

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ  
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Τ.Ε.

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ 1590

**ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΣ ΠΑΡΟΧΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΕΝΟΣ  
ΔΕΞΑΜΕΝΟΠΛΟΙΟΥ(TANKER) ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ  
ΜΙΚΡΟΕΛΕΓΚΤΗ ARDUINO**

ΜΗΤΣΟΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ (6493)

ΠΑΝΤΟΣ-ΒΛΑΧΟΓΕΩΡΓΙΟΥ ΣΩΚΡΑΤΗΣ (6371)

ΧΟΥΣΟΣ ΙΩΑΝΝΗΣ (6648)

ΕΠΟΠΤΕΥΟΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ:ΚΑΡΕΛΗΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ

ΠΑΤΡΑ 2016



Θερμές ευχαριστίες στον καθηγητή μας κύριο Δημήτρη Καρέλη για τη βοήθεια και την υποστήριξή του στην εκπόνηση της πτυχιακής εργασίας.

## **ΠΕΡΙΛΗΨΗ**

Σκοπός της συγκεκριμένης πτυχιακής εργασίας είναι να γίνει μια πλήρης ηλεκτρολογική μελέτη ενός δεξαμενόπλοιου (Tanker) και μια προσομοίωση τριών καταστάσεων του μέσω του μικροελεγκτή Arduino, οι οποίες μπορούν να γίνουν κατά την διάρκεια ενός ταξιδιού. Στο θεωρητικό κομμάτι της πτυχιακής εργασίας θα αναφερθούμε στην λειτουργία του Tanker μας, συγκεκριμένα στον αναλυτικό ηλεκτρολογικό ισολογισμό του, καθώς επίσης και στις απαιτήσεις στην επιλογή των γεννητριών του πλοίου μας. Τέλος, σε άμεση σύνδεση με την προσομοίωση θα μελετήσουμε τρεις καταστάσεις (δηλαδή την κανονική πορεία, την κατάσταση χειρισμών, την κατάσταση εν όρμω, την κατάσταση εκφόρτωσης και την κατάσταση φόρτωσης) που μπορεί να βρεθεί ένα δεξαμενόπλοιο. Στο πρακτικό κομμάτι, χρησιμοποιώντας τον μικροελεγκτή Arduino Mega με τον κατάλληλο προγραμματισμό (γλώσσα Processing) και την κατάλληλη συνδεσμολογία ηλεκτρικού κυκλώματος, θα ελέγξουμε τις γεννήτριες (χρησιμοποιώντας αντίστοιχα μπαταρίες ως πηγές τροφοδοσίας) ανάλογα με το μέγεθος της ισχύος του κάθε φορτίου που απαιτείται για να λειτουργήσει. Όταν ο μικροελεγκτής θα παίρνει το αντίστοιχο σήμα στην είσοδο, θα δίνει εντολή στη έξοδο ώστε να οπλίζει το αντίστοιχο ρελέ και κατά συνέπεια να μπαίνει σε λειτουργία μια από τις μπαταρίες (όπως γίνεται και στα δεξαμενόπλοια ανάλογα με την κάθε κατάσταση των γεννητριών). Αυτό θα γίνεται για τρεις διαφορετικές καταστάσεις με διαφορετικά φορτία, είτε ωμικά είτε με την χρήση τρανζίστορ, ώστε να έχουμε τα επιθυμητά αποτελέσματα.



## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

### ΠΕΡΙΛΗΨΗ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
---------------	---

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 : ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ.....	1
--	---

1.1 Ηλεκτρικός εξοπλισμός.....	2
1.2 Συχνότητα και τάση ηλεκτρικού δικτύου.....	6

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: Κύριες Πηγές Ηλεκτρικής Ενέργειας-Γεννήτριες.....	8
---	---

2.1 Γενικά για τις γεννήτριες.....	8
2.2 Χρήσιμοι ορισμοί σχετικά με τις γεννήτριες.....	8
2.3 Απαραίτητα πράγματα που πρέπει να προσεχθούν σχετικά με τις γεννήτριες.....	10
2.4 Προστασία Γεννητριών.....	12
2.5 Πηγή έκτακτης ανάγκης.....	13
2.5.1 Γεννήτρια Έκτακτης Ανάγκης.....	15
2.5.2 Συσσωρευτές έκτακτης ανάγκης.....	16
2.6 Λήψη ρεύματος από στεριά.....	16

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΔΕΞΑΜΕΝΟΠΛΟΙΟ.....	16
--------------------------------	----

3.1 Ανάλυση Tanker.....	16
-------------------------	----

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΗΛΕΚΤΡΟΠΡΩΣΗ.....	23
-------------------------------	----

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΜΙΚΡΟΕΛΕΓΚΤΗΣ ARDUINO.....	24
--	----

5.1 Arduino.....	24
5.1.1 Η πλακέτα Arduino.....	24
5.1.2 Arduino Duemilanove/UNO.....	24
5.1.2.1 Μνήμη Flash.....	24
5.1.2.2 Μνήμη SRAM.....	25
5.1.2.3 Μνήμη EEPROM.....	25
5.1.2.4 FTDI.....	25
5.1.3 Pins πλακέτας Arduino.....	25
5.1.4 Το software για τον προγραμματισμό του Arduino.....	28
5.2 Προγραμματισμός του ελεγκτή Arduino.....	29
5.2.1 Το περιβάλλον Arduino IDE.....	29
5.2.2 Βασικές λειτουργίες Προγραμματισμού.....	31
5.2.2.1 Δηλώσεις μεταβλητών.....	31
5.2.2.2 Σχόλια.....	32
5.2.2.3 Συναρτήσεις διαχείρισης θυρών εισόδου – εξόδου (Pins).....	32
5.2.2.4 Ψηφιακή είσοδος-έξοδος.....	32
5.2.2.5 Αναλογική έξοδος (PWM pins).....	33
5.2.2.5.1 Αναλογική είσοδος.....	33
5.2.2.6 Συναρτήσεις χρόνου.....	33
5.2.2.6.1 Συνάρτηση καθυστέρησης – delay().....	33
5.2.2.6.2 Συνάρτηση καθυστέρησης - delayMicroseconds().....	33

5.2.2.6.3 Συνάρτηση καταγραφής χρόνου - millis().....	34
5.2.2.7 Συνάρτηση αντιστοίχισης τιμών - map().....	34
5.2.2.8 Η σειριακή θύρα επικοινωνίας (Serial).....	34
5.2.2.9 Δομή επιλογής.....	35
5.2.2.10 Δομή επανάληψης (For).....	35
5.2.2.11 Επιπλέον εντολές, συναρτήσεις και σταθερές.....	36
5.3 Άλλες εκδόσεις Arduino.....	38
5.4 Arduino shields.....	39
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΕΦΑΡΜΟΓΗ-ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ- ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ-ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ.....	41
6.1 Η ιδέα της εφαρμογής.....	41
6.2 Σχεδιασμός μηχανικού μέρους.....	41
6.2.1 Υλικά κατασκευής-προδιαγραφές.....	41
6.2.2 Εξομοίωση και ανάλυση κυκλώματος μέσω υπολογιστή.....	41
6.3 Ανάλυση μηχανικής κατασκευής.....	44
6.4 Σχεδιασμός και επεξήγηση προγραμματιστικού μέρους.....	50
6.4.1 Δήλωση μεταβλητών.....	50
6.4.2 Προσδιορισμός εισόδων και εξόδων.....	51
6.4.3 Επαναλαμβανόμενος κώδικας.....	51
6.4.4 Ολοκληρωμένος κώδικας.....	53
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....	55
Ανεξάρτητες πηγές παροχής ενέργειας.....	55
Εισαγωγή.....	55
Α. Σύστημα UPS.....	56
Β. Συστήματα Εφεδρείας (Backup).....	57
Γ. Ηλεκτροπαραγωγή ζεύγη (H/Z).....	58
Δ. Γεννήτρια Βενζίνης ή Diesel.....	59
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	61
Πηγές.....	61





## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ηλεκτρική ενέργεια είναι ζωτικής σημασίας τόσο για τη λειτουργία του πλοίου όσο και για την ασφάλεια των επιβαινόντων. Η εγκατάσταση του πλοίου αποτελεί ένα ολοκληρωμένο σύστημα παραγωγής, διανομής και κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας, που, δεδομένων των συνθηκών, οφείλει να είναι αξιόπιστο. Αυτό αποτελείται από τρία υποσυστήματα: ισχύος, φωτισμού και επικοινωνιών-ναυσιπλοΐας.

Το ηλεκτρικό δίκτυο του πλοίου προβλέπεται να είναι σε θέση να αντιμετωπίσει οποιοδήποτε σφάλμα προκύψει στον ηλεκτρικό εξοπλισμό του, να έχει εφεδρεία καθώς και να είναι εξαιρετικά αξιόπιστο τόσο για την ασφάλεια του πλοίου αλλά και για το πλήρωμα και τους επιβάτες του. Επιπλέον, θα πρέπει να έχει εξασφαλισθεί η εύρυθμη λειτουργία του ακόμα και στις πιο δύσκολες και απαιτητικές συνθήκες (κακοκαιρία, καταπονήσεις κλπ). Όλα αυτά κάνουν την ηλεκτρολογική μελέτη του πλοίου μια εξαιρετικά σύνθετη διαδικασία. Η σύνθετη αυτή διαδικασία πρέπει να είναι αρκετά ακριβής, ώστε να αποφευχθούν υπερδιαστασιολογήσεις των καλωδίων και των ηλεκτρικών εξοπλισμών του πλοίου καθώς αυξάνουν το βάρος, τον όγκο, το κόστος του ηλεκτρικού συστήματος του πλοίου καθώς επίσης και τη ρύπανση του περιβάλλοντος. Με την ραγδαία ανάπτυξη της τεχνολογίας (ιδιαίτερα όσον αφορά στον τομέα των ηλεκτρονικών ισχύος και στις εφαρμογές τους σε κινητήρες), η ανάγκη για μια πιο σχολαστική/ενδεδειγμένη ηλεκτρολογική μελέτη του δεξαμενόπλοιου γίνεται επιτακτική.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 : ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ**

Η ηλεκτρολογική εγκατάσταση ενός πλοίου κατά την κατασκευή του πρέπει να γίνεται με βάση τις προδιαγραφές κάποιου αναγνωρισμένου νηογνώμονα, των διεθνών κανονισμών και με βάση τις διεθνείς συμβάσεις της S.O.L.A.S αλλά και MARPOL 73/78 (σχετικά με τη ρύπανση του περιβάλλοντος από τις μηχανές του πλοίου).

Η ηλεκτρολογική μελέτη που παραθέτουμε έγινε βάσει των κανονισμών του DNV GL και σύμφωνα με αυτούς, οι εγκαταστάσεις τροφοδοσίας ηλεκτρικής ισχύος περιλαμβάνουν όλες τις εγκαταστάσεις για την παραγωγή, τη μετατροπή, την αποθήκευση και την διανομή ηλεκτρικής ενέργειας<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> Πλήρης Ηλεκτρολογική Μελέτη ενός Πλοίου μεταφοράς Φορτίου Χύδην ,ενός Δεξαμενόπλοιου και ενός Γενικευμένου Τύπου Πλοίου(Θ.Γ.Αντζελα)

## 1.1 Ηλεκτρικός εξοπλισμός

Όσον αφορά στον ηλεκτρικό εξοπλισμό του πλοίου, αυτός διαχωρίζεται σε ουσιώδη και μη ουσιώδη. Ο ουσιώδης εξοπλισμός είναι αυτός που αφορά στα μηχανήματα κύριας πρόωσης του πλοίου και στη διατήρηση της ασφάλειας της ανθρώπινης ζωής στη θάλασσα και χωρίζεται σε δύο υποκατηγορίες, στα πρωτεύοντα και στα δευτερεύοντα ουσιώδη. Τα πρωτεύοντα περιλαμβάνουν όλο τον εξοπλισμό που πρέπει να βρίσκεται σε συνεχή λειτουργία (συστήματα ηλεκτρικής πρόωσης αντλίες λίπανσης) και τα δευτερεύοντα περιλαμβάνουν τον εξοπλισμό που για βραχύ χρονικό διάστημα δεν χρειάζεται να είναι σε αδιάκοπη λειτουργία (εργάτης άγκυρας, εγκαταστάσεις εκκίνησης μηχανών κλπ). Τέλος, ο μη ουσιώδης εξοπλισμός περιλαμβάνει τα φορτία που δεν ανήκουν σε καμία από τις παραπάνω υποκατηγορίες. Η επιλογή και η διάταξη όλων των μηχανημάτων καθώς και του εξοπλισμού και των συσκευών του πλοίου θα πρέπει να είναι τέτοια ώστε να εξασφαλίζεται η συνεχής και ομαλής λειτουργία του πλοίου. Θα πρέπει να ληφθούν δηλαδή από τον κατασκευαστή του εξοπλισμού του πλοίου τα κατάλληλα μέτρα ώστε να αντιμετωπιστούν με επιτυχία τόσο οι αντίξοες περιβαλλοντικές συνθήκες (υγρασία, θερμοκρασία) όσο και οι διάφορες μηχανικές καταπονήσεις (κραδασμοί). Τα υλικά που χρησιμοποιούνται στις ηλεκτρικές μηχανές, στα καλώδια, στον διακοπτικό εξοπλισμό και σε άλλον εξοπλισμό θα πρέπει να είναι ανθεκτικά στο θαλασσινό νερό, στην υγρασία και σε ατμούς πετρελαίου (βλ. Πίνακες 1.1,1.2,1.3). Επιπλέον, δεν πρέπει να είναι υγροσκοπικά ενώ πρέπει να είναι βραδύκαυστα και αυτοσβενούμενα. Τέλος, τα υλικά συνιστάται να είναι **ελεύθερα αλογόνων**.

Equipment, Components	Angle of inclination [ $^{\circ}$ ] <sup>2</sup>			
	athwartships		longitudinally	
	static	dynamic	static	dynamic
Main engines and auxiliary machinery	15	22.5 10 s <sup>4</sup>	5	7.5
Ships safety equipment,	22.5 <sup>3</sup>	22.5 <sup>3</sup> 10 s <sup>4</sup>	10	10

including, for example, emergency source of power, emergency fire pumps and other drives				
Switchgear, electric and electronic equipment <sup>1</sup> , remote controls				
1 no unintended switching operations or functional changes shall occur up to an angle of inclination of 45 <sup>0</sup> 2 inclination may occur simultaneously athwartships and longitudinally 3 on ships for the carriage of liquefied gases and chemicals, the emergency power supply shall also remain operational with the ship flooded up to a maximum final athwartship inclination of 30 <sup>0</sup> 4 rolling period				

Πίνακας 1.1 Γωνίες κλίσης {1}

<b>Coolant</b>	<b>Temperature</b>
Seawater	+ 32 °C <sup>1</sup>
1 GL may approve lower water temperatures for ships with restricted operational areas	

Πίνακας 1.2 Θερμοκρασία του νερού {1}

Environmental category	Environmental Conditions						Comments
	Closed area			Open deck area			
	Temperature	Relative humidity	Vibrations	Temperature	Relative humidity	Vibrations	
A	0 °C to	to 100 %	0,7 g				For general applications, except category B, C, D, F,

Equipment	Generators, motors, transformers <sup>1</sup>	Switchgear, electronic equipment and	Communications equipment, display and inputs unit,	Heating appliances heaters and	Lighting fittings
-----------	---	--------------------------------------	--	--------------------------------	-------------------

	+ 45 °C						G, H.
<b>B</b>	0 °C to + 45 °C	to 100 %	4 g				For application at a higher level of vibration strain.
<b>C</b>	0 °C to + 55 °C	to 100 %	0,7 g				For application at a higher degree of heat.
<b>D</b>	0 °C to + 55 °C	to 100 %	4 g				For application at a higher degree of heat and a higher level of vibration strain.
<b>E</b>	0 °C to + 40 °C	to 80 %	0,7 g				For use in air-conditioned areas. With GL's special consent only.
<b>F</b>				- 25 °C to + 45 °C	to 100 %	0,7 g	For application when additional influences of salt mist and temporary inundation are to be expected.
<b>G</b>				- 25 °C to + 45 °C	to 100 %	2,3 g	For use on masts, with the additional influence of salt mist.
<b>H</b>	In accordance with manufacturer's specifications						The provisions contained in the Certificates shall be observed.

Πίνακας 1.3 Περιβαλλοντικές Συνθήκες [1]

Location		recording devices <sup>1</sup>	signaling equipment, switches, power sockets, junction boxes and control elements <sup>1</sup>	cooking equipment	
Locked dry electrical service rooms	IP 00	IP 00	IP 20	IP 20	IP 20
Dry spaces, service rooms, dry control rooms, accommodation	IP 20	IP 20	IP 20	IP 20	IP 20
Wheelhouse, radio room, control stations	IP 22	IP 22	IP 22	IP 22	IP 22
Wet spaces (e.g. machinery spaces, bow thruster room, passage ways), ventilation ducts (internal), pantries, provision rooms, store rooms	IP 22 <sup>3</sup>	IP 22 <sup>3</sup>	IP 44 <sup>2</sup>	IP 22 <sup>3</sup>	IP 22 <sup>3</sup>
Machinery spaces below floor (bilge), separator and pump rooms, refrigerated rooms, galleys, laundries, bathrooms and shower rooms	IP 44	IP 44	IP 55 <sup>2,4</sup>	IP 44 <sup>5</sup>	IP 34 <sup>5</sup>
Pipe tunnels, ventilations ducts (to open deck), cargo holds	IP 55	IP 55	IP 55 <sup>2</sup>	IP 55	IP 55
Open decks	IP 56	IP 56	IP 56	IP 56	IP 55
<p><b>Notes</b></p> <p><sup>1</sup> For the degrees of protection for the equipment of watertight doors <b>see Section 14.D.7:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Motors and associated control and monitoring equipment : IP X7</li> <li>- Door position indicators : IP X8</li> <li>- Door-closure warning devices : IP X6</li> </ul> <p><sup>2</sup> For the degrees of protection for measuring chamber and smoke detectors : IP 42</p> <p><sup>3</sup> For the degrees of protection in the adjacent area of direct spray of the FWBLAFFS : IP 44</p> <p><sup>4</sup> For the degrees of protection for galleys and laundries : IP 44</p> <p><sup>5</sup> For the degrees of protection for bathrooms and shower rooms in zone 0, 1, 2 <b>see Section 11 C.2.2.</b></p>					

Πίνακας 1.4 Ελάχιστος βαθμός προστασίας έναντι ξένων σωμάτων και νερού [1]

Τέλος, στις ηλεκτρικές εγκαταστάσεις των πλοίων πρέπει να υπάρχει προστασία από ηλεκτροπληξία που θα μπορούσε να προκληθεί είτε από άμεση είτε από έμμεση επαφή του ανθρώπου με ηλεκτροφόρους αγωγούς ή συσκευές. Οι ηλεκτρικές εγκαταστάσεις θα πρέπει να σχεδιάζονται έτσι ώστε να αποφεύγεται η πρόσβαση ή η επαφή σε ηλεκτροφόρο εξοπλισμό από τον άνθρωπο. Για να αποφευχθεί ο κίνδυνος ηλεκτροπληξίας, σε περίπτωση σφάλματος στη μόνωση του εξοπλισμού, κρίνεται σκόπιμο να ληφθούν τα παρακάτω μέτρα:

- Γείωση προστασίας : όλα τα αγώγιμα μέρη του ηλεκτρικού εξοπλισμού του πλοίου που δεν διαρρέονται από ηλεκτρικό ρεύμα, αλλά μπορούν σε περίπτωση σφάλματος να παρουσιάσουν κάποια τάση επικίνδυνη για τον άνθρωπο, θα πρέπει να γειώνονται στη γάστρα του πλοίου.

- Μόνωση προστασίας (διπλή μόνωση)

- Υιοθέτηση τάσεων που δεν είναι επικίνδυνες για τον άνθρωπο σε περίπτωση σφάλματος.<sup>2</sup>

## **1.2 Συχνότητα και τάση ηλεκτρικού δικτύου**

Τα μέγιστα επίπεδα τάσεων λειτουργίας των συστημάτων ηλεκτρικής ενέργειας των πλοίων με βάση τους κανονισμούς του DNV GL, φαίνονται στον Πίνακα 1.5.

Ως **χαμηλής τάσης** συστήματα ορίζονται αυτά που λειτουργούν σε τάση από 50 V έως και 1000 V, με συχνότητα λειτουργίας 50 ή 60 Hz ή τα δίκτυα συνεχούς ρεύματος με μέγιστη τάση λειτουργίας τα 1500 V.

Ως **μέσης τάσης** συστήματα ορίζονται αυτά που λειτουργούν σε τάση από 1 kV έως και 17,5 kV , με συχνότητα 50 ή 60 Hz ή τα δίκτυα συνεχούς ρεύματος με τάση λειτουργίας μεγαλύτερη από 1500 V.

Σε **δίκτυα χαμηλής τάσης**, τα παρακάτω συστήματα είναι επιτρεπτά:

Για συστήματα Σ.Ρ. και μονοφασικού εναλλασσομένου ρεύματος:

- 2 αγωγοί, με τον έναν αγωγό γειωμένο (1/N/PE)

- 1 αγωγός με επιστροφή μέσω της γάστρας του πλοίου (1/PEN)

- 2 αγωγοί μονωμένοι από τη γάστρα του πλοίου (2/PE)

Για τριφασικά συστήματα εναλλασσομένου ρεύματος:

- 4 αγωγοί με τον ουδέτερο γειωμένο, χωρίς επιστροφή μέσω της γάστρας του πλοίου (3/N/PE)

- 3 αγωγοί με τον ουδέτερο γειωμένο μέσω της γάστρας του πλοίου (3/PEN)

- 3 αγωγοί μονωμένοι από τη γάστρα του πλοίου (3/PE)

Η επιστροφή μέσω της γάστρας του πλοίου δεν επιτρέπεται σε πλοία μεγαλύτερα από **1600 GRT**. Η σύνδεση του καλωδίου επιστροφής στη γάστρα πρέπει να γίνει σε μέρος εύκολο να ελεγχθεί και όχι σε τμήματα με απομονωμένα διαφράγματα, π.χ. χώροι ψυγείων.

---

<sup>2</sup> Πλήρης Ηλεκτρολογική Μελέτη ενός Πλοίου μεταφοράς Φορτίου Χύδην ,ενός Δεξαμενόπλοιου και ενός Γενικευμένου Τύπου Πλοίου(Θ.Γ.Αντζελα)

17 500 V	for permanently installed power plants
500 V	a) for permanently installed power and control circuits b) for devices with plug-and-socket connections which are earthed either via their mounting or through a protective earth conductor c) the power supply to systems requiring special electric shock-prevention measures shall be provided via earth-leakage circuit breaker $\leq 30$ mA (not applicable to essential equipment)
250 V	a) for installations and devices, as laid down in paras a) to c) for 500 V, see above b) for permanently installed lighting systems c) for permanently installed control, monitoring and ships safety systems d) for devices supplied via plug-and-socket and requiring special electric shock-prevention measures, the power supply is to take place via a protective isolating transformer, or the device shall be double-insulated
50 V Safety voltage	for portable devices for working in confined spaces where special electric shock-prevention measures are required

**Πίνακας 1.5-**Μέγιστα Επιτρεπτά Επίπεδα Τάσεων[1]

Τέλος, στους παρακάτω πίνακες δίνονται οι επιτρεπτές διακυμάνσεις της τάσης και της συχνότητας των ηλεκτρικών δικτύων των πλοίων.

Quantity in operation	Variations	
	permanent	transient
Frequency	$\pm 5\%$	$\pm 10\%$ (5 sec)
Voltage	+6%, -10%	$\pm 20\%$ (1,5 sec)

**Πίνακας 1.6-**Διακύμανση τάσης και συχνότητας σε Ε.Ρ συστήματα διανομής[1]

Parameters	Variations
Voltage tolerance (continuous)	$\pm 10\%$
Voltage cyclic variation deviation	5 %
Voltage ripple (a.c. r.m.s. over steady d.c. voltage)	10 %

**Πίνακας 1.7-**Διακύμανση τάσης και συχνότητας σε Σ.Ρ συστήματα διανομής[1]

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: Κύριες Πηγές Ηλεκτρικής Ενέργειας-Γεννήτριες**

### **2.1 Γενικά για τις γεννήτριες**

Οι ρυθμιστικές αρχές (νηογνώμονες) απαιτούν γενικά την εγκατάσταση τουλάχιστον δύο ηλεκτρογεννητριών, κάθε μία από τις οποίες πρέπει να είναι ικανή να καλύψει τα ουσιαστικά εν πλω φορτία του πλοίου. Μια πιο συντηρητική προσέγγιση, με σκοπό την αύξηση του συντελεστή ασφαλείας και τη διευκόλυνση των διαδικασιών συντήρησης, οδηγεί συνήθως σε αύξηση του αριθμού των εγκατεστημένων ηλεκτρογεννητριών σε τουλάχιστον τρεις (που στην απλούστερη περίπτωση έχουν την ίδια ονομαστική ισχύ, ώστε να απλοποιούνται οι διαδικασίες συντήρησης και να υπάρχει ελαστικότητα στη λειτουργία).

Οι εγκατεστημένες ηλεκτρογεννήτριες, ανάλογα με τα απαιτούμενα κάθε φορά φορτία, μπορεί να εργάζονται χωριστά ή κατά ζεύγη. Συνήθως, η χρήση τους γίνεται εναλλάξ, προκειμένου να έχουν κατά προσέγγιση τις ίδιες ώρες λειτουργίας και παραπλήσια κατάσταση φθοράς. Στις κύριες γεννήτριες προστίθεται και η ηλεκτρική πηγή ασφαλείας (συνήθως μια ακόμη ηλεκτρογεννήτρια), η οποία πρέπει να είναι αυτόνομη και εγκατεστημένη σε διαφορετικό χώρο. Η γεννήτρια ασφαλείας πρέπει να καλύπτει τα βασικά ηλεκτρικά φορτία του πλοίου σε κατάσταση ανάγκης. Στα φορτία αυτά περιλαμβάνονται οι αντλίες μετάγγισης πετρελαίου γεννήτριας, τα συστήματα ψύξης της γεννήτριας, η αντλία πυρκαγιάς, η μονάδα παραγωγής γλυκού νερού, τα συστήματα πηδαλιουχίας, τα συστήματα πρόσδεσης και αγκύρωσης, οι σκάλες επιβίβασης του πλοίου, τα βίντσια των σωσίβιων λέμβων, ο εξωτερικός φωτισμός ανάγκης, ο φωτισμός μηχανοστασίου και ενδιαίτησης, τα όργανα ναυσιπλοΐας κ.α.<sup>3</sup>

### **2.2 Χρήσιμοι ορισμοί σχετικά με τις γεννήτριες**

Στην αρχή αυτής της παραγράφου κρίθηκε σκόπιμο να δοθούν οι παρακάτω ορισμοί σύμφωνα με τη διεθνή σύμβαση SOLAS και τους κανονισμούς του DNV GL:

- *Κανονικές συνθήκες λειτουργίας και ελάχιστης διαβίωσης* είναι οι συνθήκες κάτω από τις οποίες το πλοίο σαν σύνολο, οι μηχανές, οι υπηρεσίες, τα βοηθητικά μέσα πρόωσης, η ικανότητα να κατευθύνεται (πηδάλιο), η ασφαλής πλοήγηση, η ασφάλεια από πυρκαγιά ή πλημμύρα, τα μέσα εσωτερικής και εξωτερικής επικοινωνίας και τα σήματα, τα μέσα διαφυγής, τα βίντσια των σωσίβιων λέμβων όπως και οι άνετες συνθήκες διαβίωσης, είναι σε ομαλή και κανονική λειτουργία.
- *Κατάσταση έκτακτης ανάγκης* είναι μια κατάσταση κατά την οποία οποιεσδήποτε υπηρεσίες χρειάζονται για τις κανονικές συνθήκες λειτουργίας

---

<sup>3</sup> Εκτίμηση παραμέτρων σχεδιασμού και λειτουργίας μηχανοστασίων σύγχρονων πλοίων μεταφοράς φορτίου χύδην (Bulk Carrier) και δεξαμενοπλοίων (Tanker). (Π.Γεωργακάκης)



και ελάχιστης διαβίωσης του πλοίου, δεν λειτουργούν σωστά λόγω βλάβης της κύριας πηγής ηλεκτρικής ενέργειας.

- *Κύρια πηγή ηλεκτρικής ενέργειας* είναι μια πηγή προορισμένη να τροφοδοτεί με ηλεκτρική ισχύ τον κύριο πίνακα για διανομή σε όλες τις υπηρεσίες που είναι απαραίτητες για τη διατήρηση του πλοίου σε κανονικές συνθήκες λειτουργίας και συνθήκες ελάχιστης διαβίωσης
- *Dead ship condition- Νεκρή κατάσταση πλοίου* είναι η κατάσταση κατά την οποία το συνολικό σύστημα των μηχανών, συμπεριλαμβανομένου και της κύριας πηγής ηλεκτρικής ισχύος είναι εκτός λειτουργίας και η βοηθητική ισχύς όπως πεπιεσμένος αέρας, ρεύμα εκκίνησης από μπαταρίες κλπ., δεν είναι διαθέσιμη για την αποκατάσταση της κύριας τροφοδοσίας, την επανεκκίνηση των βοηθητικών μέσων και την εκκίνηση του συστήματος πρόωσης. Ωστόσο, ο εξοπλισμός για την εκκίνηση των γεννητριών έκτακτης ανάγκης θεωρείται ότι είναι έτοιμος προς χρήση.
- *Κύριος πίνακας διανομής* είναι ο πίνακας που τροφοδοτείται απευθείας από την κύρια πηγή ηλεκτρικής ισχύος και προορίζεται για τη διανομή της ηλεκτρικής ενέργειας στα μηχανήματα του πλοίου.
- *Πίνακας έκτακτης ανάγκης* είναι ο πίνακας ο οποίος σε περίπτωση βλάβης του κύριου συστήματος ηλεκτρικής ισχύος τροφοδοτείται απευθείας από την πηγή ισχύος έκτακτης ανάγκης ή την μεταβατική πηγή ισχύος και προορίζεται για τη διανομή της ηλεκτρικής ενέργειας στις υπηρεσίες έκτακτης ανάγκης.
- *Πηγή έκτακτης ανάγκης* είναι μια πηγή ηλεκτρικής ισχύος, που προορίζεται για την τροφοδοσία του πίνακα έκτακτης ανάγκης σε περίπτωση βλάβης στην κύρια πηγή ηλεκτρικής ισχύος.
- *Χώροι μηχανημάτων κατηγορίας A* είναι οι χώροι και οι δίοδοι που περιέχουν είτε:
  - μηχανές εσωτερικής καύσης για την κύρια πρόωση
  - μηχανές εσωτερικής καύσης που χρησιμοποιούνται οπουδήποτε αλλού πέρα από την πρόωση, και οι οποίες έχουν στο σύνολο ισχύ όχι μικρότερη από 375 kW ή
  - οποιοδήποτε λέβητα πετρελαίου ή μονάδα πετρελαίου, ή άλλον εξοπλισμό πετρελαίου πέρα από το λέβητα, όπως είναι οι γεννήτριες αδρανούς αερίου, οι αποτεφρωτήρες, κλπ.

### **2.3 Απαραίτητα πράγματα που πρέπει να προσεχθούν σχετικά με τις γεννήτριες**

Με βάση λοιπόν ,τους κανονισμούς του DNV GL

- Η εγκατάσταση των κύριων μηχανών θα πρέπει να είναι τέτοια ώστε η λειτουργία του πλοίου στα επιθυμητά επίπεδα, όπως αυτά έχουν προσδιοριστεί παραπάνω, να εξασφαλίζεται ανεξάρτητα από τη ταχύτητα και την κατεύθυνση της στροφής της κύριας μηχανής πρόωσης ή του άξονα.
- Οι εγκαταστάσεις των μηχανών του πλοίου θα πρέπει να είναι έτσι σχεδιασμένες ώστε, να μπορούν να τεθούν σε λειτουργία από νεκρή κατάσταση πλοίου. Οι γεννήτριες έκτακτης ανάγκης μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την επανεκκίνηση από τη νεκρή κατάσταση του πλοίου
- Σε περίπτωση που η συνολική εγκατεστημένη ισχύς των κύριων γεννητριών ξεπερνά τα 3MW, ο κύριος ζυγός θα πρέπει να χωρίζεται σε τουλάχιστον δύο

- μέρη τα οποία θα επικοινωνούν μεταξύ τους. Η σύνδεση των γεννητριών και οποιουδήποτε εξοπλισμού σε εφεδρεία θα πρέπει να είναι ισομοιρασμένη στα δύο μέρη.
- Αν μετασχηματιστές, συσσωρευτές μαζί με τους φορτιστές τους, μετατροπείς, και παρόμοιος εξοπλισμός, είναι ουσιώδη στοιχεία του κύριου δικτύου, τότε σε περίπτωση βλάβης μιας μονάδας, η πρόωση, η ασφάλεια, η διαβίωση και η προστασία του φορτίου θα πρέπει να διατηρηθούν στα ίδια επίπεδα με πριν.
- Κατά την εκκίνηση των κινητήρων, η φαινόμενη ισχύς των γεννητριών πρέπει να είναι τέτοια ώστε το ρεύμα εκκίνησης των κινητήρων να μην προκαλεί ανεπίτρεπτη πτώση τάσης στους ζυγούς του πλοίου και επομένως δυσλειτουργία κάποιων καταναλωτών.
- Η κυματομορφή της τάσης της γεννήτριας εν κενώ, θα πρέπει να είναι όσο το δυνατόν ημιτονοειδής.
- Οι γεννήτριες και οι διεγέρτριες τους, θα πρέπει να μπορούν να φορτίζονται στο 150% του ονομαστικού τους ρεύματος για δύο λεπτά με συντελεστή ισχύος 0,5 (επαγωγικό) και να δίνουν περίπου την ονομαστική τους τάση.
- Στη μόνιμη κατάσταση λειτουργίας, η τάση της γεννήτριας σε ονομαστική ταχύτητα, δεν πρέπει να αποκλίνει από την ονομαστική τιμή της περισσότερο από **2,5%** για μηδενικό φορτίο έως το ονομαστικό και για ονομαστικό συντελεστή ισχύος.
- Στην μεταβατική κατάσταση λειτουργίας, με τη γεννήτρια σε ονομαστική ταχύτητα και τάση, θα πρέπει η τάση να μην πέσει κάτω από 85% ή να υπερβεί το 120% της ονομαστικής τιμής, όταν συμμετρικά φορτία συγκεκριμένης τιμής ρεύματος και συντελεστή ισχύος προστίθενται ή αφαιρούνται ξαφνικά. Η τάση θα πρέπει να ανακάτ την ονομαστική της τιμή  $\pm 3\%$  σε 1,5 δευτερόλεπτα.
- Το ρεύμα βραχυκύκλωσης μόνιμης κατάστασης δεν πρέπει να είναι μικρότερο από τρεις φορές ή μεγαλύτερο από έξι φορές του ονομαστικού ρεύματος. Η γεννήτρια και η διεγέρτρια θα πρέπει να αντέχουν το ρεύμα βραχυκύκλωσης μόνιμης κατάστασης για δύο δευτερόλεπτα χωρίς βλάβη.
- Όταν γεννήτριες ίδιας ονομαστικής ικανότητας λειτουργούν παράλληλα και η ενεργός ισχύς ισομοιράζεται, τότε η άεργος ισχύς κάθε μηχανής δεν πρέπει να διαφέρει από την άεργο ισχύ αναλογικής κατανομής περισσότερο από 10% της ονομαστικής άεργου ισχύος της. Στην περίπτωση που οι μηχανές έχουν διαφορετική ονομαστική ισχύ, η απόκλιση από την ισχύ αναλογικής κατανομής δεν θα πρέπει να ξεπερνά τα παρακάτω όρια, θεωρώντας πάντα αναλογική κατανομή ενεργού ισχύος:
  - 10% της ονομαστικής άεργου ισχύος της μεγαλύτερης μηχανής
  - 25% της ονομαστικής άεργου ισχύος της μικρότερης μηχανής

- Στην περίπτωση που η κύρια πηγή ηλεκτρικής ισχύος είναι απαραίτητη για την πρόωση και το σύστημα πηδαλιουχίας, το δίκτυο του πλοίου θα πρέπει να είναι έτσι ρυθμισμένο ώστε σε περίπτωση βλάβης μιας εκ των γεννητριών σε λειτουργία, η τροφοδοσία των ουσιωδών καταναλωτών να μη διακοπεί ή να αποκατασταθεί άμεσα.
- Όπου χρειάζεται, αυτόματη απόρριψη των μη ουσιωδών φορτίων ακόμη και των δευτερευόντων ουσιωδών φορτίων πρέπει να γίνει, προκειμένου να προστατευτούν οι γεννήτριες από υπερφόρτιση.
- Σε περίπτωση black-out, η αυτόματη εκκίνηση και σύνδεση μιας γεννήτριας και του πρωτεύοντα ουσιώδους εξοπλισμού, θα πρέπει να γίνει μέσα σε 30 δευτερόλεπτα.
- Όταν παραπάνω από μια γεννήτριες απαιτούνται για την κάλυψη της ζητούμενης ηλεκτρικής ισχύος του πλοίου και οι οποίες είναι μόνιμα σε παράλληλη λειτουργία, η βλάβη μιας μονάδας θα πρέπει να προκαλεί άμεση απόρριψη του μη-ουσιώδους εξοπλισμού ή και του δευτερευόντα ουσιώδους εξοπλισμού αν είναι ο μόνος τρόπος για την αδιάλειπτη παροχή ηλεκτρικής ισχύος στον πρωτεύοντα ουσιώδη εξοπλισμό.
- Μια εφεδρική (stand-by) μονάδα θα πρέπει να εκκινεί άμεσα και αυτόματα σε περίπτωση βλάβης.

## 2.4 Προστασία Γεννητριών

Σύμφωνα και πάλι με τους κανονισμούς του DNV GL, οι γεννήτριες ενός πλοίου θα πρέπει να προστατεύονται **τουλάχιστον** από υπερεντάσεις και υπερφορτίσεις.

- Η προστασία από βραχυκύκλωμα ρυθμίζεται για υπερένταση μεγαλύτερη από 50% αλλά μικρότερη από το ρεύμα βραχυκύκλωσης μόνιμης κατάστασης. Θα πρέπει να υπάρχει μικρή χρονική καθυστέρηση ανάλογα με την επιλεκτικότητα του συστήματος (πχ για να μη διακόπτεται η λειτουργία των κινητήρων κατά την εκκίνηση όπου το ρεύμα εκκίνησής τους είναι αρκετά μεγαλύτερο από το ονομαστικό) (από 300 έως 500 ms). Σε περίπτωση πτώσης τάσης, η προστασία από βραχυκύκλωμα δεν θα πρέπει να απενεργοποιείται.
- Η προστασία από υπερφόρτιση, η οποία ρυθμίζεται για υπερένταση μεταξύ 10% και 50%, θα πρέπει να ενεργοποιεί τον αυτόματο διακόπτη της γεννήτριας με μια χρονική καθυστέρηση όχι μεγαλύτερη των δύο (2) λεπτών. Η προστασία από υπερφόρτιση δεν συνεπάγεται άμεση αποσύνδεση της γεννήτριας.
- Γεννήτριες μεγαλύτερες των 50 kVA, οι οποίες προορίζονται για παράλληλη λειτουργία πρέπει να προστατεύονται με μια διάταξη προστασίας έναντι αντιστρόφου ρεύματος. Η επιλογή και η ρύθμιση της διάταξης σχετίζεται με την κινητήρια μηχανή της γεννήτριας, πχ για ατμο/αεριο-στροβιλοκίνητες

γεννήτριες 2-6%, για diesel γεννήτριες 8-15% του ονομαστικού φορτίου, με χρονική καθυστέρηση 2 έως 5 δευτερόλεπτα. Η διάταξη αυτή πρέπει να λειτουργεί και σε πτώση τάσης έως και 50% .

- Οι αυτόματοι διακόπτες των γεννητριών πρέπει να εφοδιάζονται με διάταξη προστασίας από έλλειψη τάσεως. Σε περίπτωση μείωσης της τάσεως στο 70-35% της ονομαστικής τάσεως, ο αυτόματος διακόπτης της γεννήτριας θα πρέπει να ανοίγει αυτόματα.
- Οι γεννήτριες του πλοίου πρέπει να προστατεύονται από υπερτάσεις. Η τάση θα πρέπει να περιορίζεται στο 130% της ονομαστικής τάσεως και η χρονική καθυστέρηση στα 5 δευτερόλεπτα ακόμη και σε περίπτωση βλάβης των αυτόματων ρυθμιστών τάσης.
- Σε περίπτωση διαρκούς πτώσης της συχνότητας περισσότερο από 10%, ο μη ουσιώδης και αν είναι απαραίτητο και ο δευτερεύοντας ουσιώδης εξοπλισμός πρέπει να αποσυνδέεται σε 5 έως 10 δευτερόλεπτα. Αν η λύση αυτή αποτύχει, οι γεννήτριες τροφοδοσίας αποσυνδέονται και η εφεδρική (stand-by) γεννήτρια μπαίνει σε λειτουργία
- Για τις γεννήτριες που λειτουργούν παράλληλα θα πρέπει:
  - να εφοδιάζονται με έναν τριπολικό αυτόματο διακόπτη με προστασία από υπερένταση (βραχυκύκλωμα) και έλλειψη τάσεως
  - ο διακόπτης της γεννήτριας θα πρέπει να έχει διάταξη προστασίας από έλλειψη τάσεως η οποία αποτρέπει το κλείσιμο του διακόπτη αν η γεννήτρια είναι εκτός λειτουργίας
  - ένα σφάλμα στο κύκλωμα συγχρονισμού των γεννητριών ή στο κύκλωμα επίβλεψης των black-out, δεν πρέπει να οδηγεί σε ασύγχρονη σύνδεση των γεννητριών.

## **2.5 Πηγή έκτακτης ανάγκης**

Με βάση τη διεθνή σύμβαση SOLAS και τους κανονισμούς του DNV GL, όλα τα επιβατηγά πλοία, ανεξαρτήτου χωρητικότητας αλλά και τα φορτηγά πλοία με GRT μεγαλύτερο από 500 θα πρέπει να έχουν μια έκτακτη πηγή ηλεκτρικής ισχύος, η οποία πρέπει να είναι αυτόνομη και ανεξάρτητη από την κύρια πηγή ηλεκτρικής ισχύος. Η ικανότητά της πρέπει να είναι επαρκής για να τροφοδοτήσει όλα τα φορτία που θεωρούνται αναγκαία για ασφάλεια σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης. Λαμβάνοντας υπόψη τα ρεύματα εκκίνησης και τη μεταβατική φύση μερικών φορτίων, η πηγή έκτακτης ανάγκης θα πρέπει να τροφοδοτεί τα παρακάτω φορτία και για το συγκεκριμένο χρονικό διάστημα:

A)

Για 3 ώρες, το φωτισμό ανάγκης σε κάθε σταθμό επιβίβασης, στα σωστικά σκάφη και λέμβους διάσωσης στο κατάστρωμα και κατά μήκος των πλευρών του πλοίου.

B)

Για 18 ώρες, το φωτισμό ανάγκης σε όλους τους διαδρόμους στους χώρους ενδιαίτησης, στις σκάλες, στις εξόδους, στο μηχανοστάσιο, στους ανελκυστήρες, στον σταθμό των κύριων γεννητριών και στις θέσεις ελέγχου τους, στους σταθμούς ελέγχου, στη γέφυρα, σε κάθε κύριο ή έκτακτης ανάγκης πίνακα, σε όλους τους χώρους αποθήκευσης των στολών πυροσβεστών, στο τμήμα του συστήματος πηδαλιουχίας, στην αντλία πυρκαγιάς, στην αντλία καταιονιστήρων - sprinkler (αν υπάρχει), στην αντλία σεντινών έκτακτης ανάγκης (αν υπάρχει) και στο σημείο όπου γίνεται η εκκίνηση των κινητήρων τους, και τέλος σε όλα τα αντλιοστάσια και τις δεξαμενές φορτίου των δεξαμενόπλοιων.

Γ)

Για 18 ώρες, τα φώτα ναυσιπλοΐας και τα άλλα φώτα που απαιτούνται από τη διεθνή σύμβαση COLREGs (Convention on the International Regulations for Preventing Collisions at Sea, 1972 ) καθώς και τον ραδιοεξοπλισμό VHF, MF, τον επίγειο σταθμό του πλοίου και τον εξοπλισμό MF/HF.

Δ)

Για 18 ώρες, τα μέσα συναγερμού και επικοινωνίας σε περίπτωση ανάγκης, τις συσκευές πλοήγησης, το σύστημα ανίχνευσης και συναγερμού σε περίπτωση φωτιάς εκτός και αν αυτές οι υπηρεσίες τροφοδοτούνται από μπαταρίες για το απαιτούμενο χρονικό διάστημα.

Ε)

Για 18 ώρες, την αντλία πυρκαγιάς έκτακτης ανάγκης και τις εγκαταστάσεις ψεκασμού νερού, το βοηθητικό εξοπλισμό των γεννητριών έκτακτης ανάγκης και τουλάχιστον μια αντλία σεντινών για τους χώρους φορτίου

ΣΤ)

Το μηχανισμό κινήσεως του πηδαλίου (για 10 λεπτά σε πλοία έως 10000 GRT και σε πάνω από 10000 GRT πλοία για 30 λεπτά)

Η πηγή ηλεκτρικής ισχύος έκτακτης ανάγκης μπορεί να είναι είτε γεννήτρια είτε συσσωρευτές αποθήκευσης ενέργειας.

Στην περίπτωση της γεννήτριας έκτακτης ανάγκης, θα πρέπει να είναι ανεξάρτητη από τις κύριες γεννήτριες και να έχει ανεξάρτητο σύστημα ψύξης. Επιπλέον, θα πρέπει να ξεκινά αυτόματα και όχι σε περισσότερο χρόνο από 45 δευτερόλεπτα μετά τη βλάβη των κύριων γεννητριών, εκτός και αν υπάρχει μεταβατική πηγή ηλεκτρικής ισχύος έκτακτης ανάγκης.

Η μεταβατική πηγή ηλεκτρικής ισχύος έκτακτης ανάγκης θα πρέπει να είναι συσσωρευτές, οι οποίοι στην περίπτωση βλάβης της κύριας πηγής ισχύος, άμεσα και αυτόματα υπό φόρτιση 80%, θα πρέπει να τροφοδοτούν τα φορτία που αναφέρονται στις παραγράφους 1,2,3,4 (εκτός από τον ραδιοεξοπλισμό και τις συσκευές πλοήγησης) μέχρι την εκκίνηση της γεννήτριας έκτακτης ανάγκης. Οι καταναλωτές θα πρέπει να τροφοδοτούνται για τουλάχιστον 30 λεπτά, κατά τη διάρκεια των οποίων, η τάση των συσσωρευτών δεν πρέπει να ξεπερνά το  $\pm 12\%$  της ονομαστικής τάσης, χωρίς να μεσολαβεί επαναφόρτισή τους.

Στην περίπτωση που η πηγή ηλεκτρικής ισχύος έκτακτης ανάγκης είναι συσσωρευτές τότε θα πρέπει να συνδέονται αυτόματα στον πίνακα έκτακτης ανάγκης σε περίπτωση βλάβης των κύριων γεννητριών, και να πληρούν τις προϋποθέσεις που αναφέρονται στην προηγούμενη παράγραφο για την μεταβατική πηγή έκτακτης ανάγκης.

Όσον αφορά τον **πίνακα έκτακτης ανάγκης**, θα πρέπει να βρίσκεται κοντά στη γεννήτρια έκτακτης ανάγκης ή το συσσωρευτή έκτακτης ανάγκης. Όταν η πηγή έκτακτης ανάγκης είναι συσσωρευτές τότε αυτοί δεν πρέπει να εγκατασταθούν στον ίδιο χώρο με τον πίνακα έκτακτης ανάγκης. Ο πίνακας αυτός κατά την κανονική λειτουργία του πλοίου τροφοδοτείται από τον κύριο πίνακα διανομής μέσω ενός εσωσυνδέσμου τροφοδοτή, ο οποίος θα πρέπει να προστατεύεται επαρκώς στο κύριο πίνακα από υπερφόρτιση και βραχυκύκλωμα και ο οποίος πρέπει να αποσυνδέεται άμεσα σε περίπτωση βλάβης της κύριας πηγής ηλεκτρικής ισχύος. Ο διακόπτης αυτός εξασφαλίζει την "επικοινωνία" των δύο συστημάτων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στο πλοίο. Το σύστημα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας σε ένα πλοίο είναι γενικά διασυνδεδεμένο. Μια χρήση για παράδειγμα της διασύνδεσης των δύο πινάκων είναι η εκκίνηση του πλοίου μέσω της γεννήτριας έκτακτης ανάγκης όταν βρίσκεται στην κατάσταση dead ship.

### **2.5.1 Γεννήτρια Έκτακτης Ανάγκης**

Οι γεννήτριες έκτακτης ανάγκης και οι κινητήριες μηχανές τους, θα πρέπει να εγκαθίστανται στο ανώτερο κατάστρωμα και πίσω από το διάφραγμα συγκρούσεως. Το μέρος που θα τοποθετηθεί η γεννήτρια έκτακτης ανάγκης θα πρέπει να είναι προσβάσιμο από το ανοιχτό κατάστρωμα και να είναι εγκατεστημένο έτσι ώστε μια φωτιά ή ένα περιστατικό στο χώρο που περιέχει τις κύριες γεννήτριες και/ή τον κύριο πίνακα διανομής ή σε ένα χώρο μηχανημάτων κατηγορίας A, να μην επηρεάζει την ικανότητα λειτουργίας της πηγής έκτακτης ανάγκης. Ο χώρος που περιέχει την πηγή έκτακτης ανάγκης, τους συναφείς μετασχηματιστές, τους μετατροπείς, τη μεταβατική πηγή έκτακτης ανάγκης και τον πίνακα έκτακτης ανάγκης δεν πρέπει να βρίσκεται δίπλα σε χώρο που περιέχει την κύρια μηχανή, τον κύριο πίνακα διανομής, τους σχετικούς μετασχηματιστές, μετατροπείς κλπ., ή δίπλα σε χώρους μηχανημάτων κατηγορίας A.

Τα ονομαστικά χαρακτηριστικά λειτουργίας και ο έλεγχος των γεννητριών έκτακτης ανάγκης, βασίζονται στις ίδιες αρχές με αυτές για τις κύριες γεννήτριες. Αποκλίσεις στην τάση της τάξεως των  $\pm 3,5\%$  σε συνθήκες μόνιμης κατάστασης και  $\pm 4\%$  σε μεταβατικές συνθήκες μετά από 5 δευτερόλεπτα, είναι αποδεκτές.

Η γεννήτρια έκτακτης ανάγκης θα πρέπει να λειτουργεί ακόμη και με κλίση  $22,5^\circ$  προς τα δεξιά ή αριστερά, με διατοιχισμό  $22,5^\circ$ , με διαμήκη κλίση  $10^\circ$  και προνευστασμό  $10^\circ$  [7].

Οι γεννήτριες έκτακτης ανάγκης πρέπει να προστατεύονται τουλάχιστον από υπερένταση, υπερφόρτιση και από έλλειψη τάσεως. Σε περίπτωση υπερφόρτισης, τα φορτία που τροφοδοτούνται προσωρινά από τη γεννήτρια έκτακτης ανάγκης και δεν είναι φορτία έκτακτης ανάγκης θα πρέπει να αποσυνδέονται αυτόματα.

## **2.5.2 Συσσωρευτές έκτακτης ανάγκης**

Οι συσσωρευτές θα πρέπει να εγκαθίστανται έτσι ώστε να μην προκληθεί κίνδυνος για τον άνθρωπο ή τον εξοπλισμό από τα αέρια ή τις διαρροές των ηλεκτρολυτών. Σε δεξαμενόπλοια, οι συσσωρευτές δεν πρέπει να τοποθετούνται στις δεξαμενές φορτίου. Οι χώροι που περιέχουν τις μπαταρίες θα πρέπει να κατασκευάζονται και να αερίζονται έτσι ώστε να μην επιτρέπουν τη συγκέντρωση εύφλεκτου μίγματος αερίων.

Οι συσσωρευτές θα πρέπει να προστατεύονται από υπερφόρτιση και βραχυκύκλωμα. Επιπλέον, θα πρέπει να είναι έτσι σχεδιασμένοι ώστε να διατηρούν την ονομαστική τους ικανότητα ακόμη και σε κλίση 22,5° και να μην υπάρχει διαρροή ηλεκτρολύτη για κλίσεις έως 40°.

\*οι συσσωρευτές σαν πηγή ασφαλείας επιτρέπονται μόνο σε πολύ μικρά σκάφη.

## **2.6 Λήψη ρεύματος από στεριά**

Με βάση τη διεθνή σύμβαση SOLAS, κάθε πλοίο χωρητικότητας μεγαλύτερης από 500 GRT, θα πρέπει να διαθέτει τουλάχιστον μια λήψη ρεύματος από τη στεριά σύμφωνα με τον κώδικα FSS (Fire Safety Systems Code). Βρίσκεται στο κύριο κατάστρωμα, είναι κατάλληλα προστατευμένη και συνδέεται με τον κύριο πίνακα διανομής.

Η ενεργοποίηση της λήψης ρεύματος από τη στεριά θα πρέπει να είναι δυνατή μόνο εφόσον οι κύριες γεννήτριες είναι εκτός λειτουργίας. Παράλληλη λειτουργία της λήψης από τη στεριά με τις κύριες γεννήτριες για σύντομο χρονικό διάστημα για τη μεταφορά του φορτίου είναι επιτρεπτή. Η λήψη από τη στεριά θα πρέπει να γίνεται μέσω διακόπτη και να προστατεύεται από βραχυκύκλωμα.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΔΕΞΑΜΕΝΟΠΛΟΙΟ**

### **3.1 Ανάλυση Tanker**

Σε αυτό το μέρος της παρούσας πτυχιακής εργασίας, γίνεται ανάλυση των βασικών λειτουργιών ενός Tanker, κατηγορίας Suezmax, χωρητικότητας 156000 τόνων DWT, κατασκευής 2009. Αρχικά παρουσιάζονται τα κύρια χαρακτηριστικά του δεξαμενοπλοίου, δίδεται αντιπροσωπευτικός πίνακας των μηχανών και μηχανημάτων που απαρτίζουν το μηχανοστάσιό. Τέλος πραγματοποιείται κατάρτιση ενός πλήρους λεπτομερούς Ηλεκτρικού Ισολογισμού και εκτίμηση ηλεκτρικής ισχύος.

Τα κύρια στοιχεία του δεξαμενόπλοιοι που εξετάζεται παρουσιάζονται στον πίνακα 3.1

Ολικό Μήκος (Length overall), LOA	274.5 m
Μήκος μεταξύ καθέτων (Length Between Perpendiculars), LBP	264 m
Μέγιστο Πλάτος (Maximum Breadth), B	48 m
Κοίλο (Depth), D	23.7 m
Βύθισμα σχεδίασης (Design Draught),	16 m



TD	
Βύθισμα υπολογισμών (Scantling Draught), TS	17 m
Παρειακή ταχύτητα (Service Speed), Vs	15.1 knots / 7.78 m/s
Συντελεστής γάστρας (Block Coefficient), Cb	0.85
Μεταφορική Ικανότητα (Deadweight), DWT	155881 tons
Εκτόπισμα (Displacement), Δ	182534 tons
Λόγοι L/B, B/T, D/T, DWT/Δ, L/Δ <sup>1/3</sup>	5.50-2.82-1.39-0.85-4.65
Μέγιστη Συνεχής Ισχύς P / Μέγιστος αριθμός στροφών έλικας ανά λεπτό	18860 KW / 91 RPM
Κατασκευαστής κύριας μηχανής / τύπος κύριας μηχανής	MAN 6S70 MC-C
Βάρος κύριας μηχανής	555 tons
Ισχύς ηλεκτρογεννητριών	940 kW
Βάρος ηλεκτρογεννητριών	3x15.8 tons
Διάμετρος έλικας / Βάρος έλικας	7.800 m
Ενδιάμεσος άξονας	
Κύριος (ελικοφόρος άξονας)	

α/α	Μηχανήματα	Κατασκευαστής-Τυπος	Κύρια Χαρακτηριστικά	Αριθμός
1	Κύρια Μηχανή	MAN 6S70MC-C	MCR 18660kWx91 RPM	1
2	Αντλία θαλασσινου νερου ψυξης	Motor driven vertical centrifugal	660m <sup>3</sup> /h x 25m/70kw x175 RPM	2
3	Ανεμιστήρες συστήματος αδρανούς αερίου	Motor driven centrifugal single speed	13150m <sup>3</sup> /h	2
4	Αντλία φορτίου	V.C Single stage,steam turbine	3500m <sup>3</sup> /h x 135m	3
5	Αντλία αποστραγγίσεως φορτίου	Vertical steam turbine reciprocating	350m <sup>3</sup> /h x 135m	1
6	Τζιφάρι αποστραγγίσεως φορτιου		450m <sup>3</sup> /h x 30m	2
7	Αντλίες ερματισμού	Motor driven vertical centrifugal	2000m <sup>3</sup> /h x 30m	2
8	Τζιφαρι αποστραγγίσεως έρματος		200m <sup>3</sup> /h x 20m	1
9	Κύρια αντλία συμπυκνωτή ψυξης θαλασσινου νερου	Motor driven vertical centrifugal	500/755m <sup>3</sup> /h x 30/9m	3

10	Αντλία ψυξης νερολυ πλυντρίδας	Motor driven vertical centrifugal	210m <sup>3</sup> /h x 40m	1
11	Αντλία αναρρόφησης γλυκου νερου	Motor driven centrifugal	70m <sup>3</sup> /h x 38m	1
12	Αντλία κατάλοιπων	M.D.H MONO	5m <sup>3</sup> /h x 0.40Mpa	1
13	Αντλία σεντινών & γενικης χρήσης	Motor driven vertical centrifugal/Self priming	210/250m <sup>3</sup> /h x 90/40m	2
14	Αντλια πυρκαγιάς ασφαλείας	Motor driven vertical centrifugal/Self priming	72m <sup>3</sup> /h x 90m	1
15	Διαχωριστήρας ακάθαρτου νερού	Auto oil disch.High oil content alarm	5m <sup>3</sup> /h x 15ppm	1
16	Αντλία σεντινών		5m <sup>3</sup> /h x 0.3Mpa	1
17	Κυρια αντλία λαδιού λιπανσης	Motor driven vertical centrifugal deepwell	410m <sup>3</sup> /h x 50m	2
18	Αντλία λίπανσης χοάνης ελικοφόρου άξονα	Motor driven horizontal Gear	0.6m <sup>3</sup> x 0.25Mpa	2
19	Ψυγείο λίπανσης χοάνης ελικοφόρου άξονα	Horizontal,tubular	About 2000 Kcal/h	1
20	Αντλία τροφοδοσίας διαχωριστικού λαδιου λιπανσης	Motor driven horizontal Gear	4.0m <sup>3</sup> /h x 0.3 Mpa	2
21	Θερμαντήρας διαχωριστήρα λαδιού λιπανσης	Horizontal tubular,Steam heated	3.15m <sup>3</sup> /h	2
22	Θερμαντήραις διαχωριστήρα πετρελαιου	Horizontal tubular,Steam heated	3.9m <sup>3</sup> /h	2
23	Θερμαντήρας καθαρισμού δεξαμενών	Shell & tube, horizontal	180m <sup>3</sup> /h	
24	Αντλία μετάγγισης ελαιού λιπανσης	Motor driven horizontal Gear	10m <sup>3</sup> /h x 0.4Mpa	1
25	Αντλία χημικού καθαρισμού	Motor driven Horizontal Gear	2m <sup>3</sup> /h x 0,30 Mpa	1
26	Αντλία μετάγγισης diesel	Motor driven horizontal Gear	10m <sup>3</sup> /hx0.4Mpa	1
27	Αντλια μετάγγισης πετρελαιού	Motor driven horizontal Screw	5.75m <sup>3</sup> /h x 0.45Mpa	2
28	Κύριος αεροσυμπιεστής εκκίνησης	M.D.2-Stage f.w.cooled	240m <sup>3</sup> /h x 3.0Mpa	2

29	Βοηθητικός αεροσυμπιεστής εκκίνησης	M.D.2-Stage air cooled	180m <sup>3</sup> /h x 0.7Mpa	2
30	Μονάδα παραγωγής γλυκού νερού	Single stage	30 tons/day	1
31	Ξυραντήρας αέρα	Refrigerating	125 Nm <sup>3</sup> /h	1
32	Κύριο ψυγείο λαδιού λίπανσης	Plate cooler		1
33	Φίλτρο λαδιού λίπανσης	Ayto back flashing	410m <sup>3</sup> /h	2
34	Προθερμαντήρας νερού χιτωνίων		180000kcal/h	1
35	Κύριες αντλίες νερού ψύξης χιτωνίων	Motor driven centrifugal	165m <sup>3</sup> /h x 30m	2
36	Αεροσυμπιεστής εκκίνησης ανάγκης	M.D.2-Stage air cooled	38m <sup>3</sup> /hx3.0Mpa	1
37	Αεροσυμπιεστής ελέγχου αέρος	Vertical cylindrical	1.5m <sup>3</sup> x 0.7Mpa	
38	Ηλεκτρογεννήτριες	YANMAR 6N21AL-GV	940 kW x 990 RPM	3
39	Εναλλάκτης θερμότητας γλυκού νερού κεντρικού συστήματος ψύξης	Plate type	6.036.770kcal/h	2
40	Αντλία ψύξης νερού χαμηλής θερμοκρασίας	Motor driven vertical centrifugal	410m <sup>3</sup> /h x 35m	3
41	Αντλία κυκλοφορίας πετρελαίου κύριας μηχανής	M.D.H Screw	10.3 m <sup>3</sup> /h x 0.65Mpa	2
42	Αντλία μετάγγισης πετρελαίου ηλεκτρογεννητριών	M.D.H Screw	1.36m <sup>3</sup> /h x 0.4Mpa	2
43	Αντλία καθαρισμού Diesel ηλεκτρογεννητριών	Air motor driven	0.68m <sup>3</sup> /h x 0.6Mpa	1
44	Θερμαντήρες καυσίμου κύριας μηχανής	Horizontal Tubular steam heated	168 kW	2
45	Ρυθμιστής ιξώδους καυσίμου κ μηχανής	Automatic	10.3m <sup>3</sup> /h	1
46	Θερμαντήρες καυσίμου ηλεκτρογεννητριών	Horizontal Tubular steam heated	32 kW	2
47	Ρυθμιστής ιξώδους καυσίμου ηλεκτρογεννητριών	Automatic	2.7m <sup>3</sup> /h	1
48	Διαχωριστήρας Πετρελαίου	Auto self cleaning	3900L/h (600cst /50C)	2

49	Διαχωριστήρας λαδιού λίπανσης	Auto self cleaning	3150L/h	2
50	Χοντρά φίλτρα πετρελαίου κύριας μηχανής	Auto back flashing	5.75m <sup>3</sup> /h	1
51	Χοντρά φίλτρα πετρελαίου ηλεκτρογεννητριών	Auto back flashing	1.36m <sup>3</sup> /h	1
52	Αποστειρωτής πόσιμου νερού	Ultraviolet	1410 ltrs/h	1
53	Φίλτρο αποσκλήρυνσης νερού	Jowa F-150		1
54	Θερμαντήρας	Nantong-China	1m <sup>3</sup> /tank 300ltrs	1
55	Αντλία κυκλοφορίας θερμου νερου	Motor driven horizontal	1m <sup>3</sup> /h x 5m	1
56	Μονάδα επεξεργασίας λυμάτων	Biological type/vacuum device combined	40 persons/day	1
57	Αντλια γλυκού νερού	Vertical centrifugal	8m <sup>3</sup> /h x 60m	2
58	Εξαερισμός χώρου διαχωριστήρων	Motor driven axial flow	500m <sup>3</sup> /min	1
59	Αποτεφρωτήρας απορριπτόμενων πετρελαιοειδών	Sludge/waste oil & solid waste burning	730,000Kcal/h	1
60	Μονάδα εξαερισμου μηχανοστασιου	Motor driven axial flow		4
61	Λεβητας πετρελαιου	Vertical water tube	35000kg/h	2
62	Θερμαντήρας πετρελαιου λεβητα	Horizontal tubular steam heated	5.7m <sup>3</sup> /h	
63	Αντλία τροφοδοσίας νερού λέβητα	Motor driven H.C.	43.6m <sup>3</sup> /h x 235m	3
64	Αντλία κυκλοφορίας νερού λέβητα	Motor driven H.C	16m <sup>3</sup> /h x 35m	2
65	Ανλία τροφοδοσίας πετρελαιου λέβητα	Motor driven H.C. screw	7.97m <sup>3</sup> /h x 2.5Mpa	2
66	Αντλία παροχής χημικών λέβητα		2.5m <sup>3</sup> /h	2
67	Συμπυκνωτής		3889780 Kcal/h	1
68	Οικονομητήρας καυσαερίων	Forced circulating	1800 kg/h x 0.7 Mpa	1
69	Σύστημα προστασίας ρύπανσης γαστρας	Ionizing anode type		1
70	Προθερμαντήρας νερού χιτωνίων ηλεκτρογεννητριας	Electric type healer		1

Στην συνέχεια παρουσιάζεται ο λεπτομερής ηλεκτρολογικός ισολογισμός για τις παραπάνω λειτουργίες του πλοίου: **Κανονικής πορείας ,εν ορμώ ,χειρισμών , φόρτωσης ,εκφόρτωσης.**

Για την διευκόλυνσή μας ,τα μηχανήματα έχουν κατηγοριοποιηθεί αντίστοιχες κατηγορίες ,οι οποίες είναι : **Βοηθητικά πρόωσης, Βοηθητικά Μηχανοστασίου , Μηχανουργείο Μηχανοστασίου ,Κλιματισμός Μηχανοστασίου & Μονάδες ψύξης ψυγείων ,Μηχανήματα Καταστώματος ,Συστήματα εξαερισμού ,Συσκευές ενδιαίτησης και Φωτισμός.**

ΛΕΠΤΟΜΕΡΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΣ ΙΣΟΛΟΓΙΣΜΟΣ  
POWER CONSUMPTION CALCULATION

ΚΑΤΑΝΑΛΩΤΗΣ	η	N	Όνομαστική Ισχύς			Καν. Πορείας			Χειρισμών			Εν όρμω			Εκφόρτωσης			Φόρτωσης		
			Ρον.αποδ.		Ρον.απορ.	N'	fs	Ρλειτ.	N'	fs	Ρλειτ.	N'	fs	Ρλειτ.	N'	fs	Ρλειτ.	N'	fs	Ρλειτ.
			PS	KW	KW			KW			KW			KW			KW			KW
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
<b>Βοηθητικά Πρόωσης</b>																				
Κύρια αντλία λαδιού λίπανσης	0.952	2	179.35	132.0	138.68	1	0.80	110.92	1	0.65	90.13	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
Τροφοδοτική αντλία λίπανσης κυλ. κ.μηχ.	0.78	2	2.99	2.2	2.82	1	0.80	2.28	1	0.80	2.28	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
Αντλία θαλ.νερού ψύξης (εν όρμω χρήση)	0.922	1	61.14	45.00	48.81	1	0.00	0.00	1	0.82	40.02	1	0.60	0.82	1	0.82	40.02	1	0.82	40.02
Αντλία γλυκού νερού ψύξης χαμ.θερμοκρ.	0.934	2	88.32	65.00	69.59	1	0.82	57.07	2	0.82	114.13	1	0.82	57.07	1	0.82	57.07	1	0.82	57.07
Αντλία ψύξης νερού χιτωνίων κ. Μηχανής	0.904	2	35.33	26.00	28.78	1	0.75	21.57	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
Τροφοδοτική αντλία πετρελαίου κ.μηχ.	0.84	2	8.97	6.80	7.86	1	0.75	5.89	1	0.75	5.89	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
Αντλία παροχής πετρελαίου κ.μηχ.	0.82	2	3.63	2.60	3.17	1	0.65	2.06	1	0.65	2.06	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
Αντλία λίπανσης υπερπληρωτή κ.μηχ.	0.877	2	8.56	6.30	7.18	1	0.75	5.39	1	0.75	5.39	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
Βοηθητικός ανεμιστήρας αέρα κ.μηχανής	0.91	2	101.90	75.00	82.42	0	0.00	0.00	2	0.75	123.83	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
Μηχανισμός πηδαλίου	0.93	2	122.28	90.00	96.77	1	0.25	24.19	2	0.25	48.39	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
Αντλία μηχανισμού πηδαλίου	0.763	2	1.02	0.75	0.98	1	0.80	0.79	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
<b>ΣΥΝΟΛΑ</b>								<b>230.14</b>			<b>431.89</b>			<b>57.89</b>			<b>97.09</b>			<b>97.09</b>
<b>Βοηθητικά σκάφους-μηχανοστασίου</b>																				
Αντλία λίπανσης χροάνης ελικ. Άξονα	0.763	2	1.02	0.75	0.98	1	0.65	0.64	1	0.65	0.64	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
Αντλία μετάγγισης πετρελαίου	0.875	1	14.95	11.00	12.57	1	0.60	7.54	1	0.60	7.54	1	0.60	7.54	1	0.60	7.54	1	0.60	7.54
Αντλία καταλοίπων πετρελαίου	0.78	1	2.99	2.20	2.82	1	0.80	2.28	1	0.80	2.28	1	0.80	2.28	1	0.80	2.28	1	0.80	2.28
Αντλία μετάγγισης νηξέλ	0.8	1	5.03	3.70	4.63	1	0.50	2.31	1	0.50	2.31	1	0.50	2.31	1	0.50	2.31	1	0.50	2.31
Διαχωριστήρας ακάθαρτου νερού	0.8	1	2.31	1.70	2.13	1	0.70	1.49	1	0.70	1.49	1	0.70	1.49	1	0.70	1.49	1	0.70	1.49
Αντλία μετάγγισης ελαίου λίπανσης	0.8	1	5.03	3.70	4.63	1	0.50	2.31	1	0.50	2.31	1	0.50	2.31	1	0.50	2.31	1	0.50	2.31
Αντλία σεντιών	0.74	1	2.04	1.5	2.03	1	0.50	1.01	1	0.50	1.01	1	0.50	1.01	1	0.50	1.01	1	0.50	1.01
Αντλία πόσιμου νερού	0.86	2	10.19	7.50	8.72	1	0.70	6.10	1	0.70	6.10	1	0.70	6.10	1	0.70	6.10	1	0.70	6.10
Αντλία κυκλοφορίας θερμού νερού	0.697	1	0.54	0.40	0.57	1	0.40	0.23	1	0.40	0.23	1	0.40	0.23	1	0.40	0.23	1	0.40	0.23
Αντλία σεντιών & γενικής χρήσης	0.946	2	149.46	110.0	116.28	1	0.74	86.05	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
Αντλία ερματισμού	0.94	2	312.50	230	244.68	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	2	0.82	401.28	2	0.82	401.28
Κύρια αντλία ψύξης συμπτυκτώματος θ.ν.	0.943	3	95.11	70	74.23	2	0.88	130.65	2	0.88	130.65	0	0.88	0.00	1	0.88	65.32	1	0.88	65.32
Διαχωριστήρας πετρελαίου	0.92	2	14.95	11.00	11.96	1	0.74	8.85	1	0.74	8.85	1	0.74	8.85	1	0.74	8.85	1	0.74	8.85
Διαχωριστήρας ελαίου λίπανσης	0.877	2	8.70	6.40	7.30	1	0.78	5.55	1	0.78	5.55	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
Κύριος αεραυμπιεστής εκκίνησης	0.94	2	70.65	52.00	55.32	1	0.78	43.15	2	0.78	86.30	1	0.78	43.15	1	0.78	43.15	1	0.78	43.15
Βοηθητικός αεραυμπιεστής	0.93	1	36.88	27.00	29.03	1	0.73	21.19	0	0.00	0.00	1	0.73	21.19	1	0.73	21.19	1	0.73	21.19
Αεραυμπιεστής αυτοματισμού	0.93	1	36.88	27.00	29.03	1	0.73	21.19	1	0.73	21.19	1	0.73	21.19	1	0.73	21.19	1	0.73	21.19
Αντλία τροφοδοσίας διαχ/στήρα πετρ.	0.74	2	2.04	1.50	2.03	1	0.60	1.22	1	0.60	1.22	1	0.60	1.22	1	0.60	1.22	1	0.60	1.22
Αντλία τροφοδοσίας διαχ/στήρα λαδιού	0.74	2	2.04	1.50	2.03	1	0.60	1.22	1	0.60	1.22	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
Προθερμαντήρας νερού χιτωνίων ηλεκτρ.	1.00	2	18.34	13.50	13.50	1	0.80	10.80	1	0.80	10.80	1	0.80	10.80	1	0.80	10.80	1	0.80	10.80



## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΗΛΕΚΤΡΟΠΡΩΣΗ**

Σημαντικές τομές δεδομένου της εξέλιξης της τεχνολογίας έχουν γίνει και στον τομέα της ηλεκτροπρόωσης. Ως ηλεκτροπρόωση ορίζουμε το είδος πρόωσης με το οποίο οι άξονες του πλοίου κινούνται απευθείας από ηλεκτρικούς κινητήρες και όχι από άλλες μηχανές (diesel, αεροστρόβιλοι, ατμοστρόβιλοι κλπ). Αυτό βέβαια δεν σημαίνει ότι αφαιρούνται εντελώς από την εγκατάσταση, αντίθετα κινούν τις ηλεκτρικές γεννήτριες που με την σειρά τους κινούν τους κινητήρες. Η εγκατάσταση της πρόωσης ολοκληρώνεται με ένα σύστημα ελέγχου για τον χειρισμό της, την αυξομείωση στροφών και την αλλαγή φοράς περιστροφής των ηλεκτρικών κινητήρων.

Επίσης πρέπει να τονιστεί ότι η επιλογή συστήματος ηλεκτροπρόωσης για ένα πλοίο, προσφέρει περισσότερη ελευθερία στη σχεδίαση και στην επιλογή των υποσυστημάτων και της διάταξης όλης της προωστήριας και ηλεκτρικής εγκατάστασης. Σε κάθε περίπτωση αξίζει να σημειωθεί, ότι οι ηλεκτρικοί κινητήρες είναι η μόνη λύση για τη βοηθητική πρόωση (δηλ. το σύστημα των πλευρικών προωστήριων μηχανισμών που επαυξάνουν την ελικτική ικανότητα των σκαφών ιδίως εντός των λιμένων) με αξιοποίηση κυρίως επαγωγικών κινητήρων μεγάλης ισχύος

Οι κύριες αιτίες που η ηλεκτροπρόωση βρίσκει περισσότερη εφαρμογή πλέον, φαίνονται παρακάτω:

- η αύξηση των ηλεκτρικών καταναλωτών στα πλοία και η τάση για «ηλεκτροποίηση» των πλοίων (AES), δηλαδή η τάση όλες οι λειτουργίες, κύριες και βοηθητικές, να γίνονται πλέον από ηλεκτρικά συστήματα και μηχανήματα, αντικαθιστώντας υδραυλικά, μηχανικά, ή συστήματα ατμού κ.λ.π.,
- η ανάγκη για περισσότερο «αθόρυβη» λειτουργία των πλοίων,
- η αναζήτηση προωστήριων συστημάτων με χαμηλότερο κόστος ζωής και μειωμένες απαιτήσεις επανδρώσεως,
- η ωρίμανση τεχνολογιών που απαιτούνται για να αξιοποιηθεί πλήρως το δυναμικό της ηλεκτροπρόωσης (τεχνολογίες των ηλεκτρικών κινητήρων και των ηλεκτρονικών ισχύος).<sup>4</sup>

---

<sup>4</sup> Εξελίξεις στην ηλεκτροπρόωση πλοίων και ανασκόπηση ζητημάτων σχεδιασμού στο πλήρως εξηλεκτρισμένο πλοίο (Ι.Κ. Χατζηλάου, Ι.Μ. Προυσαλίδης, Γ. Αντωνόπουλος, Π. Βαλλιανάτος)

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5:ΜΙΚΡΟΕΛΕΓΚΤΗΣ ARDUINO**

### **5.1 Arduino**

Το Arduino είναι μία open - source (ανοικτού κώδικα) πλατφόρμα «πρωτοτυποποίησης» ηλεκτρονικών κυκλωμάτων βασισμένη σε ευέλικτο και εύκολο στη χρήση hardware και software που προορίζεται για οποιονδήποτε έχει λίγη προγραμματιστική εμπειρία, στοιχειώδεις γνώσεις ηλεκτρονικών και ενδιαφέρεται να δημιουργήσει διαδραστικά αντικείμενα ή περιβάλλοντα.

Αποτελείται από δύο κύρια μέρη, την πλακέτα Arduino το οποίο είναι το κομμάτι του hardware πάνω στο οποίο εργάζεται ο κατασκευαστής όταν πραγματοποιεί μία κατασκευή ενώ το δεύτερο τμήμα είναι το Arduino IDE, το κομμάτι του λογισμικού που τρέχει στον υπολογιστή. Το IDE χρησιμοποιείται για να δημιουργηθεί ένα sketch (ένα μικρό πρόγραμμα στον υπολογιστή) που φορτώνεται στον μικροελεγκτή της πλακέτα Arduino. Το sketch λέει στην πλακέτα arduino τι πρέπει να κάνει.

#### **5.1.1 Η πλακέτα Arduino**

Η πλακέτα Arduino είναι ένα μικρό κύκλωμα (πλακέτα) που περιέχει ένα ολοκληρωμένο σύστημα υπολογιστή χρησιμοποιώντας ένα μικρό chip (ολοκληρωμένο κύκλωμα) που είναι ο μικροελεγκτής. Αυτός ο υπολογιστής είναι τουλάχιστον χίλιες φορές λιγότερο ισχυρός από ένα MacBook, αλλά είναι πολύ φθηνότερος και πολύ χρήσιμος για την κατασκευή ηλεκτρονικών συσκευών. Η ομάδα του Arduino έχει τοποθετήσει σε αυτήν την πλακέτα όλα τα απαραίτητα στοιχεία που απαιτούνται για τον μικροελεγκτή ώστε να μπορεί να λειτουργεί σωστά και να μπορεί να επικοινωνεί με τον υπολογιστή και άλλες σειριακές συσκευές.

#### **5.1.2 Arduino Duemilanove/UNO**

Η δημοφιλέστερη έκδοση του arduino είναι η Duemilanove/UNO που βασίζεται στο ολοκληρωμένο ATmega328, έναν 8-bit RISC μικροελεγκτή, ο οποίος χρονίζει στα 16MHz. Το ATmega328 διαθέτει ενσωματωμένη μνήμη τριών τύπων: Flash memory, SRAM memory και EEPROM memory

##### **5.1.2.1 Μνήμη Flash**

Η μνήμη flash έχει χωρητικότητα 32Kb, από τα οποία τα 2Kb χρησιμοποιούνται από το firmware του arduino που έχει εγκαταστήσει ήδη ο κατασκευαστής του. Το firmware αυτό που στην ορολογία του arduino ονομάζεται bootloader είναι αναγκαίο για την εγκατάσταση των προγραμμάτων στον μικροελεγκτή μέσω της θύρας USB, χωρίς δηλαδή να χρειάζεται εξωτερικός hardware programmer. Τα υπόλοιπα 30Kb της μνήμης Flash χρησιμοποιούνται για την αποθήκευση αυτών ακριβώς των προγραμμάτων, αφού πρώτα μεταγλωττιστούν στον υπολογιστή. Η μνήμη Flash δεν χάνει τα περιεχόμενά της με την απώλεια της τροφοδοσίας ή κάνοντας reset το μικροελεγκτή. Επίσης, ενώ η μνήμη Flash υπό κανονικές συνθήκες δεν προορίζεται για χρήση runtime, μέσα από τα προγράμματα λόγω της μικρής συνολικής μνήμης που είναι διαθέσιμη σε αυτά (2Kb SRAM + 1Kb EEPROM), έχει σχεδιαστεί μία βιβλιοθήκη που επιτρέπει την χρήση runtime στον χώρο που περισσεύει από την αποθήκευση των sketch (30Kb μείον το μέγεθος του προγράμματος σε μεταγλωττισμένη μορφή).



### **5.1.2.2 Μνήμη SRAM**

Η μνήμη SRAM (static random access memory) είναι η ωφέλιμη μνήμη που μπορούν να χρησιμοποιήσουν τα προγράμματα για να αποθηκεύουν μεταβλητές, πίνακες κ.λπ. κατά το runtime. Όπως και σε έναν υπολογιστή, αυτή η μνήμη χάνει τα δεδομένα της όταν η παροχή ρεύματος στο arduino σταματήσει ή αν γίνει reset. Στο ATmega328 η SRAM μνήμη καταλαμβάνει χώρο 2048 13 bytes κατά την διάρκεια μίας κανονικής λειτουργίας και όλες οι μεταβλητές φορτώνονται σε αυτή καθ' όλη την διάρκεια της λειτουργίας του microcontroller.

### **5.1.2.3 Μνήμη EEPROM**

Το τελευταίο μέρος της μνήμης είναι η EEPROM και καταλαμβάνει 1024 bytes, αρκετά μικρή για μνήμη που χρησιμοποιείται μόνο για ανάγνωση (read-only). Η EEPROM έχει όριο ζωής καθώς δε μπορεί να επαναπρογραμματιστεί για περισσότερες από 100.000 φορές. Είναι μία byte addressable μνήμη, γεγονός που καθιστά λίγο δυσκολότερο να τεθεί σε χρήση αφού απαιτείται ειδική βιβλιοθήκη ώστε να μπορέσει κάποιος να έχει πρόσβαση σε αυτή.

### **5.1.2.4 FTDI**

Εκτός όμως από το ATmega 328 το arduino χρησιμοποιεί και ένα FTDI ολοκληρωμένο. Οι μικροελεγκτές ATmega προγραμματίζονται χρησιμοποιώντας σειριακή επικοινωνία με τους υπολογιστές, έτσι το FTDI αναλαμβάνει την εργασία της μετατροπής της σειριακής θύρας σε USB.

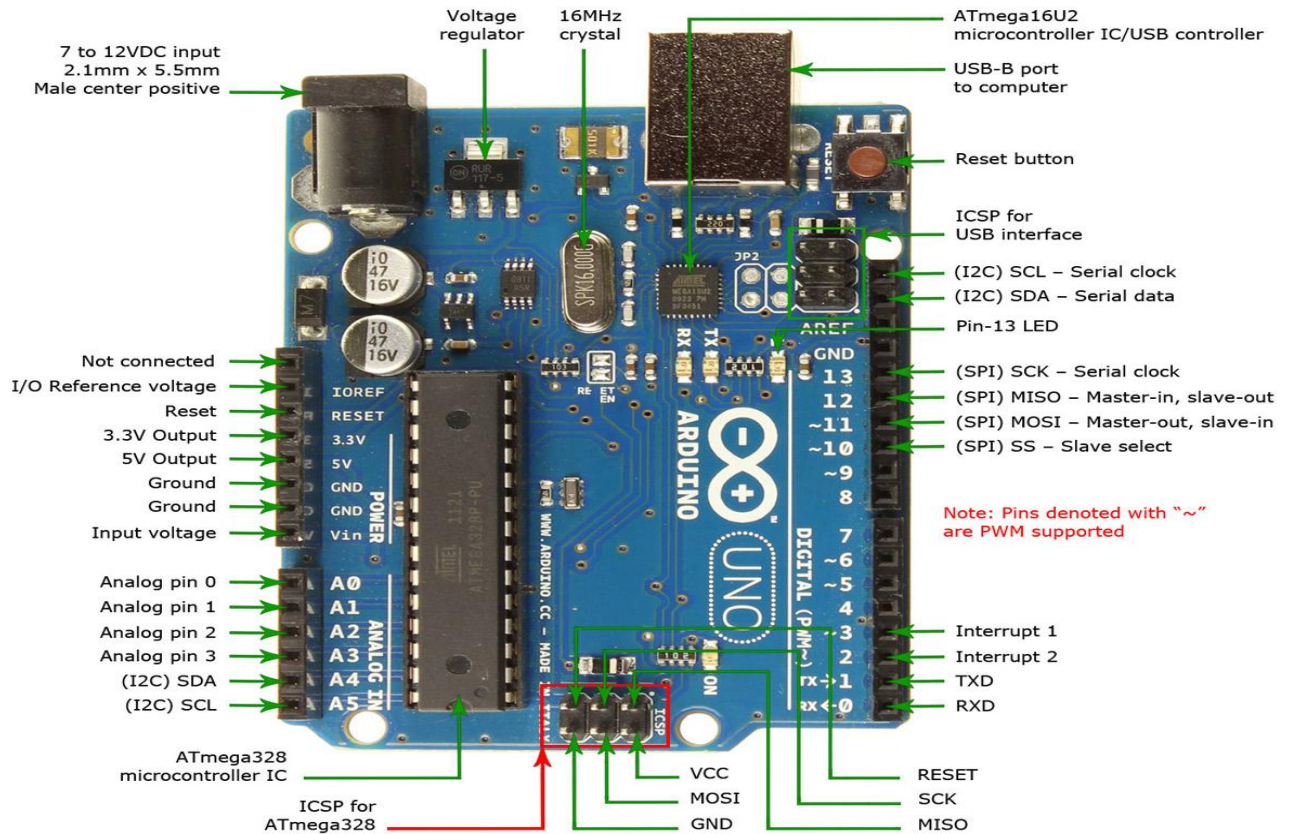
## **5.1.3 Pins πλακέτας arduino**

Η πλακέτα arduino διαθέτει :

- 14 ψηφιακές I/O θύρες (εισόδου & εξόδου). Σύμφωνα με το πρόγραμμα που θα φορτωθεί στον μικροελεγκτή αυτές οι θύρες μπορούν να εργαστούν σαν εισοδοί ή έξοδοι ψηφιακών σημάτων.
- Οι ψηφιακές θύρες 3, 5, 6, 9, 10 και 11 μπορούν να λειτουργήσουν και ως ψευδοαναλογικές θύρες εξόδου με το σύστημα PWM (Pulse Width Modulation), δηλαδή το ίδιο σύστημα που διαθέτουν οι μητρικές των υπολογιστών για να ελέγχουν τις ταχύτητες των ανεμιστήρων. Το PWM παίρνει ένα εύρος τιμών από το 0 έως το 255. Δεν είναι πραγματικά αναλογικό σύστημα, έτσι θέτοντας στην έξοδο την τιμή 127, δεν σημαίνει ότι η έξοδος θα παρέχει 2.5V αντί της κανονικής τιμής των 5V, αλλά ότι θα δίνει έναν παλμό που η τάση του θα εναλλάσσεται με μεγάλη συχνότητα και για ίσα χρονικά διαστήματα μεταξύ των τιμών 0V και 5V με σκοπό η μέση τιμή να ισούται με 2,5V.
- Οι θύρες 0 και 1 χρησιμοποιούνται επίσης και για να λαμβάνουν (RX) και να μεταδίδουν (TX) TTL σειριακά δεδομένα. Έτσι, όταν για παράδειγμα το πρόγραμμα στέλνει δεδομένα σειριακά, τότε αυτά προωθούνται στην θύρα USB μέσω του ελεγκτή Serial-Over-USB όπως επίσης και στο pin 0 για να τα διαβάσει ενδεχομένως μία άλλη συσκευή (π.χ. ένα δεύτερο arduino στη δικιά του θύρα 1). Αυτό φυσικά σημαίνει ότι αν στο πρόγραμμα ενεργοποιηθεί το σειριακό interface, καταλαμβάνονται δύο ψηφιακές θύρες εισόδου/εξόδου.

- Οι θύρες 2 και 3 λειτουργούν και ως εξωτερικά interrupt (interrupt 0 και 1 αντίστοιχα). Με άλλα λόγια, μπορούν να ρυθμιστούν μέσα από το πρόγραμμα ώστε να λειτουργούν αποκλειστικά ως 14 ψηφιακές εισοδοι στις οποίες όταν συμβαίνουν συγκεκριμένες αλλαγές τάσης, η κανονική ροή του προγράμματος να σταματάει άμεσα και να εκτελείται μία συγκεκριμένη συνάρτηση. Τα εξωτερικά interrupt είναι ιδιαίτερα χρήσιμα σε εφαρμογές που απαιτούν συγχρονισμό μεγάλης ακρίβειας.
- 6 αναλογικές θύρες εισόδου αριθμημένες από το 0 έως το 5. Το καθένα από αυτά λειτουργεί ως αναλογική είσοδος κάνοντας χρήση του ADC (Analog to Digital Converter). Για παράδειγμα, αν τροφοδοτηθεί ένα από αυτά τα pin με μία τάση η οποία μπορεί να κυμανθεί με ένα ποτενσιόμετρο από 0V ως μία τάση αναφοράς Vref (η οποία αν δεν γίνει κάποια αλλαγή είναι προρυθμισμένη στα 5V), τότε μέσα από το πρόγραμμα μπορεί να «διαβαστεί» η τιμή της θύρας ως ένας ακέραιος αριθμός χωρητικότητας 10-bit, από το 0 (όταν η τάση στο pin είναι 0V) μέχρι το 1023 (όταν η τάση στο pin είναι 5V). Η τάση αναφοράς μπορεί να ρυθμιστεί με μία εντολή όπως για παράδειγμα στα 1.1V. Ένας άλλος τρόπος όπου η τάση αναφοράς μπορεί να δηλωθεί από τον προγραμματιστή είναι τροφοδοτώντας με μία εξωτερική τάση αναφοράς τη θύρα με την σήμανση AREF που βρίσκεται στην απέναντι πλευρά της πλακέτας. Έτσι, αν τροφοδοτηθεί η θύρα AREF με 3.3V και στην συνέχεια εκτελεσθεί η εντολή να διαβαστεί κάποιο pin αναλογικής εισόδου στο οποίο εφαρμόζετε τάση 1.65V, το Arduino θα επιστρέψει την τιμή 512.
- Δίπλα από της θύρες αναλογικής εισόδου, υπάρχει μία ακόμα συστοιχία από 6 pin με την σήμανση POWER. Η λειτουργία του καθενός pin έχει ως εξής:
  - Το πρώτο, με την ένδειξη RESET, όταν γειωθεί (με οποιοδήποτε από τα 3 pin με την ένδειξη GND που υπάρχουν στο arduino) έχει ως αποτέλεσμα την επανεκκίνηση του arduino.
  - Το δεύτερο με την ένδειξη 3.3V, μπορεί να τροφοδοτήσει διατάξεις, συσκευές ή αισθητήρες με τάση 3.3V. Η τάση αυτή δεν προέρχεται από την εξωτερική τροφοδοσία αλλά παράγεται από τον ελεγκτή Serial-over-USB και έτσι η μέγιστη ένταση που μπορεί να παρέχει είναι μόλις 50mA.
  - Η τρίτη θύρα με την ένδειξη 5V, μπορεί να χρησιμοποιηθεί και αυτή για την τροφοδότηση διαφόρων εξαρτημάτων, συσκευών ή αισθητήρων με τάση 5V. Ανάλογα με τον τρόπο τροφοδοσίας του ίδιου του Arduino, η τάση αυτή προέρχεται είτε άμεσα από την θύρα USB (που ούτως ή άλλως παρέχει τάση 5V), είτε από την εξωτερική τροφοδοσία αφού αυτή περάσει από ένα ρυθμιστή τάσης για να την «σταθεροποιήσει» στα 5V.
  - Το τέταρτο και το πέμπτο pin με την ένδειξη GND είναι οι γειώσεις.
  - Το έκτο και τελευταίο pin, με την ένδειξη Vin έχει διπλό ρόλο. Σε συνδυασμό με το pin γείωσης δίπλα του, μπορεί να λειτουργήσει ως μέθοδος εξωτερικής τροφοδοσίας του Arduino στην περίπτωση που δεν βολεύει να χρησιμοποιηθεί η υποδοχή του φισ των 2.1mm. Αν όμως υπάρχει ήδη συνδεδεμένη εξωτερική τροφοδοσία μέσω του φισ, τότε μπορεί να χρησιμοποιηθεί αυτό το pin για να τροφοδοτήσει εξαρτήματα και συσκευές με την πλήρη τάση της εξωτερικής τροφοδοσίας (7~12V), πριν αυτή περάσει από τον ρυθμιστή τάσης όπως γίνεται με το pin των 5V.

- Η φόρτωση του sketch πραγματοποιείται μέσω μίας USB θύρας που διαθέτει η πλακέτα arduino. Έτσι οι πληροφορίες που προέρχονται από την USB θύρα του υπολογιστή εισέρχονται στην USB θύρα του arduino και στην συνέχεια οδηγούνται στο FDTI ολοκληρωμένο για να διαμορφωθούν σε μία κατάλληλη μορφή ώστε ο μικροελεγκτής να μπορέσει να τις διαβάσει.
- Πάνω στην πλακέτα του arduino υπάρχει ένας διακόπτης micro-switch και 4 smd (μικροσκοπικά) LED επιφανειακής στήριξης. Η λειτουργία του διακόπτη (που έχει την σήμανση RESET) και του 15 ενός LED με την σήμανση POWER είναι προφανής. Τα δύο LED με τις σημάνσεις TX και RX, χρησιμοποιούνται ως ένδειξη λειτουργίας του σειριακού interface, καθώς ανάβουν όταν το arduino στέλνει ή λαμβάνει (αντίστοιχα) δεδομένα μέσω της USB. Τα LED αυτά ελέγχονται από τον ελεγκτή Serial-over-USB και συνεπώς δεν λειτουργούν όταν η σειριακή επικοινωνία γίνεται αποκλειστικά μέσω των ψηφιακών pin 0 και 1.
- Τέλος, υπάρχει το LED με τη σήμανση L. Η βασική λειτουργία του LED στην πλακέτα Arduino είναι για να αναβοσβήνει συνήθως για δοκιμαστικό σκοπό. Οι κατασκευαστές σκέφτηκαν να ενσωματώσουν ένα LED στην πλακέτα το οποίο το σύνδεσαν στη ψηφιακή θύρα 13. Έτσι ακόμα και αν δεν έχει συνδεθεί τίποτα πάνω στο φυσικό pin 13, αναθέτοντας του την τιμή HIGH μέσα από το πρόγραμμα, θα ανάψει το ενσωματωμένο LED L.
- Η πλακέτα μπορεί να τροφοδοτηθεί από μία USB θύρα ενός υπολογιστή ή από ένα 9 volt τροφοδοτικό συνεχούς ρεύματος με βύσμα 2.1mm barrel tip. Ο θετικός πόλος θα πρέπει να βρίσκεται στη εσωτερική πλευρά και ο αρνητικός στην εξωτερική πλευρά του βύσματος.



Εικόνα 5.1:Arduino UNO

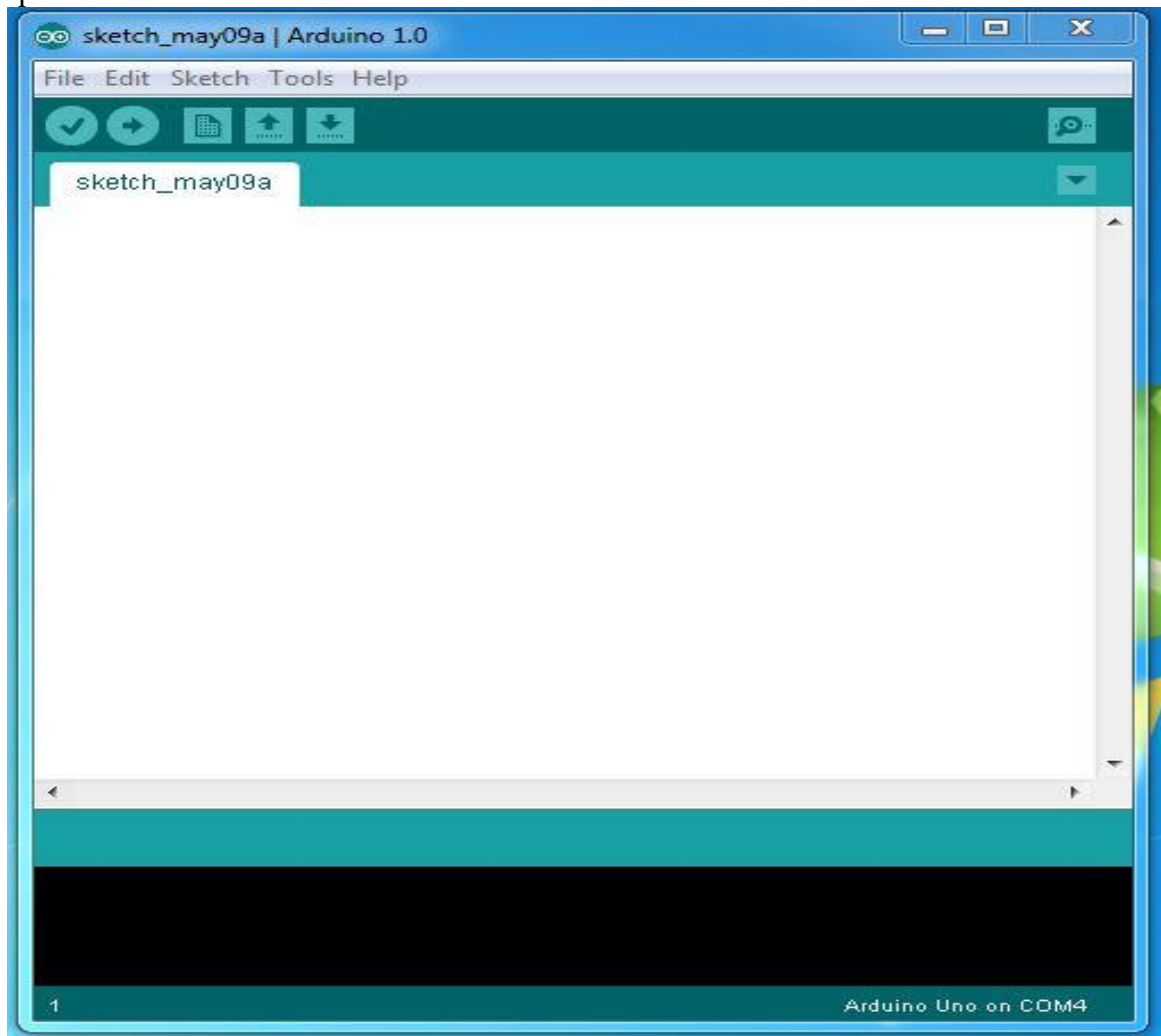
### 5.1.4 Το software για τον προγραμματισμό του arduino

Το arduino IDE (Integrated Development Environment -Ολοκληρωμένο Περιβάλλον Ανάπτυξης) είναι ένα ειδικό πρόγραμμα βασισμένο σε java που εκτελείται στον υπολογιστή και επιτρέπει να γραφούν τα sketches για την πλακέτα arduino σε μία απλή γλώσσα που διαμορφώθηκε μέσα από την γλώσσα Processing. Πατώντας ένα κουμπί, το πρόγραμμα φορτώνει το sketch στον μικροελεγκτή του arduino. Η γλώσσα του arduino βασίζεται στη γλώσσα Wiring, μία παραλλαγή C/C++ για μικροελεγκτές αρχιτεκτονικής AVR όπως ο ATmega, και υποστηρίζει όλες τις βασικές δομές της C καθώς και μερικά χαρακτηριστικά της C++. Για compiler χρησιμοποιείται ο AVR gcc και ως βασική βιβλιοθήκη C χρησιμοποιείται η AVR libe. Λόγω της καταγωγής της από την γλώσσα προγραμματισμού C, στη γλώσσα του arduino μπορούν να χρησιμοποιηθούν ουσιαστικά οι ίδιες βασικές εντολές και συναρτήσεις, με την ίδια σύνταξη, οι ίδιοι τύποι δεδομένων και οι ίδιοι τελεστές με την C. Πέρα από αυτές όμως, υπάρχουν κάποιες ειδικές εντολές, συναρτήσεις και σταθερές που βοηθούν για την διαχείριση του ειδικού hardware του arduino.

## 5.2 Προγραμματισμός του ελεγκτή Arduino

### 5.2.1 Το περιβάλλον Arduino IDE

Το περιβάλλον ανάπτυξης (IDE) του Arduino είναι μία πολυπλατφορμική εφαρμογή γραμμένη σε Java και βασίζεται στο περιβάλλον της γλώσσας προγραμματισμού Processing. Κυρίως αποτελείται από έναν editor (κειμενογράφο), έναν compiler, ένα loader, ένα serial monitor και δίνει μόνο τη δυνατότητα για μερικές ρυθμίσεις στα «preferences».

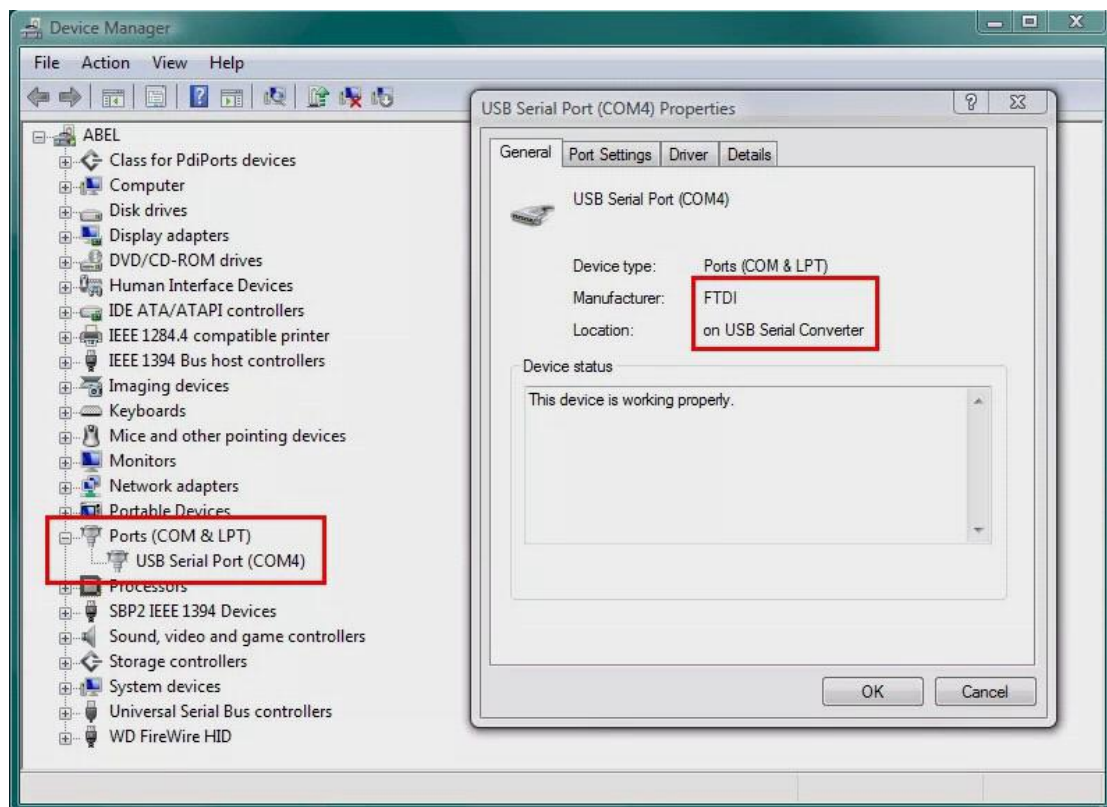


Εικόνα 5.2: Το περιβάλλον προγραμματισμού arduino

Το Arduino IDE συγκεκριμένα παρέχει:

- Ένα πρακτικό περιβάλλον για την συγγραφή των προγραμμάτων σας (τα οποία ονομάζονται sketch στην ορολογία του Arduino) με συντακτική χρωματική σήμανση.
- Αρκετά έτοιμα παραδείγματα.
- Μερικές έτοιμες βιβλιοθήκες για προέκταση της γλώσσας και για να χειρίζεστε εύκολα μέσα από τον κώδικά σας τα εξαρτήματα που συνδέετε στο Arduino.
- Τον compiler για την μεταγλώττιση των sketch σας.
- Ένα serial monitor που παρακολουθεί τις επικοινωνίες της σειριακής (USB), αναλαμβάνει να στείλει αλφαριθμητικά της επιλογής σας στο Arduino μέσω αυτής και είναι ιδιαίτερα χρήσιμο για το debugging των sketch σας.
- Και την επιλογή να ανεβάσετε το μεταγλωττισμένο sketch στο Arduino.

Για τα δύο τελευταία χαρακτηριστικά βέβαια, το Arduino πρέπει να έχει συνδεθεί σε μια από τις θύρες USB του υπολογιστή και, λόγω του ελεγκτή Serial-over-USB, θα πρέπει να αναγνωριστεί από το λειτουργικό σας σύστημα ως εικονική σειριακή θύρα.



Εικόνα 5.3: Τρόπος σύνδεσης Arduino με τον υπολογιστή

Αν ο οδηγός του ελεγκτή Serial-over-USB είναι σωστά εγκατεστημένος στα Windows, το Arduino θα αναγνωρίζεται από τον Device Manager όπως στην εικόνα 2. Εκεί μπορείτε να δείτε και τον αριθμό της εικονικής σειριακής θύρας που του ανατέθηκε. Για την σύνδεση θα χρειαστείτε ένα καλώδιο USB από Type A σε Type B, όπως αυτό των εκτυπωτών. Για την αναγνώριση από το λειτουργικό θα χρειαστεί να εγκαταστήσετε τον οδηγό του FTDI chip (δηλαδή του ελεγκτή Serial-over-USB) ο οποίος υπάρχει στον φάκελο drivers του Arduino IDE που κατεβάσατε. Την τελευταία έκδοση αυτού του οδηγού μπορείτε επίσης να κατεβάσετε για κάθε λειτουργικό σύστημα από το site της FTDI. Σημειώστε ότι στους τελευταίους πυρήνες του Linux υπάρχει εγγενής υποστήριξη του συγκεκριμένου ελεγκτή. Αν όλα έγιναν σωστά, το κεντρικό παράθυρο του Arduino IDE θα εμφανιστεί όταν το εκτελέσετε και στο μενού Tools → Serial Port θα πρέπει να εμφανίζεται η εικονική σειριακή θύρα (συνήθως COM# για τα Windows, /dev/ttyusbserial## για το MacOS και /dev/ttyusb## για το Linux). Επιλέξτε αυτή την εικονική θύρα και στην συνέχεια επιλέξτε τον τύπο του Arduino σας (Arduino Duemilanove w/ ATmega328) από το μενού Tools → Board.

## **5.2.2 Βασικές λειτουργίες Προγραμματισμού**

Μετά την εγκατάσταση του Arduino IDE μπορούμε να γράψουμε τα πρώτα μας τμήματα κώδικα. Η λογική του Arduino είναι πολύ απλή - στην ουσία υπάρχουν δύο βασικές συναρτήσεις, η setup() και η loop() οι οποίες δουλεύουν ως εξής:

- **setup()** - εδώ βάζουμε όλες τις εντολές που πρέπει να τρέξουν μία φορά, όταν ενεργοποιείται η μονάδα μας (όταν δηλαδή δίνουμε ρεύμα ή όταν πατηθεί το πλήκτρο reset που υπάρχει). Συνήθως μπαίνουν αρχικοποιήσεις τιμών μεταβλητών και οπωσδήποτε ο χαρακτηρισμός των εισόδων/εξόδων που θα χρησιμοποιήσουμε (αν δηλαδή ένα συγκεκριμένο Pin θα είναι είσοδος ή έξοδος).

- **loop()** - εδώ γράφουμε το πρόγραμμά μας. Οι εντολές που υπάρχουν θα τρέξουν κι όταν φτάσει στο τέλος θα ενεργοποιηθεί ξανά η loop(), συνεχίζοντας από την αρχή της, και ξανά. Αυτό θα συμβαίνει συνεχώς, όσο έχει ρεύμα το Arduino ή μέχρι να πατηθεί το πλήκτρο reset.

Έτσι, η βασική λειτουργία του Arduino είναι ότι τρέχει η συνάρτηση setup() μία φορά στην αρχή και ακολούθως η loop() ξανά και ξανά μέχρι να το κλείσουμε (να μην τροφοδοτείται με ρεύμα) ή να πατήσουμε το πλήκτρο reset. Στην περίπτωση του Reset ξανατρέχει η συνάρτηση setup() μία φορά και ακολούθως η loop() ξανά και ξανά, όπως δηλαδή ακριβώς και όταν αρχικά ενεργοποιείται με ρεύμα ο μικροελεγκτής. Στην περίπτωση που έχουμε κάνει αλλαγές στο πρόγραμμά μας και το φορτώσουμε στον μικροελεγκτή αρκεί να πατήσουμε το πλήκτρο Reset ώστε να φορτώσει το πρόγραμμά μας από την αρχή με τον τρόπο που περιγράφηκε. Ένα τυπικό πρόγραμμα έχει την παρακάτω δομή:

### **5.2.2.1 Δηλώσεις μεταβλητών**

Όπως σε όλες τις γλώσσες προγραμματισμού, μπορώ να δηλώσω ονόματα μεταβλητών. Οι τύποι μεταβλητών που υποστηρίζονται στο Arduino είναι αρκετοί.

```
void setup() {  
  /* οι εντολές εδώ θα τρέξουν μόνο στην ενεργοποίηση ή μετά από Reset */  
}  
void loop() {  
  /* οι εντολές εδώ θα τρέχουν ξανά και ξανά, μέχρι να απενεργοποιηθεί ή να πατηθεί το Reset */  
}
```

Για έναν αρχάριο χρήστη οι παρακάτω τύποι θα είναι αρκετοί:

- **boolean**, με τιμές το 0 και 1 (ή True – False)
- **byte**, με τιμές από 0 έως και 255
- **int**, ακέραιος με δυνατές τιμές από -32768 έως και 32767
- **long**, ακέραιος με δυνατές τιμές από -2147483648 έως και 2147483647
- **float**, δεκαδικοί αριθμοί
- **char**, ένας χαρακτήρας (μέγεθος ένα Byte)
- **string**, πίνακας χαρακτήρων

### 5.2.2.2 Σχόλια

Όπως σε όλες τις γλώσσες προγραμματισμού, μπορώ να έχω σχόλια για την ευκολότερη κατανόηση και συντήρηση του κώδικα που γράφω. Μπορώ να χρησιμοποιήσω τις δύο κάθετες // για σχόλιο σε μία γραμμή (ότι ακολουθεί τις // αγνοείται), ή τα /\* \*/ που περικλείουν τα σχόλια που γράφονται σε περισσότερες γραμμές (ότι υπάρχει ανάμεσα στο /\* και στο \*/ αγνοείται).

### 5.2.2.3 Συναρτήσεις διαχείρισης θυρών εισόδου – εξόδου (Pins)

Η κύρια λειτουργία του μικροελεγκτή βασίζεται στο να ελέγχει τις θύρες που διαθέτει και είτε να δίνει ρεύμα είτε να παίρνει ρεύμα από αυτές. Στην αρχικοποίηση κάθε προγράμματος (μέσα στη συνάρτηση setup) θα χρειαστεί να χαρακτηρίσουμε τα Pins που χρησιμοποιούμε ως είσοδο ή ως έξοδο.

Η συνάρτηση **pinMode(Pin, Mode)** χρησιμοποιείται με το όνομά της και ορίσματα α) τον αριθμό Pin και β) την κατάσταση λειτουργίας που χαρακτηρίζεται με τη λέξη INPUT (είσοδος) ή OUTPUT(έξοδος).

Επίσης στις συναρτήσεις εισόδου - εξόδου ρεύματος για να μπορέσουμε να δώσουμε ρεύμα προς τα έξω μέσω μιας θύρας (pin) θα πρέπει πρώτα να έχει αυτή οριστεί ως έξοδος, όπως είδαμε στην προηγούμενη παράγραφο. Ακολουθώντας, με χρήση της κατάλληλης εντολής μπορούμε να δώσουμε κάθε φορά την επιθυμητή τάση προς τα έξω.

Αντίστοιχα, για να “διαβάσουμε” από μια είσοδο, θα πρέπει αρχικά να την ορίσουμε ως είσοδο και με χρήση της κατάλληλης κάθε φοράς συνάρτησης να διαβάζουμε την αντίστοιχη τιμή.

### 5.2.2.4 Ψηφιακή είσοδος-έξοδος

Και τα 14 pins του Arduino μπορούν δουλεύουν ως ψηφιακές έξοδοι, δηλαδή δίνουν έξοδο 0 ή 5V. Αυτό γίνεται με χρήση της συνάρτησης **digitalWrite(Pin, Value)**, όπου το όρισμα Pin αναφέρεται στο νούμερο της θύρας για την οποία θα δώσουμε τάση εξόδου, ενώ η τάση εξόδου μπορεί να είναι 0 V ή 5 V, οι οποίες αναπαρίστανται με προκαθορισμένες τιμές στην παράμετρο value :

- LOW : θα δώσει 0 V στην έξοδο (pin)
- HIGH : θα δώσει 5 V στην έξοδο (pin)

Αντίστοιχα στη ψηφιακή είσοδο θα δέχεται 0 ή 5V δηλαδή:

- LOW : όταν λάβει τάση 0 V στην είσοδο (pin)
- HIGH : όταν λάβει τάση 5 V στην είσοδο (pin)



### **5.2.2.5 Αναλογική έξοδος (PWM pins)**

Κάποια από τα 14 Pins του Arduino έχουν την ένδειξη PWM, δηλαδή μπορούν να προσομοιώσουν την αναλογική έξοδο μέσω παλμοκωδικής διαμόρφωσης. Έτσι, με τιμές από το 0 μέχρι το 255 προσομοιώνουμε (αναλογικά) το διάστημα από 0 έως 5V. Αυτό γίνεται με χρήση της συνάρτησης **analogWrite(Pin, Value)**, όπου το όρισμα Pin αναφέρεται στο νούμερο της θύρας για την οποία θα δώσουμε ρεύμα εξόδου, ενώ η τάση εξόδου κυμαίνεται από 0 V μέχρι και 5 V, οι οποίες τιμές της τάσης αναλογικά αναπαρίστανται με τιμές στη μεταβλητή value. Τιμή 0 δίνει 0V στην έξοδο (pin), τιμή 255 δίνει τάση 5V στην έξοδο (pin), ενώ αναλογικά μπορούμε να δώσουμε ενδιάμεσες τάσεις (π.χ. 122 για τάση 2,5V).

### **5.2.2.5.1 Αναλογική είσοδος**

Το Arduino έχει 6 αναλογικές εισόδους, οι οποίες χαρακτηρίζονται με τα σύμβολα A0, A1, A2, A3, A4, A5. Μπορούμε να συνδέσουμε κάποιο αναλογικό εξάρτημα (π.χ. ένα ποτενσιόμετρο) και να το διαβάσουμε ως είσοδο. Αυτό γίνεται με χρήση της συνάρτησης **analogRead(Pin)**, όπου το όρισμα Pin αναφέρεται στο νούμερο της θύρας για την οποία θα πάρουμε είσοδο, ενώ η συνάρτηση επιστρέφει με το όνομά της την τιμή εισόδου. Η τιμή εισόδου κυμαίνεται από 0 μέχρι και 1023. Συνήθως χρησιμοποιούμε μια μεταβλητή για να καταχωρήσουμε την τιμή.

### **5.2.2.6 Συναρτήσεις χρόνου**

Στα περισσότερα προγράμματά μας θα χρειαστεί να διαχειριστούμε ή να καταγράψουμε τον χρόνο. Για το σκοπό αυτό υπάρχουν αντίστοιχες συναρτήσεις που μας βοηθούν.

#### **5.2.2.6.1 Συνάρτηση καθυστέρησης – delay()**

Στο πρόγραμμά μας μπορούμε να ορίσουμε μια καθυστέρηση ώστε να διαρκέσει για το χρόνο που εμείς ορίζουμε ένα γεγονός. Αυτό το επιτυγχάνουμε με χρήση της συνάρτησης **delay(time)** όπου στη θέση time δίνουμε το χρόνο σε ms (1/1000 sec). Η εντολή **delay(time)** σημαίνει ότι σταματά στο σημείο αυτό η εκτέλεση του προγράμματός μας για το χρόνο time. Για παράδειγμα:

```
delay(1000); //σταματά την εκτέλεση του προγράμματος για 1000 ms = 1 sec  
delay(500); //σταματά την εκτέλεση στο σημείο αυτό για 500 ms = 0.5 sec
```

#### **5.2.2.6.2 Συνάρτηση καθυστέρησης - delayMicroseconds()**

Ακριβώς αντίστοιχα με την παραπάνω συνάρτηση **delay**, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε την **delayMicroseconds()**, όπου ο χρόνος καθυστέρησης δίνεται πλέον σε microseconds (1/106 sec).

### 5.2.2.6.3 Συνάρτηση καταγραφής χρόνου - millis()

Το Arduino έχει ενσωματωμένο ρολόι, το οποίο μετράει το χρόνο από τη στιγμή που ενεργοποιείται (ή του γίνεται reset). Η πληροφορία αυτή μας είναι διαθέσιμη σε κάθε σημείο με κλήση της συνάρτησης **millis()**, η οποία μας επιστρέφει το χρόνο σε milliseconds (1/1000 sec) που έχει περάσει από την ενεργοποίηση της μονάδας μας. Αυτό μας βοηθά να μετράμε το χρόνο στα προγράμματά μας, ειδικά στις περιπτώσεις που θέλουμε να “θυμόμαστε” πράγματα.

### 5.2.2.7 Συνάρτηση αντιστοίχισης τιμών - map()

Πολλές φορές θα χρειαστεί να αντιστοιχίσουμε μια τιμή που ανήκει σε ένα πεδίο τιμών σε μια άλλη τιμή που ανήκει σε ένα άλλο πεδίο τιμών. Η μαθηματική πράξη αυτή είναι σχετικά απλή, αλλά το Arduino μας παρέχει μια συνάρτηση για να το κάνει αυτό, την

```
Map(<τιμή>, <κάτω_όριοA>, <πάνω_όριοA>, <κάτω_όριοB>, <πάνω_όριοB> )
```

όπου

<τιμή> είναι η τιμή που θέλουμε να μετατρέψουμε

<κάτω\_όριοA> είναι το κάτω όριο του διαστήματος της αρχικής τιμής

<πάνω\_όριοA> είναι το πάνω όριο του διαστήματος της αρχικής τιμής

<κάτω\_όριοB> είναι το κάτω όριο του διαστήματος της τελικής τιμής (που θέλω να μετατραπεί)

<πάνω\_όριοB> είναι το πάνω όριο του διαστήματος της τελικής τιμής (που θέλω να μετατραπεί)

### 5.2.2.8 Η σειριακή θύρα επικοινωνίας (Serial)

Το Arduino παρέχει μια σειριακή θύρα επικοινωνίας μεταξύ της πλακέτας και του υπολογιστή ή κάποιας συσκευής που θέλουμε. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιείται η σύνδεση με καλώδιο USB (όταν πρόκειται για τον υπολογιστή) ή τα pins 0 και 1 όταν θέλουμε κάποια πιο εξειδικευμένη σύνδεση (π.χ. με κάποια άλλη συσκευή). Για το λόγο αυτό προτείνεται, αν δεν είναι απαραίτητο στις εφαρμογές μας, να μην χρησιμοποιούνται τα pins αυτά. Για να ενεργοποιήσουμε τη σειριακή θύρα επικοινωνίας αρκεί να δώσουμε στη διαδικασία **setup()** την εντολή **Serial.begin(BaudRate)**, όπου το BaudRate εκφράζει το ρυθμό με τον οποίο θα μεταδίδονται τα bits (μια τιμή στα 9600 είναι συνήθως αρκετή).

Μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε τη σειριακή θύρα στις εφαρμογές για αμφίδρομη επικοινωνία, δηλαδή να στείλουμε και να λάβουμε δεδομένα. Μία απλή περίπτωση χρήση της επικοινωνίας αυτής είναι για εκσφαλμάτωση (debugging) των προγραμμάτων μας, να μπορούμε δηλαδή να δούμε τι τιμές μας δίνουν μετρητές και τι τιμές έχουν οι μεταβλητές μας μέσω της οθόνης σειριακής επικοινωνίας. Μια εντολή που μας βοηθάει σε αυτό είναι η **print()**, που εκτυπώνει ένα μήνυμα ή τιμές ή η **println()** που λειτουργεί ακριβώς το ίδιο αλλά εκτυπώνοντας με αλλαγή γραμμής κάθε φορά.

Για παράδειγμα:

```
Serial.print("Η epikoinwnia ksekinhse"); /* Θα εμφανίσει το μήνυμα αυτό στην  
οθόνη χωρίς να αλλάξει γραμμή μετά */  
Serial.println(distance); /* Θα εμφανίσει την τιμή της μεταβλητής distance σε μια  
γραμμή */
```

### 5.2.2.9 Δομή επιλογής

Στον προγραμματισμό πολλές φορές θα χρειαστεί να ελέγξουμε κάποια συνθήκη για να αποφασίσουμε αν θα εκτελεστεί ένα τμήμα κώδικα ή αν θα εκτελεστεί κάποιο άλλο αντί για αυτό στη θέση του. Αυτό το επιτυγχάνουμε με τη χρήση της δομής επιλογής, η οποία συντάσσεται

```
if <συνθήκη> {<εντολές>}  
else {<εντολές 2> }
```

όπου, στη έχουμε τον έλεγχο που θέλουμε να γίνει, συνήθως χρησιμοποιώντας τους **τελεστές σύγκρισης** (>, <, >=, <=), π.χ. potVal > 500. Η συνθήκη μπορεί να είναι και πιο σύνθετη, χρησιμοποιώντας τους **λογικούς τελεστές** ( || για το Η', && για το ΚΑΙ), π.χ. (potVal > 500) && (timePass >= 1000) .

Στα μπλοκ {<εντολές> } εκτελούνται αντίστοιχα οι εντολές που θέλουμε σε κάθε περίπτωση. Αν ισχύει η <συνθήκη> θα εκτελεστούν οι <εντολές 1> , αν δεν ισχύει οι <εντολές 2> . Σε κάθε περίπτωση, το τελευταίο κομμάτι else {<εντολές 2> } δεν είναι απαραίτητο να υπάρχει.

Αναλυτικά όλες οι δομές επιλογής είναι:

- if (δομή ελέγχου μίας συνθήκης)
- if ... else (δομή ελέγχου πολλαπλών συνθηκών)
- or (δομή επαναληπτικού ελέγχου συνθήκης)
- while (δομή επαναληπτικού ελέγχου συνθήκης)
- do ... while (δομή επαναληπτικού ελέγχου συνθήκης)
- switch ... case (δομή ελέγχου περιπτώσεων)
- break (εντολή διακοπής μιας επαναληπτικής δομής)
- continue (εντολή παράλειψης της τρέχουσας επανάληψης)
- return (εντολή επιστροφής από μία συνάρτηση)
- goto (εντολή μετάβασης σε κάποιο σημείο του κώδικα)

### 5.2.2.10 Δομή επανάληψης (For)

Πολλές φορές θα χρειαστεί να επαναλάβουμε κάποια διαδικασία αρκετές φορές. Στην περίπτωση αυτή έχουμε εντολές οι οποίες επαναλαμβάνουν ένα σύνολο σύνολο εντολών όσες φορές θέλουμε, είτε μετρώντας τις επαναλήψεις είτε ελέγχοντας κάθε φορά μία συνθήκη. Η συχνότερη μορφή που συναντάμε σε μια επανάληψη είναι αυτή με τον προκαθορισμένο αριθμό βημάτων. Η σύνταξη της εντολής αυτής είναι η εξής:

```
for (<αρχική τιμή>;<συνθήκη_τερματισμού>;<βήμα> )  
{<εντολές> }
```

όπου χρησιμοποιείται μια μεταβλητή ελέγχου ως εξής

<αρχική τιμή> δίνουμε την αρχική τιμή , π.χ. i = 0

<βήμα> δίνουμε την αλλαγή κάθε επανάληψης, π.χ. i+5 (το i++ που θα δείτε σημαίνει i+1)

<συνθήκη\_τερματισμού> η συνθήκη για να τελειώσει η επανάληψη, π.χ. i < 10 (όσο ισχύει αυτή θα τρέχει) π.χ.

```
for (i=1;i<10;i=i+1 {  
    brightness=brightness+5;  
    analogWrite(ledPin,brightness);  
};
```

Υπάρχουν εντολές επανάληψης που δεν έχουν προκαθορισμένο αριθμό βημάτων, αλλά συνεχίζουν επ' αόριστο ελέγχοντας μια συνθήκη .;Έχουμε τις παρακάτω εντολές:

- **while** <συνθήκη> {<εντολές> } //όσο ισχύει η <συνθήκη> τρέχουν οι εντολές
- **repeat** {<εντολές>} until <συνθήκη> // οι <εντολές> τρέχουν όσο δεν ισχύει η συνθήκη

### **5.2.2.11 Επιπλέον εντολές, συναρτήσεις και σταθερές**

Επίσης χρησιμοποιούμε επιπλέον ειδικές εντολές, συναρτήσεις και σταθερές που βοηθούν για την διαχείριση του ειδικού hardware του Arduino. Αυτές είναι:

#### **Αριθμητικοί τελεστές**

- = (τελεστής εκχώρησης)
- + (τελεστής πρόσθεσης)
- - (τελεστής αφαίρεσης)
- \* (τελεστής πολλαπλασιασμού)
- / (τελεστής διαίρεσης)
- % (τελεστής υπόλοιπου ακεραίας διαίρεσης)

#### **Λογικοί τελεστές**

- && (λογική σύζευξη)
- || (λογική διάζευξη)
- ! (λογική άρνηση)

#### **Δυαδικοί τελεστές**

- & (δυαδική σύζευξη)
- | (δυαδική διάζευξη)
- ^ (δυαδική αποκλειστική διάζευξη)
- ~ (δυαδική άρνηση)
- << (δυαδική αριστερή ολίσθηση)
- >> (δυαδική δεξιά ολίσθηση)

#### **Τελεστές αύξησης και μείωσης**

- ++ (αύξηση κατά μία ακέραιη μονάδα)
- -- (μείωση κατά μία ακέραιη μονάδα)

#### **Σύνθετοι τελεστές**

- +=, -=, \*=, /=, %= (σύνθετοι αριθμητικοί τελεστές)
- &=, |=, ^=, ~=, <<=, >>= (σύνθετοι δυαδικοί τελεστές)

#### **Τελεστές σύγκρισης**

- == (ισότητα)
- != (ανισότητα)
- < (μικρότερο)

- > (μεγαλύτερο)
- <= (μικρότερο ή ίσο)
- >= (μεγαλύτερο ή ίσο)

#### **Τελεστές δεικτών**

- \* (τελεστής απόκτησης περιεχομένου)
- & (τελεστής απόκτησης διεύθυνσης)

#### **Σταθερές**

- HIGH (τιμή υψηλής στάθμης για μία επαφή εισόδου ή εξόδου)
- LOW (τιμή χαμηλής στάθμης για μία επαφή εισόδου ή εξόδου)
- false (λογικό επίπεδο ψεύδους σε μία συνθήκη)
- true (λογικό επίπεδο αλήθειας σε μία συνθήκη)
- INPUT (χρησιμοποιείται για τον ορισμό μίας επαφής ως είσοδο)
- OUTPUT (χρησιμοποιείται για τον ορισμό μίας επαφής ως έξοδο)
- A0, ..., A5 (συμβολοσταθερές για τις αναλογικές επαφές εισόδου)

#### **Προηγμένες συναρτήσεις εισόδου και εξόδου**

- tone() (παράγει ένα τετραγωνικό σήμα ορισμένης συχνότητας)
- noTone() (διακόπτει την παραγωγή τετραγωνικών σημάτων)
- shiftOut() (ολισθαίνει τα ψηφία μιας τιμής σε μία επαφή εξόδου)
- pulseIn() (επιστρέφει την διάρκεια σε μς ενός παλμού HIGH ή LOW)

#### **Μαθηματικές και Τριγωνομετρικές συναρτήσεις**

- max() (βρίσκει τον μεγαλύτερο ανάμεσα σε δύο αριθμούς)
- min() (βρίσκει τον μικρότερο ανάμεσα σε δύο αριθμούς)
- abs() (επιστρέφει την απόλυτη τιμή ενός αριθμού)
- constrain() (ελέγχει για υπερχείλιση ή υποχείλιση ορίων)
- map() (πραγματοποιεί γραμμικό μετασχηματισμό ορίων)
- pow() (επιστρέφει το αποτέλεσμα μίας δύναμης)
- sqrt() (επιστρέφει την ρίζα ενός αριθμού)
- sin() (υπολογίζει το ημίτονο ενός αριθμού)
- cos() (υπολογίζει το συνημίτονο ενός αριθμού)
- tan() (υπολογίζει την εφαπτομένη ενός αριθμού)

#### **Συναρτήσεις γεννήτριας ψευδοτυχαίων αριθμών**

- random() (δίδεται ένας νέος αριθμός από την γεννήτρια)
- randomSeed() (θέτει τον σπόρο της γεννήτριας παραγωγής)

#### **Συναρτήσεις επεξεργασίας δυαδικών αριθμών**

- lowByte() (επιστρέφει το δεξιότερο byte μίας μεταβλητής)
- highByte() (επιστρέφει το αριστερότερο byte μίας μεταβλητής)
- bitRead() (διαβάζει ένα συγκεκριμένο ψηφίο μίας μεταβλητής)
- bitWrite() (γράφει σε ένα συγκεκριμένο ψηφίο μιας μεταβλητής)
- bitSet() (γράφει την τιμή 1 σε κάποιο ψηφίο μίας μεταβλητής)
- bitClear() (γράφει την τιμή 0 σε κάποιο ψηφίο μιας μεταβλητής)
- bit() (υπολογίζει μία συγκεκριμένη δύναμη με βάση το 2)

#### **Συναρτήσεις χρήσης ρουτινών εξυπηρέτησης διακοπών**

- `attachInterrupt()` (ενεργοποιεί μία ρουτίνα εξυπηρέτησης διακοπής)
- `detachInterrupt()` (απενεργοποιεί μία ρουτίνα εξυπηρέτησης διακοπής)

#### **Συναρτήσεις ενεργοποίησης και απενεργοποίησης διακοπών**

- `interrupts()` (ενεργοποιεί τα σήματα διακοπής)
- `noInterrupts()` (απενεργοποιεί τα σήματα διακοπής)

### **5.2.3 Άλλες εκδόσεις arduino**

Σήμερα εκτός από την έκδοση arduino Duemilanove/UNO, υπάρχουν άλλες οχτώ διαφορετικές πλακέτες arduino.

- **Nano:** Είναι μία μικρότερη έκδοση του arduino η οποία συνδέεται στον υπολογιστή μέσω καλωδίου mini USB B.
- **Bluetooth:** Ο ελεγκτής arduino BT περιέχει μία Bluetooth πλακέτα η οποία επιτρέπει την ασύρματη επικοινωνία και προγραμματισμό του μέσω του υπολογιστή.
- **LilyPad:** Αυτή η έκδοση είναι σχεδιασμένη για να χρησιμοποιείται στα ρούχα. Έχει μοβ χρώμα και μπορεί να ραφτεί εύκολα πάνω σε ύφασμα.
- **Pro:** Η συγκεκριμένη πλακέτα είναι σχεδιασμένη για προχωρημένους χρήστες που έχουν σκοπό να τη χρησιμοποιήσουν κάπου μόνιμα. Είναι φθηνότερη από την Duemilanove και συνδέεται εύκολα με μπαταρίες αλλά απαιτούνται επιπλέον ηλεκτρονικές διατάξεις για την χρήση της. • **Pro-mini:** Όπως και στην Pro έκδοση έτσι και σε αυτήν σχεδιάστηκε για προχωρημένους χρήστες με την διαφορά ότι η πλακέτα καταλαμβάνει μικρότερο χώρο. Η Pro-mini είναι και αυτή φθηνότερη έκδοση αλλά χρειάζεται επίσης περαιτέρω εργασία για την χρησιμοποίησή της.
- **Serial:** Αυτή είναι η βασική έκδοση arduino που χρησιμοποιεί το πρωτόκολλο RS232 για την επικοινωνία και τον προγραμματισμό του. Το πλεονέκτημα της είναι ότι μπορεί εύκολα να κατασκευαστεί από έναν χρήστη.
- **Serial Single Sided:** η έκδοση αυτή σχεδιάστηκε με σκοπό να κατασκευαστεί στο χέρι. Είναι λίγο μεγαλύτερο από τα προηγούμενα arduino, παρ' όλα αυτά παραμένει συμβατή με τις περισσότερες κατασκευές που σχεδιάστηκαν για να προεκτείνουν της δυνατότητες της Duemilanove.
- **Mega:** Το Arduino mega όπως και το Duemilanove, συνδέεται μέσω USB και έχει το ίδιο μέγεθος. Η διαφορά τους είναι ότι ο μικροελεγκτής διαθέτει μεγαλύτερη μνήμη και έχει περισσότερες θύρες εισόδου/εξόδου. Εκτός όμως από τις εκδόσεις arduino υπάρχουν και πολλές άλλες κατασκευές που λειτουργούν με παρόμοιο τρόπο όπως το Funduino, το Freeduino, το Sanguino, το Bare Bones Board, το LEDuino και το Miduino.



Εικόνα 5.4 : Διάφορες εκδόσεις Arduino από πάνω αριστερά προς τα κάτω: LiliPad, arduino nano, mini pro, pro, arduino duemilanove, Bluetooth, mega

### **5.2.4 Arduino Shields**

Τα shields είναι ολοκληρωμένες πλακέτες που είναι σχεδιασμένες ώστε να κομπώνουν πάνω στο Arduino προεκτείνοντας την λειτουργικότητά του. Είναι η hardware αντίστοιχη έννοια των plugi, addon και extension που υπάρχουν στο software.

Μερικά από τα πιο δημοφιλή shield που κυκλοφορούν στο εμπόριο για Arduino είναι:

- Ethernet shield: Δίνει στο Arduino την δυνατότητα να δικτυωθεί σε ένα LAN ή στο internet μέσω ενός τυπικού καλωδίου Ethernet.
- WiFi shield: Όμοιο με το Ethernet shield, χωρίς φυσικά το καλώδιο.
- Διάφορα shield οθόνης: Προσθέτουν οθόνη στο Arduino. Κυκλοφορούν από απλές οθόνες τύπου calculator μέχρι OLED touchscreen υψηλής ανάλυσης τύπου iPhone.
- Wave shield: Δίνει στο Arduino την δυνατότητα να παίζει ήχους/μουσική από κάρτες SD.
- GPS shield: Προσθέτει GPS δυνατότητες στο Arduino (εντοπισμό στίγματος).  
Διάφορα Motor Shields: Σας επιτρέπουν να οδηγήσετε εύκολα μοτέρ

διάφορων τύπων (απλά DC, servo, stepper κ.λπ.) από το Arduino.

- ProtoShield: Μια προσχεδιασμένη πλακέτα πρωτοτυποποίησης, συμβατή στις διαστάσεις του Arduino και χωρίς εξαρτήματα για να φτιάξετε το δικό σας shield.



Εικόνα 5.5 : Arduino shields από πάνω αριστερά προς τα κάτω:wifi,Ethernet shield,lcd,wave shield,GPS shield και protoshield



## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΕΦΑΡΜΟΓΗ-ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ- ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ-ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ**

### **6.1 Η ιδέα της εφαρμογής**

Σκοπός της εφαρμογής αυτής είναι να γίνει μία προσομοίωση αυτοματισμού με χρήση του μικροελεγκτή Arduino στον έλεγχο παροχής ενέργειας σε ένα δεξαμενόπλοιο. Σε αυτό το project χρησιμοποιήθηκε ο μικροελεγκτής Funduino και συγκεκριμένα το μοντέλο MEGA, με σύνδεση τεσσάρων ρελε, επτά μπαταριών (ως γεννήτριες του πλοίου), έξι Leds (τρία Leds ως φορτία) και ένα DC Moter μέσω ελέγχου ενός τρανζίστορ.

### **6.2 Σχεδιασμός μηχανικού μέρους**

#### **6.2.1 Υλικά κατασκευής-προδιαγραφές**

Για την κατασκευή χρησιμοποιήσαμε αναλυτικά:

- 1 Funduino MEGA (παρόμοιος μικροεπεξεργαστής με το Arduino MEGA)
- 7 μπαταρίες 9V
- 4 ρελέ 5V
- 6 Leds
- 1 τρανζίστορ nMOS (MOSFET)
- 1 DC MOTER 9V
- 9 αντιστάσεις 1Kohm
- 4 διακόπτες χειρός
- 1 breadboard

#### **6.2.2 Εξομοίωση και ανάλυση κυκλώματος μέσω υπολογιστή**

Η σχεδίαση του κυκλώματος πραγματοποιήθηκε στην αρχή μέσω του υπολογιστή και αργότερα υλοποιήθηκε στην πράξη. Με τη βοήθεια της ιστοσελίδας <https://circuits.io/> της AUTODESK CIRCUITS σχεδιάστηκε το κύκλωμα βήμα-βήμα. Η ιστοσελίδα είναι online και διατίθεται δωρεάν. Είναι ειδικά φτιαγμένη για εξομοιώσεις με την μικροεπεξεργαστική κάρτα Arduino Uno Rev3. Περιέχει την κάρτα Arduino Uno Rev3 και μία λίστα εξαρτημάτων που χρειάζονται στις περισσότερες εφαρμογές με αυτή τη κάρτα όπως ολοκληρωμένα κυκλώματα, led, αντιστάσεις, μοτεράκια και άλλα.

Σκοπός είναι να δώσουμε με κάποιον τρόπο σήμα σε μία προγραμματισμένη είσοδο του Arduino έτσι ώστε στην έξοδο του να στείλει σήμα για να οπλίσει το ρελέ και να λειτουργήσει το φορτίο. Στην είσοδο χρησιμοποιούμε μία μπαταρία η οποία τροφοδοτεί τρία Leds. Ανάμεσα στα τρία Leds και στην μπαταρία υπάρχουν τρεις διακόπτες χειρός αντίστοιχα έτσι ώστε να κόβουν την λειτουργία όποτε εμείς το επιθυμούμε. Επίσης δεν θέλουμε να περάσει μεγάλο ρεύμα στην είσοδο του Arduino οπότε συνδέουμε αντιστάσεις σε μορφή διαιρέτη τάσης έτσι ώστε να απορροφηθεί κάποιο ρεύμα μέσω της γείωσης (το ρεύμα επιβεβαιώθηκε με τη σύνδεση σε σειρά αμπερομέτρου στην κάθοδο του Led).

Στη συνέχεια αφού ο μικροεπεξεργαστής μας λάβει σήμα στην είσοδο, θα στείλει ένα αντίστοιχο σήμα στην έξοδο μέσω προγραμματισμού. Το σήμα αυτό στέλνεται στην είσοδο του ρελέ και αυτό οπλίζεται. Όταν οπλιστεί, μπαίνει σε λειτουργία μία από τις τρεις πηγές τροφοδοσίας και ανάβουν τα αντίστοιχα leds έτσι ώστε να

ελέγξουμε αν λειτουργούν κανονικά(ως φορτία) . Οι τρεις πηγές τροφοδοσίας στην έξοδο(όπως φαίνεται στην εικόνα 6.1) είναι μπαταρίες οι οποίες διακρίνονται σε διαφορετικά Volts:

- 1 μπαταρία 9Volts
- 2 μπαταρίες(συνδεδεμένες σε σειρά) 18Volts
- 3 μπαταρίες(συνδεδεμένες σε σειρά) 27Volts.

Λόγω των μεγάλων Volts χρησιμοποιούμε αντιστάσεις για την προστασία των leds.

Η λειτουργία του αυτοματισμού χωρίζεται σε τρεις καταστάσεις οι οποίες είναι:

Led 1→οπλισμός ρελέ 1→λειτουργία 9Volts→Πράσινο Led

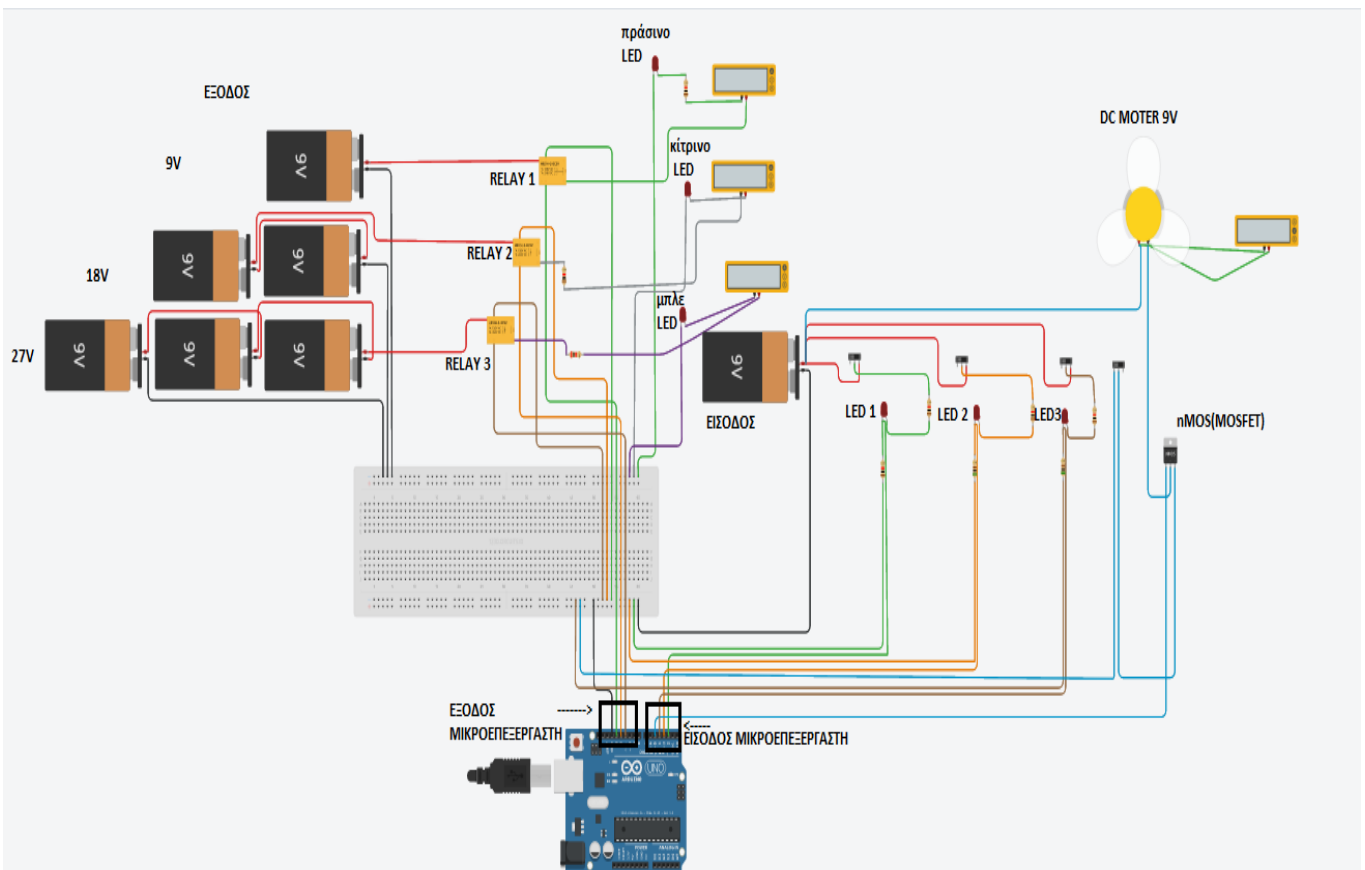
Led 2→οπλισμός ρελέ 2→λειτουργία 18Volts→Κίτρινο Led

Led 3→οπλισμός ρελέ 3→λειτουργία 27Volts→Μπλε Led

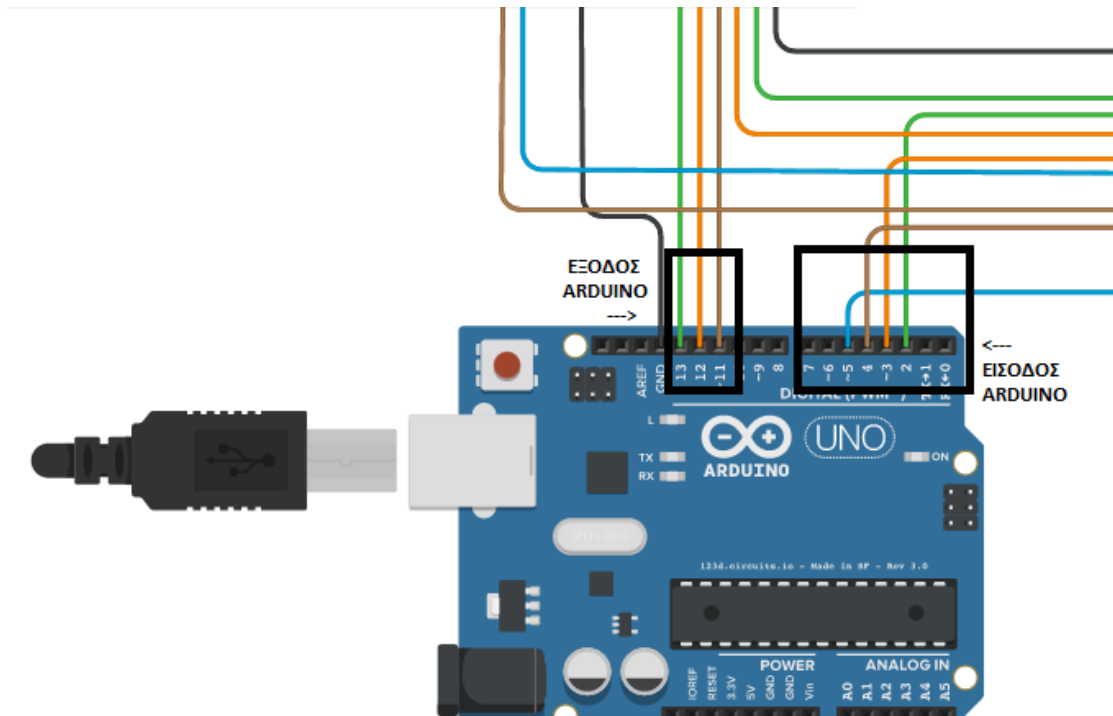
Θα τις αναλύσουμε καλύτερα στον κώδικα του προγραμματισμού παρακάτω.

Τέλος προστέθηκε ένα τρανζίστορ nMOS (MOSFET) το οποίο όταν παίρνει σήμα από κάποια από τις τρεις εισόδους του Arduino βάζει σε λειτουργία ένα 9V DC MOTER(ως προπέλα του πλοίου) .Η θύρα εξόδου 5 του Arduino συνδέεται με το Gate,το Drain συνδέεται με την έξοδο του DC Moter και το Source συνδέεται με τη γείωση(εικόνα 6.4).Αναλόγως το φορτίο που θα λειτουργήσει θα έχουμε και την αντίστοιχη απόδοση του κινητήρα. Έτσι έχουμε για:

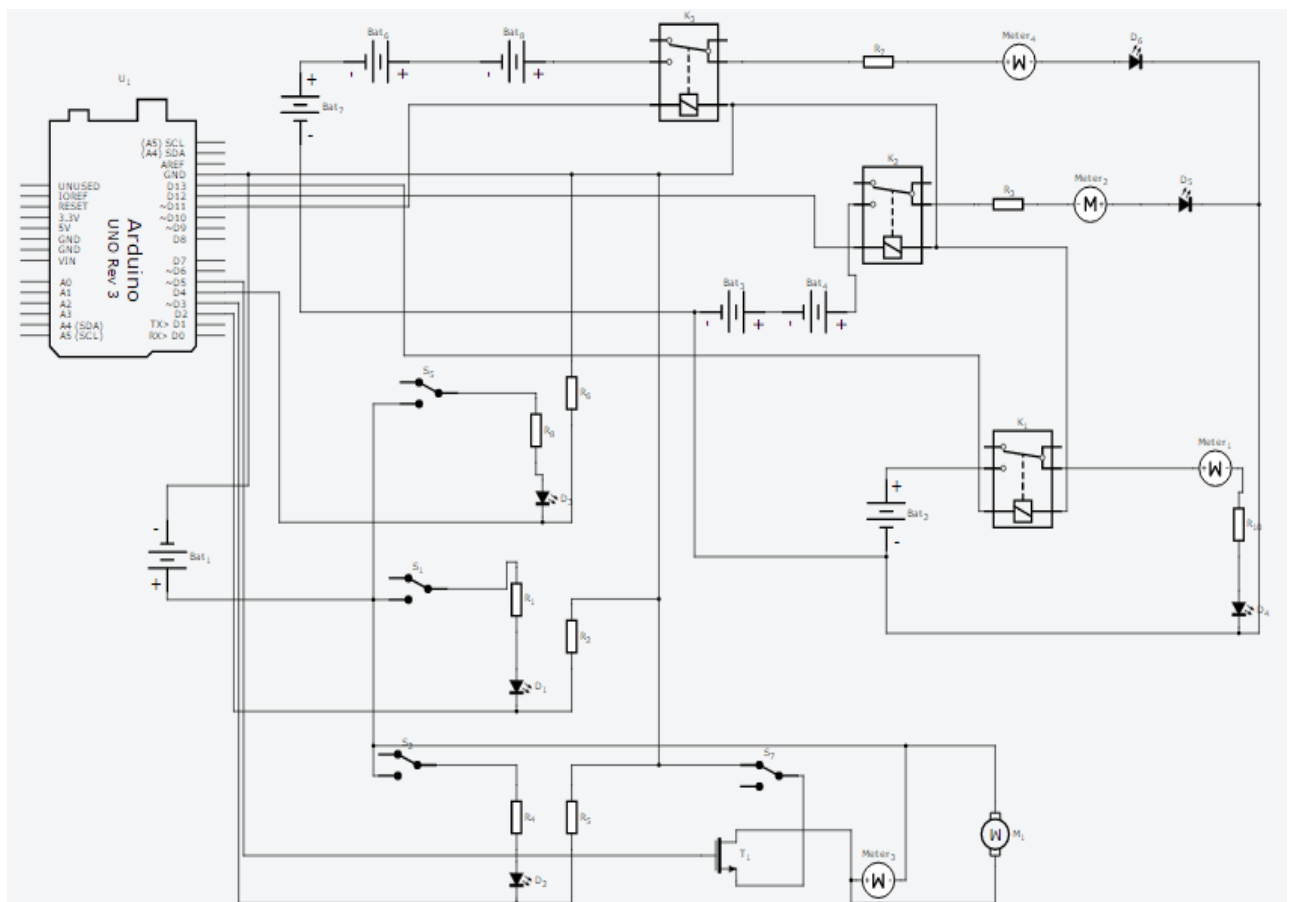
- 9V → 100% απόδοση
- 18V→84.31% απόδοση
- 27V→68.62% απόδοση



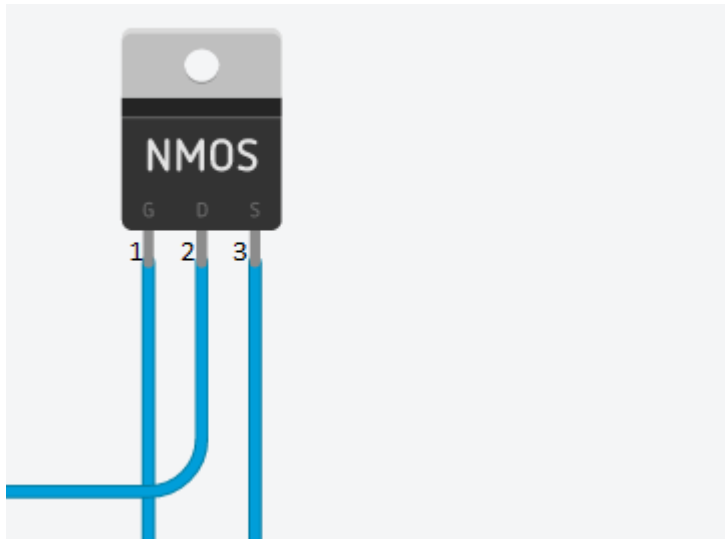
Εικόνα 6.1:Σχεδιάγραμμα κατασκευής



Εικόνα 6.2:Inputs-Outputs του Arduino



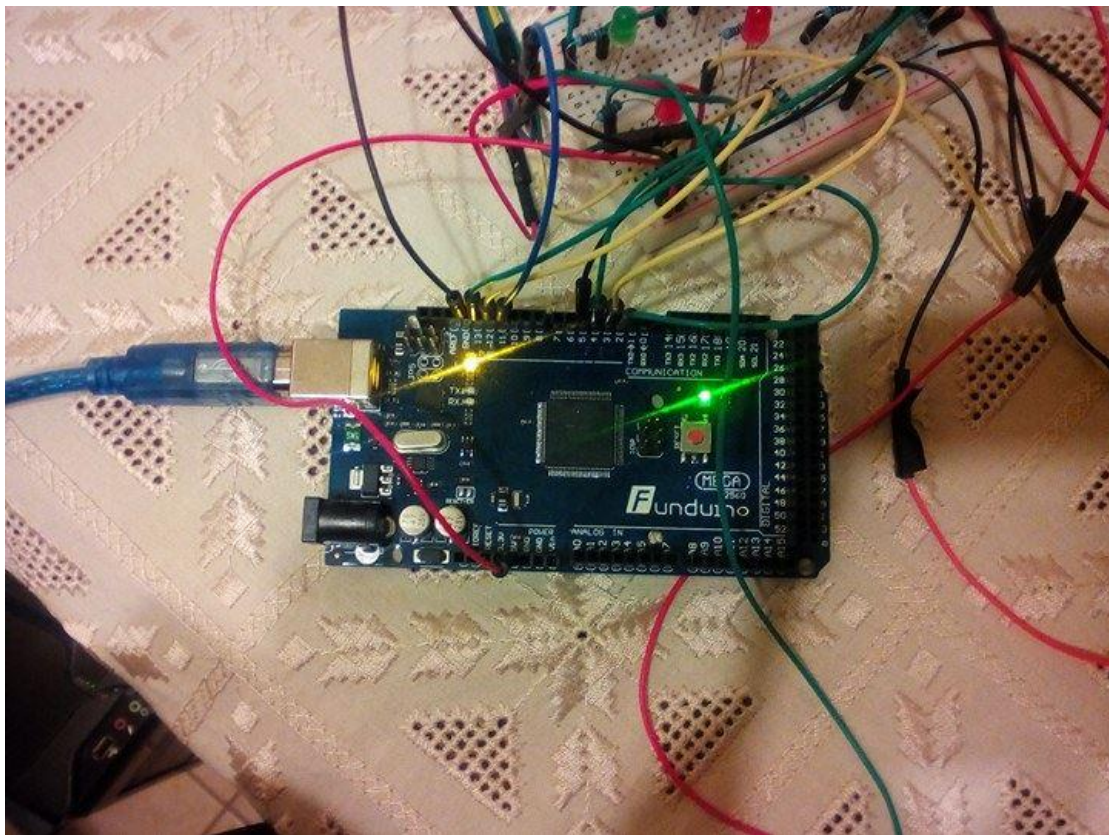
Εικόνα 6.3:Μονογραμμικό σχεδιάγραμμα κυκλώματος



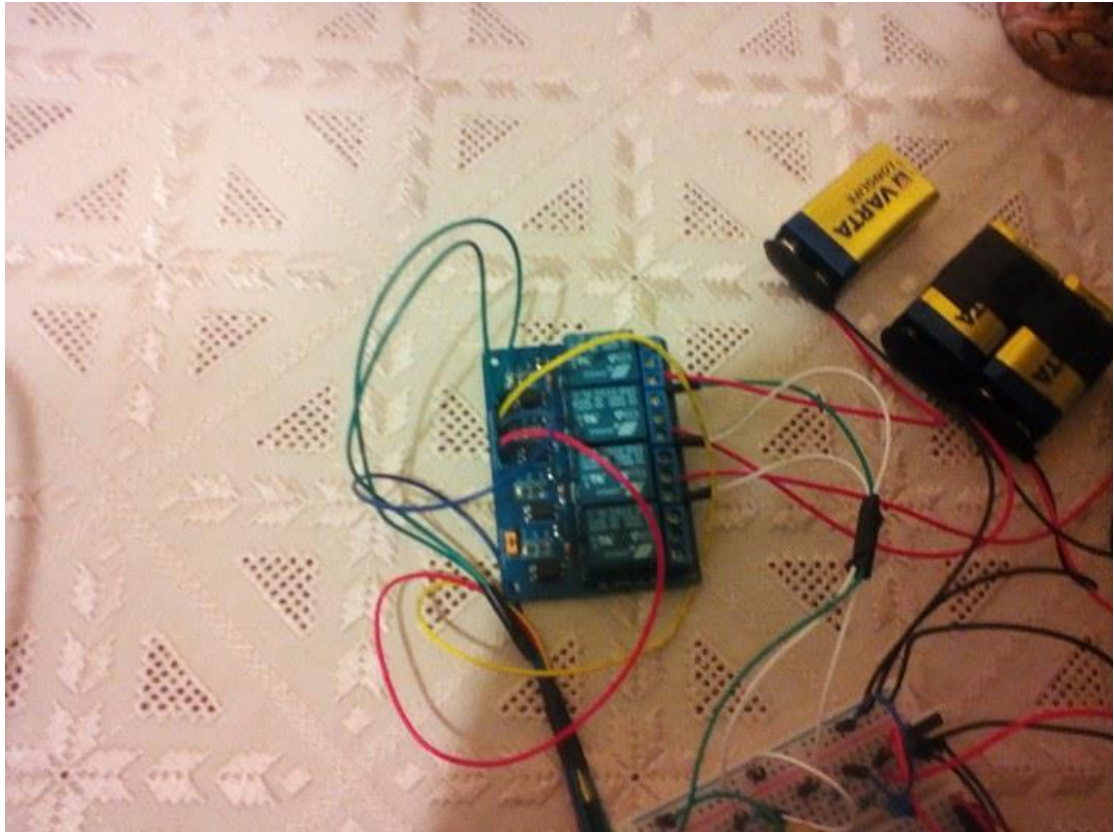
Εικόνα 6.4: Τρανζίστορ nMOS (MOSFET), Άκρα τρανζίστορ: 1-Gate, 2-Drain, 3-Source

### 6.3 Ανάλυση μηχανικής κατασκευής

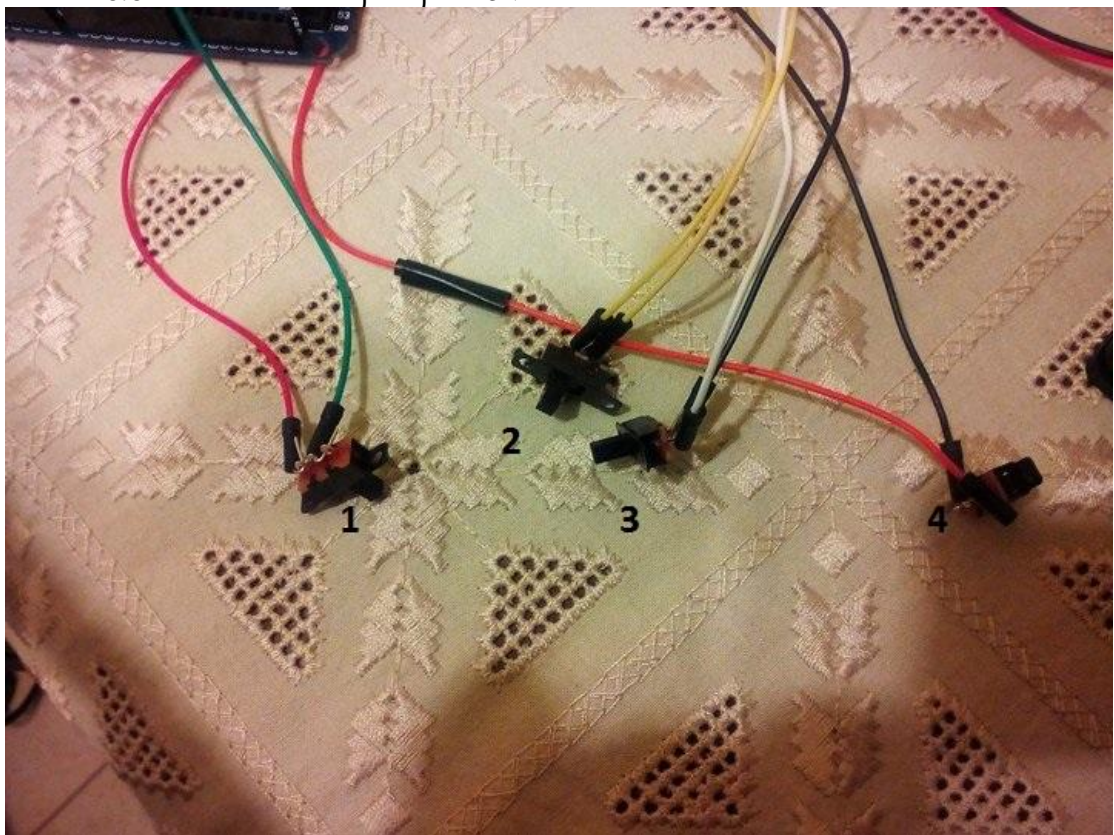
Στην άρχη θα δείξουμε όλα τα υλικά που χρησιμοποιήσαμε για την κατασκευή, με τις παρακάτω εικόνες και στη συνέχεια θα ανάλυσουμε βήμα-βήμα τα στάδια της υλοποίησής της.



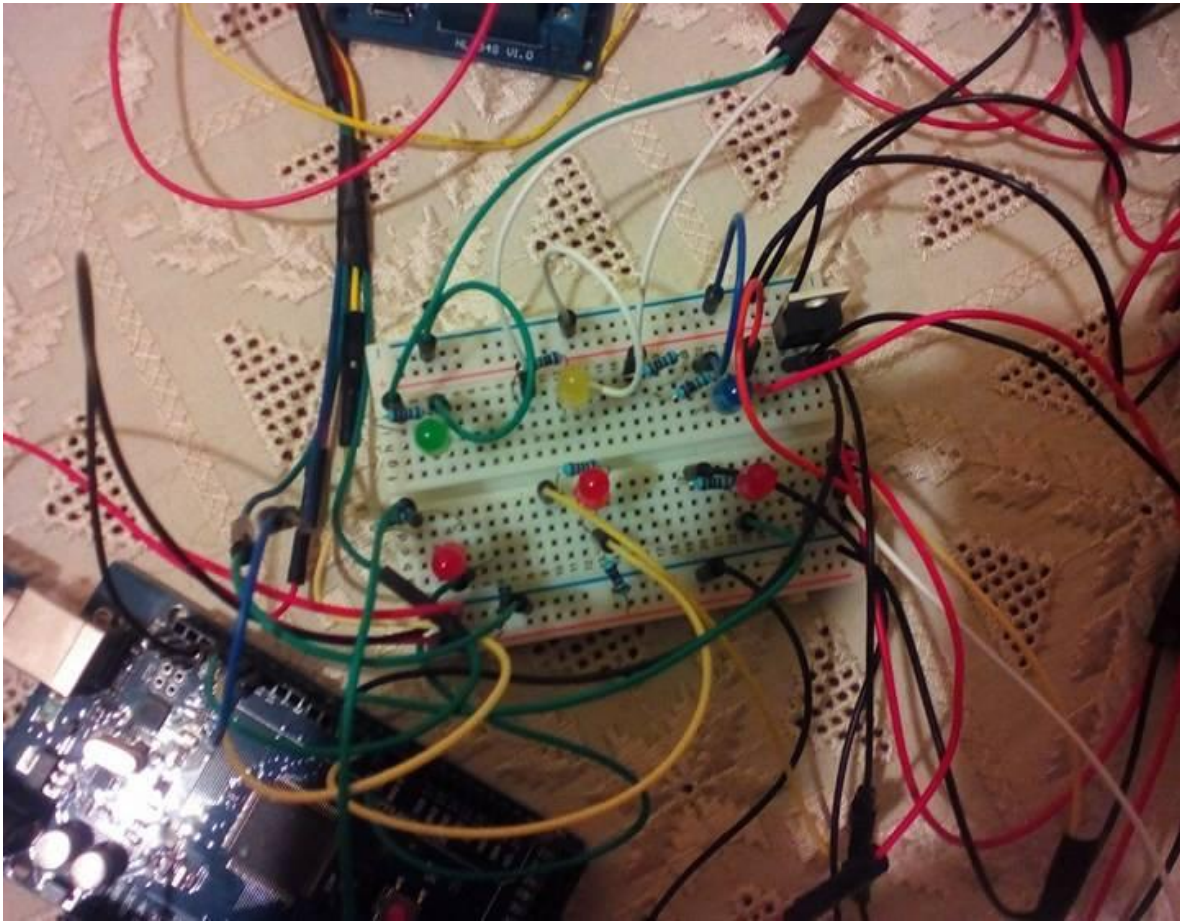
Εικόνα 6.5: Μικροελεχτής Funduino MEGA



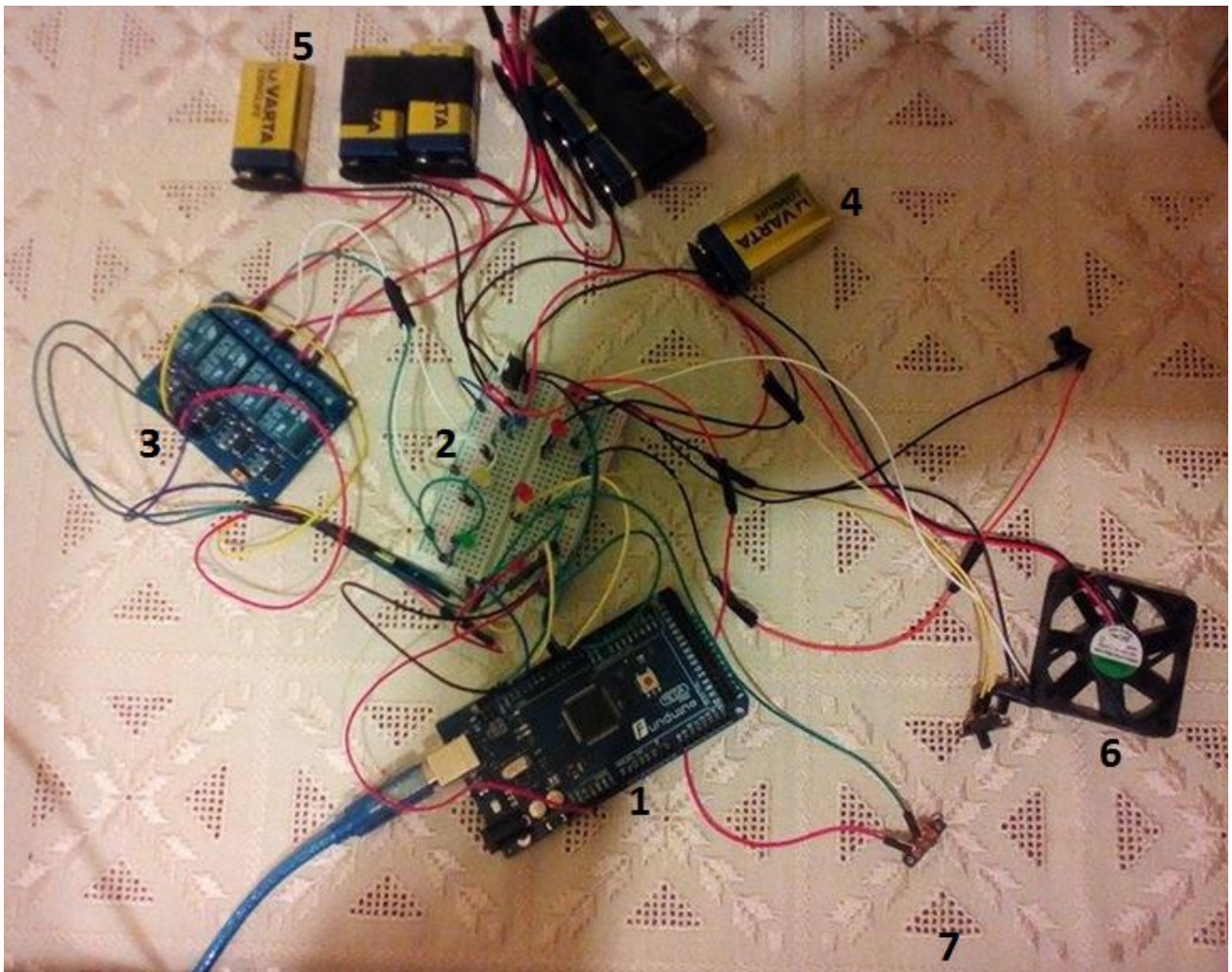
Εικόνα 6.6: Πλακέτα τεσσάρων ρελέ 5V



Εικόνα 6.7: Τέσσερις διακόπτες χειρός(1:Led 1, 2:Led 2, 3:Led 3, 4:Διακόπτης μοτέρ)

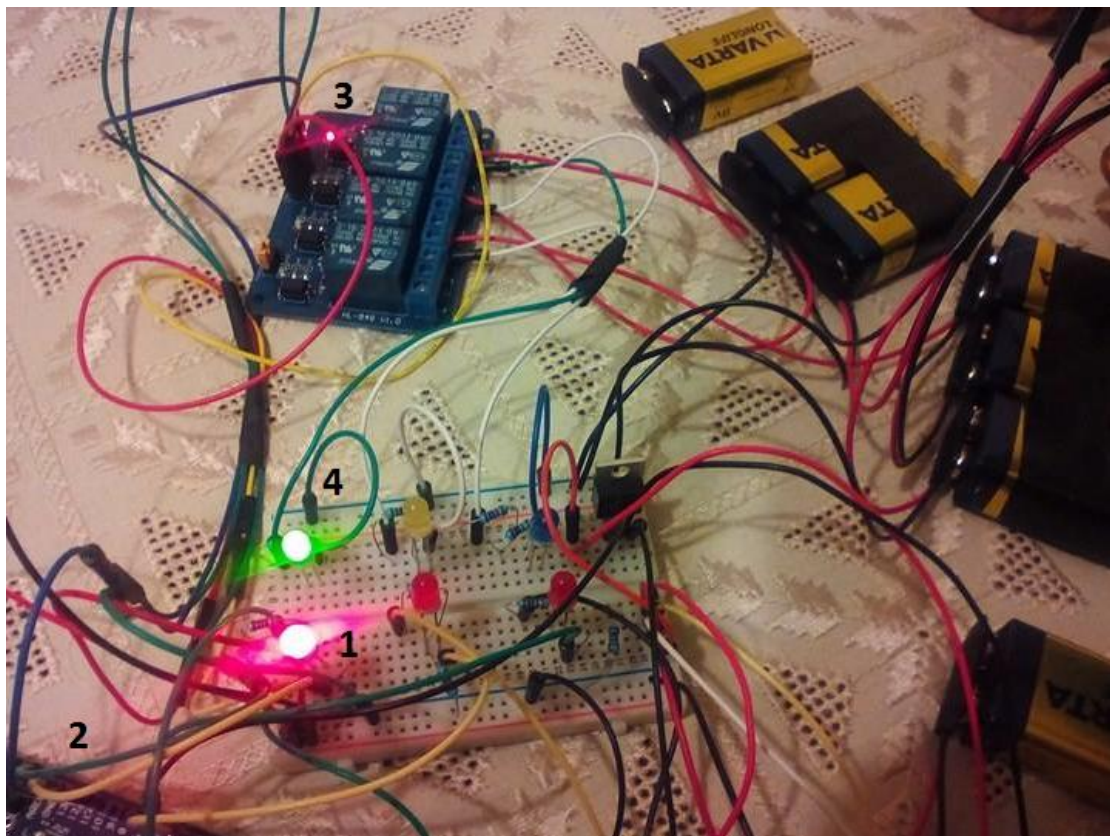


Εικόνα 6.8: Κύκλωμα συνδεδεμένο στην πλακέτα: Τα κόκκινα Leds είναι στην είσοδο και τα πολύχρωμα Leds(πράσινο,κίτρινο,μπλε) είναι στην έξοδο (ως φορτία) , τρανζίστορ nMOS(MOSFET) και αντιστάσεις για την προστασία των Leds



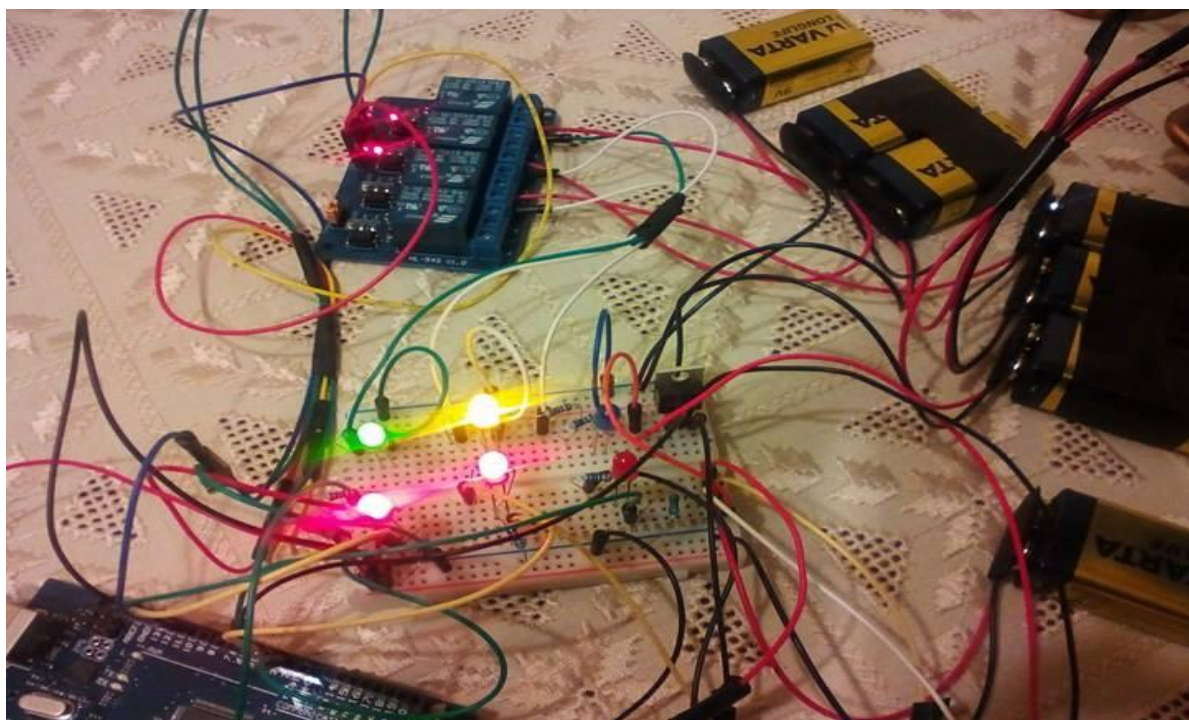
Εικόνα 6.9:Ολοκληρωμένη κατασκευή: 1: Funduino MEGA, 2: Κύκλωμα 6 Leds, τρανζίστορ και αντιστάσεων, 3: Πλακέτα τεσσάρων ρελέ, 4: Μπαταρία 9V ως είσοδος τροφοδοσίας, 5: Μπαταρίες 9V-18V-27V ως έξοδος τροφοδοσίας, 6: DC MOTER 9V, 7: Διακόπτες χειρός

Στην παρακάτω εικόνα θα εξηγηθεί με ποιά σειρά εκτελούνται τα βήματα της κατασκευής. Στο βήμα 1 τροφοδοτείται απο την μπαταρία 9V το Led 1(κόκκινο), στη συνέχεια στο βήμα 2 το Led 1 δίνει σήμα στον μικροελεχτή ο οποίος με τη σειρά του δίνει εντολή στη ψηφιακή πλακέτα των τεσσάρων ρελε, για να οπλίσει το πρώτο ρελε(θα ανάψει ένα λαμπάκι δίπλα από το ρελε ώστε να καταλάβει ο χρήστη ποιό λειτουργεί όπως θα δούμε στην εικόνα 6.10). Τέλος στο βήμα 3 το ρελε θα οπλίσει και στο βήμα 4 το πράσινο Led θα λειτουργήσει από την τροφοδότηση της μπαταρίας των 9 Volt. Η λειτουργία θα είναι ίδια και για τα υπόλοιπα φορτία. Επίσης θα παρατηρηθεί ότι όσο περισσότερα Volts τροφοδοτείται το φορτίο τόσο πιο φωτεινό θα γίνεται το Led(εικόνα 6.12).

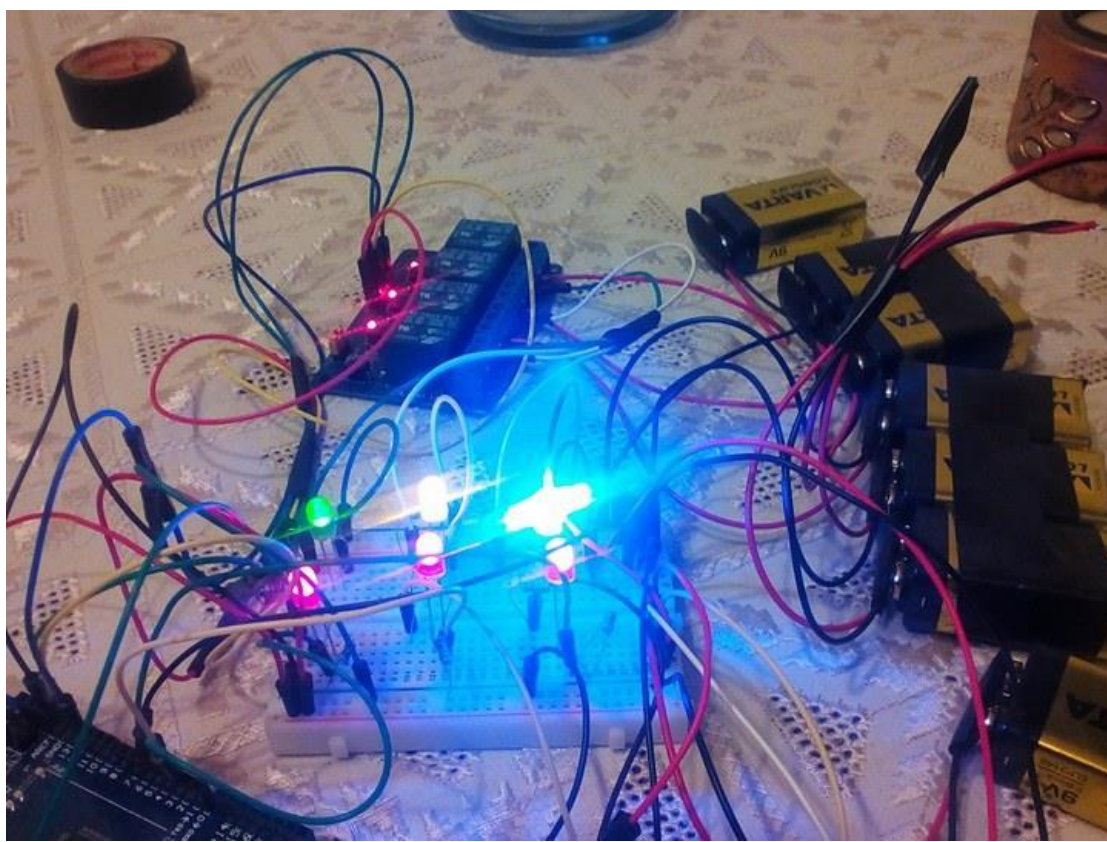


Εικόνα 6.10:Λειτουργία κατασκευής στο Led 1 (τροφοδότηση στα 9Volts).  
Βήματα(1,2,3,4) αναλύθηκαν στην παραπάνω παράγραφο





Εικόνα 6.11: Λειτουργία κατασκευής στο Led 1(κόκκινο-πράσινο-τροφοδότηση 9V) και Led 2(κόκκινο-κίτρινο-τροφοδότηση 18V)



Εικόνα 6.12:Λειτουργία κατασκευής σε όλα τα φορτία(πράσινο Led-9Volts,κίτρινο Led-18Volts και μπλε Led-27Volts)

## **6.4 Σχεδιασμός και επεξήγηση προγραμματιστικού μέρους**

Σε αυτό το μέρος θα αναλυθεί ο κώδικας προγραμματισμού που χρησιμοποιήθηκε. Για να γίνει πιο σαφές ο τρόπος λειτουργίας του κώδικα, είναι αναγκαίος ο χωρισμός του σε κομμάτια τα οποία είναι:

- 1.Δήλωση μεταβλητών.
- 2.Προσδιορισμός εισόδων και εξόδων.
- 3.Επαναλαμβανόμενος κώδικας.


Το γενικό πλάνο ενός προγράμματος στο ARDUINO IDE φαίνεται παρακάτω.



Εικόνα 6.13:Αρχικό σκίτσο στο ARDUINO IDE

### **6.4.1 Δήλωση μεταβλητών**

Η δήλωση μεταβλητών γίνεται πάντα στην αρχή έτσι ώστε να μην υπάρχει σύγχυση στον υπόλοιπο κώδικα. Στην παρακάτω εικόνα φαίνονται οι μεταβλητές που δηλώθηκαν με την εντολή `int`. Οι ονομασίες `Button`, `Button1` και `Button2` είναι δηλωμένες στις θύρες εισόδου του μικροεπεξεργαστή 2,3 και 4 αντίστοιχα και για τις υπόλοιπες ονομασίες.

The image shows a screenshot of the Arduino IDE interface. At the top, the title bar reads "sketch\_oct20a | Arduino 1.6.12". Below the title bar is a menu bar with "File", "Edit", "Sketch", "Tools", and "Help". Underneath the menu bar is a toolbar with icons for a checkmark, a right arrow, a document, an up arrow, and a down arrow. Below the toolbar is a text input field containing "sketch\_oct20a \$". The main area of the IDE displays the following code:

```
#define OFF 1
int Button=2;
int Button1=3;
int Button2=4;
int ButtMotor=5;
int Relay=13;
int Relay1=12;
int Relay2=11;
```

Εικόνα 6.14:Δήλωση μεταβλητών στο IDE

## **6.4.2 Προσδιορισμός εισόδων και εξόδων**

Έπειτα προσδιορίζεται και δηλώνεται σε ποιά θύρα θα τοποθετηθεί το κάθε εξάρτημα και αν αυτό θα είναι είσοδος ή έξοδος. Αυτό το βήμα γράφεται στην void setup όπου δεν διαβάζεται συνεχώς αλλά μόνο στην αρχή του προγράμματος και μετά από κάθε reset. Τα στάδια αυτά (αυτό και το παραπάνω) μπορούν να γραφουν και στην void loop,αλλά χωρίς καμία βελτίωση το πρόγραμμα θα γίνει πιο αργό.

```
void setup()
{
  pinMode(Button, INPUT);
  pinMode(Button1, INPUT);
  pinMode(Button2, INPUT);
  pinMode(ButtMotor, OUTPUT);
  Serial.begin(9600);
  digitalWrite(Relay, OFF);
  pinMode(Relay, OUTPUT);
  pinMode(Relay1, OUTPUT);
  pinMode(Relay2, OUTPUT);
}
```

Εικόνα 6.15:Προσδιορισμός εισόδων και εξόδων στο IDE

## **6.4.3 Επαναλαμβανόμενος κώδικας**

Στην συνέχεια αφού τελειώσει η void setup,ο κώδικας συνεχίζεται στην void loop όπου το πρόγραμμα τρέχει “συνεχώς”.Όταν το ‘Button’ θα ισούται με HIGH τότε το Relay θα ενεργοποιείται,αλλιώς αν δεν ισούται με HIGH ή 1 το Relay θα σβήνει μετά απο ένα δευτερόλεπτο.Δηλαδή όταν θα στείλουμε σήμα σε μία θύρα

εισόδου(π.χ. Button1) του μικροεπεξεργαστή, αυτό θα στείλει στη συνέχεια σήμα στο ρελέ ώστε να ενεργοποιηθεί. Παρομοίως και οι υπόλοιπες μεταβλητές λειτουργούν με τον ίδιο τρόπο. Επίσης μέσα στην επανάληψη ρυθμίζεται και η απόδοση του τρανζίστορ όπως αναλύσαμε στην **υποενότητα 2.2.2** με τους αριθμούς 255, 215 και 175. Οπότε έχουμε :

255 bytes → 9V → 100% απόδοση

215 bytes → 18V → 84.31% απόδοση

175 bytes → 27V → 68.62% απόδοση



```
sketch_oct20a | Arduino 1.6.12
File Edit Sketch Tools Help
sketch_oct20a $
void loop()
{
  digitalWrite(Relay, OFF);
  if(digitalRead(Button) == HIGH)
  {
    digitalWrite(Relay, HIGH);
    delay(1000);
    analogWrite(ButtMotor, 255);
  }else
  {
    digitalWrite(Relay, LOW);
  }
  if(digitalRead(Button1) == HIGH)
  {
    digitalWrite(Relay1, HIGH);
    delay(1000);
    analogWrite(ButtMotor, 215);
  }else
  {
    digitalWrite(Relay1, LOW);
  }
  if(digitalRead(Button2) == HIGH)
  {
    digitalWrite(Relay2, HIGH);
    delay(1000);
    analogWrite(ButtMotor, 175);
  }else
  {
    digitalWrite(Relay2, LOW);
  }
}
```

Εικόνα 6.16: Επαναλαμβανόμενος κώδικας στο IDE

## 6.4.4 Ολοκληρωμένος κώδικας

sketch\_oct20a | Arduino 1.6.12

File Edit Sketch Tools Help



sketch\_oct20a §

```
#define OFF 1
int Button=2;
int Button1=3;
int Button2=4;
int ButtMotor=5;
int Relay=13;
int Relay1=12;
int Relay2=11;

void setup()
{
  pinMode (Button, INPUT);
  pinMode (Button1, INPUT);
  pinMode (Button2, INPUT);
  pinMode (ButtMotor, OUTPUT);
  Serial.begin (9600);
  digitalWrite (Relay, OFF);
  pinMode (Relay, OUTPUT);
  pinMode (Relay1, OUTPUT);
  pinMode (Relay2, OUTPUT);
}
```

```

void loop()
{
digitalWrite (Relay, OFF);
if(digitalRead(Button) == HIGH)

{
digitalWrite (Relay, HIGH);
delay(1000);
analogWrite (ButtMotor, 255);
}else
{
digitalWrite (Relay, LOW);
}
if(digitalRead(Button1) == HIGH)
{
digitalWrite (Relay1, HIGH);
delay(1000);
analogWrite (ButtMotor, 215);
}else
{
digitalWrite (Relay1, LOW);
}
if(digitalRead(Button2) == HIGH)
{
digitalWrite (Relay2, HIGH);
delay(1000);
analogWrite (ButtMotor, 175);
}else
{
digitalWrite (Relay2, LOW);
}
}

```

## **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ**

### **Ανεξάρτητες πηγές παροχής ενέργειας**

#### **Εισαγωγή**

Πολλές φορές για την παροχή ηλεκτρικής ενέργειας υπεύθυνο είναι το δίκτυο του παροχέα . Ωστόσο, όταν παρατηρούνται διακοπές στην τροφοδοσία, μπορεί να εμφανιστούν τα εξής προβλήματα όπως :

1. Διακοπή ρεύματος(Πλήρης απώλεια τάσης που μπορεί να προκαλέσει βλάβες σε εξοπλισμό ιδίως όταν συνοδεύεται από χαμηλές ή υψηλές τάσεις)
2. Στιγμαία χαμηλή τάση(Προκαλεί τρεμόπαιγμα στα φώτα και, ορισμένες φορές, επανεκκίνηση σε υπολογιστικά συστήματα)
3. Στιγμαία υψηλή τάση(Προκαλεί φθορά και ζημιές στον ηλεκτρονικό εξοπλισμό)
4. Υπόταση(Χαμηλή τάση ηλεκτρικού ρεύματος (κάτω από 210 V) και υπερθερμαίνει τους ηλεκτροκινητήρες)
5. Υπέρταση( Υψηλή τάση ηλεκτρικού ρεύματος (άνω των 260 V)) η οποία μπορεί να καταστρέψει τους λαμπτήρες και προκαλεί ζημιές σε ηλεκτρονικό εξοπλισμό)

Για την αποφυγή λοιπόν των παραπάνω προβλημάτων , οι συνέπειες των οποίων είναι αρκετά ζημιογόνες, χρησιμοποιούμε συσκευές οι οποίες μπορούν να προστατέψουν τις ηλεκτρικές μας συσκευές από τα παραπάνω προβλήματα ή και να συνεχίσουν τη ομαλή λειτουργία τους σε περίπτωση διακοπής ρεύματος(π.χ. εργοστάσιο ,στο οποίο οι μηχανές πρέπει να λειτουργούνε συνεχώς για την παραγωγή προϊόντος).Συσκευές τέτοιες είναι:

#### **1.UPS**

#### **2.Σύστημα εφεδρείας( Backup)**

#### **3.Ηλεκτροπαραγωγή ζεύγη (H/Z)**

#### **4.Γεννήτρια Βενζίνης ή Diesel**

## A. Σύστημα UPS

Το UPS είναι μια συσκευή που παρέχει ηλεκτρική ενέργεια σε περίπτωση διακοπής ρεύματος. Πολλές φορές ασφαλίζει τις συσκευές που είναι συνδεδεμένες από υπερτάσεις ή χαμηλές τάσεις, ενώ σε μερικές περιπτώσεις "φιλτράρει" το ρεύμα έτσι, ώστε να έχει την σωστή συχνότητα (50 Hz - 60 Hz). Το UPS έχει ως σκοπό την παροχή ηλεκτρικής ενέργειας μέχρι την έναρξη μιας βοηθητικής γεννήτριας, μέχρι να έρθει το ρεύμα ή μέχρι να γίνει ασφαλής τερματισμός των συσκευών που είναι συνδεδεμένες σε αυτό.

Συνήθως χρησιμοποιούνται για την προστασία ηλεκτρονικών υπολογιστών, server, τηλεφωνικών κέντρων κ.α , στους οποίους ο απότομος τερματισμός θα μπορούσε να προκαλέσει ζημιές, απώλεια δεδομένων ή και καταστροφή υποσυστημάτων . Τα UPS διαφέρουν σε μέγεθος, από κάποια μικρά που μπορούν να υποστηρίξουν έναν οικιακό υπολογιστή (200VA) έως πολύ μεγάλου μεγέθους με δυνατότητα να τροφοδοτήσουν ολόκληρους server (Με ισχύ μερικά KVA). Διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες: On line, Line interactive και Stand-by.

Τα UPS προστατεύουν τις συνδεδεμένες σε αυτά συσκευές από τα εξής προβλήματα : Διακοπή ρεύματος, Στιγμαία τάση(χαμηλή ή υψηλή), υπόταση και υπέρταση.



Εικόνα 1: Συστήματα UPS



## **B. Συστήματα Εφεδρείας (Backup)**

Τα συστήματα εφεδρείας αποτελούνται από συσσωρευτές (μπαταρίες) για την αποθήκευση της ηλεκτρικής ενέργειας, μετατροπέα inverter για την παροχή εναλλασσομένου ρεύματος 230V/50Hz και αυτοματισμό μεταγωγής από την παροχή του δικτύου στο σύστημα εφεδρείας και ανάποδα. Το εφεδρικό σύστημα κρίνεται απόλυτα αναγκαίο σε περιπτώσεις όπου υπάρχουν ανάγκες συνεχούς παροχής ηλεκτρισμού αλλά αυτή δεν διασφαλίζεται από τον ίδιο τον πάροχο ή τον διαχειριστή δικτύου.

Τέτοια φαινόμενα έχουμε σε περιοχές με συχνές διακοπές ρεύματος λόγω υπερφόρτωσης του συστήματος όπως νησιά ή άλλες απομακρυσμένες περιοχές, επιχειρήσεις με ευαίσθητα προϊόντα (ψυγεία, περίπτερα, καντίνες, εστιατόρια, ΑΤΜ κλπ), κατοικίες και υπηρεσίες με ιατρικά μηχανήματα διαρκούς λειτουργίας (νοσοκομεία, ιατρεία, κινητές μονάδες υποστήριξης κλπ).

Σε περίπτωση διακοπής ρεύματος γίνεται αυτόματη μεταγωγή στο σύστημα εφεδρείας που έχει εγκατασταθεί, το οποίο παρέχει την αποθηκευμένη ενέργεια για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών. Όταν επανέλθει η παροχή ρεύματος από το δίκτυο, το σύστημα επαναφορτίζει τους συσσωρευτές μέχρι την πλήρη φόρτιση. Αυτό που κάνει αυτά τα συστήματα να ξεχωρίζουν είναι οι τεράστιες δυνατότητες αυτονομίας που μπορούν να έχουν, από μερικές ώρες μέχρι μερικές ημέρες. Επιπρόσθετα η διάρκεια ζωής τους ξεπερνά κατά πολύ αυτή των συμβατικών UPS (>10 ετών).

Ένα Backup σύστημα, είναι απαραίτητο όταν είναι απαραίτητο να έχουμε σταθερή, συνεχή και χωρίς διακοπές, παροχή ηλεκτρικής ενέργειας. Οι ξαφνικές διακοπές που οφείλονται σε βλάβες του δικτύου και οι αλληπάλληλες βυθίσεις τάσης μπορούν να δημιουργήσουν προβλήματα σε συσκευές και εξοπλισμό. Οι διακοπές ηλεκτρικού ρεύματος δεν σταματούν μόνο τη λειτουργία της επιχείρησης, αλλά μπορούν να καταστρέψουν τον ακριβό εξοπλισμό, ευπαθή προϊόντα και υλικά καθώς και να θέσουν σε κίνδυνο ζωές. Τέτοιες περιπτώσεις μπορεί να είναι:

- Σπίτια/γραφεία σε περιοχές με συχνές διακοπές ρεύματος black out (π.χ. νησιά).
- Προστασία των ηλεκτρικών συσκευών σας από τις απότομες μεταβολές της τάσεως παροχής του δικτύου.
- Ιατρικά εργαστήρια (микροβιολογικά εργαστήρια, οδοντιατρεία, κέντρα εξωσωματικής γονιμοποίησης, φαρμακεία, κοκ.).
- Ασφάλεια αφού δεν διακόπτεται η λειτουργία συστημάτων συναγερμού, καμερών, τηλεπικοινωνιών, απώλειες δεδομένων κ.τ.λ.
- Σίγουρη λύση για περιπτώσεις αδιάλειπτης λειτουργίας συσκευών ιατρικής υποστήριξης ασθενών (αναπνευστικές συσκευές, διατήρηση φαρμάκων σε ψυγείο κ.τ.λ).
- Ανάγκη κλιματισμού χώρου σε περιπτώσεις black out.
- Αδιάλειπτη παροχή ηλεκτρικής ενέργειας για όσο χρόνο εσείς το επιθυμείτε.



Εικόνα 2: Σύστημα εφεδρείας (Backup)

## Γ. Ηλεκτροπαραγωγή ζεύγη (H/Z)

Όπως φανερώνει ο ίδιος ο όρος, ένα ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος αποτελείται από δύο μέρη, μια μηχανή εσωτερικής καύσης και μια γεννήτρια. Υπάρχουν μικρά και μεγάλα H/Z με ισχύ από 1 KW έως αρκετά MW. Λόγω του μικρού κόστους ανά παραγόμενη κιλοβατώρα, η λύση που προβάλλουν τα H/Z είναι αρκετά οικονομική. Τα ηλεκτροπαραγωγά ζεύγη χρησιμοποιούνται με σκοπό την αποφυγή των συνεπειών που θα είχε μια ενδεχόμενη απώλεια ισχύος (blackout). Μερικές μόνο από τις συνέπειες μιας απώλειας ισχύος μπορεί να είναι:

- Απώλεια εισοδήματος εξαιτίας της παύσης των εργασιών
- Δυσφήμιση
- Ελλιπής ασφάλεια για πελάτες και προσωπικό
- Απώλεια πληροφοριακών και τηλεπικοινωνιακών συστημάτων
- Απώλεια θέρμανσης και κλιματισμού.

Τα παραπάνω οδηγούν σε μειωμένη παραγωγικότητα και συνεπώς μειωμένα κέρδη, καθώς οι δείκτες παραγωγικότητας και αποτελεσματικότητας μιας εταιρείας εξαρτώνται άμεσα από τη συνεχή παροχή ηλεκτρισμού για ψύξη, υπολογιστές, τηλεπικοινωνίες, κλιματισμό, συστήματα ασφαλείας και άλλες ηλεκτρολογικές ή μηχανολογικές εφαρμογές, αναλόγως του πεδίου ενασχόλησής της.

**Εφαρμογές:** Τα ηλεκτροπαραγωγά ζεύγη διακρίνονται σε σταθερά ή μετακινούμενα, σε εφεδρικής ή συνεχούς λειτουργίας και σε μονοφασικά ή τριφασικά. Τα μικρά ζεύγη βρίσκουν εφαρμογή συνήθως σε οικιακές καταναλώσεις. Τα μεγαλύτερα ζεύγη, κυρίως εφεδρικά, συναντώνται σε συγκροτήματα γραφείων ή εμπορικά κέντρα, σε γυμναστήρια, γήπεδα κ.ο.κ.

Επίσης, μεγάλες βιομηχανικές μονάδες, μεγάλοι αποθηκευτικοί χώροι(ψυγεία), εταιρείες των κλάδων της πληροφορικής και των τηλεπικοινωνιών, νοσοκομεία, ξενοδοχεία χρησιμοποιούν εφεδρικά Η/Ζ για περιπτώσεις απώλειας ηλεκτρικής ισχύος (blackout). Η κατηγορία των Η/Ζ συνεχούς λειτουργίας συναντάται πολύ συχνά σε εργοτάξια. Τέλος, σημαντική εφαρμογή βρίσκουμε στη ναυτιλία, όπου οι γεννήτριες καλύπτουν τις ανάγκες ενός πλοίου για ηλεκτρική ισχύ.



Εικόνα 3: Συστήματα Η/Ζ

## Δ. Γεννήτρια Βενζίνης ή Diesel

Η **γεννήτρια** ή **ηλεκτρογεννήτρια**, (generator), είναι μηχανή που βασίζεται πάνω στους νόμους της ηλεκτροφυσικής και ιδιαίτερα του φαινομένου της ηλεκτρομαγνητικής επαγωγής, αφορά την ενέργεια και τη μετατροπή της από τη μια μορφή σε μια άλλη.

Συγκεκριμένα η γεννήτρια μετατρέπει τη μηχανική ενέργεια σε ηλεκτρική, σύμφωνα με φαινόμενο της φυσικής κατά το οποίο εάν ένα πηνίο περιστραφεί σε ένα μαγνητικό πεδίο τότε στις άκρες του πηνίου παράγεται ηλεκτρικό ρεύμα.

Η γεννήτρια αποτελείται από δύο μέρη: το ακίνητο μέρος της που λέγεται στάτορας ή στατόν, ή επαγωγέας ή πόλοι της μηχανής, στο οποίο υπάρχουν μαγνήτες (μόνιμοι μαγνήτες ή ηλεκτρομαγνήτες) και το κινητό μέρος της που λέγεται επαγωγίμο ή στρεπτόν ή ρότορας (εκ του αγγλικού rotor), στο οποίο υπάρχουν πηνία. Γυρίζοντας το ρότορα μέσα στο στάτορα παράγεται ηλεκτρικό ρεύμα. Η περιστροφή του ρότορα γίνεται με ατμομηχανή, με υδροστρόβιλο κ λ π. Η πιο γνωστή και απλούστερη ηλεκτρογεννήτρια είναι το γνωστό «δυναμό» των ποδηλάτων.

Οι γεννήτριες στην έξοδό τους παράγουν είτε εναλλασσόμενο ρεύμα είτε συνεχές ρεύμα («δυναμό»). Οι περισσότερες γεννήτριες συνεχούς ρεύματος μοιάζουν με τις γεννήτριες εναλλασσόμενου ρεύματος. Η διαφορά τους έγκειται στην ύπαρξη ενός συγκεκριμένου μηχανισμού στις γεννήτριες συνεχούς ρεύματος, που ονομάζεται συλλέκτης. Οι γεννήτριες συνεχούς ρεύματος χωρίζονται σε γεννήτριες ανεξάρτητης διέγερσης, γεννήτριες παράλληλης διέγερσης, γεννήτριες διέγερσης σειράς.

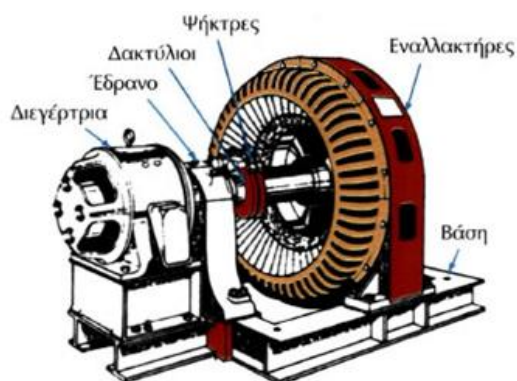
Γεννήτριες με αθροιστική σύνθετη διέγερση και γεννήτριες με διαφορική σύνθετη διέγερση. Οι γεννήτριες συνεχούς ρεύματος είναι αρκετά σπάνιες στα σύγχρονα συστήματα ισχύος λόγω της αντικατάστασής τους από την συνδυασμένη χρήση γεννήτριας εναλλασσόμενου ρεύματος και ανορθωτή προκειμένου να παραχθεί το συνεχές ρεύμα.

### **Γεννήτρια Diesel**

Οι γεννήτριες Diesel έχουν ως καύσιμη ύλη το πετρέλαιο και η καύση του γίνεται με συμπίεση μέσω του μπεξ . Επίσης έχουν μεγάλη ισχύ από 2,5KW έως μερικά MW. Τέλος κοστίζουν περισσότερο από κάθε άλλη περίπτωση αλλά πλεονεκτούν στην αξιοπιστία.

### **Γεννήτρια Βενζίνης**

Οι γεννήτριες βενζίνης έχουν ως καύσιμη ύλη τη βενζίνη στην οποία η ανάφλεξη της γίνεται με σπινθήρα .Κοστίζουν λιγότερο από τους πετρελαιοκινητήρες αλλά δεν έχουν αξιοπιστία .Τέλος κατασκευάζονται για ισχύς μέχρι 100KW.



Εικόνα 4 : Γεννήτρια Diesel

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

### **Πηγές**

#### **Κεφάλαιο 1,2&3**

[[https://en.wikipedia.org/wiki/DNV\\_GL](https://en.wikipedia.org/wiki/DNV_GL)]

[[https://en.wikipedia.org/wiki/SOLAS\\_Convention](https://en.wikipedia.org/wiki/SOLAS_Convention)]

[https://en.wikipedia.org/wiki/MARPOL\\_73/78](https://en.wikipedia.org/wiki/MARPOL_73/78)

Πλήρης Ηλεκτρολογική Μελέτη ενός Πλοίου μεταφοράς Φορτίου Χύδην ,ενός Δεξαμενόπλοιου και ενός Γενικευμένου Τύπου Πλοίου(Θ.Γ.'Αντζελα)

Εκτίμηση παραμέτρων σχεδιασμού και λειτουργίας μηχανοστασίων σύγχρονων πλοίων μεταφοράς φορτίου χύδην (Bulk Carrier) και δεξαμενοπλοίων (Tanker).(Π.Γεωργακάκης)

Εξειλίξεις στην ηλεκτροπρόωση πλοίων και ανασκόπηση ζητημάτων σχεδιασμού στο πλήρως εξηλεκτρισμένο πλοίο(Ι.Κ.Χατζηλάου,Ι.Μ.Προυσαλίδης,Γ.Αντωνόπουλος,Π.Βαλλιανάτος)

#### **Κεφάλαιο 5 & 6**

[ <https://deltahacker.gr/arduino-intro/>]

[<http://users.sch.gr/manpoul/docs/arduino/ProgrammingArduino.pdf>]

[<https://www.arduino.cc/>]

[<http://www.123dapp.com/circuits>]

[<https://circuits.io/>]

[<https://www.youtube.com/watch?v=T9Zpir5hidw>]- Arduino Motor Interfacing using MOSFET and PWM

wiseGEEK -[<http://www.wisegeek.com/what-is-a-microcontroller.htm>]

Βικιπαίδεια-[<http://el.wikipedia.org/wiki/Μικροελεγκτής>]

Wikipedia-[<http://en.wikipedia.org/wiki/Arduino>]

### **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ**

<https://el.wikipedia.org/wiki/UPS>

<http://www.karouzos.gr/index-3-17.php>

<https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%93%CE%B5%CE%BD%CE%BD%CE%AE%CF%84%CF%81%CE%B9%CE%B1>

[http://ilektroutomatismoι.blogspot.gr/2016/04/blog-post\\_21.html](http://ilektroutomatismoι.blogspot.gr/2016/04/blog-post_21.html)