

**Α.Ε.Ι. ΠΕΙΡΑΙΑ Τ.Τ.  
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΤΕ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**ΧΡΗΣΗ P.L.C. ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΥΤΟΜΑΤΟΠΟΙΗΣΗ ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΗΣ  
ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ ΜΙΚΡΗΣ ΖΥΘΟΠΟΙΑΣ**



**Επιβλέπων καθηγητής:** Δρ. Καμινάρης Σταύρος, Αναπληρωτής Καθηγητής  
**Σπουδαστής:** Μπαβέας Ευάγγελος (Α.Μ.: 40380)

**ΑΙΓΑΛΕΩ  
ΙΟΥΛΙΟΣ 2017**



Στον πατέρα μου Γιώργο,  
που δυστυχώς έφυγε πολύ γρήγορα  
και άδικα από την ζωή.

Copyright © Α. Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Πειραιά

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. 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 Α.Ε.Ι. Πειραιά Τεχνολογικού Τομέα.

## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Η παρούσα πτυχιακή εργασία αποτελεί τον επίλογο των σπουδών μου στο τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών Τ.Ε. του Ανώτατου Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Πειραιά, τεχνολογικού τομέα. Σε αυτό το σημείο θα ήθελα να ευχαριστήσω κάποιους ανθρώπους που με συντρόφευσαν κατά τον κύκλο των σπουδών μου, αλλά και με βοήθησαν ώστε να ολοκληρώσω την παρούσα εργασία επιτυχώς.

Αρχικά θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή της πτυχιακής μου εργασίας τον Κ. Καμινάρη Σταύρο για την άριστη συνεργασία, την αμέριστη συμπαράσταση αλλά και καθοδήγηση την οποία μου πρόσφερε κατά την διάρκεια της εκπόνησης της.

Επίσης, ευχαριστώ θερμά τον παραγωγό μύρας κ. Γ. Κατσαντώνη, ιδιοκτήτη της πραγματικής εγκατάστασης η οποία χρήζει ανάγκη αυτοματοποίησης, για τις πληροφορίες που μου έδωσε σχετικά με τα συστήματα ζυθοποιίας.

Επιπλέον, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους Β. Γκιώνη, Χ.Παπαζαχαρία και Δ. Πυροβολισιάνο από την εταιρεία Schneider Electric, αλλά και την διοίκηση της εταιρείας, για την χορήγηση κάποιων εκ των υλικών που χρειάστηκα για την κατασκευή της εξομοίωσης που συνοδεύει αυτή τη πτυχιακή εργασία, αλλά και για την υλικοτεχνική βοήθεια που μου πρόσφεραν.

Δεν θα παραλείψω να ευχαριστήσω πολύ την οικογένεια μου και τους φίλους μου για την συμπαράσταση που μου δείξαν, καθώς επίσης για την βοήθεια και την υποστήριξη που μου έδωσαν κατά την διάρκεια των σπουδών μου.

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

|   |        |
|---|--------|
| ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ .....   | - 5 -  |
| ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....   | - 8 -  |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 <sup>ο</sup> ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΥ .....                    | - 9 -  |
| 1.1 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ .....   | - 9 -  |
| 1.2 ΓΕΝΙΚΑ ΠΕΡΙ ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΥ-ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΟΥ ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΥ ...              | - 10 - |
| 1.3 ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΟΥ ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΥ .....                         | - 11 - |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 <sup>ο</sup> ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΖΟΜΕΝΟΙ ΛΟΓΙΚΟΙ ΕΛΕΓΚΤΕΣ P.L.C. .... | - 13 - |
| 2.1 ΟΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ P.L.C. ....   | - 13 - |
| 2.2 ΔΟΜΗ ΤΟΥ P.L.C. ....  | - 13 - |
| 2.3 ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ – ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΤΕΣ .....                                    | - 18 - |
| 2.4 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ .....  | - 19 - |
| 2.5 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ.....  | - 22 - |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 <sup>ο</sup> ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΥΠΟ ΜΕΛΕΤΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ .....    | - 24 - |
| 3.1. Η ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ .....  | - 24 - |
| 3.2 ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΥ.....                             | - 27 - |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 <sup>ο</sup> ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΥ .....                      | - 31 - |
| 4.1 ΕΠΙΛΟΓΗ PLC .....   | - 31 - |
| 4.3 ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΑ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ .....                                     | - 38 - |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 <sup>ο</sup> ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ ΤΟΥ PLC .....                   | - 40 - |
| 5.1 ΕΠΙΛΟΓΗ ΓΛΩΣΣΑΣ .....   | - 40 - |
| 5.2 ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΙΑΣ ΕΙΣΟΔΩΝ-ΕΞΟΔΩΝ .....                           | - 40 - |
| 5.3 ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ.....  | - 43 - |

|   |               |
|---|---------------|
| <b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6<sup>ο</sup> ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ.....</b> | <b>- 54 -</b> |
| <b>6.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ.....</b>                      | <b>- 54 -</b> |
| <b>6.2 ΥΛΙΚΑ.....</b>                                       | <b>- 55 -</b> |
| <b>6.3 ΣΤΑΔΙΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ.....</b>                           | <b>- 59 -</b> |
| <b>6.4 ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΥ .....</b>         | <b>- 61 -</b> |
| <b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....</b>                                    | <b>- 64 -</b> |

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα εργασία αφορά σε μια πραγματική εφαρμογή βιομηχανικού αυτοματισμού, με τη χρήση ενός προγραμματιζόμενου λογικού ελεγκτή (P.L.C.), που μπορεί να εγκατασταθεί στην παραγωγική διαδικασία μιας μικρής ζυθοποιίας (home brew). Συγκεκριμένα αφορά στο στάδιο της ζύμωσης και την προετοιμασία της ωρίμανσης του μίγματος της μύρας. Η πτυχιακή εργασία αποτελείται από έξι κεφάλαια και συνοδεύεται από μια εκπαιδευτική πινακίδα, που κατασκευάστηκε για την προσομοίωση της εν λόγω εγκατάστασης .

Στο πρώτο κεφάλαιο, γίνεται μια εισαγωγή καθώς και μια ιστορική αναδρομή στα συστήματα αυτοματισμού και βιομηχανικού αυτοματισμού.

Στο δεύτερο κεφάλαιο, αναλύονται οι προγραμματιζόμενοι λογικοί ελεγκτές (P.L.C.) και αναφέρονται τα πλεονεκτήματά τους σε σχέση με άλλες μεθόδους αυτοματισμού. Επίσης αναφέρεται η δομή τους, η γλώσσες στις οποίες μπορούν να προγραμματιστούν καθώς και κάποια από τα βασικά αισθητήρια και διακόπτες, που σε συνδυασμό με τους προγραμματιζόμενους λογικούς ελεγκτές δημιουργούν ένα σύστημα αυτοματισμού.

Στο τρίτο κεφάλαιο, παρουσιάζεται η υπό μελέτη εγκατάσταση, η δομή της παραγωγικής διαδικασίας, καθώς επίσης αναφέρονται οι απαιτήσεις ως προς το σύστημα αυτοματισμού .

Στο τέταρτο κεφάλαιο, αναπτύσσεται η περιγραφή του συστήματος αυτοματισμού . Αναφέρεται ο προγραμματιζόμενος λογικός ελεγκτής (P.L.C.) που θα χρησιμοποιήθηκε, τα τεχνικά χαρακτηριστικά του, οι διακόπτες και τα αισθητήρια που χρειάζονται για να υλοποιηθεί η συγκεκριμένη εγκατάσταση, καθώς και η περιγραφή της αυτοματοποιημένης διαδικασίας που καλείται να εφαρμόσει αυτό το σύστημα .

Στο πέμπτο κεφάλαιο, παρατίθενται τα στοιχεία για τον προγραμματισμό του προγραμματιζόμενου λογικού ελεγκτή (P.L.C.). Γίνεται η επιλογή γλώσσας προγραμματισμού, αναφέρεται ο πίνακας αντιστοιχίας εισόδων – εξόδων (I-O), όπως επίσης και το τελικό πρόγραμμα λειτουργίας του P.L.C..

Στο έκτο κεφάλαιο, παρουσιάζεται η υλοποίηση της προσομοίωσης της εγκατάστασης. Περιγράφονται τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν και η αντικατάσταση κάποιων διακοπών και αισθητηρίων με άλλα υλικά για της ανάγκες της προσομοίωσης. Επίσης αναλύονται όλα τα στάδια της κατασκευής της εκπαιδευτικής πινακίδας.



# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1<sup>ο</sup> ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΥ

## 1.1 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

Τα συστήματα αυτοματισμού ήταν ένα αντικείμενο μελετών που απασχολούσε τους ανθρώπους από αρχαιοτάτων χρόνων, από τους πιο γνωστούς αυτοματισμούς της εποχής εκείνης είναι ο Ρυθμιστής του «Ηρώνας του Αλεξανδρέως». Σκοπός αυτού του αυτόματου συστήματος ήταν να ανοίγει και να κλείνει, αυτόματα, την κεντρική πύλη ενός ναού με το άναμμα και το σβήσιμο μιας φωτιάς αντίστοιχα.

Οι πρώτοι αυτοματισμοί ήταν υλοποιημένοι με καθαρά μηχανικά μέρη όπως μοχλοί, γρανάζια και άλλα μηχανολογικά εξαρτήματα. Την αλλαγή στην πορεία του αυτοματισμού έκανε η χρήση του ηλεκτρισμού και αργότερα η χρήση των προγραμματιζόμενων λογικών ελεγκτών (P.L.C.).

Έως τα τέλη του 18ου αιώνα, η τεχνολογία δεν είχε να επιδείξει κάτι αξιόλογο στον τομέα του αυτοματισμού παρά μόνον το 1769 όπου ο JAMES WATT κατασκεύασε τον πρώτο φυγοκεντρικό ρυθμιστή ταχύτητας, ο οποίος χρησιμοποιήθηκε για τον αυτόματο έλεγχο της ταχύτητας μιας ατμομηχανής. Μέχρι εκείνη την εποχή, η κατασκευή ενός συστήματος αυτομάτου ελέγχου δεν είχε καθόλου σαν βάση τη μαθηματική ανάλυση. Το 1868 ο MAXWELL δημιούργησε μερικές από τις πρώτες μαθηματικές εξισώσεις οι οποίες εφαρμόστηκαν και βελτίωσαν τον φυγοκεντρικό ρυθμιστή του WATT.

Μετά την καθιέρωση του ηλεκτρισμού, ο αυτόματος έλεγχος έχει ως αρχή την ανάπτυξη των ηλεκτρονόμων (ρελέ). Οι ηλεκτρονόμοι μπορούν να αναπτύξουν πολλές απαιτούμενες λειτουργίες για το βασικό αυτοματισμό κίνησης. Οι επαφές τους, μπορεί να είναι σε κατάσταση ηρεμίας ανοικτές ή κλειστές, ή ένας συνδυασμός και των δύο. Έχουν δυνατότητα χρόνου ανοίγματος και κλεισίματος και μπορούν να παρέχουν βηματική ακολουθία γεγονότων ή λειτουργία μανδάλωσης. Επίσης οι ηλεκτρονόμοι μπορούν να παρέχουν αυτόματο έλεγχο σε ανάστροφη, διακοπή, επιτάχυνση, επιβράδυνση, σύμπλεξη, αργή λειτουργία κλπ.

Για πολλά χρόνια, οι ηλεκτρονόμοι παρείχαν και θα συνεχίσουν να παρέχουν ικανοποιητικό έλεγχο στους βιομηχανικούς αυτοματισμούς, στις βιομηχανίες όμως υψηλής παραγωγικότητας πλέον απαιτείται απελευθέρωση από την αργή δράση των απλών συστημάτων με ηλεκτρονόμους. Έτσι, ενώ είναι ικανοποιητικοί σε πολλές εφαρμογές του αυτομάτου ελέγχου στις μέρες μας, δεν μπορούν να μας παρέχουν την αξιοπιστία και τη σταθερότητα που χρειάζονται οι βιομηχανίες υψηλής ταχύτητας και παραγωγικότητας.

Το γεγονός αυτό είχε ως αποτέλεσμα την ανάπτυξη του στατικού και λογικού ελέγχου η οποία ήρθε να δώσει λύση στη σύγχρονη αυτόματη βιομηχανική εγκατάσταση, όπου ο χειριστής απλά θέτει σε λειτουργία την εγκατάσταση και οι διάφορες λειτουργίες επιτυγχάνονται αυτόματα.

## 1.2 ΓΕΝΙΚΑ ΠΕΡΙ ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΥ-ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΟΥ ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΥ

Η απότομη βιομηχανική άνοδος των προηγούμενων αιώνων είχε ως αποτέλεσμα την άμεση αύξηση της παραγωγής λόγω της μεγαλύτερης ζήτησης και κατανάλωσης προϊόντων. Η αυξημένη αυτή ζήτηση είχε ως αποτέλεσμα την δημιουργία αυτοματοποιημένων παραγωγικών διαδικασιών και την ανάπτυξη του αυτοματισμού.

Σύστημα αυτοματισμού εννοούμε ένα σύστημα το οποίο, βασισμένο σε πληροφορίες το οποίο παίρνει, εκτελεί προκαθορισμένες ενέργειες σε σχέση με το περιβάλλον του. Οι ενέργειες εκτελούνται σύμφωνα με μια ακριβή διαδικασία, η οποία εξαρτάται αποκλειστικά από τις πληροφορίες που δόθηκαν και υπολογίστηκαν, ή από προκαθορισμένες παραμέτρους. Τα συστήματα αυτομάτου ελέγχου στη βιομηχανία απαιτούν ολοκληρωμένα στοιχεία ελέγχου. Ένα βιομηχανικό σύστημα αυτομάτου ελέγχου μπορεί να περιλαμβάνει ηλεκτρικές, ηλεκτρονικές, μαγνητικές, μηχανικές, υδραυλικές, πνευματικές συσκευές ή συσκευές ροής. Ένα ολοκληρωμένο σύστημα αυτομάτου ελέγχου μπορεί να εκμεταλλεύεται ένα μεγάλο εύρος αναλογικών και ψηφιακών στοιχείων και μονάδων για να ικανοποιήσει ένα συγκεκριμένο σύνολο λειτουργικών απαιτήσεων.

Ένα σύστημα αυτοματισμού αποτελείται από τα ακόλουθα στοιχεία :

- **Τα αισθητήρια**, τα οποία παρέχουν στο σύστημα τις απαραίτητες πληροφορίες από το περιβάλλον για την εφαρμογή. Μερικά από τα πιο συνηθισμένα αισθητήρια που μπορεί να συναντήσουμε σε εφαρμογές είναι τα αισθητήρια στάθμης ορίου, τα αισθητήρια θερμοκρασίας και τα αισθητήρια κίνησης
- **Τα κινητήρια στοιχεία**, επιτρέπουν να εκτελεστούν ενέργειες στο σύστημα αυτοματισμού. Μιλάμε επομένως για κινητήρες, όπως αντλίες, αναδευτήρες κ.α.
- **Ο έλεγχος ισχύος**, όπως ηλεκτρονόμοι, αυτόματοι διακόπτες, κ.λπ., παρέχει την απαραίτητη ενέργεια ελέγχου για τα κινητήρια στοιχεία, σε συνδυασμό με τον επεξεργαστή, και τα υπόλοιπα στοιχεία ελέγχου ισχύος.

- **Η μονάδα επεξεργασίας δεδομένων**, είναι ο εγκέφαλος της εγκατάστασης (ή μηχανήματος). Κάποτε δημιουργούνταν χρησιμοποιώντας ένα δίκτυο από βοηθητικά ρελέ και βοηθητικές επαφές τους, σήμερα αποτελείται από προγραμματιζόμενους λογικούς ελεγκτές P.L.C. με ολοένα αυξανόμενες δυνατότητες σε υπολογισμούς και αποφάσεις, και ολοένα μικρότερες διαστάσεις.
- **Τα Στοιχεία διαλόγου ανθρώπου-μηχανής**, είναι απαραίτητα για την επίβλεψη ή έλεγχο κάθε αυτόματου συστήματος από τον άνθρωπο. Τέτοια στοιχεία μπορεί να είναι τα μπουτόν – χειριστήρια, τα πληκτρολόγια, οι οθόνες απεικόνισης και οτιδήποτε άλλο μπορεί να μεταφέρει πληροφορίες μεταξύ ενός χειριστή και του λογικού ελεγκτή.

### 1.3 ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΟΥ ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΥ

Μέχρι σήμερα μπορούμε να διακρίνουμε δύο τεχνολογικές επιλογές, όσον αφορά τον βιομηχανικό αυτοματισμό, την καλωδιωμένη τεχνολογία ή του κλασικού βιομηχανικού αυτοματισμού, όπως συνήθως αποκαλείται και αυτήν της προγραμματιζόμενης τεχνολογίας ή P.L.C., όπως επίσης συνήθως αποκαλείται.

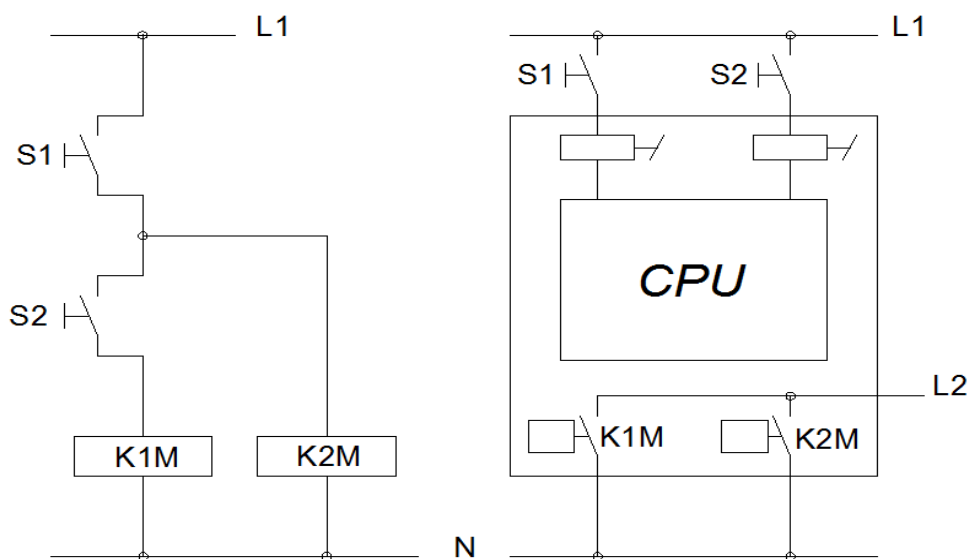
Στην περίπτωση του κλασικού βιομηχανικού αυτοματισμού, ο τρόπος λειτουργίας της εγκατάστασης καθορίζεται αποκλειστικά και μόνο από την καλωδίωση μεταξύ των διαφορετικών στοιχείων και εξαρτημάτων. Το μεγαλύτερο πλεονέκτημα αυτής της μεθόδου είναι το χαμηλό επίπεδο τεχνογνωσίας σε επίπεδο κατασκευής και συντήρησης της εγκατάστασης, καθώς δεν είναι απαραίτητες γνώσεις προγραμματισμού ή λογισμικά (software).

Βέβαια όσο πιο πολύπλοκη μπορεί να είναι μια εγκατάσταση, τόσο πιο πολύπλοκη και εκτεταμένη είναι και η καλωδίωση. Αυτό μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα την αυξημένη δυσκολία της μελέτης και πολυπλοκότητα θέσης της εγκατάστασης σε λειτουργία (start up) . Για το λόγο αυτόν οποιαδήποτε τροποποίηση της λειτουργίας απαιτηθεί στην συνέχεια, χρειάζεται νέα μελέτη και πολλές φορές μεγάλη και δύσκολη τροποποίηση της καλωδίωσης. Οι τροποποιήσεις αυτές πολλές φορές είναι απαραίτητες ακόμα και για μια μικρή αλλαγή στην λειτουργία της εγκατάστασης, αυτό συμβαίνει συνήθως λόγω του πλήθους των διαφορετικών στοιχείων και εξαρτημάτων που μπορεί να είναι καλωδιωμένα στο σύστημα. Ταυτόχρονα θα απαιτείται και η ανάλογη τεχνογνωσία σε επίπεδο κατασκευής κατάλληλων πινάκων και πεδίων, ικανών να φιλοξενήσουν ένα τόσο μεγάλο αριθμό και όγκο καλωδίωσης διαφορετικών στοιχείων και εξαρτημάτων. Τέλος μια τέτοια τροποποίηση μπορεί να επιφέρει και ένα επιπλέον κόστος στην εγκατάσταση, καθώς μπορεί να προκύψουν καινούργια ή επιπλέον στοιχεία και εξαρτήματα που

πρέπει να τοποθετηθούν εκ νέου, ή να αντικαταστήσουν κάποια από τα υπάρχοντα, με ανάλογο φυσικά κόστος.

Στην περίπτωση του P.L.C., ο τρόπος λειτουργίας της εγκατάστασης καθορίζεται αποκλειστικά και μόνο από το πρόγραμμα το οποίο εκτελείται από τον προγραμματιζόμενο ελεγκτή. Λέγοντας πρόγραμμα εννοούμε μια σειρά εντολών οι οποίες εκτελούνται από τον προγραμματιζόμενο. Για τον λόγο αυτόν η προγραμματιζόμενη τεχνολογία αναμφίβολα απαιτεί υψηλότερο επίπεδο τεχνογνωσίας, καθώς απαιτούνται γνώσεις προγραμματισμού και λογισμικού (software).

Με την τεχνική της προγραμματιζόμενης τεχνολογίας όσο πολύπλοκη και αν είναι μια εγκατάσταση, η καλωδίωση της παραμένει ελάχιστη. Συγκεκριμένα η εγκατάσταση αποτελείται από τον προγραμματιζόμενο λογικό ελεγκτή, τα στοιχεία με τα οποία επικοινωνεί (όπως αισθητήρια, κινητήρια στοιχεία, κ.α.) και την παροχή τροφοδοσίας. Αυτό έχει συνέπεια την αυξημένη ευκολία και απλότητα της μελέτης και θέσης σε λειτουργίας (start-up) της εγκατάστασης. Άρα με αυτόν τον τρόπο οποιαδήποτε τροποποίηση της λειτουργίας χρειασθεί στην συνέχεια, το μόνο που απαιτείται είναι τροποποίηση του προγράμματος το οποίο εκτελείται από τον προγραμματιζόμενο λογικό ελεγκτή. Αυτό έχει σημασία διότι δεν χρειάζεται οποιαδήποτε επέμβαση στα υλικά του συστήματος αυτοματισμού, καθώς βοηθητικά ρελέ, χρονικά, μετρητές, κ.λ.π., έχουν αντικατασταθεί από εσωτερικά στοιχεία του προγράμματος. Επιπλέον όσο πολύπλοκη και αν είναι η εγκατάσταση, οι απαιτήσεις σε χώρο και εξαερισμό, είναι ελάχιστες σε σχέση με την λύση τον κλασσικού αυτοματισμού.



Σχέδιο 1.1: Σύστημα με απλό αυτοματισμό (αριστερά) , Σύστημα αυτοματισμού με P.L.C. (δεξιά)

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2<sup>ο</sup> ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΖΟΜΕΝΟΙ ΛΟΓΙΚΟΙ ΕΛΕΓΚΤΕΣ P.L.C.

## 2.1 ΟΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ P.L.C.

Ο Προγραμματιζόμενος Λογικός Ελεγκτής (P.L.C.) είναι ένα σύστημα αυτοματισμού που λειτουργεί με βάση την τεχνολογία των ηλεκτρονικών υπολογιστών και αποτελεί την μονάδα επεξεργασίας δεδομένων, επομένως τον εγκέφαλο της εγκατάστασης (ή του μηχανήματος). Το P.L.C. αποφασίζει και εκτελεί τις ενέργειες που απαιτούνται, σε συνάρτηση πάντα με τα δεδομένα που του παρέχονται. Είναι σε θέση να δέχεται διάφορα ηλεκτρικά σήματα ρεύματος ή τάσεις (Inputs), να τα επεξεργάζεται και να παράγει τα κατάλληλα σήματα εξόδου (Outputs), τα οποία μπορούν να ενεργοποιήσουν τις υπό έλεγχο διατάξεις.

## 2.2 ΔΟΜΗ ΤΟΥ P.L.C..

Μια μονάδα P.L.C. αποτελείται από δύο κύρια μέρη, το υλικό μέρος (hardware) και το λογισμικό (software). Με τον όρο υλικό μέρος (hardware) του P.L.C. εννοούμε το ηλεκτρονικό μέρος της συσκευής το οποίο δέχεται, επεξεργάζεται και αποστέλλει στην έξοδο τα κατάλληλα σήματα τα οποία με τη σειρά τους θα ενεργοποιήσουν τις κατάλληλες βαθμίδες σε μια αυτόματη διαδικασία.

Τα βασικότερα και τα ελάχιστα υλικά μέρη που συγκροτούν ένα P.L.C. είναι τα εξής:

- **Μονάδα τροφοδοσίας ή Τροφοδοτικό**

Η μονάδα τροφοδοσίας είναι απαραίτητη για την παροχή τροφοδοσίας στα μέρη του P.L.C., έχει σαν σκοπό την εξασφάλιση των απαιτούμενων εσωτερικών τάσεων για την αποκλειστική τροφοδοσία των ηλεκτρονικών στοιχείων (τρανζίστορ, ολοκληρωμένα) που συνθέτουν έναν P.L.C.. Η μονάδα τροφοδοσίας του P.L.C. δεν παράγει την τάση τροφοδοσίας (χειρισμού) για τις εξωτερικές επαφές, τα ρελέ, τις ενδεικτικές λυχνίες κ.λπ. Για την τροφοδοσία των παραπάνω υπάρχουν χωριστά κυκλώματα τα οποία είναι συνήθως απομονωμένα από την υπόλοιπη συσκευή .

- **Κεντρική μονάδα επεξεργασίας (CPU)**

Η κεντρική μονάδα επεξεργασίας, CPU (Central Processing Unit) είναι ο "εγκέφαλος" όλου του συστήματος και έχει ίδια ακριβώς δομή με την CPU οποιουδήποτε άλλου ψηφιακού Ηλεκτρονικού Υπολογιστή. Αυτή είναι που διαβάζει τις τιμές των εισόδων (π.χ. αισθητήρια), εκτελεί το πρόγραμμα με τα δεδομένα που περιέχει και παραμορφώνει την κατάσταση των εξόδων (π.χ. κινητήρες).

Τα ηλεκτρονικά στοιχεία που την αποτελούν επιλέγονται πολύ προσεκτικά ώστε να ικανοποιούν τις πιο αυστηρές προδιαγραφές αξιοπιστίας. Κατά κύριο λόγο η μηχανική στήριξή τους θα πρέπει να είναι τέτοια ώστε να μην διαταράσσεται η λειτουργία τους από συνήθεις κραδασμούς, ενώ θα πρέπει να είναι σε θέση να λειτουργούν σε ένα ευρύ θερμοκρασιακό περιβάλλον.

- **Μνήμη**

Η μνήμη περιέχει το πρόγραμμα το οποίο πρέπει να εκτελεστεί, όπως επίσης και τα δεδομένα που χρησιμοποιούνται και διαμορφώνονται από το πρόγραμμα (π.χ. τιμές χρονικών, μετρητών, αριθμητικών πράξεων κ.λπ.). Εκεί επομένως αποθηκεύονται όλα τα ζωτικής σημασίας για την λειτουργία του P.L.C. δεδομένα. Η μνήμη μπορεί να είναι είτε αποσπώμενη ( π.χ. κάρτα μνήμης τύπου SD), είτε ενσωματωμένη ( EEPROM,ROM ) στο εκάστοτε P.L.C. που θα χρησιμοποιήσουμε .

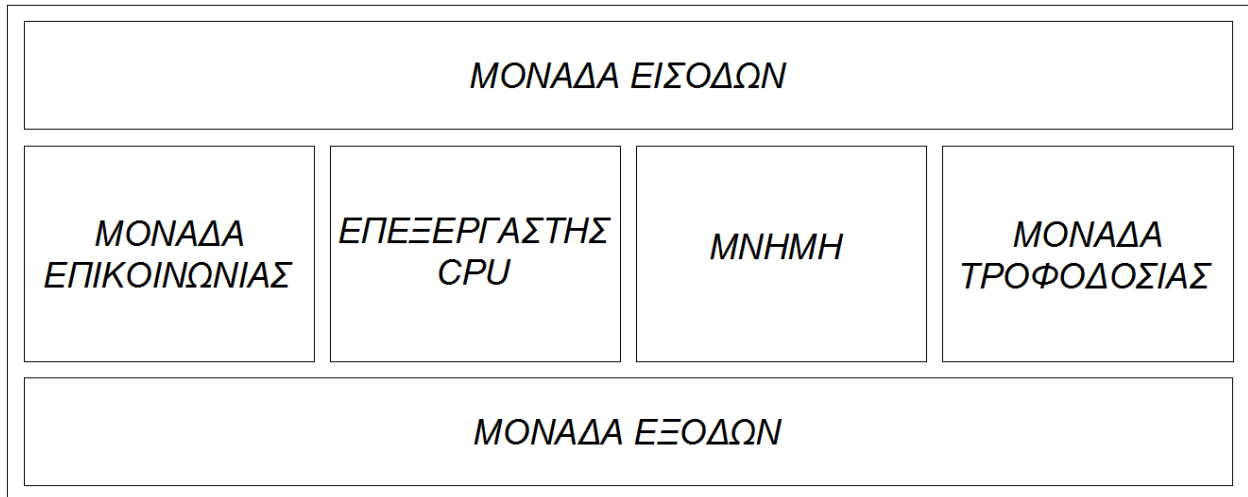
- **Μονάδα Επικοινωνίας**

Μέσω της μονάδας επικοινωνίας μπορεί να επικοινωνεί ο κάθε ελεγκτής με το εξωτερικό του περιβάλλον. Πιο συγκεκριμένα η μονάδα επικοινωνίας μπορεί να χρησιμοποιηθεί προκειμένου να μεταφερθεί στον ελεγκτή το πρόγραμμα που πρόκειται να εκτελέσει και ανάλογα με την περίπτωση μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για να μεταφέρει δεδομένα σε ένα δίκτυο P.L.C..

- **Μονάδες Εισόδων και Εξόδων**

Οι μονάδες Εισόδου - Εξόδου αποτελούν το μέσο εξασφάλισης της σύνδεσης των διαφόρων μηχανών ή της διεργασίας με την CPU, αποτελούν δηλαδή τον "ομφάλιο λώρο" του ελεγκτή με τον έξω κόσμο. Οι Μονάδες Εισόδων ή απλά Είσοδοι (inputs), μεταφέρουν τις τιμές των εισόδων (π.χ. αισθητήρια), ενώ οι Μονάδες Εξόδων ή απλά Έξοδοι (outputs), μεταφέρουν την κατάσταση των εξόδων (π.χ. κινητήρες) στο P.L.C..

Κάθε μονάδα εισόδου ή εξόδου μπορεί να δεχθεί έναν συγκεκριμένο αριθμό σημάτων τάσης ή έντασης ρεύματος, ανάλογα με τον τύπο του PLC μπορούν να κυμαίνονται από 24V DC μέχρι 220V AC. Οι ομοιόμορφες κυκλωματικές διατάξεις εισόδου - εξόδου (I/O) ονομάζονται συνήθως "INPUT MODULES" και "OUTPUT MODULES".



Σχήμα 2.1: Δομή ενός Προγραμματιζόμενου Λογικού Ελεγκτή P.L.C.

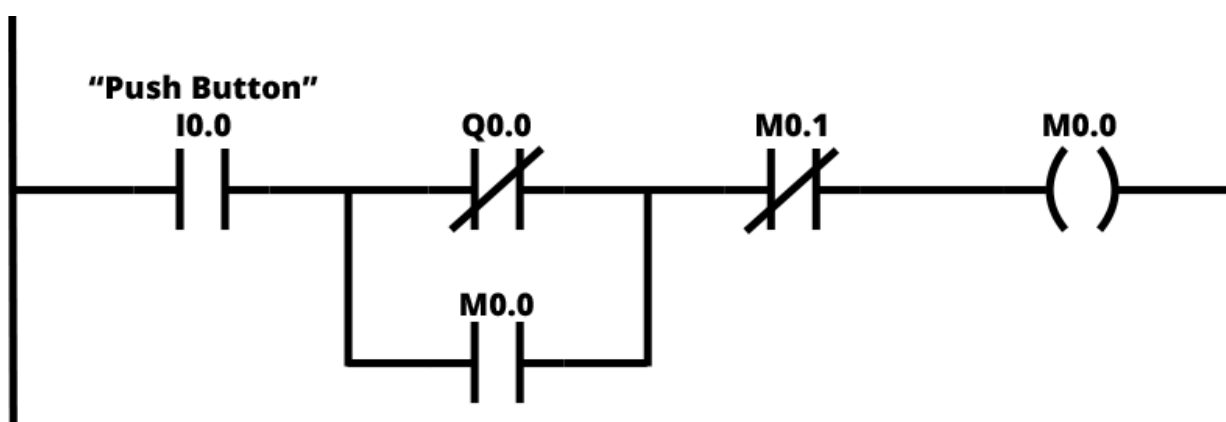
Το δεύτερο κύριο μέρος ενός P.L.C. όπως αναφέραμε και παραπάνω είναι το λογισμικό (software) ή αλλιώς πρόγραμμα. Λέγοντας πρόγραμμα εννοούμε μια σειρά εντολών οι οποίες μπορούν εύκολα να γραφούν και να τροποποιηθούν μέσω ενός απλού Η/Υ, ενώ υπάρχουν και περιπτώσεις τροποποιήσεων χωρίς την ανάγκη ύπαρξης Η/Υ ( π.χ. μέσω tablet , smart phone ). Οι εντολές αυτές υποδεικνύουν στον επεξεργαστή του ελεγκτή, τις δράσεις που πρέπει να αναλάβει και να εκτελέσει.

Το πρόγραμμα πρέπει να γραφεί σε μια γλώσσα η οποία να είναι εξίσου κατανοητή από τον προγραμματιστή, αλλά και από τον επεξεργαστή του ελεγκτή. Την γλώσσα αυτήν αποκαλούμε γλώσσα προγραμματισμού. Υπάρχουν αρκετές γλώσσες , οι οποίες διαφέρουν τόσο σε λειτουργικά χαρακτηριστικά, όπως ευελιξία, ευχρηστία, απλότητα εφαρμογής, κ.α., όσο και στα πλεονεκτήματα που προσφέρουν σε διάφορους τομείς η κάθε μια, όπως: Μαθηματικοί υπολογισμοί, Διαχείριση, Έλεγχος, Διαδοχή λειτουργιών και γεγονότων κ.α.. Ο προγραμματιστής επιλέγει την κατάλληλη γλώσσα προγραμματισμού ανάλογα με τη φύση του προβλήματος και δημιουργεί το πρόγραμμα στη πλατφόρμα προγραμματισμού, η οποία το μεταφράζει στον κατάλληλο κώδικα μηχανής και το μεταβιβάζει στην CPU.

Οι βασικότερες και κυριότερες μέθοδοι προγραμματισμού είναι οι παρακάτω τρεις :

- **LADDER DIAGRAM (LAD)**

Η Ladder είναι η πρώτη γλώσσα που αναπτύχθηκε ιστορικά. Πρακτικά η Ladder επιτρέπει τη μεταφορά του ηλεκτρολογικού σχεδίου , μέσω της συσκευής προγραμματισμού στο P.L.C.. Η γλώσσα αυτή διευκόλυνση την εκπαίδευση των τεχνικών που ήταν συνηθισμένοι στον κλασικό αυτοματισμό , αφού ουσιαστικά δεν αλλάζει εργασία σχεδιασμού του αυτοματισμού .



Σχέδιο 2.1 Προγραμματισμός σε γλώσσα Ladder

- **ΛΙΣΤΑ ΕΝΤΟΛΩΝ - STATEMENT LIST (STL)**

Η Λίστα Εντολών δημιουργεί μια λίστα προγράμματος με εντολές , οι οποίες αντιστοιχούν στις λογικές πύλες ( AND,OR,NOT κ.τ.λ. ). Σε αυτή την γλώσσα συναντά κανείς στοιχεία από τις γλώσσες των υπολογιστών και κυρίως των γλωσσών Assembly. Ο προγραμματισμός σε λίστα εντολών απαιτεί από τον τεχνικό να έχει έστω στοιχειώδεις γνώσεις προγραμματισμού.



```

NETWORK 1

LD  I0.1

S   M0.1,1

NETWORK 2

LDN I0.0

R   M0.1,1

NETWORK 3

LD  M0.1

TON T33, +6000

NETWORK 4

LD  T33

A   I0.2

ON  I0.3

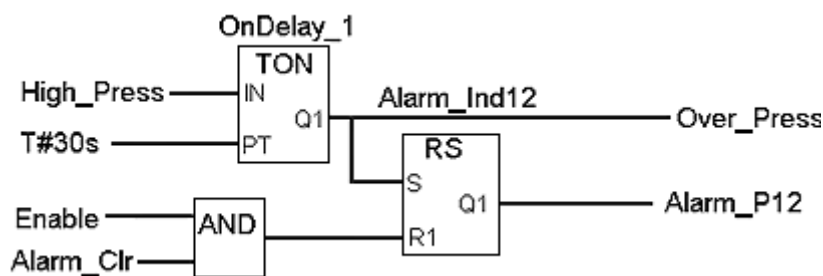
=   Q0.0

```

Πίνακας 2.1: Προγραμματισμός με Λίστα Εντολών

- **FUNCTION CHART (FUC) – FUNCTION BLOCK (FBD)**

Η γλώσσα προγραμματισμού αυτή χρησιμοποιείται σε περιπτώσεις που έχουμε καταλήξει σε ένα λογικό διάγραμμα με πύλες ή ακόμα και για προγράμματα ακολουθιακού ελέγχου. Εάν έχουμε κάποιο διάγραμμα ροής (Flow Chart) με αρκετά βήματα εργασίας, τότε το FUC διαιρείται σε τομείς ή βηματικές περιοχές. Ο προγραμματισμός με Function Chart έχει προέλθει από τα λογικά ηλεκτρονικά διαγράμματα.



Σχέδιο 2.2: Προγραμματισμός με Function Block

## 2.3 ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ – ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΤΕΣ

### ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ (SENSORS)

Επειδή το PLC εργάζεται "ηλεκτρικά", θα πρέπει οι Αισθητήρες να έχουν την ικανότητα να μετατρέπουν οποιοδήποτε μη ηλεκτρικό μέγεθος που ανιχνεύουν σε ηλεκτρικό. Έτσι το οποιοδήποτε μέγεθος - σήμα θα μπορεί να γίνει αντιληπτό από την μονάδα εισόδου. Πρακτικά οι αισθητήρες μπορούν να θεωρηθούν μικρές γεννήτριες σημάτων.

Οι πιο συνηθισμένοι τύποι των αισθητήρων είναι :

- Τερματικοί διακόπτες
- Ανιχνευτές αντικειμένων (μεταλλικοί, μαγνητικοί, επαγωγικοί )
- Διακόπτες προσέγγισης
- Ανιχνευτές (θερμοκρασίας, καπνού, υγρασίας, πίεσης, φωτός κ.λπ.)

### ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΤΕΣ (ACTUATORS)

Οι Ενεργοποιητές ουσιαστικά είναι τα εκτελεστικά όργανα του P.L.C. Αρκετές φορές μπορούν να ενισχύουν ένα ασθενές σήμα εξόδου και στην συνέχεια να ενεργοποιήσουν έναν ηλεκτρονόμο του οποίου η λειτουργία να είναι διαδραστική στο σύστημα (π.χ. ανοίγουν βάνες, διακόπτες, κ.λπ.)

Οι πιο συνηθισμένοι τύποι ενεργοποιητών είναι :

- Ηλεκτροϋδραυλικοί κινητήρες : βηματικοί κινητήρες με servo - drivers
- Ηλεκτρικοί κινητήρες: DC,σύγχρονοι AC, βηματικοί κινητήρες
- Alarms : λάμπες, ηχητικές διατάξεις, κουδούνια κ.τ.λ.
- Πνευματικοί ή υδραυλικοί κύλινδροι (πιστόνια) συνοδευόμενοι από διάφορους τύπους βαλβίδων κ.τ.λ.

## 2.4 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ

Ας υποθέσουμε ότι ένα PLC βρίσκεται σε κατάσταση λειτουργίας του αυτοματισμού (RUN). Τα βήματα που ακολουθεί κατά τη λειτουργία του είναι τα εξής:

- **Βήμα 1<sup>ο</sup>:**

Στην αρχή ο μικροεπεξεργαστής διαβάζει και "φωτογραφεί" τις εισόδους. Αυτό σημαίνει ότι για κάθε είσοδο ελέγχει αν έχει "υψηλή" τάση (λογικό "1") ή "χαμηλή" τάση (λογικό "0"). Η τιμή "0" ή "1" για κάθε είσοδο αποθηκεύεται σε μια ειδική περιοχή μνήμης η οποία ονομάζεται εικόνα εισόδων. Την εικόνα εισόδων μπορούμε να τη φανταστούμε σαν ένα πίνακα, όπου ο μικροεπεξεργαστής "σημειώνει" τις τιμές, που διάβασε. Π.χ. είσοδος I1="1 ", I2="0", I3="0" κ.ο.κ.

- **Βήμα 2<sup>ο</sup>:**

Στη συνέχεια ο μικροεπεξεργαστής χρησιμοποιώντας σαν δεδομένα τις τιμές των εισόδων, που διάβασε, εκτελεί τις εντολές του προγράμματος, το οποίο λειτουργεί τον αυτοματισμό. Το πρόγραμμα αυτό στην ουσία περιέχει μια σειρά από λογικές πράξεις. Η εκτέλεση του προγράμματος θα δώσει αποτελέσματα για τις εξόδους. Τα αποτελέσματα αυτά αποθηκεύονται στην ειδική περιοχή της μνήμης που ονομάζεται εικόνα εξόδων. Όπως η εικόνα εισόδων έτσι και η εικόνα εξόδων περιέχει την τιμή ("0" ή "1") για κάθε έξοδο, π.χ. Q1=" 1 ", Q2=" 1 ", Q3="0" κ.ο.κ. Σημειώνουμε ότι οι τιμές αυτές προκύπτουν από την εκτέλεση των λογικών πράξεων του προγράμματος.

- **Βήμα 3<sup>ο</sup>:**

Στη συνέχεια ο μικροεπεξεργαστής αποδίδει τις τιμές της εικόνας εξόδων στις εξόδους. Αυτό σημαίνει ότι Θα δοθεί "υψηλή" τάση σε όποια έξοδο έχει "1" και Θα δοθεί "χαμηλή" τάση σε όποια έξοδο έχει "0". Με τη συμπλήρωση του τρίτου βήματος συμπληρώνεται ένας *πλήρης κύκλος* λειτουργίας και η διαδικασία ξαναρχίζει από την αρχή.

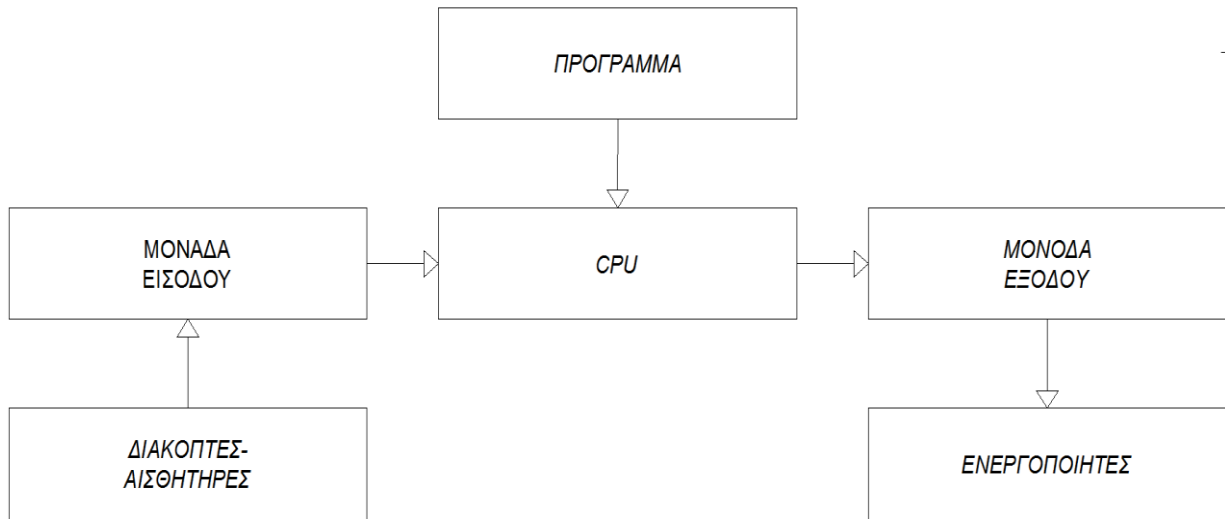
Ο κύκλος λειτουργίας εκτελείται συνεχώς όσο το PLC βρίσκεται σε κατάσταση RUN. Δηλαδή ένα P.L.C. εκτελεί συνεχώς τα βήματα του κύκλου λειτουργίας.

Ο χρόνος που χρειάζεται για να εκτελέσει το PLC ένα πλήρη κύκλο λειτουργίας ονομάζεται χρόνος κύκλου και εξαρτάται από τη "ταχύτητα" του μικροεπεξεργαστή του PLC, αλλά και από τον αριθμό και το είδος των εντολών του προγράμματος. Δηλαδή στο ίδιο PLC για ένα μεγαλύτερο πρόγραμμα έχουμε μεγαλύτερο χρόνο κύκλου. Ο χρόνος κύκλου αποτελεί και ένα μέτρο σύγκρισης μεταξύ των P.L.C.. Για να μπορούν να συγκριθούν τα P.L.C. ως προς τη ταχύτητα εκτέλεσης ενός προγράμματος, ορίζουμε το μέσο χρόνο ενός κύκλου ως τον χρόνο κύκλου ενός προγράμματος που περιλαμβάνει 1 Kbyte δυαδικές εντολές. Σε ένα "αργό" ελεγκτή, ο χρόνος κύκλου δεν ξεπερνά μερικές εκατοντάδες χιλιοστά του δευτερολέπτου.

Η ουσιαστική διαφορά στη λειτουργία ενός αυτοματισμού με P.L.C. από ένα κλασικό αυτοματισμό με ηλεκτρονόμους είναι ότι, στην περίπτωση του κλασικού αυτοματισμού, όταν έχουμε αλλαγή της κατάστασης ενός διακόπτη εισόδου η αλλαγή αυτή προκαλεί στιγμιαία διαδοχικές αλλαγές στα στοιχεία του κυκλώματος που τροφοδοτούνται από το συγκεκριμένο διακόπτη. Έχουμε δηλαδή διαδικασία που συμβαίνει σε πραγματικό χρόνο.

Αν μελετήσουμε τον κύκλο λειτουργία του PLC, θα δούμε ότι το PLC δεν παρακολουθεί συνεχώς τον " την εξωτερική εγκατάσταση, παρά μόνο κατά τα χρονικά διαστήματα που διαβάζει τις εισόδους και αποδίδει τιμές στις εξόδους. Στον υπόλοιπο χρόνο του κύκλου, ο προγραμματιζόμενος ελεγκτής είναι ένας υπολογιστής ο οποίος εκτελεί πράξεις (λογικές βέβαια και αριθμητικές) απομονωμένος από τον έξω κόσμο. Για παράδειγμα ας υποθέσουμε ότι αλλάζει η κατάσταση μιας εισόδου κατά την διάρκεια του χρόνου κατά τον οποίον εκτελούνται οι εντολές προγράμματος. Στην περίπτωση αυτή στο τέλος του κύκλου το P.L.C.θα δώσει αποτελέσματα στις εξόδους, στα οποία δεν θα έχει ληφθεί υπ' όψη η αλλαγή στην κατάσταση της συγκεκριμένης εισόδου. Αυτό συμβαίνει διότι το P.L.C. θα ενημερώσει την εικόνα των εισόδων για την αλλαγή στην κατάσταση της συγκεκριμένης εισόδου στην αρχή του επόμενου κύκλου επεξεργασίας του προγράμματος και τότε θα δώσει αποτελέσματα στις εξόδους, στα οποία θα έχει ληφθεί υπ' όψη η συγκεκριμένη αλλαγή. Λαμβάνοντας υπ' όψη τα παραπάνω θα έλεγε κάποιος το P.L.C. ανταποκρίνεται καθυστερημένα στις αλλαγές μιας αυτοματοποιημένης

διαδικασίας. Όμως, αυτό δεν είναι η πραγματικότητα, διότι ο χρόνος πραγματοποίησης ενός κύκλου προγράμματος από έναν προγραμματιζόμενο λογικό ελεγκτή είναι πάρα πολύ μικρός, με μέγιστο μέγεθος κοντά στα 300ms σε πολύπλοκες εγκαταστάσεις αυτοματισμού.



Διάγραμμα 2.2: Λειτουργία P.L.C.

## 2.5 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

Τα P.L.C. έχουν αρκετά πλεονεκτήματα σε σχέση με τον κλασικό αυτοματισμό σε διάφορους τομείς. Οι βασικότεροι τομείς βέβαια είναι αυτοί που αφορούν οποιαδήποτε τεχνολογική εξέλιξη εφαρμόζεται με σκοπό την βελτίωση μιας παλαιότερης τεχνολογίας, δηλαδή αφορούν την εξοικονόμηση χώρου, χρόνου αλλά και πόρων. Παρακάτω αναλύουμε τα κυριότερα πλεονεκτήματα των P.L.C.:

- **Μικρός αριθμός στοιχείων και εξαρτημάτων στην εγκατάσταση.**

Ένας προγραμματιζόμενος λογικός ελεγκτής στην ουσία αντικαθιστά τα βοηθητικά ρελέ, χρονικά, μετρητές, κ.λπ.. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα οι απαιτήσεις σε χώρο και εξαερισμό να είναι ελάχιστες, ενώ ταυτόχρονα να αυξάνεται η αξιοπιστία του συστήματος, διότι μειώνονται τα μηχανικά μέρη, π.χ. επαφές.

- **Ελάχιστες συνδέσεις**

Ο ελεγκτής συνδέεται μόνο με τα στοιχεία με τα οποία επικοινωνεί, όπως αισθητήρια, κινητήρια στοιχεία και φυσικά παροχή τροφοδοσίας. Αυτό μας γλιτώνει χρόνο στην συντήρηση, επεξεργασία και παραμετροποίηση του ελεγκτή. Επίσης μας γλιτώνει από το πρόβλημα των "μη ενημερωμένων" σχεδίων του πίνακα αυτοματισμού, καθώς "κρατά" πάντοτε στη μνήμη του το τελευταίο πρόγραμμα. Το πρόγραμμα μπορεί να διαβαστεί και να επεξεργαστεί από κάποιον προγραμματιστή ή να εκτυπωθεί σε ένα χαρτί από κάποιον εκτυπωτή.

- **Αυξημένη ευελιξία**

Η κατασκευή του P.L.C. μας επιτρέπει να το αναπρογραμματίσουμε εξ αρχής όσες φορές θελήσουμε, συγκεκριμένα μας επιτρέπει την εύκολη επέμβαση στο σύστημα και την αλλαγή λειτουργίας του σε οποιοδήποτε στάδιο χρειάζεται (μελέτη, σχεδίαση, κατασκευή, λειτουργία, κ.τ.λ.). Αυτό συνεπάγεται ότι το ίδιο μηχάνημα μπορεί να χρησιμοποιηθεί και σε εντελώς διαφορετική εφαρμογή πέρα από αυτή που προοριζόταν αρχικά. Επίσης ο ελεγκτής μας δίνει την δυνατότητα, μέσω συνήθως ενός απλού H/Y (PC) (διότι υπάρχουν και περιπτώσεις τροποποιήσεων χωρίς καν την ανάγκη ύπαρξης H/Y), εύκολα να επαναλάβουμε το πρόγραμμα που έχουμε δημιουργήσει και εγκαταστήσει όσες φορές θέλουμε, σε όσες εγκαταστάσεις θέλουμε να το ξανά εγκαταστήσουμε.

- **Αυξημένες διαγνωστικές ικανότητες**

Με την χρήση του ελεγκτή διευκολύνεται ο εντοπισμός τυχόν βλαβών, διότι σε κάθε εξωτερική εντολή συνήθως υπάρχει και το αντίστοιχο LED στην πρόσοψη του ελεγκτή. Στους περισσότερους ελεγκτές του εμπορίου υπάρχει μια σειρά από LEDs, τα οποία μπορούν να παρουσιάζουν την κατάσταση λειτουργίας των εισόδων και των εξόδων, την κατάσταση λειτουργίας του ελεγκτή και την κατάσταση επικοινωνίας του ελεγκτή με άλλους ελεγκτές ή με κάποιον ηλεκτρονικό υπολογιστή.

- **Εύκολη παρακολούθηση της ροής του αυτοματισμού**

Το P.L.C. μπορεί πολύ εύκολα να συνδεθεί με διάφορες περιφερειακές μονάδες και υπολογιστές με σκοπό τον έλεγχο, την επιτήρηση, τον συντονισμό και την κεντρική οργάνωση των εγκαταστάσεων ανάλογα τις απαιτήσεις του εκάστοτε αυτοματισμού.

- **Εύκολος και γρήγορος προγραμματισμός-εγκατάσταση**

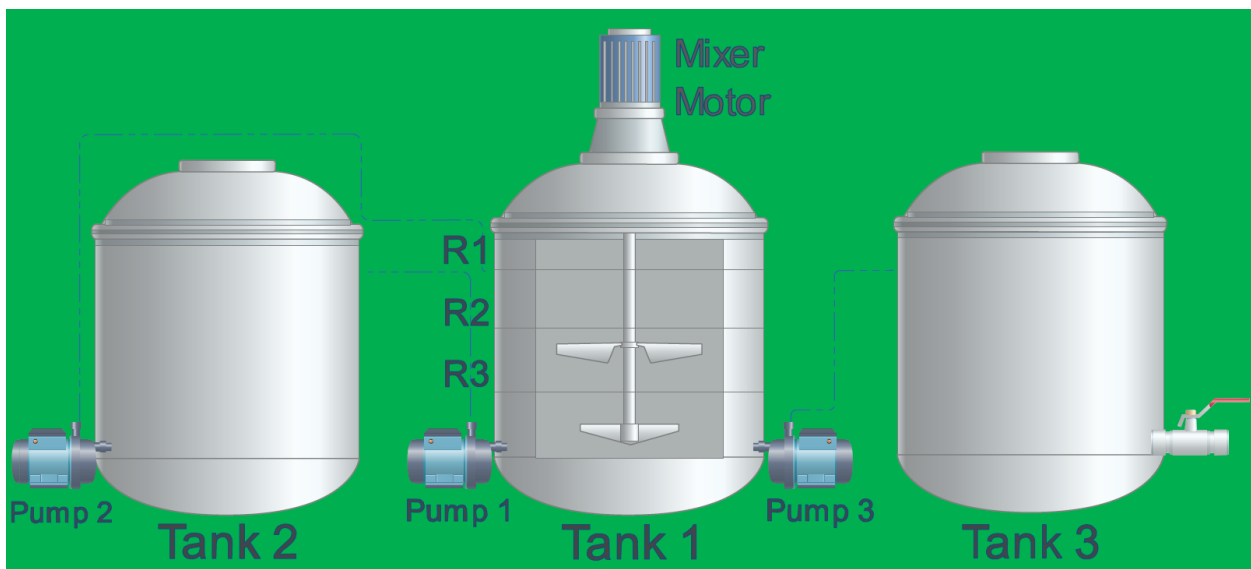
Ο προγραμματισμός των P.L.C. δεν χρειάζεται κάποια ανώτερη γλώσσα προγραμματισμού. Προγραμματίζονται με βάση το συνδεσμολογικό σχέδιο με επαφές, πηνία, χρονικά κ.τ.λ., το λογικό διάγραμμα και το STL. Η μελέτη είναι δυνατόν να γίνει παράλληλα με την τοποθέτηση και τη συνδεσμολογία του P.L.C. με τις ελεγχόμενες διατάξεις, αυτό έχει ως αποτέλεσμα η εφαρμογή του αυτοματισμού να μπορεί να τεθεί σε λειτουργία πολύ πιο γρήγορα.

- **Εύκολη επέκταση εισόδων-εξόδων**

Χρησιμοποιώντας προγραμματιζόμενο λογικό ελεγκτή σε έναν αυτοματισμό, αυτομάτως λύνετε το πρόβλημα επάρκειας των επαφών του ρελέ, των χρονικών και των διαφόρων εξωτερικών τερματικών διακοπών, για το λόγο ότι υπάρχουν αρκετοί τύποι P.L.C. με μεγάλες δυνατότητες επέκτασης του αριθμού των εισόδων και των εξόδων τους.

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3<sup>ο</sup> ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΥΠΟ ΜΕΛΕΤΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ

## 3.1. Η ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ



Σχέδιο 3.1: Εικονικό σχέδιο εγκατάστασης.

Η εγκατάσταση που θα μελετήσουμε και θα προσομοιώσουμε πειραματικά, στην παρούσα πτυχιακή εργασία, αφορά μια πραγματική εφαρμογή αυτοματισμού που χρειάζεται να εγκατασταθεί στην παραγωγική διαδικασία μιας μικρής ζυθοποιίας (home brew). Συγκεκριμένα αφορά το στάδιο της ζύμωσης και την προετοιμασία της ωρίμανσης του μίγματος της μπίρας.

Η διαδικασία αυτή απαιτεί ταυτόχρονους υπολογισμούς διαφόρων παραμέτρων, έτσι επιλέξαμε να την υλοποιήσουμε με έναν προγραμματιζόμενο λογικό ελεγκτή ώστε να γλιτώσουμε χώρο αλλά και να μειώσουμε το οικονομικό κόστος που θα είχε ένας απλός αυτοματισμός.

Στην πραγματικότητα στην εφαρμογή υπάρχουν τρεις ανοξείδωτες δεξαμενές των 280 λίτρων. Στην πρώτη δεξαμενή (Δεξαμενή1), πραγματοποιείται το πρώτο στάδιο της ζύμωσης στο οποίο γίνεται ο βρασμός του μίγματος. Για τον λόγο αυτόν η " Δεξαμενή1" διαθέτει τρεις περιμετρικές αντιστάσεις (R1,R2,R3) από ειδικό κατασκευασμένο νικέλιο οι οποίες είναι τοποθετημένες ανά 20 cm κατά ύψος της δεξαμενής.



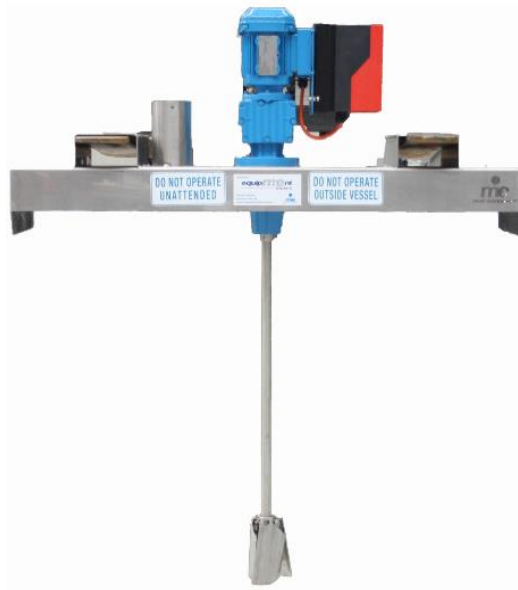


Εικόνα 3.1: Ανοξείδωτη δεξαμενή



Εικόνα 3.2: Περιμετρική αντίσταση

Επίσης η " Δεξαμενή1" διαθέτει στο πάνω μέρος της, κατακόρυφα προσαρμοσμένο, έναν κινητήρα του οποίου ο άξονας είναι συνδεδεμένος με έναν αναδευτήρα που βρίσκεται εντός του καζανιού. Ο κινητήρας έχει ισχύ 0,75kW με τάση λειτουργίας 230V και διαθέτει ενσωματωμένο μηχανικό κιβώτιο ταχυτήτων (μειωτήρα στροφών), έτσι οι μέγιστες στροφές που μπορεί να φτάσει να είναι 25rpm.



Εικόνα 3.3: Κινητήρας με σύστημα ανάδευσης

Στην δεύτερη δεξαμενή (Δεξαμενή2), γίνεται το πρώτο στάδιο της ωρίμανσης. Η δεξαμενή αυτή διαθέτει μόνο μηχανικά μέρη και η εμπλοκή του στην διαδικασία του αυτοματισμού γίνεται μόνο διότι μεταξύ των δύο δεξαμενών (Δεξαμενή1 και Δεξαμενή2) υπάρχουν δυο αντλίες (Αντλία1) και (Αντλία2), οι οποίες οδηγούν το μίγμα είτε στη μία είτε στην άλλη δεξαμενή αντίστοιχα. Οι αντλίες αυτές είναι μονοβάθμιες με ανοξείδωτο σώμα, 1HP στα 230V και 4,8m<sup>3</sup>/h μέγιστη παροχή.

Στην τρίτη δεξαμενή (Δεξαμενή3), λαμβάνει χώρα το δεύτερο στάδιο της ωρίμανσης και του φιλτραρίσματος, καθώς γίνεται και η αποθήκευση της πλέον ολοκληρωμένης μύρας. Η (Δεξαμενή3) έχει επίσης μόνο μηχανικά μέρη και εμπλέκετε στον αυτοματισμό όπως ακριβώς και η δεύτερη, με μια ακόμα ίδια αντλία που υπάρχει στο σύστημα (Αντλία3).



Εικόνα 3.4: Αντλία με ανοξείδωτο σώμα

### 3.2 ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΥ

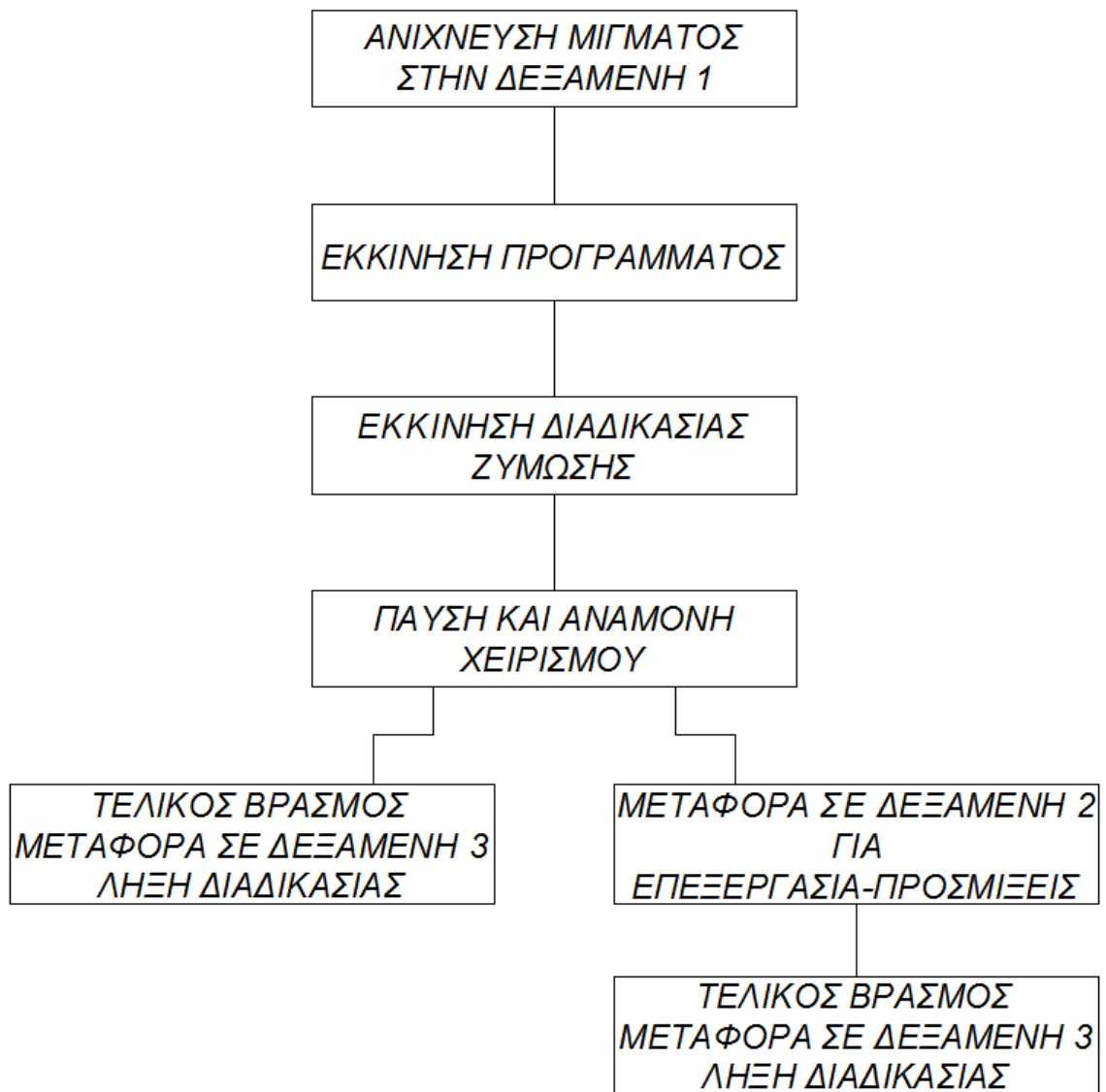
Η εγκατάσταση θα πρέπει να αναλαμβάνει να εκτελέσει αυτόματα την διαδικασία της ζύμωσης του μίγματος της μύρας λαμβάνοντας υπ' όψιν παραμέτρους όπως τον όγκο του μίγματος, την θερμοκρασία του αλλά και τον χρόνο βρασμού του. Στην συνέχεια θα πρέπει αυτομάτως πάλι να κατανέμει στα καζάνια το μίγμα αναλόγως το στάδιο της διαδικασίας που βρίσκετε, έως ότου να ολοκληρωθεί η διαδικασία παραγωγής.

Αρχικά, το σύστημα θα πρέπει να ελέγχει τον όγκο του μίγματος που έχει τοποθετηθεί από τον χειριστή στην πρώτη δεξαμενή. Από την ποσότητα του μίγματος θα εξαρτάται το ποιες αντιστάσεις θα τοποθετηθούν σε λειτουργία, καθώς θα υπάρχει ελάχιστο όριο μίγματος στα εξήντα λίτρα (60λ) και μέγιστο στα διακόσια σαράντα λίτρα (240λ).

Ξεκινώντας την διαδικασία, λειτουργούν οι αντιστάσεις για συγκεκριμένο χρόνο έως ότου το μίγμα φτάσει τις επιθυμητές θερμοκρασίες που του έχουμε ορίσει. Το σύστημα θα έχει την ευκαιρία να παρέχει σταθερή θερμοκρασία στο μίγμα για ορισμένο χρονικό διάστημα αλλά επίσης και να την αυξομειώσει αυτόματα . Παράλληλα λειτουργεί ο κινητήρας ανάδευσης στις κατάλληλες στροφές έχουμε ορίσει μέσω του μηχανικού κιβωτίου ταχυτήτων.

Το σύστημα θα μπορεί επίσης μέσω των αντλιών να μεταβάλει το μίγμα από τη μια δεξαμενή στην άλλη έτσι ώστε να περάσει από όλα τα στάδια της ζύμωσης, ωρίμανσης και φιλτραρίσματος.

Παρακάτω παρουσιάζεται ένα διάγραμμα με την διαδικασία και την ακολουθία των βημάτων του αυτοματισμού. Το block διάγραμμα αποτελείται από τα τέσσερα κύρια στάδια εκ των οποίων το τέταρτο στάδιο αποτελείται από δύο περιπτώσεις. Στην πρώτη περίπτωση, η διαδικασία του αυτοματισμού εκπληρώνει το τελευταίο βήμα λαμβάνει τέλος και ταυτόχρονα είναι έτοιμη για την επανεκκίνηση του συστήματος από την αρχή. Στην δεύτερη περίπτωση υπάρχει ακόμα ένα βήμα πριν το τελικό, για την τυχών επεξεργασία του μίγματος από τον χειριστή. Η επιλογή για την συνέχεια στο τέταρτο στάδιο έχει να κάνει με το είδος της μύρας που καλείτε να παράγει η εγκατάσταση, γίνεται καθαρά και μόνο από τον χειριστή και μέσω μπουτόν που θα υπάρχουν στο χειριστήριο.



Διάγραμμα 3.1: Διάγραμμα αυτοματισμού

Η διαδικασία λοιπόν ξεκινάει με τον χειριστή να τοποθετεί στην Δεξαμενή1 τα συστατικά τα οποία έχει επιλέξει ανάλογα με το είδος της μύρας που θέλει να παράγει. Αναλυτικά όλα τα επόμενα στάδια και οι λειτουργίες του συστήματος αυτοματισμού της συγκεκριμένης εγκατάστασης είναι τα εξής:

- **Στάδιο 1: Έλεγχος για τον όγκο του μίγματος.**

Αν στην δεξαμενή υπάρχουν λιγότερα από 60 λίτρα ή περισσότερα από 240 λίτρα τότε θα έχουμε παύση του συστήματος και ένδειξη σφάλματος στον πίνακα ελέγχου.

- **Στάδιο 2: Εκκίνηση του συστήματος .**

Με το πάτημα του διακόπτη εκκίνησης (Start), ξεκινάει ο κινητήρας της ανάδευσης και λειτουργεί στις 22rpm, παράλληλα ο αυτοματισμός λαμβάνει την πληροφορία για τον ακριβές όγκο του μίγματος στην δεξαμενή, έτσι ώστε να μπορεί να επιλέξει ποιες αντιστάσεις θα χρησιμοποιήσει για τον βρασμό του.

Αν το μίγμα είναι μεταξύ 60 και 80 λίτρων θα λειτουργήσει μόνο η πρώτη αντίσταση ( $60 < L < 80 = R1$ ).

Αν το μίγμα είναι μεταξύ 80 και 160 λίτρων θα λειτουργήσει η πρώτη και η δεύτερη αντίσταση ( $80 < L < 160 = R1+R2$ ).

Αν το μίγμα είναι μεταξύ 160 και 240 λίτρων θα λειτουργήσουν και οι τρεις αντιστάσεις ( $160 < L < 240 = R1+R2+R3$ ).

- **Στάδιο 3: Διαδικασία ζύμωσης.**

Α' φάση ζύμωσης: οι αντιστάσεις που αντιστοιχούν στο παραπάνω ποσό του μίγματος λειτουργούν έως ότου η θερμοκρασία του να φτάσει στους  $70^{\circ}$

Β' φάση ζύμωσης: αφού το μίγμα φτάσει στους  $70^{\circ}$  το μίγμα μένει σε αυτή την θερμοκρασία για 15min και αμέσως μετά οι πάει στους  $80^{\circ}$  όπου και θα μείνει για 30min.

Γ' φάση ζύμωσης: Μετά το πέρασμα των 30min η θερμοκρασία θα ανέβει στους  $85^{\circ}$  όπου και θα παραμείνει για 20min.

Δ' φάση ζύμωσης: Αφού περάσουν τα 20min το σύστημα θα φτάσει την θερμοκρασία στο μίγμα στους  $90^{\circ}$  για άλλα 20min.

- **Στάδιο 4: Αναμονή χειρισμού.**

Σε αυτό το στάδιο οι αντιστάσεις σταματάνε να λειτουργούν και το σύστημα μένει σε αναμονή μέχρι να πάρει εντολή από τον χειριστή. Υπάρχουν δύο επιλογές, η πρώτη είναι να συνεχιστεί η διαδικασία του βρασμού και να μεταφερθεί το μίγμα στην τρίτη δεξαμενή, ενώ η δεύτερη

είναι να μεταφερθεί το υλικό στην δεύτερη δεξαμενή με σκοπό την επεξεργασία και την πρόσμιξη με άλλα υλικά.

- **Στάδιο 5α: Τελικός βρασμός**

Εάν ο χειριστής επιλέξει τον τελικό βρασμού του μίγματος, οι αντιστάσεις που λειτουργούσαν και πριν επαναλειτουργούν έως ότου το μίγμα να φτάσει 110° όπου και θα πρέπει να μείνει σταθερά για μία ώρα. Αφού περάσει η μία ώρα θα ξεκινήσει να λειτουργεί η Αντλία3 που μέσω αυτής θα μεταφερθεί το μίγμα στην Δεξαμενή3 για φιλτράρισμα και αποθήκευση μέχρι να ωριμάσει και το σύστημα θα τερματιστεί.

- **Στάδιο 5β: Επεξεργασία-Προσμίξεις**

Εάν ο χειριστής επιλέξει την περαιτέρω επεξεργασία ή πρόσμιξη του μίγματος με άλλα υλικά, το σύστημα θα εκκινήσει την Αντλία1 και θα μεταφέρει μέσω αυτής το μίγμα στην Δεξαμενή2 ώστε να υποστεί την επεξεργασία, καθώς θα σταματήσει και τον κινητήρα ανάδευσης. Ο αυτοματισμός σε αυτό το σημείο κάνει παύση έως ότου πάρει εντολή από τον χειριστή όπου θα ενεργοποιήσει την Αντλία2 με σκοπό να γυρίσει το μίγμα στην αρχική Δεξαμενή1.

- **Στάδιο 6: Τελικός βρασμός**

Εφόσον παρθεί η απόφαση από τον χειριστή και δοθεί η εντολή, διαδικασία σε αυτό το σημείο είναι η ίδια με το Στάδιο 5α, δηλαδή ο κινητήρας ανάδευσης ξεκινά στις 22rpm, οι αντιστάσεις που λειτουργούσαν και πριν ξεκινούν να λειτουργούν πάλι έως ότου το μίγμα να φτάσει 110° όπου θα πρέπει να μείνει σταθερά για μία ώρα. Αφού περάσει αυτή η ώρα θα εκκινήσει η Αντλία3 που μέσω αυτής θα μεταφερθεί το μίγμα στην Δεξαμενή3 για φιλτράρισμα και αποθήκευση μέχρι να ωριμάσει ενώ όλο το σύστημα θα τερματιστεί.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4<sup>ο</sup> ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΥ

### 4.1 ΕΠΙΛΟΓΗ PLC

Η επιλογή του προγραμματιζόμενου λογικού ελεγκτή (P.L.C.) για αυτή την εγκατάσταση έγινε μετά από λεπτομερή μελέτη του συστήματος και υπολογίζοντας όλες τις απαιτήσεις της εγκατάστασης για την οποία προορίζεται. Το P.L.C. λοιπόν, που χρειαζόμαστε για να καλύψει της ανάγκες του συγκεκριμένου συστήματος αυτοματισμού πρέπει να έχει τουλάχιστον δέκα (10) ψηφιακές εισόδους , δύο (2) αναλογικές εισόδους και ακόμα δέκα (10) ψηφιακές εξόδους. Την κατανομή των εισόδων-εξόδων θα την δούμε σε σχετικό πίνακα στο επόμενο κεφάλαιο.

Λαμβάνοντας υπόψη όλα τα παραπάνω επέλεξα να χρησιμοποιήσω το P.L.C. της σειράς Zelio Logic της εταιρείας Schneider Electric, με κωδικό προϊόντος SR3B101BD.



Εικόνα 4.1: PLC Zelio Logic SR3B101BD

Το Zelio Logic SR3B101BD καλύπτει πλήρως της ανάγκες της εγκατάστασης, καθώς είναι επίσης από της πιο οικονομικές λύσεις για την δημιουργία του συστήματος αυτοματισμού που έχουμε σκοπό να κατασκευάσουμε.

Τα τεχνικά χαρακτηριστικά που μας ελκύουν στην επιλογή του συγκεκριμένου P.L.C. και μας ενδιαφέρουν άμεσα για την συγκεκριμένη εφαρμογή είναι τα εξής :

- **Τάση τροφοδοσίας 24VDC/100mA.**

Όπως αναφέραμε παραπάνω, τα P.L.C. έχουν διάφορες ονομαστική τάση λειτουργίας που διαφέρει ανάλογα με το είδος τους και το περιβάλλον, στο οποίο προορίζονται να εγκατασταθούν. Ο συγκεκριμένος ελεγκτής για να λειτουργήσει χρειάζεται παροχή τάσης 24VDC, από εξωτερικό τροφοδοτικό, με κατώτατο όριο τα 19,2VDC και ανώτερο τα 30VDC. Το μέγιστο ρεύμα που χρειάζεται είναι τα 100mA, καθώς η ισχύς που καταναλώνει είναι από 3-8W.

Για της ανάγκες της τροφοδοσίας του συστήματος αυτοματισμού επιλέξαμε τροφοδοτικό ράγας της σειράς Phaseo της Schneider Electric με κωδικό προϊόντος ABL8MEM24003, το οποίο έχει είσοδο 240VAC που είναι η τάση του εγκατεστημένου δικτύου μας και έξοδο 24VDC με ρεύμα ως 0,3A .



Εικόνα 4.2: Τροφοδοτικό Ράγας 24VDC Phaseo ABL8MEM24003



- **Είσοδοι-Εξοδοι**

Ο αριθμός εισόδων και εξόδων είναι καθοριστικός στην επιλογή ενός ελεγκτή. Το P.L.C που επιλέξαμε για αυτήν εφαρμογή διαθέτει συνολικά δέκα επαφές εισόδων-εξόδων (10 IO). Οι επαφές είναι κατανεμημένες έτσι ώστε οι τέσσερις (4) από αυτές να είναι εξοδοι ρελέ, ενώ οι έξι (6) από αυτές να είναι εισοδοι, εκ των οποίων οι δύο (2) ψηφιακές και οι τέσσερις (4) είτε ψηφιακές είτε αναλογικές.

Όπως παρατηρούμε οι επαφές δεν είναι αρκετές για την εφαρμογή μας, έτσι επιλέξαμε να χρησιμοποιήσουμε την μονάδα επέκτασης SR3XT141BD. Οι μονάδα αυτή μας προσθέτει άλλες δέκα τέσσερις επαφές εισόδων-εξόδων (14 IO) στον ελεγκτή μας εκ των οποίων οι έξι (6) από αυτές είναι εξοδοι ρελέ, ενώ οι οκτώ (8) είναι ψηφιακές εισοδοι.

Η μονάδα επέκτασης τροφοδοτείται και επικοινωνεί μέσω ειδικής θύρας bus η οποία είναι στα πλάγια του παραπάνω προγραμματιζόμενου λογικού ελεγκτή.



Εικόνα 4.3: Επέκταση PLC Zelio Logic SR3XT141BD

Συνολικά δηλαδή θα έχουμε:

Είσοδοι-Εξοδοι IO: 24

Είσοδοι: 14 (4 Αναλογικές)

Έξοδοι Ρελέ: 10

Επίσης αξίζει να σημειώσουμε ότι το συγκεκριμένο P.L.C. διαθέτει ενσωματωμένη οθόνη η οποία σε συνδυασμό με την θύρα επέκτασης το κάνει ακόμα πιο ευέλικτο και ταυτόχρονα εύχρηστο, καθώς θα μας διευκολύνει μελλοντικά σε μικρές αλλά και μεγάλες αλλαγές που μπορεί να γίνουν στο σύστημα αυτοματισμού.

#### 4.2 ΔΙΑΚΟΠΤΕΣ-ΑΙΣΘΗΤΗΡΙΑ-ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΤΕΣ

Για να επικοινωνήσει το P.L.C. με το υπόλοιπο σύστημα του αυτοματισμού όπως είπαμε χρειάζεται διακόπτες-αισθητήρια τα οποία θα του δίνουν πληροφορίες από τον χειριστή ή ακόμα και από την ίδια την εγκατάσταση, καθώς και ενεργοποιητές οι οποίοι θα παίρνουν την εντολή από το P.L.C. και θα πράττουν ανάλογα (συνήθως να ανοίγουν και θα κλείνουν κάποιο κύκλωμα).

- **Οι διακόπτες:**

Για να καλύψουμε τις απαιτήσεις της συγκεκριμένης εγκατάστασης επιλέξαμε να χρησιμοποιήσουμε στον πίνακα ελέγχου πέντε (5) διακόπτες (μπουτόν) εκ των οποίων οι τέσσερις (4) κανονικά ανοικτής επαφής (NO) ενώ ο ένας κανονικά κλειστής επαφής (NC) όπου θα είναι και ο διακόπτης αναγκαστικού τερματισμού του αυτοματισμού.



Εικόνα 4.4: Μπουτόν τύπου NO (αριστερά) και NC (δεξιά) Schneider Electric Harmony XB7

Επίσης εφόσον η εγκατάσταση διαθέτει κινητήρες δεν θα πρέπει να παραλείψουμε να λάβουμε υπόψη μας στον σύστημα αυτοματισμού και της επαφές των θερμικών τους. Οι συγκεκριμένες επαφές ανταποκρίνονται σαν κανονικά κλειστές επαφές (NC), οι οποίες ανοίγουν μηχανικά μόνο όταν ο κινητήρας περάσει τα όρια του ρεύματος, τα οποία έχουμε ρυθμίσει εμείς μέσω υπολογισμών που έχουμε κάνει για τον κάθε ένα ξεχωριστά. Εφόσον στην εγκατάσταση θα υπάρχουν τέσσερις (4) κινητήρες, τρεις (3) αντλίες και ένας (1) κινητήρας για την ανάδευση, θα πρέπει να υπάρχουν και τέσσερα (4) αντίστοιχα θερμικά.



Εικόνα 4.5: Θερμικό υπερφόρτωσης Schneider Electric TESYS K

Ένας ακόμα διακόπτης-επαφή που θα χρειαστούμε είναι του πλωτήρα (φλοτερ) που θα υπάρχει στην Δεξαμενή2. Η επαφή αυτή είναι κανονικά κλειστή (NC) και μας δίνει την πληροφορία για το πότε άδειασε η δεξαμενή, η οποία είναι πολύ χρήσιμη για την εκκίνηση και την διακοπή των αντλιών στο σύστημα αυτοματισμού που σχεδιάζουμε.



Εικόνα 4.6: Διακόπτης φλωτέρ Schneider Electric 9037TypeGR

- **Τα Αισθητήρια**

Η εφαρμογή που εξετάζουμε για να υλοποιηθεί χρειάζεται τουλάχιστον δύο (2) αισθητήρια, τα οποία θα μεταφέρουν πληροφορίες από το περιβάλλον του αυτοματισμού στο P.L.C.

Το ένα από αυτά είναι ένα αισθητήριο θερμοκρασίας, το οποίο θα μας δίνει συνεχώς την θερμοκρασία του καζανιού στο οποίο γίνεται ο βρασμός του μίγματος (Καζάνι1). Όπως είδαμε και παραπάνω, στην περιγραφή του αυτοματισμού που θα υλοποιήσουμε, είναι πολύ σημαντικό να γνωρίζουμε την θερμοκρασία του μίγματος ανά πάσα στιγμή. Το αισθητήριο που επιλέξαμε μας δίνει ένα αναλογικό σήμα ωμικής αντίστασης το οποίο εμείς στην συνέχεια θα επεξεργαστούμε ώστε να λάβουμε μια θερμοκρασία.



Εικόνα 4.7: Αισθητήριο θερμοκρασίας Schneider Electric TF101ZG2

Τέλος, το δεύτερο αισθητήριο που χρειαζόμαστε θα πρέπει να παρέχει στο P.L.C. μας την πληροφορία της ποσότητας του μίγματος που υπάρχει μέσα στην δεξαμενή του βρασμού (Δεξαμενή1). Λόγω του ότι στο καζάνι αυτό υπάρχει ο αναδευτήρας δεν μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε και σε αυτή την περίπτωση κάποιον φλοτεροδιακόπτη όπως κάναμε στην δεύτερη δεξαμενή (Δεξαμενή2). Έτσι επιλέγουμε ένα αισθητήριο υπερήχων το οποίο θα μας δίνει την πληροφορία της στάθμης του μίγματος αλλά θα βρίσκεται στο άνω μέρος της δεξαμενής χωρίς να δημιουργεί πρόβλημα στην ανάδευση. Όπως και το προηγούμενο έτσι και αυτό μας δίνει αναλογικό σήμα αλλά αυτή την φορά από 0-10VDC το οποίο πάλι επεξεργαζόμαστε ανάλογα μέσω του P.L.C., ώστε να λάβουμε την στάθμη του μίγματος.



Εικόνα 4.8: Αισθητήρας υπερήχων Telemecanique XX9VA1F1

- **Οι Ενεργοποιητές**

Οι ενεργοποιητές κατά κύριο λόγο είναι μηχανικά εξαρτήματα, τα οποία μέσω βοηθητικών επαφών ελέγχουν τα φορτία ισχύος που υπάρχουν σε έναν αυτοματισμό. Το P.L.C. δίνει σήμα στους ενεργοποιητές οι οποίοι κλείνουν τις επαφές τους και συνδέουν το κύκλωμα ισχύος με τα φορτία. Η πιο κλασική περίπτωση ενεργοποιητών σε ένα σύστημα αυτοματισμού είναι τα ρελέ ισχύος. Στην συγκεκριμένη εφαρμογή χρειαζόμαστε επτά (7) ρελέ ισχύος εκ των οποίων, τα τρία (3) θα ενεργοποιούν τις τρεις αντιστάσεις, τα άλλα τρία (3) τις τρεις αντλίες και το ένα (1) θα ενεργοποιεί τον κινητήρα του αναδευτήρα. Το πηνίο του ρελέ επιλέξαμε να είναι 24VDC έτσι ώστε να μην χρειαστούμε και άλλο τροφοδοτικό.

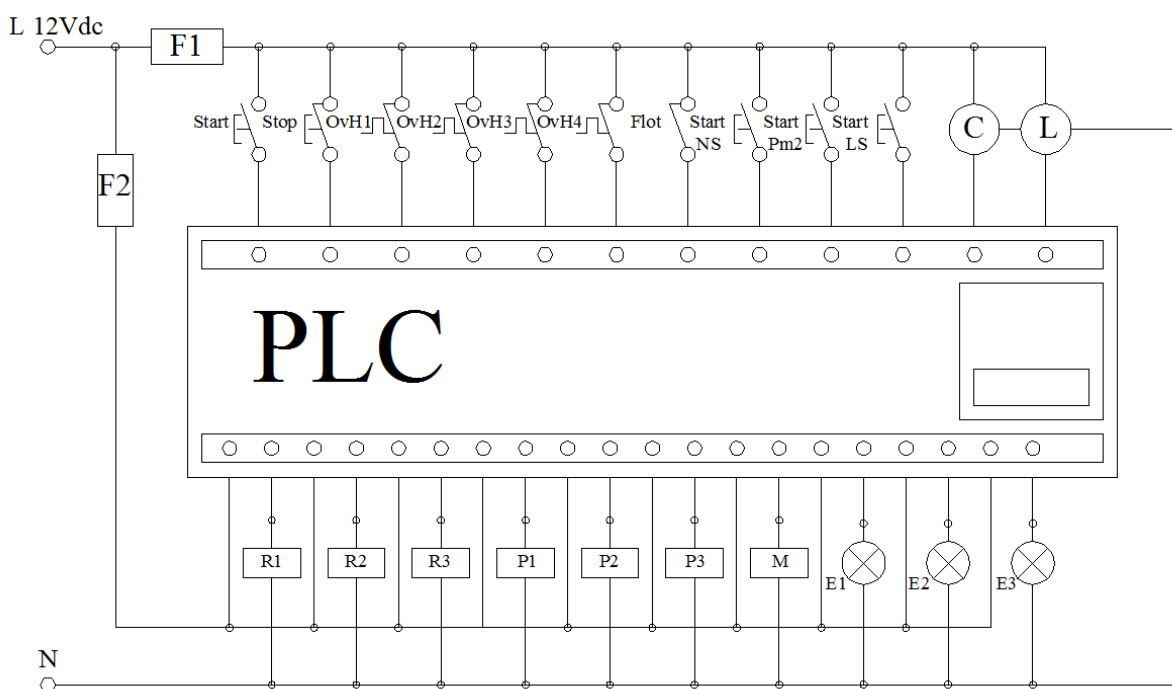


Εικόνα 4.9: Ρελέ ισχύος Schneider Electric LC1D0935BD

### 4.3 ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΑ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ

Όπως σε όλα τα συστήματα αυτοματισμού έτσι και στον αυτοματισμό που υλοποιείται με προγραμματιζόμενο λογικό ελεγκτή, πριν ξεκινήσουμε την εγκατάσταση θα πρέπει να έχουμε δημιουργήσει τα δυο κύρια σχέδια που συνοδεύουν κάθε σύστημα αυτοματισμού. Η σημασία αυτόν τον δύο σχεδίων είναι πολύ μεγάλη καθώς μας βοηθούν άμεσα στην επιλογή των υλικών μας, στη εγκατάσταση τους καθώς και στον προγραμματισμό του ελεγκτή.

Το πρώτο σχέδιο που θα αναλύσουμε είναι το σχέδιο του κυκλώματος αυτοματισμού του συστήματος που θέλουμε να κατασκευάσουμε .



Σχέδιο 4.1: Βοηθητικό κύκλωμα –κύκλωμα αυτοματισμού

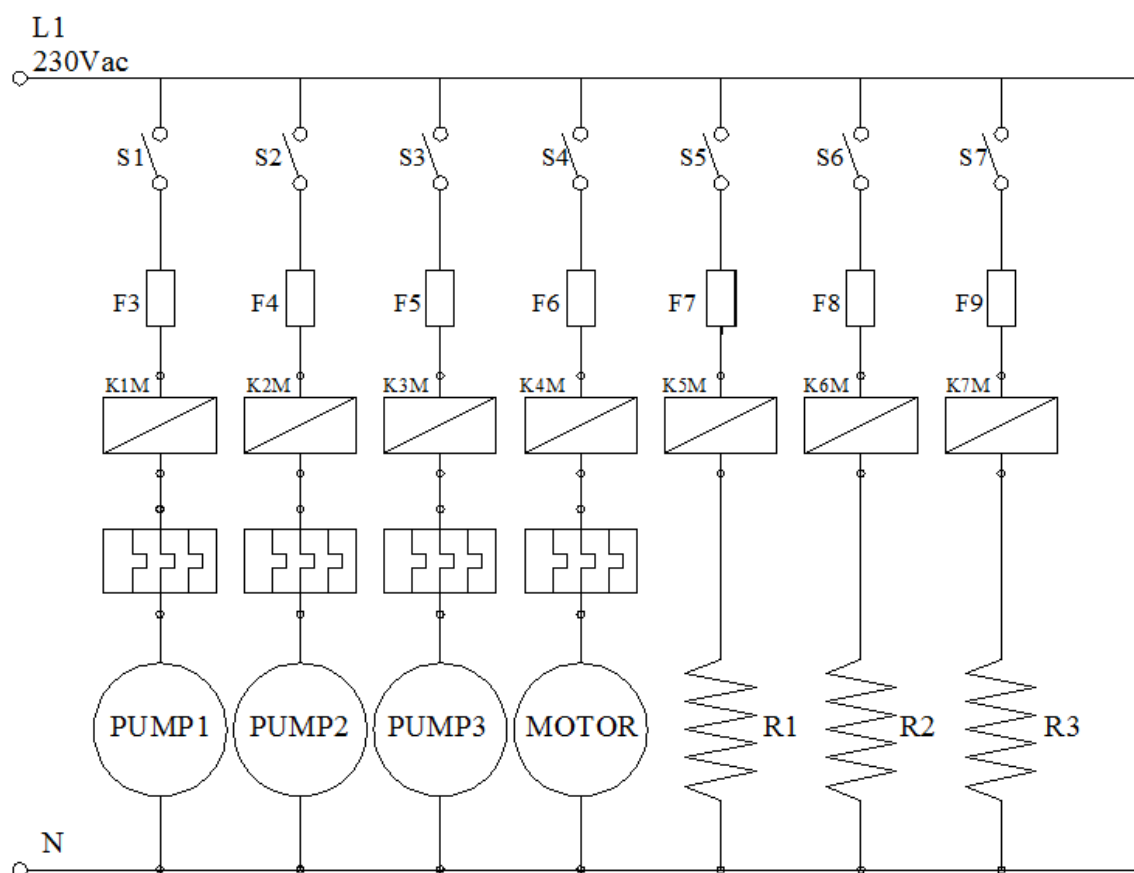
Στο παραπάνω σχέδιο μπορούμε να δούμε αναλυτικά όλες τις εισόδους και τις εξόδους που βρίσκονται στο P.L.C, καθώς και τις καλωδιώσεις τους.

Όπως παρατηρούμε η έξοδοι έχουν ξεχωριστή τροφοδοσία η οποία ασφαλίσετε επίσης ξεχωριστά από ότι οι εισοδοι αυτό, συμβαίνει γιατί υπάρχει η επιλογή να τροφοδοτήσουμε τις εξόδους από διαφορετικό τροφοδοτικό ακόμα και με διαφορετική τάση.

Επίσης παρατηρούμε το πώς συνδέονται τα μπουτόν και οι διακόπτες, όπως επίσης τα αναλογικά αισθητήρια και οι επαφές του θερμικού. Τα αναλογικά αισθητήρια χρειάζονται τροφοδοσία για να μπορέσουν να μας δώσουν το σήμα στην είσοδο του P.L.C. , για αυτό τα

τροφοδοτούμε κανονικά με L και N. Πολύ σημαντικό σε αυτή την περίπτωση είναι, εάν έχουμε διαφορετικές τροφοδοσίες σε εισόδους και εξόδους, να προσέξουμε η σύνδεση του ουδετέρου να γίνει στο σωστό τροφοδοτικό.

Βλέπουμε ότι το σχέδιο του βοηθητικού κυκλώματος στην περίπτωση του αυτοματισμού με P.L.C. είναι εντελώς διαφορετικό από ένα αντίστοιχο σχέδιο συμβατικού αυτοματισμού με ηλεκτρονόμους. Επίσης αξίζει να σημειώσουμε ότι το συγκεκριμένο P.L.C. διαθέτει ενσωματωμένη οθόνη η οποία σε συνδυασμό με την θύρα επέκτασης το κάνει ακόμα πιο ευέλικτο και ταυτόχρονα εύχρηστο, καθώς θα μας διευκολύνει μελλοντικά σε μικρές αλλά και μεγάλες αλλαγές που μπορεί να γίνουν στο σύστημα αυτοματισμού.



Σχέδιο 4.2: Κύκλωμα ισχύος του συστήματος αυτοματισμού

Σε αυτό το σχέδιο βλέπουμε την κατανομή των φορτίων με τις ασφαλιστικές διατάξεις που πρέπει να υπάρχουν, τους διακόπτες αλλά και τα ρελέ ισχύος που ενεργοποιούν τα φορτία.

Παρατηρούμε ότι ο κάθε κλάδος καταλήγει σε ένα φορτίο του συστήματός μας όπως ακριβώς και σε ένα σχέδιο απλού αυτοματισμού. Στην περίπτωση του κυκλώματος ισχύος τις περισσότερες φορές δεν υπάρχουν διαφορές ανάμεσα στα είδη του αυτοματισμού που επιλέγουμε. Οι κυριότερες διαφορές βρίσκονται στο βοηθητικό κύκλωμα που είδαμε παραπάνω.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5<sup>ο</sup> ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ ΤΟΥ PLC

### 5.1 ΕΠΙΛΟΓΗ ΓΛΩΣΣΑΣ

Όπως αναφέραμε σε προηγούμενο κεφάλαιο ο προγραμματισμός ενός ελεγκτή μπορεί να γίνει μέσω τριών γλωσσών προγραμματισμού. Για την συγκεκριμένη εφαρμογή, κρίναμε ότι ο πιο εύκολος τρόπος για τον προγραμματισμό του P.L.C. θα είναι ο προγραμματισμός μέσω Function Block (FBD). Τα Function Blocks είναι στην ουσία μια γραφική γλώσσα προγραμματισμού που αποτελείται από ένα συνδυασμό πυλών με άλλα στοιχεία αυτοματισμού. Τα γραφικά αυτά στοιχεία είναι έτοιμα προς τοποθέτηση στον σχεδιαστικό χώρο του προγράμματος και μας βοηθούν στο να φτιάξουμε σύνθετα βοηθητικά κυκλώματα αυτοματισμού με πολύ απλές κινήσεις.

Ο προγραμματισμός θα υλοποιηθεί με την εφαρμογή για ηλεκτρονικούς υπολογιστές Zelio Soft 2, η οποία είναι διαθέσιμη και διανέμετε δωρεάν από την ιστοσελίδα της Schneider Electric. Η συγκεκριμένη εφαρμογή έχει σχεδιαστεί για να προγραμματίζει ελεγκτές της σειράς Zelio Logic και είναι αρκετά πιο εύχρηστη από αντίστοιχα προγράμματα άλλων ελεγκτών που υπάρχουν στην αγορά. Όπως κάθε άλλο πρόγραμμα βέβαια, έτσι και το συγκεκριμένο χρειάζεται κάποιες απαραίτητες γνώσεις και δεξιότητες προγραμματισμού, καθώς είναι απαραίτητο ο χειριστής να γνωρίζει της βασικές αρχές του αυτοματισμού.

Μέσω της εφαρμογής του προγράμματος μπορούμε να επεξεργαστούμε και να προσομοιώσουμε την λειτουργία του προγραμματιζόμενου λογικού ελεγκτή χωρίς να χρειάζεται να είναι συνδεδεμένος στον ηλεκτρονικό μας υπολογιστή. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα, να μπορούμε να προσομοιώσουμε όλες τις εισόδους, είτε με αναλογικά είτε με ψηφιακά σήματα, καθώς και όλες τις εξόδους με σκοπό την επαλήθευση της ορθής λειτουργίας του προγράμματος, πριν την οποιαδήποτε εγκατάσταση υλικών.

### 5.2 ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΙΑΣ ΕΙΣΟΔΩΝ-ΕΞΟΔΩΝ

Αρχικά, πριν αρχίσουμε τον προγραμματισμό πρέπει να οργανώσουμε τις εισόδους και τις εξόδους που θα χρειαστούμε για αυτή την εφαρμογή. Στον παρακάτω πίνακα θα δούμε ακριβώς τον διαχωρισμό και την αντιστοιχία των εισόδων-εξόδων.



| <b>Είσοδοι</b> |                 |              |                                  | <b>Έξοδοι</b> |                 |                      |
|----------------|-----------------|--------------|----------------------------------|---------------|-----------------|----------------------|
| <b>A/a</b>     | <b>Ονομασία</b> | <b>Είδος</b> | <b>Περιγραφή</b>                 | <b>A/a</b>    | <b>Ονομασία</b> | <b>Περιγραφή</b>     |
| <b>1</b>       | I1              | Ψηφιακή      | Start Button                     | <b>1</b>      | Q1              | Mixer Motor Actuator |
| <b>2</b>       | I2              | Ψηφιακή      | Stop Button                      | <b>2</b>      | Q2              | Resistor3 Actuator   |
| <b>3</b>       | IB              | Αναλογική    | Temperature Sensor               | <b>3</b>      | Q3              | Resistor2 Actuator   |
| <b>4</b>       | IC              | Αναλογική    | Ultrasonic Level Sensor          | <b>4</b>      | Q4              | Resistor1 Actuator   |
| <b>5</b>       | ID              | Ψηφιακή      | Start Final Stage Button         | <b>5</b>      | QB              | Pump1 Actuator       |
| <b>6</b>       | IH              | Ψηφιακή      | Start Next Stage Button          | <b>6</b>      | QC              | Pump2 Actuator       |
| <b>7</b>       | IJ              | Ψηφιακή      | Start Pump2 & Final Stage Button | <b>7</b>      | QD              | Pump3 Actuator       |
| <b>8</b>       | IK              | Ψηφιακή      | Tank2 Lenel Sensor               | <b>8</b>      | QE              | Level Fault          |
| <b>9</b>       | IL              | Ψηφιακή      | Mixer Motor Over Heating Switch  | <b>9</b>      | QF              | Resistors Fault      |
| <b>10</b>      | IN              | Ψηφιακή      | Pump1 Over Heating Switch        | <b>10</b>     | QG              | Motor & Pumps Fault  |
| <b>11</b>      | IP              | Ψηφιακή      | Pump2 Over Heating Switch        |               |                 |                      |
| <b>12</b>      | IQ              | Ψηφιακή      | Pump3 Over Heating Switch        |               |                 |                      |

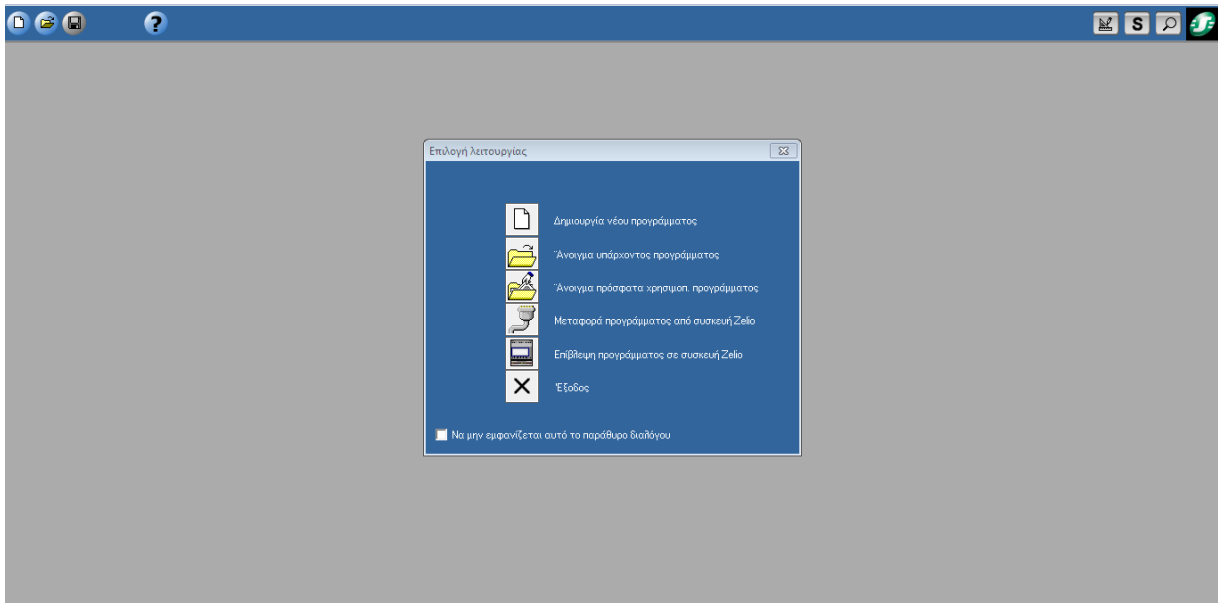
Πίνακας 5.1: Αντιστοιχία IO.

Όπως παρατηρούμε κάποιες είσοδοι αναγράφονται με ένα γράμμα που το συνοδεύει ένας αριθμός και κάποιες άλλες με δύο γράμματα. Αυτός είναι κώδικας αναγνώρισης των ψηφιακών - αναλογικών και των μόνο ψηφιακών εισόδων. Οι ψηφιακές είσοδοι είναι αυτές που συμβολίζονται με το γράμμα I από την λέξη Input (είσοδος) και μετά τον αύξον αριθμό τους (π.χ. I1, I2, I3), ενώ οι ψηφιακές-αναλογικές είναι αυτές που συμβολίζονται με δύο γράμματα εκ των οποίων το πρώτο είναι και σε αυτή την περίπτωση είναι το I από την λέξη Input ενώ το δεύτερο προέρχεται από το αύξον γράμμα της αγγλικής αλφαβήτου (π.χ. IB, IC, ID). Στην στήλη είδος αναφέρουμε το είδος κατά το οποίο θα χρησιμοποιήσουμε την κάθε επαφή και στην στήλη περιγραφή τον λόγο που θα τις χρησιμοποιήσουμε.

Οι έξοδοι στο συγκεκριμένο P.L.C. είναι όλες έξοδοι ρελέ (relay outputs). Η ονομασία τους μπορεί να συμβολίζεται με ένα γράμμα και έναν αριθμό, που δηλώνει έξοδος του κύριου κορμού του P.L.C., ή με δύο γράμματα αντίστοιχα, που δηλώνει έξοδος της επέκτασης του P.L.C.. Στην περίπτωση των δυο γραμμάτων το πρώτο γράμμα είναι το Q που δηλώνει την έξοδο ρελέ ενώ το δεύτερο γράμμα προέρχεται από το αύξον γράμμα της αγγλικής αλφαβήτου (π.χ. QB, QC, QD). Στην περίπτωση του αριθμού το γράμμα είναι επίσης το Q και συνοδεύεται με τον αύξον αριθμό των εξόδων (π.χ. Q1, Q2, Q3). Στην στήλη περιγραφή αναγράφεται η κατάληξη των επαφών των εξόδων στο σύστημα αυτοματισμού.

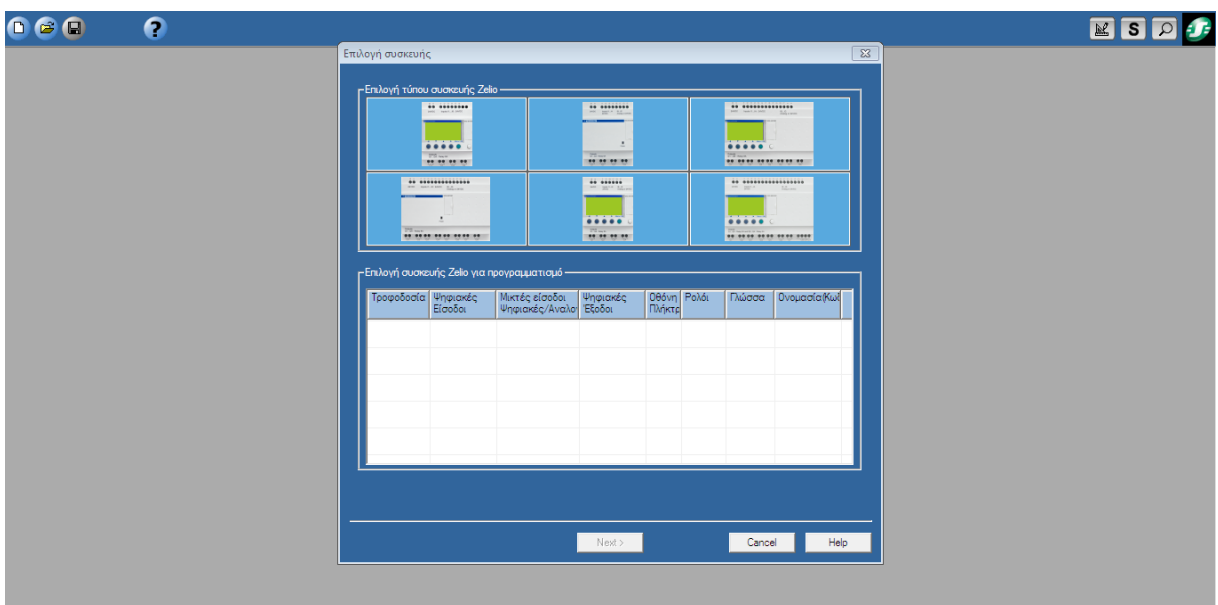
### 5.3 ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ

Αφού εγκαταστήσουμε και εκκινήσουμε την εφαρμογή Zelio Soft 2 στον ηλεκτρονικό μας υπολογιστή, θα δούμε την παρακάτω οθόνη:



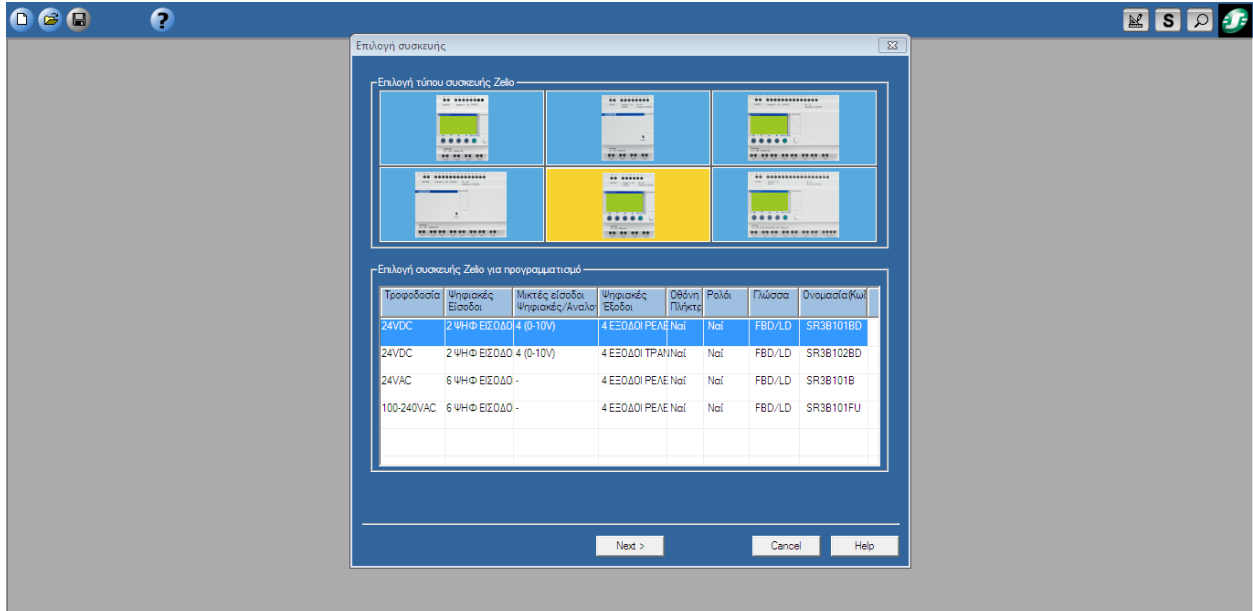
Εικόνα 5.1: Οθόνη αρχικών επιλογών.

Στο παράθυρο το οποίο εμφανίζεται καλούμαστε να επιλέξουμε μια από τις αρχικές επιλογές λειτουργίας του λογισμικού οι οποίες είναι η δημιουργία νέου προγράμματος, το άνοιγμα υπάρχοντος προγράμματος, το άνοιγμα πρόσφατα χρησιμοποιημένου παραθύρου, η μεταφορά προγράμματος από συσκευή Zelio και η επίβλεψη προγράμματος σε συσκευή Zelio. Επιλέγουμε λοιπόν την δημιουργία νέου προγράμματος για να ξεκινήσουμε και πάμε στην επόμενη οθόνη :



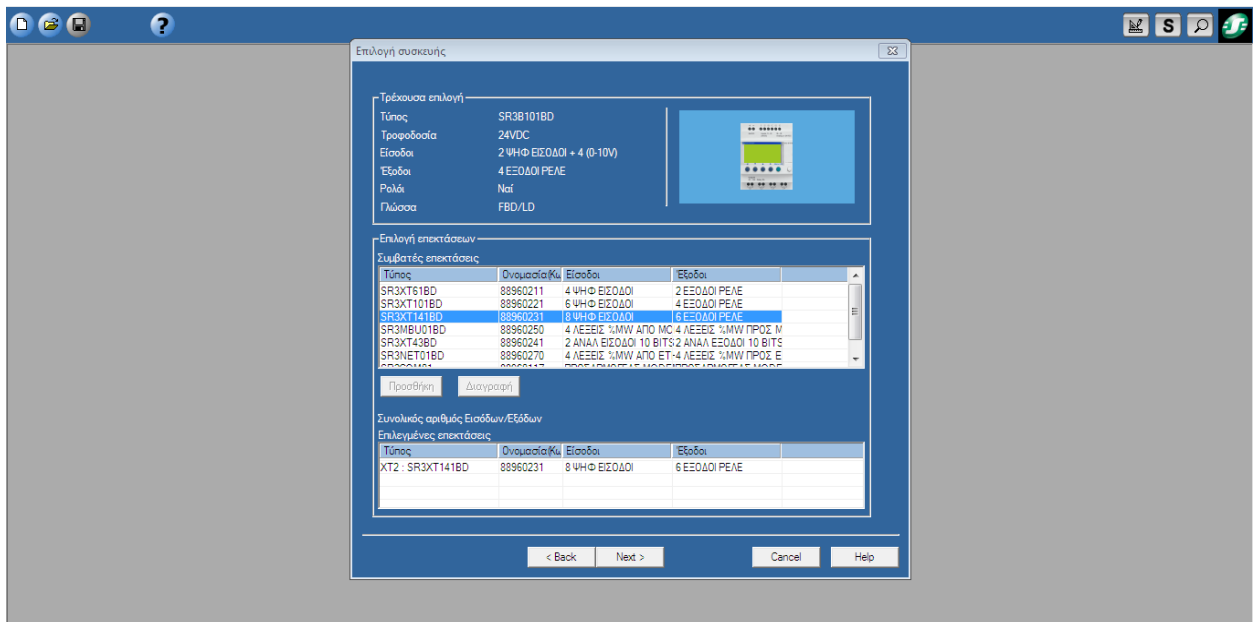
Εικόνα 5.2: Οθόνη επιλογής συσκευής προς προγραμματισμό.

Παρατηρούμε ότι σε αυτό το σημείο καλούμαστε να επιλέξουμε την συσκευή Zelio που έχουμε σκοπό να προγραμματίσουμε ανάμεσα σε μια μεγάλη γκάμα αντίστοιχων ελεγκτών. Εμείς έχουμε καταλήξει και έχουμε επιλέξει από το προηγούμενο κεφάλαιο τον ελεγκτή SR3B101BD:



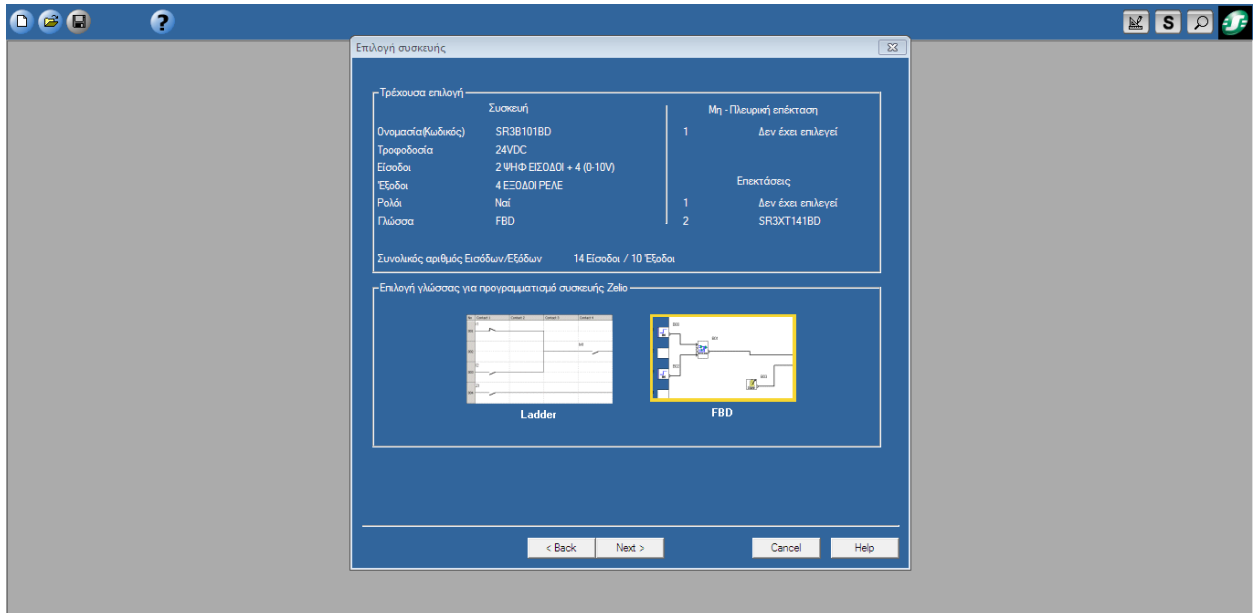
Εικόνα 5.3: Οθόνη επιλογής ελεγκτή SR3B101BD.

Εκτός του ελεγκτή δεν πρέπει να παραλείψουμε να επιλέξουμε και την επέκταση που έχουμε υπολογίσει να προσαρμόσουμε, ώστε να έχουμε τον επιθυμητό αριθμό εισόδων-εξόδων για την εφαρμογή που θέλουμε να υλοποιήσουμε. Στην επόμενη οθόνη λοιπόν επιλέγουμε την επέκταση SR3XT141BD όπου έχουμε αποφασίσει να χρησιμοποιήσουμε:



Εικόνα 5.4: Οθόνη επιλογής επέκτασης Zelio.

Στην συνέχεια πρέπει να επιλέξουμε την γλώσσα προγραμματισμού την οποία επιθυμούμε να χρησιμοποιήσουμε. Εδώ πρέπει να τονίσουμε ότι δεν προγραμματίζονται όλα τα P.L.C. με όλες τις γλώσσες προγραμματισμού. Στο συγκεκριμένο, όπως είπαμε, επιλέξαμε το Function Block :



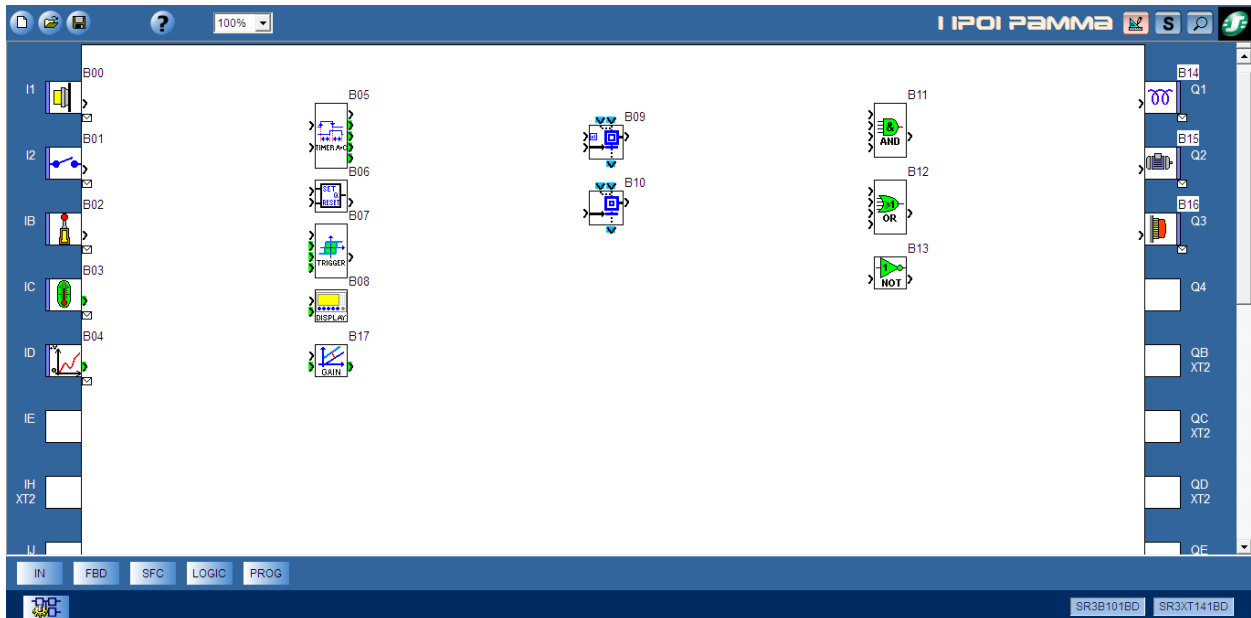
Εικόνα 5.5: Οθόνη επιλογής γλώσσας προγραμματισμού.

Αφού ολοκληρώσουμε τα παραπάνω βήματα, θα μας εμφανιστεί στην οθόνη μας μια κενή σελίδα η οποία είναι το βασικό περιβάλλον εργασίας του Zelio Soft, όπου μπορούμε να αρχίσουμε να γράφουμε το πρόγραμμά μας :



Εικόνα 5.6: Βασικό περιβάλλον εργασίας Zelio Soft 2.

Το Function Block Diagram αποτελείται από πάρα πολλά γραφικά τα οποία προσομοιώνουν κάποιες λειτουργίες. Παρακάτω θα δούμε κάποια από τα βασικά τα οποία θα χρησιμοποιήσουμε για να ολοκληρώσουμε το πρόγραμμα που καλούμαστε να δημιουργήσουμε:



Εικόνα 5.7: Κύρια γραφικά λειτουργιών που θα χρησιμοποιήσουμε.

Στα αριστερά βρίσκονται οι τύποι εισόδων που θα χρειαστούμε για την εφαρμογή μας, εκτός από τις δύο κύριες κατηγορίες αναλογικών ή ψηφιακών εισόδων το πρόγραμμά μας δίνει την δυνατότητα να επιλέξουμε το γραφικό εικονίδιο της κάθε εισόδου, μέσα από μία γκάμα διαφόρων εικόνων. Ο σκοπός είναι κυρίως για λόγους ευκολίας στην προσομοίωση και δεν επηρεάζει την ροή του προγράμματος. Επίσης το ίδιο βλέπουμε και στα δεξιά με τις εξόδους και τα αντίστοιχα εικονίδια τους.

Στην συνέχεια, μέσα στον σχεδιαστικό χώρο του προγράμματος παρατηρούμε κάποια από τα λειτουργικά διαγράμματα (Function Blocks) τα οποία χρησιμοποιήσαμε στον προγραμματισμό του ελεγκτή.

Το πρώτο στην σειρά είναι το διάγραμμα του χρονικού (B05), το συγκεκριμένο block μπορεί να λειτουργήσει και ως χρονικό καθυστέρησης έναρξης (delay on) αλλά και ως χρονικό καθυστέρησης παύσης (delay off). Έχει δύο εισόδους, την είσοδο για την εντολή, την είσοδο για τον μηδενισμό του και μία ψηφιακή έξοδο. Το χρονικό αυτό διαθέτει και τέσσερις αριθμητικές

εξόδους που δείχνουν τον χρόνο καθυστέρησης έναρξης-παύσης αλλά και την τρέχουσα τιμή καθυστέρησης έναρξης-παύσης αντίστοιχα.

Το επόμενο διάγραμμα είναι της μανδάλωσης (set-reset) (B06), το συγκεκριμένο διαθέτει τρεις επαφές, εκ των οποίων οι δύο είναι οι εισοδοί μανδάλωσης και απομανδάλωσης, καθώς η άλλη είναι η έξοδος. Εάν πάρει εντολή μανδάλωσης (set) μπορεί να δίνει υψηλό δυναμικό στην έξοδο του έως ότου πάρει την εντολή απομανδάλωσης (reset) όπου θα δίνει πλέον χαμηλό.

Στην συνέχεια έχουμε το διάγραμμα σκανδαλισμού (B07). Αυτό χρησιμοποιείται κυρίως στις αναλογικές τιμές και η λειτουργία του είναι να μας παρέχει στην έξοδο του υψηλό δυναμικό ανάλογα με την περιοχή που είναι το αναλογικό σήμα που λαμβάνουμε. Διαθέτει τέσσερις εισόδους, η πρώτη είναι η είσοδος της αναλογικής τιμής, η δεύτερη είναι η είσοδος της τιμής προς σύγκριση, η τρίτη είναι αριθμητική είσοδος που προσδιορίζει το κατώτερο σημείο αναφοράς της περιοχής που θέλουμε να καλύψουμε ενώ η τέταρτη επαφή είναι το ανώτερο σημείο αναφοράς. Το block διαθέτει μία ψηφιακή έξοδο που παίρνει τιμές ανάλογα με την είσοδο της τιμής προς σύγκριση και το αν το αναλογικό σήμα έχει ξεπεράσει ή όχι την περιοχή που έχουμε ορίσει.

Από κάτω υπάρχει το διάγραμμα της οθόνης της συσκευής (B08). Σε αυτό μπορούμε να μεταφέρουμε μια τιμή από το πρόγραμμα στον πραγματικό περιβάλλον του συστήματος μέσω της οθόνης που υπάρχει ενσωματωμένη στο P.L.C.. Διαθέτει δύο εισόδους, η μία είναι η είσοδος ενεργοποίησης της λειτουργίας του και η δεύτερη είναι είσοδος τιμής προς παρουσίαση στην οθόνη της συσκευής. Σε αυτή την περίπτωση στην ουσία η έξοδος είναι η οθόνη του P.L.C..

Αμέσως μετά ακολουθεί το διάγραμμα της συνάρτησης μετατροπής (B17). Η λειτουργία αυτού του διαγράμματος είναι να δέχεται μια αναλογική τιμή, να την πολλαπλασιάζει με το πηλίκο δύο σταθερών τιμών (A/B) στο οποίο προσθέτετε μια σταθερά (C), τις τιμές ορίζει ο προγραμματιστής ανάλογα την μετατροπή που χρειάζεται ( $Y=(A/B)x+C$ ). Υπάρχουν δύο εισοδοί, η μία είναι η ψηφιακή είσοδος ενεργοποίησης λειτουργίας και η άλλη η αναλογική είσοδος της τιμής προς μετατροπή, ενώ υπάρχει και μία αναλογική έξοδος η οποία είναι και το αποτέλεσμα της μετατροπής.

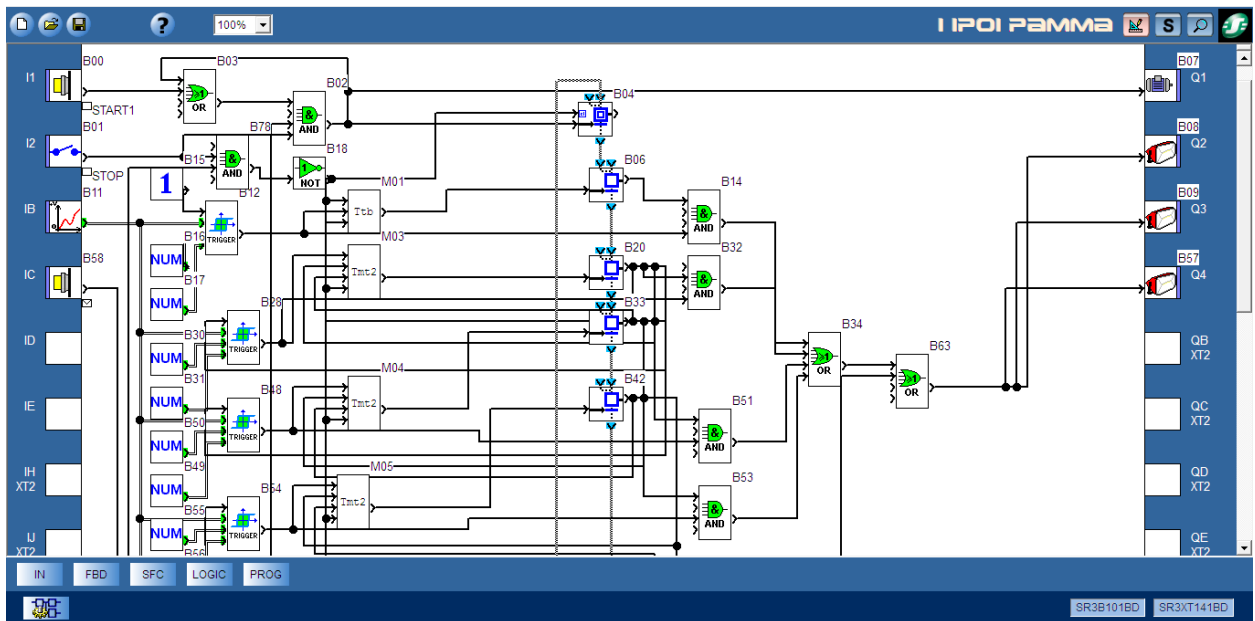
Στην κεντρική στήλη που υπάρχει στον σχεδιαστικό χώρο βλέπουμε δύο διαγράμματα βημάτων (B09-B10). Στο πρώτο διάγραμμα έξι επαφές, οι δύο που υπάρχουν στο πάνω μέρος του block είναι οι επαφές εισόδων του βήματος και χρησιμοποιούνται για την ένωση των βημάτων μεταξύ τους, οι δύο που βρίσκονται αριστερά είναι η επαφή αρχικοποίησης, χρησιμοποιείται για την αρχικοποίηση όλων των βημάτων που είναι συνδεδεμένα παρακάτω, και επαφή μετάβασης η οποία ενεργοποιεί την μετάβαση του προγράμματος στο επόμενο βήμα. Η επαφή στην κάτω πλευρά είναι η μετάβαση του βήματος εξόδου προς το επόμενο βήμα και η επαφή δεξιά είναι ψηφιακή επαφή εξόδου που δίνει υψηλό δυναμικό όταν το συγκεκριμένο βήμα είναι ενεργοποιημένο. Η διαφορά μεταξύ των δύο διαγραμμάτων είναι ότι το πρώτο χρησιμοποιείται για την αρχικοποίηση και τον μηδενισμό μιας σειράς βημάτων, ενώ το δεύτερο είναι απλά ένα βήμα. Οι επαφές και των δύο βημάτων έχουν την ίδια λειτουργία πλην της επαφής αρχικοποίησης που δεν υπάρχει στο δεύτερο βήμα.

Στην τρίτη στήλη του διαγράμματος παρατηρούμε τρεις από τις πιο γνωστές πύλες, την AND (B11), την OR (B12) και την NOT (B13), οι οποίες είναι οι πύλες που χρειάστηκε να χρησιμοποιήσουμε για την υλοποίηση του προγράμματος.

Με βάση λοιπόν τα παραπάνω λειτουργικά διαγράμματα και πύλες καταφέραμε να δημιουργήσουμε το πρόγραμμα του ελεγκτή με το οποίο θα καταφέρουμε να λειτουργήσουμε το σύστημα αυτοματισμού.

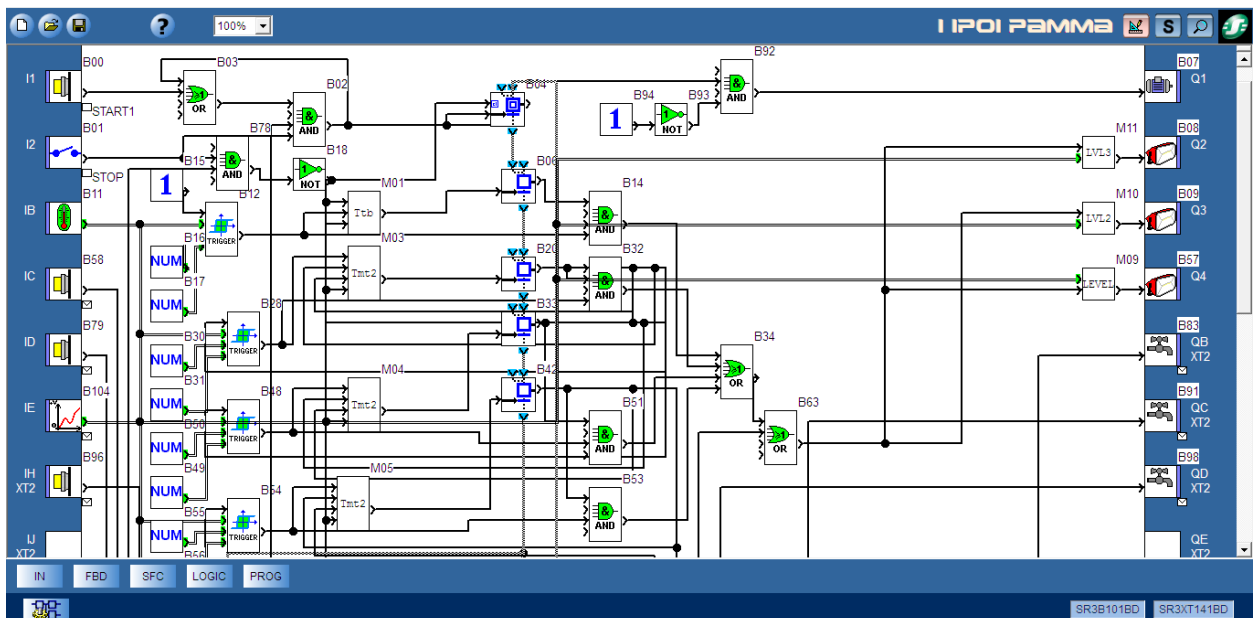
Το πρώτο στάδιο του προγραμματισμού απαιτεί να σχεδιάσουμε το πρόγραμμα ώστε ο ελεγκτής να μπορεί να εκτελέσει τις βασικές λειτουργίες που απαιτεί το σύστημα που θέλουμε να κατασκευάσουμε, χωρίς να έχουμε λάβει ακόμα υπόψη τους περιορισμούς που υπάρχουν.





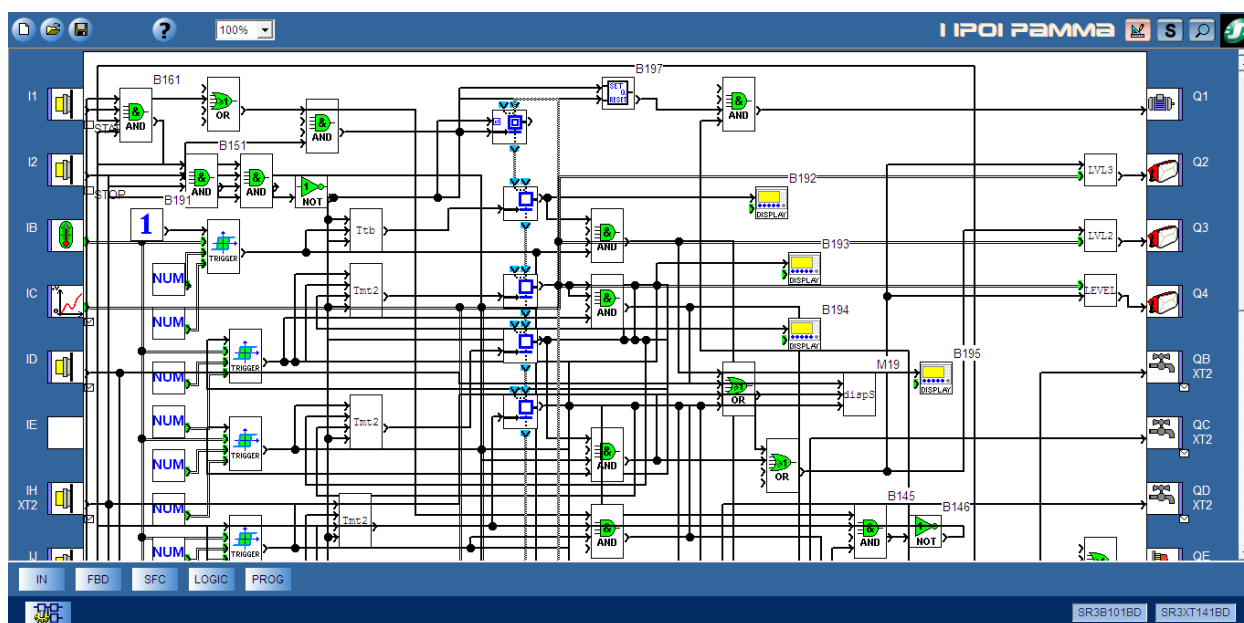
Εικόνα 5.8: Προγραμματισμός βασικών λειτουργιών P.L.C..

Στην επόμενη φάση θα πρέπει να προσαρμόσουμε στο πρόγραμμα τους περιορισμούς που απαιτεί το σύστημα και η ανάγκες της εγκατάστασης. Οι κύριοι περιορισμοί και απαιτήσεις της κατασκευής αφορούν τον όγκο του μίγματος στην Δεξαμενή1, την βλάβη σε κάποια αντίσταση καθώς και την βλάβη σε κάποια αντλία ή στον κινητήρα.



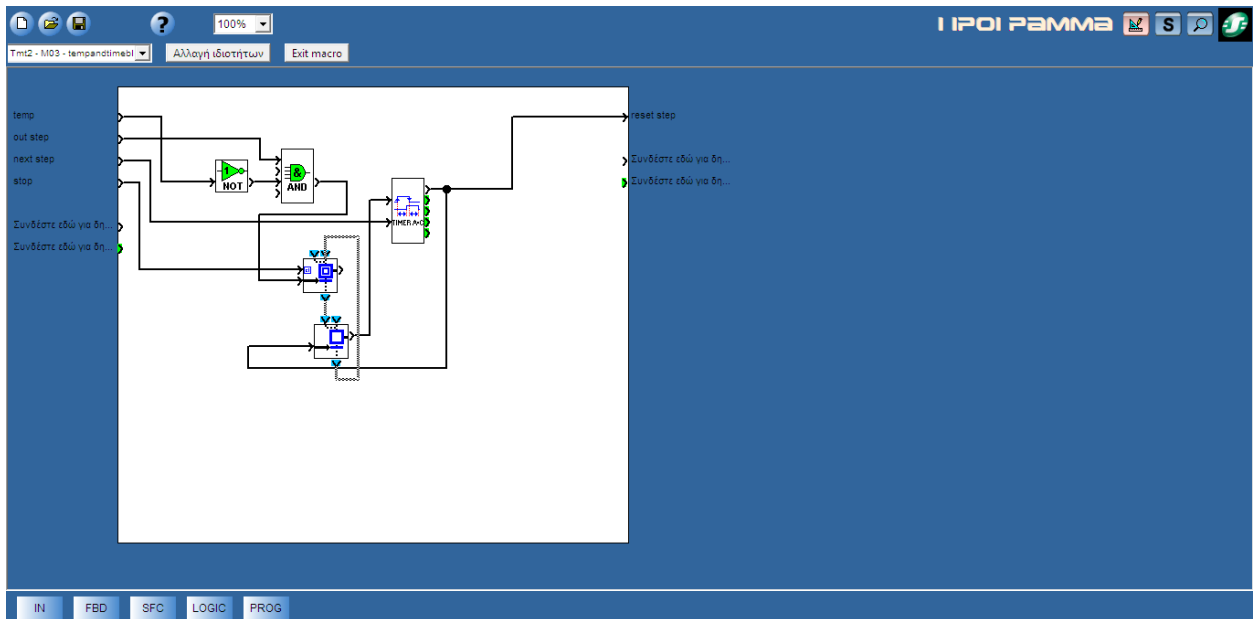
Εικόνα 5.9: Προγραμματισμός περιορισμών και αναγκών συστήματος.

Το επόμενο βήμα είναι να προγραμματίσουμε τον ελεγκτή να μας αποδίδει κάποιες σημαντικές πληροφορίες μέσω τις ενσωματωμένης του οθόνης. Το P.L.C. θα μας απεικονίζει συνεχώς την θερμοκρασία που βρίσκετε το μίγμα στην Δεξαμενή1, το στάδιο στο οποίο βρίσκετε ο αυτοματισμός αλλά θα μας δίνει επίσης βοηθητικά μηνύματα για διευκόλυνση του χειριστή.



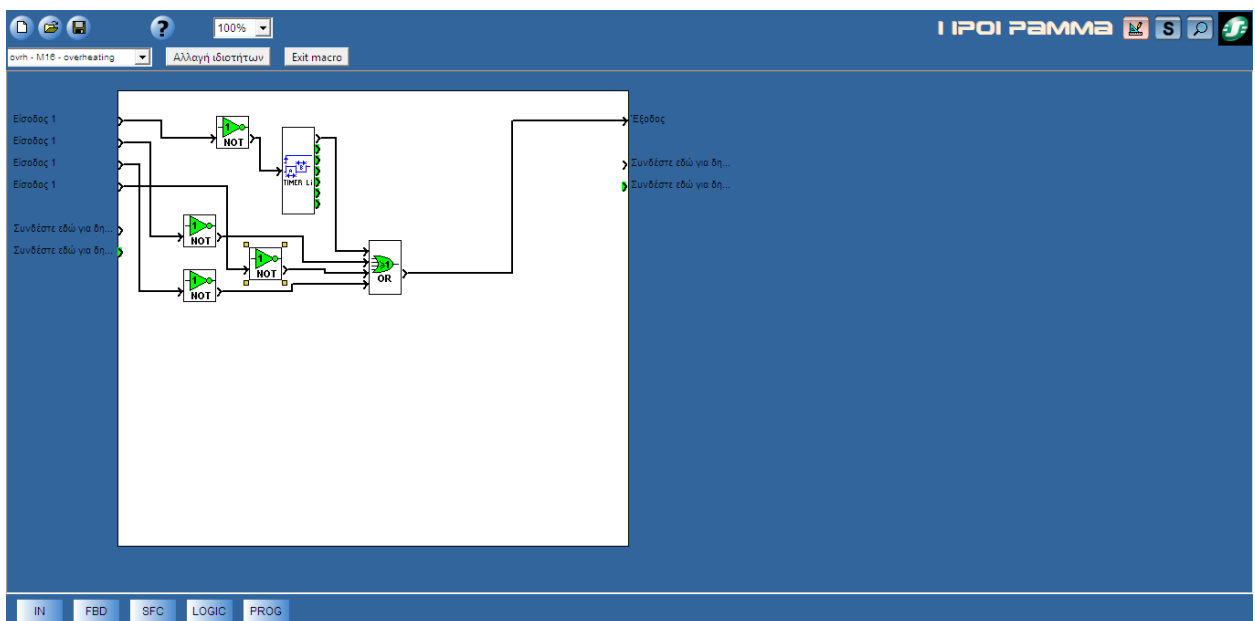
Εικόνα 5.10: Προγραμματισμός μηνυμάτων οθόνης συσκευής.

Αξίζει να τονίσουμε ότι το Zelio Soft 2 μας δίνει την δυνατότητα να δημιουργήσουμε πολύ λειτουργίες (macro). Η πολύ λειτουργίες είναι ένας συνδυασμός γραφικών διαγραμμάτων τα οποία παρουσιάζονται και λειτουργούν σαν ένα. Παρακάτω μπορούμε να δούμε δύο παραδείγματα τέτοιον πολύ λειτουργιών τις οποίες έχουμε χρησιμοποιήσει για το προγραμματισμό του συστήματος.



Εικόνα 5.11: Διάγραμμα πολύ λειτουργίας χρονικού Tmt2.

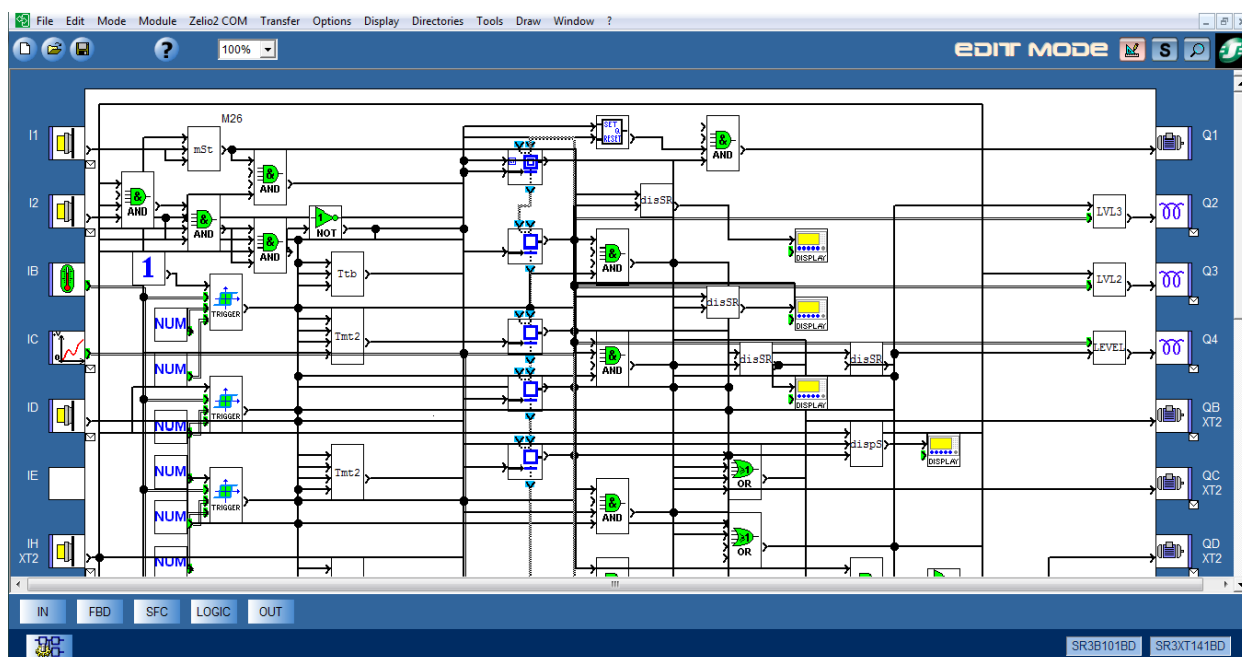
Σε αυτή την πολύ-λειτουργία έχουμε προγραμματίσει το χρονικό να παίρνει εντολή εκκίνησης από ένα σύστημα βημάτων, το οποίο με την σειρά του ενεργοποιείται με τον συνδυασμό δύο εντολών, που προέρχονται η μία από το διάγραμμα σκανδαλισμού, και η άλλη από την έξοδο του βήματος. Η έξοδος του χρονικού ενεργοποιεί το επόμενο βήμα καθώς επίσης αρχικοποιεί την λειτουργία της πολύ λειτουργίας.



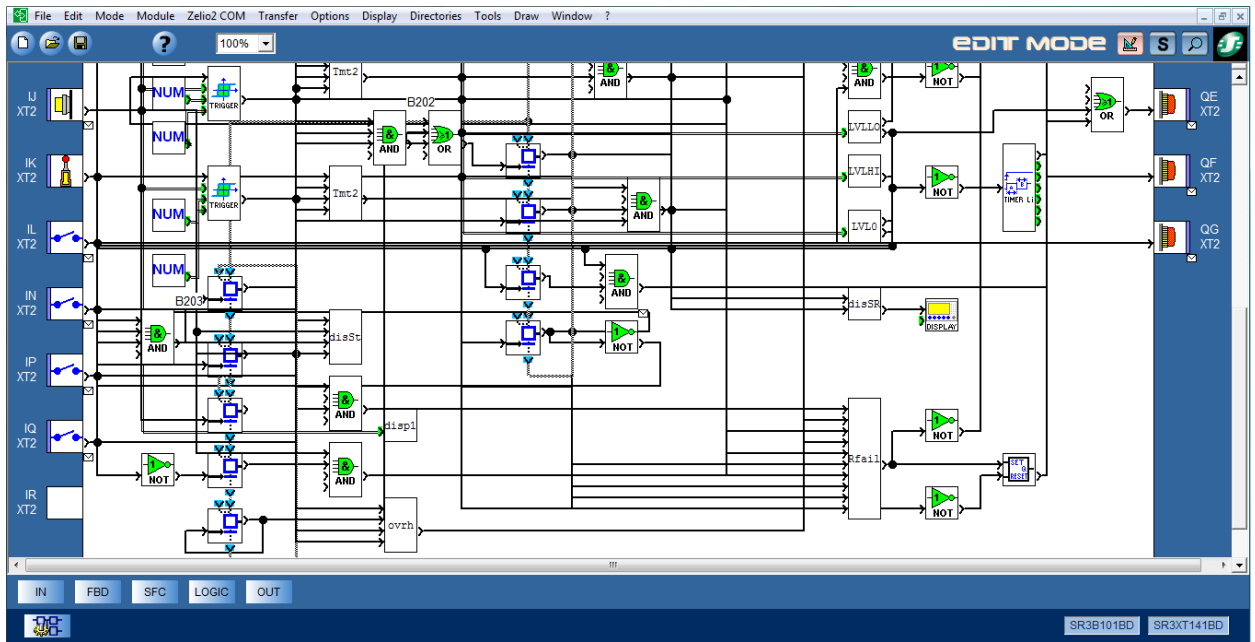
Εικόνα 5.12: Διάγραμμα πολύ λειτουργίας ενδείξεων σφαλμάτων θερμικών.

Στην συγκεκριμένη πολύ-λειτουργία έχουμε σχεδιάσει ένα διάγραμμα το οποίο ενεργοποιεί την έξοδο που είναι συνδεδεμένη ο λαμπτήρας σφαλμάτων θερμικών των αντλιών και του κινητήρα. Είναι προγραμματισμένο έτσι ώστε στην να δίνει υψηλό δυναμικό στην έξοδο όταν υπάρχει πρόβλημα υπερφόρτωσης κάποιας αντλίας, ενώ όταν υπάρχει υπερφόρτωση στον κινητήρα του αναδευτήρα να δίνει έναν τετραγωνικό παλμό και να αναβοσβήνει τον λαμπτήρα.

Τέλος παρακάτω ακολουθούν δύο φωτογραφίες με ολοκληρωμένο το πρόγραμμα του ελεγκτή, όλα τα διαγράμματα και οι πύλες που χρησιμοποιήθηκαν έχουν αναλυθεί σχετικά με τις λειτουργίες τους παραπάνω, καθώς επίσης για λόγους καλαισθησίας αλλάχτηκαν τα εικονίδια των εξόδων. Σε αυτό το στάδιο λοιπόν, όσον αφορά το κομμάτι του προγραμματισμού, ο αυτοματισμός είναι έτοιμος να λειτουργήσει όπως ακριβώς μας έχει ζητηθεί και περιγράψαμε στα προηγούμενα κεφάλαια.



Εικόνα 5.13: Ολοκληρωμένο πρόγραμμα P.L.C. μέρος α'.



Εικόνα 5.14: Ολοκληρωμένο πρόγραμμα P.L.C. μέρος β'.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6<sup>ο</sup> ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

### 6.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ

Η προσομοίωση της εγκατάστασης θα διαθέτει γραφικά τις δεξαμενές, τις αντλίες, τον κινητήρα, τις αντιστάσεις καθώς και τον πίνακα ελέγχου της παραγωγικής διαδικασίας που μελετάμε. Επίσης θα διαθέτει πραγματικό προγραμματιζόμενο λογικό ελεγκτή με εγκατεστημένο το πρόγραμμα που έχουμε αναφέρει στο προηγούμενο κεφάλαιο.

Για τις ανάγκες της προσομοίωσης του συστήματος αυτοματισμού θα χρειαστεί να αντικαταστήσουμε κάποια υλικά, τα οποία θα χρησιμοποιούσαμε σε πραγματικές συνθήκες, με κάποια άλλα τα οποία θα μας δίνουν τα αντίστοιχα σήματα. Ο σκοπός αυτής της αλλαγής είναι για να μειώσουμε τον όγκο της κατασκευής, για να μπορούμε να κάνουμε πιο απλή την προσομοίωση και κυρίως για να ελαττώσουμε το κόστος των υλικών.

Οι χρόνοι μεταξύ των σταδίων της διαδικασίας έχουν αλλάξει με σκοπό την γρήγορη παρουσίαση και εξομοίωση της κατασκευής. Οι αντιστοιχίες των χρόνων είναι οι εξής, όπου:

15 min → 15 sec

30 min → 30 sec

20 min → 20 sec

60 min → 45 sec

Πίνακας 6.1: Πίνακας αντιστοιχίας χρόνων των βημάτων.

Η αναλογική μέτρηση της θερμοκρασίας που χρειάζεται να λάβει ο ελεγκτής θα προέρχεται από ένα περιστροφικό ποτενσιόμετρο, το οποίο θα προσομοιώνει το αισθητήριο θερμοκρασίας που υπάρχει μέσα στην Δεξαμενή1.

Επίσης, την αναλογική μέτρηση της στάθμης του μίγματος στην Δεξαμενή1 θα προσομοιώνει ένα οριζόντιο ποτενσιόμετρο το οποίο θα είναι προσαρμοσμένο στα άκρα του γραφικού της Δεξαμενής1, έτσι ώστε η κατασκευή μας να είναι πλήρως λειτουργική και ρεαλιστική.

Εφόσον δεν θα υπάρχουν πραγματικοί κινητήρες, της επαφές των θερμικών που θα χρησιμοποιούσαμε της έχουμε προσομοιώσει με απλούς διακόπτες. Με απλό διακόπτη, έχουμε προσομοιώσει επίσης την επαφή του διακόπτη φλοτέρ που βρίσκετε στην Δεξαμενή2.

Την λειτουργία των αντιστάσεων και των κινητήρων, την έχουμε αντικαταστήσει με λαμπτήρες τύπου led, οι οποίοι βρίσκονται στα άκρα του καζανιού και πάνω σε κάθε κινητήρα, δίπλα από τις αντίστοιχες ονομαστικές ταμπέλες που υπάρχουν στην κατασκευή .

Με αυτές τις αλλαγές η κατασκευή μας θα προσομοιώνει πλήρως όλα τα βήματα της πραγματικής εφαρμογής, όσο το δυνατόν καλύτερα.

## 6.2 ΥΛΙΚΑ

Η κατασκευή έχει δημιουργηθεί εντός μιας ξύλινης βαλίτσας με αλουμινένια επένδυση, όπως ακριβώς χρησιμοποιούν οι εταιρείες για την κατασκευή παρόμοιων εκπαιδευτικών βαλιτσών.



Εικόνα 6.1: Βαλίτσα με αλουμινένιο περίβλημα.

Μέσα στην βαλίτσα τοποθετήθηκε ξύλο κομμένο για της ανάγκες της κατασκευής, το οποίο διαθέτει κόψιμο για τον χώρο του βύσματος και του ασφαλειοδιακόπτη τροφοδοσίας, κόψιμο για την πρόσοψη του P.L.C. και τον περιφερειακών και τρύπες για την προσαρμογή των διακοπών, των μπουτόν, τον λαμπτήρων και των ποτενσιόμετρων.

Επάνω στο ξύλο τυπώθηκε και προσαρμόστηκε ένα αυτοκόλλητο με τα γραφικά της εγκατάστασης την οποία θέλουμε να προσομοιώσουμε.

Στην βαλίτσα προσαρμόστηκε μια ράγα πίνακα για να τοποθετηθούν επάνω το P.L.C., η επέκτασή του και το τροφοδοτικό τους.

Η τροφοδοσία του συστήματος με εναλλασσόμενο ρεύμα στα 230V θα γίνει με τριπολικό βύσμα, το οποίο έχει προσαρμοστεί επάνω στο ξύλο. Το συγκεκριμένο στοιχείο στο οποίο βρίσκετε το βύσμα διαθέτει επίσης διακόπτη και ασφάλεια, τα οποία χρησιμοποιήσουμε σαν γενικά διατοπικά και ασφαλιστικά μέτρα της κατασκευής.



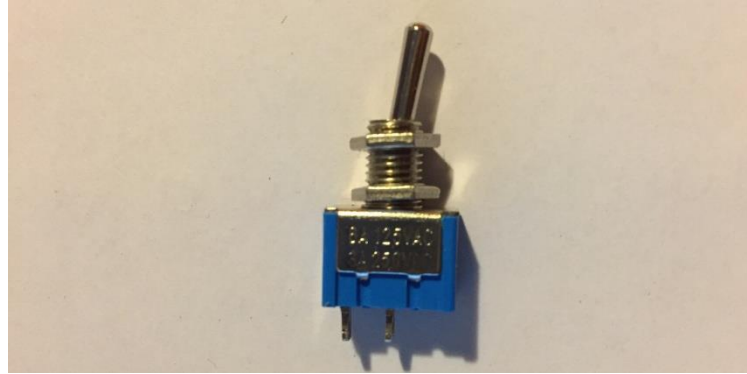
Εικόνα 6.2: Βύσμα τροφοδοσίας με ενσωματωμένα διακόπτη και ασφάλεια.

Για τις εντολές που χρειάζεται το σύστημα να λάβει από τον χειρίστη χρησιμοποιήθηκαν μπουτόν με τα χαρακτηριστικά που αναφέραμε στο Κεφάλαιο 4 καθώς για τα σφάλματα τα οποία θα πρέπει να λαμβάνει γνώση ο χειριστής από το σύστημα, χρησιμοποιήθηκαν λαμπτήρες led. Οι λαμπτήρες αυτοί έχουν τάση λειτουργίας 3Vdc έτσι για να προσαρμοστούν στα 24Vdc που είναι η τάση του υπάρχοντος τροφοδοτικού θα τοποθετηθούν σε σειρά με μία αντίσταση 1,2 kΩ. Με του ίδιου τύπου λαμπτήρες θα προσομοιωθεί και η λειτουργία των αντιστάσεων και των κινητήρων, όπως αναφέραμε παραπάνω.

Τα θερμικά, του κινητήρα και των γεννητριών, όπως και ο διακόπτης φλοτέρ θα αντικατασταθούν όπως επίσης αναφέραμε με έναν απλό διακόπτη τύπου on-off. Ο διακόπτης

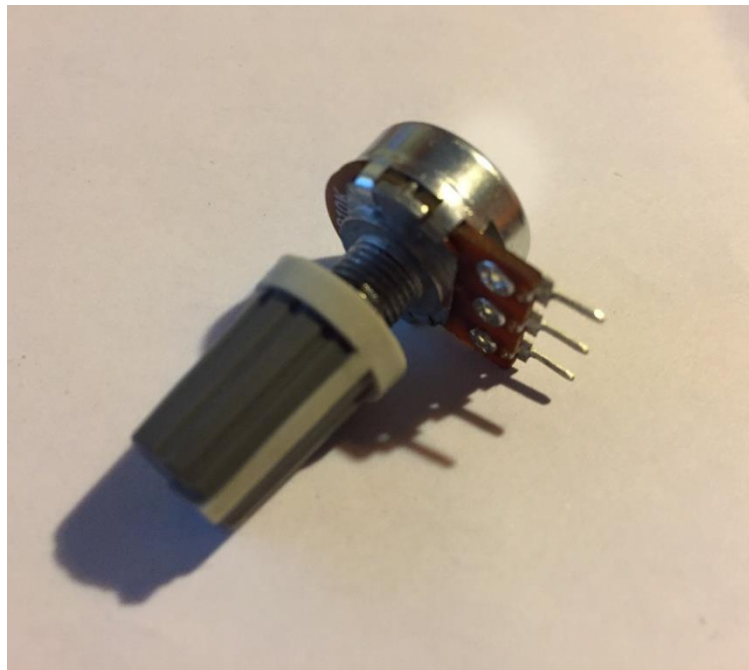


αυτός μπορεί να είναι διαφόρων χαρακτηριστικών, ο συγκεκριμένος μπορεί να καλύψει έως 3A με τάση τροφοδοσίας τα 230Vac που σημαίνει ότι είναι υπέρ αρκετός για τις ανάγκες του συστήματός μας.



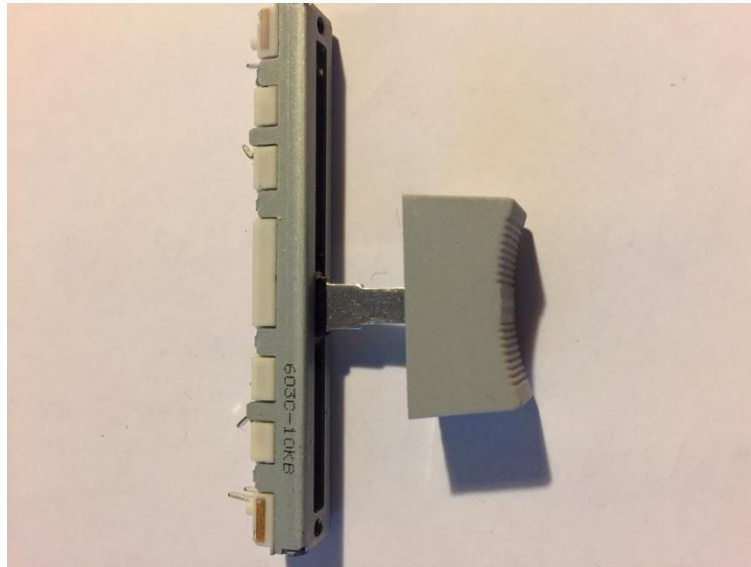
Εικόνα 6.3: Διακόπτης τύπου on-off.

Το ποτενσιόμετρο για την προσομοίωση της θερμοκρασίας θα είναι ένα περιστροφικό ποτενσιόμετρο, το οποίο στην ουσία είναι μια γραμμική αντίσταση των 10kΩ και θα μας δίνει ένα αναλογικό σήμα στην είσοδο του P.L.C. το οποίο μέσω ειδικής επεξεργασίας του προγράμματος θα παρουσιάζεται σαν θερμοκρασία.



Εικόνα 6.4: Περιστροφικό ποτενσιόμετρο 10kΩ.

Το δεύτερο ποτενσιόμετρο που διαθέτει η κατασκευή, το οποίο προσομοιώνει την στάθμη του μίγματος στην Δεξαμενή1 είναι ένα οριζόντιο ποτενσιόμετρο, επίσης της τάξης των 10kΩ.



Εικόνα 6.5: Οριζόντιο ποτενσιόμετρο 10kΩ.

Το τροφοδοτικό, ο προγραμματιζόμενος λογικός ελεγκτής και η επέκταση που χρησιμοποιήθηκε στην κατασκευή είναι τα υλικά που αναφέραμε και μελετήσαμε στο Κεφάλαιο 4.

Βεβαίως δεν πρέπει να παραλείψουμε ότι για την λειτουργία όλων των παραπάνω υλικών και εξαρτημάτων φυσικά απαιτείται καλωδίωση σύμφωνα με τα σχέδια που έχουμε παραθέσει επίσης στο Κεφάλαιο 4. Επιπλέον, για την τροφοδοσία του συστήματος από το δίκτυο παροχής ηλεκτρικού ρεύματος, χρειάζεται ειδικό καλώδιο το οποίο στην μία άκρη διαθέτει αρσενικό βύσμα τύπου σούκο, ενώ από την άλλη θηλυκό τριπολικό βύσμα, αντίστοιχο με αυτό που διαθέτει η κατασκευή (καλώδιο παροχής τροφοδοτικού σταθερού ηλεκτρονικού υπολογιστή).

### 6.3 ΣΤΑΔΙΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ

Κατά το πρώτο στάδιο της κατασκευής, μέτρησα ακριβώς τις διαστάσεις του ξύλου το οποίο πρόκειται να εφαρμοστεί μέσα στην βαλίτσα, καθώς επίσης μελέτησα και οργάνωσα τις θέσεις που θα μπουν τα υλικά και τα εξαρτήματα πάνω στην επιφάνεια του ξύλου.



Εικόνα 6.6: Πρώτο στάδιο κατασκευής

Στο δεύτερο στάδιο, έκοψα και προσάρμοσα την ξύλινη επιφάνεια στην θέση που προοριζόταν να τοποθετηθεί μέσα στην βαλίτσα.



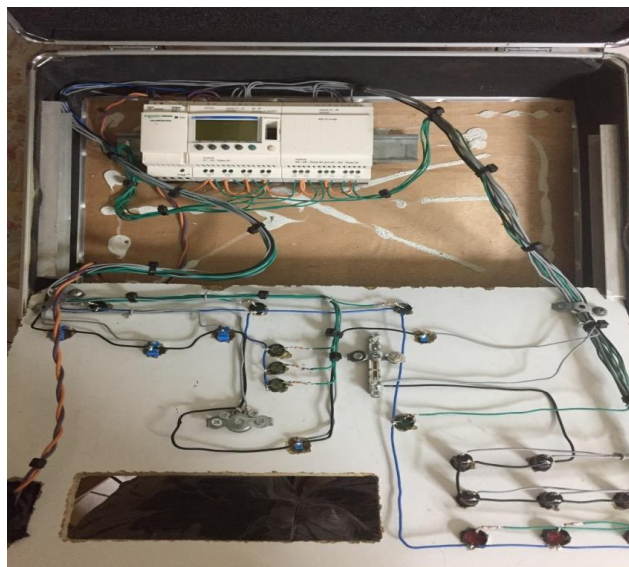
Εικόνα 6.7: Δεύτερο στάδιο κατασκευής.

Στο τρίτο στάδιο εφάρμοσα επάνω στην επιφάνεια το αυτοκόλλητο, όπου τυπώθηκε σε τυπογραφείο με την βοήθεια γραφίστα, με τα γράφηκα σχέδια τα οποία δημιουργήθηκαν εξολοκλήρου από εμένα.



Εικόνα 6.8: Τρίτο στάδιο κατασκευής.

Τέλος στο τέταρτο στάδιο της κατασκευής, τρύπησα τα σημεία της επιφάνειας τα οποία θα μπουν τα διάφορα εξαρτήματα ανάλογα με την διάμετρό τους. Αμέσως μετά προσάρμοσα τα εξαρτήματα στις θέσεις τους και ακολούθησε η καλωδίωση και η εγκατάσταση του P.L.C..



Εικόνα 6.9: Καλωδίωση κατασκευής.



Εικόνα 6.10: Τέταρτο στάδιο κατασκευής.

Μετά την ολοκλήρωση του τέταρτου και τελικού σταδίου κατασκευής ακολούθησε επιτυχώς η δόκιμη του συστήματος σύμφωνα με τις απαιτήσεις λειτουργίας που χρειαζόμαστε ώστε να προσομοιώσουμε όσο το δυνατόν πιο ρεαλιστικά την παραγωγική διαδικασία την οποία μελετήσαμε.

#### **6.4 ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΥ**

Η εκτέλεση της προσομοίωσης γίνεται αρχικά τροφοδοτώντας και θέτοντας σε λειτουργία την κατασκευή.

Από την στιγμή που θα ενεργοποιηθεί το σύστημα αυτομάτως ελέγχει την στάθμη του μίγματος στην Δεξαμενή1 και την θερμοκρασία της δεξαμενής που προσομοιώνονται από τα ποτενσιόμετρα, καθώς επίσης και τα σήματα που προέρχονται από τους διακόπτες που προσομοιώνουν τα θερμικά.

Με το πάτημα του μπουτόν START ενεργοποιούνται οι λαμπτήρες led που προσομοιώνουν τις αντιστάσεις. Να τονίσουμε ότι ανάλογα ην τιμή του ποτενσιόμετρου της στάθμης, ενεργοποιούνται και οι αντίστοιχοι λαμπτήρες.

Οι λαμπτήρες μένουν αναμμένοι έως ότου περάσουν το ποτενσιόμετρο της θερμοκρασίας περάσει την εικονική τιμή των 70°.

Μετά από δεκαπέντε δευτερόλεπτα από την στιγμή που περάσει αυτήν τη τιμή, οι λαμπτήρες θα ξανά ανάψουν μέχρι το ποτενσιόμετρο της θερμοκρασίας αυτή την φορά να περάσει την εικονική τιμή των 80°.

Εφόσον περάσουν τριάντα δευτερόλεπτα από την στιγμή που περάσει αυτήν τη τιμή, οι λαμπτήρες θα ξανά ανάψουν μέχρι το ποτενσιόμετρο της θερμοκρασίας να περάσει την εικονική τιμή των 85°.

Με το πέρασμα είκοσι δευτερόλεπτα από την στιγμή που περάσει αυτήν τη τιμή οι λαμπτήρες θα ξανά ανάψουν μέχρι το ποτενσιόμετρο της θερμοκρασίας αυτή την φορά να περάσει την εικονική τιμή των 90°.

Μετά από είκοσι δευτερόλεπτα από την στιγμή που περάσει αυτήν τη τιμή, η κατασκευή περιμένει εντολή από τον χειριστή για να συνεχίσει.

#### **Σε αυτό το σημείο υπάρχουν δύο επιλογές για την συνέχεια.**

**Η πρώτη** ενεργοποιείται με την εντολή που δίνεται από το μπουτόν Start Next Stage. Στη συγκεκριμένη περίπτωση ενεργοποιείται ο λαμπτήρας led που προσομοιώνει την Αντλία1, όπου σβήνει αφού ενεργοποιηθεί ο διακόπτης που προσομοιώνει τον διακόπτη φλοτέρ στην Δεξαμενή2. Στο σημείο αυτό ο χειριστής πρέπει να δώσει εντολή μέσω του μπουτόν Start Pump 2 And Final Stage , έτσι ώστε να συνεχίσει η ροή του αυτοματισμού και να ενεργοποιηθεί ο λαμπτήρας που προσομοιώνει την Αντλία2 έως ότου κλείσει ο διακόπτης του φλοτέρ.

Σε αυτό το στάδιο ενεργοποιούνται οι αναγκαίοι λαμπτήρες led των αντιστάσεων μέχρι το ποτενσιόμετρο της θερμοκρασίας να περάσει την εικονική τιμή των 110°. Μετά από σαράντα πέντε δευτερόλεπτα από την στιγμή που περάσει αυτήν τη τιμή, ενεργοποιείται ο λαμπτήρας που προσομοιώνει την Αντλία3 και μένει αναμμένος μέχρι να μηδενίσουμε το ποτενσιόμετρο της στάθμης όπου και τερματίζεται η εφαρμογή.

**Η δεύτερη επιλογή** ενεργοποιείται με την εντολή που δίνεται από το μπουτόν Start Final Stage που τότε, σε αντίθεση με την προηγούμενη περίπτωση, κατευθείαν ενεργοποιούνται οι αναγκαίοι λαμπτήρες led των αντιστάσεων μέχρι το ποτενσιόμετρο της θερμοκρασίας να

περάσει την εικονική τιμή των 110°. Μετά από σαράντα πέντε δευτερόλεπτα από την στιγμή που περάσει αυτήν τη τιμή, ενεργοποιείται ο λαμπτήρας που προσομοιώνει την Αντλία3 και μένει αναμμένος μέχρι να μηδενίσουμε το ποτενσιόμετρο της στάθμης όπου και τερματίζεται η εφαρμογή.

Κατά την διάρκεια όλης της διαδικασίας σε περίπτωση που πατηθεί το μπουτόν Stop, ακαριαία τερματίζετε όλη και επαναφέρεται στις αρχικές τις συνθήκες. Κατά τον ίδιο τρόπο το σύστημα λειτουργεί και στην περίπτωση που ενεργοποιηθεί κάποιος διακόπτης θερμικού με την διαφορά ότι για να ξανά δουλέψει το σύστημα πρέπει να αποκατασταθεί η λειτουργία του διακόπτη.

Ο λαμπτήρας R Fault που προσομοιώνει το σφάλμα κάποιας εκ των αντιστάσεων ενεργοποιείται σε περίπτωση που περάσουν εξήντα δευτερόλεπτα από την στιγμή που ενεργοποιηθούν οι λαμπτήρες των αντιστάσεων και το ποτενσιόμετρο της θερμοκρασίας δεν έχει περάσει το επιθυμητό όριο. Σε πραγματικές συνθήκες με αυτό τον τρόπο το P.L.C. μέσω ειδικού προγραμματισμού λαμβάνει δεδομένα ότι το μίγμα έχει αργήσει πάρα πολύ να ζεσταθεί και το αποτυπώνει στον χειριστή σαν βλάβη των αντιστάσεων.

Ο λαμπτήρας Level Fault ενεργοποιείται σε περίπτωση που το ποτενσιόμετρο της στάθμης δίνει μεγαλύτερη τιμή από την εικονική τιμή των διακοσίων σαράντα λίτρων ή μικρότερη από την εικονική τιμή των εξήντα λίτρων. Σε πραγματικές συνθήκες με αυτό τον τρόπο το σύστημα αυτοματισμού μας αποτρέπει να περάσουμε τα όρια της εγκατάστασης. Στην περίπτωση που ενεργοποιηθεί αυτό το σφάλμα ακαριαία τερματίζετε όλη η διαδικασία και το σύστημα επαναφέρεται στις αρχικές τις συνθήκες, έως ότου αποκατασταθεί το λάθος.

Τέλος, ο λαμπτήρας Pump and Motor Fault που προσομοιώνει το σφάλμα κάποιου θερμικού, ενεργοποιείται όταν κλείσει κάποιος από τους διακόπτες προσομοίωσης των θερμικών. Το πρόγραμμα έχει διαμορφωθεί έτσι ώστε στην περίπτωση που ο διακόπτης είναι αντλίας ο λαμπτήρας να ανάβει, ενώ σε περίπτωση που είναι του κινητήρα ανάδευσης ο λαμπτήρας να αναβοσβήνει.

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

1. ΧΡΗΣΤΟΣ Β. ΠΑΠΑΖΑΧΑΡΙΑΣ – ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΣΤΗΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ: ΛΥΣΕΙΣ ΣΤΟΝ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟ ΚΑΙ ΤΗΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ P.L.C., ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΒΡΕΤΤΟΣ 2008
2. ΧΡΗΣΤΟΣ Β. ΠΑΠΑΖΑΧΑΡΙΑΣ – ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΣΤΗΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ: ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ ΚΑΙ ΕΞΕΛΙΓΜΕΝΟΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ P.L.C., ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΒΡΕΤΤΟΣ 2014
3. ΝΙΚΟΛΑΟΣ Α. ΠΑΝΤΑΖΗΣ - P.L.C.: ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΖΟΜΕΝΟΙ ΛΙΓΙΚΟΙ ΕΛΕΓΚΤΕΣ, ΤΡΙΤΗ ΕΚΔΟΣΗ, ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΙΩΝ 2010
4. Β. ΜΠΙΤΖΙΩΝΗΣ – ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ, ΔΕΥΤΕΡΗ ΕΚΔΟΣΗ, ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΤΖΙΟΛΑ 2015
5. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΩΝ Β' ΤΟΜΟΣ – ΤΕΧΝΙΚΑ ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΙΚΑ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΗΡΙΑ, ΖΟΥΛΗΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ, ΚΑΦΦΕΤΖΑΚΗΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ, ΣΟΥΛΤΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ
6. ΤΕΧΝΙΚΟΣ ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΑΙΣΘΗΤΗΡΙΩΝ TELEMECANIQUE
7. ΤΕΧΝΙΚΟΣ ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ TESYS RELE SCHNEIDER ELECTRIC
8. ΤΕΧΝΙΚΟΣ ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ZELIO LOGIC SCHNEIDER ELECTRIC
9. ΤΕΧΝΙΚΟΣ ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ HARMONY (PUSH BUTTONS) SCHNEIDER ELECTRIC
10. ΤΕΧΝΙΚΟΣ ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ FLOAT SWITCH SCHNEIDER ELECTRIC
11. ΤΕΧΝΙΚΟΣ ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ OSISENSE XX SCHNEIDER ELECTRIC

### **WEBSITES:**

1. [www.mica.gr](http://www.mica.gr)
2. <https://el.wikipedia.org>
3. [www.frankberg.nl](http://www.frankberg.nl)
4. [www.kelekis.gr](http://www.kelekis.gr)