίπου 2.4V. Στη συνέχεια είναι επιθυμητό η τροφοδότηση του συσσωρευτή να διακοπεί, διότι η υπερφόρτιση των ζευγών ηλεκτροδίων προκαλεί τη θέρμανση του διαλύματος του θειικού οξέος, την εξάτμιση του νερού του και εν τέλει την ταχύτερη φθορά του συσσωρευτή. Επιπλέον, προκαλεί την ηλεκτρόλυση του διαλύματος με απελευθέρωση υδρογόνου και οξυγόνου. Αυτό, εκτός από την απώλεια του υγρού, δημιουργεί κινδύνους και για την ασφάλεια της εγκατάστασης. Αν ο χώρος στο οποίο βρίσκεται ο συσσωρευτής δεν υπάρχει καλός αερισμός, το υδρογόνο μπορεί να σχηματίσει εκρηκτικό μίγμα με τον αέρα, που σε συνδυασμό με ένα σπινθήρα μπορεί να προκαλέσει έκρηξη.

Συνήθως, οι συσσωρευτές αποτελούνται από πολλά ζεύγη ηλεκτροδίων σε σειρά και δίνουν ανάλογα αυξημένη τάση. Στην πράξη χρησιμοποιούνται συσσωρευτές με πολλές δεκάδες ζεύγη ηλεκτροδίων στη σειρά, ώστε να προκύπτει αρκετά υψηλή τάση.

Λόγο του ότι οι αλκαλικοί συσσωρευτές, έχουν μεγαλύτερη μηχανική αντοχή χρησιμοποιούνται συχνά σαν φορητοί ηλεκτρικοί συσσωρευτές. Αυτοί δεν έχουν κατά τη λειτουργία επιζήμιες εξατμίσεις και είναι απλούστεροι στη χρήση τους απ' ότι οι ηλεκτρικοί συσσωρευτές οξέος.

2.2.2.2.2 Μπαταρίες νικελίου

Μπαταρίες νικελίου, στις οποίες ως ηλεκτρολύτης χρησιμοποιείται διάλυμα καυστικού καλίου, ως θετικό ηλεκτρόδιο οξειδία νικελίου σε μείγμα με γραφίτη και ως αρνητικό ηλεκτρόδιο, ρινίσματα σιδήρου ή καδμίου σε μείγμα με σπογγώδη σίδηρο. Η μέση τάση φόρτισης είναι αντίστοιχα: 1,74 V και 1,65 V. Τα πλεονεκτήματά τους είναι η μεγάλη ειδική ενέργεια και η ικανότητα να λειτουργούν σε μεγάλο ύψος όπου επικρατούν χαμηλή θερμοκρασία και πίεση. Παρουσιάζουν πολύ χαμηλή εσωτερική αντίσταση και για αυτό δίνουν μεγάλα ρεύματα χωρίς να έχουν σημαντική εσωτερική πώση τάσεως και υπερθέρμανση, φορτίζονται εύκολα και έχουν μεγάλη μηχανική αντοχή και αντιστέκονται κατ' αυτόν τον τρόπο στις δονήσεις, τους κραδασμούς και τις πτώσεις. Το μειονέκτημά τους είναι ότι έχουν κόστος από 4 έως και 10 φορές μεγαλύτερο από αυτό των ηλεκτρικών συσσωρευτών μμόλυβδου-οξέος.

2.2.2.2.3 Μπαταρίες λιθίου-θείου

Η μπαταρία λιθίου-θείου είναι μια επαναφορτιζόμενη μπαταρία, ιδιαίτερα εντυπωσιακή για την υψηλή ενεργειακή πυκνότητα της. Το χαμηλό ατομικό βάρος του λιθίου και το μέτριο ατομικό βάρος του θείου, καθιστά τις μπαταρίες Li-S σχετικά ελαφρές, σε σχέση με την πυκνότητα του νερού. Οι μπαταρίες λιθίου μπορούν να αντικαταστήσουν επαρκώς τις μπαταρίες ιόντων λιθίου, λόγω της υψηλότερης ενεργειακής πυκνότητας του και του μικρότερου κόστους του θείου.

Για τη χρήση συσσωρευτών σε φωτοβολταϊκό σύστημα καταλληλότεροι είναι αυτοί που μπορούν να υποστούν βαθιά εκφόρτωση χωρίς να μειώνεται η χωρητικότητά τους και η διάρκεια ζωής τους. Ακόμη περισσότερο, για αυτόνομα φωτοβολταϊκά συστήματα, όπου δεν υπάρχει εναλλακτική λύση για παροχή ηλεκτρικής ενέργειας και οι μεταβολές της ηλιοφάνειας είναι έντονες και μακρόχρονες, απαραίτητοι είναι οι συσσωρευτές που έχουν μεγάλη χωρητικότητα, μπορούν να υποστούν βαθιά εκφόρτιση και συχνά απαιτείται να υπάρχει μια καλή σχέση κόστους και διάρκειας ζωής.

2.2.2.3 Αποθήκευση

Ο καθορισμός του εμβαδού της επιφάνειας των φ/β συλλεκτών εξαρτάται από τη μέση ηλεκτρική κατανάλωση του συστήματος και τη μέση ηλιακή ακτινοβολία που δέχονται οι συλλέκτες σε μία συγκεκριμένη κρίσιμη περίοδο λειτουργίας του. Όμως, η μέση τιμή αποτελεί στατιστικό μέγεθος και μπορεί να διαφέρει σημαντικά από ενδεχόμενες πραγματικές συνθήκες. Επίσης, ένα αξιόπιστο σύστημα πρέπει να παρέχει την απαραίτητη ηλεκτρική ενέργεια για την ικανοποίηση της ζήτησης ακόμη και στις χρονικές περιόδους που δεν υπάρχει επαρκής ή και καθόλου ηλιακή ακτινοβολία, όπως για παράδειγμα νυκτερινές ώρες, συννεφιασμένες μέρες, χρονικές αιχμές της κατανάλωσης.

Τα φ/β συστήματα τα οποία είναι συνδεδεμένα με κεντρικά ηλεκτρικά δίκτυα διανομής εξάγουν από αυτά την απαιτούμενη συμπληρωματική ηλεκτρική ενέργεια και διοχετεύουν προς τα δίκτυα την ενδεχόμενη περίσσεια της παραγόμενης φωτοβολταϊκής ηλεκτρικής ενέργειας, όταν υπερβαίνεται η κατανάλωση του συστήματος. Όμως, τα απομονωμένα αυτόνομα φ/β συστήματα δεν έχουν τη δυνατότητα της ενεργειακής ανταλλαγής. Επομένως, χρειάζεται να αποθηκεύουν την περίσσεια της ηλεκτρικής τους παραγωγής, ώστε να χρησιμοποιηθεί όταν η ζήτηση ξεπερνάει την παραγωγή της φ/β γεννήτριας. Ως προς την απαίτηση της απαλλαγής του συστήματος από την περίσσεια της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας, πέρα από τη ζήτηση της κατανάλωσης και τη δυνατότητα της αποθήκευσης, αυτή αναγκαστικά αντιμετωπίζεται με τη διοχέτευση της στη γη ή σε ηλεκτρικές αντιστάσεις.

Η ποσότητα της ηλεκτρικής ενέργειας που πρέπει να αποθηκεύεται, εξαρτάται από τις τοπικές συνθήκες και απαιτήσεις, αλλά κυρίως από το μέγιστο πλήθος των πιθανών συνεχών ημερών συννεφιάς, τις αιχμές της κατανάλωσης και τον βαθμό αξιοπιστίας που θα πρέπει να παρουσιάζει το σύστημα, σε συνδυασμό με την ύπαρξη ή όχι βοηθητικών πηγών ενέργειας. Συνήθως στα αυτόνομα φ/β συστήματα ζητείται να εξασφαλίζεται μια αυτοδυναμία 3 ως 10 ημερών περίπου.

Σε κάποιες περιπτώσεις, η φωτοβολταϊκή ενέργεια μπορεί, να μετατραπεί, σε μία νέα μορφή ενέργειας χωρίς να αποθηκευτεί όπως για παράδειγμα να κινήσει ηλεκτρικές αντλίες που μεταφέρουν νερό σε υπερυψωμένες δεξαμενές, απ' όπου στη συνέχεια, παράγεται πάλι ηλεκτρική ενέργεια με τη βοήθεια υδροηλεκτρικών σταθμών. Επίσης μπορεί να ηλεκτρολύσει νερό, ώστε να παραχθεί υδρογόνο, το οποίο στη συνέχεια αποθηκεύεται σε αεριοφυλάκια και στη συνέχεια χρησιμοποιείται ως καύσιμο σε μικρούς θερμοηλεκτρικούς σταθμούς. Συνήθως,

όμως η αποθήκευση της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας στα αυτόνομα φ/β συστήματα πραγματοποιείται σε ηλεκτρικούς συσσωρευτές.

Το φαινόμενο της μνήμης εμφανίζεται κυρίως σε μπαταρίες Ni-Cd και λιγότερο σε Ni-MH. Όταν μία μπαταρία Ni-Cd επαναφορτισθεί χωρίς, όμως προηγουμένως να έχει εκφορτιστεί πλήρως, τότε μετά την φόρτιση δεν ανακτά την ονομαστική της χωρητικότητα, αλλά ένα μέρος της.

Η τάση μιας μπαταρίας όταν είναι φορτισμένη εξαρτάται από το είδος του ηλεκτρολύτη που περιέχει και το είδος και αριθμό των πλακών. Οι μπαταρίες αποτελούνται από πολλά ζεύγη πλακών στην σειρά τα οποία και δίνουν ανάλογα αυξημένη τάση.

Η χωρητικότητα μιας μπαταρίας ελαττώνεται με την ελάττωση της μπαταρίας.

Ο χρόνος ζωής μιας μπαταρίας εξαρτάται από πολλούς παράγοντες όπως είναι ο αριθμός φορτίσεων και εκφορτίσεων, ο ρυθμός φόρτισης εκφόρτισης και οι ακραίες θερμοκρασίες λειτουργίας.

2.2.2.4 Χωρητικότητα

Το φορτίο που αποθηκεύει ο συσσωρευτής, μετράται σε αμπερώρια (Ah), που σε ιδανικές συνθήκες είναι το γινόμενο της μέσης έντασης του ρεύματος I , που δίνει ο συσσωρευτής, ανεξάρτητα από την τάση του, επί το πλήθος των ωρών μέχρι να εκφορτιστεί ξεκινώντας από πλήρη φόρτιση. Προφανώς, πιο χρήσιμο μέγεθος είναι η ποσότητα της ηλεκτρικής ενέργειας που μπορεί να αποθηκευτεί σε ένα συσσωρευτή, η οποία όμως εξαρτάται από την τάση που δίνει ο συσσωρευτής.

Λόγο της συστηματικής χρήσης, η χωρητικότητα των συσσωρευτών μειώνεται, καθώς οι πλάκες διαβρώνονται, σχηματίζονται επικαθήσεις, κ.λ.π. Ένας συσσωρευτής θεωρείται άχρηστος όταν η χωρητικότητα του πέσει κάτω από το 80% περίπου της αρχικής τιμής. Επίσης, πρέπει να λαμβάνεται υπόψιν ότι οι φορτισμένοι συσσωρευτές αυτοεκφορτίζονται με ρυθμό 2 ως 5% της χωρητικότητας τους τον μήνα. Ο ρυθμός αυτοεκφόρτισης αυξάνει με την ηλικία του συσσωρευτή. Η χωρητικότητα των συσσωρευτών εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την ισχύ με την οποία πραγματοποιείτε η εκφόρτωση τους, δηλαδή από την ένταση του ρεύματος που προσφέρουν για να καλυφθεί η ζήτηση. Με μικρούς ρυθμούς εκφόρτισης, η χωρητικότητα του συσσωρευτή αυξάνετε σημαντικά. Συγχρόνως, η χωρητικότητα αυξάνει με τη θερμοκρασία του συσσωρευτή. Ταυτόχρονα όμως, επιταχύνονται οι μηχανισμοί διάβρωσης και ελαττώνετε η διάρκεια ζωής του. Εκτός από τη θερμοκρασία, η διάρκεια της χρήσιμης ζωής των συσσωρευτών εξαρτάται κατά κύριο λόγο από το πλήθος των διαδοχικών κύκλων φόρτισης – εκφόρτισης όπως και από το βάθος κάθε εκφόρτισης. Αναλόγως τον τύπο τους, οι συσσωρευτές μόλυβδου αντέχουν μέχρι 500 ως και 1500 κύκλους φορτίσεων – εκφορτίσεων. Στους φθηνότερους τύπους, το βάθος εκφόρτισης δεν επιτρέπεται να ξεπερνά το 10%, δηλαδή με την εκφόρτιση προσφέρεται μόνο το 10% της αποθηκευμένης ηλεκτρικής ενέργειας, ενώ για το υπόλοιπο 90% δεν επιδιώκεται η ανάκτηση, ώστε να αποφευχθεί η πρόωρη καταστροφή του συσσωρευτή. Σε ειδικούς στεγανούς τύπους, μη ηλεκτρόδια από κράματα Pb – Ca, το βάθος εκφόρτωσης μπορεί να φτάσει μέχρι 80%. Στις μικρότερες και λιγότερο απαιτητικές φ/β εγκαταστάσεις, χρησιμοποιούνται συχνά κοινοί συσσωρευτές αυτοκινήτων με επιτρεπόμενο βάθος εκφόρτισης μέχρι 10 %. Κατά συνέπεια, σε ένα συσσωρευτή ονομαστικής χωρητικότητας CN, η ενεργός αξιοποίηση χωρητικότητα είναι :

$$C = \beta \cdot CN$$

και η μέγιστη ηλεκτρική ενέργεια που μπορεί να αποθηκευτεί και να ανακτηθεί, σε ιδανικές συνθήκες, σε κάθε κύκλο φόρτισης – εκφόρτισης είναι :

$$E = C \cdot V = B \cdot C \cdot N \cdot V$$

όπου β είναι το βάθος εκφόρτισης του συσσωρευτή σε δεκαδική μορφή. Ο συντελεστής απόδοσης των συσσωρευτών α , δηλαδή ο λόγος της μέγιστης ποσότητας της ενέργειας που ανακτάται προς την ενέργεια που έχει απορροφηθεί από την φ/β γεννήτρια σε κάθε κύκλο φόρτισης – εκφόρτισης, είναι περίπου 85%. Επομένως, αν η ηλεκτρική ενέργεια που ζητείται να δίνει ο συσσωρευτής είναι E , η ενεργός χωρητικότητα του C θα πρέπει να αντιστοιχεί σε ενέργεια φόρτισης E_{ϕ} , ίση με : $E_{\phi} = \alpha E$.

Αυτοεκφόρτιση είναι η διαδικασία κατά τη διάρκεια της οποίας ο συσσωρευτής υφίσταται μείωση του ποσοστού του χωρίς να υπάρχει κάποια κατανάλωση. Όλες οι μπαταρίες, ακόμα και όταν δεν χρησιμοποιούνται, σιγά-σιγά αποφορτίζονται. Το φαινόμενο γίνεται πιο έντονο, όταν και η θερμοκρασία του περιβάλλοντος είναι υψηλή. Τα αίτια είναι οι εσωτερικοί χημικοί μηχανισμοί ή άλλες απώλειες της μπαταρίας και σημαντικοί παράγοντες στην διαδικασία της αυτοεκφόρτισης είναι τα ενεργά υλικά και τα στοιχεία του κράματος του πλέγματος που επιλέχθηκαν κατά τον σχεδιασμό του συσσωρευτή. Λόγω αυτής της αυτοεκφόρτισης οι συσσωρευτές πρέπει να βρίσκονται σε συνθήκες συντηρητικής φόρτισης ακόμα και όταν δεν υπάρχει καταναλωτής.

2.2.2.5 Φόρτιση

Φόρτιση είναι η διαδικασία κατά την οποία πραγματοποιείται αποθήκευση ηλεκτρικής ενέργειας με παροχή ηλεκτρικού ρεύματος προς τον συσσωρευτή.

Οι μέθοδοι φόρτισης που εφαρμόζονται από τους ρυθμιστές φόρτισης στα φωτοβολταϊκά συστήματα διαφέρουν από τις μεθόδους που εφαρμόζουν οι κατασκευαστές, ώστε να καθορίσουν τις επιδόσεις μίας μπαταρίας. Οι προδιαγραφές δεν περιορίζουν κατά κανόνα το ρεύμα φόρτισης του συσσωρευτή εφόσον δεν γίνει υπέρβαση της τάσης εκλύσεως αερίων. Παρόλ' αυτά, η τάση εκλύσεως αερίων ελαττώνεται, καθώς το ρεύμα φόρτισης αυξάνεται. Γενικά η έκλυση αερίων είναι αναπόφευκτη και είναι μία διαδικασία που συμβαίνει τόσο κατά τη διάρκεια της φόρτισης όσο και έπειτα την υπέρβαση της τάσης εκλύσεων αερίων. Πρέπει να αναζητείται ιδανικό σημείο ισορροπίας μεταξύ μέγιστης δυνατής φόρτισης και τάσης εκλύσεων αερίων για να γίνεται σωστή φόρτιση του συσσωρευτή, αφού και οι δύο είναι παράγοντες που σχετίζονται με την διάρκεια ζωής του συσσωρευτή. Άλλος ένας παράγοντας που δεν πρέπει να παραλείψουμε για το επιδιωκόμενο SOC είναι η θερμοκρασία λειτουργίας του συσσωρευτή. Όσο αυξάνεται η θερμοκρασία αυξάνεται η χωρητικότητα του συσσωρευτή, ενώ μειώνεται η τάση εκλύσεως αερίων. Έτσι το μέγιστο SOC που μπορεί να επιτευχθεί σε δεδομένη θερμοκρασία, κατά κάποιο τρόπο βρίσκεται από την τάση εκλύσεως αερίων.

2.2.2.6 Συντελεστής φόρτισης και απόδοσης ισχύος.

Τα αμπερώρια (Ah) τα οποία είναι απαραίτητα για την φόρτιση ενός συσσωρευτή και την αύξηση του SOC έως ένα συγκεκριμένο ποσοστό είναι, κατά κανόνα, περισσότερα από το Ah που αποδίδει όταν εκφορτιστεί κατά το ίδιο ποσοστό του SOC. Έτσι, ορίζεται ο συντελεστής φόρτισης, ως το κλάσμα της εισερχόμενης ποσότητας Ah , προς την εξερχόμενη ποσότητα Ah . Ποιο συγκεκριμένα ισχύει: ο λόγος της ισχύος που δίνει ένας πλήρως φορτισμένος συντελεστής προς την ενέργεια που απαιτείται για να φορτιστεί πλήρως ονομάζεται απόδοση ισχύος. Η υπερβολική φόρτιση και το αυξημένο ρεύμα φόρτισης των συσσωρευτών δημιουργεί έκλυση αερίων.

Το φαινόμενο αφορά τον σχηματισμό αερίου οξυγόνου (O₂) στις θετικές πλάκες και αερίου υδρογόνου (H₂) στις αρνητικές. Γενικά, το εκρηκτικό αυτό αέριο μείγμα ελευθερώνεται μέσω των βαλβίδων εξαερισμού και οδηγεί σε απώλεια νερού. Για τον παραπάνω λόγο οι συσσωρευτές δεσμευμένου ηλεκτρολύτη, διαθέτουν έναν εσωτερικό μηχανισμό ο οποίος επιτρέπει τον επανασχηματισμό νερού από το αέριο μείγμα ώστε να επανέλθει το διάλυμα του ηλεκτρολύτη στην αρχική του κατάσταση. Ωστόσο, αν η πίεση εξαιτίας των ατμών αυξηθεί ιδιαίτερα, οι βαλβίδες ασφαλείας θα επιτρέψουν την απελευθέρωσή τους στο περιβάλλον, χωρίς βέβαια να υπάρχει δυνατότητα αναπλήρωσης του χαμένου νερού. Για τα φωτοβολταϊκά συστήματα όπου χρησιμοποιούνται τέτοιου είδους συσσωρευτές, είναι ανάγκη να πραγματοποιείται προσεκτική ρύθμιση κατά την επιλογή της τάσης πλήρους φόρτισης και στον ρυθμό φόρτισης των συσσωρευτών προκειμένου να διατηρηθεί η διάρκεια ζωής τους.

Σε κάποιους συσσωρευτές συχνά επιδιώκεται η έκλυση ατμών. Τέτοιοι είναι οι συσσωρευτές υγρού καταλύτη με ανοικτή βαλβίδα εξαερισμού. Ο λόγος που η έκλυση ατμών είναι επιθυμητή είναι εξαιτίας της δημιουργία βαρέως θειικού οξέος, το οποίο σχηματίζεται στις πλάκες και επικάθεται στο πάτο το δοχείου. Με την πάροδο του χρόνου ο ηλεκτρολύτης επικάθεται και δημιουργείται μεγαλύτερη συγκέντρωση στο κάτω μέρος των κυψελίδων, με αποτέλεσμα την ανομοιόμορφη λειτουργία και τη σταδιακή διάβρωση του πλέγματος που οδηγεί στη ταχύτερη μείωση της ζωής του συσσωρευτή. Η δημιουργία ατμών, σε τέτοιου είδους συσσωρευτές, έχει ως αποτέλεσμα την ανάδευση του διαλύματος που βρίσκεται εντός του συσσωρευτή, στην ουσία αποτελεί μία μέθοδο συντήρησης του συσσωρευτή.

Κατά κανόνα, η έκλυση ατμών πρέπει να περιορίζεται, αν οι συσσωρευτές βρίσκονται πλησίον σε χώρους εργασίας. Αν ο συσσωρευτής βρεθεί για παρατεταμένο χρονικό διάστημα σε κατάσταση μερικής φόρτισης αναπτύσσονται κρύσταλλοι θειικού μολύβδου επάνω στην επιφάνεια των θετικών πλακών. Οι κρύσταλλοι με την πάροδο του χρόνου αυξάνονται, μειώνοντας με αυτό το τρόπο την ποσότητα του ενεργού υλικού που συμμετέχει στην αντίδραση και την ενεργή επιφάνεια των πλακών. Αυτό έχει ως συνέπεια την μείωση της χωρητικότητας του συσσωρευτή. Αν οι κρύσταλλοι αυξηθούν πολύ σε μέγεθος τότε μπορούν να προκαλέσουν μη αναστρέψιμες μηχανικές βλάβες στο πλέγμα των πλακών. Αυτό είναι ένα συνηθισμένο φαινόμενο στα φωτοβολταϊκά συστήματα, όπου οι συσσωρευτές, εξαιτίας των καιρικών συνθηκών που υφίστανται, μπορούν να βρεθούν για μεγάλο χρονικό διάστημα σε κατάσταση μερικής φόρτισης, για τον λόγο αυτό είναι απαραίτητη η εφαρμογή ρεύματος εξισορρόπησης με σκοπό να υποστηρίζεται η συντήρησή τους.

Γενικότερα, το πλέγμα μπορεί να υποστεί διάβρωση για ποικίλους λόγους, όπως για παράδειγμα η οξείδωση και συχνά η αντοχή του είναι αυτή που υποδεικνύει την διάρκεια ζωής του συσσωρευτή.

2.2.2.7 Εκφόρτιση

Βάθος εκφόρτισης ονομάζεται το ποσοστό στο οποίο μπορεί να φθάνει καθημερινά η μπαταρία, έτσι ώστε να διατηρείται σε καλή κατάσταση και να μην ελαττωθεί ο χρόνος ζωής της.

Το επιτρεπόμενο βάθος εκφόρτισης είναι το μέγιστο ποσοστό της χωρητικότητας το οποίο μπορεί να αποδοθεί από μία μπαταρία. Συνήθως φαίνεται από την τάση αποκοπής ή την τάση του βάρους εκφόρτισης, καθώς επίσης και από τον ρυθμό εκφόρτισης.

2.3 Ηλεκτρονικά υποσυστήματα

Για την επίτευξη αυτής της εργασίας έγινε χρήση αισθητήρων, κινητήρων, μικροκυκλωμάτων αλλά και του wemos το οποίο μπορεί να προσφέρει τη δυνατότητα λήψης πληροφοριών για το

σύστημα κατά τη διάρκεια όλης της ημέρας χωρίς να υπάρχει η ανάγκη να βρίσκετε κάποιος κοντά στη συσκευή ή να κάνει μετρήσεις.

Ποιο συγκεκριμένα για την υλοποίηση της εργασίας χρησιμοποιήθηκαν τα παρακάτω:

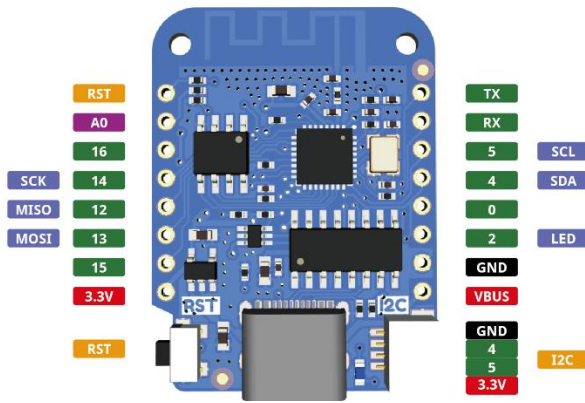
- WeMos D1 mini ESP8266
- Κινητήρας DC HQ - 12 RPM 12V
- Αντλία υγρών-12V
- Αισθητήρας υπερήχων
- Αισθητήρας φορτίου
- HX711
- Ελεγκτής ηλιακής φόρτισης-10A
- Ρυθμιστές τάσης των 3.3V και 5V
- Φωτοβολταϊκή κυψέλη-18V
- Μπαταρία μολύβδου-12V

2.3.1 Wemos

Το Wemos / ESP8266 μπορεί να ενσωματωθεί σε WiFi και παρέχει ένα τσιπ χαμηλού κόστους με μια πλήρη στοίβα TCP / IP και έναν μικροελεγκτή. Τροφοδοτείται από 3.3v και διαθέτει επεξεργαστή 106 Mhz Tensilica Xtensa LX80, 64 KB RAM για οδηγίες και 96 KB για δεδομένα. Επιπλέον διαθέτει 16 ακροδέκτες GPIO, αποκλειστικές καρφίτσες UART και διεπαφή SPI και I2C.

Περίληπτικά μερικές από τις δυνατότητες που παρέχει το ESP8266 είναι:

- CPU Tensilica Xtensa L106 32-bit RISC 80Mhz
- Μετατροπέας ADC 10-bit
- RAM 64KB i / 96KB d
- GPIO 16 ακίδων (δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν όλα, επίσης το GPIO16 είναι συνδεδεμένο στο RTC ή στο Ρολόι πραγματικού χρόνου)
- UART
- SPI
- I2C
- Τάση 3v και 3.6v
- Ένταση 80Ma
- Θερμοκρασία λειτουργίας -40 έως 125°C
- WiFi IEEE 802.11 b / g / n με υποστήριξη IPv4 και πρωτόκολλα TCP / UDP / HTTP / HTTPS / FTP
- Κατανάλωση 0.0005 έως 170 mA ανάλογα με την ισχύ του σήματος
- Λειτουργίες: Ενεργή λειτουργία (ενεργή), Λειτουργία ύπνου (κοιμισμένη), Βαθιά ύπνο (βαθύς ύπνος) - Επηρεάζει την κατανάλωση



Εικόνα 2.16 WeMos d1 mini ESP8266

Το WeMos D1 mini είναι μια ασύρματη πλακέτα ανάπτυξης μικροελεγκτή (Wifi). Μπορεί να μετατρέψει τον ασύρματο μικροελεγκτή ESP8266 σε μια ολοκληρωμένη πλακέτα ανάπτυξης. Ο προγραμματισμός του WeMos D1 mini είναι πολύ απλός, είναι σχεδόν τόσο απλός όσο ο προγραμματισμός οποιουδήποτε άλλου μικροελεγκτή με βάση το Arduino, καθώς η μονάδα διαθέτει μια ενσωματωμένη διεπαφή microUSB η οποία επιτρέπει στη μονάδα να προγραμματιστεί απευθείας από το Arduino IDE (απαιτείται η προσθήκη της υποστήριξης ESP8266 μέσω του board manager) χωρίς επιπλέον εξαρτήματα.

2.3.2 Αισθητήρες μέτρησης απόστασης

Ο HC-SR04 είναι ένας αισθητήρας που μετράει την απόσταση μέσω των υπερήχων. Διαθέτει έναν πομπό και ένα δέκτη υπερήχων, καθώς και 4 ακροδέκτες. Οι δύο ακριανοί ακροδέκτες VCC και GND, χρησιμεύουν για τη τροφοδοσία του αισθητήρα και συνδέονται με τάση εισόδου 5V και τη γείωση αντίστοιχα. Ο ακροδέκτης Trig χρησιμοποιείται για την εκκίνηση της διαδικασίας μέτρησης της απόστασης, ενώ ο Echo χρησιμοποιείται για την έξοδο της μέτρησης. Οι δύο αυτοί ακροδέκτες συνδέονται σε δύο ψηφιακές ακίδες του Arduino.

Ο αισθητήρας υπερήχων χρησιμοποιεί δύο διατάξεις. Η μία είναι για να στείλει ένα υπερηχητικό σήμα κι η άλλη προκειμένου να το λάβει να το λάβει. Έτσι, μέσω του χρόνου που έχει μεσολαβεί από το να στείλει το σήμα μέχρι να το λάβει πίσω έχουμε τη δυνατότητα να υπολογίσουμε την απόσταση στην οποία βρίσκεται το αντικείμενο του ενδιαφέροντος μας. Ένας κλασικό τέτοιο αισθητήρας είναι και ο HC-SR04 Ultrasonic Distance Sensor.

Για τη συνδεσμολογία αυτού του αισθητήρα χρησιμοποιούμε τέσσερα καλώδια. Το ένα είναι για την πηγή (Vcc – 5V), άλλο είναι για τη γείωση (GND), το επόμενο πάει σε ένα pin του οποίου η ύπαρξη εξυπηρετεί στο να στέλνουμε σήμα (trigger) και το τελευταίο πάει σε ένα pin από το οποίο λαμβάνουμε σήμα που επιστρέφει (Echo). Το Pin για το trigger θα οριστεί ως εξόδου, ενώ το Pin για το echo ως εισόδου στη συνάρτηση setup(). Η αποστολή σήματος γίνεται δίνοντας τάση στο trigger.

Δηλαδή:

```
digitalWrite(trigPin, HIGH); //δίνω τάση, αρχίζω να στέλνω σήμα  
delayMicroseconds(10); //αφήνω λίγο χρόνο για την αποστολή  
digitalWrite(trigPin, LOW); //μηδενίζω την τάση, σταματά η αποστολή σήματος
```


ενώ παίρνουμε το χρόνο που πέρασε μέχρι να επιστρέψει το σήμα στο echo με την εντολή
`duration = pulseIn(echoPin, HIGH);`

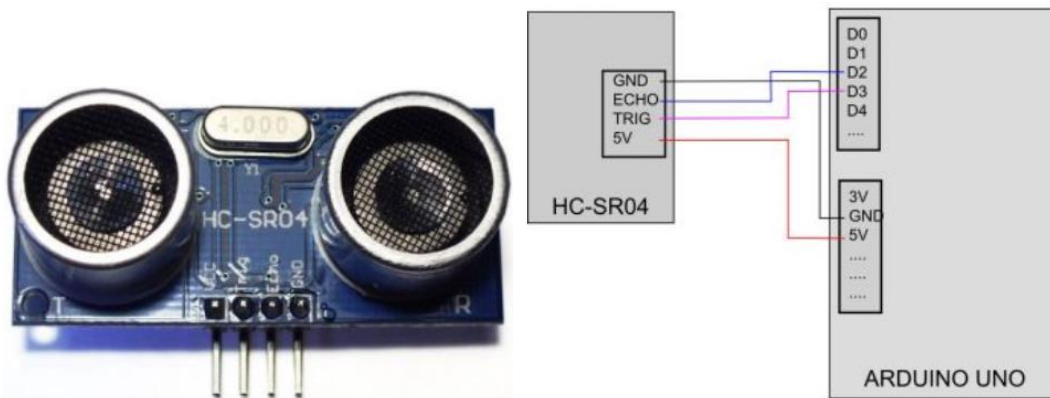
Ο υπολογισμός της απόστασης (σε cm) γίνεται βασιζόμενοι στην ταχύτητα του ήχου, δηλαδή
`distance = duration/58.138;` ή `distance = duration/58.2;`

Η τιμή 58.138 έρχεται από τον κατασκευαστή και προκύπτει από την ταχύτητα του ήχου. Επειδή οι μετρήσεις είναι εμπειρικές, λεπτομερής παρατήρηση θα μας δώσει ίσως λεπτομερέστερες τιμές. Για παράδειγμα άλλη εφαρμογή με τον ίδιο αισθητήρα προτείνει τη διαίρεση με 58.2 (στην πρώτη περίπτωση έχουμε trigger (αποστολή) για 2μs και στη δεύτερη για 10μs.

Ο γενικό τύπος που χρησιμοποιείται είναι:

$$\text{distance} = ((\text{διάρκεια παλμού HIGH}) * (\text{ταχύτητα ήχου: } 340\text{m/s})) / 2$$

Διαιρούμε με το 2, διότι το σήμα πήγε και ήρθε, δηλαδή έχει διανύσει διπλάσια απόσταση. Η διάρκεια του παλμού έχει δοθεί από την `pulseIn` σε microseconds (10⁻⁶ sec). Στη πραγματικότητα όλες αυτές οι μετρήσεις είναι εμπειρικές, γεγονός οδηγεί στην ύπαρξη αποκλίσεων.



Εικόνα 2.17 Αισθητήρας υπερήχων και ο τρόπος συνδεσμολογίας του

2.3.3 Αισθητήρες μέτρησης βάρους

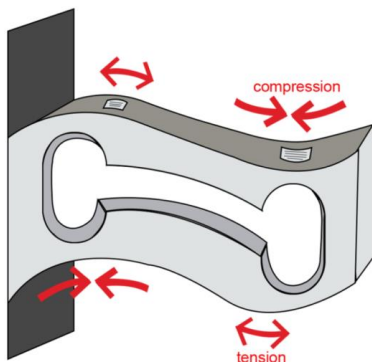
Οι κυψέλες φορτίου συναντιούνται σε μεγάλα ποσοστά στις βιομηχανικές εγκαταστάσεις. Τα χαρακτηριστικά που το κάνουν ιδανικό είναι η εξαιρετική του ακρίβεια, το πόσο ευέλικτο μπορεί να γίνει και η καλή σχέση απόδοσης τιμής που έχει. Δομικά, μια κυψέλη φορτίου αποτελείται ένα μεταλλικό σώμα στο οποίο έχουν στερεωθεί μετρητές καταπόνησης. Το σώμα είναι κατασκευασμένο από αλουμίνιο, κράμα χάλυβα ή ανοξείδωτο χάλυβα υλικά που το καθιστούν πολύ στιβαρό αλλά και ελαφρύς ελαστικό. Ο όρος "στοιχείο ελατηρίου" οφείλετε σε αυτή του την ελαστικότητα και αναφέρεται στο σώμα της κυψέλης φορτίου. Όταν ασκείται δύναμη στο δυναμικό στοιχείο, το στοιχείο ελατηρίου θα υποστεί μία ελαφρά παραμόρφωση και εκτός εάν υπερφορτωθεί, θα επιστρέψει πάλι στο αρχικό του σχήμα. Μαζί με τη παραμόρφωση του στοιχείου του ελατηρίου, αλλάζουν σχήμα και οι μετρητές καταπόνησης. Η μεταβολή της αντίστασης που προκύπτει στους μετρητές καταπόνησης μπορεί να μετρηθεί ως τάση. Η αλλαγή της τάσης είναι ανάλογη με την ποσότητα της δύναμης που ασκείται στο στοιχείο.

Η κυψέλη φορτίου είναι ένας αισθητήρας που μπορεί να μετατρέψει ένα φορτίο που ενεργεί σε αυτό σε ηλεκτρονικό σήμα. Αυτό το ηλεκτρονικό σήμα μπορεί να μεταφραστεί ως μια αλλαγή στη τάση ή αλλαγή στο ρεύματος ή ακόμη και αλλαγή στη συχνότητα, ανάλογα με τον τύπο της κυψέλης φορτίου και τα κυκλώματα που χρησιμοποιούνται.

Η ανθεκτική κυψέλη φορτίου λειτουργεί με βάση την αρχή της πιεζο-αντίστασης. Όταν εφαρμόζεται φορτίο στον αισθητήρα, αλλάζει την αντοχή του. Αυτή η αλλαγή στην αντίσταση προκαλεί αλλαγή της τάσης εξόδου όταν εφαρμόζεται τάση εισόδου

Μια κυψέλη φορτίου κατασκευάζεται με τη χρήση ενός ελαστικού μέλους (με πολύ επαναλαμβανόμενο μοτίβο εκτροπής), στο οποίο συνδέονται διάφοροι μετρητές τάσης.

Στη συγκεκριμένη κυψέλη φορτίου που φαίνεται από κάτω, υπάρχουν συνολικά τέσσερις μετρητές τάσης που συνδέονται με τις ανώτερες και χαμηλότερες επιφάνειες της κυψέλης φορτίου.



Εικόνα 2.18 Τρόπος λειτουργίας κυψέλης φορτίου

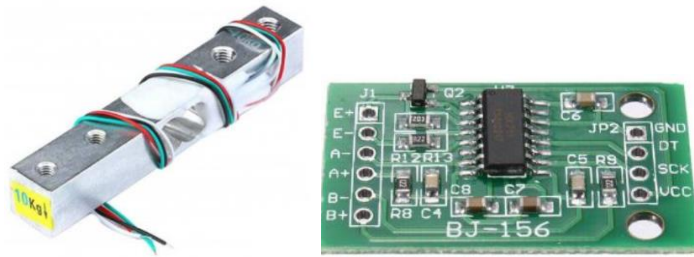
Όταν ένα φορτίο τοποθετείτε πάνω στο σώμα μιας ανθεκτικής κυψέλης φορτίου όπως φαίνεται παραπάνω, το ελαστικό μέλος, εκτρέπεται και ως εκ τούτου δημιουργείτε ένα στέλεχος σε αυτές τις θέσεις εξαιτίας της πίεσης που εφαρμόζεται. Ως αποτέλεσμα, δύο από τους μετρητές πίεσης είναι σε συμπίεση, ενώ οι άλλοι δύο βρίσκονται σε ένταση.

Κατά τη διάρκεια μιας μέτρησης, το βάρος δρα στο μεταλλικό ελατήριο του κυττάρου φορτίου προκαλώντας ελαστική παραμόρφωση.

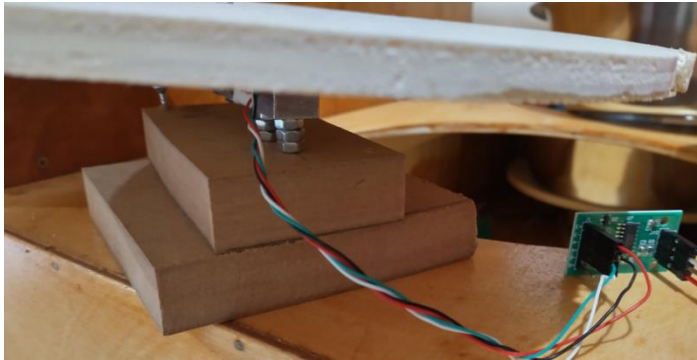
Αυτό το στέλεχος (θετικό ή αρνητικό) μετατρέπεται σε ηλεκτρικό σήμα από μετρητή τάσης (SG) εγκατεστημένο στο στοιχείο ελατηρίου. Ο απλούστερος τύπος κυψελών φορτίου είναι μια δέσμη κάμψης με μετρητή τάσης.

Χρησιμοποιούμε το κύκλωμα γεφυρών wheatstone για να μετατρέψουμε αυτήν την αλλαγή στην πίεση/την αντίσταση στην τάση η οποία είναι ανάλογη με το φορτίο.

Αυτόνομο σύστημα φροντίδας αδέσποτων ζώων



Εικόνα 2.19 Αισθητήρας φορτίου και μικροελεγκτής HX711



Εικόνα 2.20 Τελική μορφή αισθητήρα φορτίου συνδεδεμένου με το HX711

+++++

Οι κυψέλες φορτίου χρησιμοποιούνται κυρίως για τη μέτρηση του βάρους σε ένα βιομηχανικό περιβάλλον. Μπορούν να εγκατασταθούν σε χοάνες, αντιδραστήρες κ.λπ., για τον έλεγχο της χωρητικότητας βάρους τους, η οποία είναι συχνά υψίστης σημασίας για μια βιομηχανική διαδικασία. Ορισμένα χαρακτηριστικά απόδοσης των κυψελών φορτίου πρέπει να καθοριστούν ώστε να επιβεβαιωθεί αν ανταπεξέλθουν στις απαιτήσεις του χρήστη. Μεταξύ αυτών των σχεδιαστικών χαρακτηριστικών είναι:

- Συνδυασμένο σφάλμα
- Ελάχιστο διάστημα επαλήθευσης
- Ανάλυση

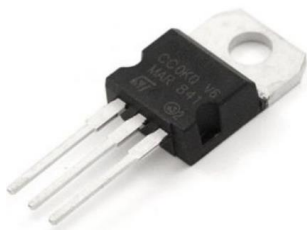
Με την πάροδο των χρόνων, οι κυψέλες φόρτωσης μετακινούνται, γερνούν και κακοευθυγραμμίζονται. Αυτό σημαίνει ότι, πρέπει να βαθμονομούνται τακτικά για να εξασφαλίζονται τα ακριβή αποτελέσματα. Το ISO9000 και τα περισσότερα άλλα πρότυπα καθορίζουν ως μέγιστη περίοδο από περίπου 18 μήνες έως 2 χρόνια μέχρι την επόμενη επαναβαθμονόμηση, ανάλογα με τη φθορά που έχουν υποστεί οι κυψέλες φορτίου. Η ετήσια επαναβαθμονόμηση θεωρείται η βέλτιστη λύση για τη λήψη σωστών μετρήσεων.

Οι τυπικές δοκιμές βαθμονόμησης θα χρησιμοποιούν τη γραμμικότητα και την επαναληψιμότητα ως κατευθυντήρια γραμμή βαθμονόμησης, καθώς και οι δύο χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό της ακρίβειας. Η βαθμονόμηση εκτελείται σταδιακά ξεκινώντας την εργασία με αύξουσα ή φθίνουσα σειρά. Για παράδειγμα, στην περίπτωση κυψέλης φορτίου 60 τόνων, τότε

μπορούν να χρησιμοποιηθούν ειδικά βάρη δοκιμής που μετρούνται σε προσαυξήσεις 5, 10, 20, 40 και 60 τόνων. μια διαδικασία βαθμονόμησης πέντε βημάτων είναι συνήθως επαρκής για να διασφαλιστεί ότι μια συσκευή είναι βαθμονομημένη με αρκετά μεγάλη ακρίβεια.

2.4 Ρυθμιστής τάσης

Ο ρυθμιστής τάσης είναι ένας μετατροπέας ο οποίος χρησιμοποιείτε για να ελέγξει τη τάση , το ρεύμα και την μέση ισχύ σε ένα κύκλωμα. Στην προκειμένη περίπτωση ο ρυθμιστής τάσης έχει χρησιμοποιηθεί για να ρίξει την τάση που παίρνουμε από το κύκλωμα που είναι 12V στα 5V και στα 3,3V. Ο λόγος που θέλουμε να ρίξουμε τη τάση στα 5V και στα 3,3V είναι διότι αυτή είναι η τάση λειτουργίας των περισσότερων κυκλωμάτων που χρησιμοποιούμε. Για να γίνουμε ποιο συγκεκριμένοι, τα wemos χρειάζονται 3,3V για να λειτουργήσουν, ενώ οι αισθητήρες απόστασης θέλουν 5V. Λόγος είναι ότι σε μικρότερη τάση τα κυκλώματα δε θα λειτουργούν ενώ σε μεγαλύτερη έχουν κίνδυνο να καταστραφούν.



Εικόνα 2.21 Ρυθμιστής τάσης

2.5 Ελεγκτής φόρτισης

Ένας ηλιακός ελεγκτής φορτίου MPPT σημαίνει “Μέγιστη παρακολούθηση ισχύος”. Είναι υπεύθυνος να μετρήσει την τάση V_{mp} του πίνακα και να μετατρέψει τη φωτοβολταϊκή τάση στην τάση της μπαταρίας. Λόγο του ότι η ισχύς στον ελεγκτή φόρτισης ισούται με την ισχύ εξόδου από τον ελεγκτή φόρτισης, όταν η τάση πέσει ώστε να ταιριάζει με την τράπεζα μπαταρίας, το ρεύμα θα αυξηθεί, έτσι χρησιμοποιείτε περισσότερη διαθέσιμη ισχύς από τον πίνακα. Γι αυτό χρησιμοποιούμε μια ηλιακή συστοιχία υψηλότερης τάσης από την μπαταρία. Με ένα ηλιακό πάνελ 18V είμαστε σε θέση να φορτίσουμε μια τράπεζα μπαταριών 12V.



Εικόνα 2.22 Ελεγκτής ηλιακής φόρτισης-10A

2.6 Αντλία υγρών

Η αντλία νερού είναι ένας ηλεκτρομηχανικός κινητήρας που χρησιμοποιείται για την αύξηση της πίεσης του νερού ώστε να το μετακινήσει από το ένα σημείο στο άλλο. Οι σύγχρονες αντλίες νερού χρησιμοποιούνται σε όλο τον κόσμο για την παροχή νερού για δημοτικές, βιομηχανικές, γεωργικές και οικιακές χρήσεις.

Οι αντλίες νερού χρησιμοποιούνται επίσης για τη μετακίνηση των λυμάτων σε μονάδες επεξεργασίας λυμάτων. Οι σύγχρονες αντλίες νερού οδηγούνται συνήθως από ηλεκτρισμό, αλλά χρησιμοποιούνται και άλλες πηγές ενέργειας - για παράδειγμα, κινητήρες ντίζελ ή βενζίνης. Σε ορισμένες απομακρυσμένες περιοχές, όπως οι περιοχές της ερήμου, μπορεί να χρησιμοποιηθούν ηλιακά πάνελ για την παροχή ενέργειας σε μικρές αντλίες.

Στην προκειμένη περίπτωση η αντλία θα χρησιμοποιηθεί, για να πραγματοποιηθεί η μεταφορά νερού από το δοχείο αποθήκευσης στο μπολ του νερού. Θα μπορούσαμε φυσικά να χρησιμοποιήσουμε ένα φλοτέρ όμως, σε αυτή τη περίπτωση το σύστημά μας δε θα ήταν τελείως αυτόνομο και θα χρειαζόταν να υπάρχει στο σημείο και μία παροχή νερού. Με αυτό το τρόπο εξασφαλίζουμε ότι η συσκευή θα είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθεί και σε ποιο απομονωμένες περιοχές.



Εικόνα 2.23 Αντλία υγρών-12V

2.7 Πληροφοριακά υποσυστήματα

2.7.1 Arduino IDE

Το Arduino IDE είναι το λογισμικό της αναπτυξιακής πλατφόρμας Arduino. Πρόκειται για ένα ολοκληρωμένο προγραμματιστικό περιβάλλον, εντός του οποίου γίνεται η σύνταξη του προγράμματος και φορτώνεται στην εκάστοτε πλακέτα.

Για να γίνει φόρτωση ενός πρόγραμμα από το Arduino IDE σε μία πλακέτα, πρέπει πρώτα να συνδεθεί η πλακέτα με τον υπολογιστή μέσω ενός κατάλληλου καλωδίου USB. Αν έχουν φορτωθεί σωστά οι drivers ο υπολογιστής βλέπει την πλακέτα Arduino ως μία εικονική σειριακή θύρα. Το επόμενο βήμα είναι να οριστεί στο IDE ο τύπος της πλακέτας που έχει συνδεθεί. Για το σκοπό αυτό, από το μενού επιλέγεται η καρτέλα Εργαλεία και στη συνέχεια η επιλογή Πλακέτα. Από τη λίστα που εμφανίζεται επιλέγεται ο κατάλληλος τύπος πλακέτας.

Στη συνέχεια ορίζουμε τη σειριακή θύρα στην οποία βλέπει ο υπολογιστής μας την πλακέτα. Από το μενού πατάμε Εργαλεία και στη συνέχεια βάζουμε το ποντίκι πάνω στην επιλογή Θύρα. Εμφανίζεται μία λίστα με τις διαθέσιμες σειριακές θύρες του υπολογιστή και επιλέγουμε την κατάλληλη.

Αφού οριστεί η σειριακή θύρα, το πρόγραμμα φορτώνεται στην πλακέτα με το πάτημα του σχετικού εικονιδίου στο περιβάλλον Arduino IDE.

2.7.2 Graphana

Το Graphana είναι ένα λογισμικό ανάλυσης και παρακολούθησης. Είναι ανοιχτού κώδικα, πλούσιο σε χαρακτηριστικά, ισχυρό, κομψό και με απίστευτη επεκτασιμότητα. Μπορεί να τρέξει σε Gnu / Linux, Windows και MacOS. Είναι ένα λογισμικό ανάλυσης δεδομένων, το οποίο χρησιμοποιείται σε μερικούς πολύ συγκεκριμένους -γνωστούς ιστοτόπους, όπως Stack Overflow, PayPal ή Uber.

Υποστηρίζει πάνω από 30 πηγές ανοιχτού κώδικα, καθώς και εμπορικές βάσεις δεδομένων / πηγές δεδομένων, όπως MySQL, PostgreSQL, Graphite, Elasticsearch, OpenTSDB, Prometheus και InfluxDB. Με την Grafana προσφέρεται η δυνατότητα διερεύνησης μεγάλου όγκου επιχειρησιακών δεδομένων σε πραγματικό χρόνο.

Πρέπει να σημειωθεί ότι η Grafana επιτρέπει τη δημιουργία πολλαπλού ανεξάρτητου οργανισμού. Ο καθένας θα διαθέτει το δικό του περιβάλλον χρήσης (διαχειριστές, πηγές δεδομένων, πίνακες και χρήστες).

Το Grafana προσφέρει:

- Κομψά γραφικά για οπτικοποίηση δεδομένων. Τα γραφικά είναι γρήγορα και ευέλικτα, με μεγάλη γκάμα επιλογών.
- Τη δυνατότητα χρήσης δυναμικών και επαναχρησιμοποιήσιμων πάνελ.
- Επεκτασιμότητα. Δίνει τη δυνατότητα χρήσης πολλών πάνελ και πρόσθετων διαθέσιμων στην επίσημη βιβλιοθήκη.
- Πιστοποίηση ταυτότητας μέσω LDAP, Google Auth, Grafana.com και Github.
- Υποστηρίζει θερμά τη συνεργασία ενεργοποιώντας ανταλλαγή δεδομένων και πίνακες ελέγχου μεταξύ ομάδων.
- Την επιλογή της δοκιμής πριν πραγματοποιηθεί η εγκατάστασή του σε υπολογιστή.

2.7.3 InfluxDB

Το InfluxDB αποτελεί μια βάση δεδομένων χρονοσειρών ανοιχτού κώδικα (TSDB), η οποία αναπτύχθηκε από την εταιρεία InfluxData. Είναι γραμμένο στη γλώσσα προγραμματισμού Go για αποθήκευση και ανάκτηση δεδομένων χρονοσειρών σε πεδία, επίσης η παρακολούθηση λειτουργιών, οι μετρήσεις εφαρμογών, τα δεδομένα αισθητήρων Διαδικτύου των πραγμάτων και η ανάλυση σε πραγματικό χρόνο. Διαθέτει επίσης υποστήριξη για την επεξεργασία δεδομένων από το Graphite.

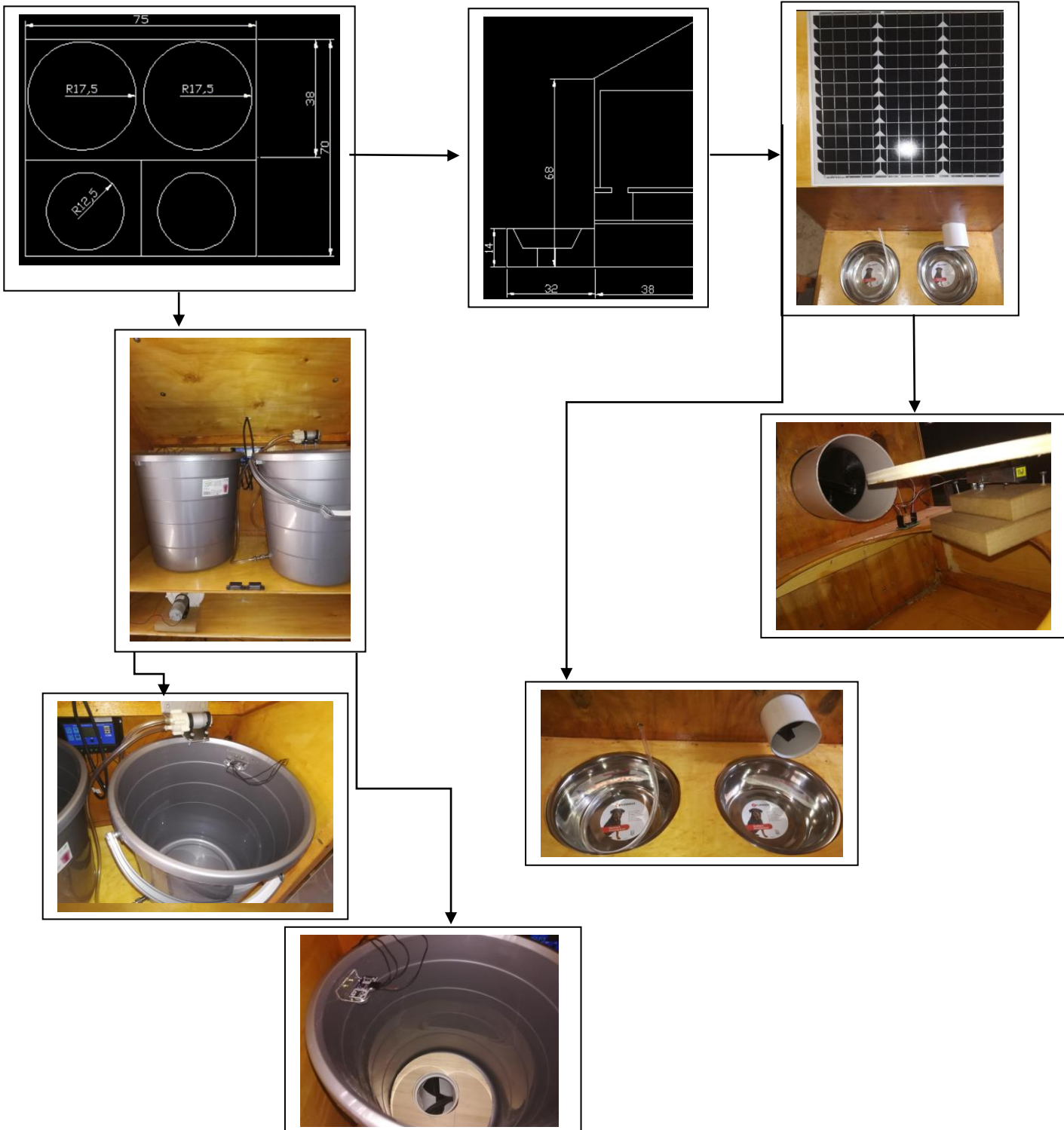
Το InfluxDB δεν έχει εξωτερικές εξαρτήσεις, ενώ παρέχει μια γλώσσα τύπου SQL με ενσωματωμένες χρονοκεντρικές συναρτήσεις για την αναζήτηση μιας δομής δεδομένων που αποτελείται από μετρήσεις, σειρές και σημεία. Κάθε σημείο αποτελείται από πολλά ζεύγη κλειδιών-τιμών που ονομάζονται σύνολο πεδίων και μια χρονική σήμανση. Όταν ομαδοποιούνται από ένα σύνολο ζευγών κλειδιών-τιμών που ονομάζονται σύνολο ετικετών, αυτά ορίζουν μια σειρά. Τέλος, οι σειρές ομαδοποιούνται με ένα αναγνωριστικό συμβολοσειράς για να σχηματίσουν μια μέτρηση.

Οι τιμές μπορεί να είναι ακέραιοι αριθμοί 64 bit, , συμβολοσειρές και booleans. Τα σημεία καταχωρούνται με βάση το χρόνο και το σύνολο ετικετών τους. Οι πολιτικές διατήρησης ορίζονται σε μια μέτρηση και ελέγχουν τον τρόπο με τον οποίο γίνεται η μείωση και η διαγραφή των δεδομένων. Τα συνεχή ερωτήματα εκτελούνται περιοδικά, αποθηκεύοντας τα αποτελέσματα σε μια μέτρηση στόχου.

3 Κεφάλαιο 3^ο: Σχεδιασμός και ανάπτυξη τεχνικής λύσης

Η προτεινόμενη λύση αποτελείται από τρία κύρια δομικά στοιχεία. Το μηχανικό/ μηχανολογικό, το ηλεκτρικό ηλεκτρονικό και το προγραμματιστικό. Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζεται το κάθε δομικό στοιχείο αυτόνομο αλλά και το σύνολο της λύσης με στόχο να γίνει αντιληπτός τόσο ο τρόπος σχεδιασμού όσο και η ανάπτυξη του συστήματος σίτισης.

3.1 Μηχανικό μηχανολογικό σχέδιο



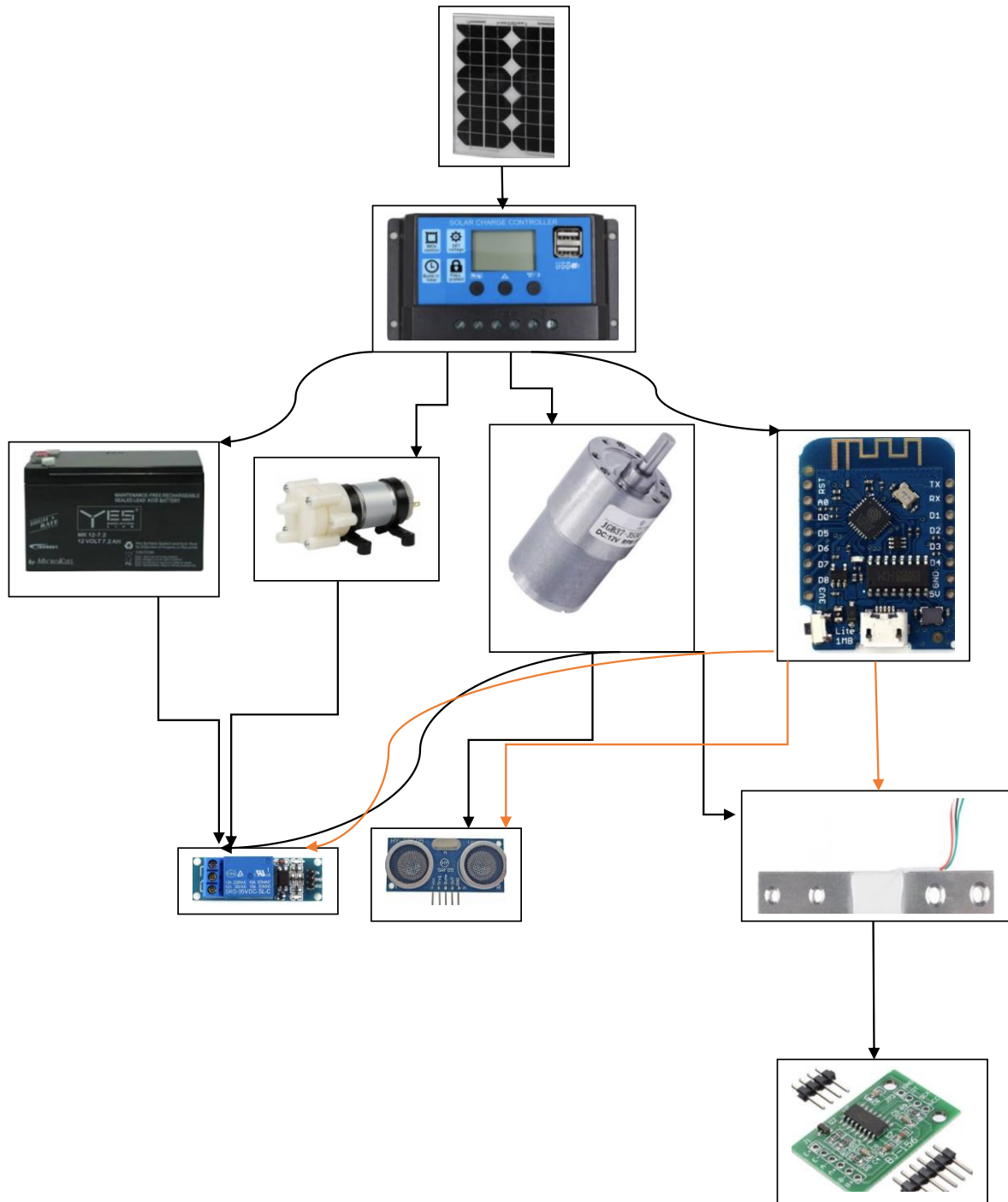
Το εξωτερικό μέρος της κατασκευής είναι φτιαγμένο από ξύλο κόντρα πλακέ, καθώς είναι ποιο ανθεκτικό και δε διατρέχει κίνδυνο να ανοίξει από την υγρασία, όπως θα συνέβαινε στο MDF. Η πλάτη της κατασκευή είναι φτιαγμένη από πλεξιγκλάς, ώστε να μπορούμε να έχουμε μία καλύτερη εικόνα της κατασκευή χωρίς να χρειαστεί να ανοίξουμε την κατασκευή. Εσωτερικά της κατασκευής υπάρχουν δύο ράφια από MDF εκ των οποίων η χρήση του πρώτου ραφίου εξυπηρετεί στη τοποθέτηση και στήριξη του σωλήνα που θα τροφοδοτεί το μπολ με φαγητό σε ύψος μεγαλύτερο του τροφοδοχείου, αλλά και του κινητήρα που θα χρειαστεί για τη τροφοδοσία του μπολ σίτισης. Το δεύτερο ράφι εξυπηρετεί στη στήριξη των δοχείων αποθήκευσης νερού και φαγητού τα οποία θα πρέπει να βρίσκονται σε μεγαλύτερο ύψος όχι μόνο από τα τροφοδοχεία αλλά και από το σωλήνα τροφοδοσίας, καθώς ο διαμοιρασμός της τροφής από το δοχείο αποθήκευσης στη σωλήνα τροφοδοσίας συμβαίνει μέσω της βαρυτικής δύναμης. Από την άλλη η αντλία είναι τοποθετημένη σε ψηλότερο σημείο από το δοχείο φύλαξης του νερού γιατί σε διαφορετική περίπτωση το νερό θα περνούσε ανεξέλεγκτα από την αντλία.

Επίσης πέρα από το κεντρικό κουτί το οποίο περιλαμβάνει τα δοχεία αποθήκευσης, υπάρχει και μία προέκταση πάνω στην οποία έχουμε τοποθετήσει δύο ανοξείδωτα μπολ (για να είναι ποιο ανθεκτικά). Κάτω από το κάθε μπολ υπάρχει μία κυψέλη φορτίου. Οι κυψέλες φορτίου μετράνε το βάρος του κάθε μπολ ξεχωριστά, όταν το βάρος πέσει κάτω από έναν συγκεκριμένο αριθμό τότε δίνεται εντολή στο ρελέ που συνδέετε με το κύκλωμα της αντίστοιχης κυψέλης να ανοίξει. Με αυτό το τρόπο ο κινητήρας ή η αντλία (γεγονός που εξαρτάτε από το ποιο μπολ έχει πάνω της η κάθε κυψέλη) διαρρέονται από ρεύμα και ξεκινάει η λειτουργία τους, ώστε να γεμίσει το μπολ που πρέπει.

Όμως, όπως σε κάθε δοχείο αποθήκευσης έτσι και εδώ υπάρχει πιθανότητα να τελειώσει το περιεχόμενό του χωρίς να γεμίσει ξανά μέχρι και την επόμενη ημέρα. Αυτό θα πει ότι θα υπήρχε άσκοπη χρήση και κατά συνέπεια ταχύτερη φθορά τόσο του κινητήρα όσο και της αντλίας. Προκειμένου να το αποτρέψουμε αυτό από το να συμβεί αλλά και να μπορούμε να επιβλέπουμε το ύψος του νερού ή του φαγητού μέσα στα δοχεία αποθήκευσης έχουν τοποθετήσει πάνω στο κάθε δοχείο από έναν αισθητήρα που μετράει την απόσταση. Κατά συνέπεια όταν η αποθηκευμένη ύλη μέσα στο δοχείο φτάνει στο τέλος της ο εν λόγω αισθητήρας δίνει σήμα στο αντίστοιχο ρελέ κάθε φορά να μην ανοίξει ακόμη και στη περίπτωση που το τροφοδοχείο είναι τελείως άδειο.

Προκειμένου οι ταΐστρες να μπορούν να τοποθετηθούν σε διάφορα σημεία μέσα σε μία πόλη ακόμη και σε αυτά που δεν υπάρχει τροφοδοσία ρεύματος έχει τοποθετηθεί στη κορυφή τους ηλιακά πάνελ μαζί με επαναφορτιζόμενες μπαταρίες. Με αυτό το τρόπο δεν ελαχιστοποιούμε μόνο το αποτύπωμα της συσκευής στο περιβάλλον αλλά ταυτόχρονα δίνουμε τη δυνατότητα σε περισσότερα αδέσποτα να σιτιστούν, αφού ο μόνος περιορισμός της συσκευής είναι η έλλειψη ήλιου γεγονός που μας επιτρέπει να τη τοποθετήσουμε σχεδόν παντού.

3.2 Ηλεκτρικό / Ηλεκτρονικό σχέδιο



Με σκοπό να τροφοδοτήσουμε τα επιμέρους τμήματα της κατασκευής τα συνδέουμε με ένα ηλιακό πάνελ 18V το οποίο με τη σειρά του συνδέεται με έναν ελεγκτή φόρτισης. Ο ελεγκτής φόρτισης έχει ως κύριο στόχο να φορτίσει τη μπαταρία, έτσι ώστε το σύστημα να διατηρεί την αυτονομία του ακόμη και την ώρα που δεν υπάρχει ηλιακή ενέργεια, να τροφοδοτεί το σύστημα την ώρα που δε χρειάζεται τη μπαταρία και να αποθηκεύει (αντί να πετάει) αυτή που δε χρειάζεται, όπως επίσης και να μειώνει τη καταπόνηση της μπαταρίας αυξάνοντας το μέσο όρο ζωής της.

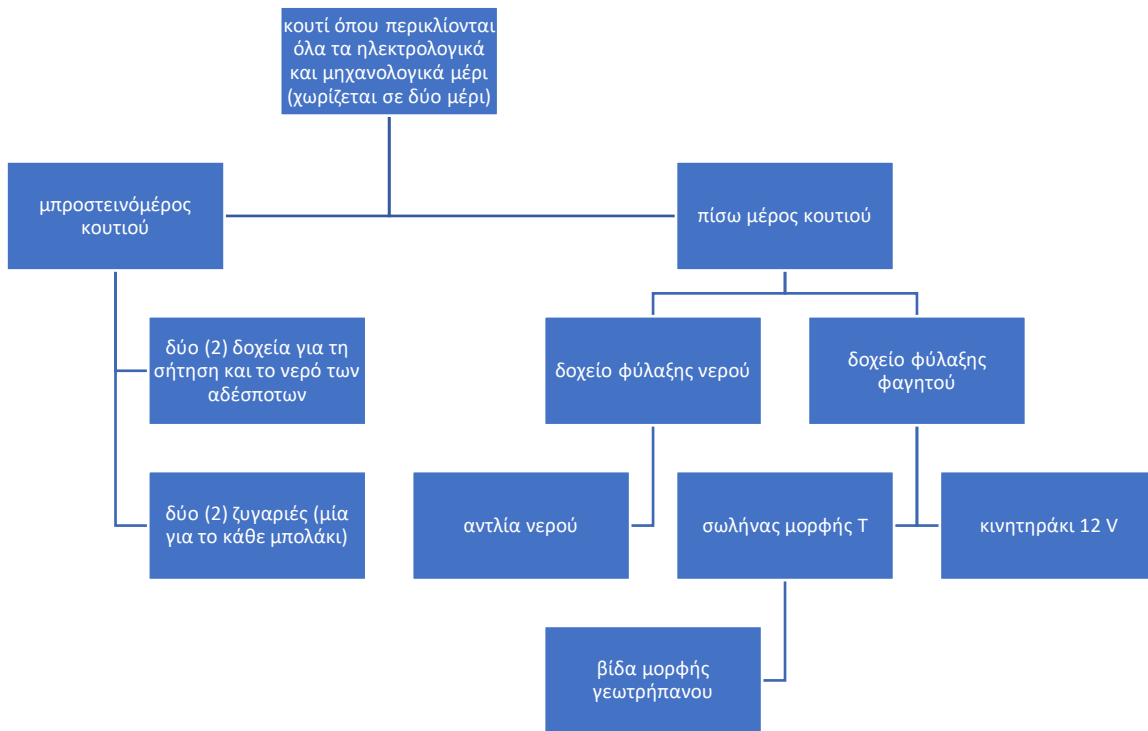
Με το ρυθμιστή φόρτισης συνδέονται όλα τα στοιχεία τα οποία χρειάζονται άμεσα ρεύμα όπως η μπαταρία, η αντλία, ο κινητήρας και το wemos. Στη συνέχεια συνδέουμε το wemos με τον αισθητήρα βάρους, τον αισθητήρα απόστασης και το ρελέ ώστε να μπορούν να λαμβάνουν τις απαραίτητες για τη λειτουργία του κυκλώματος εντολές, ενώ ο αισθητήρας βάρους συνδέεται την ίδια στιγμή με το ΗΧ711 προκειμένου να μπορεί να λειτουργήσει σωστά.

Τέλος ο κινητήρας και η αντλία συνδέονται επίσης με τα ρελέ που είναι συνδεδεμένα στα wemos προκειμένου να είναι δυνατός ο χειρισμός τους και κατά συνέπεια η λειτουργία τους υπό συνθήκες.

4 Κεφάλαιο 4^ο:Λειτουργία

Σε αυτό το κεφάλαιο εξετάζονται τα δομικά στοιχεία από τα οποία αποτελείται η κατασκευή, τα ηλεκτρονικά που έχουν χρησιμοποιηθεί και ο τρόπος με τον οποίο συνδέονται μεταξύ τους, ο τρόπος λειτουργίας της αλλά και ο κώδικας που διατηρεί τη συνεχή λειτουργία της. Όλα τα παραπάνω παρουσιάζονται με διαγράμματα αλλά και σύντομα κειμενάκια τα οποία περιγράφουν ποιο διεξοδικά τα διαγράμματα.

4.1 Δομικά στοιχεία της κατασκευής

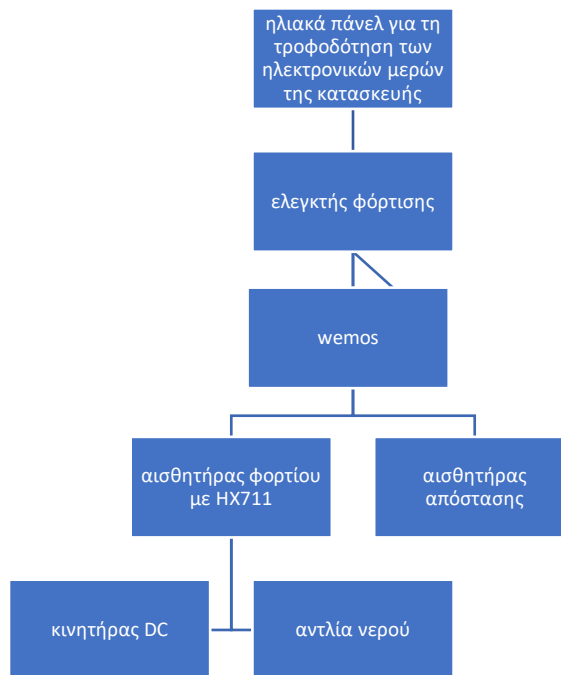


Ολόκληρη η κατασκευή περικλείεται από ένα κουτί το οποίο από τη μία κρατάει ασφαλή τα επιμέρους τμήματα της και από την άλλη δημιουργεί τις κατάλληλες συνθήκες για να λειτουργεί σωστά όλη η κατασκευή.

Η κατασκευή χωρίζεται σε δύο μέρη, στο μπροστινό και το πίσω. Στο μπροστινό μέρος της κατασκευής υπάρχουν δύο μπολ (ένα για φαγητό και ένα για νερό). Το κάθε μπολ είναι τοποθετημένο σε μία ζυγαριά μέσω των μετρήσεων της οποία το σύστημα επιλέγει αν και πόσο θα γεμίσει ο κάθε μπολ.

Το πίσω μέρος περιέχει δύο δοχεία φύλαξης. Το ένα δοχείο χρησιμοποιείτε για την αποθήκευση νερού, ενώ το άλλο για την αποθήκευση σκυλοτροφής. Το δοχείο με το αποθηκευμένο νερό είναι συνδεδεμένο με μία αντλία η οποία έχει ως σκοπό να τροφοδοτεί το μπολ στο μπροστινό μέρος της κατασκευής με νερό όταν αυτό αδειάζει. Το άλλο δοχείο που περιέχει τη τροφή είναι συνδεδεμένο με μία σωλήνα μορφής T της οποία η μία άκρη συνδέετε με τη βάση του δοχείου, ενώ η άλλη βγαίνει πάνω από το μπολ σίτισης. Ο σωλήνας μέσα περικλείει μία μύτη μορφής γεωτρήπανου η οποία με τη βοήθεια ενός κινητήρα περιστρέφεται και ωθεί το φαγητό προς τα έξω ώστε να γεμίσει το μπολ του σκύλου.

4.2 Διάγραμμα ηλεκτρονικών συνδέσεων



Η συσκευή για τη λειτουργία της χρησιμοποιεί λίγα και απλά στη χρήση τους ηλεκτρονικά κυκλώματα. Αρχικά ξεκινάει από τους αισθητήρες φορτίου που στην ουσία είναι η κινητήριος δύναμη σχεδόν όλου του συστήματος. Η δουλειά των αισθητήρων φορτίου είναι να ελέγχουν συνεχώς το βάρος των μπολ τα οποία είναι τοποθετημένα πάνω τους. Όταν το βάρος πέσει κάτω από έναν ορισμένο αριθμό (ο οποίος διαφέρει για το μπολ του φαγητού από εκείνον του νερού) τότε ο αισθητήρας φορτίου δίνει σήμα σε ένα ρελέ και αυτό με τη σειρά του κλίνει επιτρέποντας στο ρεύμα να το διαπεράσει. Από εκεί και πέρα ο κινητήρας για το φαγητό ή η αντλία για το νερό θα αρχίσουν να λειτουργούν έως ότου να έρθει πάλι το ανάλογο σήμα από τον αισθητήρα ότι το μπολ του φαγητού ή του νερού έχει φτάσει στο επιθυμητό όριο δίνοντας έτσι σήμα στο ρελέ να ανοίξει σταματώντας ταυτόχρονα τη τροφοδοσία του κινητήρα ή της αντλίας με ρεύμα.

Πέρα από τα μπολ δε θα πρέπει να ξεχνάμε τα δοχεία τροφοδοσίας τα οποία δεν είναι ανεξάντλητη πηγή φαγητού και νερού αντίστοιχα. Αυτό με απλά λόγια μεταφράζεται ότι θα πρέπει η αντλία ή ο κινητήρας να μη διαρρέεται από ρεύμα σε περίπτωση που κάποιο από τα δύο δοχεία είναι άδειο. Γι αυτό το λόγο έχουμε χρησιμοποιήσει στο εσωτερικό μέρος των δοχείων από έναν αισθητήρα ο οποίος μετρά την απόσταση. Έτσι όταν το περιεχόμενο των δοχείων δεν είναι επαρκές για να γεμίσει πλέον τα μπολ τότε ο αισθητήρας δίνει σήμα στο αντίστοιχο κάθε φορά ρελέ να μην κλείσει ακόμη και όταν κάποιο από τα μπολ είναι τελείως άδεια. Με αυτό τον τρόπο δεν υπάρχει ακατάσχετη σπατάλη ηλεκτρικού ρεύματος και επιπλέον καταπόνηση των μηχανικών μερών του κινητήρα και της αντλίας.

Προκειμένου να τροφοδοτήσουμε όλα αυτά τα ηλεκτρονικά αλλά χωρίς να περιορίζουμε τον αριθμό των σημείων όπου μπορεί να τοποθετηθεί σε μία περιοχή χρησιμοποιούμε ηλιακά πάνελ σε συνδυασμό με μία επαναφορτιζόμενη μπαταρία των 12V σαν αυτές που χρησιμοποιούμε στους συναγερμούς. Έτσι η συσκευή θα έχει ρεύμα για να λειτουργήσει τόσο σε ημέρες που δεν έχει επαρκές φως όσο και το βράδυ. Όμως για να μη καταστραφεί η μπαταρία λόγω εκφόρτισης αλλά και για να μπορούμε να τροφοδοτούμε το κύκλωμα χρησιμοποιούμε ρυθμιστή φόρτισης. Ο ρυθμιστής φόρτισης θα ρυθμίζει τη τάση ρεύματος που δέχεται η μπαταρία ενώ παράλληλα θα είναι υπεύθυνος για την απευθείας παροχή του συστήματος με σωστή τάση λειτουργίας.

4.3 Διάγραμμα λειτουργία

Μεταβλητές κυψέλης φορτίου

X= το μέγιστο βάρος που θα πρέπει να έχει το κάθε μπολ

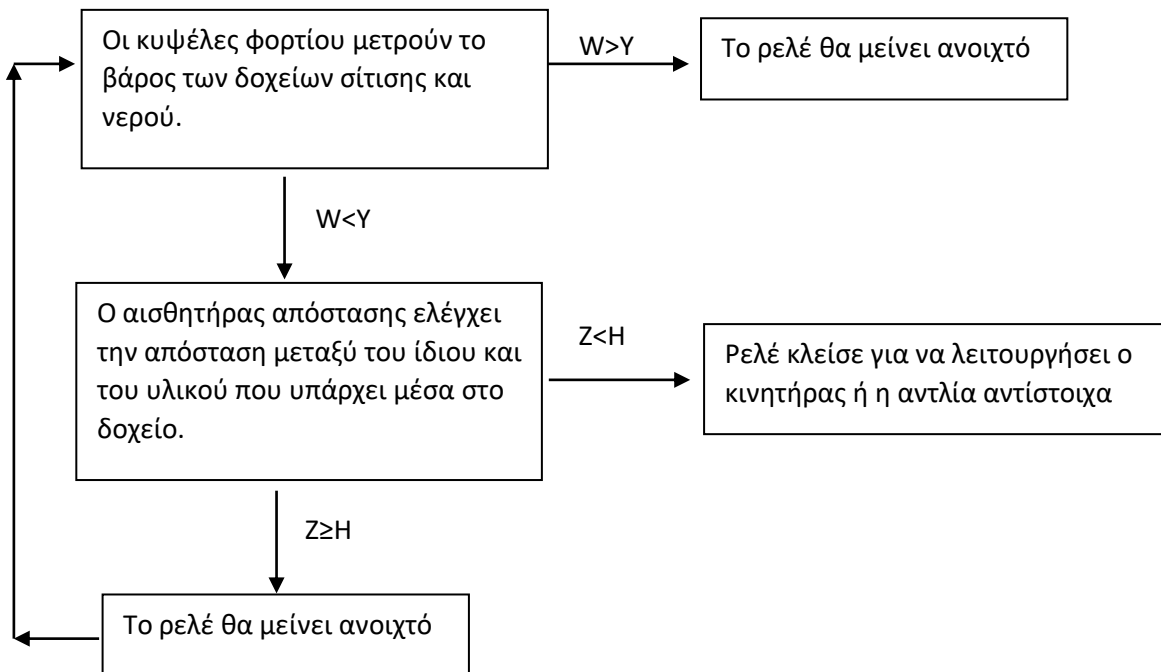
Y= ελάχιστο βάρος που μπορεί να έχει το κάθε μπολ

W=το βάρος που έχει εκείνη τη στιγμή

Μεταβλητές αισθητήρα απόστασης

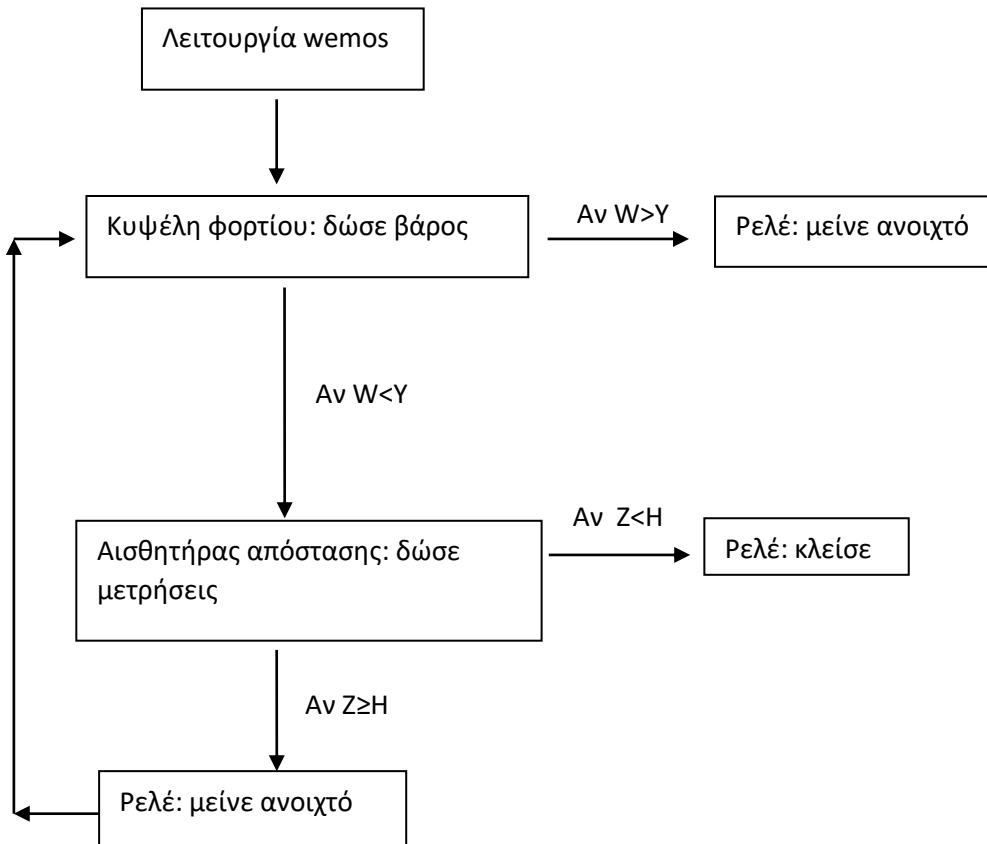
Z= αισθητήρας

H= η απόσταση από τον αισθητήρα μέχρι τη βάση του δοχείου



Σε πρώτο στάδιο οι κυψέλες φορτίου μετρούν το βάρος των δοχείων φαγητού και νερού. Όταν το βάρος είναι μικρότερο από τα 24 gr για το φαγητό και 80gr για το νερό, τότε ο αισθητήρας απόστασης μετράει την απόσταση που απέχει από το φαγητό ή νερό του δοχείου. Αν η μετρούμενη απόσταση είναι μικρότερη από τα 34cm (όπου 34cm η απόσταση του αισθητήρα από τον πάτο του δοχείου) τότε ο κινητήρας ή αντλία θα αρχίσουν να λειτουργούν μέχρι το άδειο μπολ να ξανά γεμίσει. Αν το βάρος του μπολ δεν έχει πέσει κάτω από τα 24 gr για το φαγητό και 80 gr για το νερό ή ο αριθμός που μετράει ο αισθητήρας απόστασης είναι 34cm τότε το ρελέ δεν θα κλείσει γεγονός που σημαίνει ότι ο κινητήρας ή η αντλία δε θα ξεκινήσουν.

4.4 Λειτουργία κώδικα



Το Wemos, καθώς ξεκινά τη λειτουργία του δίνει εντολή στη κυψέλη φορτίου να μετρήσει το βάρος του μπολ που βρήσκειται ακριβός από πάνω. Μόλις η κυψέλη φορτίου δώσει τις μετρήσεις γίνεται έλεγχος των τιμών:

αν $W > Y$ τότε το ρελέ παραμένει ανοιχτό

αλλιώς μετά λαμβάνουμε τις μετρήσεις του αισθητήρα απόστασης.

αν $Z \geq H$ τότε το ρελέ θα παραμείνει ανοιχτό

αν $Z < H$ τότε το ρελέ θα κλείσει και θα περάσει από μέσα του ρεύμα

5 Συμπεράσματα

Καθώς οι αλλαγές που μετράνε οι αισθητήρες της κατασκευής καταγράφονται μέσω του απομακρυσμένου συστήματος, θα υπάρχει η δυνατότητα μέσω μελέτης των αλλαγών αυτών να γίνουν κατανοητές τυχόν μεταβολές στον πληθυσμό των αδέσποτων. Επιπλέον θα είναι δυνατή η γνώση για το πότε τα δοχεία είναι άδεια προκειμένου να τα ξανά γεμίσουν οι αρμόδιοι χωρίς να είναι απαραίτητο να πάει κάποιος για να τα ελέγξει. Παρόλα αυτά λόγω του ότι η κατασκευή χρησιμοποιεί αρκετά ηλεκτρονικά είναι και ποιο επιρρεπής στο να χαλάσει, ενώ σε περίπτωση ολικής καταστροφής το κόστος πλήρης αντικατάστασής της είναι πολύ μεγαλύτερο από αυτό που θα είχε μία μεταλλική (απλού τύπου) ποτίστρα ταΐστρα.

Τέλος ένα πολύ σημαντικό πλεονέκτημα είναι, ότι λόγω της αυτονομίας της τόσο σε νερό όσο και φαγητό είναι επιτρεπτή η τοποθέτησή της σε οποιοδήποτε μέρος της πόλης θεωρείτε κατάλληλο έχοντας ως μόνο περιορισμό την ύπαρξη ήλιου για τη λειτουργία των συστημάτων. Αυτό πρακτικά σημαίνει ότι δεν είναι απαραίτητο για τις ποτίστρες-ταΐστρες να τοποθετηθούν σε σημεία όπου υπάρχει νερό, όπως για παράδειγμα τις πλατείες, καθώς αυτό πολλές φορές συνεπάγεται συσσώρευση πολλών αδέσποτων σε ένα σημείο το οποίο θα προσπαθήσουν να προστατεύσουν από πιθανές απειλές άρα θα παρατηρηθεί και αύξηση των επιθετικών συμπεριφορών από μέρους των αδέσποτων.

Βιβλιογραφία – Αναφορές - Διαδικτυακές Πηγές

1. <https://www.almyrosinfo.gr/article/%CE%B5%CF%85%CE%B8-%CE%B6%CE%B9%CE%B3%CE%B3%CE%B9%CF%81%CE%AF%CE%B4%CE%B7%CF%82-%CF%84%CE%BF-%CF%80%CF%81%CF%8C%CE%B2%CE%BB%CE%B7%CE%BC%CE%B1-%CF%84%CF%89%CE%BD-%CE%B1%CE%B4%CE%AD%CF%83%CF%80%CE%BF%CF%84%CF%89%CE%BD-%CE%B5%CE%AF%CE%BD%CE%B1%CE%B9-%CE%B5%CF%85%CE%B8%CF%8D%CE%BD%CE%B7-%CF%8C%CE%BB%CF%89%CE%BD-%CE%BC%CE%B1%CF%82>
2. <https://www.lifo.gr/tropos-zois/urban/ti-symbainei-me-ta-adespota-stin-ellada>
3. https://en.wikipedia.org/wiki/Load_cell
4. <https://instrumentationtools.com/load-cell-working-principle/>
5. <http://onlineseminaria.gr/eclass/modules/document/file.php/EDU102/%CE%95%CE%B9%CF%83%CE%B1%CE%B3%CF%89%CE%B3%CE%AE%20%CE%BA%CE%B1%CE%B9%20%CE%B8%CE%B5%CF%89%CF%81%CE%AF%CE%B1.pdf>
6. <https://en.wikipedia.org/wiki/ESP8266>
7. <https://www.hwlibre.com/el/esp8266/>
8. << ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΜΗΧΑΝΕΣ >> του Αριστείδη Γ. Βλάχου «Θεωρητική ανάλυση και πρακτική μελέτη σχεδιασμού ενός αυτόνομου συστήματος αδιάλειπτης παροχής ισχύος σε ανθρώπινα ρούχα» των Κιουφτή Χρήστου και Βαριαντζά Νεκτάρου
9. <https://www.four-paws.org/our-stories/press-releases/stray-animals-are-starving-due-to-collapse-of-tourism-in-bali>
10. <https://www.four-paws.org/our-stories/blog-news/covid-19-and-stray-animals>
11. [odigos_arduino_paketo_ylikon_pliroforikis.pdf](#)
12. <https://en.wikipedia.org/wiki/InfluxDB>

Παραρτημα

/*

HX711_ADC

Arduino library for HX711 24-Bit Analog-to-Digital Converter for Weight Scales
connected with distance sensor and re

lay

*/

/*

Settling time (number of samples) and data filtering can be adjusted in the config.h file
For calibration and storing the calibration value in eeprom

The update() function checks for new data and starts the next conversion. In order to achieve maximum effective

sample rate, update() should be called at least as often as the HX711 sample rate;
>10Hz@10SPS, >80Hz@80SPS.

If you have other time consuming code running (i.e. a graphical LCD), consider calling update() from an interrupt routine.

*/

#include <SoftwareSerial.h>

#include <ESP8266WiFi.h> //to connect your new ESP8266 module to a Wi-Fi network to start sending and receiving data

#include <WiFiManager.h> // it moves the ESP into Access Point mode and spins up a DNS and WebServer

//#include <ESP8266HTTPClient.h>

#include <WiFiClientSecure.h> // Variant of WiFiClient with TLS support (from ESP82266 core wifi)

#include <HX711_ADC.h> //Converts the signal from analog to digital for weight scale

#if defined(ESP8266) || defined(ESP32) || defined(AVR)

#include <EEPROM.h> //storing the calibration value so you do not need to do that every time

#endif

Αυτόνομο σύστημα φροντίδας αδέσποτων ζώων

```
//pins
```

```
const int trigPin = D6;// defines pins numbers on ultrasonic sensor
```

```
const int echoPin = D7;// defines pins numbers on ultrasonic sensor
```

```
float duration, distance, RightSensor,LeftSensor,i;
```

```
WiFiClientSecure client;//establish a connection using a specific httpsPort for secure connections
```

```
//pins
```

```
const int RELAY_PIN1 = D8;// defines pins numbers on relay
```

```
const int HX711_dout = D4; //mcu > HX711 dout pin
```

```
const int HX711_sck = D5; //mcu > HX711 sck pin
```

```
//HX711 constructor:
```

```
HX711_ADC LoadCell(HX711_dout, HX711_sck);
```

```
const int calVal_eepromAdress = 0;
```

```
unsigned long t = 0;
```

```
// How often to measure (in minutes)
```

```
const unsigned long minutes_time_interval = 1;
```

```
unsigned long previous_millis = 0;
```

```
void configModeCallback (WiFiManager *myWiFiManager)//callback notifying us of the need to save config
```

```
{
```

```
Serial.println("Entered config mode");
```

```
Serial.println(WiFi.softAPIP());
```

```
//if you used auto generated SSID, print it
```

```
Serial.println(myWiFiManager->getConfigPortalSSID());
```

```
//entered config mode, make led toggle faster
```

```
}
```

```
//-----initialise setup -----  
void setup()  
{  
  Serial.begin(115200); delay(10);  
  Serial.println();  
  Serial.println("Starting...");  
  pinMode(trigPin, OUTPUT);  
  pinMode(echoPin, INPUT);  
  pinMode(RELAY_PIN1,OUTPUT);  
  
//-----loadcell setup -----  
  
  LoadCell.begin();  
  //LoadCell.setReverseOutput(); //a comment to turn a negative output value to positive  
  float calibrationValue; // calibration value  
  calibrationValue = 696.0; // this is if you want to set the calibration value in the sketch  
#if defined(ESP8266) || defined(ESP32)  
  EEPROM.begin(512); //this is if you use ESP8266/ESP32 and want to fetch the calibration value  
  from eeprom  
#endif  
  // EEPROM.get(calVal_eepromAdress, calibrationValue); //this is if you want to fetch the  
  calibration value from eeprom  
  
  unsigned long stabilizingtime = 2000; // preciscion right after power-up can be improved by  
  adding a few seconds of stabilizing time  
  boolean _tare = true; //set this to false if you don't want tare to be performed in the next step  
  LoadCell.start(stabilizingtime, _tare);  
  if (LoadCell.getTareTimeoutFlag())  
  {  
    Serial.println("Timeout, check MCU>HX711 wiring and pin designations");  
    while (1);  
  }  
  else
```

```
{
  LoadCell.setCalFactor(calibrationValue); // set calibration value (float)
  Serial.println("Startup is complete");
}
//----- end of load cell setup -----

//-----Wifi manager -----
WiFi.mode(WIFI_STA); // explicitly set mode, esp defaults to STA+AP
// put your setup code here, to run once:
//WiFiManager
//Local initialization. Once its business is done, there is no need to keep it around
WiFiManager wm;
//reset settings - for testing
// wm.resetSettings();
//set callback that gets called when connecting to previous WiFi fails, and enters Access Point
mode
wm.setAPCallback(configModeCallback);
//fetches ssid and pass and tries to connect
//if it does not connect it starts an access point with the specified name
//here "AutoConnectAP"
//and goes into a blocking loop awaiting configuration
if (!wm.autoConnect())
{
  Serial.println("failed to connect and hit timeout");
  //reset and try again, or maybe put it to deep sleep
  ESP.restart();
  delay(1000);
}
  Serial.println("connected...yeey :)");
}
//----- end of Wifi manager -----

// ----- END OF SETUP -----
```

```
void loop() {  
  //-----coding ultrasonic sencor-----  
  digitalWrite(trigPin, LOW); // Clears the trigPin  
  delayMicroseconds(2);  
  digitalWrite(trigPin, HIGH);  
  // Sets the trigPin on HIGH state for 10 micro seconds  
  delayMicroseconds(10);  
  digitalWrite(trigPin, LOW);  
  
  // Reads the echoPin, returns the sound wave travel time in microseconds  
  duration = pulseIn(echoPin, HIGH);  
  // Calculating the distance  
  distance = (duration*0.032)/2;  
  
  LeftSensor = distance;  
  Serial.print("LeftSensor= ");  
  Serial.print(LeftSensor);  
  Serial.print(" - ");  
  delay(30);  
  //-----end on coding of ultrasonic sencor-----  
  
  static boolean newDataReady = 0;  
  const int serialPrintInterval = 0; //increase value to slow down serial print activity  
  
  // check for new data/start next conversion:  
  if (LoadCell.update()) newDataReady = true;  
  
  // get smoothed value from the dataset:  
  if (newDataReady)  
  {  
    if (millis() > t + serialPrintInterval) {
```

```
float i = LoadCell.getData();
Serial.print("Load_cell output val: ");
Serial.println(i);

newDataReady = 0;
t = millis();

}
//-----programming of individual components-----
}
if (i<24)
{
digitalWrite(RELAY_PIN1, HIGH);
}
else if (i>=250)
{
digitalWrite(RELAY_PIN1, LOW);
}
else if (LeftSensor>=34 && i<24)
{
digitalWrite(RELAY_PIN1, LOW);
}

//-----end on programming of individual components-----

//-----tare operation-----
// receive command from serial terminal, send 't' to initiate tare operation:
if (Serial.available() > 0)
{
char inByte = Serial.read();
if (inByte == 't') LoadCell.tareNoDelay();
}
}
```

```
// check if last tare operation is complete:
if (LoadCell.getTareStatus() == true)
    Serial.println("Tare complete");
//-----tare operation is completed-----

//-----name and send your values on grafana-----
//send
String influxData = "";
//<measurement>[,<tag_key>=<tag_value>[,<tag_key>=<tag_value>]]
<field_key>=<field_value>[,<field_key>=<field_value>] [<timestamp>]
// Set data type and add tags
influxData += "ilias-playground,sensing-type=system-for-stray-pets-care,station-id=university";
influxData += " DistanceSensorLeft="+String(LeftSensor,1) + ",LoadCellLeft="+String(i,1)+"\n";
Serial.print("INFLUX DATA structure:");
Serial.println(influxData);
client.setInsecure();
int status = client.connect("iotemission.eee.uniwa.gr", 443) ;
Serial.print("Client.connect()");
Serial.println(status);
Serial.println(client.getLastSSLError());
//if (client.connect("157.90.113.61", 80)) {
//if (client.connect("test.urbana.com.gr", 443)) {
    Serial.println("connected");
    client.println("POST /influxdb/write?db=ilias_playground&u=ilias&p=7BQcm2dDW6zcX8w
HTTP/1.1");
    client.println("Host: iotemission.eee.uniwa.gr");
    client.print("Content-Length: ");
    client.println(influxData.length() + 2);
    client.println("");
    client.println(influxData);
    Serial.println(influxData);
    delay(500);
    Serial.println("Response:");
```



```
while (client.available())
{
  char c = client.read();
  Serial.print(c);
}
client.stop();
unsigned long current_millis = millis();
while (current_millis <
      (previous_millis + (minutes_time_interval * 30 * 1000)))
{
  delay(10000);
  current_millis = millis();
}
previous_millis = current_millis;
}
//-----endof program that sends values in grafana-----
//*****-THE END-
*****
```