



**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ**  
ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ  
«ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΥ»  
ΤΟΜΕΑΣ «ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ ΚΑΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ»

**Κατασκευή ηλεκτρικού πίνακα για την απομακρυσμένη  
διαχείριση γραμμών ισχύος οικιακής εγκατάστασης με χρήση  
της ηλεκτρονικής πλατφόρμας ARDUINO**

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

του

**ΚΥΡΙΑΚΟΥ ΚΑΠΑΡΕΛΗ**

**Επιβλέπων :** Βασίλειος Σπιτάς  
Επίκουρος Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Δεκέμβριος 2016

Η σελίδα αυτή είναι σκόπιμα λευκή.



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ  
ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ  
«ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΥ»  
ΤΟΜΕΑΣ «ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ ΚΑΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ»

**Κατασκευή ηλεκτρικού πίνακα για την απομακρυσμένη  
διαχείριση γραμμών ισχύος οικιακής εγκατάστασης με χρήση  
της ηλεκτρονικής πλατφόρμας ARDUINO**

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

του

**ΚΥΡΙΑΚΟΥ ΚΑΠΑΡΕΛΗ**

**Επιβλέπων :** Βασίλειος Σπιτάς  
Επίκουρος Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή στις .....

(Υπογραφή)

.....  
Βασίλειος Σπιτάς  
Επίκουρος Καθηγητής Ε.Μ.Π.

(Υπογραφή)

.....  
Δημήτριος Κουλοχέρης  
Επίκουρος Καθηγητής Ε.Μ.Π.

(Υπογραφή)

.....  
Αργύρης Σολδάτος  
Ε.ΔΙ.Π. Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Δεκέμβριος 2016

(Υπογραφή)

.....

**ΚΥΡΙΑΚΟΣ ΚΑΠΑΡΕΛΗΣ**

Διπλωματούχος Μηχανολόγος Μηχανικός Ε.Μ.Π.

© 2016 – All rights reserved

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

## Περίληψη

Ο σκοπός της διπλωματικής εργασίας ήταν η δημιουργία και ανάπτυξη μιας ηλεκτρολογικής-ψηφιακής διάταξης που θα αναφέρεται σε οικιακή χρήση και θα επιτρέπει τον έλεγχο των ηλεκτρολογικών οικιακών συσκευών. Συγκεκριμένα, έγινε ανάπτυξη ενός οικιακού ηλεκτρολογικού πίνακα συνδεδεμένου με τον μικροελεγκτή Arduino Mega και στη συνέχεια, με τον προγραμματισμό κατάλληλου κώδικα πραγματοποιήθηκε η επικοινωνία μέσω του διαδικτύου με ηλεκτρονικούς υπολογιστές και έξυπνα τηλέφωνα.

Στα πρώτα κεφάλαια παρουσιάζονται γενικές πληροφορίες σχετικά με ευφυή συστήματα για οικιακή χρήση καθώς και όλα τα δομικά στοιχεία της κατασκευής, όπως ο μικροελεγκτής Arduino, οι ηλεκτρονόμοι, αλλά και επιμέρους ηλεκτρονικά και ηλεκτρολογικά στοιχεία που χρησιμοποιήθηκαν. Επιπρόσθετα, αναφέρονται στατιστικά στοιχεία ηλεκτρολογικών ατυχημάτων στην Ελλάδα για να δοθεί έμφαση στον κοινωνικό χαρακτήρα του εγχειρήματος που θα προσφέρει μια πιο ασφαλή επιλογή για την οικιακή εγκατάσταση.

Στη συνέχεια, περιγράφεται η σύνθεση της κατασκευής, το προγραμματιστικό σκέλος, καθώς και ένα τυπικό κόστος υλοποίησης. Επίσης, σε αυτό το κεφάλαιο περιγράφεται η πλήρης συνδεσμολογία μεταξύ των διαφόρων στοιχείων καθώς και ο τρόπος λειτουργίας του μικροελεγκτή.

Για το πειραματικό μέρος πραγματοποιήθηκαν δοκιμές λειτουργίας σε διαφορετικές συνθήκες, με σκοπό τον έλεγχο της λειτουργικότητας της κατασκευής. Τέλος, σημειώνονται τα συμπεράσματα που προέκυψαν από το πειραματικό σκέλος, καθώς και προτάσεις για τη μελλοντική βελτίωση του υπάρχοντος συστήματος.

**Λέξεις - Κλειδιά:** Έξυπνο Σπίτι, Ηλεκτρολογική Εγκατάσταση, Arduino, Αισθητήρες Θερμοκρασίας, Ηλεκτρονόμοι, Ηλεκτρικός Θερμοσίφωνας, Διαδίκτυο, Απομακρυσμένη Πρόσβαση

Η σελίδα αυτή είναι σκόπιμα λευκή.

## Abstract

The aim of the current thesis was the creation and the development of a electrical –digital disposition, which will being referred to the domestic use and will allow the control of the electrical household appliances. Especially, a domestic electric switchboard that is connected with a microcontroller board Arduino Mega was developed and then with the programming of a suitable code, the communication was realized with the computers and smart phones, through internet.

In the first chapters are presented general information in relation to smart systems for domestic use and the structural elements of construction such as the microcontroller board Arduino Mega, the relays, but also other electronic and electrical elements that were used. Moreover, statistics elements of electrical accidents in Greece are mentioned, in order to put emphasis on the social character of the attempt, which will offer a more safe choice for the domestic installation.

Furthermore, are described the texture of the construction, the part of the programming and the typical cost of the materialization. In this chapter are described, as well, the whole connection between the different elements, but also the way of the function of the microcontroller board.

For the experimental part were realized testing of function in different conditions with the purpose to control the functionalism of construction. At the end, are gathered the conclusions from the experimental part and the proposals for the prospective improvements of a system that can be found nowadays.

**Keywords:** Smart Home, Arduino, Temperature Sensors, Relay, Heater, Network, Remote Access

Η σελίδα αυτή είναι σκόπιμα λευκή



# Πίνακας Περιεχομένων

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Περίληψη</b> .....                               | <b>5</b>  |
| <b>Abstract</b> .....                               | <b>7</b>  |
| <b>1. ΠΕΡΙΛΗΨΗ</b> .....                            | <b>11</b> |
| 1.1 ΟΡΙΣΜΟΣ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ.....                        | 11        |
| 1.2 ΣΚΟΠΟΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ .....                       | 11        |
| 1.3 ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΚΕΦΑΛΑΙΩΝ .....                        | 12        |
| <b>2. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ</b> .....                  | <b>14</b> |
| 2.1 ΕΞΥΨΙΝΑ ΣΠΙΤΙΑ.....                             | 14        |
| 2.2 ΔΟΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ.....                            | 20        |
| 2.2.1 ΠΛΑΤΦΟΡΜΑ ARDUINO.....                        | 20        |
| 2.2.2 ETHERNET SHIELD.....                          | 22        |
| 2.2.3 ΑΙΣΘΗΤΗΡΑΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ.....                  | 25        |
| 2.2.3.1 ΑΙΣΘΗΤΗΡΑΣ LM35.....                        | 25        |
| 2.2.3.2 ΑΙΣΘΗΤΗΡΑΣ PTC 100 .....                    | 27        |
| 2.2.4 ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ .....                      | 27        |
| 2.2.4.1 ΗΛΕΚΤΡΟΝΟΜΟΙ ΙΣΧΥΟΣ.....                    | 27        |
| 2.2.4.2 ΧΡΟΝΙΚΟΙ ΗΛΕΚΤΡΟΝΟΜΟΙ .....                 | 31        |
| 2.2.4.3 ΑΣΦΑΛΕΙΕΣ .....                             | 31        |
| 2.2.4.4 ΜΕΤΡΗΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ .....                    | 35        |
| 2.2.5 ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΣ ΘΕΡΜΟΣΙΦΩΝΑΣ.....                  | 37        |
| 2.3 ΑΤΥΧΗΜΑΤΑ.....                                  | 40        |
| <b>3. ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗΣ</b> .....               | <b>47</b> |
| 3.1 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ .....                     | 47        |
| 3.2 ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ ARDUINO .....                   | 49        |
| 3.3 ΣΥΝΔΕΣΜΟΛΟΓΙΑ .....                             | 62        |
| 3.3.1 ΣΥΝΔΕΣΜΟΛΟΓΙΑ ARDUINO .....                   | 62        |
| 3.3.1.1 ΣΥΝΔΕΣΜΟΛΟΓΙΑ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ..... | 63        |
| 3.3.1.2 ΣΥΝΔΕΣΜΟΛΟΓΙΑ ΗΛΕΚΤΡΟΝΟΜΩΝ ARDUINO .....    | 65        |
| 3.3.2 ΣΥΝΔΕΣΜΟΛΟΓΙΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΟΥ ΠΙΝΑΚΑ .....     | 66        |
| 3.3.2.1 ΣΥΝΔΕΣΜΟΛΟΓΙΑ ΚΟΥΖΙΝΑΣ.....                 | 67        |

|   |            |
|---|------------|
| 3.3.2.2 ΣΥΝΔΕΣΜΟΛΟΓΙΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΘΕΡΜΟΣΙΦΩΝΑ .....                              | 68         |
| 3.3.3 ΣΥΝΔΕΣΜΟΛΟΓΙΑ ARDUINO – ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΟΥ ΠΙΝΑΚΑ.....                        | 69         |
| 3.4 ΚΟΣΤΟΣ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ.....   | 70         |
| <b>4. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΕΣ ΔΟΚΙΜΕΣ .....</b>  | <b>72</b>  |
| 4.1 ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΩΝ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ.....  | 72         |
| 4.2 ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΣΕΝΑΡΙΑ .....  | 73         |
| 4.3 ΤΕΧΝΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ .....                                     | 75         |
| 4.3.1 ΧΡΟΝΟΣ ΕΠΙΣΤΡΟΦΗΣ ΤΩΝ ΕΠΕΝΔΥΜΕΝΩΝ ΧΡΗΜΑΤΩΝ (PAYBACK PERIOD)75             |            |
| 4.3.2 ΚΑΘΑΡΗ ΠΑΡΟΥΣΑ ΑΞΙΑ (NET PRESENT VALUE – (NPV).....                       | 76         |
| 4.3.3 ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΣ ΒΑΘΜΟΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ (INTERNAL RATE OF RETURN – IRR)..... | 77         |
| 4.3.4 ΤΕΧΝΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ .....                                  | 77         |
| <b>5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ .....</b>  | <b>81</b>  |
| 5.1 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ .....  | 81         |
| 5.2 ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΒΕΛΤΙΩΣΕΙΣ .....  | 82         |
| <b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....</b>   | <b>83</b>  |
| <b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α - Συνολικός Κώδικας Υλοποίησης.....</b>                          | <b>84</b>  |
| <b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β - Προδιαγραφές Θερμοκρασιών Αισθητήρα PT100</b>                  |            |
| .....   | 106        |
| <b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ – Ηλεκτρολογικά Σχέδια .....</b>                                 | <b>109</b> |

# 1. ΠΕΡΙΛΗΨΗ

## 1.1 ΟΡΙΣΜΟΣ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ

Σε όλους μας έχει συμβεί να έχουμε φύγει από το σπίτι μας και να αναρωτιόμαστε αν έχουμε ξεχάσει αναμμένο το φούρνο, το μάτι της κουζίνας, τα φώτα ή κάποια άλλη συσκευή. Επίσης, πόσες φορές δεν έχουμε ευχηθεί να μπορούσαμε να ανάψουμε το θερμοσίφωνα του σπιτιού μας από μακριά, ώστε όταν επιστρέψουμε να μας περιμένει ζεστό νερό. Όλα τα παραπάνω αποτέλεσαν την αφορμή για την ενασχόληση μου με μια εφαρμογή οικιακού αυτοματισμού στα πλαίσια της διπλωματικής μου εργασίας.



Εικόνα 1.1

Το μοντέλο προς υλοποίηση (Εικόνα 1.1) έχει ως εξής: Ο τελικός χρήστης χρησιμοποιώντας τερματικές συσκευές - όπως για παράδειγμα έναν υπολογιστή ή ένα κινητό τηλέφωνο - θα έχει πρόσβαση και θα ελέγχει μέσω internet κάποιες οικιακές συσκευές.

## 1.2 ΣΚΟΠΟΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ

Ο στόχος της παρούσας διπλωματικής είναι η κατασκευή ενός συστήματος αυτοματισμού που θα χρησιμοποιεί υπάρχουσες οικιακές υποδομές για καλύτερο έλεγχο και βελτιστοποίηση της αποδοτικότητας των οικιακών συσκευών.

Στα πλαίσια, λοιπόν, της εργασίας δημιουργήθηκε, πέραν του ηλεκτρολογικού πίνακα με όλα τα απαραίτητα δομικά στοιχεία του, και μια ιστοσελίδα στο διαδίκτυο για τη διαχείριση των οικιακών συσκευών ενός "έξυπνου" σπιτιού. Για το έξυπνο σπίτι υλοποιήθηκε μέρος του gateway, ο οποίος λειτουργεί ως διεπαφή ανάμεσα στην ιστοσελίδα και τις συσκευές προς διαχείριση.

Η εφαρμογή σχεδιάστηκε για χρήση από υπολογιστή ή από κινητό τηλέφωνο και έχει τις παρακάτω λειτουργίες:

- Σύνδεση στον απομακρυσμένο server με τα στοιχεία του χρήστη

- Ενεργοποίηση/απενεργοποίηση της ηλεκτρικής κουζίνας
- Ενεργοποίηση/απενεργοποίηση του θερμοσίφωνα
- Προγραμματισμός της θερμοκρασίας του εμβαπτιζόμενου θερμοστάτη στον θερμοσίφωνα για να σταματήσει η περαιτέρω λειτουργία του μετά το πέρας του επιθυμητού ορίου θερμοκρασίας
- Απενεργοποίηση θερμοσίφωνα με χρονοδιακόπτη (off timer)
- Ενδείξεις κατάστασης λειτουργίας των συσκευών (on/ off)
- Ένδειξη τρόπου χειρισμού του θερμοσίφωνα (auto/manual)
- Ένδειξη για την θερμοκρασία του νερού στον ηλεκτρικό θερμοσίφωνα ανά πάσα στιγμή

Και εδώ ανακύπτει το ερώτημα των δυσκολιών και του κόστους κατασκευής ενός «έξυπνου σπιτιού». Για νέες κατοικίες ή κατοικίες που βρίσκονται υπό γενική επισκευή, η σωστή λύση μπορεί να προκύψει μόνο μετά από σοβαρή μελέτη, η οποία και θα τεκμηριώνει γραπτώς όλη την προτεινόμενη καλωδίωση. Αν είμαστε στην φάση της μελέτης των ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων της κατοικίας μας, ζητάμε από τον μηχανικό να μας ενημερώσει για τα συστήματα «smart home» και τα εντάσσουμε στην μελέτη. Στην αγορά υπάρχουν έτοιμα πακέτα, που είναι όμως μεμονωμένα και συνήθως ασύμβατα με άλλες συσκευές, ενώ στις περισσότερες περιπτώσεις η τιμή τους ξεπερνάει τα λογικά πλαίσια.

Όπως είδαμε παραπάνω, ένα «έξυπνο σπίτι», όταν είναι όντως «έξυπνο», θεωρείται το σπίτι του μέλλοντος και η τελική κατασκευή του, δεν απαιτεί τα υπέρογκα χρηματικά ποσά που αξιώνουν και ζητούν τελικά οι εταιρίες που κυριαρχούν στον τομέα. Το κόστος δηλαδή, ενός τέτοιου σπιτιού μπορεί να υπολογιστεί, αφού πρώτα εξετάσουμε τι περιλαμβάνει ένα κλασσικό σήμερα σπίτι και πόσα από αυτά θέλουμε να ελέγχουμε «έξυπνα»:

- Φωτισμό
- Ηλεκτρικά Ρολά
- Σύστημα Ασφαλείας
- Ψύξη και θέρμανση
- Αυτόματο πότισμα σε αρκετές περιπτώσεις
- Audio/Video συστήματα – για τους λάτρεις των οπτικοακουστικών μέσων
- Θυροτηλεόραση – Τηλεφωνικό κέντρο – Δίκτυο Υπολογιστών κ.α.

### 1.3 ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΚΕΦΑΛΑΙΩΝ

Στόχος της συγκεκριμένης μεταπτυχιακής εργασίας είναι η δημιουργία μιας ηλεκτρολογικής-ψηφιακής διάταξης που θα προορίζεται για οικιακή χρήση. Πιο συγκεκριμένα, και με αφορμή την εγκατάσταση ηλεκτρολογικού πίνακα σε ένα σπίτι, είναι η δημιουργία ενός συστήματος με τη χρήση ψηφιακών μέσων για την ενεργοποίηση του θερμοσίφωνα και την απενεργοποίηση της ηλεκτρικής γραμμής της κουζίνας (να μην διαρρέεται από ρεύμα) απομακρυσμένα με τη χρήση κινητού τηλεφώνου και διαδικτύου. Θα υπάρχει ακόμα η δυνατότητα από τον χρήστη της διάταξης να λαμβάνει άμεσα ανάδραση (feedback) της επιλογής του για άνοιγμα ή κλείσιμο μιας συσκευής αντίστοιχα και η εμφάνιση της παρούσας (current) κατάστασης της εγκατάστασης. Η εργασία θα αποτελείται από έξι ενότητες καθώς και από τα συμπεράσματα και την Βιβλιογραφία της.

Στην πρώτη ενότητα δίνεται ο λόγος που οδήγησε στη σύλληψη της ιδέας για την υλοποίηση της εργασίας και της πειραματικής διάταξης. Στη συνέχεια αναπτύσσεται ο σκοπός που διέπει την προσπάθεια αυτή καθώς και μια μικρή αναδρομή του τι θα ακολουθήσει παρακάτω.

Στη δεύτερη ενότητα γίνεται περιγραφή των εννοιών των δομικών στοιχείων που χρησιμοποιήθηκαν στην ίδια τη διάταξη καθώς και των εννοιών που θα προκύψουν από τα αποτελέσματα και τις δοκιμές που πραγματοποιήθηκαν. Συγκεκριμένα, έννοιες όπως ηλεκτρισμός, θερμοσίφωνας και η λειτουργία του, ηλεκτρικός πίνακας, ηλεκτρικό-ψηφιακό κύκλωμα, ηλεκτρικές εγκαταστάσεις οικιών, αλλά και έννοιες στατιστικής ανάλυσης, ασφάλειας και ατυχημάτων που θα προκύψουν ύστερα από την επεξεργασία των δοκιμών και των αποτελεσμάτων που θα υπάρχουν.

Στην τρίτη ενότητα θα αναλυθούν λεπτομερώς η πειραματική διάταξη και οι συσκευές (ηλεκτρικές-ψηφιακές) που την αποτελούν. Θα αναπτυχθούν βήμα προς βήμα οι ενέργειες (εργασίες, συνδεσμολογία, κατασκευή) και τα στοιχεία που χρησιμοποιούνται για την υλοποίηση της τελικής εφαρμογής του project (ιδέας).

Στην τέταρτη ενότητα, λοιπόν, θα γίνει χρήση της πειραματικής διάταξης και θα αναπτυχθούν σενάρια ενεργειακά με απώτερο σκοπό την εξοικονόμηση ενέργειας από τη χρήση των ενεργοβόρων οικιακών συσκευών. Θα ενισχυθεί με τον τρόπο αυτό ο κοινωνικός χαρακτήρας της διάταξης και θα δοθεί απάντηση στον σκοπό της δημιουργίας της.

Τέλος, η μεταπτυχιακή εργασία θα κλείσει με αναδρομή των πεπραγμένων και εντοπισμό των καίριων συμπερασμάτων καθώς και την Βιβλιογραφία που χρησιμοποιήθηκε για την συγγραφή της.

## 2. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ

### 2.1 ΕΞΥΠΝΑ ΣΠΙΤΙΑ

Το προσωπικό ή εργασιακό περιβάλλον που περιλαμβάνει ένα σύνολο τεχνολογικών εφαρμογών με κοινό παρονομαστή την αυτοματοποίηση και τον έλεγχο των επιμέρους τμημάτων του μπορεί να θεωρηθεί ένας ορισμός των έξυπνων σπιτιών.

Επισήμως η λέξη «έξυπνο» χρησιμοποιήθηκε πρώτη φορά κατά τη δεκαετία του 1970 ως προσδιορισμός τεχνολογικών επιτευγμάτων. Συγκεκριμένα, αναφερόταν σε στρατιωτικά προϊόντα, όπως βόμβες ή πυραύλους που καθοδηγούσαν τον εαυτό τους προς το στόχο («έξυπνες βόμβες»).

Κατά την τεχνολογική άνθηση της δεκαετίας του 1980 η λέξη «έξυπνο» απέκτησε άλλες προεκτάσεις: αναφερόταν σε συσκευές που εμπειρεύαν ολοκληρωμένα κυκλώματα (τσιπ), όπως οι υπολογιστές και οι προηγμένες οικιακές συσκευές. Βέβαια αυτό άλλαξε με την πάροδο του χρόνου και πλέον σήμερα δεν αποκαλούμε έναν σύγχρονο υπολογιστή «έξυπνο», παρόλο που οι σημερινοί υπολογιστές είναι εκθετικά ισχυρότεροι από εκείνους της δεκαετίας του 1980.

Ο όρος «έξυπνο σπίτι» καθιερώθηκε από την αμερικανική ομοσπονδία κατασκευαστών σπιτιών το 1984. Ένας απλός ορισμός για την έννοια του έξυπνου σπιτιού είναι ο εξής:

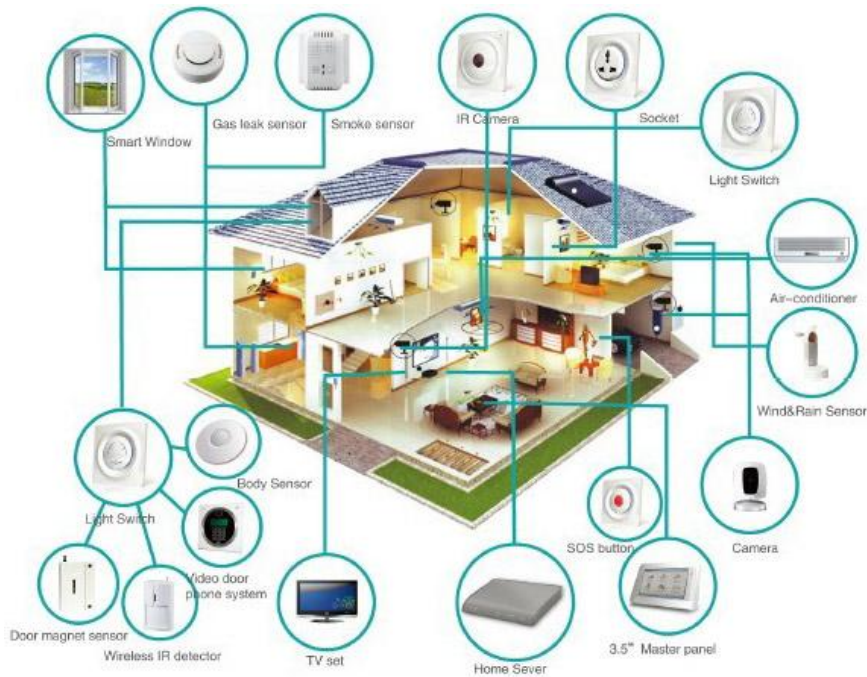
«Έξυπνο σπίτι είναι μια κατοικία που ενσωματώνει ένα δίκτυο επικοινωνίας, το οποίο συνδέει ηλεκτρικές συσκευές και υπηρεσίες και επιτρέπει απομακρυσμένο έλεγχο, παρακολούθηση και πρόσβαση σε αυτές.»

Όταν μιλάμε για απομακρυσμένο έλεγχο εννοούμε ότι οι συσκευές και οι υπηρεσίες θα μπορούν να ελεγχθούν μέσα ή έξω από την κατοικία. Ο ορισμός αυτός συμφωνεί με τις περισσότερες περιπτώσεις υλοποίησης έξυπνων σπιτιών, αφού σχεδόν πάντα έχουμε να κάνουμε με δικτύωση και αλληλεπίδραση συσκευών. Συνεπώς, ο όρος «έξυπνο» δεν δηλώνει την καθαυτό υποδομή του συστήματος (δικτύωση, αισθητήρες, διακόπτες κ.τ.λ.), αλλά αναφέρεται στο συνδυασμένο περιβάλλον ανθρώπου και υποδομής ώστε οι δράσεις και οι αλληλεπιδράσεις του να έχουν σαφή «έξυπνα» αποτελέσματα στον τελικό χρήστη.

Ο βαθμός στον οποίο εφαρμόζεται αυτός ο έλεγχος ποικίλλει, αφού είναι παράγοντας πολλών παραμέτρων. Οι παράμετροι μπορεί να είναι το κόστος, οι προσωπικές επιθυμίες του ιδιοκτήτη και ο τύπος του κτηρίου στο οποίο θα εγκατασταθεί η τεχνολογία.

Η τεχνολογία έξυπνων σπιτιών πρέπει να πληροί ορισμένες προϋποθέσεις, όπως:

- η διασφάλιση της ανθρώπινης ζωής και περιουσίας
- η συμβολή στην απλούστευση της καθημερινής ζωής του χρήστη
- η επικοινωνία με το εξωτερικό περιβάλλον
- η διαχείριση της τεχνολογίας

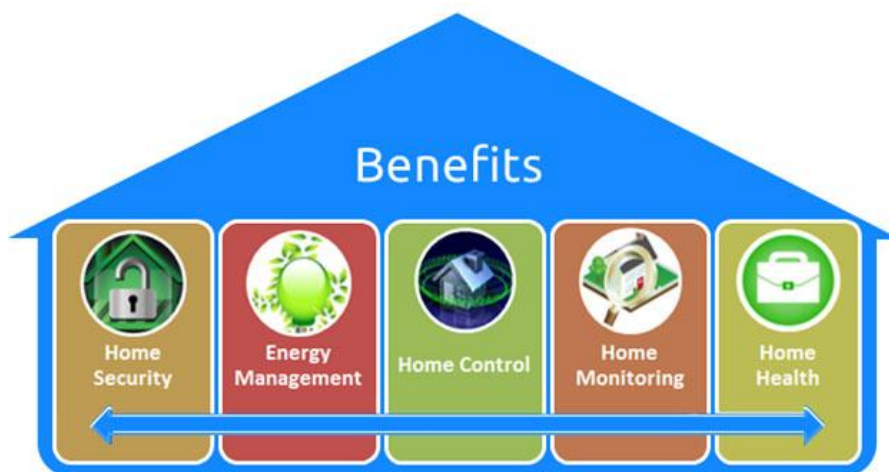


Εικόνα 2.1: Δυνατότητες «Έξυπνου Σπιτιού»

### Πλεονεκτήματα

Τα πλεονεκτήματα που προκύπτουν από τον αποτελεσματικό συντονισμό των συστημάτων αφορούν στη διευκόλυνση της καθημερινότητας των χρηστών. Η βελτίωση της ποιότητας ζωής των ενοίκων, έπειτα από κατάλληλο προγραμματισμό του συστήματος, συνοδεύεται από εξοικονόμηση της καταναλισκόμενης ενέργειας και κατ' επέκταση και από εξοικονόμηση χρημάτων. Επίσης, τα έξυπνα συστήματα είναι δυνατό να εξασφαλίσουν ασφαλέστερες συνθήκες διαβίωσης. Ας ρίξουμε λοιπόν στο σημείο αυτό μια συνοπτική ματιά στα οφέλη που ένα σημερινό έξυπνο σπίτι μπορεί να παρέχει για να καταλάβουμε περί τίνος πρόκειται.

Ένα θεμελιώδες όφελος από τη χρήση της τεχνολογίας του έξυπνου σπιτιού είναι η εξοικονόμηση ενέργειας. Με την κατάλληλη πρόβλεψη για τις ενεργειακές ανάγκες κάθε συσκευής έχουμε βελτιστοποίηση στη διαχείριση ενέργειας. Η διαχείριση ενέργειας αποτελεί προτεραιότητα στο σχεδιασμό έξυπνων σπιτιών. Στόχος της σχεδίασης είναι η μείωση της κατανάλωσης ενέργειας στο ελάχιστο δυνατό χωρίς να θυσιάζεται η άνεση των ατόμων που ζουν μέσα σε αυτό.



Εικόνα 2.2: Πλεονεκτήματα «Έξυπνου Σπιτιού»

Ένα ακόμη σπουδαίο όφελος που προκύπτει από την ενσωμάτωση της τεχνολογίας του έξυπνου σπιτιού σε κάθε οικία είναι η ποιότητα ζωής. Άνεση σε αυτή την περίπτωση σημαίνει ένα σπίτι που όχι μόνο φροντίζει τον εαυτό του αλλά και τον ένοικο. Ο ένοικος, μέσω οποιουδήποτε τονικού τηλεφώνου, σταθερού ή κινητού ή μέσω του internet, μπορεί να χειριστεί τις κύριες λειτουργίες της κατοικίας κατά τη διάρκεια απουσίας του. Έτσι, για παράδειγμα, έχει τη δυνατότητα να ανάψει το θερμοσίφωνα λίγο πριν φτάσει σπίτι του και να ρυθμίσει τη θερμοκρασία του σπιτιού. Η ποιότητα ζωής του χρήστη είναι το ζητούμενο και το αποτέλεσμα.

Ακόμα ένα από τα πλεονεκτήματα της τεχνολογίας του έξυπνου σπιτιού είναι η ασφάλεια. Με την τεχνολογία του χτες τα ατυχήματα μέσα στο σπίτι ήταν κάτι παραπάνω από εύκολο να διαδραματιστούν. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι το πόσο εύκολο είναι να πάθει κάποιος ηλεκτροπληξία σε ένα κατάλυμα παλαιών προδιαγραφών λόγω βλάβης του κυκλώματος ή απλά λόγω απροσεξίας. Επίσης, τα σύγχρονα συστήματα προσφέρουν τη δυνατότητα παρακολούθησης της κατοικίας. Έτσι, ο ιδιοκτήτης έχει τη δυνατότητα να παρακολουθεί, για παράδειγμα την εικόνα που καταγράφουν οι κάμερες, οι τυχόν άλλου είδους ανιχνευτές, όπως αερίων, διαρροής νερού ή πυρκαγιάς και να ενημερώνεται άμεσα αν προκύψει κάτι έκτακτο.

### Έξυπνα Σπίτια στο Εξωτερικό

Σε διάφορες ευρωπαϊκές χώρες, εφαρμόζονται προγράμματα με σκοπό την επίδειξη πρότυπων έξυπνων σπιτιών. Τα έξυπνα σπίτια εκμεταλλεύονται τις εξελίξεις στη μικροηλεκτρονική και τις τηλεπικοινωνίες για να υποστηρίξουν την καθημερινή ζωή. Οι καινοτομίες των προτύπων σπιτιών καλύπτουν ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών ξεκινώντας από τις αρκετά απλές λειτουργίες των αισθητήρων και των συστημάτων ελέγχου μέχρι τα πιο φουτουριστικά αυτοματοποιημένα σπίτια.

### Βέλγιο

Το 1995, η Φλαμανδική κυβέρνηση ξεκίνησε ένα πρόγραμμα κατασκευής 5000 διαμερισμάτων με χρονοδιάγραμμα την ολοκλήρωσή τους στα επόμενα 10 έτη. Η ιδιαιτερότητα αυτού του προγράμματος είναι ότι τα σπίτια περιέχουν τα βασικά έξυπνα συστήματα. Μέχρι το 1997, ένα μεγάλο ποσοστό 20 διαμερισμάτων είχε τελειώσει. Οι



ηλικιωμένοι συμμετείχαν σε μεγάλο ποσοστό στον καθορισμό των προδιαγραφών των έξυπνων εφαρμογών. Προτού να αρχίσει η κατασκευή του κτηρίου, οι ίδιοι οι ηλικιωμένοι ανέφεραν τις ακόλουθες προτεραιότητες και τις τεχνικές απαιτήσεις:

Μέγιστη ασφάλεια & προστασία:

- κατά την αναχώρηση από το διαμέρισμα, αυτόματη ενεργοποίηση του συναγερμού διαρρηκτών
- όταν κάποιος χτυπά το κουδούνι στην είσοδο του διαμερίσματος, να γίνεται η αυτόματη απεικόνισή του στην οθόνη
- τοποθέτηση αυτόματων φώτων, στην είσοδο του σπιτιού, αλλά και στην είσοδο του λουτρού
- προσομοίωση απουσίας μέσω φωτισμού
- παθητικός συναγερμός, στην περίπτωση που ο κάτοικος δεν κινείται ή δεν χρησιμοποιεί οποιοδήποτε εξοπλισμό για ένα χρονικό περιθώριο κατά τη διάρκεια της ημέρας.

Μέγιστη άνεση:

- βέλτιστη επεξεργασία της θερμοκρασίας
- αυτόματος κανονισμός του φωτισμού και της θέρμανσης
- τηλεχειρισμός διάφορων λειτουργιών

Απλές διεπαφές:

- περιορισμένος αριθμός κουμπιών
- απλά κουμπιά με τα σύμβολα για τις συγκεκριμένες καταστάσεις
- διάφορα κομβία πανικού, τα οποία ανάβουν τα φώτα και σβήνουν τον εξοπλισμό

Ελάχιστο κόστος της ενέργειας:

- αυτόματη χρήση του φθηνότερου δασμολογίου
- ενεργειακός ανεφοδιασμός ανά δωμάτιο, εάν χρησιμοποιείται.

Τα σπίτια σχεδιάστηκαν έτσι ώστε είναι ευπροσάρμοστα:

- ευρύτερα ανοίγματα θυρών,
- κανένα σκαλοπάτι ή ανωμαλίες εδάφους, ασφαλές πάτωμα λουτρών, κ.λ.π

Το κόστος κατασκευής ανέρχεται περίπου στα 1500 € ανά διαμέρισμα.

### Νορβηγία

Στη Νορβηγία δημιουργήθηκαν οκτώ πρότυπα διαμερίσματα «έξυπνης φροντίδας» με σκοπό την υποστήριξη ατόμων που έπασχαν από άνοια. Βάρος δόθηκε στην επιλογή της αξιόπιστης τεχνολογίας με σκοπό είτε την παρέμβαση πριν το ατύχημα είτε την άμεση διάσωση των ατόμων στην περίπτωση κινδύνου.

Εάν, παραδείγματος χάριν, ένας ανιχνευτής καπνού εντοπίσει καπνό ένας συναγερμός ηχεί άμεσα μέσω μίας σειρήνας. μια τηλεοπτική-σύνδεση εμφανίζεται στην οθόνη υπολογιστών του αρμόδιου προσωπικού ασφαλείας, και το ίδιο το άτομο προειδοποιείται από ένα βομβητή. Τα φώτα στο διάδρομο και στις κρεβατοκάμαρες ενεργοποιούνται, όλες οι πόρτες εισόδων στα διαμερίσματα ξεκλειδώνονται, και η κύρια είσοδος μαζί με τις εξόδους κινδύνου ξεκλειδώνονται. Παρόμοια διαδικασία θα πραγματοποιούταν σε ένα σπίτι, με την εξαίρεση

ότι το μήνυμα θα στελνόταν σε ένα βομβητή του ενοίκου, από το κέντρο υπηρεσιών ή άμεσα στην πιο κοντινή πυροσβεστική υπηρεσία.. Επίσης, οι ανιχνευτές μπορούν να φανούν χρήσιμοι, δεδομένου ότι μερικά άτομα που πάσχουν από άνοια και παρουσιάζουν αστάθεια καθώς δεν κοιμούνται καλά τη νύχτα. Οι πτώσεις των ατόμων αυτών τη νύχτα, είναι ένα από τα πιο συχνά ατυχήματα. Η τεχνολογία μπορεί να βοηθήσει στην αποφυγή τέτοιων ατυχημάτων. Ένας αισθητήρας που τοποθετείται κάτω από το πόδι του κρεβατιού αντιδρά στο βάρος του ανθρώπου. Εάν σηκωθούν κατά τη διάρκεια της νύχτας, τα φώτα ενεργοποιούνται αυτόματα στην κρεβατοκάμαρα και το λουτρό. Οι απενεργοποίησή τους γίνεται και πάλι αυτόματα με την επιστροφή του ατόμου στο κρεβάτι.

Στις θύρες εξόδων στα έξυπνα σπίτια μπορούν να ενσωματωθούν μαγνητικοί αισθητήρες που καταγράφουν κάθε κίνηση. Ένα μήνυμα μπορεί να σταλεί σε ένα κέντρο υπηρεσιών για να δηλώσει ότι κάποιος έχει φύγει από τις εγκαταστάσεις. Αυτό μπορεί να είναι χρήσιμο στην εύρεση ατόμων με άνοια που έχουν την τάση να περιπλανιούνται έξω από το σπίτι. Αισθητήρες μπορούν να ελέγξουν τη θερμοκρασία σε μια κουζίνα και στην περίπτωση υπερθέρμανσης αποστέλλεται ένα μήνυμα στο προσωπικό ασφαλείας. Σε μία άλλη εφαρμογή του προγράμματος αυτού, υπάρχει μια επιλογή διαθέσιμη που προειδοποιεί το προσωπικό εάν ένας ασθενής αφήνει το κρεβάτι του τη νύχτα και δεν επιστρέφει μέσα σε 30 λεπτά. Στα άλλα σπίτια, οι παθητικοί συναγερμοί εκτελούν την ίδια ακριβώς λειτουργία. Παραδείγματος χάριν, εάν η πόρτα ψυγείου δεν έχει ανοίξει για αρκετές ώρες, μπορεί να υπάρξει λόγος να θεωρείται ότι κάτι έχει συμβεί στον ένοικο του σπιτιού.

Το πλεονέκτημα της έξυπνης λειτουργίας σπιτιών είναι ότι οι διαφορετικές συσκευές μπορούν να επικοινωνήσουν μεταξύ τους. Μερικοί συναγερμοί μπορούν να είναι τοπικοί, ενώ άλλοι μπορούν να υποστηρίζουν ένα άλλο σύστημα. Οι χρόνοι στους οποίους οι συναγερμοί λειτουργούν μπορούν να προσαρμοστούν, και τα χρονικά διαστήματα προτού να σταλούν τα μηνύματα συναγερμών μπορούν επίσης να αλλάξουν.

Οι λύσεις εφαρμόζονται από τις αρχές του 1996 και έχουν λειτουργήσει καλά. Η ανταπόκριση από το προσωπικό ήταν θετική και οι ίδιοι οι χρήστες δεν αντέδρασαν αρνητικά στις έξυπνες εφαρμογές, αλλά και ούτε για την παρείσφρησή στην ιδιωτική τους ζωή.

Οι έξυπνες λύσεις έχουν απέτρεψαν πολλές φορές πυρκαγιές που προκλήθηκαν επειδή οι χρήστες τοποθετούσαν τις πλαστικές καφετιέρες επάνω στην κουζίνα. Σε όλες τις περιπτώσεις, η κουζίνα απενεργοποιήθηκε έγκαιρα και το προσωπικό προειδοποιήθηκε πριν το γεγονός λάβει σοβαρές διαστάσεις.

### Μεγάλη Βρετανία

Ένα ευρύ φάσμα διαφορετικών τεχνολογιών "έξυπνων σπιτιών" είναι διαθέσιμο το οποίο θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για να παρέχει νέες λειτουργίες στο σπίτι προς όφελος των χρηστών τους. Σε γενικές γραμμές, όμως οι τεχνολογίες και τα πρότυπα έχουν αποτύχει, να δημιουργήσουν τους σωστούς όρους για την μαζική προώθησή τους στην αγορά.. Ένα από τα κύρια προβλήματα είναι η περιορισμένη τεχνολογική έρευνα από την πλευρά των κατασκευαστών, οι οποίοι αδυνατούν να αξιολογήσουν σωστά τις υπάρχουσες ανάγκες. Οι προσπάθειες να αναπτυχθούν κάποιες έξυπνες εφαρμογές παρέμειναν στα χαρτιά..

Το ίδρυμα έρευνας και τεχνολογίας Joseph Rowntree παρέχει μια ευκαιρία αξιολόγησης των "έξυπνων σπιτιών". Έχει δημιουργήσει δύο πρότυπα σπίτια το ένα είναι διαμέρισμα στο Εδιμβούργο και το άλλο μία μονοκατοικία στην Υόρκη.

Οι στόχοι του συγκεκριμένου εγχειρήματος είναι η ανάπτυξη και η ανάδειξη των τεχνολογιών των έξυπνων σπιτιών, οι οποίες καλύπτουν τις ακόλουθες απαιτήσεις:

Να είναι εύχρηστες με το στόχο τις ανεξάρτητες δραστηριότητες μέσα στο σπίτι

- Χαμηλό λειτουργικό κόστος
- Αξιοπιστία, και ευελιξία για τις μελλοντικές προσθήκες και τις προσαρμογές
- Ελάχιστος αντίκτυπος της εγκατάστασης και της συντήρησης.

Το πρόγραμμα θα οδηγήσει σε μια προδιαγραφή σχεδίων, η οποία προορίζεται προς χρήση από τους υπεύθυνους για την ανάπτυξη ιδιωτικής κατοικίας.

## 2.2 ΔΟΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

### 2.2.1 ΠΛΑΤΦΟΡΜΑ ARDUINO

Το Arduino είναι μια υπολογιστική πλατφόρμα ανοιχτού κώδικα βασισμένη σε μια απλή μητρική πλακέτα με ενσωματωμένο μικροελεγκτή ATMEΛ αρχιτεκτονικής AVR και εισόδους/εξόδους, η οποία μπορεί να προγραμματιστεί με τη γλώσσα Wiring (πρόκειται για τη C++ με κάποιες μετατροπές). Το Arduino χαρακτηρίζεται για το ελάχιστο κόστος κατασκευής του και την χαμηλή κατανάλωση σε ισχύ και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ανάπτυξη ανεξάρτητων διαδραστικών αντικειμένων αλλά και να συνδεθεί με υπολογιστή μέσω προγραμμάτων.

Το IDE (Integrated Development Environment), ολοκληρωμένο περιβάλλον ανάπτυξης προγραμμάτων για το Arduino είναι γραμμένο σε Java και μπορεί να τρέξει σε διάφορα λειτουργικά συστήματα. Έχει επίσης σχεδιαστεί λαμβάνοντας υπόψη μια ευρεία γκάμα χρηστών, από αρχάριους μέχρι επαγγελματίες, με σκοπό την δημιουργία μιας κοινότητας η οποία θα ανταλλάσσει ιδέες, τεχνογνωσία και εμπειρία, με τελικό στόχο την κατασκευή “έξυπνων συσκευών” οι οποίες θα περιορίζονται μόνο από την φαντασία του εκάστοτε δημιουργού τους. Περιλαμβάνει επεξεργαστή κώδικα (επεξεργαστή κειμένου με διάφορα εύχρηστα εργαλεία) και μεταγλωττιστή και έχει την ικανότητα να φορτώνει εύκολα το πρόγραμμα μέσω σειριακής ή USB θύρας από τον υπολογιστή στην μητρική πλακέτα.

The image shows a screenshot of the Arduino IDE interface. The main window displays the code for the 'Blink' sketch. The code is as follows:

```
/*  
 * Blink  
 *  
 * The basic Arduino example. Turns on an LED on for one second,  
 * then off for one second, and so on... We use pin 13 because,  
 * depending on your Arduino board, it has either a built-in LED  
 * or a built-in resistor so that you need only an LED.  
 *  
 * http://www.arduino.cc/en/Tutorial/Blink  
 */  
  
int ledPin = 13; // LED connected to digital pin 13  
  
void setup() // run once, when the sketch starts  
{  
  pinMode(ledPin, OUTPUT); // sets the digital pin as output  
}  
  
void loop() // run over and over again  
{  
  digitalWrite(ledPin, HIGH); // sets the LED on  
  delay(1000); // waits for a second  
  digitalWrite(ledPin, LOW); // sets the LED off  
  delay(1000); // waits for a second  
}
```

At the bottom of the IDE, there is a status bar that says "Done compiling" and "Binary sketch size: 1098 bytes (of a 14336 byte maximum)". The line number 22 is visible at the bottom left.

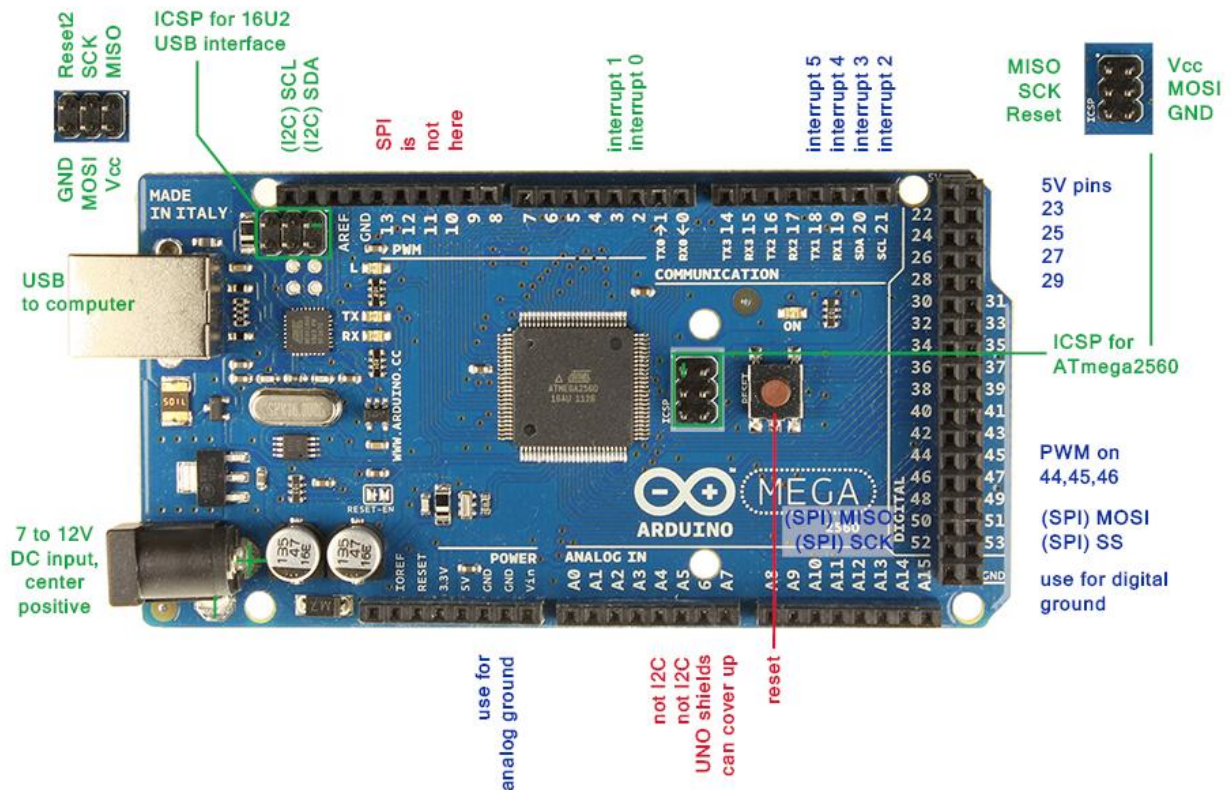
Εικόνα 2.3: Το περιβάλλον ανάπτυξης του Arduino

Κύριο χαρακτηριστικό της wiring είναι ότι απαιτεί την ύπαρξη δυο τουλάχιστον συναρτήσεων. Της setup() και της loop(). Η setup() περιέχει όλες εκείνες τις μεταβλητές οι οποίες απαιτούνται για την αρχικοποίηση του προγράμματος. Η loop(), αφού έχει εκτελεστεί η setup(), περιέχει την δομή του υπόλοιπου προγράμματος και εκτελείται συνεχόμενα πλην της περίπτωσης να έχει δοθεί εντολή τερματισμού μετά από συγκεκριμένες συνθήκες.



Εικόνα 2.4: Διάγραμμα ροής λειτουργίας της γλώσσας *wiring*

Το Arduino Mega έχει 54 ψηφιακούς ακροδέκτες Εισόδου/Εξόδου οι οποίοι μπορούν να τεθούν ως είσοδοι ή ως έξοδοι με τις εντολές-συναρτήσεις `pinMode()`, `digitalWrite()`, και `digitalRead()` που θα αναλυθούν παρακάτω. Λειτουργούν στα 5 Volts και έχουν την δυνατότητα να παρέχουν ή να καταβυθίζουν ένταση της τάξεως των 40mA. Σε κάθε pin υπάρχει εσωτερικά ένας Pull-up αντιστάτης στα 20-50KΩ. Επιπλέον, έχει 16 αναλογικούς ακροδέκτες Εισόδου. Αυτοί μπορούν να διαβάσουν αναλογικές τιμές όπως η τάση μιας μπαταρίας κτλ και να τις μετατρέψουν σε έναν αριθμό από 0-1023. Η μέτρηση της τάσης γίνεται από προκαθορισμένα από 0 έως 5 volts. Εκτός αυτού, 6 εκ των 54 ψηφιακών ακροδεκτών οι P3, P5, P6, P9, P10 και P11 έχουν την δυνατότητα να προγραμματιστούν ώστε να λειτουργούν ως αναλογικές Έξοδοι (PWM).



Εικόνα 2.5: Διάταξη Arduino Mega

Κάποιοι ακροδέκτες έχουν συγκεκριμένες λειτουργίες.

- Σειριακή Λειτουργία: 0, 19, 17 και 15 (RX), 1, 18, 16 και 14 (TX). Χρησιμοποιούνται για λήψη (RX) και εκπομπή (TX) TTL σειριακών δεδομένων.

- Εξωτερικές Διακοπές: 2, 3, 18, 19, 20 και 21. Αυτοί οι ακροδέκτες μπορούν να ενεργοποιούν διακοπές αν ανιχνευθεί παλμός χαμηλής τάσης. Με την συνάρτηση `attachInterrupt()`. Ο σκανδαλισμός των διακοπών μπορεί να γίνεται στο λογικό 0,1.
- PWM: 2 έως 13 και 44 έως 46 pins. Παρέχουν Έξοδο 8-bit PWM με την συνάρτηση `analogWrite()`.
- SPI: 53 (SS), 51 (MOSI), 50 (MISO), 52 (SCK). Αυτοί οι ακροδέκτες επιτρέπουν επικοινωνία SPI, η οποία αν και παρέχεται από το hardware δεν είναι ακόμα διαθέσιμη στην γλώσσα προγραμματισμού του Arduino.
- LED: 13. Στον ακροδέκτη 13 υπάρχει ένα ενσωματωμένο LED. Όταν ο ακροδέκτης έχει τιμή HIGH, το LED ανάβει ενώ όταν το pin είναι LOW δεν ανάβει.

| Πίνακας 2.1: Τεχνικά χαρακτηριστικά Arduino Uno |   |
|---|---|
| Μικροεπεξεργαστής                               | ATmega2560                                |
| Τάση λειτουργίας                                | 5V  |
| Προτεινόμενη τάση εισόδου                       | 7-12V                                     |
| Τάση εισόδου (οριακή)                           | 6-20V                                     |
| Ψηφιακές εισοδοί /έξοδοι                        | 54 (15 εκ των οποίων παρέχουν PWM έξοδος) |
| Αναλογικές εισοδοί                              | 16  |
| Τιμή DC τάσης ανά I/O                           | 40 mA                                     |
| Τιμή DC τάσης για την 3.3V                      | 50 mA                                     |
| Μέγεθος μνήμης Flash                            | 256 KB                                    |
| Μνήμη SRAM                                      | 8 KB                                      |
| Μνήμη EEPROM                                    | 4 KB                                      |
| Ταχύτητα ρολογιού                               | 16 MHz                                    |

### 2.2.2 ETHERNET SHIELD

Ένα από τα κύρια χαρακτηριστικά του μικροελεγκτή Arduino είναι η υλική επεκτασιμότητα. Και λέγοντας αυτό εννοούμε το γεγονός ότι μπορούμε στην πλακέτα που έχουμε (Arduino Mega) να τοποθετήσουμε πάνω από αυτήν μια άλλη πλακέτα (shield) της εταιρείας αλλά και πλακέτα που μπορούμε να σχεδιάσουμε μόνοι μας (prototype).



Εικόνα 2.6: Arduino Ethernet Shield

Η Arduino Ethernet Shield μπορεί πολύ εύκολα να ενώσει το αναπτυξιακό μας στο διαδίκτυο. Πολύ γρήγορα μπορούμε να την τοποθετήσουμε πάνω από την πλακέτα του Mega και με ένα RJ45 καλώδιο θα είμαστε πλέον δικτυωμένοι. Επίσης, υπάρχει έτοιμη βιβλιογραφία με ακριβή στοιχεία της υλοποίησης της Ethernet Shield.

Χαρακτηριστικά Ethernet Shield:

- Χρειάζεται ένα Arduino Board για να λειτουργήσει.
- Λειτουργεί με τροφοδοσία 5V τα οποία τα προμηθεύετε από την πλακέτα που είναι συνδεδεμένη.
- Παρέχει Ethernet Controller, W5100 με ενσωματωμένο 16K buffer.
- Ταχύτητα σύνδεσης 10/100Mb.
- Σύνδεση με την SPI πόρτα του Arduino Board.

Το Shield βασίζεται στο μικροτσιπ της Wiznet W5100. Αυτό το τσιπ μας παρέχει στοίβα δικτύου IP ικανή να ανταποκριθεί τόσο σε TCP όσο και σε UDP αλλά και Pn4, ICMP, ARP, IGMP, PPPoE. Υποστηρίζει τέσσερις ταυτόχρονες συνδέσεις.



Εικόνα 2.7: Wiznet Ethernet W5100 chip

Η Ethernet Shield έχει στάνταρ RJ-45 σύνδεση, με την καινούρια έκδοση της πλακέτας να παρέχει και POE, power over Ethernet. Στο Shield που θα χρησιμοποιήσουμε εμείς δεν υπάρχει αυτή η λειτουργία. Επίσης, υπάρχει και ένας διακόπτης επανεκκίνησης (reset button) για να διασφαλίσει ότι το Ethernet τσιπ της πλακέτας λειτουργεί σωστά κατά την εκκίνηση. Αυτός ο διακόπτης εφόσον η πλακέτας μας λειτουργεί και είναι συνδεδεμένη με το Arduino σε περίπτωση χρήσης του θα κάνει reset και το δεύτερο. Τεχνικά η σύνδεση μεταξύ των πλακετών γίνεται με μεγάλους συρμάτινους ακροδέκτες που έχει στο κάτω μέρος η Ethernet Shield και ενώνετε με τις υποδοχές των ακροδεκτών της από κάτω πλακέτας. Έτσι η διάταξη παραμένει ίδια και κατά συνέπεια μπορούμε να συνδέσουμε εκ νέου πλακέτα από πάνω.

Επίσης, υπάρχει πάνω στο shield υποδοχή για κάρτα αποθήκευσης δεδομένων micro sd την οποία μπορούμε να την χρησιμοποιήσουμε για να αποθηκεύσουμε δεδομένα που μεταφέρουμε στο διαδίκτυο.

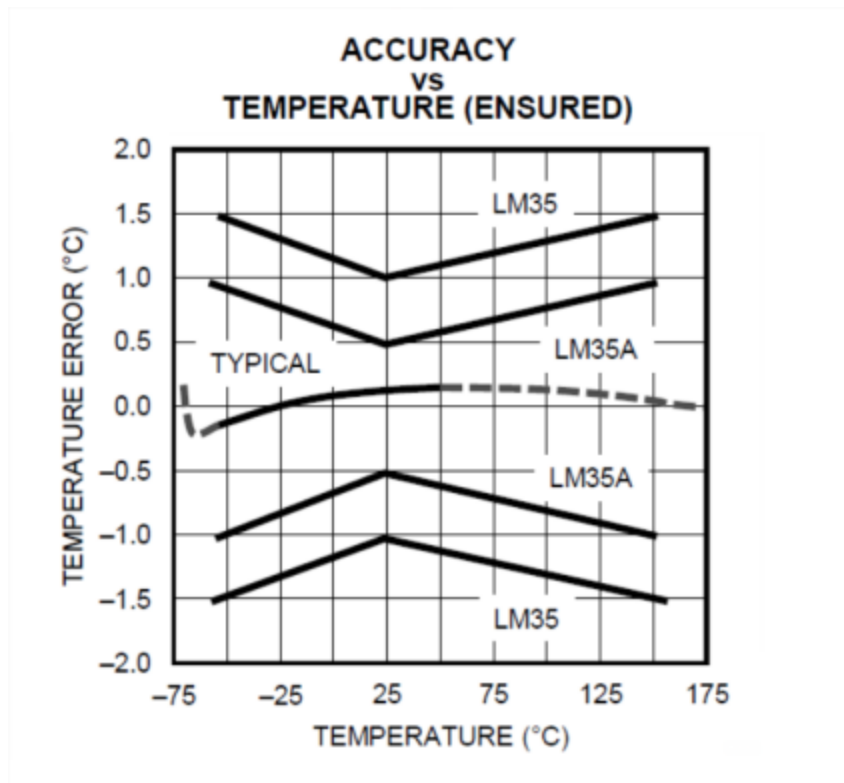
Το Arduino επικοινωνεί με το Wiznet W510 ethernet chip τόσο και με την SD κάρτα από τον δίαυλο SPI διαμέσου της ICSP επικεφαλίδας. Η πρώτη σύνδεση μας δεσμεύει τους ψηφιακούς ακροδέκτες 10,11,12 και 13 για το Mega. Έτσι αυτοί οι ακροδέκτες δεν μπορούν να είναι διαθέσιμοι για χρήση γενικού σκοπού. Για αυτό το λόγο πρέπει μέσα στο πρόγραμμα μας με τις κατάλληλες εντολές και βιβλιοθήκες να επιλέξουμε τους συγκεκριμένους ακροδέκτες για να υποδηλώσουμε ότι χρησιμοποιούμε το Ethernet τσιπ αλλά και την λειτουργία της κάρτας sd.

Τέλος, μέσω των λυχνιών του Shield μπορούμε να ξέρουμε αν εκτελείται κάποια από τις ακόλουθες διαδικασίες. Αυτές είναι:

- PWR: Μας δείχνει ότι το Shield και το Arduino έχουν τροφοδοσία
- LINK: Υποδεικνύει την ύπαρξη σύνδεσης με το δίκτυο και αναβοσβήνει όταν το Shield δέχεται ή αποστέλλει δεδομένα.
- FULLD: Μας αναφέρει ότι η σύνδεση στο δίκτυο είναι πλήρης αμφίδρομη ταυτόχρονη (full duplex).
- 100M: Υποδεικνύει την ύπαρξη 100Mb/s σύνδεσης στο δίκτυο.
- RX: Λάμπει όταν το Shield δέχεται δεδομένα.
- TX: Λάμπει όταν το Shield στέλνει δεδομένα.
- COLL: Λάμπει όταν υπάρχουν συγκρούσεις μέσα στο δίκτυο.

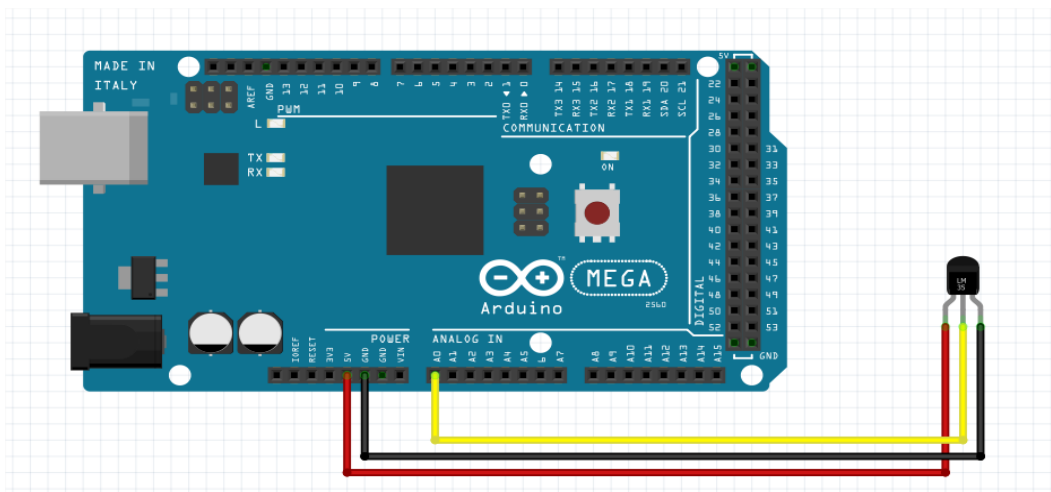






Εικόνα 2.9: Διάγραμμα ακριβείας αισθητήρα LM35

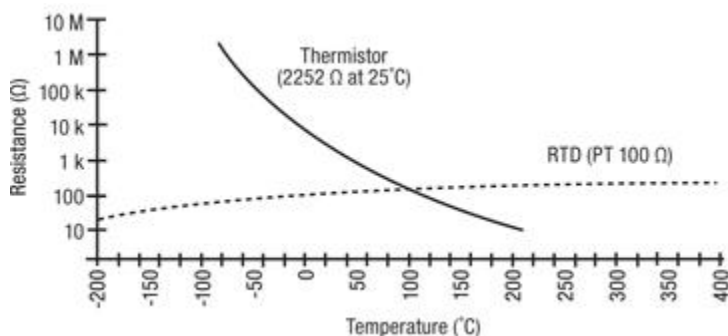
Το κύκλωμα LM35 μετρά θερμοκρασίες μεταξύ  $-55$  και  $+150$  °C και αποδίδει έξοδο περίπου  $10.0$  mV ανά βαθμό Κελσίου. Το ρεύμα που το διαρρέει είναι μόλις  $60$   $\mu$ A και έτσι το κύκλωμα εμφανίζει εξαιρετικά χαμηλό φαινόμενο αυτοθέρμανσης, περίπου  $0.1$  °C όταν ευρίσκεται σε ακίνητο αέρα. Μπορεί να τροφοδοτηθεί από ευρεία περιοχή τάσεων, μεταξύ  $+4$  και  $+30$  V. Το κύκλωμα βαθμονομείται εκ κατασκευής και δεν απαιτεί επιπλέον ρυθμίσεις από το χρήστη, με αποτέλεσμα να εμφανίζει ακρίβεια  $\pm 0.25$  °C σε θερμοκρασία δωματίου και  $\pm 0.75$  °C στο θερμοκρασιακό εύρος  $-55$  έως  $+150$  °C. Έχει χαμηλή αντίσταση εξόδου ( $0.1$   $\Omega$  για ρεύμα εξόδου  $1$  mA) και μπορεί να συνδεθεί εύκολα με κυκλώματα διασύνδεσης ή ελέγχου.



Εικόνα 2.10: Τυπική Συνδεσμολογία Αισθητήρα LM35 με Arduino

### 2.2.3.2 ΑΙΣΘΗΤΗΡΑΣ PTC 100

Όπως είναι γνωστό, η ηλεκτρική αντίσταση των μετάλλων αυξάνει καθώς αυξάνεται η θερμοκρασία. Άρα, είναι δυνατό να κατασκευαστεί διάταξη μέτρησης της θερμοκρασίας, μετρώντας την ηλεκτρική αντίσταση ενός πρότυπου μετάλλου, καθώς μεταβάλλεται η θερμοκρασία του. Έτσι, κατασκευάζονται οι θερμοηλεκτρικές αντιστάσεις (RTDs). Τα RTDs (Resistance temperature detectors) είναι αισθητήρες των οποίων η αντίσταση είναι ανάλογη της θερμοκρασίας. Πιο συνηθισμένοι είναι αυτοί από πλατίνα, εξαιτίας της ακρίβειάς τους. Οι αισθητήρες πλατίνας RTDs αναφέρονται και σαν PT-RTDs. RTDs κατασκευάζονται επίσης από άλλα υλικά όπως νικέλιο (Ni), χαλκό (Cu).



Εικόνα 2.11: Γραμμικότητα αντίστασης/θερμοκρασίας RTD PT100

Τα χαρακτηριστικά των RTDs πλατίνας είναι η μεγάλη έκταση θερμοκρασιών που μπορούν να μετρήσουν (έως πάνω από +800°C), η εξαιρετική ακρίβεια, καθώς έχουν ανάλυση μικρότερη του ενός βαθμού Κελσίου, η επαναληψιμότητα, όπως και η γραμμικότητα (αντίσταση/θερμοκρασίας) η οποία φαίνεται στην παραπάνω καμπύλη.

Το θερμόμετρο που χρησιμοποιήσαμε είναι πλατίνας τύπου PT100 (RTD PT100) και έχει μήκος 20 cm. Η κεφαλή είναι στεγανοποιημένη όπου βρίσκονται οι καταλήξεις του αισθητήρα, οι οποίες θα συνδεθούν μέσω διάταξης με το Arduino Mega 2560.

## 2.2.4 ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

### 2.2.4.1 ΗΛΕΚΤΡΟΝΟΜΟΙ ΙΣΧΥΟΣ

Ηλεκτρονόμος (ρελέ, relay) είναι μια συσκευή που ελέγχει ηλεκτρομαγνητικά, τη διακοπή ή αποκατάσταση κυκλωμάτων, κύριων και βοηθητικών επαφών. Στην Εικόνα 2.12 απεικονίζεται ένας ηλεκτρονόμος και στην Εικόνα 2.13 φαίνεται το κυκλωματικό του διάγραμμα.

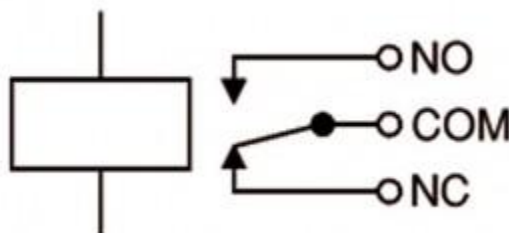


Εικόνα 2.12: Ηλεκτρονόμος

Τα είδη των ηλεκτρονόμων διακρίνονται σε δύο βασικές κατηγορίες:

- Ηλεκτρονόμοι ισχύος
- Βοηθητικοί ηλεκτρονόμοι

Οι ηλεκτρονόμοι ισχύος χρησιμοποιούνται για να διακόπτουν το κύκλωμα, δηλαδή να συνδέουν και να αποσυνδέουν τα στοιχεία που έχουν μεγάλη ηλεκτρική ισχύ.



Σχήμα 2.13: Κυκλωματικό διάγραμμα ηλεκτρονόμου

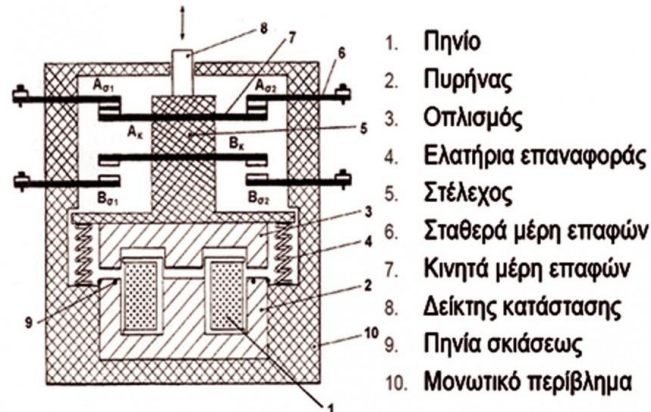
Οι βοηθητικοί ηλεκτρονόμοι έχουν μόνο βοηθητικές επαφές και χρησιμοποιούνται για να τον έλεγχο του κυκλώματος. Επίσης, υπάρχουν τα χρονικά ρελέ και τα θερμικά ρελέ, των οποίων η χρήση τους θεωρείται επιβεβλημένη για την ολοκλήρωση των κυκλωμάτων αυτοματισμού. Τα χρονικά ρελέ λειτουργούν μετά από ένα χρονικό διάστημα όταν εφαρμοστεί ή διακοπεί η τάση στο πηνίο τους. Τα θερμικά ρελέ χρησιμοποιούνται για την προστασία των κινητήρων ή μετασχηματιστών από υπερθέρμανση. Σχετική ανάλυση για τα χρονικά και τα θερμικά ρελέ γίνεται σε επόμενη παράγραφο.

Τα δομικά στοιχεία ενός ηλεκτρονόμου είναι:

- **Το πηνίο:** είναι το πιο σημαντικό τμήμα του ηλεκτρονόμου. Δημιουργεί το ηλεκτρομαγνητικό πεδίο που είναι απαραίτητο για να δημιουργηθεί η μαγνητική δύναμη.
- **Ο πυρήνας:** είναι η σιδερένια μάζα που γίνεται ηλεκτρομαγνήτης μόλις βρεθεί μέσα σε μαγνητικό πεδίο. Ο πυρήνας είναι το σταθερό τμήμα του ηλεκτρομαγνήτη.
- **Ο οπλισμός:** είναι το κινητό τμήμα του ηλεκτρομαγνήτη. Όταν βρεθεί κάτω από την επίδραση του μαγνητικού πεδίου κινείται προς τον πυρήνα.
- **Σταθερές επαφές:** αποτελούν τις σταθερές άκρες μέσα από τις οποίες θα περάσει το φορτίο που θα συνδεθεί μέσω του ηλεκτρονόμου.

- **Κινητές επαφές:** αποτελούν το δεύτερο τμήμα των επαφών του ηλεκτρονόμου. Είναι μηχανικά συνδεδεμένες με τον οπλισμό του ηλεκτρομαγνήτη και όταν αυτός κινείται, συνδέονται με τις σταθερές επαφές και αποκαθιστούν το κύκλωμα.

Η δομή ενός ηλεκτρονόμου με ηλεκτρομαγνήτη φαίνεται στην Εικόνα 2.14.



Εικόνα 2.14: Δομή ρελέ με ηλεκτρομαγνήτη

Σχετικά με τα είδη των επαφών που αναφέρθηκαν παραπάνω, οι κύριες επαφές ή επαφές ισχύος είναι επαφές που συνδέουν φορτία-καταναλώσεις μεγάλης ηλεκτρικής ισχύος. Χαρακτηρίζονται με τους μονοψήφιους αριθμούς 1-2, 3-4, 5-6 και είναι πάντοτε ανοιχτές όταν ο ηλεκτρονόμος βρίσκεται σε κατάσταση ηρεμίας.

Οι βοηθητικές επαφές χρησιμοποιούνται για ρεύματα μικρής ισχύος. Χρησιμοποιούνται για τροφοδότηση άλλων ηλεκτρονόμων, αυτοσυγκράτηση, μανδάλωση και για τη θέση σε λειτουργία σειρήνων, ενδεικτικών λυχνιών, βανών, κ.λ.π. Οι βοηθητικές επαφές διακρίνονται σε δύο κατηγορίες:

- Κανονικά κλειστές επαφές NC (Normal Close), οι οποίες σε κατάσταση ηρεμίας είναι κλειστές και όταν διεγείρεται ο ηλεκτρονόμος ανοίγουν. Συμβολίζονται με δύο διψήφιους αριθμούς που τελειώνουν σε 1 και 2.
- Κανονικά ανοιχτές επαφές NO (Normal Open), οι οποίες σε κατάσταση ηρεμίας είναι ανοιχτές και όταν διεγείρεται ο ηλεκτρονόμος κλείνουν. Συμβολίζονται με διψήφιους αριθμούς που τελειώνουν σε 3 και 4.

Εκτός από τις κύριες και βοηθητικές επαφές υπάρχουν και οι χρονικές βοηθητικές επαφές. Χαρακτηρίζονται, επίσης, με δύο διψήφιους αριθμούς 15-16, 17-18 ή 55-56, 57-58 ή 65-66, 67-68. Οι επαφές 15-16, 55-56 και 65-66 είναι κλειστές ενώ οι 17-18, 57-58 και 67-68 είναι ανοιχτές επαφές, που η λειτουργία τους εξαρτάται από τον τύπο του ρελέ.

Οι επαφές του θερμικού ρελέ συμβολίζονται επίσης με δύο διψήφιους αριθμούς 95-96, 97-98. Η 95-96 είναι μια κλειστή επαφή ενώ η 97-98 είναι ανοιχτή.

Οι δυνατότητες που έχει ένας ηλεκτρονόμος είναι οι εξής:

- Διακοπή ή αποκατάσταση ενός κυκλώματος υπό φορτίο
- Αυτόματη διακοπή της τροφοδοσίας, σε περίπτωση μείωσης της τιμής τάσης
- Αυτόματη διακοπή της τροφοδοσίας, σε περίπτωση αύξησης της τιμής του ρεύματος
- Έλεγχος από απόσταση (τηλεχειρισμός)

- Εξάρτηση της λειτουργίας του από φυσικά μεγέθη (πίεση, θερμοκρασία, ταχύτητα, κ.λ.π.)
- Αυτόματη λειτουργία, σύμφωνα με ένα προκαθορισμένο πρόγραμμα (κύκλο)
- Αποτελεί το εκτελεστικό όργανο, των προγραμματιζόμενων λογικών ελεγκτών (PLC)

Για την επιλογή ενός ηλεκτρονόμου πρέπει να γνωρίζουμε την ισχύ της εγκατάστασης που πρόκειται να τροφοδοτηθεί, το είδος (AC/DC) και την τάση τροφοδοσίας, τον αριθμό και το είδος των βοηθητικών επαφών του, το είδος της κατανάλωσης, το ρεύμα εκκίνησης εφόσον το φορτίο είναι δυσμενές και την ηλεκτρική διάρκεια ζωής του.

Η τροφοδοσία ενός ηλεκτρονόμου μπορεί να γίνει με τους εξής τρόπους:

- Τροφοδοσία με εναλλασσόμενο ρεύμα (AC)

Ο ηλεκτρομαγνήτης του ηλεκτρονόμου που τροφοδοτείται με εναλλασσόμενο ρεύμα, διαθέτει πυρήνα τεμαχισμένο σε σιδηρομαγνητικά ελάσματα, για το περιορισμό των δινορρευμάτων Foucault, που αναπτύσσονται στους πυρήνες, όταν αυτοί βρίσκονται σε εναλλασσόμενο μαγνητικό πεδίο.

Το πηνίο αυτού του ηλεκτρομαγνήτη, παρουσιάζει μια μικρή ωμική αντίσταση και μια αυξημένη επαγωγική αντίδραση, που από κοινού καθορίζουν την τιμή του ρεύματος λειτουργίας του ηλεκτρομαγνήτη.

Στη θέση ηρεμίας (ανοιχτός ηλεκτρομαγνήτης), η μαγνητική αντίσταση του μαγνητικού κυκλώματος είναι αυξημένη, ενώ η επαγωγική αντίδραση του πηνίου πολύ μικρή (μηδενική). Αυτή η κατάσταση, στο μεταβατικό στάδιο της αποκατάστασης του κυκλώματος, προκαλεί τη δημιουργία μεγαλύτερου ρεύματος σε σχέση με το ρεύμα κανονικής λειτουργίας. Αυτή η τιμή του ρεύματος (επίρευμα αποκατάστασης), που είναι 6 με 10 φορές μεγαλύτερη της κανονικής είναι πολύ μικρής διάρκειας, πρέπει όμως να λαμβάνεται υπόψη, προκειμένου να υπολογίζεται η πτώση τάσης της γραμμής τροφοδοσίας, κυρίως όταν ο έλεγχος πραγματοποιείται από μεγάλη απόσταση και με χαμηλή τάση (συνήθως 24V). Η καταναλισκόμενη ισχύς εκφράζεται σε VA και εξαρτάται από το πλήθος των επαφών του ηλεκτρονόμου.

Όταν αναφέρεται πως ο ηλεκτρονόμος είναι ανοιχτός (όχι ενεργοποιημένος) σημαίνει ότι δεν τροφοδοτείται και ότι ο οπλισμός του, βρίσκεται σε απόσταση από τον πυρήνα, στη θέση ηρεμίας. Όταν ο ηλεκτρονόμος είναι κλειστός (ενεργοποιημένος) σημαίνει πως ο οπλισμός του εφάπτεται στον πυρήνα του.

- Τροφοδοσία με συνεχές ρεύμα (DC)

Ο ηλεκτρομαγνήτης του ηλεκτρονόμου που τροφοδοτείται με συνεχές ρεύμα, διαθέτει πυρήνα ενιαίου σιδηρομαγνητικού υλικού. Το πηνίο, διαρρεόμενο από συνεχές ρεύμα, δημιουργεί μια ηλεκτρομαγνητική ροπή, μεγαλύτερη της ροπής αδράνειας και της τάσης των ελατηρίων του κινητού τμήματος του ηλεκτρονόμου, οπότε το κινητό τμήμα του ηλεκτρονόμου κλείνει και ταυτόχρονα κλείνουν και οι επαφές. Κατά τη διάρκεια του κλεισίματος του οπλισμού, μειώνεται το διάκενο (μεταξύ σταθερού πυρήνα και οπλισμού), οπότε αυξάνει η επαγωγή και εξ αυτής η ηλεκτρομαγνητική ροπή. Όταν ο ηλεκτρομαγνήτης είναι κλειστός (δηλαδή, όταν ο οπλισμός εφάπτεται με τον πυρήνα), το μαγνητικό του κύκλωμα είναι κορεσμένο, γεγονός που προκαλεί μεγάλη ελκτική δύναμη και μεγάλο ρεύμα που πρέπει να μειωθεί. Αυτή η μείωση, επιτυγχάνεται με τη σύνδεση σε σειρά με το πηνίο, μιας αντίστασης. Η καταναλισκόμενη ισχύς στο πηνίο (σε W), εξαρτάται από τον τύπο του ηλεκτρονόμου. Η αντίσταση που συνδέεται σε σειρά μειώνει την ισχύ αυτή στο 1/3 και λέγεται αντίσταση οικονομίας.

### 2.2.4.2 ΧΡΟΝΙΚΟΙ ΗΛΕΚΤΡΟΝΟΜΟΙ

Τα χρονικά ρελέ (ή ρελέ χρονικής καθυστέρησης) είναι συσκευές ελέγχου που επιτρέπουν την καθυστέρηση για κάποιο χρονικό διάστημα, μετάδοσης των εντολών που έχουν δεχτεί. Υπάρχουν χρονικά ρελέ μηχανικά, πνευματικά και ηλεκτρονικά.

Τα χρονικά ρελέ, διαιρούνται σε δύο γενικές κατηγορίες:

A) Χρονικά ρελέ στα οποία ο χρόνος λειτουργίας των επαφών τους έχει ρυθμιστεί και αρχίζει να μετράει αμέσως μετά την ενεργοποίηση του πηνίου τους (DOE-DelayOnEnergize),

B) Χρονικά ρελέ στα οποία ο χρόνος λειτουργίας των επαφών τους αρχίζει να μετράει, αμέσως μετά την απενεργοποίηση του πηνίου τους (DODEDelayOnDe-Energize).



Εικόνα 2.15: Χρονικός Ηλεκτρονόμος

Τα ρελέ χρονικής καθυστέρησης είναι όμοια με τα άλλα ρελέ ελέγχου που χρησιμοποιούνται στα κυκλώματα των ηλεκτρικών κινητήρων, δηλαδή, χρησιμοποιούν ένα πηνίο για να ελέγξουν τη λειτουργία κάποιου αριθμού επαφών με τη διαφορά ότι στα χρονικά ρελέ, συγκριτικά με τα ρελέ ελέγχου, οι επαφές αλλάζουν τη θέση τους όταν ήδη το πηνίο είναι ενεργοποιημένο ή όταν αυτό απενεργοποιηθεί.

Τα χρονικά ρελέ μπορούν να έχουν είτε ανοιχτές, είτε κλειστές, στην ηρεμία, επαφές ή συνδυασμό κλειστών και ανοιχτών, στην ηρεμία επαφών.

### 2.2.4.3 ΑΣΦΑΛΕΙΕΣ

Οι ασφάλειες είναι μηχανισμοί που παρεμβάλλονται σε ένα ηλεκτρικό κύκλωμα με σκοπό να διακόψουν την παροχή ηλεκτρικής ενέργειας σε όλη την ηλεκτρική εγκατάσταση ή σε επιμέρους κυκλώματα της εγκατάστασης, όταν εμφανιστούν μεγάλες τιμές ρεύματος που οφείλονται σε βραχυκύκλωμα ή σε υπερφόρτωση ώστε να προστατεύσουν τις γραμμές της ηλεκτρικής εγκατάστασης.



Εικόνα 2.16: Αυτόματη Ασφάλεια

Ανάλογα με την αρχή λειτουργίας τους οι ασφάλειες διακρίνονται σε:

- Αυτόματες ασφάλειες
- Ασφάλειες τήξης

Χαρακτηριστικά γνωρίσματα των ασφαλειών είναι:

- Η ονομαστική τάση λειτουργίας
- Το ονομαστικό ρεύμα λειτουργίας (συνήθεις διαθέσιμες στο εμπόριο: 1, 2, 3, 4, 6, 10, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63, 80, 100, 125A)
- Ικανότητα διακοπής ή αντοχή σε βραχυκύκλωμα (3, 4.5, 6 ή 10kA / 16, 25kA για ασφάλειες υψηλών ονομαστικών εντάσεων)
- Ο χρόνος ενεργοποίησης ή διακοπής που καθορίζεται από την καμπύλη λειτουργίας τους (B,C, D, K, Z)

Οι ασφάλειες (αυτόματες ή τήξης) τοποθετούνται πάντοτε μετά από τους διακόπτες των ηλεκτρικών κυκλωμάτων και δεν τοποθετούνται ποτέ σε αγωγούς γείωσης.

### **Αυτόματες ασφάλειες**

Οι αυτόματες ασφάλειες είναι μηχανισμοί που μοιάζουν με τους ραγοδιακόπτες και τοποθετούνται με τον ίδιο τρόπο στον πίνακα διανομής της ηλεκτρικής εγκατάστασης σε ράγα τύπου DIN.

Εσωτερικά φέρουν μηχανισμό στιγμιαίας λειτουργίας που ενεργοποιείται όταν έχουμε βραχυκύκλωμα και ο οποίος αποτελείται από πηνίο με πυρήνα σιδήρου που μετακινείται στιγμιαία και με σκανδαλισμό ανοίγει τις επαφές του διακόπτη της ασφάλειας. Επίσης φέρουν μηχανισμό διμεταλλικού ελάσματος για υπερφορτίσεις. Το διμεταλλικό έλασμα όταν υπερθερμανθεί λόγω ρεύματος μεγαλύτερου του ονομαστικού, για κάποιο χρονικό διάστημα, ενεργοποιεί τις επαφές του διακόπτη της ασφάλειας.

Οι αυτόματες ασφάλειες τοποθετούνται μετά τους διακόπτες ηλεκτρικών κυκλωμάτων και προστατεύουν αυτά, διακόποντας αυτόματα το κύκλωμα σε περίπτωση μεγάλων ρευμάτων. Σήμερα χρησιμοποιούνται κατά κύριο λόγο σε όλες τις κατηγορίες ηλεκτρικών εγκαταστάσεων και τείνουν να εκτοπίσουν τις ασφάλειες τήξης. Χαρακτηριστικό τους γνώρισμα είναι ότι μετά την αποκατάσταση της βλάβης, μπορούν εύκολα να επαναλειτουργήσουν, όταν φυσικά εκλείψει η αιτία που προκάλεσε την ενεργοποίησή τους, χωρίς να χρειάζεται αντικατάστασή τους όπως συμβαίνει με τις ασφάλειες τήξης.



Όπως οι ραγοδιακόπτες που διακόπτουν έναν, δύο, τρεις ή τέσσερις αγωγούς, με τον ίδιο ακριβώς τρόπο οι ασφάλειες προστατεύουν έναν, δύο, τρεις ή τέσσερις αγωγούς που συμμετέχουν στην παροχή ηλεκτρικής ενέργειας σε ένα ηλεκτρικό κύκλωμα.

Έτσι, οι αυτόματες ασφάλειες διακρίνονται σε:

- Μονοπολικές: Προστατεύουν και διακόπτουν πάντα τον αγωγό της φάσης, ενός μονοφασικού ηλεκτρικού κυκλώματος, για παροχή ισχύος όχι μεγαλύτερη από 1,5Kw.
- Διπολικές: Προστατεύουν και διακόπτουν τη φάση και τον ουδέτερο, ενός μονοφασικού ηλεκτρικού κυκλώματος για παροχή ισχύος μεγαλύτερη από 1,5 Kw (ηλεκτρικές κουζίνες, θερμοσίφωνες, πλυντήρια κλπ)
- Μονοπολικές +N: Προστατεύουν και διακόπτουν μόνο την φάση και διακόπτουν χωρίς να προστατεύουν τον ουδέτερο, ενός μονοφασικού ηλεκτρικού κυκλώματος.
- Τριπολικές: Προστατεύουν και διακόπτουν τρεις αγωγούς και αυτοί είναι οι τρεις φάσεις, ενός τριφασικού ηλεκτρικού κυκλώματος που ελέγχουν, σε οικιακές ή βιομηχανικές εγκαταστάσεις.
- Τετραπολικές: Προστατεύουν και διακόπτουν τέσσερις αγωγούς και αυτοί είναι οι τρεις φάσεις και ο ουδέτερος, ενός τριφασικού ηλεκτρικού κυκλώματος που ελέγχουν, σε οικιακές ή βιομηχανικές ηλεκτρικές εγκαταστάσεις.

Οι αυτόματες ασφάλειες κατασκευάζονται, από τις διάφορες εταιρείες, σύμφωνα με τους διεθνείς κανονισμούς (IEC) και με ικανότητα διακοπής (ή αλλιώς με αντοχή σε ρεύμα βραχυκύκλωσης) 3000A (3KA), 4500A (4,5kA), 6000A (6KA), 10000A (10KA). Σε μερικές περιπτώσεις, κατασκευάζονται και χρησιμοποιούνται αυτόματες ασφάλειες με ικανότητα διακοπής μέχρι και 25KA.

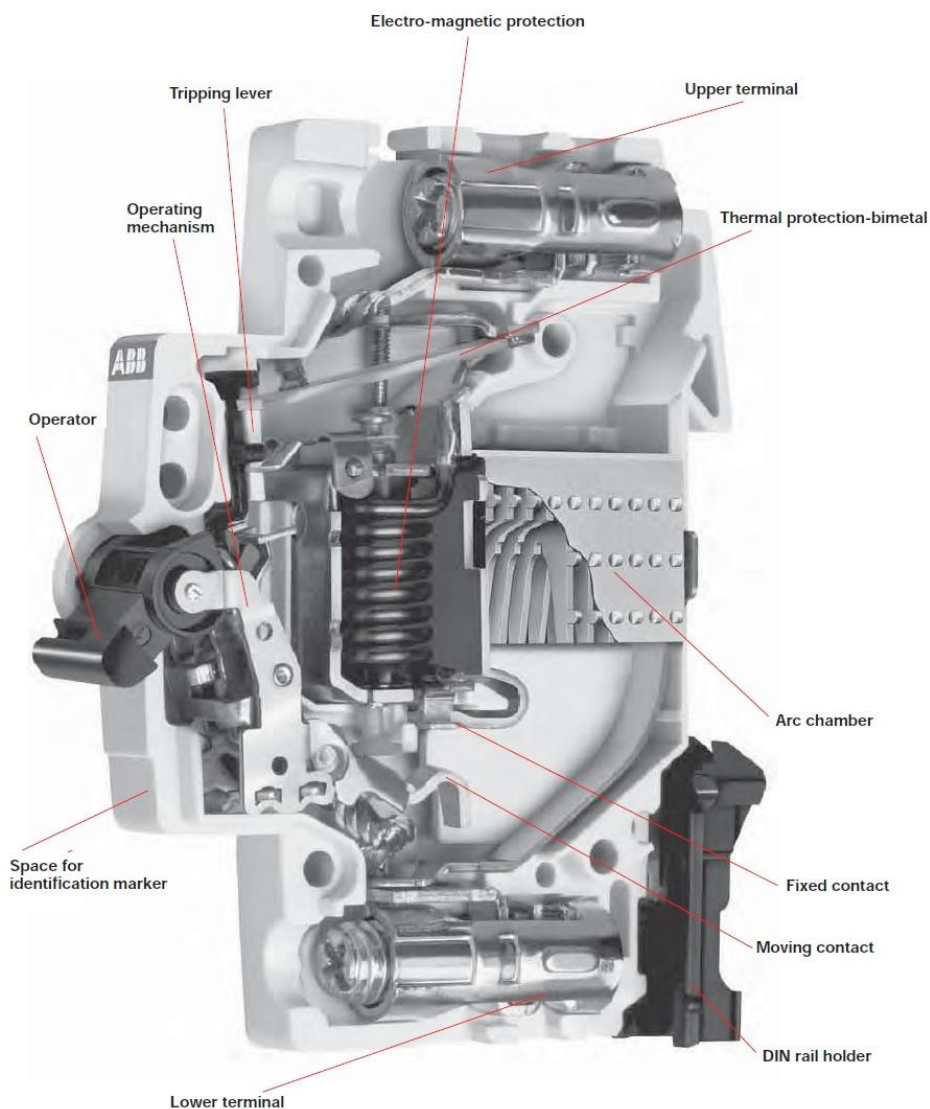
Για παράδειγμα, όταν χρησιμοποιούμε αυτόματη ασφάλεια 6KA, αυτό σημαίνει ότι αν έχουμε ρεύμα, από βραχυκύκλωμα, μεγαλύτερο των 6000A, τότε η αυτόματη ασφάλεια δεν θα μπορέσει να διακόψει το κύκλωμα και θα καταστραφεί (δεν μπορεί ο μηχανισμός τους να διακόψει μεγαλύτερο ρεύμα) και επομένως μόνο για μικρότερο ρεύμα θα λειτουργήσει σωστά.

Ένα άλλο σημαντικό στοιχείο που χαρακτηρίζει τις αυτόματες ασφάλειες σύμφωνα με διεθνείς προδιαγραφές IEC, είναι κάποιες χαρακτηριστικές καμπύλες που εκφράζουν το χρόνο ενεργοποίησης του μηχανισμού διακοπής της ασφάλειας από τη στιγμή που θα εμφανιστεί το βραχυκύκλωμα, συναρτήσει αυτού του ρεύματος. Έτσι για κάθε ικανότητα διακοπής έχουμε τρεις χαρακτηριστικούς τύπους ασφαλειών που προσδιορίζονται με τα γράμματα «B», «C», «D» και αναφέρονται σε μια περιοχή ρευμάτων βραχυκύκλωσης που είναι πολλαπλάσια του ονομαστικού ρεύματος  $I_n$  της ασφάλειας.

Οι εταιρείες κατασκευής αυτόματων ασφαλειών δίνουν για κάθε σειρά ικανότητας διακοπής (3KA, 6KA, 10KA κ.λπ.) το χαρακτηριστικό τύπο («B», «C», «D»), τις εφαρμογές τους και τα ονομαστικά ρεύματα για μονοπολικές, μονοπολικές +N, διπολικές, τριπολικές ή τετραπολικές αυτόματες ασφάλειες.

Η εκλογή των αυτόματων ασφαλειών γίνεται με βάση τη διατομή και τη μέγιστη επιτρεπόμενη ένταση ρεύματος του αγωγού που πρόκειται να προστατέψουν. Για την επιλογή της ονομαστικής έντασης υπολογίζουμε την μέγιστη ένταση ρεύματος που μπορεί να περάσει από μία γραμμή και επιλέγουμε την αμέσως μικρότερης ή ίσης έντασης διαθέσιμη στο εμπόριο ασφάλεια.

Οι μονοπολικές+N αυτόματες ασφάλειες μπορούν να αντικαταστήσουν το συνδυασμό «διπολικού διακόπτη και αυτόματης μονοπολικής ασφάλειας».



Εικόνα 2.17: Τομή Αυτόματης Ασφάλειας

Η επιλογή της ικανότητας διακοπής (ρεύματος βραχυκύκλωσης), 3KA,6KA,10KA κλπ, και της χαρακτηριστικού τύπου «B», «C», «D» της αυτόματης ασφάλειας, γίνεται σε συνδυασμό με την ισχύ του κυκλώματος και το είδος της ηλεκτρικής κατανάλωσης που πρόκειται να προστατέψει η αυτόματη ασφάλεια.

Ο χαρακτηριστικός τύπος "D" ασφαλειών έχει μεγαλύτερο χρόνο ενεργοποίησης από τον τύπο "C" και ο τύπος "C" από τον "B" για το ίδιο ρεύμα βραχυκύκλωσης. Έτσι για παράδειγμα σε μια εγκατάσταση που έχουμε γραμμές φωτισμού θα επιλέξουμε καμπύλη λειτουργίας C και αντοχή σε βραχυκύκλωμα από 3 έως 10kA ανάλογα με την ισχύ και το είδος της εγκατάστασης. Αντίθετα, σε περίπτωση καταναλώσεων με βαριές εκκινήσεις (κινητήρες) θα προτιμούσαμε καμπύλη λειτουργίας D και αντίστοιχα θα επιλέγαμε και την αντοχή σε βραχυκύκλωμα.

#### 2.2.4.4 ΜΕΤΡΗΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Οι ηλεκτρικές επιχειρήσεις σήμερα έχουν εγκατεστημένους ηλεκτρομηχανικούς μετρητές σε κάθε τελικό καταναλωτή των δικτύων διανομής. Με αυτούς τους μετρητές πραγματοποιείται προς το παρόν η τιμολόγηση του κάθε καταναλωτή, ενώ τα δεδομένα που αποκτώνται από κάθε καταμέτρηση μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε πληθώρα εργασιών που αφορούν την διαχείριση του ηλεκτρικού δικτύου.

Οι εν λόγω μετρητές είναι μονοφασικοί είτε τριφασικοί και διαθέτουν ένα περιστρεφόμενο δίσκο, ο αριθμός των περιστροφών του οποίου αποτελεί την ένδειξη για την ποσότητα ηλεκτρικής ενέργειας που έχει καταναλωθεί. Στην εμπρόσθια όψη του μετρητή βρίσκεται ψηφιακή οθόνη που λειτουργεί μηχανικά εμφανίζοντας την συνολικά καταναλισκόμενη ενέργεια της εγκατάστασης (καταναλωτή) μετρούμενη σε kWh. Οι ηλεκτρικές επιχειρήσεις είναι υπεύθυνες για την εγκατάσταση και την συντήρηση των μετρητών. Διαθέτουν κατάλληλο προσωπικό το οποίο μεταβαίνει στην τοποθεσία εγκατάστασης του κάθε μετρητή και καταγράφει την αναγραφόμενη ένδειξή του, γνωστοποιώντας με αυτό τον τρόπο στην ηλεκτρική επιχείρηση την μέχρι τότε καταναλισκόμενη ενέργεια της κάθε παροχής. Η διαδικασία αυτή πραγματοποιείται κάθε έναν, δυο ή τέσσερις μήνες, αναλόγως με την χώρα και την πολιτική της ηλεκτρικής επιχείρησης.



Εικόνα 2.18: Συμβατικός μετρητής ΔΕΗ.

Η αρχή λειτουργίας του έγκειται στην αλληλεπίδραση των μαγνητικών ροών δύο σταθερών ηλεκτρομαγνητών τάσης και έντασης, που επενεργούν πάνω σε ένα δίσκο από αλουμίνιο. Η μαγνητική ροή του ηλεκτρομαγνήτη τάσης είναι ανάλογη της τάσης που εφαρμόζεται στον καταναλωτή, ενώ η μαγνητική ροή του ηλεκτρομαγνήτη έντασης ανάλογη προς την ένταση ρεύματος που απορρόφα ο καταναλωτής. Οι δύο ηλεκτρομαγνήτες έχοντας σε φασική απόκλιση τις μαγνητικές ροές τους δημιουργούν συνιστάμενο στρεφόμενο μαγνητικό πεδίο και ο δίσκος στρέφεται. Η ταχύτητα περιστροφής του είναι ανάλογη της ισχύος που καταναλώνεται, ενώ ο αριθμός στροφών είναι ανάλογος της καταναλισκόμενης ενέργειας. Στην πινακίδα του μετρητή βρίσκεται η αναλογία στροφών και καταναλισκόμενων kWh.

Τα δεδομένα που λαμβάνονται από τους εν λόγω μετρητές αποθηκεύονται σε βάσεις δεδομένων (database) των επιχειρήσεων ηλεκτρισμού και αξιοποιούνται εκτός από διαδικασίες τιμολόγησης και σε διαδικασίες που αφορούν ελέγχους και δράσεις για την ορθή και ασφαλή λειτουργία του ηλεκτρικού δικτύου, καθώς και την ανάπτυξή του.

## Έξυπνοι Μετρητές

Οι επαγωγικοί μετρητές αποτέλεσαν μια καλή λύση όλα αυτά τα χρόνια για την παρακολούθηση και την καταγραφή των ηλεκτρικών συνηθειών των καταναλωτών στα δίκτυα διανομής. Πρόκειται για συσκευές με αρκετά χαμηλό κόστος αγοράς και συντήρησης, με μεγάλο προσδόκιμο λειτουργίας και αρκετά αξιόπιστοι για κανονικές συνθήκες ποιότητας ισχύος.

Σήμερα υπάρχει η τάση να αντικατασταθούν καθολικά από μια άλλη τεχνολογία μετρητικών συσκευών, πιο σύνθετη, η οποία θα κάνει χρήση της σύγχρονης τεχνολογίας και θα έχει πλήθος δυνατοτήτων προς αξιοποίηση τόσο από την επιχείρηση ηλεκτρισμού όσο και από τον τελικό χρήστη-καταναλωτή (end user). Αυτή η συσκευή ονομάζεται ηλεκτρονικός μετρητής ή έξυπνος μετρητής ηλεκτρικής ενέργειας (smart meter). Αποτελεί ηλεκτρονική μετρητική συσκευή, η οποία έχει δυνατότητα μέτρησης και καταγραφής πολλών ηλεκτρικών μεγεθών σε αντιδιαστολή με τον επαγωγικό μετρητή που καταγράφει μόνο ενέργεια, καθώς και δυνατότητες απομακρυσμένης επικοινωνίας με το κέντρο διαχείρισης μέσω μονόδρομων ή αμφιδρόμων διαύλων επικοινωνίας. Επιπλέον, είναι ικανή να αποθηκεύει τα καταγεγραμμένα δεδομένα για μεγάλο χρονικό διάστημα αφού διαθέτει εσωτερική αποθηκευτική μνήμη. Το κόστος απόκτησης των εν λόγω μετρητών ποικίλει. Είναι μετρητικές συσκευές υψηλής ακρίβειας με μικρότερη ευαισθησία στις αρμονικές από τους παραδοσιακούς ηλεκτρομηχανικούς μετρητές.



Εικόνα 2.19: Έξυπνος Μετρητής Ενέργειας

Ο ηλεκτρονικός μετρητής είναι συσκευή τεχνολογίας solid-state με τα κυκλώματα να έχουν διαμορφωθεί πάνω σε ενιαίο, συμπαγές υλικό και με φορείς ηλεκτρικού ρεύματος που κυκλοφορούν αποκλειστικά στα όρια του υλικού. Υπάρχει απουσία περιστρεφόμενων μηχανικών μερών, ενώ οι μετρήσεις ισχύος ανακύπτουν μέσω ηλεκτρονικών κυκλωμάτων. Εν γένει, κάθε solid state ηλεκτρονικός μετρητής ακολουθεί μια εκ των δυο ηλεκτρονικών τεχνολογιών είτε αυτή της αναλογικής επεξεργασίας σήματος είτε της ψηφιακής επεξεργασίας σήματος, με την δεύτερη να υπερισχύει σήμερα. Ο όρος επεξεργασία σήματος αναφέρεται στον πολλαπλασιασμό και το φιλτράρισμα σημάτων για την εξαγωγή της απαιτούμενης πληροφορίας (πχ kWh). Η αναλογική επεξεργασία αφορά την επεξεργασία αναλογικών σημάτων τάσεως και εντάσεως ηλεκτρικού ρεύματος που υπάρχουν κάθε χρονική στιγμή με σκοπό την μέτρηση της ηλεκτρικής ισχύος.

Ένας ηλεκτρονικός μετρητής έχει ενσωματωμένες λειτουργίες, οι οποίες πραγματοποιούν την καταγραφή πλήθους παραμέτρων ηλεκτρισμού όπως:

- Την ενεργό ισχύ σε kW που εισέρχεται και εξέρχεται από την εγκατάσταση που είναι συνδεδεμένος ο μετρητής. Με αυτό τον τρόπο καταγράφεται εκτός από την κατανάλωση, και η παραγωγή που πιθανώς να υπάρχει από κάποια μικρή ανεμογεννήτρια ή φ/β στοιχείο.
- Την άεργο ισχύ σε kVar που εισέρχεται και εξέρχεται από την εγκατάσταση.
- Την καταναλισκόμενη ενέργεια συνολικά ή ανά ζώνη τιμολόγησης .
- Την μέγιστη ζήτηση ηλεκτρικής ισχύος (ενεργού ή άεργου).
- Το συντελεστή ισχύος.
- Την ύπαρξη αρμόνικων.
- Καταγραφή διακοπών ρεύματος που συνέβησαν με χρονικό συμβάντος (timestamp).
- Την συχνότητα σε Hz ανά φάση.
- RMS τάσης και ρεύματος.
- Προβολή καταγεγραμμένου προφίλ φορτίου του καταναλωτή σε τιμές δεκαπεντάλεπτου ή λιγότερο για διάστημα μιας ημέρας ή περισσότερο (ανάλογα με την συσκευή).

Κάθε κατασκευαστής μετρητών μπορεί να εισάγει διαφορετικές, περισσότερο η λιγότερο εξεζητημένες, λειτουργίες-δυνατότητες καταγραφής και ανάγνωσης των πληροφοριών του ανάλογα με τα πρότυπα που έχουν ακολουθηθεί.

## 2.2.5 ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΣ ΘΕΡΜΟΣΙΦΩΝΑΣ

Ο ηλεκτρικός θερμοσίφωνας είναι η συσκευή που παρέχει ζεστό νερό χρησιμοποιώντας την ενέργεια του ηλεκτρικού ρεύματος είτε με αντιστάσεις είτε με μπόιλερ.



Εικόνα 2.20: Ηλεκτρικός Θερμοσίφωνας

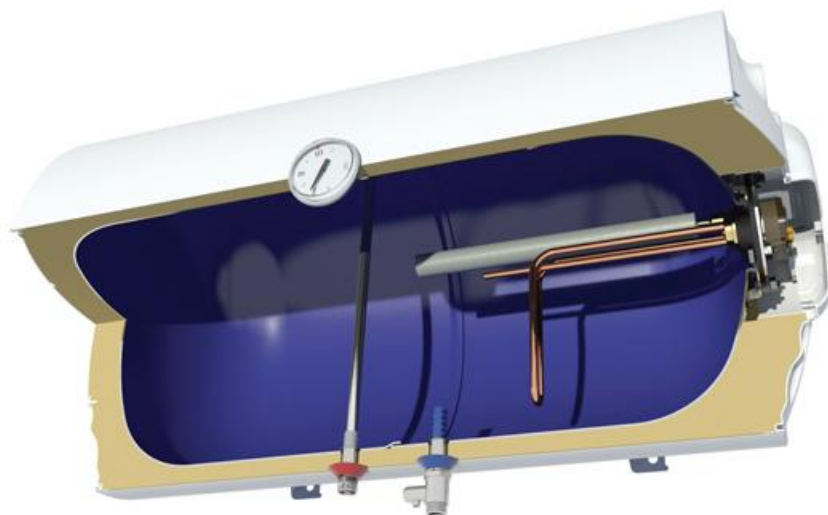
Πιο αναλυτικά ο ηλεκτρικός θερμοσίφωνας δεν είναι τίποτε άλλο από ένα δοχείο σε κυλινδρικό σχήμα, αποτελούμενο από διπλά θερμομονωμένα τοιχώματα και θερμαντικό σώμα που βρίσκεται στο μέσο του δοχείου. Παροχή ηλεκτρικής ενέργειας θερμαίνει αυτό το θερμαντικό σώμα, το οποίο με τη σειρά του

θερμαίνει το νερό, μέσα στον κύλινδρο. Ο θερμοσίφωνας είναι συνδεδεμένος με την παροχή νερού και για κάθε ποσότητα θερμού νερού που αντλείται για χρήση, υπάρχει αυτόματη αναπλήρωση με ψυχρό νερό.

Οι ηλεκτρικοί θερμοσίφωνες διακρίνονται ανάλογα:

- τη χωρητικότητά τους (σε λίτρα),
- τη στήριξή τους (δαπέδου ή κάθετοι),
- το μέταλλο του περιβλήματος δοχείου και
- την ταχύτητα απόκρισης στη θέρμανση νερού

Υπάρχουν σε διάφορες χωρητικότητες, ξεκινώντας απ' τα και 5 και 10 λίτρα. Οι ηλεκτρικοί θερμοσίφωνες μικρής χωρητικότητας χρησιμοποιούνται για χρήση ζεστού νερού στην κουζίνα. Ένας θερμοσίφωνας 60 λίτρων εξυπηρετεί μέχρι τρία άτομα, προσφέροντας ζεστό νερό στο μπάνιο. Για περισσότερα άτομα χρειάζεται θερμοσίφωνας 80 λίτρων. Σε περίπτωση αυξημένων αναγκών για ζεστό νερό, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε θερμοσίφωνα χωρητικότητας 100 λίτρων και πάνω.



Εικόνα 2.21: Τομή Ηλεκτρικού Θερμοσίφωνα

Ένας εναλλακτικός τρόπος χρήσης του ηλεκτρικού θερμοσίφωνα είναι το ηλεκτρομπόιλερ (electric boiler), όπου δεν χρησιμοποιείται η ηλεκτρική αντίσταση, αλλά μέσω ειδικής κατασκευής γίνεται σύνδεση με το δίκτυο θέρμανσης και παράγεται ζεστό νερό κατά τη λειτουργία των θερμαντικών σωμάτων (καλοριφέρ).

Ένας ηλεκτρικός θερμοσίφωνας μπορεί να είναι κρεμαστός (οριζόντιος ή κάθετος) ή επιδαπέδιος. Επιδαπέδιοι είναι αυτοί που τοποθετούνται στο δάπεδο της αποθήκης ή στο πατάρι.

Πολλοί είναι οι παράγοντες που συντελούν στη φθορά ενός ηλεκτρικού θερμοσίφωνα. Η ποιότητα του νερού είναι ένας απ' αυτούς, καθώς η ύπαρξη αλάτων επιταχύνει τις φθορές. Επιπλέον η συχνότητα

χρήσης και οι χάλκινες σωληνώσεις που φθείρουν το μέταλλο του θερμοσίφωνα, μειώνουν τη διάρκεια ζωής του.

Ο πιο συνηθισμένος τρόπος που καταστρέφονται οι ηλεκτρικοί θερμοσίφωνες μετά από μερικά χρόνια χρήσης, είναι να τρυπήσουν εσωτερικά, οπότε και δεν μπορούν να επιδιορθωθούν.



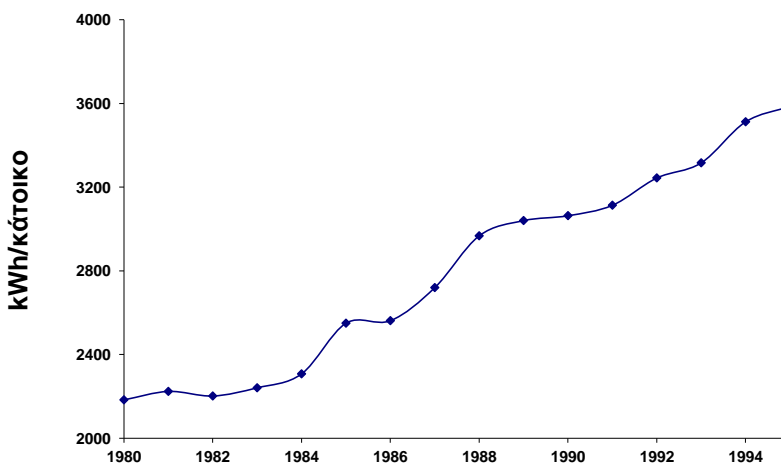
Εικόνα 2.22: Τυπική Βλάβη Ηλεκτρικού Θερμοσίφωνα

Συχνά παρουσιάζονται βλάβες στην αντίσταση ή στο θερμοστάτη του θερμοσίφωνα. Άλλες φορές πάλι η κακή λειτουργία στο μπόιλερ του θερμοσίφωνα δημιουργεί προβλήματα στη θέρμανση νερού. Για το λόγο όλων αυτών των τεχνικών χαρακτηριστικών στα ευπαθή τους μέρη, οι ηλεκτρικοί θερμοσίφωνες κυμαίνονται σε πολύ διαφορετικές τιμές.

Πρέπει να γίνεται προσεκτική χρήση του ηλεκτρικού θερμοσίφωνα με τη βοήθεια χρονοδιακόπτη, που μπορεί να περιορίσει εξαιρετικά την κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος, αλλά και να προφυλάξει το θερμοσίφωνα από επιπλέον φθορές.

## 2.3 ΑΤΥΧΗΜΑΤΑ

Η ηλεκτρική ενέργεια αποτελεί σήμερα κοινωνικό αγαθό και είδος πρώτης ανάγκης. Η σύγχρονη κοινωνία εξαρτάται από την επάρκεια και ποιότητα αυτού του ενεργειακού πόρου. Δυσλειτουργίες ή ανεπάρκειες στο ηλεκτρικό σύστημα είναι ικανές να προκαλέσουν ισχυρό κλυδωνισμό ή και κατάρρευση της οικονομικής και κοινωνικής ζωής. Επιπλέον, η ενεργειακή κατανάλωση αποτελεί έναν αξιόπιστο δείκτη της οικονομικής, και κοινωνικής, ανάπτυξης μιας χώρας.

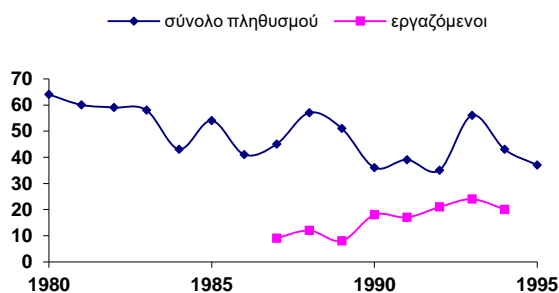


Σχήμα 2.1: Ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας κατά κάτοικο στην Ελλάδα.

Όσον αφορά την Ελλάδα, ο πλήρης εξηλεκτισμός της χώρας επιτεύχθηκε τα τελευταία πενήντα χρόνια του 20ου αιώνα. Το 1950, χρονιά ίδρυσης της ΔΕΗ, η μέση ετήσια ηλεκτρική κατανάλωση ανά κάτοικο ήταν 88 kWh (για σύγκριση, η αντίστοιχη κατανάλωση στις Η.Π.Α. ήταν 28 φορές μεγαλύτερη και στη Νορβηγία 62 φορές!). Την ίδια χρονιά ηλεκτροδοτούνταν το 55% του πληθυσμού. Σήμερα η ΔΕΗ έχει ηλεκτροδοτήσει, πρακτικά, το σύνολο της χώρας. Το σχήμα 2.1 απεικονίζει τη μέση ετήσια ηλεκτρική κατανάλωση τα τελευταία χρόνια. Αξίζει να επισημανθεί ο έντονα ανοδικός ρυθμός αύξησης της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας, αποτέλεσμα της καθυστερημένης ανάπτυξης της χώρας.

Ειδικά στην περίπτωση της ηλεκτρικής ενέργειας, η ασφάλεια των χρηστών αποτελεί κρίσιμη και αντικρουόμενη απαίτηση. Από τη μια πλευρά, ο ηλεκτρισμός πρέπει να διατίθεται σε όλους, σε επαρκή ποσότητα και ποιότητα και με μικρό κόστος. Από την άλλη πλευρά, πρέπει να έχουν πρόσβαση σε αυτόν όλα τα μέλη της κοινωνίας. Το τελευταίο είναι και το σημαντικότερο. Δηλαδή το γεγονός ότι η ηλεκτρική ενέργεια θα χρησιμοποιείται και από άτομα που όχι μόνο δεν είναι τεχνικά κατάλληλα καταρτισμένα αλλά, αντίθετα, θα πρέπει «εκ προοιμίου» να θεωρηθεί δεδομένο ότι θα είναι άτεχνοι χρήστες αυτής της τεχνολογίας.

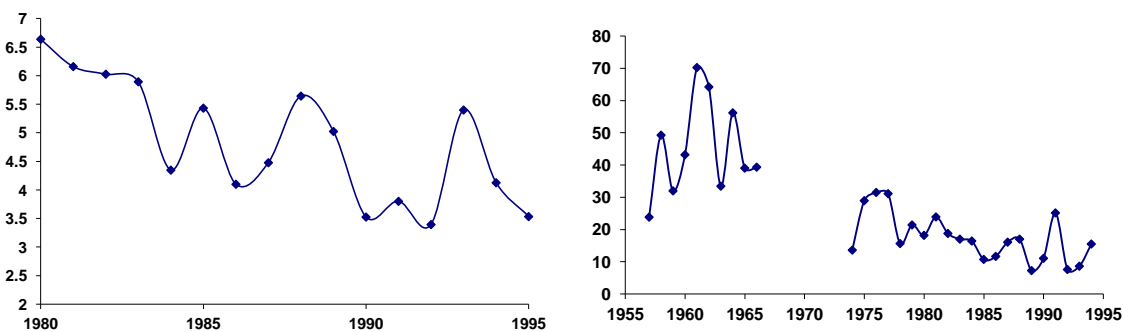




Σχήμα 2.2: Θανατηφόρες ηλεκτροπληξίες στο σύνολο του πληθυσμού και στο σύνολο των εργαζομένων με εξαρτημένη σχέση εργασίας.

Πριν μας απασχολήσει, στη συνέχεια, το θέμα της ασφάλειας των ηλεκτρικών εγκαταστάσεων, έχει ενδιαφέρον να δούμε την στάθμη ασφάλειας των ηλεκτρικών εγκαταστάσεων στην Ελλάδα. Αυτό αποτυπώνεται ανάγλυφα, αλλά και τραγικά, στους αριθμούς που αφορούν στα ηλεκτρικά ατυχήματα. Οι κύριες πηγές άντλησης των στοιχείων αυτών είναι η Εθνική Στατιστική Υπηρεσία της Ελλάδας (Ε.Σ.Υ.Ε.), το Ίδρυμα Κοινωνικών Ασφαλίσεων (Ι.Κ.Α.) και το Υπουργείο Εργασίας (Υ.Ε.). Οι δύο τελευταίοι φορείς καλύπτουν το μεγαλύτερο τμήμα των εργαζομένων με εξαρτημένη σχέση εργασίας. Τα στατιστικά στοιχεία του Ι.Κ.Α. παρουσιάζουν την χρονολογική εξέλιξη των ατυχημάτων των ασφαλισμένων του από την πρώτη χρονιά λειτουργίας του (1938).

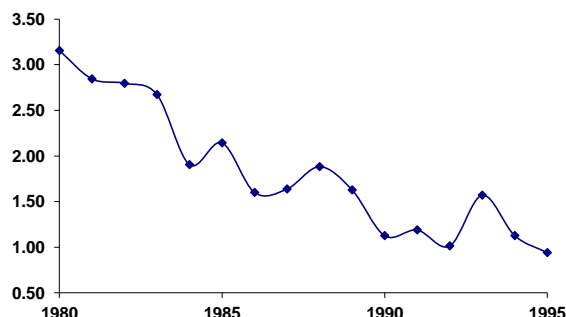
Λεπτομερή στοιχεία ηλεκτρικών ατυχημάτων για το σύνολο του πληθυσμού δεν είναι διαθέσιμα. Η Ε.Σ.Υ.Ε. καταγράφει, σε ετήσια βάση, τον αριθμό των θανατηφόρων ηλεκτροπληξιών. Στα διαγράμματα του σχήματος 2.2 παρουσιάζεται η χρονολογική εξέλιξη των θανατηφόρων ηλεκτροπληξιών, σε απόλυτους αριθμούς, στο σύνολο του πληθυσμού και στο σύνολο των εργαζομένων αντίστοιχα. Μεγαλύτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν τα γραφήματα των σχημάτων 2.3 και 2.4.



Σχήμα 2.3 – 2.4: (Δεξιά) Θανατηφόρες ηλεκτροπληξίες ανά 1.000.000 πληθυσμού. (Αριστερά) Ηλεκτροπληξίες ανά 1.000.000 εργαζομένων την περίοδο 1957 - 1994 (για τα χρόνια 1967 - 1973 δεν υπάρχουν στοιχεία).

Σε αυτά παρουσιάζονται οι θανατηφόρες ηλεκτροπληξίες ανά 1.000.000 κατοίκων ή εργαζομένων αντίστοιχα. Μπορούμε να παρατηρήσουμε μια αργή, αλλά σταθερή, μείωση των θανατηφόρων ηλεκτροπληξιών στο σύνολο του πληθυσμού. Ο αριθμός αυτός τα τελευταία χρόνια αντιστοιχεί, κατά μέσο όρο, στις 4 θανατηφόρες ηλεκτροπληξίες ανά 1.000.000 κατοίκων. Ο αριθμός αυτός, παρά τη γενική τάση μείωσης, παραμένει αρκετά υψηλός. Για σύγκριση αναφέρουμε ότι ο αντίστοιχος αριθμός θανατηφόρων ηλεκτροπληξιών στη Γερμανία το 1994 ήταν 1,3 θανατηφόρα ηλεκτρικά ατυχήματα ανά 1.000.000 πληθυσμού.

Ασφαλέστερα συμπεράσματα μπορούν να προκύψουν από τον αντιπροσωπευτικότερο δείκτη των αναγομένων θανατηφόρων ηλεκτροπληξιών, σχήμα 2.5, δηλαδή τον αριθμό των θανατηφόρων ηλεκτροπληξιών ανά 10.000.000 πληθυσμού και 1 TWh ηλεκτρική κατανάλωση. Στον υπολογισμό αυτού του μεγέθους υπεισέρχεται και η ηλεκτρική ενέργεια που έχει καταναλωθεί στη χώρα και επομένως, έμμεσα, λαμβάνεται υπόψη το συνολικό μέγεθος των ηλεκτρικών εγκαταστάσεων.



Σχήμα 2.5: Θανατηφόρες ηλεκτροπληξίες ανά 10.000.000 πληθυσμού και ανά 1 TWh κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας.

Παρά το γεγονός της ραγδαίας βελτίωσης αυτού του μεγέθους, την τελευταία εικοσαετία, η κατάσταση στην Ελλάδα, συγκρινόμενη με άλλες χώρες, παραμένει αποκαρδιωτική. Είναι ενδεικτικό ότι ο αντίστοιχος δείκτης στη Γερμανία, ήδη από το 1950, ήταν μικρότερος από τη μονάδα, και μετά από το 1975 παραμένει μικρότερος από 0,1. Δηλαδή πάνω από 10 φορές μικρότερος από ότι στη χώρα μας!

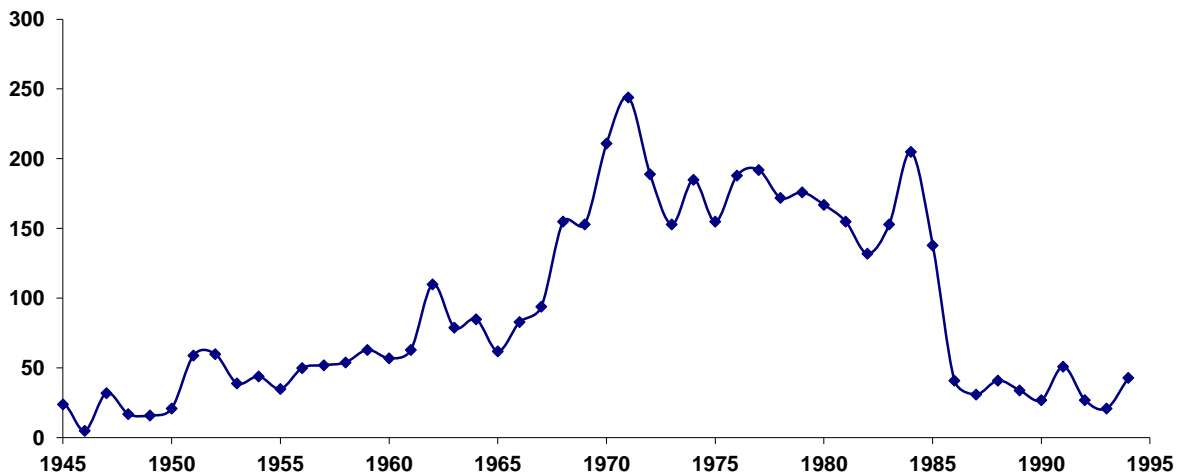
Η αρνητική αυτή κατάσταση οφείλεται σε συνδυασμό παραγόντων και κυρίως στην αναποτελεσματικότητα των μέτρων προστασίας. Δυστυχώς δεν διαθέτουμε, για το γενικό πληθυσμό, στατιστικά στοιχεία που να εκτείνονται σε μεγάλο ιστορικό βάθος και επιπλέον να είναι αρκετά λεπτομερειακά. Μπορούμε όμως να βγάλουμε χρήσιμα συμπεράσματα εξετάζοντας τα στατιστικά στοιχεία των εργατικών ατυχημάτων του Ι.Κ.Α.

Στο γράφημα του σχήματος 2.6 παρουσιάζεται ο αριθμός των εργατικών ατυχημάτων, σε απόλυτους αριθμούς, με ηλεκτρική αιτία, κατά την περίοδο 1945 – 1994. Τα ηλεκτρικά ατυχήματα (όχι αναγκαστικά θανατηφόρα) αποτελούν μικρό μέρος του συνόλου των ατυχημάτων, λιγότερα από το 0,6 % του συνόλου. Όμως, η αναλογία αυτή ανατρέπεται, εντελώς, στην περίπτωση των θανατηφόρων ατυχημάτων. **Τα θανατηφόρα ατυχήματα με ηλεκτρική αιτία αποτελούν την δεύτερη αιτία εργατικών ατυχημάτων με θανατηφόρα κατάληξη** και αντιστοιχούν σε ποσοστό μεγαλύτερο του 17 % του συνόλου των θανατηφόρων ατυχημάτων (πίνακας 2.1).

| Τύπος ατυχήματος (αιτία) | Θανατηφόρα ατυχήματα | (%)   |
|--------------------------|----------------------|-------|
| Πτώσεις                  | 301                  | 40,2  |
| Ηλεκτροπληξία            | 129                  | 17,2  |
| Μηχανήματα               | 126                  | 16,8  |
| Παθολογικά αιτία         | 70                   | 9,4   |
| Τροχαία                  | 45                   | 6,0   |
| Εκρήξεις                 | 39                   | 5,2   |
| Λοιπά                    | 22                   | 2,9   |
| Εισπνοή αερίων           | 16                   | 2,1   |
| Σύνολο                   | 748                  | 100,0 |

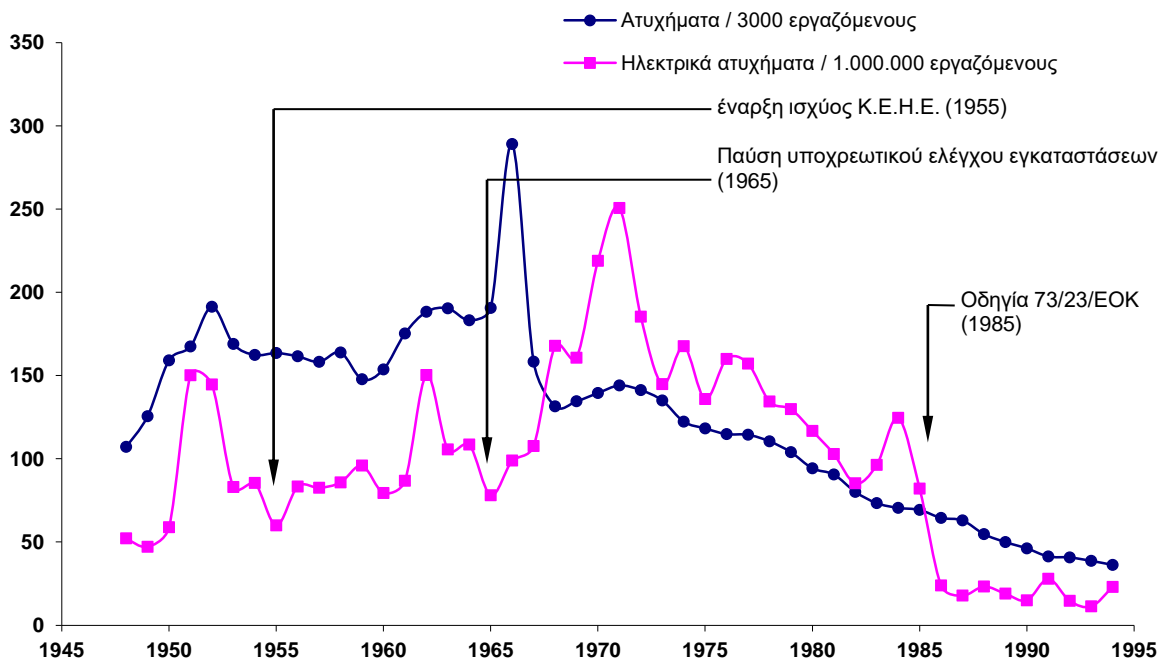
Πίνακας 2.1: Θανατηφόρα εργατικά ατυχήματα σύμφωνα με τον τύπο του ατυχήματος για τα χρόνια 1987 – 1994.

Με άλλα λόγια, παρόλο που τα ηλεκτρικά ατυχήματα αντιπροσωπεύουν μικρό μέρος του συνόλου των εργατικών ατυχημάτων η πιθανότητα να έχουν θανατηφόρα κατάληξη είναι πάρα πολύ μεγάλη. Χαρακτηριστικά αναφέρουμε ότι την ίδια με παραπάνω χρονική περίοδο (1987 – 1994 ) συνέβησαν συνολικά 223.290 εργατικά ατυχήματα (κατά μέσο όρο, σε ένα χρόνο, συνέβη ατύχημα στο 1,54% των εργαζομένων). Από αυτά τα 275 είχαν ηλεκτρική αιτία (0,12 % του συνόλου των ατυχημάτων). Θα θανατηφόρα κατάληξη είχαν 129 περιστατικά ή ποσοστό 46,91 % του συνόλου των ηλεκτρικών ατυχημάτων.



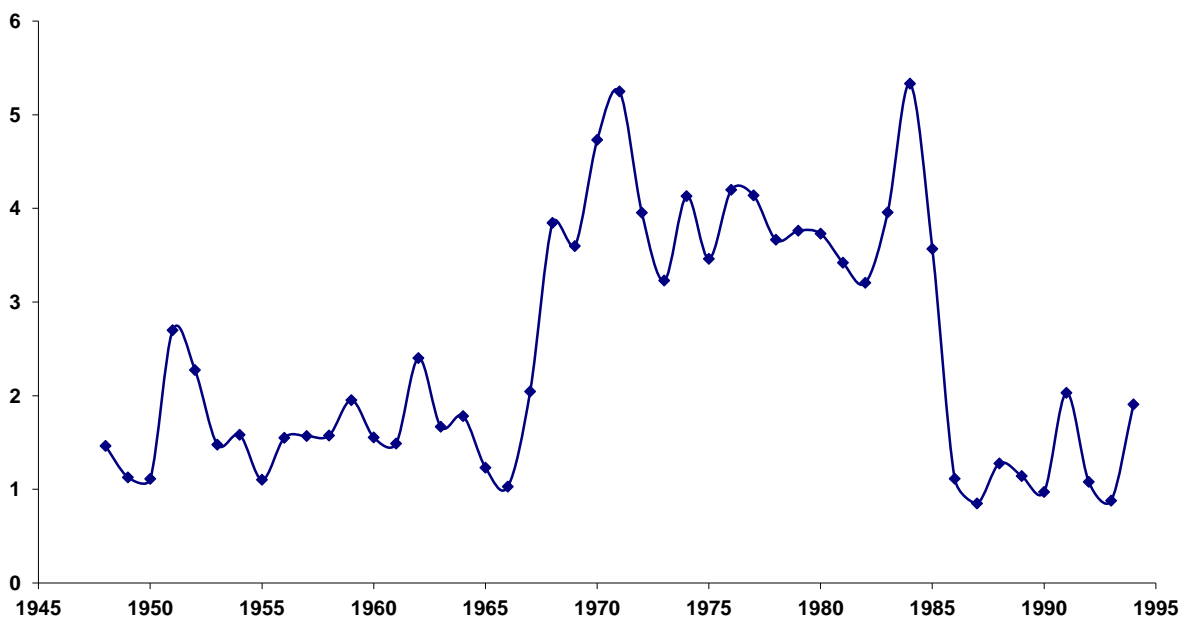
Σχήμα 2.6: Ατυχήματα εργαζομένων, με άμεση ασφάλιση στο Ι.Κ.Α., με ηλεκτρική αιτία κατά την περίοδο 1945 - 1994.

Χωρίς να διαθέτουμε συγκριτικά στοιχεία από άλλες χώρες αλλά υποθέτοντας ότι οι συγκρίσεις που έγιναν προηγουμένως με τη Γερμανία εξακολουθούν να ισχύουν και σ' αυτήν την περίπτωση, πρέπει να συμπεράνουμε ότι η ασφάλεια των εργαζομένων, και η ασφάλεια των ηλεκτρικών εγκαταστάσεων στην Ελλάδα, απέχει πάρα πολύ από το να είναι καλή. Οι αιτίες πρέπει να αναζητηθούν μέσα στο πλαίσιο ασφάλειας που ορίζουν οι κανονισμοί, οι μελέτες, τα υλικά, ο τρόπος κατασκευής και συντήρησης των εγκαταστάσεων καθώς και το ανθρώπινο τεχνικό δυναμικό. Βέβαια, επίδραση στην ασφάλεια των εργαζομένων έχουν και εξωγενείς παράγοντες όπως είναι οι γενικότερες κοινωνικές και πολιτικές συνθήκες καθώς και η βιομηχανική, τεχνολογική και γενικότερα οικονομική ανάπτυξη της χώρας. Θα ήταν όμως ιδιαίτερα χρήσιμο, και ενδιαφέρον, αν ήταν δυνατόν να απομονωθούν οι εξωγενείς αυτοί παράγοντες.



Σχήμα 2.7: Ατυχήματα από οποιαδήποτε αιτία ανά 3000 εργαζόμενους και ηλεκτρικά ατυχήματα ανά 1.000.000 εργαζομένων για την περίοδο 1948 - 1994.

Στα γραφήματα του σχήματος 2.7 έχει παρασταθεί η παράλληλη χρονική εξέλιξη του αναγομένου αριθμού των εργατικών ατυχημάτων και του αντίστοιχου αριθμού από ηλεκτρική αιτία, για κάθε χρόνο μεταξύ των ετών 1945 και 1994. Στο σχήμα 2.8 μπορούμε να δούμε το λόγο μεταξύ ηλεκτρικών ατυχημάτων και μη ηλεκτρικών ατυχημάτων, την ίδια περίοδο.



Σχήμα 2.8: Αριθμός εργατικών ατυχημάτων με ηλεκτρική αιτία ανά 1000 μη ηλεκτρικά ατυχήματα για την περίοδο 1948 - 1994.

Όσον αφορά γενικά τα ατυχήματα παρατηρούμε μια αυξητική τάση τα μεταπολεμικά χρόνια και μια τάση σταθεροποίησης την περίοδο μεταξύ 1953 και 1967. Οι αιτίες πρέπει να αναζητηθούν στην βιομηχανική ανάπτυξη της χώρας και στις γενικότερες κοινωνικές και οικονομικές συνθήκες της εποχής. Από τα τέλη της δεκαετίας του 1960 είναι εμφανής η μειωτική τάση των ατυχημάτων. Μάλιστα ο ρυθμός μείωσης είναι, πρακτικά, αμετάβλητος μέχρι τις μέρες μας. Στο σημείο αυτό θα πρέπει να κάνουμε δύο παρατηρήσεις: Η πρώτη αφορά στις αιτίες μείωσης των εργατικών ατυχημάτων, οι οποίες θα πρέπει να αναζητηθούν τόσο στην αποβιομηχάνιση της χώρας και την αυξημένη συμμετοχή του τομέα των υπηρεσιών στην εθνική οικονομία, όσο και στη βελτίωση των συνθηκών εργασίας, καθώς και σε τρίτους παράγοντες που απαιτούν λεπτομερέστερη διερεύνηση (κανονισμοί, μελέτες, πρότυπα, νομικό πλαίσιο, κ.λ.π.). Η δεύτερη παρατήρηση αφορά στην σταθερότητα του ρυθμού μείωσης των ατυχημάτων. Είναι, πραγματικά, παράξενο γιατί τα τελευταία 30 χρόνια αυτός ο ρυθμός παραμένει σχεδόν σταθερός, ενώ έχουν αλλάξει εντελώς οι κοινωνικές, οικονομικές, τεχνολογικές και θεσμικές συνθήκες εργασίας. Όμως, αυτές οι έντονες αλλαγές δεν αποτυπώνονται και δεν αναγνωρίζονται σε αυτήν την ιστορική καταγραφή των ατυχημάτων. Ποιοτικά η εξήγηση αυτού του φαινομένου είναι φανερή: Οι επιμέρους παράμετροι που επηρεάζουν την ασφάλεια της εργασίας, επομένως και τον ανηγμένο αριθμό εργατικών ατυχημάτων, αλληλεπιδρούν ανταγωνιστικά με αποτέλεσμα την εξουδετέρωση των έντονων μεταβολών. Μέγιστο ζητούμενο όμως παραμένει ο ακριβέστερος προσδιορισμός της επίδρασης κάθε επιμέρους παράγοντα με προφανή στόχο την βελτίωση της ασφάλειας και της ποιότητας των εργασιακών χώρων.

Δεν συμβαίνει όμως το ίδιο όταν απομονώσουμε από το σύνολο των ατυχημάτων τα ατυχήματα με ηλεκτρική αιτία. Όπως μπορούμε να παρατηρήσουμε στο σχήμα 7, και στην αντίστοιχη καμπύλη, ενώ ο ρυθμός μεταβολής του αριθμού των ηλεκτροατυχημάτων αρχικά είναι ίδιος, σε γενικές γραμμές, με τον αντίστοιχο ρυθμό του συνόλου των ατυχημάτων, παρατηρούμε μια απότομη μεταβολή και διαφοροποίηση του αριθμού των ηλεκτροατυχημάτων από τα τέλη της δεκαετίας του 1960 μέχρι τα μέσα της δεκαετίας του 1980. Αυτή η αλματώδης μεταβολή είναι εντονότερα φανερή στο γράφημα του σχήματος 2.8, όπου έχει παρασταθεί η σχετική αναλογία εργατικών ηλεκτροατυχημάτων ανά 1000 μη ηλεκτρικά ατυχήματα. Από το τελευταίο σχήμα μπορούμε να διαπιστώσουμε ότι η αναλογία αυτή σχεδόν τετραπλασιάστηκε στο υπόψη χρονικό διάστημα. Στην συνέχεια, μετά το 1985, η αναλογία ατυχημάτων επανήλθε στα πριν από το 1965 επίπεδα.

Η εξήγηση αυτής της συμπεριφοράς θα πρέπει να αναζητηθεί σε γεγονότα τα οποία επηρέασαν αποκλειστικά και μόνο την ασφάλεια των ηλεκτρικών εγκαταστάσεων. Τέτοιοι σημαντικοί σταθμοί σε αυτό το διάστημα ήταν:

- **Η έναρξη ισχύος των Κανονισμών Εσωτερικών Ηλεκτρικών Εγκαταστάσεων (Κ.Ε.Η.Ε.) το 1955.** Οι Κ.Ε.Η.Ε. επέβαλλαν τον έλεγχο των νέων εγκαταστάσεων και των παλιών σε κάθε ανακαίνιση. Οι έλεγχοι, για όλη την Ελλάδα, γίνονταν από ελεγκτές της ΔΕΗ. Στην περιοχή Αθήνας και Πειραιά την αρμοδιότητα ελέγχου την ασκούσε το Υπουργείο Βιομηχανίας (Υπουργείο Ανάπτυξης σήμερα).
- **Η παύση του υποχρεωτικού ελέγχου των ηλεκτρικών εγκαταστάσεων το 1965** (ν. 4483/1965). Η υποχρέωση ελέγχου των εγκαταστάσεων αντικαταστάθηκε με δυνητικό, δειγματοληπτικό, έλεγχο από ελεγκτές του Υπουργείου Βιομηχανίας. Έλεγχοι αυτού του είδους, πρακτικά, δεν πραγματοποιήθηκαν ποτέ.
- **Οι τροποποιήσεις των Κ.Ε.Η.Ε.** των ετών 1966, 1971, 1973 και 1977. Η σημαντικότερη τροποποίηση του 1973 (απόφαση Υπ. Βιομηχανίας 6242/185/ 15/31-12-1973/ ΦΕΚ 1525B) αφορούσε, κυρίως, θέματα των «γειώσεων προστασίας» των δικτύων διανομής χαμηλής τάσης. Οι υπόλοιπες τροποποιήσεις ήταν μικρότερης σημασίας και, ουσιαστικά, οι Κ.Ε.Η.Ε. παραμένουν μέχρι σήμερα αμετάβλητοι στις ρυθμίσεις του 1955 .

- **Η νομοθέτηση κανόνων ασφάλειας στα εργοτάξια** (π.δ. 1073/1981 ΦΕΚ 260Α) και η ρητή πρόβλεψη τοποθέτησης, επιπλέον των άλλων μέτρων ηλεκτρικής ασφάλειας, διαφορικού διακόπτη διαφυγής στους εργοταξιακούς ηλεκτρικούς πίνακες.
- **Η εφαρμογή των οδηγιών της Ευρωπαϊκής Ένωσης**, μετά το 1985, και η ενσωμάτωσή τους στην εθνική μας νομοθεσία, σχετικά με την ασφάλεια των υλικών των ηλεκτρολογικών εγκαταστάσεων (σήμανση «CE» οδηγίες 73/23/ΕΟΚ και 93/68/ΕΟΚ).

Όπως μπορούμε να παρατηρήσουμε στα σχήματα 2.7 και 2.8, ο αριθμός των ηλεκτροατυχημάτων μετά την έναρξη ισχύος των Κ.Ε.Η.Ε. παρέμεινε σταθερός, με μικρές διακυμάνσεις, με μέσο όρο 92 ηλεκτρικών ατυχημάτων ανά 1.000.000 εργαζομένων την περίοδο 1955 – 1965. Το ίδιο χρονικό διάστημα η σχετική αναλογία ηλεκτρικών – μη ηλεκτρικών ατυχημάτων ήταν 1,6/1000.

Μετά την κατάργηση του υποχρεωτικού ελέγχου των εγκαταστάσεων το 1965 (σχήμα 2.7) παρατηρούμε μια αλματώδη αύξηση του αριθμού των ηλεκτρικών ατυχημάτων, τόσο σε απόλυτους αριθμούς όσο και σε σχετική αναλογία (σχήμα 2.8). Η σχετική αναλογία ηλεκτρικών – μη ηλεκτρικών ατυχημάτων την περίοδο 1968 – 1985 παρέμεινε, με μικρές διακυμάνσεις, σταθερή με μέση τιμή 4/1000. Ο μέσος όρος ηλεκτροατυχημάτων την ίδια περίοδο ήταν 146 ατυχήματα ανά 1.000.000 εργαζομένων.

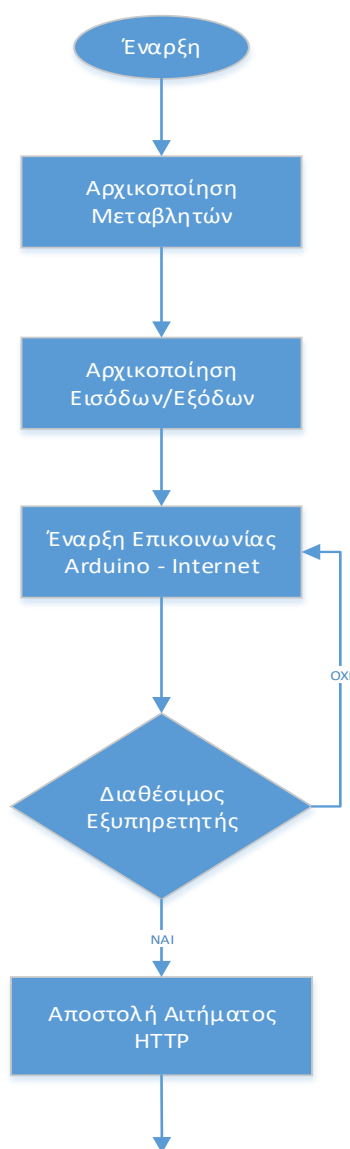
Το τέλος αυτής της περιόδου είναι ευδιάκριτα φανερό μετά το 1985. Ο μέσος όρος ηλεκτρικών ατυχημάτων για τα χρόνια 1986 – 1994 ήταν 19 ατυχήματα ανά 1.000.000 εργαζομένων. Η σχετική αναλογία στο ίδιο χρονικό διάστημα ήταν 1,2 ηλεκτρικά ατυχήματα ανά 1000 μη ηλεκτρικά. Οι αιτίες είναι λογικό να αναζητηθούν σε γεγονότα τα οποία συνέβησαν στις αρχές της δεκαετίας του 1980. Τέτοια σημαντικά γεγονότα, όπως είδαμε, ήταν οι οδηγίες της Ευρωπαϊκής Ένωσης καθώς και το νέο θεσμικό πλαίσιο για την εργοταξιακή ασφάλεια. Το τελευταίο θα πρέπει μάλλον να είχε αμελητέα επίδραση: Ακόμα και αν δεχθούμε μια χρονική υστέρηση μεταξύ αιτίας και αποτελέσματος, η εφαρμογή του νέου θεσμικού πλαισίου ασφάλειας στα εργοτάξια φαίνεται να είχε αρνητική επίδραση: Τα τρία επόμενα χρόνια ο αριθμός ηλεκτρικών ατυχημάτων, και η σχετική συχνότητά τους, αυξανόταν από χρόνο σε χρόνο. Επομένως μπορούμε να υποθέσουμε, σχεδόν με βεβαιότητα, ότι η βελτίωση των συνθηκών ασφάλειας των ηλεκτρικών εγκαταστάσεων, τα τελευταία χρόνια, προέρχεται από την βελτίωση της ποιότητας του ηλεκτρολογικού υλικού και μόνο.

Όπως είναι φανερό από τα γραφήματα των σχημάτων 2.7 και 2.8 οι τροποποιήσεις των Κ.Ε.Η.Ε. δεν επηρέασαν, με εμφανή τρόπο, τον αριθμό των εργατικών ατυχημάτων και επομένως και την ασφάλεια των ηλεκτρικών εγκαταστάσεων.

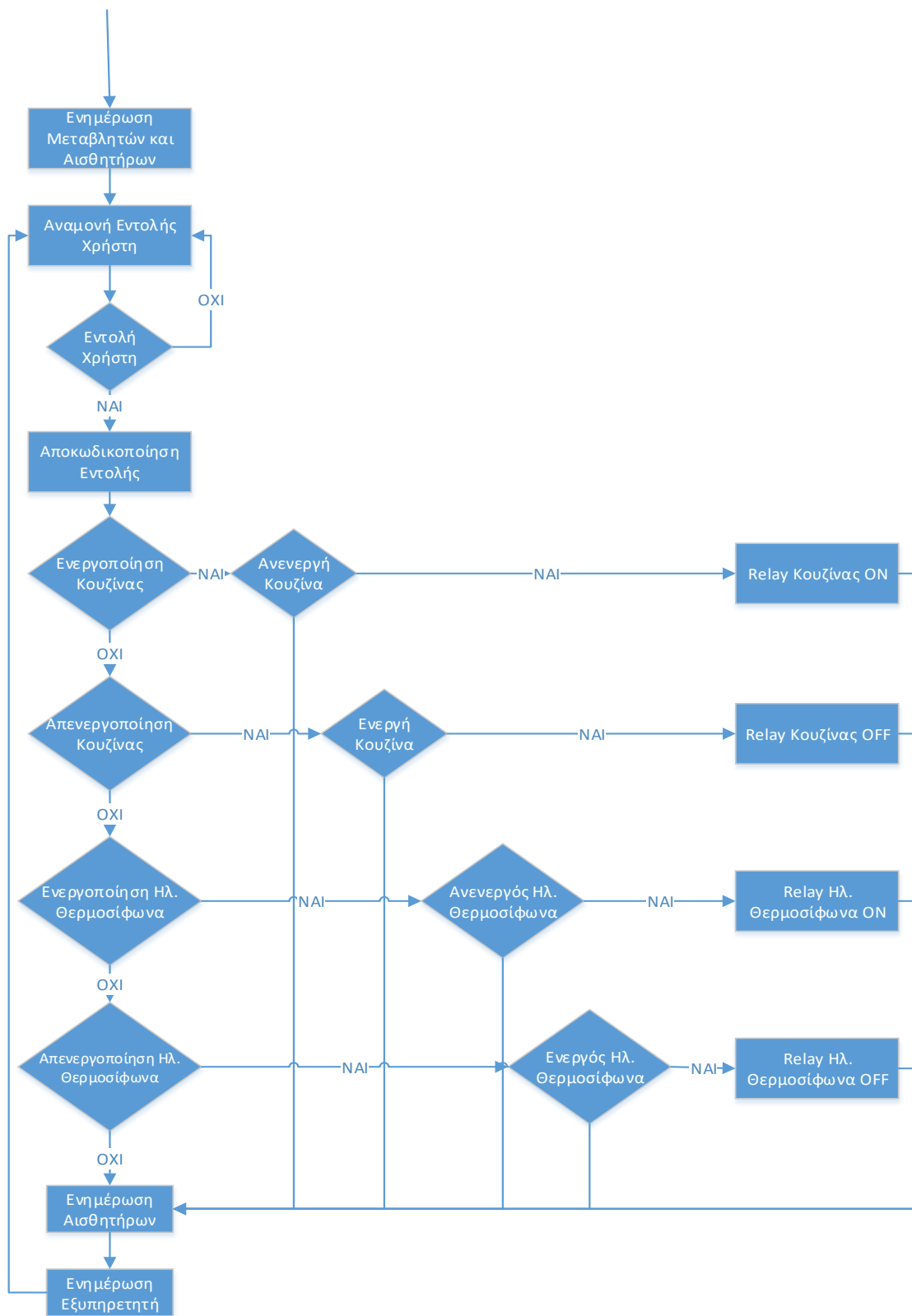
### 3. ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗΣ

#### 3.1 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ

Στο κεφάλαιο αυτό θα παρουσιαστεί ο τρόπος λειτουργίας του συστήματος, όπως επιτεύχθηκε από τον προγραμματισμό του Arduino Mega, με τη χρήση του περιβάλλον προγραμματισμού που διαθέτει. Το λογισμικό μέρος της λειτουργίας του συστήματος μπορεί να χωριστεί σε δύο βασικές ενότητες. Η πρώτη ενότητα επικεντρώνεται στην δημιουργία του περιβάλλοντος διεπαφής, μέσα από το οποίο θα μπορούν οι χρήστες να αλληλεπιδρούν με το σύστημα. Η δεύτερη ενότητα αφορά το τεχνικό κομμάτι του συστήματος, και την ενημέρωση του μικροελεγκτή σε κάθε αλλαγή κατάστασης. Ο πλήρης κώδικας παρατίθεται στο Παράρτημα Α.



Σχήμα 3.1: Διάγραμμα Ροής Δημιουργίας και Επικοινωνίας Ιστοσελίδας



Σχήμα 3.2: Διάγραμμα Ροής Ενεργειών Arduino



## 3.2 ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ ARDUINO

Στην αρχή του προγράμματος δηλώνουμε όλες τις απαραίτητες βιβλιοθήκες, μεταβλητές και άλλες λειτουργίες, που θα χρησιμοποιήσουμε αργότερα. Στην συνέχεια το πρόγραμμά μας χωρίζεται σε δύο απλούστερες συναρτήσεις:

- `Void Setup()`: Η συνάρτηση καλείται μόλις το πρόγραμμα τρέχει για να αρχικοποιήσει μεταβλητές, ακροδέκτες. Αυτή η συνάρτηση τρέχει μόνο μια φορά και θα επαναληφθεί όταν πραγματοποιηθεί επανεκκίνηση στον μικροελεγκτή.
- `Void Loop()`: Η συνάρτηση καλείται αφού η συνάρτηση `void setup` έχει κληθεί και ολοκληρωθεί, και πραγματοποιεί συνέχεια επαναλήψεις στον κώδικα που περικλείεται σε αυτή, δίνοντας την δυνατότητα στο πρόγραμμα να τρέχει συνεχώς και ανταλλάσσει δεδομένα.

Οι απαραίτητες βιβλιοθήκες για την υλοποίηση της κατασκευής, όπως φαίνεται παρακάτω, μας επιτρέπουν την επικοινωνία με το Ethernet Shield, καθώς και την ανταλλαγή δεδομένων με το Serial Monitor.

```
#include <Ethernet.h>
#include <SPI.h>
#include <SoftwareSerial.h>
```

Στη συνέχεια, αρχικοποιήθηκαν όλες οι μεταβλητές που θα χρησιμοποιηθούν, είτε στο κύριο σώμα του κώδικα, είτε σε συναρτήσεις που θα το συμπληρώνουν.

```
//Αρχικοποίηση Μεταβλητών Θερμοκρασιακού Συστήματος
int Temp;
int TempReading;
int TempSensor = A0; //Θύρα Θερμοκρασιακού Αισθητήρα
int SafetyTemp=60; //Όριο Ηλ. Θερμοσίφωνα
int CheckIsOK;

//Αρχικοποίηση Μεταβλητών Χρονόμετρου
unsigned long start = 0;
unsigned long finished = 0;
unsigned long elapsed = 0;
int Clock =0;
float h, m, s, ms;
unsigned long over;

//Αρχικοποίηση DataSheet PT100
float in[] = { 100.00, 100.39, 100.78, 101.17, 101.56, 101.95, 102.34, 102.73, 103.12, 103.51,
              103.90, 104.29, 104.68, 105.07, 105.46, 105.85, 106.24, 106.63, 107.02, 107.40,
              107.79, 108.18, 108.57, 108.96, 109.35, 109.73, 110.12, 110.51, 110.90, 111.29,
              111.67, 112.06, 112.45, 112.83, 113.22, 113.61, 114.00, 114.38, 114.77, 115.15,
              115.54, 115.93, 116.31, 116.70, 117.08, 117.47, 117.86, 118.24, 118.63, 119.01,
              119.40, 119.78, 120.17, 120.55, 120.94, 121.32, 121.71, 122.09, 122.47, 122.86,
              123.24, 123.63, 124.01, 124.39, 124.78, 125.16, 125.54, 125.93, 126.31, 126.69,
              127.08, 127.46, 127.84, 128.22, 128.61, 128.99, 129.37, 129.75, 130.13, 130.52,
              130.89, 131.27, 131.66, 132.04, 132.42, 132.80, 133.18, 133.56, 133.94, 134.32 };

int R1 = 217; //Δήλωση Αντίστασης Διαιρέτη Τάσης
```

```

//Αρχικοποίηση Μεταβλητών Μετρητή Ενέργειας
const int meterPin = 24; //θύρα λήψης Πλαμών Μετρητή
int pulseCount = 0; //Μετρητής Παλμών
int meterState = 0; //Τρέχουσα Κατάσταση
int lastMeterState = 0; //Προηγούμενη Κατάσταση
double pulsePerkWh = 0.001; //Νούμερο Παλμών ανά kWh
float kW = 0;
float kWh=0;
float initialTime=0;
float stopTime=0;
float timeDuration=0;
float timeCurrent=0;

//Αρχικοποίηση Μεταβλητών Κατάστασης
int StatusKitchen;
int StatusButtonKitchen;
int FeedbackKitchenStatus;
int HChangeSwitch1Status;
int HChangeSwitch2Status;

int StatusHeater;
int StatusButtonHeater;
int FeedbackHeaterStatus;

int AutoH;
int ManualH;

//Αρχικοποίηση Θυρών Relay
int RelayH=6;
int RelayK=7;

//Αρχικοποίηση Θυρών Διακοπιών
int ButtonKitchen=26; //Button Κουζίνας

int FeedbackHeater=25; //Ανάδραση Relay Ηλ. Θερμοσίφωνα
int FeedbackKitchen=27; //Ανάδραση Κουζίνας

int HChangeSwitch1=22; //Διακόπτης 1-0-2 Ηλ. Θερμοσίφωνα
int HChangeSwitch2=23;

// MAC address για το Ethernet shield
byte mac[] = { 0x90, 0xA2, 0xDA, 0x0F, 0xC9, 0xDB };
byte ip[] = { 192, 168, 10, 100 };

EthernetServer server(80); // Δημιουργία server στη θύρα 80
String readString;
String HTTP_req; // Μεταβλητή HTTP request

```

Επόμενο βήμα, ήταν ο ορισμός κάθε ψηφιακής και αναλογικής θύρας του μικροελεγκτή σαν είσοδο ή έξοδο. Χρησιμοποιώντας την δυνατότητα INPUT\_PULLUP στις ψηφιακές θύρες θα μπορούσαμε να ανιχνεύουμε ευκολότερα της αλλαγές των ηλεκτρονόμενων του συστήματος. Επίσης, σε αυτό το βήμα καθορίζεται και ο server, καθώς και η δικτυακή του διεύθυνση.

```

void setup()
{
  pinMode(RelayK, OUTPUT);    //Δήλωση θυρών Relay Arduino
  pinMode(RelayH, OUTPUT);
  digitalWrite(RelayK, HIGH);
  digitalWrite(RelayH, HIGH);

  pinMode(meterPin, INPUT_PULLUP);

  pinMode(ButtonKitchen, INPUT_PULLUP);

  pinMode(FeedbackHeater, INPUT_PULLUP);
  pinMode(FeedbackKitchen, INPUT_PULLUP);

  pinMode(HChangeSwitch1, INPUT_PULLUP);
  pinMode(HChangeSwitch2, INPUT_PULLUP);

  Ethernet.begin(mac, ip); // Αρχικοποίηση συσκευής Ethernet
  server.begin();         // Έναρξη επικοινωνίας με clients
  Serial.begin(9600);

  Serial.print("server is at ");
  Serial.println(Ethernet.localIP());
  UpdateVariables();
}

```

Πριν αναλύσουμε το κύριο κομμάτι του κώδικα που θα εκτελείται συνεχώς, θα παρουσιάσουμε όλες τις συναρτήσεις που δημιουργήθηκαν, καθώς και τις λειτουργίες που εξυπηρετούν. Αρχικά, δημιουργήσαμε την συνάρτηση TempConverter(int x), η οποία δέχεται σαν όρισμα την τάση από τους θερμοκρασιακούς αισθητήρες και την μετατρέπει σε βαθμούς Κελσίου.

```

int TempConverter(int x)
{
  float tempC;
  tempC = (5.0 * TempReading * 100.0) / 1024.0;
  Serial.print(tempC);
  Serial.println(" degrees C");
  return tempC;
}

```

Η συνάρτηση UpdateVariables() μας επιτρέπει να ελέγχουμε, κάθε φορά που καλείται, την κατάσταση όλων των αναδράσεων από τους ηλεκτρονόμους και τους διακόπτες και να ενημερώνουμε εν συνεχεία την ιστοσελίδα.

```

void UpdateVariables()
{
  UpdateKitchenButtons();
  UpdateHeaterButtons();
  HChangeSwitch1Status = digitalRead(HChangeSwitch1);
  HChangeSwitch2Status = digitalRead(HChangeSwitch2);
  if (FeedbackKitchenStatus == 0)
  {
    Serial.println("Kitchen-ON\n");
  }
  else
  {
    Serial.println("Kitchen-OFF\n");
  }

  if (HChangeSwitch1Status == 0)
  {
    ManualH = 0;
    AutoH = 1;
    if (FeedbackHeaterStatus == 0)
    {
      Serial.println("Heater-Automation-ON\n");
    }
    else
    {
      Serial.println("Heater-Automation-OFF\n");
    }
  }
  else if (HChangeSwitch2Status == 0)
  {
    ManualH = 1;
    AutoH = 0;
    Serial.println("Heater-Manual-ON\n");
  }
  else
  {
    ManualH = 1;
    AutoH = 0;
    Serial.println("Heater-Manual-OFF\n");
  }
}

```

Μέσω της συνάρτησης CheckHeater(int x), μπορούμε να ορίσουμε το επιθυμητό θερμοκρασιακό όριο του ηλεκτρικού θερμοσίφωνα και παράλληλα να ελέγχουμε ότι η συνθήκη τηρείται.

```

int CheckHeater(int x)
{
  int CheckIsOK = true;
  int CurrentTemp = x;
  if ( CurrentTemp > SafetyTemp ) //Έλεγχος θερμοκρασίας
  {
    CallHeaterOFF();
    CheckIsOK = false;
  }
  return CheckIsOK; //Επιστροφή Ελέγχου
}

```

Οι συναρτήσεις pulse() και output() μας επιτρέπουν να μετράμε τους παλμούς του μετρητή ενέργειας και να έχουμε ταυτόχρονη ενημέρωση στο Serial Monitor της πλατφόρμας. Ο μετρητής ενέργειας που χρησιμοποιήθηκε αποστέλει 1000 παλμούς ανά kWh. Μέσω του προγραμματισμού του μικροελεγκτή, καταμετρούνται οι παλμοί που λαμβάνει και στη συνέχεια τυπώνει το αποτέλεσμα. Επίσης, η συνάρτηση pulse() μετατρέπει τους παλμούς σε kWh.

```

float pulse() {
  if (pulseCount==0) //Κατά τον 1ο Παλμό, αποθηκεύεται ο χρόνος
  {
    initialTime=millis();
    Serial.println("Αρχικός Χρόνος");
    Serial.println(initialTime);
  }
  timeCurrent = millis();
  //Ανάγνωση θύρας Μετρητή
  if (!digitalRead(meterPin))
  {
    pulseCount++; //Αύξηση Μετρητή Παλμών
    timeCurrent = millis();
    timeDuration = timeCurrent - initialTime; //Υπολογισμός Διαφοράς Χρόνου
  }

  if (pulseCount==1000) //Κατά τον 1000ο Παλμό μετράμε τον χρόνο για την κατανάλωση 1kWh
  {
    stopTime==millis();
    Serial.println("Stop Time");
    Serial.print(stopTime);
    Serial.println("Duration ");
    Serial.print(timeDuration);
    delay(5000);
  }

  kWh = pulseCount * pulsePerkWh; //Υπολογισμός kWh
  kW = kWh / 3600.0; //Υπολογισμός kW

  output();
  return kWh; //Επιστροφή kWh
}

```

```

void output() {
// Εκτύπωση Αποτελεσμάτων Μετρητή

Serial.println(" | Power (kW): ");
Serial.print(kW, 6);
Serial.print(" | Energy (kWh): ");
Serial.print(kWh, 6);
Serial.print(" | Time: ");
Serial.print(timeDuration, 0);
Serial.print(" | Pulse Count: ");
Serial.print(pulseCount);

}

```

Η συνάρτηση readPT100(float val, float\* \_in, uint8\_t size) μας επιτρέπει να υπολογίζουμε την θερμοκρασία του ηλεκτρικού θερμοσίφωνα μέσω του εμβαπτιζόμενου αισθητήρα PT100. Χρησιμοποιώντας έναν διαιρέτη τάσεως 220Ω, λαμβάνουμε την τιμή της αντίστασης του αισθητήρα PT100 και μέσω του πίνακα των προδιαγραφών υπολογίζουμε την τιμή της θερμοκρασίας.

```

//RTD Temperature
float readPT100(float val, float* _in, uint8_t size)
{
// Υπολογισμός Αν η θερμοκρασία είναι εντός ορίων
if (val < _in[0] ) return -99.99;
if (val > _in[size-1] ) return 99.99;

// Αναζήτηση θερμοκρασίας από το DataSheet
uint8_t pos = 0;
while(val > _in[pos]) pos++;

if (val == _in[pos]) return pos;

float r1 = _in[pos-1];
float r2 = _in[pos];
int c1 = pos-1;
int c2 = pos;

return c1 + (val - r1) / (r2-r1) * (c2-c1); //Επιστροφή θερμοκρασίας
}

```

Τέλος, οι τέσσερις πιο σημαντικές συναρτήσεις είναι οι CallKitchenON, CallKitchenOFF, CallHeaterON και CallHeaterOFF, γιατί είναι υπεύθυνες για την υλοποίηση κάθε εντολής του χρήστη μέσω της αλλαγής κατάστασης του ηλεκτρονόμου κάθε συσκευής. Κάθε φορά που καλείται μια από αυτές τις 4 συναρτήσεις, ο μικροελεγκτής δίνει εντολή να κλείσει ή να ανοίξει ο ηλεκτρονόμος κάθε συστήματος, που με την σειρά του θα ενεργοποιήσει ή απενεργοποιήσει τον κύριο ηλεκτρονόμο. Η συνάρτηση GetAjaxData(EthernetClient cl) θα αναλυθεί μαζί με την συνάρτηση void loop().

```

void CallHeaterON(){
  UpdateVariables(); //Ανανέωση Κατάστασης Ηλ. Θερμοσίφωνα
  if (HChangeSwitch1Status == 0) //Έλεγχος αν ο Ηλ. Θερμοσίφωνα είναι OFF
  {
    Serial.println(FeedbackHeaterStatus);
    if (FeedbackHeaterStatus == 1)
    {
      Serial.println("Automation - Heater ON\n");
      digitalWrite(RelayH, LOW); //Relay Ηλ. Θερμοσίφωνα από OFF σε ON
    }
  }
  else if (HChangeSwitch1Status == 1)
  {
    Serial.println("Manual\n");
  }
  else
  {
    Serial.println("Manual\n");
  }
}

```

```

void CallHeaterOFF(){
  UpdateVariables(); //Ανανέωση Κατάστασης Ηλ. Θερμοσίφωνα
  if (HChangeSwitch1Status == 0) //Έλεγχος αν ο Ηλ. Θερμοσίφωνα είναι ON
  {
    Serial.println(FeedbackHeaterStatus);
    if (FeedbackHeaterStatus == 0)
    {
      Serial.println("Automation - Heater OFF"); //Relay Ηλ. Θερμοσίφωνα από ON σε OFF
      digitalWrite(RelayH, HIGH);
    }
  }
  else if (HChangeSwitch1Status == 1)
  {
    Serial.println("Manual\n");
  }
  else
  {
    Serial.println("Manual\n");
  }
}

```

```

void CallKitchenON() {
  UpdateVariables(); //Ανανέωση Κατάστασης Κουζίνας
  Serial.println(FeedbackKitchenStatus);
  if (FeedbackKitchenStatus == 1) //Έλεγχος αν η Κουζίνα είναι OFF
  {
    Serial.println("Kitchen ON\n");
    digitalWrite(RelayK, LOW); //Relay Κουζίνας ON
    delay(1000); //Αναμονή 1 sec
    digitalWrite(RelayK, HIGH); //Relay Κουζίνας OFF
  }
  else
  {
    Serial.println("Kitchen is already ON\n");
  }
}
}

```

```

void CallKitchenOFF() {
  UpdateVariables(); //Ανανέωση Κατάστασης Κουζίνας
  Serial.println(FeedbackKitchenStatus);
  if (FeedbackKitchenStatus == 0) //Έλεγχος αν η Κουζίνα είναι ON
  {
    Serial.println("Kitchen OFF\n");
    digitalWrite(RelayK, LOW); //Relay Κουζίνας ON
    delay(1000); //Αναμονή 1 sec
    digitalWrite(RelayK, HIGH); //Relay Κουζίνας OFF
  }
  else
  {
    Serial.println("Kitchen is already OFF\n");
  }
}
}

```

Το κύριο κομμάτι του κώδικα βρίσκεται στην συνάρτηση void loop() και είναι το τμήμα του κώδικα που θα εκτελείται συνεχώς. Σε αυτό το τμήμα του κώδικα δημιουργείται η ιστοσελίδα χρησιμοποιώντας την τεχνολογία Ajax. Μέσω της τεχνολογίας Ajax, το περιβάλλον εργασίας θα είναι πιο διαδραστικό και γρήγορο στην ανανέωση των δεδομένων.



```

void GetAjaxData(EthernetClient cl)
{
    cl.print(F("<table border=\\"1\" align=\\"center\>"));
    cl.print(F("<tr align=\\"center\>"));
    cl.print(F("<td><a href=\\"/?Button1ON\> Turn ON Kitchen </a><td/>"));
    cl.print(F("<br />"));
    cl.print(F("<br />"));
    cl.print(F("<br />"));
    cl.print(F("<td><a href=\\"/?Button2ON\>Turn ON Heater</a><td/>"));
    cl.print(F("<tr/>"));
    cl.print(F("<tr align=\\"center\>"));
    cl.print(F("<br />"));
    cl.print(F("<br />"));
    cl.print(F("<br />"));
    cl.print(F("<td><a href=\\"/?Button1OFF\> Turn OFF Kitchen </a><td/>"));
    cl.print(F("<br />"));
    cl.print(F("<br />"));
    cl.print(F("<br />"));
    cl.print(F("<td><a href=\\"/?Button2OFF\>Turn OFF Heater</a><td/>"));
    cl.print(F("<tr/>"));
    cl.print(F("<tr align=\\"center\>"));
    UpdateKitchenButtons();
    if(FeedbackKitchenStatus==0)
    {
        cl.print(F("<td><a href=\\"/?StatusButton1ON\> Current Status Kitchen:ON </a><br /><td/>"));
        cl.print(F("<br />"));
        cl.print(F("<br />"));
        cl.print(F("<br />"));
    }
    else
    {
        cl.print(F("<td><a href=\\"/?StatusButton1OFF\> Current Status Kitchen:OFF </a><br /><td/>"));
        cl.print(F("<br />"));
        cl.print(F("<br />"));
        cl.print(F("<br />"));
    }
}
UpdateHeaterButtons();
if(FeedbackHeaterStatus==0)
{
    cl.print(F("<td><a href=\\"/?StatusButton2ON\> Current Status Heater:ON </a><br /><td/>"));
    cl.print(F("<tr/>"));
}
else
{
    cl.print(F("<td><a href=\\"/?StatusButton2OFF\> Current Status Heater:OFF </a><br /><td/>"));
    cl.print(F("<tr/>"));
}
cl.print(F("<tr align=\\"center\>"));
cl.print(F("<br />"));
cl.print(F("<br />"));
cl.print(F("<br />"));
cl.print(F("<td><a href=\\"/?StatusButton2AUTO\> Kitchen: AUTO - MANUAL </a><br /><td/>"));
cl.print(F("<br />"));
cl.print(F("<br />"));
cl.print(F("<br />"));
UpdateVariables();
if (HChangeSwitch1Status==0)
{
    cl.print(F("<td><a href=\\"/?StatusButton2AUTO\> Current Status Heater:AUTO </a><br /><td/>"));
    cl.print(F("<tr/>"));
}
else
{
    cl.print(F("<td><a href=\\"/?StatusButton2MANUAL\> Current Status Heater:MANUAL </a><br /><td/>"));
    cl.print(F("<tr/>"));
}
}

```

```

cl.print(F("</table>"));
cl.print(F("</table>"));
cl.print(F("<br>Heater's temperature: "));
int pt100 = analogRead(2);
float Vout = pt100 * (4.7 / 1023.0);
float buffer= (4.7/Vout) -1;
float R2 = (R1 * buffer)-3;
//float R2 = 120;
Serial.println("R2");
Serial.println(R2);
Temp = readPT100(R2,in,90);
cl.println(Temp);
cl.print(F("<br />"));
cl.print(F("<br>Heater's Limit: "));
cl.print(SafetyTemp);
int CheckResult = CheckHeater(Temp);
if (CheckResult){
  cl.print(F("<br />"));
  cl.print(F("<br>Temperature is Below Limit"));
}
else{
  cl.print(F("<br />"));
  cl.print(F("<br>Temperature is Above Limit"));
}
cl.print(F("<br />"));
cl.print(F("<br />"));
if (Clock == 1)
{
  elapsed = finished - start;
  h = int(elapsed / 3600000);
  over = elapsed % 3600000;
  m = int(over / 60000);
  over = over % 60000;
  s = int(over / 1000);
  ms = over % 1000;
  Clock = 0;
}
cl.print(F("Raw elapsed time: "));
cl.print(elapsed);
cl.print(F("<br />"));
cl.print(F("<br />"));
cl.print(F("Elapsed time: "));
cl.print(h, 0);
cl.print(F("h "));
cl.print(m, 0);
cl.print(F("m "));
cl.print(s, 0);
cl.print(F("s "));
cl.print(ms, 0);
cl.print(F("ms "));
cl.print(F("<br />"));
cl.print(F("<br />"));
if (meterState == 1)
{
  float kWh = pulse();
}
cl.print(F("Heater's Power Consumption:"));
cl.print(kWh ,3);
cl.print(F(" kWh"));
cl.print(F("<br />"));
cl.print(F("<br />"));
cl.print(F("<br />"));
cl.print(F("<br />"));
cl.print(F("<a href='\"javascript:history.go(0)\"'>Click to refresh the page</a>"));
cl.print(F("<br />"));
cl.print(F("<br />"));
cl.print(F("<a href='\"/?ResetTime\"' style='\"background-color:black\"'>Reset Time</a><a href='\"/?ResetMeter\"' style='\"background-color:black\"'>Reset Power Meter</a><br />"));
if (readString.indexOf(">Reset") >0)
{
  kWh = 0;
}
cl.print(F("<br />"));
cl.print(F("<p>Created by Kyriakos Kaparelis</p>"));
cl.print(F("<META HTTP-EQUIV='\"refresh\"' CONTENT='\"3\">"));
cl.print(F("<br />"));
}

```

Ο αλγόριθμος που υλοποιήθηκε, αρχικά, δημιουργεί μια σύνδεση μεταξύ του μικροελεγκτή και της ιστοσελίδας. Εάν δεν πραγματοποιηθεί η σύνδεση τότε ο αλγόριθμος δεν προχωράει μέχρι να γίνει σύνδεση. Μόλις πραγματοποιηθεί η σύνδεση ο μικροελεγκτής κάνει Request για να λάβει το String και σύμφωνα με το String που λαμβάνεται καθορίζονται οι ενέργειες που θα εκτελεστούν και το πώς θα μεταβληθούν οι καταστάσεις στους ηλεκτρονόμους.

```

void loop()
{
  EthernetClient client = server.available(); // try to get client
  UpdateVariables();
  Serial.println("Kollisa6");
  if (client) { // got client?
    boolean currentLineIsBlank = true;
    while (client.connected()) {
      if (client.available()) { // client data available to read
        char c = client.read(); // read 1 byte (character) from client
        //read char by char HTTP request
        if (readString.length() < 100) {
          //store characters to string
          readString += c;
          //Serial.print(c);
        }

        //HTTP_req += c; // save the HTTP request 1 char at a time
        // last line of client request is blank and ends with \n
        // respond to client only after last line received
        if (c == '\n' && currentLineIsBlank) {
          Serial.println(readString); //print to serial monitor for debugging
          // send a standard http response header
          client.println("HTTP/1.1 200 OK");
          client.println("Content-Type: text/html");
          client.println("Connection: keep-alive");
          client.println();

          // AJAX request for switch state
          if (HTTP_req.indexOf("ajax_switch") > -1) {
            // read switch state and analog input
            GetAjaxData(client);
          }
          else { // HTTP request for web page
            // send web page - contains JavaScript with AJAX calls
            client.println("<!DOCTYPE html>");
            client.println("<html>");
            client.println("<head>");
            client.println("<title>Inter-Departmental Postgraduate Programme \"Automation Systems\" Project</title>");
            client.println("<meta name='apple-mobile-web-app-capable' content='yes' />");
            client.println("<meta name='apple-mobile-web-app-status-bar-style' content='black-translucent' />");
            client.println("<link rel='stylesheet' type='text/css' href='http://randomnerdtutorials.com/ethernetcss.css' />");
            client.println("<meta name='viewport' content='width=device-width, user-scalable=yes'/>");
            client.println("<script>");
            client.println("function GetSwitchAnalogData() {");
            client.println("nocache = \"%snocache=\" + Math.random() * 1000;");
            client.println("var request = new XMLHttpRequest();");
            client.println("request.onreadystatechange = function() {");
            client.println("if (this.readyState == 4) {");
            client.println("if (this.status == 200) {");
            client.println("if (this.responseText != null) {");
            client.println("document.getElementById(\"sw_an_data\").innerHTML = this.responseText;");
            client.println("}}}}");
            client.println("request.open(\"GET\", \"ajax_switch\" + nocache, true);");
            client.println("request.send(null);");
            client.println("setTimeout('GetSwitchAnalogData()', 5000);");
            client.println("}");
            client.println("</script>");
            client.println("</head>");
            client.println(F("<H1>Smart Home Automation</H1>"));
            client.println(F("<hr />"));
            client.println(F("<br />"));
            client.println("<H2>Arduino with Ethernet Shield</H2>");
            client.println(F("<br />"));
            client.println(F("<table border='1' align='center'>"));
            client.println("<body onload='GetSwitchAnalogData()'>");
            client.println("<div id='sw_an_data'>");
            client.println("</div>");
            client.println("</body>");
            client.println("</html>");
          }
        }
      }
    }
  }
}

```

```

        // display received HTTP request on serial port
        Serial.print(HTTP_req);
        HTTP_req = ""; // finished with request, empty string
        break;
    }
    // every line of text received from the client ends with \r\n
    if (c == '\n') {
        // last character on line of received text
        // starting new line with next character read
        currentLineIsBlank = true;
    }
    else if (c != '\r') {
        // a text character was received from client
        currentLineIsBlank = false;
    }
} // end if (client.available())
} // end while (client.connected())
delay(1); // give the web browser time to receive the data

```

```

//controls the Arduino if you press the buttons
if (readString.indexOf("?Button1ON") >0)
{
    CallKitchenON();
}
if (readString.indexOf("?Button1OFF") >0)
{
    CallKitchenOFF();
}
if (readString.indexOf("?Button2ON") >0)
{
    start = millis();
    delay(200); // for debounce
    Serial.println("Started...");
    CallHeaterON();
    meterState = 1;
    Clock = 0;
}
if (readString.indexOf("?Button2OFF") >0)
{
    finished = millis();
    delay(200); // for debounce
    CallHeaterOFF();
    meterState = 0;
    Clock = 1;
}
if (readString.indexOf("?ResetMeter") >0)
{
    kWh = 0;
}
if (readString.indexOf("?ResetTime") >0)
{
    elapsed = 0;
    h = 0;
    m = 0;
    s = 0;
    ms = 0;
}
//clearing string for next read
readString="";
client.stop(); // close the connection
} // end if (client)
client.stop(); // close the connection
}

```

Παρακάτω φαίνεται το περιβάλλον της ιστοσελίδας καθώς και οι επιλογές και οι πληροφορίες που επιστρέφει ο μικροελεγκτής.

---

## Smart Home Automation

---

### Arduino with Ethernet Shield

|                         |                                |
|-------------------------|--------------------------------|
| Ενεργοποίηση Κουζίνας   | Ενεργοποίηση Ηλ. Θερμοσίφωνα   |
| Ενεργοποίηση Κουζίνας   | Απενεργοποίηση Ηλ. Θερμοσίφωνα |
| Κατάσταση Κουζίνας: OFF | Κατάσταση Ηλ. Θερμοσίφωνα: OFF |
| Κουζίνα: AUTO - MANUAL  | Ηλ. Θερμοσίφωνα: MANUAL        |

Θερμοκρασία Ηλ. Θερμοσίφωνα: 51

Θερμοκρασιακό Όριο Ηλ. Θερμοσίφωνα: 60

Θερμοκρασία κάτω του Όριου

Καθαρός Χρόνος Λειτουργίας: 0

Χρόνος Λειτουργίας: 0h 0m 0s 0ms

Κατανάλωση Ηλ. Θερμοσίφωνα: 0.000 kWh

Μηδενισμός Χρόνου    Μηδενισμός Μετρητή Ενέργειας

Ανανέωση Σελίδας

Δημιουργία Κυριάκου Καπαρέλη

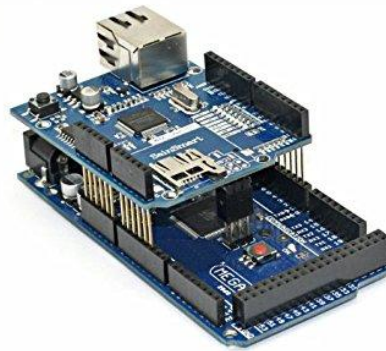
Εικόνα 3.3: Διαδικτυακό Περιβάλλον Διεπαφής

### 3.3 ΣΥΝΔΕΣΜΟΛΟΓΙΑ

Η συνδεσμολογία του συστήματος, για λόγους παρουσίασης, θα χωριστεί σε 2 τμήματα. Το πρώτο τμήμα αναφέρεται στην συνδεσμολογία του Arduino με όλα τα στοιχεία που το αποτελούν, ενώ στο δεύτερο παρουσιάζεται η οικιακή ηλεκτρολογική εγκατάσταση. Τέλος, θα παρουσιαστεί η διασύνδεση των δύο συστημάτων και πως αυτά αλληλοεπιδρούν μεταξύ τους

#### 3.3.1 ΣΥΝΔΕΣΜΟΛΟΓΙΑ ARDUINO

Ο πυρήνας του τμήματος του μικροελεγκτή είναι ουσιαστικά η πλατφόρμα Arduino συνδεδεμένο με το Ethernet Shield. Η σύνδεση αυτή πραγματοποιείται, όπως φαίνεται στην Εικόνα 3.4, και στηρίζεται στην σχεδίαση του Ethernet Shield και την αρμονική αντιστοίχιση των pins. Αυτός ο συνδυασμός μας προσφέρει την καταγραφή των τιμών των αισθητήρων, καθώς και την αποστολή δεδομένων.



Εικόνα 3.4: Σύνδεση Arduino Mega – Ethernet Shield

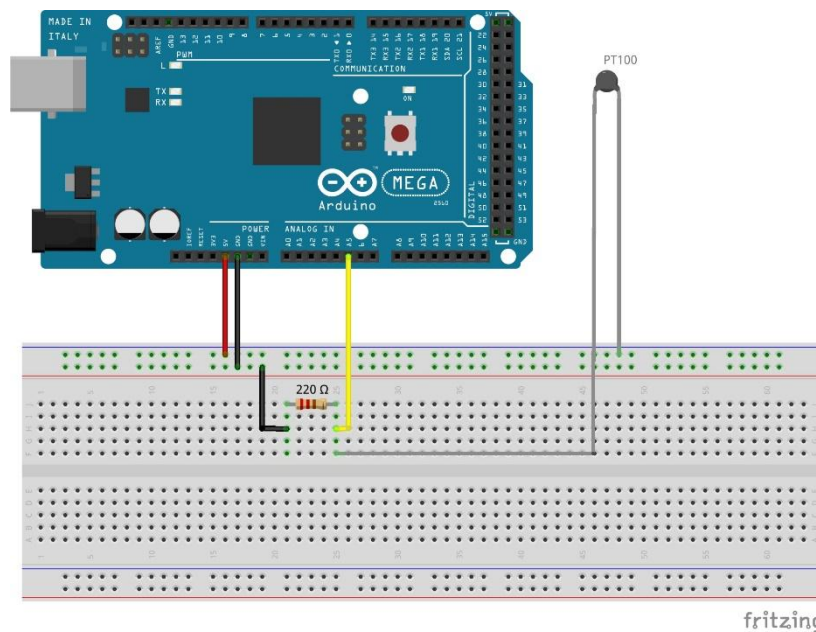


Επίσης, χρησιμοποιήθηκε ο βιομηχανικός αισθητήρας PT100, προσφέροντας μας μεγαλύτερη ακρίβεια στις μετρήσεις, τόσο από τον αρχικό σχεδιασμό του, όσο και από το γεγονός ότι ήταν εμβαπτισμένος στον ηλεκτρικό θερμοσίφωνα.



Εικόνα 3.7: Αισθητήρας Θερμοκρασίας PT 100

Αναλυτικότερα, το ένα pin του αισθητήρα συνδέθηκε με την τάση των 5V, ενώ η επιστροφή της τάσης με την αναλογική θύρα A5, μέσω ενός διαιρέτη τάσης.



Εικόνα 3.8: Διάγραμμα σύνδεσης Αισθητήρα PT100 – Arduino Mega



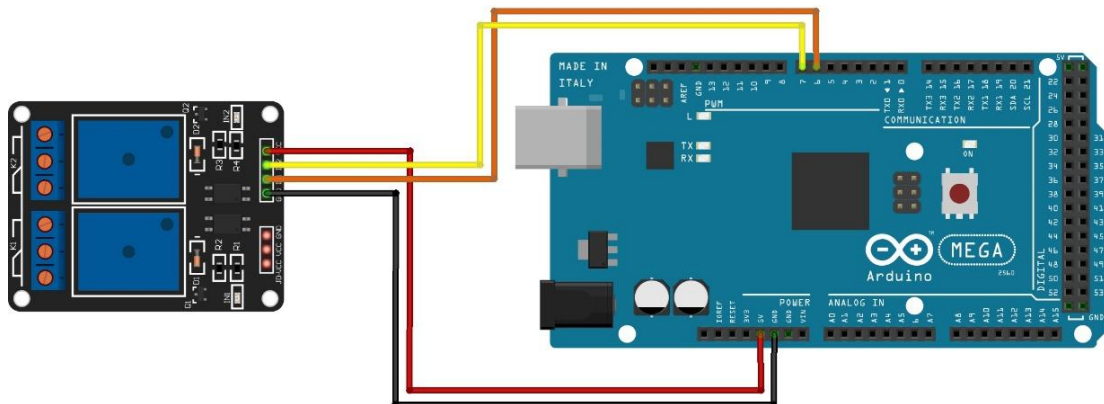
### 3.3.1.2 ΣΥΝΔΕΣΜΟΛΟΓΙΑ ΗΛΕΚΤΡΟΝΟΜΩΝ ARDUINO

Τέλος, πραγματοποιήθηκε και η σύνδεση των δύο ηλεκτρονόμων με την πλατφόρμα Arduino, μέσω των οποίων ήταν εφικτός ο έλεγχος των ηλεκτρονόμων της οικιακής εγκατάστασης.



Εικόνα 3.9: Σύνδεση Ηλεκτρονόμων Arduino

Αναλυτικότερα, όπως φαίνεται στην Εικόνα 3.9, το module τροφοδοτείται με τάση 5V και παράλληλα γειώνεται. Μέσω των ψηφιακών θυρών 6 και 7 η πλατφόρμα Arduino στέλνει σήματα για το άνοιγμα ή το κλείσιμο των Relay.



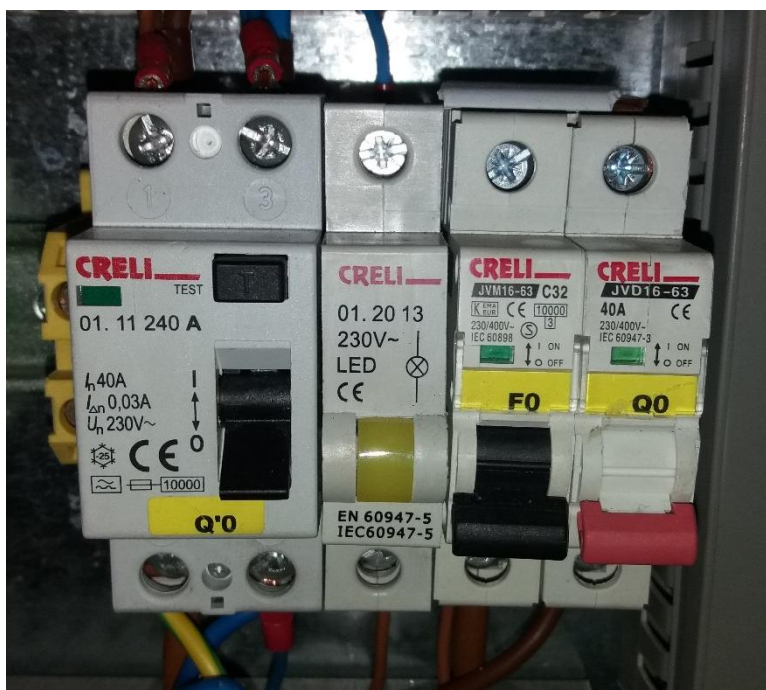
Εικόνα 3.10: Διάγραμμα σύνδεσης Ηλεκτρονόμων – Arduino Mega

### 3.3.2 ΣΥΝΔΕΣΜΟΛΟΓΙΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΟΥ ΠΙΝΑΚΑ

Κατά την υλοποίηση της συνδεσμολογίας του οικιακού ηλεκτρολογικού πίνακα, λάβαμε υπόψιν μας πρακτικές που χρησιμοποιούνται σε μεγάλη κλίμακα στις σημερινές εγκαταστάσεις, καθώς και τους πιθανούς τρόπους επικοινωνίας και ανάδρασης του συστήματος με τον μικροελεγκτή μας.

Το γενικό σύστημα μας περιλαμβάνει:

- Γενικό Ηλεκτρονόμο Διαρροής
- Ενδεικτική Λυχνία
- Ασφάλεια 32Α
- Διακόπτη Φορτίου 40Α

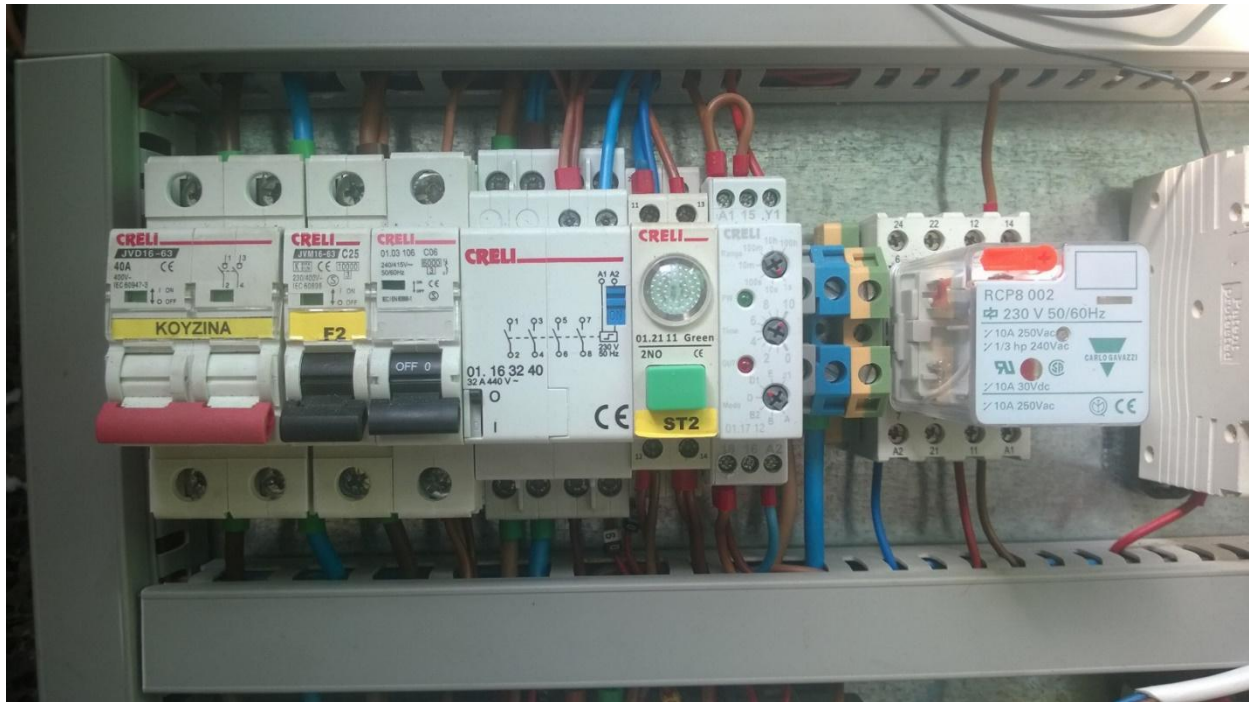


Εικόνα 3.11: Συνδεσμολογία Γενικού Στοιχείων Παροχής

### 3.3.2.1 ΣΥΝΔΕΣΜΟΛΟΓΙΑ ΚΟΥΖΙΝΑΣ

Τα στοιχεία που χρησιμοποιήθηκαν, όπως φαίνονται στην Εικόνα 3.12 για την κατασκευή του μπλοκ της κουζίνας είναι τα εξής:

- Διακόπτης Φορτίου 40A
- Ασφάλεια 25A
- Διακόπτης ON – OFF
- Βηματοπορικός Ηλεκτρονόμος
- Ενδεικτική Λυχνία με κουμπί
- Χρονικός Ηλεκτρονόμος
- Ηλεκτρονόμος Λυχνίας 8 Pins



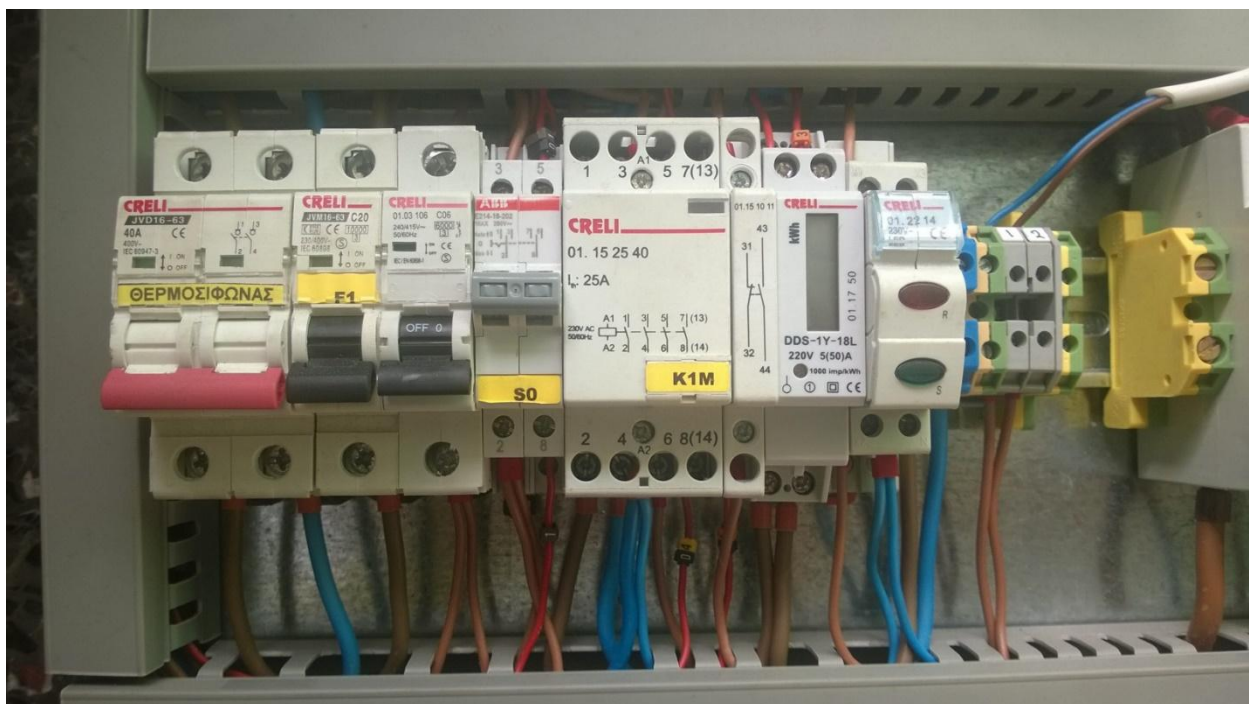
Εικόνα 3.12: Συνδεσμολογία κουζίνας

Ο τρόπος λειτουργίας της συνδεσμολογίας στηρίζεται στην ύπαρξη του Βηματοπορικού Ηλεκτρονόμου ή Ρελέ Καστάνιας. Ο συγκεκριμένος ηλεκτρονόμος ενεργοποιείται όταν λάβει για ένα μικρό χρονικό διάστημα Τάση Ρεύματος, ενώ απενεργοποιείται με τον ίδιο τρόπο. Την ανάδραση της κατάστασης του ηλεκτρονόμου την ανιχνεύουμε, χρησιμοποιώντας μια από τις 4 διαθέσιμες επαφές που διαθέτει. Ο διακόπτης ON – OFF, καθώς και το κουμπί της λυχνίας, μας επιτρέπουν να επεμβαίνουμε στο σύστημα χειροκίνητα, κυρίως όταν βρισκόμαστε μέσα στο σπίτι. Τέλος, χρησιμοποιήθηκε ο χρονικός ηλεκτρονόμος, ώστε να δοθεί η απαιτούμενη τάση, όταν απενεργοποιείται χειροκίνητα ο ηλεκτρονόμος.

### 3.3.2.2 ΣΥΝΔΕΣΜΟΛΟΓΙΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΘΕΡΜΟΣΙΦΩΝΑ

Στην περίπτωση του ηλεκτρικού θερμοσίφωνα, δεν χρησιμοποιήθηκε βηματοπορικός ηλεκτρονόμος, αλλά ηλεκτρονόμος θερμάνσεως. Αναλυτικά, χρησιμοποιήθηκαν τα εξής υλικά:

- Διακόπτης Φορτίου 40A
- Ασφάλεια 25A
- Διακόπτης 3 επιλογών
- Ηλεκτρονόμος Θερμάνσεως
- Επαφή ψυχρής ανάδρασης
- Μετρητής Ενέργειας
- Ενδεικτικές Λυχνίες



Εικόνα 3.13: Συνδεσμολογία Ηλεκτρικού Θερμοσίφωνα

Ο τρόπος λειτουργίας της συνδεσμολογίας του ηλεκτρικού θερμοσίφωνα στηρίχθηκε στην κλασική προσέγγιση, που εφαρμόζεται στις σημερινές εγκαταστάσεις. Σε αυτή την προσέγγιση προστέθηκε ένας μετρητής ενέργειας, ο οποίος είναι συνδεδεμένος και με την πλατφόρμα Arduino, καθώς και μια επαφή ψυχρής ανάδρασης, η οποία επιστρέφει την κατάσταση του ηλεκτρονόμου στον μικροελεγκτή μας.

### 3.3.3 ΣΥΝΔΕΣΜΟΛΟΓΙΑ ARDUINO – ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΟΥ ΠΙΝΑΚΑ

Η σύνδεση της πλατφόρμας Arduino με τον ηλεκτρολογικό πίνακα περιλαμβάνει τον χειρισμό των ηλεκτρονόμων ισχύος του πίνακα από τους ηλεκτρονόμους της πλατφόρμας, καθώς και την επιστροφή των αναδράσεων των ηλεκτρονόμων ισχύος στην πλατφόρμα.

Αρχικά, όπως φαίνεται στο κεφάλαιο της συνδεσμολογίας των ηλεκτρονόμων της πλατφόρμας Arduino, οι ηλεκτρονόμοι τροφοδοτούνται με 5V από το Arduino στις θύρες εισόδου, όπου λαμβάνουν και τα σήματα των εντολών. Ταυτόχρονα, οι θύρες εξόδου NO και COM έχουν συνδεθεί και τροφοδοτούνται με 220V. Όταν η πλατφόρμα Arduino μεταβιβάσει σήμα αλλαγής κατάστασης στον ηλεκτρονόμο του συστήματος της κουζίνας, τότε ο ηλεκτρονόμος θα μεταβιβάσει με την σειρά του ένα σήμα 2 δευτερολέπτων στον βηματοπορικό ηλεκτρονόμο, ο οποίος θα αλλάξει την κατάσταση της κουζίνας. Για το σύστημα του ηλεκτρικού θερμοσίφωνα, η λειτουργία και των δύο ηλεκτρονόμων στηρίζεται στην δυαδική κατάσταση ON/OFF. Τα ηλεκτρολογικά σχέδια παρουσιάζονται στο Παράρτημα Γ.



Εικόνα 3.14: Συνδεσμολογία Συστήματος

### 3.4 ΚΟΣΤΟΣ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ

Ένα τυπικό κόστος της κατασκευής ανέρχεται στα 283 € όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα. Το κόστος αυτό θα μπορούσε να μειωθεί σε περίπτωση μαζικής παραγωγής της κατασκευής, εφόσον οι προμηθευτές του ηλεκτρονικού και ηλεκτρολογικού εξοπλισμού θα κοστολογούσαν με μικρότερη τιμή μονάδας.

Σε σύγκριση με μια συμβατική ηλεκτρολογική εγκατάσταση οικιακού πίνακα ο οποίος κοστίζει γύρω στα 112,70 € παρατηρούμε ότι υπάρχει μια διαφορά που είναι 2,5 φορές μεγαλύτερη. Βέβαια είναι αξιοσημείωτο πως αν με την κατασκευή μας επιτευχθεί σημαντική εξοικονόμηση της καταναλισκόμενης ενέργειας, η απόσβεση αυτής της διαφοράς θα εξαλειφθεί προς το συμφέρον των χρηστών.

| ΣΥΣΤΗΜΑ                                       | ΥΛΙΚΟ  | ΚΟΣΤΟΣ   |
|---|--|----------|
| Ηλεκτρικός<br>Θερμοσίφωνας                    | Ραγοδιακόπτης Φορτίου 1X40A                  | 4.80 €   |
|   | Μικροαυτόματη Ασφάλεια 10kA, 1X20A           | 3.20 €   |
|   | Μικροαυτόματη Ασφάλεια 6kA, 1X6A             | 2.20 €   |
|   | Ραγοδιακόπτης Φορτίου 1-0-2                  | 7.30 €   |
|   | Ρελέ Ισχύος ή θερμάνσεως 25A με 4NO          | 16.30 €  |
|   | Πλευρική βοηθητική επαφή 1NO+1NC             | 9.90 €   |
|   | Μονοφασικός Μετρητής Ενέργειας 50A           | 28.50 €  |
| Ενδεικτική Λυχνία Χαμηλής Κατανάλωσης (Διπλή) | 3.40 €                                       |          |
| Γενικά Στοιχεία                               | Ραγοδιακόπτης Φορτίου 1X40A                  | 2.40 €   |
|   | Μικροαυτόματη Ασφάλεια 10kA, 1X32A           | 3.20 €   |
|   | Ενδεικτική Λυχνία Χαμηλής Κατανάλωσης (Μονή) | 2.00 €   |
|   | Ρελέ Διαρροής Τύπου A 2X40A                  | 29.10 €  |
|   | Μικροαυτόματη Ασφάλεια 10kA, 1A              | 4.90 €   |
|   | Μικροαυτόματη Ασφάλεια 1P+N, 1X6A            | 5.50 €   |
|   | Μεταλικός Πίνακα Εγκατάστασης                | 49.60 €  |
| Διάφορα Υλικά                                 | 15.00 €                                      |          |
| Arduino                                       | Τροφοδοτικό SMPS 12V/5A                      | 6.20 €   |
|   | Arduino Mega 2560 ADK Rev3                   | 55.00 €  |
|   | Relay Module 2-Channel                       | 3.90 €   |
|   | Arduino Ethernet Shield Rev3 - Compatible    | 14.00 €  |
|   | Breadboards                                  | 10.00 €  |
|   | Temperature Sensor LM35D                     | 1.60 €   |
| Various Components                            | 5.00 €                                       |          |
| Σύνολο  |  | 283.00 € |

Πίνακας 3.1: Τυπικό κόστος εγκατάστασης

| ΣΥΣΤΗΜΑ                    | ΥΛΙΚΟ   | ΚΟΣΤΟΣ   |
|----------------------------|---|----------|
| Ηλεκτρικός<br>Θερμοσίφωνας | Ραγοδιακόπτης Φορτίου 1Χ40Α                   | 4.80 €   |
|                            | Μικροαυτόματη Ασφάλεια 10kA, 1Χ20Α            | 3.20 €   |
|                            | Ενδεικτική Λυχνία Χαμηλής Κατανάλωσης (Διπλή) | 3.40 €   |
| Γενικά Στοιχεία            | Ραγοδιακόπτης Φορτίου 1Χ40Α                   | 2.40 €   |
|                            | Μικροαυτόματη Ασφάλεια 10kA, 1Χ32Α            | 3.20 €   |
|                            | Ενδεικτική Λυχνία Χαμηλής Κατανάλωσης (Μονή)  | 2.00 €   |
|                            | Ρελέ Διαρροής Τύπου Α 2Χ40Α                   | 29.10 €  |
|                            | Μεταλικός Πίνακα Εγκατάστασης                 | 49.60 €  |
|                            | Διάφορα Υλικά                                 | 15.00 €  |
| Σύνολο                     |   | 112.70 € |

Πίνακας 3.2: Τυπικό Κόστος Συμβατικής Εγκατάστασης

## 4. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΕΣ ΔΟΚΙΜΕΣ

### 4.1 ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΩΝ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ

Με στόχο την καλύτερη κατανόηση και την τεκμηρίωση του συστήματος πραγματοποιήθηκε μια σειρά από πειραματικές διαδικασίες. Οι διαδικασίες αυτές είχαν ως στόχο την ανάδειξη των βελτιώσεων που μπορεί να προσφέρει η διάταξη στην καθημερινή ζωή, των πιθανών μειονεκτημάτων, καθώς και την επιλογή των βέλτιστων αισθητήρων.

Για τις πειραματικές διαδικασίες λάβαμε τα εξής δεδομένα, τα οποία παρέμειναν σταθερά:

- Χωρητικότητα Ηλεκτρικού Θερμοσίφωνα: 30lt
- Ηλεκτρική Αντίσταση: 4kW
- Αντίσταση Θερμοστάτη PT100 στους 0°C: 100Ω
- Οικιακή Χρήση Ηλεκτρικού Θερμοσίφωνα
- Ενσωματωμένος μηχανικός Θερμοστάτης



## 4.2 ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΣΕΝΑΡΙΑ

Πραγματοποιήθηκαν τέσσερις πειραματικές διαδικασίες, κατά τις οποίες εξετάστηκαν και οι 3 θερμοκρασιακοί αισθητήρες, τόσο για τις αποκρίσεις τους, όσο και τις διακυμάνσεις τους στην μεταβολή της θερμοκρασίας. Για την μέτρηση της θερμοκρασίας, εκτός του εκάστοτε αισθητήρα, χρησιμοποιήθηκε και αισθητήριο όργανο χειρός.

### 1<sup>ο</sup> Σενάριο

Αρχικά, επιλέξαμε να έχουμε σαν κύριο θερμοστάτη του συστήματος τον ενσωματωμένο μηχανικό θερμοστάτη και να επιτηρούμε το σύστημα μέσω του περιβάλλοντος της πλατφόρμας του Arduino. Ο μηχανικός θερμοστάτης ρυθμίστηκε στους 65°C, ενώ ταυτόχρονα μετρήθηκε η αρχική θερμοκρασία του νερού, τόσο με το αισθητήριο όργανο χειρός, όσο και μέσω της επιστρεφόμενης τιμής του PT100 στην πλατφόρμα του Arduino. Όλες οι τιμές φαίνονται στον συνοπτικό πίνακα 4.1.

| Συνοπτικές Τιμές   |                          |                      |
|--------------------|--------------------------|----------------------|
| Θερμοκρασίες       | PT100                    | Όργανο               |
| Αρχική Θερμοκρασία | 20                       | 21                   |
| Τελική Θερμοκρασία | 85                       | 79                   |
| Κατανάλωση         | kWh (Μετρητής Ενέργειας) | kWh (Θεωρητική Τιμή) |
| Αρχική Κατανάλωση  | 5.58                     | 0                    |
| Τελική Κατανάλωση  | 7.12                     | 1.53                 |
| Χρόνος             | Χρονόμετρο (Min)         |                      |
| Αρχικός Χρόνος     | 0                        |                      |
| Τελικός Χρόνος     | 23                       |                      |

Πίνακας 4.1: Αποτελέσματα 1<sup>ου</sup> Σενάριου

Κατά τον υπολογισμό του 1<sup>ου</sup> σεναρίου, ρυθμίσαμε τον μικροελεγκτή σαν συσκευή παρακολούθησης, χωρίς καμία δυνατότητα παρέμβασης. Διαπιστώσαμε ότι, ενώ ο μηχανικός θερμοστάτης ήταν ρυθμισμένος στους 65°C, η τελική θερμοκρασία ήταν κατά πολύ μεγαλύτερη. Το σενάριο επαναλήφθηκε με νέο μηχανικό θερμοστάτη για τον αποκλεισμό ελαττωματικού θερμοστάτη και τα αποτελέσματα δεν διαφοροποιήθηκαν. Παρατηρήσαμε ότι τόσο ο μετρητής ενέργειας, όσο και ο PT100 έδωσαν τιμές με μικρή απόκλιση.

### 2<sup>ο</sup> Σενάριο

Κατά το 2<sup>ο</sup> σενάριο, σαν αισθητήρας θερμοκρασίας επιλέχθηκε ο αισθητήρας LM35. Ο αισθητήρας LM35 τοποθετήθηκε σε επαφή με την αντίσταση του ηλεκτρικού θερμοσίφωνα. Κατά την διάρκεια της διαδικασίας οι επιστρεφόμενες τιμές παρουσίαζαν μεγάλη απόκλιση και δεν ήταν δυνατή, ούτε και αξιόπιστη η εποπτεία του συστήματος με βάση τον συγκεκριμένο αισθητήρα και για αυτό το λόγο απορρίφθηκε σαν εναλλακτική επιλογή για το σύστημα μας.

### 3<sup>ο</sup> και 4<sup>ο</sup> Σενάριο

Στο 3<sup>ο</sup> και το 4<sup>ο</sup> σενάριο, πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις με τον βιομηχανικό αισθητήρα θερμοκρασίας PT100. Όμοια με τις προηγούμενες διαδικασίες, μετρήθηκε η αρχική τιμή με το όργανο χειρός και μέσω του PT100. Τα όρια του θερμοστάτη που ορίστηκαν μέσω της πλατφόρμας του Arduino ήταν 65°C και 70°C, αντίστοιχα.

| Συνοπτικές Τιμές   |                          |                      | Συνοπτικές Τιμές   |                          |                      |
|--------------------|--------------------------|----------------------|--------------------|--------------------------|----------------------|
| Θερμοκρασίες       | PT100                    | Όργανο               | Θερμοκρασίες       | PT100                    | Όργανο               |
| Αρχική Θερμοκρασία | 23                       | 22                   | Αρχική Θερμοκρασία | 21                       | 20                   |
| Τελική Θερμοκρασία | 65                       | 56                   | Τελική Θερμοκρασία | 70                       | 61                   |
| Κατανάλωση         | kWh (Μετρητής Ενέργειας) | kWh (Θεωρητική Τιμή) | Κατανάλωση         | kWh (Μετρητής Ενέργειας) | kWh (Θεωρητική Τιμή) |
| Αρχική Κατανάλωση  | 9.87                     | 0                    | Αρχική Κατανάλωση  | 10.7                     | 0                    |
| Τελική Κατανάλωση  | 10.61                    | 0.9                  | Τελική Κατανάλωση  | 11.54                    | 1                    |
| Χρόνος             | Χρονόμετρο (Min)         |                      | Χρόνος             | Χρονόμετρο (Min)         |                      |
| Αρχικός Χρόνος     | 0                        |                      | Αρχικός Χρόνος     | 0                        |                      |
| Τελικός Χρόνος     | 13.5                     |                      | Τελικός Χρόνος     | 15                       |                      |

Πίνακας 4.2: Αποτελέσματα 3<sup>ου</sup> και 4<sup>ου</sup> Σενάριου

Μόλις η θερμοκρασία του αισθητήρα PT100 έφτασε το όριο που είχε τεθεί κατά τον προγραμματισμό της πλατφόρμας, δόθηκε εντολή μέσω της πλατφόρμας για κλείσιμο του ηλεκτρικού θερμοσίφωνα. Οι τιμές που λάβαμε από το όργανο χειρός για την μέτρηση της θερμοκρασίας του νερού έδειξαν μια απόκλιση της τάξεως του 15%. Όμοια απόκλιση μετρήθηκε και για την μέτρηση της κατανάλωσης ενέργειας. Ο χρόνος που απαιτήθηκε ήταν περίπου ο μισός του σεναρίου 1.

### 4.3 ΤΕΧΝΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ

Η αξιολόγηση επενδυτικών αποφάσεων είναι μια εξαιρετικά σύνθετη διαδικασία η οποία από τη φύση της εμπεριέχει σημαντικό βαθμό αβεβαιότητας και ρίσκου. Η χρηματοοικονομική αξιολόγηση αποτελεί ένα μικρό μέρος της όλης διαδικασίας, που περιστρέφεται γύρω από την έννοια των ταμειακών ροών της επένδυσης. Αποτελεί ένα χρήσιμο αναλυτικό εργαλείο, το οποίο συνοδεύει και συμπληρώνει αλλά και τεκμηριώνεται μέσα από τη διεξοδική εξέταση της σχεδιαζόμενης επένδυσης.

Η χρηματοοικονομική αξιολόγηση αναγκαστικά βασίζεται σε πάρα πολλές οικονομικές, εμπορικές και παραγωγικές παραδοχές ενώ τα συμπεράσματά της πρέπει με τη σειρά τους να δικαιολογούν με χρηματοοικονομικούς όρους τη σκοπιμότητα της επένδυσης. Περιλαμβάνει τις εξής δύο βασικές διαδικασίες:

- Τον **εντοπισμό όλων των εσόδων (εισροών) και εξόδων (εκροών)**, που σχετίζονται με τη σχεδιαζόμενη επένδυση (cash flow analysis).
- Τη **χρήση μεθόδων και κριτηρίων**, με βάση τα οποία οι παραπάνω εισροές και εκροές να μπορούν να αξιολογούνται (capital budgeting decision methods).

Η πρώτη διαδικασία, του εντοπισμού των αναμενόμενων εσόδων και εξόδων της επένδυσης, είναι ασφαλώς η περισσότερο δύσκολη, αυτή που εμπεριέχει τη μεγαλύτερη αβεβαιότητα για τα συμπεράσματα της αξιολόγησης. Στη διαδικασία αυτή καταρτίζονται όλες οι παραδοχές για την επένδυση, πράγμα ιδιαίτερα δύσκολο και με μεγάλη αβεβαιότητα.

Η δεύτερη διαδικασία έχει ένα μεθοδολογικό-αναλυτικό χαρακτήρα που σκοπό έχει την επεξεργασία των δεδομένων και των παραδοχών της πρώτης φάσης ώστε η λήψη απόφασης να βοηθείται, βασισμένη ανάμεσα στα άλλα, σε διάφανους και εύληπτους δείκτες. Η μόνη βασική παραδοχή στη διαδικασία υπολογισμού των κριτηρίων και των δεικτών αυτών είναι η εξέλιξη του κόστους κεφαλαίου (cost of capital) μέσα στον χρόνο. Κατά τα άλλα ο υπολογισμός των δεικτών είναι μια απλή, κατά βάση, υπόθεση, ενώ τα συμπεράσματα, στα οποία αυτοί οδηγούν, είναι τελικά τόσο αξιόπιστα όσο ακριβείς και οι υποθέσεις που καταστρώθηκαν στην πρώτη φάση της ανάλυσης.

Το γενικό συμπέρασμα που ισχύει για τη χρηματοοικονομική αξιολόγηση επενδύσεων είναι αυτό που σε γενικές γραμμές αφορά κάθε αναλυτική προσέγγιση. Συνοπτικοί και περιεκτικοί δείκτες που περιέχουν όμως μεγάλη αβεβαιότητα. Όπως και σε κάθε άλλη αντίστοιχη περίπτωση ποσοτικών μεθοδολογιών και προσεγγίσεων η χρηματοοικονομική αξιολόγηση μιας επένδυσης βοηθά και δεν καθορίζει τη λήψη της σχετικής επιχειρηματικής απόφασης.

#### 4.3.1 ΧΡΟΝΟΣ ΕΠΙΣΤΡΟΦΗΣ ΤΩΝ ΕΠΕΝΔΥΜΕΝΩΝ ΧΡΗΜΑΤΩΝ (PAYBACK PERIOD)

Η χρονική περίοδος αποπληρωμής είναι ο χρόνος που απαιτείται για να καλυφθούν οι επενδυτικές δαπάνες ενός έργου. Η χρονική περίοδος αποπληρωμής μιας δοθείσας επένδυσης κρίνει σε σημαντικό βαθμό την επικινδυνότητα του έργου σε περίπτωση που η πρώτη είναι πολύ μεγάλη. Οι επιμέρους χρηματικές ροές κάθε έτους προστίθενται ξεκινώντας από της αρχή του έργου μέχρι οι αθροιστικές χρηματικές ροές να εξισωθούν με την αρχική επένδυση. Τα χρόνια που είναι απαραίτητα για να συμβεί αυτό αντιπροσωπεύουν την περίοδο αποπληρωμής.

Η μέθοδος αυτή παρουσιάζει ένα σοβαρότατο μειονέκτημα. Δεν συμπεριλαμβάνεται η έννοια του κόστους του κεφαλαίου, δεν αξιολογείται δηλαδή το γεγονός ότι το ίδιο αριθμητικά ποσό δεν έχει την

ίδια πραγματική αξία μέσα στον χρόνο, ούτε ότι η αξία αυτή σχετίζεται πάντα με κάποιο ρίσκο το οποίο είναι διατεθειμένος να αναλάβει ο επενδυτής.

#### 4.3.2 ΚΑΘΑΡΗ ΠΑΡΟΥΣΑ ΑΞΙΑ (NET PRESENT VALUE – (NPV))

Καθαρή παρούσα αξία είναι το συνολικό καθαρό όφελος μιας επένδυσης, που προκύπτει ως διαφορά μεταξύ του λειτουργικού οφέλους και του συνόλου των δαπανών κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής της επένδυσης. Όλα τα ποσά εκφράζονται σε παρούσα αξία, ανηγμένη συνήθως στην αρχή του πρώτου έτους λειτουργίας του συστήματος. Η καθαρή παρούσα αξία προσδιορίζεται από τη σχέση:

$$NPV = -k + \sum_{t=1}^N \frac{F_t}{(1+d)^t} + \frac{SV_N}{(1+d)^N}$$

όπου:

- **k** αρχική επένδυση
- **F<sub>t</sub>** ετήσιο καθαρό όφελος
- **N** οικονομικός κύκλος ζωής της επένδυσης
- **d** επιτόκιο αναγωγής σε παρούσα αξία(επιθυμητή απόδοση κεφαλαίου)
- **SV<sub>N</sub>** αξία εκποίηση(απομένουσα αξία) της επένδυσης στο τέλος του οικονομικού κύκλου ζωής N

Διακρίνονται οι ακόλουθες περιπτώσεις:

- NPV>0 Η επένδυση είναι βιώσιμη κάτω από τις δεδομένες συνθήκες (οικονομικός κύκλος ζωής N και επιθυμητός βαθμός απόδοσης της επένδυσης, d)
- NPV=0 Η επένδυση είναι βιώσιμη με μέσο ετήσιο βαθμό απόδοσης ίσο με d
- NPV<0 Η επένδυση είναι αντιοικονομική

#### Πλεονεκτήματα

- Το κριτήριο της Καθαρής Παρούσας Αξίας λαμβάνει υπόψη του τη χρονική αξία του χρήματος,
- Η Καθαρή Παρούσα Αξία εκφράζεται σε χρηματικές μονάδες και διευκολύνεται η σύγκριση της με τη δαπάνη άλλων επενδυτικών έργων,
- Η Καθαρή Παρούσα Αξία προσαρμόζεται εύκολα σε αποφάσεις επένδυσης υπό αβέβαιο μέλλον

#### Μειονεκτήματα

- Δύσκολη η σύγκριση επενδυτικών έργων με διαφορετικές αρχικές δαπάνες,
- Όταν η Καθαρή Παρούσα Αξία είναι ίση με μηδέν είναι πιθανόν να θεωρηθεί ότι το επενδυτικό έργο έχει μηδενική αποδοτικότητα.

#### 4.3.3 ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΣ ΒΑΘΜΟΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ (INTERNAL RATE OF RETURN – IRR)

Η μέθοδος αυτή αρχικά φαίνεται να είναι ισοδύναμη με την παραπάνω προσέγγιση της αναγωγής σε καθαρή παρούσα αξία. Αντί να θεωρείται δεδομένο το κόστος του κεφαλαίου ( $i$ ) και να επιχειρείται η αναγωγή σε παρούσα αξία, αναζητείται εκείνο το κόστος κεφαλαίου που θα καθιστούσε μηδενική την παρούσα αξία της επένδυσης. Η απόδοση κεφαλαίου είναι η τιμή του επιτοκίου αγοράς, IRR, που κάνει την παρούσα αξία μιας σειράς πληρωμών και εισπράξεων ίση με το μηδέν. Προσδιορίζεται ως λύση της εξίσωσης:

$$NPV_{(d=IRR)} = 0$$

όπου NPV η παρούσα αξία, ενώ η ένδειξη  $d=IRR$  υπονοεί ότι η εξίσωση λύνεται ως προς  $d$ .

Με βάση το δείκτη (IRR) η επένδυση αξιολογείται θετικά αν ο δείκτης προκύπτει μεγαλύτερος από το κόστος του κεφαλαίου ( $i$ ). Αντίστοιχα, προκειμένου για δυο επενδύσεις προτιμάται φυσικά η επένδυση με το μεγαλύτερο δείκτη απόδοσης. Ο δείκτης συσχετίζει δηλαδή την απόδοση της επένδυσης σε σχέση με το κόστος του κεφαλαίου. Είναι εύλογο μια επένδυση που έχει απόδοση μικρότερη από το κόστος του κεφαλαίου να είναι οικονομικά ασύμφορη και να απορρίπτεται.

#### 4.3.4 ΤΕΧΝΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ

##### Συγκρινόμενα Συστήματα

Κατά την τεchnοοικονομική μελέτη λάβαμε σαν συστήματα επιλογής τον τυπικό ηλεκτρολογικό πίνακα καθώς και τον ηλεκτρολογικό πίνακα που διαθέτει τον μικροελεγκτή Arduino. Η αγορά ενός ηλεκτρολογικού πίνακα αποτελεί μια επένδυση για κάθε σπίτι, που αναμένεται να έχει μεγάλο κύκλο ζωής. Για αυτό το λόγο, ο κύριος παράγοντας επιλογής συνδέεται με την τιμή αγοράς του συστήματος. Στο παρόν κεφάλαιο, θα μελετηθεί η χρονική διάρκεια απόσβεσης της αγοράς του συστήματος με τον μικροελεγκτή έναντι της τυπικής εγκατάστασης, καθώς και αποδοτικότητα της επένδυσης, σε τρία διαφορετικά σενάρια.

##### Παραδοχές

Για τις ανάγκες της μελέτης δημιουργήθηκαν τρία διαφορετικά σενάρια και έγιναν ορισμένες παραδοχές, είτε στηριζόμενοι στα πειραματικά αποτελέσματα του προηγούμενου κεφαλαίου, είτε στην διεθνή και ελληνική βιβλιογραφία.

Τα σενάρια που δημιουργήθηκαν αναφέρονται στον αριθμό των ατόμων που θα χρησιμοποιούν την εγκατάσταση, από τα οποία εξαρτάται η ημερήσια ζήτηση σε ζεστό νερό, καθώς και η χωρητικότητα του ηλεκτρικού θερμοσίφωνα. Τα σενάρια φαίνονται στον Πίνακα 4.3.

| Παραδοχές                     |    |        |        |
|-------------------------------|----|--------|--------|
| Άτομα                         | 1  | 2 με 3 | 4 με 5 |
| Χωρητικότητα Θερμοσίφωνα (lt) | 30 | 80     | 80     |
| Ημερήσια Ζήτηση (lt/day)      | 60 | 150    | 275    |

Πίνακας 4.3

Επιπλέον, για κάθε τύπο ηλεκτρικού θερμοσίφωνα, σύμφωνα με τις προδιαγραφές, υπολογίστηκε ότι η κατανάλωση της ηλεκτρικής αντίστασης ανέρχεται σε 4 kW ανά ώρα. Επίσης, ως κόστος ηλεκτρικού ρεύματος υπολογίστηκαν όλες οι χρεώσεις του οικιακού τιμολογίου της ΔΕΗ, που επηρεάζονται απευθείας από την κατανάλωση του ηλεκτρικού ρεύματος. Το κόστος αυτό ανέρχεται στα 0,1195€/kWh. Για τον υπολογισμό της Καθαρής Παρούσας αξίας έχει ληφθεί επιτόκιο αναγωγής  $d=8\%$ , το  $SV_n=0$  και ο χρόνος ζωής της επένδυσης  $N=10$  χρόνια.

Τέλος, υπολογίστηκε η ωριαία καθημερινή χρήση του ηλεκτρικού θερμοσίφωνα ανά σενάριο, όπως φαίνεται στον Πίνακα 4.4.

| Σενάρια                    |                        | Σενάριο 1 | Σενάριο 2 | Σενάριο 3 |
|----------------------------|------------------------|-----------|-----------|-----------|
| Χρόνος Ενεργοποίησης (min) | Εγκατάσταση με Arduino | 15        | 15        | 17        |
|                            | Συμβατική Εγκατάσταση  | 23        | 23        | 23        |
| Ανοίγματα ανά Μέρα         |                        | 2         | 4         | 6         |

Πίνακας 4.4

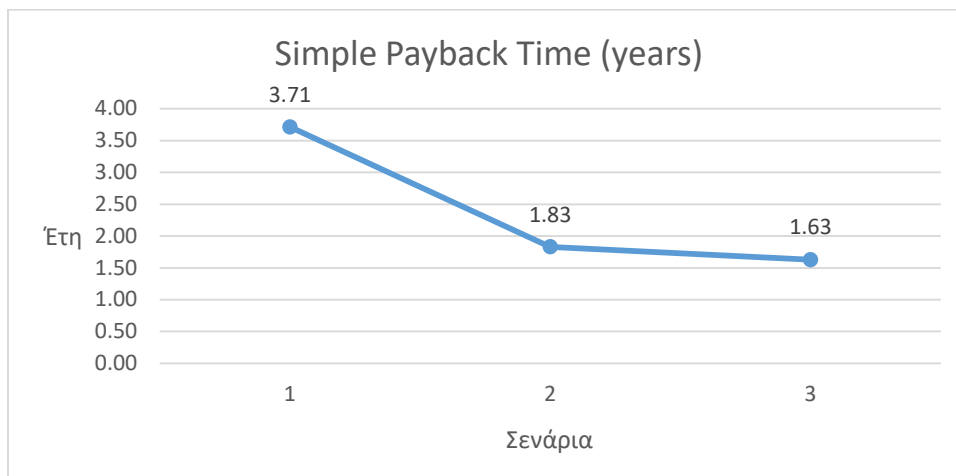
Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα συνοπτικά αποτελέσματα των καταναλώσεων κάθε σεναρίου.

| Συνοπτικά Αποτελέσματα |                        |                       |                           |                            |                       |                          |                       |                      |
|------------------------|------------------------|-----------------------|---------------------------|----------------------------|-----------------------|--------------------------|-----------------------|----------------------|
| Σενάρια                | Εγκατάσταση με Arduino | Συμβατική Εγκατάσταση | Διαφορά Κόστους Επένδυσης | Συνολική Κατανάλωση σε kWh |                       | Συνολική Κατανάλωση σε € |                       | Ετήσιο Πλεόνασμα (€) |
|                        |                        |                       |                           | Εγκατάσταση με Arduino     | Συμβατική Εγκατάσταση | Εγκατάσταση με Arduino   | Συμβατική Εγκατάσταση |                      |
| Σενάριο 1              | 283.0                  | 112.7                 | 170.3                     | 730.0                      | 1119.3                | 87.2                     | 133.7                 | 46.5                 |
| Σενάριο 2              | 283.0                  | 112.7                 | 170.3                     | 1460.0                     | 2238.7                | 174.4                    | 267.5                 | 93.0                 |
| Σενάριο 3              | 283.0                  | 112.7                 | 170.3                     | 2482.0                     | 3358.0                | 296.5                    | 401.2                 | 104.7                |

Πίνακας 4.5: Συνοπτικός Πίνακας Αποτελεσμάτων

### Χρόνος Επιστροφής Επενδυμένων Χρημάτων

Στο Διάγραμμα 4.1 παρουσιάζεται το διάγραμμα της περιόδου αποπληρωμής της επένδυσης. Η επένδυση καθιστά συμφέρουσα στα σενάρια 2 και 3, ενώ για το σενάριο που η εγκατάσταση χρησιμοποιείται από ένα μόνο άτομο η περίοδος αποπληρωμής πλησιάζει το μισό του χρόνου ζωής της εγκατάστασης. Η διαφορά αυτή παρατηρείται λόγω της μειωμένης χρήσης της εγκατάστασης κατά το σενάριο 1.



Διάγραμμα 4.1: Χρόνος Επιστροφής Επενδυμένων Χρημάτων

### Καθαρή Παρούσα Αξία (NPV)

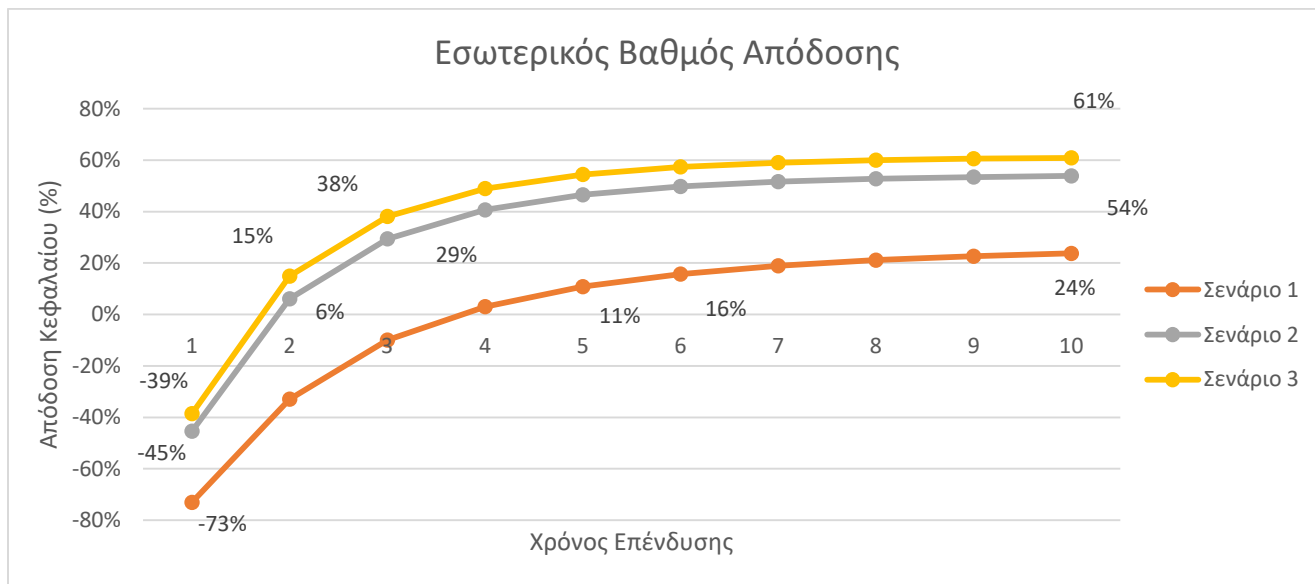
Ομοίως, στο Διάγραμμα 4.2 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της μεθόδου Καθαρής Παρούσας Αξίας για χρονική περίοδο 10 ετών με επιτόκιο 10%. Το Σενάριο 3 παρουσιάζει την μεγαλύτερη Καθαρή Παρούσα Αξία, επειδή στο σενάριο αυτό υπάρχουν περισσότερες ώρες χρήσεις. Όμοια με το χρόνο αποπληρωμής, το Σενάριο 1 εμφανίζεται ως η λιγότερη ελκυστική επένδυση, χωρίς όμως να είναι απαγορευτική.



Διάγραμμα 4.2: Καθαρή Παρούσα Αξία

## Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης

Ο Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης συνδέεται άμεσα με την Καθαρή Παρούσα Αξία της επένδυσης. Επομένως, η συμπεριφορά των σεναρίων παρουσιάζεται ίδια και στον δείκτη IRR.



Διάγραμμα 4.3: Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης

Για να επιλεγεί η βέλτιστη λύση, εκτός των παραπάνω διαγραμμάτων, θα πρέπει να ληφθούν υπόψη παράγοντες, όπως:

- Οι δυνατότητες που προσφέρονται στον χρήστη
- Οι μελλοντικές επεκτάσεις σε άλλες οικιακές συσκευές
- Η παρούσα εγκατάσταση και η διαρύθμιση της οικίας που θα γίνει η εγκατάσταση (πχ. Απόσταση Ηλεκτρικού Θερμοσίφωνα – Ηλεκτρολογικού Πίνακα)
- Πλήθος χρηστών της εγκατάστασης

Λαμβάνοντας υπόψη όλα τα παραπάνω, σαν βέλτιστη λύση για οικίες με περισσότερα από 1 άτομα, η αγορά και εγκατάσταση του Ηλεκτρολογικού Πίνακα με ενσωματωμένη την διάταξη του μικροελεγκτή Arduino, παρουσιάζεται ως μια ελκυστική λύση με μικρό χρόνο απόδοσης του αρχικού κεφάλαιου και την παροχή αρκετών δυνατοτήτων.



## 5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

### 5.1 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα συμπεράσματα που προκύπτουν από την παρούσα διπλωματική αφορούν τόσο τον τρόπο επιλογής της βέλτιστης διάταξης για την εγκατάσταση του ηλεκτρολογικού πίνακα, όσο και τη συμπεριφορά που παρουσιάζει κατά την διάρκεια του χρόνου. Εξετάστηκε ακόμα η συμπεριφορά της επένδυσης λαμβάνοντας υπόψη, παραδοχές, βασιζόμενοι τόσο στα πειραματικά αποτελέσματα μας, όσο και σε ρεαλιστικά δεδομένα, ώστε να διερευνηθεί η βέλτιστη αγοραστική ομάδα του πληθυσμού.

Στα πλαίσια αυτής της διπλωματικής εργασίας αναπτύχθηκε ένα πλήρως λειτουργικό σύστημα, που παρακολουθεί και διαχειρίζεται οικιακές ηλεκτρολογικές εγκαταστάσεις. Το σύστημα σχεδιάστηκε ώστε να παρέχει την δυνατότητα στον χρήστη να χειρίζεται ηλεκτρικές συσκευές, όπως η κουζίνα ή ο ηλεκτρικός θερμοσίφοντας, είτε με χειροκίνητο τρόπο, είτε με αυτόματο και ενίοτε από εκτός σπιτιού τρόπο.

Μέσω της δημιουργίας ιστοσελίδας ο χρήστης μπορεί να δώσει εντολές, αλλά και να παρακολουθεί σημαντικές πληροφορίες, όπως την κατανάλωση ρεύματος, το όριο θέρμανσης του νερού ή το χρόνο λειτουργίας των συσκευών.

Από τους εξεταζόμενους θερμοστάτες παρατηρήθηκε ότι ο αισθητήρας PT100 προσφέρει την καλύτερη ακρίβεια από τους 3. Ο αισθητήρας LM35 δεν πρόσφερε τα επιθυμητά δεδομένα, ώστε ο μικροελεγκτής να μπορεί να τα διαχειρίζεται σε πραγματικό χρόνο με αξιοπιστία. Τέλος, ο μηχανικός θερμοστατής παρά το γεγονός ότι χρησιμοποιείται ευρέως παρουσίασε αποκλίσεις από τις τεχνικές προδιαγραφές του.

Η επένδυση παρουσιάζει μικρό χρόνο αποπληρωμής για περιπτώσεις πέραν του ενός χρήστη και μας επιτρέπει να συμπεράνουμε ότι είναι βιώσιμη και θα εξοικονομήσει χρήματα σε βάθος χρόνου. Ειδικότερα, η μεγαλύτερη χρήση της εγκατάστασης προσφέρει ταχύτερη απόσβεση, κάτι που πραγματοποιείται σε μεγαλύτερες οικογένειες. Από τα παραπάνω οικονομικά συμπεράσματα η εγκατάσταση θα μπορούσε να χαρακτηριστεί συμφέρουσα για εγκαταστάση όπως φοιτητικές εστίες, δημόσιες εγκαταστάσεις, ή αθλητικούς χώρους (αποδυτήρια).

Μερικά από τα πλεονεκτήματα του συστήματος είναι ο μικρός χρόνος αποπληρωμής της επένδυσης και η εύκολη εγκατάσταση στην ήδη υπάρχουσα εγκατάσταση. Επίσης, η κατασκευή προσφέρει την εύκολη επέκταση των δυνατοτήτων του συστήματος, χωρίς μεγάλο κόστος. Ως βασικό μειονέκτημα είναι η απόκριση και η αξιοπιστία του μικροελεγκτή Arduino, σε σχέση με δοκιμασμένες λύσεις συστημάτων αυτοματισμού.

Η περαιτέρω ενασχόληση και η απορρόφηση, ίδιων αλλά και παραπλήσιων τεχνολογιών, επηρεάζονται σε μεγάλο βαθμό από την αποδοχή τους από το καταναλωτικό κοινό. Για αυτό το λόγο, κατά το στάδιο της ανάπτυξης, θα πρέπει να δοθεί μεγάλη έμφαση στη χρηστικότητα και λειτουργικότητα των εφαρμογών, καθώς και στην παρουσίαση του σαν ένα νέο απλούστερο σύστημα, και όχι σαν πιο περίπλοκο από τα τωρινά συστήματα.

## 5.2 ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΒΕΛΤΙΩΣΕΙΣ

Η παρούσα εργασία αποτελεί ένα πρώτο βήμα για την ανάπτυξη και δημιουργία μεγάλου αριθμού διαφορετικών εφαρμογών, οι οποίες θα μπορούσαν να βελτιώσουν περαιτέρω την ποιότητα ζωής. Ακόμα, θα μπορούσαν να προστεθούν στο υπάρχον σύστημα επιπλέον δυνατότητες. Συνοψίζοντας, μερικές από τις μελλοντικές προσθήκες θα μπορούσαν να είναι:

- Σχεδιασμός και ανάπτυξη εφαρμογής για κινητά Android, η οποία θα αυξήσει τις δυνατότητες και την προσβασιμότητα, ενώ παράλληλα θα παρέχει ένα πιο απλοποιημένο περιβάλλον.



- Βελτιστοποίηση του αλγόριθμου για αποδοτικότερη απόκριση και χρήση λιγότερων πόρων
- Προσθήκη αισθητήρων για παρακολούθηση και διαχείριση περισσότερες οικιακές συσκευές (πχ. Σύστημα ψύξης, Ψυγείο, Συστήματα Ασφαλείας) από ένα ενοποιημένο σύστημα.
- Σχεδιασμός και μοντελοποίηση του συστήματος για ειδικές ομάδες του πληθυσμού (πχ. ΑΜΕΑ, Ηλικιωμένοι).
- Χρήση GSM/GPRS Modem αντί του διαδικτύου για απομακρυσμένη πρόσβαση, χωρίς την ανάγκη διαθέσιμου διαδικτύου.



- Ύπαρξη βάσης δεδομένης για καταγραφή όλων των δεδομένων και διατήρηση ιστορικού.
- Χρήση βελτιωμένης διάταξης για λήψη καλύτερων τιμών του θερμοκρασιακού αισθητήρα.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Ελευσινιώτης Αλ., Κορδώνης Αλ. (2009), "Μια εναλλακτική πρόταση για τον αυτοματισμό οικιακών καταναλώσεων – «Έξυπνο Σπίτι» ", Διπλωματική Εργασία, Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα
- [2] Καρλής Γ. (2014), "Εκτίμηση φορτίου και κατάστασης σε δίκτυα διανομής με χρήση δεδομένων απο έξυπνους μετρητές", Διπλωματική Εργασία, Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα
- [3] Ντάκος Δ. (2016), "Έλεγχος τάσης φορτίου μέσω ιστοσελίδας αναρτημένη από πλατ-φόρμα Arduino DUE", Διπλωματική Εργασία, Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών, Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Κρήτης, Ηράκλειο
- [4] Σοζούμπεκ Μ. (2012), "Σχεδιασμός και κατασκευή ενσωματωμένου συστήματος συναγερμού στην αρχιτεκτονική Arduino με υποστήριξη δυναμικού ιστοχώρου διαχείρισης", Διπλωματική Εργασία, Τμήμα Μηχανικών Πληροφορικής & Τηλεπικοινωνιών, Πανεπιστήμιο Μακεδονίας, Κοζάνη
- [5] Κωνσταντίνου Γ. (2015), "Στοιχεία Βιομηχανικών Αυτοματισμών", <http://technicaldrawing.mouroutsos.net/designs/industrial/industrial-elements/>, (Δεκ. 5,2016)
- [6] Μαρτίνης Στ. (2013), "Οικιακός Αυτοματισμός Με Χρήση Μικροελεγκτή", Διπλωματική Εργασία, Τμήμα Μηχανικών Πληροφοριακών και Επικοινωνιακών Συστημάτων, Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Σάμος
- [7] Ρούσσος Κ., Χριστοδούλου Κ. (2004). "Εφαρμογές Ασύρματων Δικτύων σε Έξυπνα Νοσοκομεία", Διπλωματική Εργασία, Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα
- [8] Νάκας Γ. (2014), "Αυτοματοποιημένη κατοικία για Α.μ.Ε.Α, ελεγχόμενη από PLC - ARDUINO™", Διπλωματική Εργασία, Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα
- [9] Arduino Documentation, <https://www.arduino.cc/en/Reference/HomePage>, (Δεκ. 5,2016)
- [10] "Ηλεκτρικός Θερμοσίφωνας", <http://www.thermosifones.gr/ilektrikoi-thermosifones.php>, (Δεκ. 5,2016)
- [11] Κουτρούλης Χ. (2016), Ασφάλεια και προστασία των ηλεκτρικών εγκαταστάσεων, Δελτίο Π.Σ.Δ.Μ.-
- [12] Ζοπουνίδης Κ., Βασικές Αρχές και Σύγχρονα Θέματα του Χρηματοοικονομικού Management, Εκδόσεις Κλειδάριθμος, Αθήνα 2009
- [13] Μουστάκης Β., Πρακτικός Οδηγός Οικονομικής Ανάλυσης, Εκδόσεις Τζιόλα, Χανιά 2012

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α - Συνολικός Κώδικας Υλοποίησης

```

#include <Ethernet.h>

#include <SPI.h>

#include <SoftwareSerial.h>

//Αρχικοποίηση Μεταβλητών Θερμοκρασιακού Συστήματος
int Temp;

int TempReading;

int TempSensor = A0; //Θύρα Θερμοκρασιακού Αισθητήρα
int SafetyTemp=60; //Όριο Ηλ. Θερμοσίφωνα
int CheckIsOK;

//Αρχικοποίηση Μεταβλητών Χρονόμετρου
unsigned long start = 0;

unsigned long finished = 0;

unsigned long elapsed = 0;

int Clock =0;

float h, m, s, ms;

unsigned long over;

//Αρχικοποίηση DataSheet PT100
float in[] = { 100.00, 100.39, 100.78, 101.17, 101.56, 101.95, 102.34, 102.73, 103.12, 103.51,
              103.90, 104.29, 104.68, 105.07, 105.46, 105.85, 106.24, 106.63, 107.02, 107.40,
              107.79, 108.18, 108.57, 108.96, 109.35, 109.73, 110.12, 110.51, 110.90, 111.29,
              111.67, 112.06, 112.45, 112.83, 113.22, 113.61, 114.00, 114.38, 114.77, 115.15,
              115.54, 115.93, 116.31, 116.70, 117.08, 117.47, 117.86, 118.24, 118.63, 119.01,
              119.40, 119.78, 120.17, 120.55, 120.94, 121.32, 121.71, 122.09, 122.47, 122.86,
              123.24, 123.63, 124.01, 124.39, 124.78, 125.16, 125.54, 125.93, 126.31, 126.69,
              127.08, 127.46, 127.84, 128.22, 128.61, 128.99, 129.37, 129.75, 130.13, 130.52,
              130.89, 131.27, 131.66, 132.04, 132.42, 132.80, 133.18, 133.56, 133.94, 134.32 };

int R1 = 217; //Δήλωση Αντίστασης Διαιρέτη Τάσης

//Αρχικοποίηση Μεταβλητών Μετρητή Ενέργειας
const int meterPin = 24; //Θύρα λήψης Πλαμών Μετρητή
int pulseCount = 0; //Μετρητής Παλμών

```

```

int meterState = 0;    //Τρέχουσα Κατάσταση
int lastMeterState = 0; //Προηγούμενη Κατάσταση
double pulsePerkWh = 0.001; //Νούμερο Παλμών ανά kWh
float kW = 0;
float kWh=0;
float initialTime=0;
float stopTime=0;
float timeDuration=0;
float timeCurrent=0;
//Αρχικοποίηση Μεταβλητών Κατάστασης
int StatusKitchen;
int StatusButtonKitchen;
int FeedbackKitchenStatus;
int HChangeSwitch1Status;
int HChangeSwitch2Status;
int StatusHeater;
int StatusButtonHeater;
int FeedbackHeaterStatus;
int AutoH;
int ManualH;
//Αρχικοποίηση Θυρών Relay
int RelayH=6;
int RelayK=7;
//Αρχικοποίηση Θυρών Διακοπών
int ButtonKitchen=26; //Button Κουζίνας
int FeedbackHeater=25; //Ανάδραση Relay Ηλ. Θερμοσίφωνα
int FeedbackKitchen=27; //Ανάδραση Κουζίνας
int HChangeSwitch1=22; //Διακόπτης 1-0-2 Ηλ. Θερμοσίφωνα
int HChangeSwitch2=23;

```

```

// MAC address για το Ethernet shield
byte mac[] = { 0x90, 0xA2, 0xDA, 0x0F, 0xC9, 0xDB };
byte ip[] = { 192, 168, 10, 100 };
EthernetServer server(80); // Δημιουργία server στη Θύρα 80
String readString;
String HTTP_req;      // Μεταβλητή HTTP request
void setup()
{
  pinMode(RelayK,OUTPUT); //Δήλωση Θυρών Relay Arduino
  pinMode(RelayH,OUTPUT);
  digitalWrite(RelayK,HIGH);
  digitalWrite(RelayH,HIGH);

  pinMode(meterPin, INPUT_PULLUP);

  pinMode(ButtonKitchen,INPUT_PULLUP);

  pinMode(FeedbackHeater,INPUT_PULLUP);
  pinMode(FeedbackKitchen,INPUT_PULLUP);

  pinMode(HChangeSwitch1,INPUT_PULLUP);
  pinMode(HChangeSwitch2,INPUT_PULLUP);

  Ethernet.begin(mac, ip); // Αρχικοποίηση συσκευής Ethernet
  server.begin();      // Έναρξη επικοινωνίας με clients
  Serial.begin(9600);

  Serial.print("server is at ");
  Serial.println(Ethernet.localIP());
  UpdateVariables();
}

```

```

}
void loop()
{
  EthernetClient client = server.available(); // try to get client
  UpdateVariables();
  Serial.println("Kollisa6");
  if (client) { // got client?
    boolean currentLineIsBlank = true;
    while (client.connected()) {
      if (client.available()) { // client data available to read
        char c = client.read(); // read 1 byte (character) from client
        //read char by char HTTP request
        if (readString.length() < 100) {
          //store characters to string
          readString += c;
          //Serial.print(c);
        }
        //HTTP_req += c; // save the HTTP request 1 char at a time
        // last line of client request is blank and ends with \n
        // respond to client only after last line received
        if (c == '\n' && currentLineIsBlank) {
          Serial.println(readString); //print to serial monitor for debugging
          // send a standard http response header
          client.println("HTTP/1.1 200 OK");
          client.println("Content-Type: text/html");
          client.println("Connection: keep-alive");
          client.println();
          // AJAX request for switch state
          if (HTTP_req.indexOf("ajax_switch") > -1) {
            // read switch state and analog input

```



```

        GetAjaxData(client);
    }
else { // HTTP request for web page
    // send web page - contains JavaScript with AJAX calls
    client.println("<!DOCTYPE html>");
    client.println("<html>");
    client.println("<head>");
    client.println("<title>Inter-Departmental Postgraduate Programme \"Automation Systems\"
Project</title>");
    client.println("<meta name='apple-mobile-web-app-capable' content='yes' />");
    client.println("<meta name='apple-mobile-web-app-status-bar-style' content='black-
translucent' />");
    client.println("<link rel='stylesheet' type='text/css'
href='http://randomnerdtutorials.com/ethernetcss.css' />");
    client.println("<meta name='viewport' content='width=device-width, user-
scalable=yes' />");
    client.println("<script>");
    client.println("function GetSwitchAnalogData() {");
    client.println("nocache = \"&nocache=\" + Math.random() * 1000;");
    client.println("var request = new XMLHttpRequest();");
    client.println("request.onreadystatechange = function() {");
    client.println("if (this.readyState == 4) {");
    client.println("if (this.status == 200) {");
    client.println("if (this.responseText != null) {");
    client.println("document.getElementById(\"sw_an_data\").innerHTML =
this.responseText;");
    client.println("}} }");
    client.println("request.open(\"GET\", \"ajax_switch\" + nocache, true);");
    client.println("request.send(null);");
    client.println("setTimeout('GetSwitchAnalogData()', 5000);");
    client.println("}");
    client.println("</script>");

```

```

client.println("</head>");
client.print(F("<H1>Smart Home Automation</H1>"));
client.print(F("<hr />"));
client.print(F("<br />"));
client.println("<H2>Arduino with Ethernet Shield</H2>");
client.print(F("<br />"));
client.print(F("<table border=\"1\" align=\"center\">"));
client.println("<body onload=\"GetSwitchAnalogData()\">");
client.println("<div id=\"sw_an_data\">");
client.println("</div>");
client.println("</body>");
client.println("</html>");
}
// display received HTTP request on serial port
Serial.print(HTTP_req);
HTTP_req = "";      // finished with request, empty string
break;
}
// every line of text received from the client ends with \r\n
if (c == '\n') {
    // last character on line of received text
    // starting new line with next character read
    currentLineIsBlank = true;
}
else if (c != '\r') {
    // a text character was received from client
    currentLineIsBlank = false;
}
} // end if (client.available())
} // end while (client.connected())

```

```
delay(1); // give the web browser time to receive the data
```

```
    //controls the Arduino if you press the buttons
    if (readString.indexOf("?Button1ON") >0)
    {
        CallKitchenON();
    }
    if (readString.indexOf("?Button1OFF") >0)
    {
        CallKitchenOFF();
    }
    if (readString.indexOf("?Button2ON") >0)
    {
        start = millis();
        delay(200); // for debounce
        Serial.println("Started...");
        CallHeaterON();
        meterState = 1;
        Clock = 0;
    }
    if (readString.indexOf("?Button2OFF") >0)
    {
        finished = millis();
        delay(200); // for debounce
        CallHeaterOFF();
        meterState = 0;
        Clock = 1;
    }
    if (readString.indexOf("?ResetMeter") >0)
    {
```

```

    kWh = 0;
}
if (readString.indexOf("?ResetTime") > 0)
{
    elapsed = 0;
    h = 0;
    m = 0;
    s = 0;
    ms = 0;
}
//clearing string for next read
readString="";
client.stop(); // close the connection
} // end if (client)
client.stop(); // close the connection
}

// send the state of the switch to the web browser

void GetAjaxData(EthernetClient cl)
{
    cl.print(F("<table border=\"1\" align=\"center\">"));
    cl.print(F("<tr align=\"center\">"));
    cl.print(F("<td><a href=\"/?Button1ON\"> Turn ON Kitchen </a><td/>"));
    cl.print(F("<br />"));
    cl.print(F("<br />"));
    cl.print(F("<br />"));
    cl.print(F("<td><a href=\"/?Button2ON\">Turn ON Heater</a><td/>"));
    cl.print(F("<tr/>"));
    cl.print(F("<tr align=\"center\">"));

```

```

cl.print(F("<br />"));
cl.print(F("<br />"));
cl.print(F("<br />"));
cl.print(F("<td><a href=\\\"/?Button1OFF\\\"> Turn OFF Kitchen </a><td/>"));
cl.print(F("<br />"));
cl.print(F("<br />"));
cl.print(F("<br />"));
cl.print(F("<td><a href=\\\"/?Button2OFF\\\">Turn OFF Heater</a><td/>"));
cl.print(F("<tr/>"));
cl.print(F("<tr align=\\\"center\\\">"));
UpdateKitchenButtons();
if(FeedbackKitchenStatus==0)
{
    cl.print(F("<td><a href=\\\"/?StatusButton1ON\\\" style=\\\"background-color:green\\\"> Current Status
Kitchen:ON </a><br /><td/>"));
    cl.print(F("<br />"));
    cl.print(F("<br />"));
    cl.print(F("<br />"));
}
else
{
    cl.print(F("<td><a href=\\\"/?StatusButton1OFF\\\" style=\\\"background-color:red\\\"> Current Status
Kitchen:OFF </a><br /><td/>"));
    cl.print(F("<br />"));
    cl.print(F("<br />"));
    cl.print(F("<br />"));
}
UpdateHeaterButtons();
if(FeedbackHeaterStatus==0)
{

```

```

    cl.print(F("<td><a href=\\\"/?StatusButton2ON\\\" style=\\\"background-color:green\\\"> Current Status
Heater:ON </a><br /></td>"));

    cl.print(F("<tr/>"));
}
else
{
    cl.print(F("<td><a href=\\\"/?StatusButton2OFF\\\" style=\\\"background-color:red\\\"> Current Status
Heater:OFF </a><br /></td>"));

    cl.print(F("<tr/>"));
}
cl.print(F("<tr align=\\\"center\\\">"));
cl.print(F("<br />"));
cl.print(F("<br />"));
cl.print(F("<br />"));

cl.print(F("<td><a href=\\\"/?StatusButton2AUTO\\\" style=\\\"background-color:black\\\"> Kitchen:
AUTO - MANUAL </a><br /></td>"));

cl.print(F("<br />"));
cl.print(F("<br />"));
cl.print(F("<br />"));
UpdateVariables();
if (HChangeSwitch1Status==0)
{
    cl.print(F("<td><a href=\\\"/?StatusButton2AUTO\\\" style=\\\"background-color:black\\\"> Current
Status Heater:AUTO </a><br /></td>"));

    cl.print(F("<tr/>"));
}
else
{
    cl.print(F("<td><a href=\\\"/?StatusButton2MANUAL\\\" style=\\\"background-color:black\\\"> Current
Status Heater:MANUAL </a><br /></td>"));

    cl.print(F("<tr/>"));
}
}

```

```

cl.print(F("</table>"));
cl.print(F("</table>"));
cl.print(F("<br>Heater's temperature: "));
int pt100 = analogRead(2);
float Vout = pt100 * (4.7 / 1023.0);
float buffer= (4.7/Vout) -1;
float R2 = (R1 * buffer)-3;
//float R2 = 120;
Serial.println("R2");
Serial.println(R2);
Temp = readPT100(R2,in,90);
cl.println(Temp);
cl.print(F("<br />"));
cl.print(F("<br>Heater's Limit: "));
cl.print(SafetyTemp);
int CheckResult = CheckHeater(Temp);
if (CheckResult){
    cl.print(F("<br />"));
    cl.print(F("<br>Temperature is Below Limit"));
}
else{
    cl.print(F("<br />"));
    cl.print(F("<br>Temperature is Above Limit"));
}
cl.print(F("<br />"));
cl.print(F("<br />"));
if (Clock == 1)
{
    elapsed = finished - start;
    h = int(elapsed / 3600000);
}

```

```

over = elapsed % 3600000;
m = int(over / 60000);
over = over % 60000;
s = int(over / 1000);
ms = over % 1000;
Clock = 0;
}
cl.print(F("Raw elapsed time: "));
cl.print(elapsed);
cl.print(F("<br />"));
cl.print(F("<br />"));
cl.print(F("Elapsed time: "));
cl.print(h, 0);
cl.print(F("h "));
cl.print(m, 0);
cl.print(F("m "));
cl.print(s, 0);
cl.print(F("s "));
cl.print(ms, 0);
cl.print(F("ms "));
cl.print(F("<br />"));
cl.print(F("<br />"));
if (meterState == 1)
{
float kWh = pulse();
}
cl.print(F("Heater's Power Consumption:"));
cl.print(kWh ,3);
cl.print(F(" kWh"));
cl.print(F("<br />"));

```



```

cl.print(F("<br />"));
cl.print(F("<br />"));
cl.print(F("<A HREF=\"javascript:history.go(0)\">Click to refresh the page</A>"));
cl.print(F("<br />"));
cl.print(F("<br />"));
cl.print(F("<a href=\"/?ResetTime\" style=\"background-color:black\">Reset Time</a><a href=\"/?ResetMeter\" style=\"background-color:black\">Reset Power Meter</a><br />"));
if (readString.indexOf("?Reset") >0)
{
    kWh = 0;
}
cl.print(F("<br />"));
cl.print(F("<p>Created by Kyriakos Kaparelis</p>"));
cl.print(F("<META HTTP-EQUIV=\"refresh\" CONTENT=\"3\">"));
cl.print(F("<br />"));
}
////////////////////////////////////////////////////////////////
int TempConverter(int x)
{
    float tempC;
    tempC = (5.0 * TempReading * 100.0) / 1024.0;
    Serial.print(tempC);
    Serial.println(" degrees C");
    return tempC;
}
////////////////////////////////////////////////////////////////
void UpdateKitchenButtons()
{
    FeedbackKitchenStatus = digitalRead(FeedbackKitchen);
}
////////////////////////////////////////////////////////////////

```

```

void UpdateHeaterButtons()
{
  FeedbackHeaterStatus = digitalRead(FeedbackHeater);
}
/////////////////////////////////////////////////////////////////

void UpdateVariables()
{
  UpdateKitchenButtons();
  UpdateHeaterButtons();
  HChangeSwitch1Status = digitalRead(HChangeSwitch1);
  HChangeSwitch2Status = digitalRead(HChangeSwitch2);
  if (FeedbackKitchenStatus == 0)
  {
    Serial.println("Kitchen-ON\n");
  }
  else
  {
    Serial.println("Kitchen-OFF\n");
  }
  if (HChangeSwitch1Status == 0)
  {
    ManualH = 0;
    AutoH = 1;
    if (FeedbackHeaterStatus == 0)
    {
      Serial.println("Heater-Automation-ON\n");
    }
  }
  else
  {
    Serial.println("Heater-Automation-OFF\n");
  }
}

```

```

    }
}
else if (HChangeSwitch2Status == 0)
{
    ManualH = 1;
    AutoH = 0;
    Serial.println("Heater-Manual-ON\n");
}
else
{
    ManualH = 1;
    AutoH = 0;
    Serial.println("Heater-Manual-OFF\n");
}
}
////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////
void CallHeaterON(){
    UpdateVariables();           //Ανανέωση Κατάστασης Ηλ. Θερμοσίφωνα
    if (HChangeSwitch1Status == 0)    //Έλεγχος αν ο Ηλ. Θερμοσίφωνα είναι OFF
    {
        Serial.println(FeedbackHeaterStatus);
        if (FeedbackHeaterStatus == 1)
        {
            Serial.println("Automation - Heater ON\n");
            digitalWrite(RelayH, LOW);    //Relay Ηλ. Θερμοσίφωνα από OFF σε ON
        }
    }
    else if (HChangeSwitch1Status == 1)
    {
        Serial.println("Manual\n");
    }
}

```

```

}
else
{
  Serial.println("Manual\n");
}
}

/////////////////////////////////////////////////////////////////

void CallKitchenON(){
  UpdateVariables();          //Ανανέωση Κατάστασης Κουζίνας
  Serial.println(FeedbackKitchenStatus);
  if (FeedbackKitchenStatus == 1) //Έλεγχος αν η Κουζίνα είναι OFF
  {
    Serial.println("Kitchen ON\n");
    digitalWrite(RelayK, LOW); //Relay Κουζίνας ON
    delay(1000);          //Αναμονή 1 sec
    digitalWrite(RelayK, HIGH); //Relay Κουζίνας OFF
  }
  else
  {
    Serial.println("Kitchen is already ON\n");
  }
}

/////////////////////////////////////////////////////////////////

void CallHeaterOFF(){
  UpdateVariables();          //Ανανέωση Κατάστασης Ηλ. Θερμοσίφωνα
  if (HChangeSwitch1Status == 0) //Έλεγχος αν ο Ηλ. Θερμοσίφοντας είναι ON
  {
    Serial.println(FeedbackHeaterStatus);
    if (FeedbackHeaterStatus == 0)
    {

```

```

Serial.println("Automation - Heater OFF"); //Relay Ηλ. Θερμοσίφωνα από ON σε OFF
digitalWrite(RelayH, HIGH);
}
}
else if (HChangeSwitch1Status == 1)
{
Serial.println("Manual\n");
}
else
{
Serial.println("Manual\n");
}
}
/////////////////////////////////////////////////////////////////
void CallKitchenOFF(){
UpdateVariables(); //Ανανέωση Κατάστασης Κουζίνας
Serial.println(FeedbackKitchenStatus);
if (FeedbackKitchenStatus == 0) //Έλεγχος αν η Κουζίνα είναι ON
{
Serial.println("Kitchen OFF\n");
digitalWrite(RelayK, LOW); //Relay Κουζίνας ON
delay(1000); //Αναμονή 1 sec
digitalWrite(RelayK, HIGH); //Relay Κουζίνας OFF
}
else
{
Serial.println("Kitchen is already OFF\n");
}
}
/////////////////////////////////////////////////////////////////

```









```
float r1 = _in[pos-1];  
float r2 = _in[pos];  
int c1 = pos-1;  
int c2 = pos;  
return c1 + (val - r1) / (r2-r1) * (c2-c1); //Επιστροφή Θερμοκρασίας  
}
```

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β - Προδιαγραφές Θερμοκρασιών Αισθητήρα PT100

# Platinum Resistance (-200°C to 239°C)

Temperature Coefficient - 0.00385 Ohms/Ohm/°C

| °C   | Ohms  | °C   | Ohms  | °C  | Ohms  | °C  | Ohms   | °C  | Ohms   | °C  | Ohms   | °C  | Ohms   |
|------|-------|------|-------|-----|-------|-----|--------|-----|--------|-----|--------|-----|--------|
| -200 | 18.49 | -137 | 45.11 | -74 | 70.73 | -11 | 95.69  | 51  | 119.78 | 114 | 143.80 | 177 | 167.35 |
| -199 | 18.93 | -136 | 45.52 | -73 | 71.13 |     |        | 52  | 120.16 | 115 | 144.17 | 178 | 167.72 |
| -198 | 19.36 | -135 | 45.94 | -72 | 71.53 | -10 | 96.09  | 53  | 120.55 | 116 | 144.55 | 179 | 168.09 |
| -197 | 19.79 | -134 | 46.35 | -71 | 71.93 | -9  | 96.48  | 54  | 120.93 | 117 | 144.93 |     |        |
| -196 | 20.22 | -133 | 46.76 |     |       | -8  | 96.87  | 55  | 121.32 | 118 | 145.31 | 180 | 168.46 |
| -195 | 20.65 | -132 | 47.18 | -70 | 72.33 | -7  | 97.26  | 56  | 121.70 | 119 | 145.68 | 181 | 168.83 |
| -194 | 21.08 | -131 | 47.59 | -69 | 72.73 | -6  | 97.65  | 57  | 122.09 |     |        | 182 | 169.20 |
| -193 | 21.51 |      |       | -68 | 73.13 | -5  | 98.04  | 58  | 122.47 | 120 | 146.06 | 183 | 169.57 |
| -192 | 21.94 | -130 | 48.00 | -67 | 73.53 | -4  | 98.44  | 59  | 122.86 | 121 | 146.44 | 184 | 169.94 |
| -191 | 22.37 | -129 | 48.41 | -66 | 73.93 | -3  | 98.83  |     |        | 122 | 146.81 | 185 | 170.31 |
|      |       | -128 | 48.82 | -65 | 74.33 | -2  | 99.22  | 60  | 123.24 | 123 | 147.19 | 186 | 170.68 |
| -190 | 22.80 | -127 | 49.23 | -64 | 74.73 | -1  | 99.61  | 61  | 123.62 | 124 | 147.57 | 187 | 171.05 |
| -189 | 23.23 | -126 | 49.64 | -63 | 75.13 |     |        | 62  | 124.01 | 125 | 147.94 | 188 | 171.42 |
| -188 | 23.66 | -125 | 50.06 | -62 | 75.53 | 0   | 100.00 | 63  | 124.39 | 126 | 148.32 | 189 | 171.79 |
| -187 | 24.09 | -124 | 50.47 | -61 | 75.93 | 1   | 100.39 | 64  | 124.77 | 127 | 148.70 |     |        |
| -186 | 24.52 | -123 | 50.88 |     |       | 2   | 100.78 | 65  | 125.16 | 128 | 149.07 | 190 | 172.16 |
| -185 | 24.94 | -122 | 51.29 | -60 | 76.33 | 3   | 101.17 | 66  | 125.54 | 129 | 149.45 | 191 | 172.53 |
| -184 | 25.37 | -121 | 51.70 | -59 | 76.73 | 4   | 101.56 | 67  | 125.92 |     |        | 192 | 172.90 |
| -183 | 25.80 |      |       | -58 | 77.13 | 5   | 101.95 | 68  | 126.31 | 130 | 149.82 | 193 | 173.26 |
| -182 | 26.23 | -120 | 52.11 | -57 | 77.52 | 6   | 102.34 | 69  | 126.69 | 131 | 150.20 | 194 | 173.63 |
| -181 | 26.65 | -119 | 52.52 | -56 | 77.92 | 7   | 102.73 |     |        | 132 | 150.57 | 195 | 174.00 |
|      |       | -118 | 52.92 | -55 | 78.32 | 8   | 103.12 | 70  | 127.07 | 133 | 150.95 | 196 | 174.37 |
| -180 | 27.08 | -117 | 53.33 | -54 | 78.72 | 9   | 103.51 | 71  | 127.45 | 134 | 151.33 | 197 | 174.74 |
| -179 | 27.50 | -116 | 53.74 | -53 | 79.11 |     |        | 72  | 127.84 | 135 | 151.70 | 198 | 175.10 |
| -178 | 27.93 | -115 | 54.15 | -52 | 79.51 | 10  | 103.90 | 73  | 128.22 | 136 | 152.08 | 199 | 175.47 |
| -177 | 28.35 | -114 | 54.56 | -51 | 79.91 | 11  | 104.29 | 74  | 128.60 | 137 | 152.45 |     |        |
| -176 | 28.78 | -113 | 54.97 |     |       | 12  | 104.68 | 75  | 128.98 | 138 | 152.83 | 200 | 175.84 |
| -175 | 29.20 | -112 | 55.38 | -50 | 80.31 | 13  | 105.07 | 76  | 129.37 | 139 | 153.20 | 201 | 176.21 |
| -174 | 29.63 | -111 | 55.78 | -49 | 80.70 | 14  | 105.46 | 77  | 129.75 |     |        | 202 | 176.57 |
| -173 | 30.05 |      |       | -48 | 81.10 | 15  | 105.85 | 78  | 130.13 | 140 | 153.58 | 203 | 176.94 |
| -172 | 30.47 | -110 | 56.19 | -47 | 81.50 | 16  | 106.24 | 79  | 130.51 | 141 | 153.95 | 204 | 177.31 |
| -171 | 30.90 | -109 | 56.60 | -46 | 81.89 | 17  | 106.63 |     |        | 142 | 154.32 | 205 | 177.68 |
|      |       | -108 | 57.00 | -45 | 82.29 | 18  | 107.02 | 80  | 130.89 | 143 | 154.70 | 206 | 178.04 |
| -170 | 31.32 | -107 | 57.41 | -44 | 82.69 | 19  | 107.40 | 81  | 131.27 | 144 | 155.07 | 207 | 178.41 |
| -169 | 31.74 | -106 | 57.82 | -43 | 83.08 |     |        | 82  | 131.66 | 145 | 155.45 | 208 | 178.78 |
| -168 | 32.16 | -105 | 58.22 | -42 | 83.48 | 20  | 107.79 | 83  | 132.04 | 146 | 155.82 | 209 | 179.14 |
| -167 | 32.59 | -104 | 58.63 | -41 | 83.88 | 21  | 108.18 | 84  | 132.42 | 147 | 156.19 |     |        |
| -166 | 33.01 | -103 | 59.04 |     |       | 22  | 108.57 | 85  | 132.80 | 148 | 156.57 | 210 | 179.51 |
| -165 | 33.43 | -102 | 59.44 | -40 | 84.27 | 23  | 108.96 | 86  | 133.18 | 149 | 156.94 | 211 | 179.88 |
| -164 | 33.85 | -101 | 59.85 | -39 | 84.67 | 24  | 109.35 | 87  | 133.56 |     |        | 212 | 180.24 |
| -163 | 34.27 |      |       | -38 | 85.06 | 25  | 109.73 | 88  | 133.94 | 150 | 157.31 | 213 | 180.61 |
| -162 | 34.69 | -100 | 60.25 | -37 | 85.46 | 26  | 110.12 | 89  | 134.32 | 151 | 157.69 | 214 | 180.97 |
| -161 | 35.11 | -99  | 60.66 | -36 | 85.85 | 27  | 110.51 |     |        | 152 | 158.06 | 215 | 181.34 |
|      |       | -98  | 61.06 | -35 | 86.25 | 28  | 110.90 | 90  | 134.70 | 153 | 158.43 | 216 | 181.71 |
| -160 | 35.53 | -97  | 61.47 | -34 | 86.64 | 29  | 111.28 | 91  | 135.08 | 154 | 158.81 | 217 | 182.07 |
| -159 | 35.95 | -96  | 61.87 | -33 | 87.04 |     |        | 92  | 135.46 | 155 | 159.18 | 218 | 182.44 |
| -158 | 36.37 | -95  | 62.28 | -32 | 87.43 | 30  | 111.67 | 93  | 135.84 | 156 | 159.55 | 219 | 182.80 |
| -157 | 36.79 | -94  | 62.68 | -31 | 87.83 | 31  | 112.06 | 94  | 136.22 | 157 | 159.93 |     |        |
| -156 | 37.21 | -93  | 63.09 |     |       | 32  | 112.45 | 95  | 136.60 | 158 | 160.30 | 220 | 183.17 |
| -155 | 37.63 | -92  | 63.49 | -30 | 88.22 | 33  | 112.83 | 96  | 136.98 | 159 | 160.67 | 221 | 183.53 |
| -154 | 38.04 | -91  | 63.90 | -29 | 88.62 | 34  | 113.22 | 97  | 137.36 |     |        | 222 | 183.90 |
| -153 | 38.46 |      |       | -28 | 89.01 | 35  | 113.61 | 98  | 137.74 | 160 | 161.04 | 223 | 184.26 |
| -152 | 38.88 | 90   | 64.30 | -27 | 89.40 | 36  | 113.99 | 99  | 138.12 | 161 | 161.42 | 224 | 184.63 |
| -151 | 39.30 | -89  | 64.70 | -26 | 89.80 | 37  | 114.38 |     |        | 162 | 161.79 | 225 | 184.99 |
|      |       | -88  | 65.11 | -25 | 90.19 | 38  | 114.77 | 100 | 138.50 | 163 | 162.16 | 226 | 185.36 |

|      |       |     |       |     |       |    |        |     |        |     |        |     |        |
|------|-------|-----|-------|-----|-------|----|--------|-----|--------|-----|--------|-----|--------|
| -150 | 39.71 | -87 | 65.51 | -24 | 90.59 | 39 | 115.15 | 101 | 138.88 | 164 | 162.53 | 227 | 185.72 |
| -149 | 40.13 | -86 | 65.91 | -23 | 90.98 |    |        | 102 | 139.26 | 165 | 162.90 | 228 | 186.09 |
| -148 | 40.55 | -85 | 66.31 | -22 | 91.37 | 40 | 115.54 | 103 | 139.64 | 166 | 163.27 | 229 | 186.45 |
| -147 | 40.96 | -84 | 66.72 | -21 | 91.77 | 41 | 115.93 | 104 | 140.02 | 167 | 163.65 |     |        |
| -146 | 41.38 | -83 | 67.12 |     |       | 42 | 116.31 | 105 | 140.39 | 168 | 164.02 | 230 | 186.82 |
| -145 | 41.79 | -82 | 67.52 | -20 | 92.16 | 43 | 116.70 | 106 | 140.77 | 169 | 164.39 | 231 | 187.18 |
| -144 | 42.21 | -81 | 67.92 | -19 | 92.55 | 44 | 117.08 | 107 | 141.15 |     |        | 232 | 187.54 |
| -143 | 42.63 |     |       | -18 | 92.95 | 45 | 117.47 | 108 | 141.53 | 170 | 164.76 | 233 | 187.91 |
| -142 | 43.04 | -80 | 68.33 | -17 | 93.34 | 46 | 117.85 | 109 | 141.91 | 171 | 165.13 | 234 | 188.27 |
| -141 | 43.45 | -79 | 68.73 | -16 | 93.73 | 47 | 118.24 |     |        | 172 | 165.50 | 235 | 188.63 |
|      |       | -78 | 69.13 | -15 | 94.12 | 48 | 118.62 | 110 | 142.29 | 173 | 165.87 | 236 | 189.00 |
| -140 | 43.87 | -77 | 69.53 | -14 | 94.52 | 49 | 119.01 | 111 | 142.66 | 174 | 166.24 | 237 | 189.36 |
| -139 | 44.28 | -76 | 69.93 | -13 | 94.91 |    |        | 112 | 143.04 | 175 | 166.61 | 238 | 189.72 |
| -138 | 44.70 | -75 | 70.33 | -12 | 95.30 | 50 | 119.40 | 113 | 143.42 | 176 | 166.98 | 239 | 190.09 |

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ – Ηλεκτρολογικά Σχέδια

