

Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο



Εποπτεία και έλεγχος συστήματος αυτοματισμού για παραγωγή και εμφιάλωση Συμπυκνωμένου Όξινου Διαλύματος Αιμοκάθαρσης μέσω Προγραμματιζόμενου Λογικού Ελεγκτή

Συντάχθηκε απο:

Ιωάννης Καλτσονίδης

ΑΜ: 021-172-07

Επιβλέπων:

Δρ. Δημήτριος

Μανωλάκος

Η ΠΑΡΟΥΣΑ ΕΡΓΑΣΙΑ ΥΠΟΒΑΛΛΕΤΑΙ ΜΕ ΣΚΟΠΟ ΤΗ ΜΕΡΙΚΗ ΤΗΡΗΣΗ ΤΩΝ
ΑΠΑΙΤΗΣΕΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΟΛΟΚΛΗΡΩΣΗ ΤΟΥ ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟΥ
ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΣΠΟΥΔΩΝ «ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ
ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΥ»

Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

Αθήνα, Σεπτέμβριος 2018



Εθνικό Μετσόβιο

Πολυτεχνείο

ΔΠΜΣ “Συστήματα

Αυτοματισμού”

Εποπτεία και έλεγχος συστήματος αυτοματισμού για παραγωγή και
εμφιάλωση Συμπυκνωμένου Όξινου Διαλύματος Αιμοκάθαρσης
μέσω Προγραμματιζόμενου Λογικού Ελεγκτή

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή που απαρτίζεται από τους:

.....

Δρ Μανωλάκος
Δημήτριος

.....

Δρ Κουλοχέρης
Δημήτριος

.....

Δρ Μαρκόπουλος
Άγγελος

Αθήνα, Σεπτέμβριος 2018

Ευχαριστίες

Η εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας δεν θα ήταν εφικτή χωρίς τη βοήθεια και την υποστήριξη ορισμένων ανθρώπων.

Καταρχάς, θα ήθελα να εκφράσω τη βαθιά μου ευγνωμοσύνη στον Δρ. Δημήτριο Μανωλάκο, τον επιβλέποντα καθηγητή μου, για την υποδειγματική καθοδήγηση, την ενθουσιώδη ενθάρρυνσή του καθώς και τις πολύτιμες και εποικοδομητικές προτάσεις του σε όλο το σχεδιασμό και την ανάπτυξη αυτού του ερευνητικού έργου. Επίσης, συνέβαλε τα μέγιστα σε στιγμές που ανησυχούσα αν η εργασία μου ήταν στην σωστή κατεύθυνση προσφέροντας ένα αίσθημα καθησυχασμού.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες οφείλονται σε όλους τους δασκάλους μου στο Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, για ένα συναρπαστικό έτος σπουδών. Είμαι επίσης υποχρεωμένος σε όλα τα μέλη του προσωπικού για τις πολύτιμες πληροφορίες που μου παρείχαν στους αντίστοιχους τομείς. Είμαι ευγνώμων για τη συνεργασία τους καθ' όλη τη διάρκεια του έτους.

Θα ήθελα επίσης να επωφεληθώ αυτής της ευκαιρίας για να ευχαριστήσω τους μεταπτυχιακούς μου συναδέλφους και όλους τους φίλους μου που μου προσέφεραν μια πολύ αναγκαία μορφή διαφυγής από τις σπουδές μου όποτε το χρειαζόμουν και μου έδιναν κίνητρο ανά πάσα στιγμή.

Επιπροσθέτως, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον Κ. Νικόλαο Κοτοπούλη για το εκτενές υλικό με το οποίο με προμήθευσε καθώς και για τις πολύτιμες πληροφορίες που μου προσέφερε αναφορικά με τις προδιαγραφές του χώρου και την διαδικασία παραγωγής του διαλύματος.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου για την αγάπη, την υποστήριξη και την ενθάρρυνσή της, για τα οποία θα είμαι ευγνώμων για πάντα.

Περίληψη

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η μελέτη του συστήματος αυτοματισμού της παραγωγικής διαδικασίας και εμφιάλωσης Συμπυκνωμένου Όξινου Διαλύματος Αιμοκάθαρσης.

Ο αυτοματισμός περιλαμβάνει τη χρήση προγραμματιζόμενου λογικού ελεγκτή (PLC). Όλος ο έλεγχος υλοποιείται μέσω αυτού. Παράλληλα περιλαμβάνεται οθόνη αφής HMI για την καλύτερη επικοινωνία ανθρώπου-μηχανής, καθώς και για την εποπτεία της παραγωγικής διαδικασίας. Εν συνεχεία με βάση το πρόγραμμα που είναι αποθηκευμένο στη μνήμη του PLC, ο χειριστής θα επιλέγει από την HMI τις παραμέτρους για την παραγωγή του διαλύματος καθώς και τις παραμέτρους για την εμφιάλωσή του.

Εκτός από τη μελέτη του συστήματος αυτοματισμού, παραθέτονται τα πρότυπα και οι προδιαγραφές που πρέπει να πληρούνται στον χώρο της παραγωγής του διαλύματος, γίνεται μια ιστορική αναδρομή όσο αφορά τους προγραμματιζόμενους λογικούς ελεγκτές, παρατίθενται κάποιες εισαγωγικές πληροφορίες για την λειτουργία αυτών, καθώς επίσης και κάποιων βασικών πρωτοκόλλων και προτύπων επικοινωνίας, συγκεκριμένα για το RS-232 και το Profibus, που χρησιμοποιήθηκαν και για την ανταλλαγή δεδομένων μεταξύ των διαφόρων μερών που απαρτίζουν την εγκατάσταση.

Λέξεις Κλειδιά: Προγραμματιζόμενος Λογικός Ελεγκτής (PLC), Διεπαφή Ανθρώπου Μηχανής (HMI), Αυτοματισμός, Πρότυπα και Πρωτόκολλα Επικοινωνίας, Λογισμικό TIA Portal, Φαρμακοβιομηχανία

Abstract

The scope of this thesis is the presentation of the automation system, the production and bottling of Concentrated Oxygen Dialysis Solution.

The automation system requires the use of a Programmable Logic Controller (PLC). A Human-Machine Interface (HMI) touch screen is used for the Supervisory Control And Data Acquisition (SCADA). Furthermore, through the HMI the user will be able to set the parameters for the production as well as the parameters for the bottling of the solution.

Apart from the study of the automation system, there are listed the standards and specifications of the production area, a historical review is made regarding the programmable logic controllers, some introductory information about their operation, as well as some basic information about protocols and communication standards, specifically for RS-232 and Profibus, which were also used to exchange data between the different parts of the installation.

Key words: Programmable Logic Controller (PLC), Human-Machine Interface (HMI), Automation, Protocols and Communication Standards, Software TIA Portal, Pharmaceutical

Περιεχόμενα

Εισαγωγή.....	1
1. Συμπυκνωμένο όξινο διάλυμα αιμοκάθαρσης	2
1.1 Ορισμός της αιμοκάθαρσης	2
1.2 Μηχανισμοί που εμπλέκονται στην κίνηση των μορίων	2
1.2.1 Διάχυση	2
1.2.2 Υπερδιήθηση.....	4
1.2.3 Όσμωση.....	4
1.2.4 Μεταγωγή.....	4
1.3 Προδιαγραφές παραγωγής διαλύματος / χώρου παραγωγής	5
1.3.1 Παραγωγή διαλύματος	5
1.3.2 Προδιαγραφές χώρου	6
1.3.3 Έλεγχοι ποιότητας.....	6
1.3.4 Σχεδιασμός διαδικασίας παραγωγής	7
2. Εισαγωγή στον Αυτόματο Έλεγχο – Δομή & λειτουργία PLC	10
2.1 Ιστορική αναδρομή	10
2.2 Ορισμός PLC.....	12
2.3 Κεντρική μονάδα επεξεργασίας CPU	13
2.4 Μονάδα τροφοδοσίας.....	14
2.5 Μονάδα προγραμματισμού	14
2.6 Μονάδα μνήμης	14
2.7 Είσοδοι – έξοδοι του PLC.....	14
2.8 Τύποι PLC.....	16
2.9 Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα χρήσης ενός PLC	17
3. Αρχή λειτουργίας και τρόπος προγραμματισμού ενός PLC	19

3.1 Κύκλος λειτουργίας του PLC.....	19
3.2 Είδη blocks.....	20
3.2.1 Organization blocks (OBs).....	20
3.2.2 Functions (FCs).....	20
3.2.3 Data Blocks (DBs)	21
3.2.4 Function Blocks (FBs)	22
3.3 Εισαγωγή στις HMI (Human Machine Interface – διεπαφή ανθρώπου μηχανής)....	22
4. Πρότυπα και πρωτόκολλα επικοινωνίας.....	23
4.1 Εισαγωγή.....	23
4.2 Πρότυπο RS-232	25
4.3 Πρωτόκολλο Profibus	27
5. Ανάλυση προγράμματος εγκατάστασης	30
5.1 Τα μέρη που αποτελούν την γεμιστική – κλειστική – ετικεταριστική μηχανή και την διασύνδεση της δεξαμενής ανάδευσης με το PLC.....	30
5.2 Ηλεκτρολογικό σχέδιο μηχανής.....	36
5.3 Δημιουργία hardware configuration με το TIA PORTAL.....	42
5.4 Δημιουργία των tag tables σε PLC και HMI.....	43
5.5 Τα Data Blocks του προγράμματος	44
5.6 Διαμόρφωση των Screens της HMI	47
5.7 Τρόποι λειτουργίας μηχανής πλήρωσης	51
5.8 Επεξήγηση των τεσσάρων ειδών λειτουργίας του κυκλώματος παρασκευής διαλύματος	53
5.9 Πλάνο παραγωγικής διαδικασίας.....	55
5.10 Ρυθμίσεις για την σύνδεση μέσω Profibus.....	59
5.11 Ανάλυση προγράμματος στο OB1	60
6. Συμπεράσματα – Παρατηρήσεις	70
Βιβλιογραφία.....	71

Λίστα εικόνων

Εικόνα 1: a) διάχυση, όσμωση και οσμωτική υπερδιήθηση με οσμωτική πίεση. b) Υδροστατική υπερδιήθηση. D διάχυση, O όσμωση, OU οσμωτική υπερδιήθηση, υπερδιήθηση UF με υδροστατική πίεσης, μεταφοράς C 3

Εικόνα 2: PLC, οθόνες αφής και PC [Reproduced from (SIEMENS, 2012)]	12
Εικόνα 3: Σύστημα PLC [Reproduced from (Bolton, 2015)]	13
Εικόνα 4: Κανάλια εισόδων/εξόδων ενός PLC [Reproduced from (Bolton, 2015)]	17
Εικόνα 5: Modular PLC [Reproduced from (SIEMENS, 2014)].....	17
Εικόνα 6: Κύκλος λειτουργίας [Reproduced from (Τσοπανάκης, 2014)]	19
Εικόνα 7: Παράλληλη μεταφορά δεδομένων [Reproduced from (Parr, 2003)].....	23
Εικόνα 8: Σειριακή μεταφορά δεδομένων [Reproduced from (Parr, 2003)]	24
Εικόνα 9: RS-232 για DTE συσκευή [Reproduced from (Τσοπανάκης, 2014)]	26
Εικόνα 10: RS-232 για DCE συσκευή [Reproduced from (Τσοπανάκης, 2014)]	27
Εικόνα 11: Πίνακας αυτοματισμού.....	32
Εικόνα 12: Γεμιστική – κλειστική μηχανή	33
Εικόνα 13: Γεμιστική – κλειστική μηχανή, ταινία εξόδου, διάταξη ετικετέζας.....	34
Εικόνα 14: Εσωτερικό πίνακα αυτοματισμού.....	35
Εικόνα 15: Κύκλωμα ισχύος.....	37
Εικόνα 16: Κύκλωμα ισχύος.....	38
Εικόνα 17: Κύκλωμα αυτοματισμού 24VDC	39
Εικόνα 18: Διάγραμμα εισόδων PLC.....	40
Εικόνα 19: Διάγραμμα εξόδων PLC	41
Εικόνα 20: Hardware configuration στο TIA PORTAL.....	42
Εικόνα 21: PLC tag table	43
Εικόνα 22: HMI tag table.....	44
Εικόνα 23: Data_block_1.....	45
Εικόνα 24: Print data block.....	46
Εικόνα 25: Αρχική Οθόνη.....	47
Εικόνα 26: Οθόνη manual λειτουργιών	48
Εικόνα 27: Οθόνη Fine tuning	50
Εικόνα 28: Οθόνη παραγωγής	51
Εικόνα 29: PLC production plan.....	56

Εικόνα 30: PLC production plan.....	57
Εικόνα 31: PLC production plan.....	58
Εικόνα 32: Network view και η λίστα του hardware catalog	59
Εικόνα 33: Ρυθμίσεις του ενδείκτη DGTQPB για επικοινωνία μέσω Profibus	60
Εικόνα 34: Network 15 για την αυτόματη λειτουργία	61
Εικόνα 35: Network 18 για το προσωρινό σταμάτημα της μηχανής	62
Εικόνα 36: Network 24	63
Εικόνα 37: Network 24	64
Εικόνα 38: Network 68	64
Εικόνα 39: Αποθήκευση της ώρας εκκίνησης της παραγωγής του διαλύματος.....	65
Εικόνα 40: Αποθήκευση της ώρας εκκίνησης της παραγωγής του διαλύματος.....	65
Εικόνα 41: Αποθήκευση της ώρας εκκίνησης της παραγωγής του διαλύματος.....	66
Εικόνα 42: Network εκτύπωσης	67
Εικόνα 43: Ενεργοποίηση του Tag_117	68
Εικόνα 44: Μετατροπή 0-10 Volt σε τιμή θερμοκρασίας.....	69

Εισαγωγή

Αντικείμενο της παρούσας εργασίας αποτελεί μία εισαγωγή στα PLC καθώς και μία αναλυτική μελέτη για τον έλεγχο και τη λειτουργία της παραγωγικής διαδικασίας ενός Συμπυκνωμένου Όξινου Διαλύματος Αιμοκάθαρσης.

Στο Κεφάλαιο1 παρουσιάζονται οι απαιτήσεις και οι προδιαγραφές που πρέπει να πληρούνται στον χώρο της παραγωγικής διαδικασίας. Είναι εύκολο να αντιληφθεί κανείς ότι για να παραχθεί ένα τέτοιο φαρμακευτικό διάλυμα ο χώρος πρέπει να έχει κάποιες πολύ συγκεκριμένες προδιαγραφές (πίεση, θερμοκρασία, υγρασία, ενδυμασία κτλ)

Στο Κεφάλαιο2 γίνεται ιστορική αναδρομή στον τρόπο με τον οποίο τα PLC εισχώρησαν στην αγορά εργασίας της βιομηχανίας. Γίνεται ανάλυση των υποσυστημάτων που απαρτίζουν ένα PLC καθώς και τι χρειάζεται για να λειτουργήσει. Τέλος αναφέρονται κάποια πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα χρήσης των PLC.

Στο Κεφάλαιο 3 πραγματοποιείται αναλυτική επεξήγηση της αρχής λειτουργίας των PLC καθώς και κάποιοι τρόποι προγραμματισμού τους. Στο τέλος του κεφαλαίου γίνεται μια μικρή εισαγωγή για την επικοινωνία ανθρώπου-μηχανής (HMI).

Στο Κεφάλαιο 4 αναλύονται το πρότυπο επικοινωνίας RS-232, και το πρωτόκολλο επικοινωνίας Profibus.

Στο κεφάλαιο 5 παρατίθεται το πρόγραμμα ελέγχου της γεμιστικής μηχανής, καθώς και το SCADA της παραγωγικής διαδικασίας του διαλύματος που ανεπτύχθει με χρήση του περιβάλλοντος TIA Portal.

Τέλος παρατίθενται ορισμένα συμπεράσματα που εξάγονται από την υλοποίηση του συστήματος αυτοματισμού.

1. Συμπυκνωμένο όξινο διάλυμα αιμοκάθαρσης

1.1 Ορισμός της αιμοκάθαρσης

Η διαδικασία της αιμοκάθαρσης περιλαμβάνει την αμφίδρομη μετακίνηση μορίων σε μια ημιπερατή μεμβράνη. Κλινικά, αυτή η κίνηση λαμβάνει χώρα μέσα και έξω από το αίμα, σε μια ημιδιαπερατή μεμβράνη. Εάν το αίμα εκτίθεται σε τεχνητή μεμβράνη έξω από το σώμα, η διαδικασία ονομάζεται αιμοκάθαρση (HD) ή αιμοδιήθηση (HF). Εάν η ανταλλαγή μορίων συμβαίνει κατά μήκος της περιτοναϊκής μεμβράνης, η διαδικασία ονομάζεται περιτοναϊκή κάθαρση (PD) (Suhail, 2009).

Στην αιμοκάθαρση (HD), οι διαδικασίες διάχυσης και μεταφοράς συνδυάζονται για να επιτευχθεί η ανταλλαγή διαλυμάτων και η αφαίρεση του νερού μέσω μιας ημιδιαπερατής μεμβράνης για την παροχή τον απαραίτητο καθαρισμό του αίματος. Η διάχυση πραγματοποιείται μέσω τυχαίας κίνησης μορίων που οδηγούν σε μεταφορά καθαρής διαλυτής ουσίας από υψηλότερη σε χαμηλότερη συγκέντρωση μεταξύ διαμερισμάτων που διαχωρίζονται από την ημιπερατή μεμβράνη. Η χωρητικότητα της διάχυσης εξαρτάται από τη βαθμίδα συγκέντρωσης, τον συντελεστή διάχυσης της διαλυμένης ουσίας και τις ιδιότητες της μεμβράνης (Magee, et al., 2016).

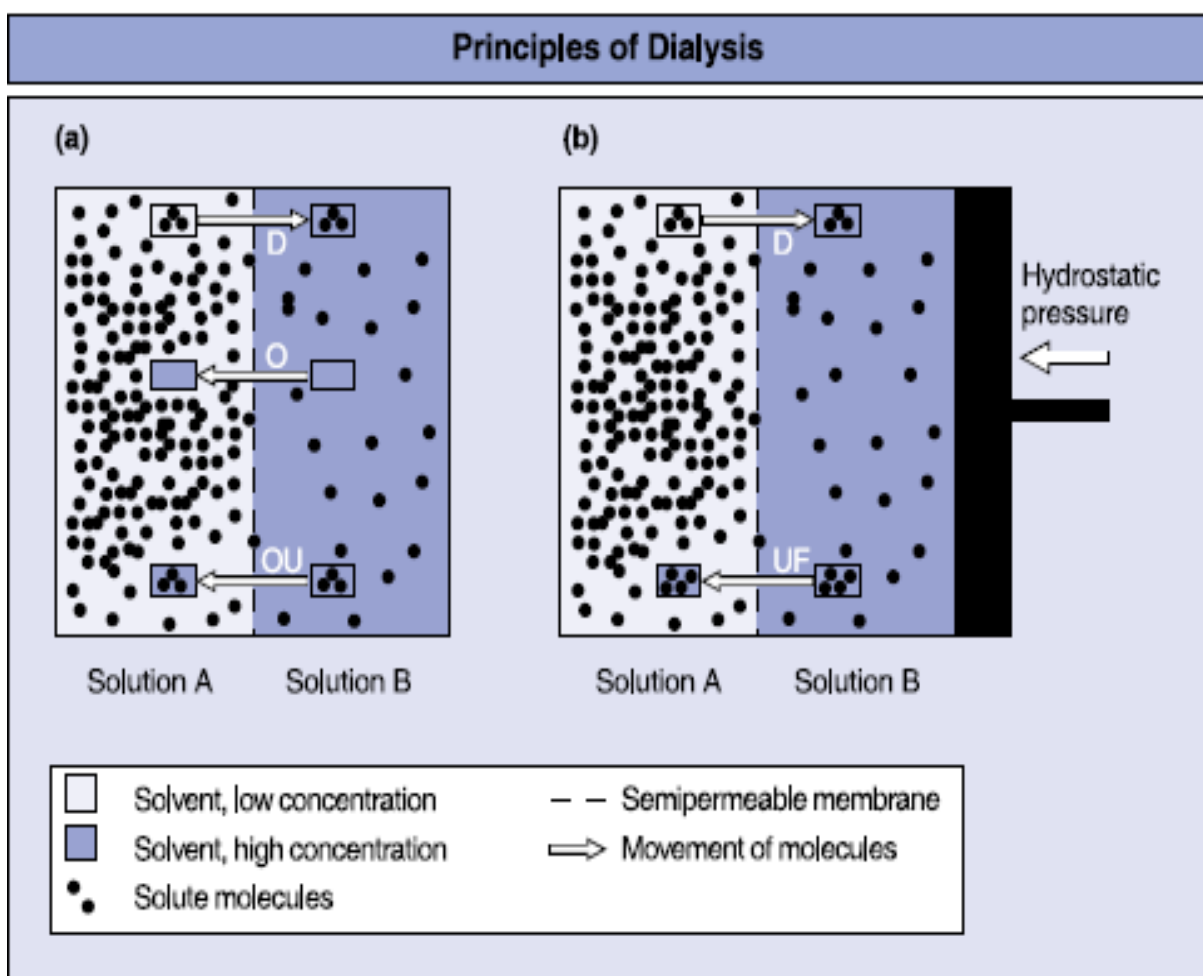
Η μεταγωγή περιλαμβάνει τη μεταφορά όγκων υγρών που συνοδεύονται από την απομάκρυνση των μεγαλύτερα διαλυμένων διαλυμάτων σε όλη την μεμβράνη αιμοκάθαρσης (υπερδιήθηση). Αυτή η διαδικασία εξαρτάται από τον ρυθμό υπερδιήθησης και τον συντελεστή κοσκίνισης διαλυτών για την μεμβράνη. Σε μια τυπική συνεδρία HD, και οι δύο αυτές διαδικασίες ανταλλαγής συμβαίνουν ταυτόχρονα και η συμβολή τους στον συνολικό καθαρισμό μπορεί να είναι δύσκολο να ποσοτικοποιηθεί χωριστά. Το σύστημα HD αποτελείται από το διαμέρισμα του αίματος, το διαμέρισμα του διαπιδύματος και τη μεμβράνη (Magee, et al., 2016).

1.2 Μηχανισμοί που εμπλέκονται στην κίνηση των μορίων

1.2.1 Διάχυση

Εάν δύο διαλύματα διαφορετικών συγκεντρώσεων διαχωρίζονται από μία ημιπερατή μεμβράνη, η διαλυμένη ουσία θα μετακινηθεί από την πλευρά της υψηλότερης στην πλευρά της χαμηλότερης συγκέντρωσης διαλυμένης ουσίας. Αυτή η διαδικασία διακίνησης διαλυτής ουσίας σε μια βαθμίδα συγκέντρωσης ονομάζεται διάχυση και προκαλείται από την τυχαία

μετακίνηση των μορίων διαλυτής ουσίας μέσω της μεμβράνης. Αρκετοί παράγοντες επηρεάζουν αυτήν την τυχαία κίνηση και συνεπώς το ρυθμό διάχυσης. Η μεταφορά οποιασδήποτε διαλυμένης ουσίας ή μορίου διαλύτη εξαρτάται από το φυσικό μέγεθος του μορίου σε σχέση με το μέγεθος των πόρων στην μεμβράνη. Οποιοδήποτε μόριο μεγαλύτερο από τους πόρους της μεμβράνης δεν μπορεί να περάσει. Ομοίως, το ηλεκτρικό φορτίο και το σχήμα του μορίου καθορίζουν επίσης τον ρυθμό μεταφοράς μέσω της μεμβράνης. Εάν η μεμβράνη έχει αρνητικό φορτίο, σωματίδια με ένα παρόμοιο φορτίο θα έχουν περιορισμένη μεταφορά σε σύγκριση με εκείνα με ένα θετικό ή ουδέτερο φορτίο (Suhail, 2009).



Εικόνα 1: a) διάχυση, όσμωση και οσμωτική υπερδιήθηση με οσμωτική πίεση. b) Υδροστατική υπερδιήθηση. D διάχυση, O όσμωση, OU οσμωτική υπερδιήθηση, υπερδιήθηση UF με υδροστατική πίεσης, μεταφοράς C

1.2.2 Υπερδιήθηση

Ένας διαλύτης όπως το νερό μπορεί να εξαναγκαστεί σε μία ημιπερατή μεμβράνη υπό πίεση κλίση, από υψηλότερες έως χαμηλότερες πιέσεις (Εικόνα1). Η πίεση θα μπορούσε να είναι αποτέλεσμα οσμωτικής δύναμης ή μηχανικής υδροστατικής πίεσης. Ο διαλύτης φέρει μαζί του τα διαλυμένα μόρια διαλυτής ουσίας αρκετά μικρά για να περάσουν τους πόρους της μεμβράνης. Αυτή η μετακίνηση των μορίων σε μια ημιδιαπερατή μεμβράνη, που προκαλείται από διαφορά πίεσης, ονομάζεται υπερδιήθηση (UF). Αν η πίεση είναι υδροστατική, η διαδικασία ονομάζεται "υδροστατική UF". Αντίστροφα, το UF που προκαλείται από την οσμωτική πίεση ονομάζεται "οσμωτική UF" (Suhail, 2009).

1.2.3 Όσμωση

Καθώς αυξάνει η συγκέντρωση διαλυτής ουσίας, η συγκέντρωση διαλύτη μειώνεται αντίστοιχα και αντίστροφα. Εάν μια ημιπερατή μεμβράνη διαχωρίζει διαλύματα διαφορετικών συγκεντρώσεων, ο διαλύτης μαζί με διαλυμένες μικρές διαλυμένες ουσίες θα ρέει από την πλευρά με την υψηλότερη συγκέντρωση διαλύτη στην πλευρά με την χαμηλότερη συγκέντρωση διαλύτη. Αυτή η διαδικασία ονομάζεται όσμωση (Εικόνα 1) (Suhail, 2009).

1.2.4 Μεταγωγή

Καθώς τα μόρια του διαλύτη κινούνται υπο πίεση, τα διαλυμένα μόρια διαλυτής ουσίας παρασύρονται και αυτά. Αυτή η διαδικασία κίνησης διαλυτής ουσίας ονομάζεται μεταγωγή. Η ευκολία με την οποία σύρεται η διαλυμένη ουσία καθορίζεται από το μέγεθος του μορίου της διαλυμένης ουσίας σε σχέση με το μέγεθος των πόρων της μεμβράνης. Μικρότερες διαλυμένες ουσίες μεταφέρονται εύκολα και ολόκληρο το διάλυμα μπορεί να κοσκινιστεί κατά μήκος της μεμβράνης χωρίς καμία μεταβολή της συγκέντρωσης. Αντίθετα, οι μεγαλύτερες διαλυμένες ουσίες κινούνται πιο αργά και ο ρυθμός μεταφοράς είναι πιο αργός. Συνεπώς, η μεταφορά μιας διαλυμένης ουσίας εξαρτάται από τους πόρους της μεμβράνης. Αυτό το πορώδες, γνωστό ως "συντελεστής κοσκίνισης της μεμβράνης", μπορεί να υπολογιστεί διαιρώντας τη συγκέντρωση της διαλυμένης ουσίας στην πλευρά A με τη συγκέντρωση στην πλευρά B (Suhail, 2009).

1.3 Προδιαγραφές παραγωγής διαλύματος / χώρου παραγωγής

1.3.1 Παραγωγή διαλύματος

Οι βασικές διεργασίες που απαρτίζουν τη διαδικασία παραγωγής των όξινων διαλυμάτων αιμοκάθαρσης είναι:

- *Επεξεργασία νερού.* Η μονάδα επεξεργασίας νερού η οποία περιλαμβάνει στάδιο προεπεξεργασίας το οποίο έχει επιλεγεί και σχεδιαστεί σύμφωνα με τα δεδομένα του νερού τροφοδοσίας της εγκατάστασης (νερό δικτύου πόλης, διαυγές, σκληρότητας 27ο F και αγωγιμότητας 544μS). Ως βάση σχεδιασμού ελήφθη η θερμοκρασία του νερού τροφοδοσίας στους 25οC. Το τελικό επεξεργασμένο νερό υπολογίζεται να έχει αγωγιμότητα μικρότερη από 10μS. Συγκρότημα διπλής αντίστροφης όσμωσης για την παραγωγή νερού προδιαγραφών και απαιτήσεων σύμφωνα με ISO 13959 “Water for haemodialysis and related therapies”, ISO 11663 “Quality of dialysis fluid for haemodialysis and related therapies” και ISO 23500 “Guidance for the preparation and quality management of fluids for haemodialysis and related therapies.
- *Ανάμιξη χημικών.* Η ανάμιξη νερού και χημικών ουσιών πραγματοποιείται σε κατάλληλη δεξαμενή κατασκευασμένη από ανοξείδωτο ατσάλι AISI 316L με ειδική επεξεργασία λείανσης των εσωτερικών επιφανειών. Έχει ωφέλιμη χωρητικότητα μέχρι 800lit επεξεργασμένου νερού (Σχέδιο δεξαμενής παραγωγής διαλυμάτων παράρτημα III 3ο σχέδιο). Όλα τα εξαρτήματα και οι εργασίες κατασκευής φέρουν αντίστοιχα πιστοποιητικά καταλληλότητας για την προβλεπόμενη χρήση και αποτελούν μέρος του αρχείου του συστήματος ποιότητας της εταιρείας (αρχείο εξοπλισμού).
- *Αυτόματη πλήρωση δοχείων.* Το παρασκευασμένο διάλυμα οδηγείται μέσω κλειστού κυκλώματος προς το συγκρότημα αυτόματης πλήρωσης. Η διαδικασία είναι πλήρως αυτοματοποιημένη – χωρίς παρέμβαση ανθρώπινου παράγοντα. Περιλαμβάνει τις παρακάτω βασικές λειτουργίες:
 - Αυτόματη προώθηση άδειων πλαστικών δοχείων.
 - Απολύμανση δοχείων καπακιών με ακτινοβολία UV.
 - Πλήρωση δοχείων με έλεγχο ζυγιστικής συσκευής – δυναμοκυψέλες.
 - Τοποθέτηση καπακιών.
 - Βίδωμα καπακιών.

- Εκτύπωση και επικόλληση ετικέτας.
- *Ποιοτικός έλεγχος.* Έλεγχος παραμέτρων ποιότητας που σχετίζονται με το παραγόμενο προϊόν (τακτικοί έλεγχοι και δειγματοληπτικοί έλεγχοι). Οι έλεγχοι πραγματοποιούνται είτε εσωτερικά είτε με δείγματα τα οποία αποστέλλονται σε εξωτερικό εργαστήριο χημικών ελέγχων (Κοτοπούλης, 2013)

1.3.2 Προδιαγραφές χώρου

Η αρχιτεκτονική διάταξη και ο ηλεκτρομηχανολογικός σχεδιασμός έλαβε υπόψη τις παρακάτω βασικές απαιτήσεις:

- Διέλευση προσωπικού από αποδυτήρια, αλλαγή και χρήση κατάλληλου ρουχισμού για τον χώρο παραγωγής.
- Πρόβλεψη προθαλάμων τόσο για την είσοδο του προσωπικού στο χώρο παραγωγής όσο και στην τροφοδοσία πρώτων υλών (Χημικές ουσίες, πλαστικά δοχεία και καπάκια).
- Κατάλληλος κλιματισμός – αερισμός χώρου ώστε να διασφαλίζεται:
 - Υπερπίεση στο χώρο παραγωγής σε σχέση με τους παρακείμενους χώρους πρόσβασης. Βασική προϋπόθεση είναι η τήρηση του κανόνα ότι στους προθαλάμους μόνο η μία θύρα μπορεί να παραμένει ανοιχτή ανά πάσα στιγμή. Ο χώρος παραγωγής έχει ελεγχόμενη υπερπίεση 4-6 Pa.
 - Ρύθμιση θερμοκρασίας στο χώρο παραγωγής από 20ο μέχρι 25ο C.
 - Εναλλαγές αέρα κατά την παραγωγή 10 εν/ώρα.
 - Τροφοδοσία του νωπού εξωτερικού αέρα προς τη μονάδα παραγωγής μέσω απόλυτων φίλτρων (Κοτοπούλης, 2013).

1.3.3 Έλεγχοι ποιότητας

- Ποιότητα Νερού: Σε ημερήσια βάση συμπληρώνεται πίνακας λειτουργικού ελέγχου παραγωγής νερού (υπόδειγμα πίνακα στο παράρτημα V).
- Μέτρηση χλωρίου στο παραγόμενο νερό από την αντίστροφη όσμωση σε ημερήσια βάση. Μέτρηση σκληρότητας νερού μετά τον αποσκληρυντή. Τιμές χλωρίου <0,1ppm.

- Έλεγχος – βαθμονόμηση δυναμοκυψελών δεξαμενής παραγωγής διαλυμάτων και ζυγιστικής μονάδας στο σύστημα αυτόματης πλήρωσης τουλάχιστον ανά εξάμηνο ή κατόπιν απαιτούμενης επισκευαστικής συντήρησης.
- Έλεγχος ενδοτοξινών με κινητική χρωμογονική μέθοδο με PTS. Μηνιαίος έλεγχος και δειγματοληψία νερού από δεξαμενή και δοχείο μέσω αυτόματης γεμιστικής μονάδας. Τήρηση σχετικού αρχείου μετρήσεων.
- Χημικός έλεγχος δειγματοληπτικός παραγόμενων διαλυμάτων
- Μικροβιολογικός έλεγχος. Δειγματοληψία νερού από δεξαμενή παραγωγής. Μηνιαίος έλεγχος.
- Έλεγχος αγωγιμότητας παραγόμενου νερού σε ημερήσια βάση.
- Δειγματοληπτικός έλεγχος ζύγισης χημικών πριν την παραγωγή και επιβεβαίωση αναγραφόμενου βάρους της συσκευασίας (Κοτοπούλης, 2013).

1.3.4 Σχεδιασμός διαδικασίας παραγωγής

Το συγκρότημα παραγωγής διαλυμάτων, μέσω του προγραμματιζόμενου αυτοματισμού (PLC) έχει τέσσερις κύριες λειτουργίες οι οποίες είναι:

1. *Λειτουργία παραγωγής διαλύματος.* Από το κεντρικό πίνακα χειρισμού επιλέγεται η ποσότητα του επεξεργασμένου νερού και ενεργοποιείται εντολή πλήρωσης της δεξαμενής ανάμιξης μέχρι το προβλεπόμενο βάρος το οποίο ελέγχεται από τρεις δυναμοκυψέλες. Παράλληλα ο υπεύθυνος χειρισμού του συστήματος παραγωγής επιλέγει το χρόνο ανάμιξης νερού και χημικών συστατικών καθώς και την ταχύτητα ανάμιξης (στροφές κινητήρα ανάμιξης). Μετά την ολοκλήρωση της ανάμιξης το σύστημα είναι έτοιμο για την αυτόματη τροφοδότηση της μηχανής ζύγισης και πλήρωσης δοχείων. Στο τέλος κάθε κύκλου παραγωγής ενεργοποιείται εκτύπωση με δεδομένα της παραγωγής που περιλαμβάνει:

- Ημερομηνία παραγωγής.
- Κωδικός παραγωγής.
- Ώρα έναρξης / ώρα λήξης.
- Θερμοκρασία διαλύματος (στο τέλος της διαδικασίας ανάμιξης).

2. *Ξέπλυμα συστήματος παραγωγής διαλύματος.* Η δεξαμενή ανάμιξης και το δίκτυο αυτόματης πλήρωσης μετά την ολοκλήρωση της ημερήσιας παραγωγής ξεπλένεται, με πρόγραμμα έκπλυσης – πλύσης, για την απομάκρυνση υπολειμμάτων διαλύματος. Στο σύστημα προγραμματισμού εισάγονται η ποσότητα του επιθυμητού επεξεργασμένου νερού και ο αριθμός κύκλων επανάληψης της έκπλυσης δεξαμενής και δικτύου. Αντίστοιχη διαδικασία ακολουθείται όταν εντός της ημέρας επιλέγεται η παραγωγή διαφορετικού τύπου διαλύματος ή όταν μετά από διαδικασία απολύμανσης της εγκατάστασης ακολουθεί πλύση και έκπλυση δεξαμενής – δικτύου από υπολείμματα απολυμαντικού / χλωρίνης.

3. *Ημερήσια συντήρηση συστήματος παραγωγής.* Διαδικασία – λειτουργία του συστήματος παραγωγής όταν μετά την παραγωγή και την έκπλυση του συστήματος επιλέγεται πλήρωση της δεξαμενής με ποσότητα επεξεργασμένου νερού το οποίο ανακυκλοφορεί μέσω του δικτύου ανακυκλοφορίας από και προς τη δεξαμενή ανάμιξης, διαμέσου λαμπτήρα UV και μικροβιοστατικού φίλτρου για την αποφυγή στασιμότητας του νερού στο δίκτυο και την ανάπτυξη μικροβιακού φορτίου. Η φάση της «ημερήσιας συντήρησης» του συστήματος παραγωγής διακόπτεται με τη επιλογή της φάσης παραγωγής.

4. *Απολύμανση συστήματος παραγωγής.* Ανά τρίμηνο προβλέπεται τακτική /περιοδική διαδικασία απολύμανσης της δεξαμενής ανάμιξης και του δικτύου διανομής διαλύματος. Μετά την επιλογή της ποσότητας του επεξεργασμένου νερού στη δεξαμενή ανάμιξης προστίθεται χλωρίνη σε ποσότητα ώστε να επιτευχθεί συγκέντρωση 50ppm. Αυτή η συγκέντρωση επιβεβαιώνεται με σχετικές μετρήσεις δείγματος νερού από τον κρουνό δειγματοληψίας της δεξαμενής ανάμιξης. Μετά την ολοκλήρωση των επαναλαμβανόμενων κύκλων επί τουλάχιστον τρεις ώρες ώστε το απολυμαντικό να περάσει από όλα τα τμήματα των σωληνώσεων των δικτύων διανομής – ανακυκλοφορίας το σύστημα εισέρχεται σε κύκλο πλύσης – έκπλυσης. Το τελικό αποτέλεσμα επιβεβαιώνεται με ελέγχους υπολειμματικού χλωρίου και με αντίστοιχες μικροβιολογικές εξετάσεις (ολική μικροβιακή χλωρίδα και ενδοτοξίνες) (Κοτοπούλης, 2013).

Στη διαδικασία της παραγωγής η μονάδα παραγωγής νερού διαθέτει τον κατάλληλο έλεγχο με αισθητήρες πίεσης, ροόμετρα και παρακολούθηση αγωγιμότητας παραγόμενου νερού ώστε να διασφαλίζεται η αποδεκτή ποιότητά του. Τα άλατα του διαλύματος παραλαμβάνονται σε κατάλληλη συσκευασία, ελέγχονται ως προς τη σωστή σύνθεση και ταξινομούνται κατάλληλα πριν τη παραγωγή. Ο πίνακας τεκμηρίωσης ημερήσιας παραγωγής λειτουργεί ως φύλλο

επιβεβαίωσης της προβλεπόμενης ποσότητας και σύνθεσης των χημικών στη διαδικασία της παραγωγής. Συμπληρώνεται και επιβεβαιώνεται για κάθε μονάδα παραγωγής.

Επιπλέον το επεξεργασμένο νερό διέρχεται πάντα από λαμπτήρα υπεριώδους ακτινοβολίας και στη συνέχεια από μικροβιοστατικό φίλτρο 0,2μ. Επίσης το παραγόμενο διάλυμα διέρχεται από φίλτρο 0,35μ πριν τη συσκευασία. Επιπροσθέτως το δοχείο στο οποίο συσκευάζεται το διάλυμα απολυμάνεται με λάμπα UV πριν τοποθετηθεί μέσα του το υγρό.

2. Εισαγωγή στον Αυτόματο Έλεγχο – Δομή & λειτουργία PLC

2.1 Ιστορική αναδρομή

Στις αρχές της δεκαετίας του 1980 πρωτοεμφανίζεται μία μονάδα αυτοματισμού με την ονομασία PLC, με στόχο τον έλεγχο και την επιτήρηση των ανωτέρω. Η πλήρης ονομασία του PLC είναι Programmable Logic Controller που σημαίνει «Προγραμματιζόμενος Λογικός Ελεγκτής» (Τσοπανάκης, 2014)

Στόχος των PLC ήταν να αντικαταστήσουν τους πίνακες με ηλεκτρονόμους, που την θέση τους θα έπαιρναν κομμάτια κώδικα. Την δεδομένη χρονική περίοδο όμως οι άνθρωποι, και ειδικότερα αυτοί που δούλευαν στην βιομηχανία, δεν ήταν εξοικειωμένοι με τους Η/Υ και με τον όρο προγραμματισμός. Για αυτό το λόγο προσπάθησαν να προσαρμόσουν τον τρόπο χρήσης των PLC σε ένα παρόμοιο τρόπο με τον οποίο δούλευε μέχρι τότε η βιομηχανία. Αυτός ήταν στο να σχεδιάζουν τα ηλεκτρικά κυκλώματά και να αντιγράφουν το ηλεκτρολογικό σχέδιο στο PLC.

Ο αυτοματισμός είχε και θα συνεχίσει να έχει σημαντικό ρόλο και αντίκτυπο στην κοινωνία. Ξεκινώντας από τη βιομηχανική επανάσταση, που τροφοδοτήθηκε από την επανάσταση του υπολογιστή, και συνεχίζοντας σήμερα σε πολλούς ρόλους στον εμπορικό και βιομηχανικό τομέα, η αυτοματοποίηση έχει διαδραματίσει βασικό ρόλο στις επιχειρήσεις, στη βιομηχανία και στις εθνικές οικονομίες. Έχει προσφέρει πολλά οφέλη αλλά και προβλήματα (π.χ. δυσμενείς περιβαλλοντικές επιπτώσεις). Ελεγκτές χρησιμοποιούνται επί του παρόντος σε πολλά αυτοματοποιημένα συστήματα όπως σε σύγχρονα συστήματα κατασκευών (π.χ., στις ακριβείς διεργασίες τοποθέτησης εξαρτημάτων απο ρομποτικούς βραχίονες σε γραμμές συναρμολόγησης), συστήματα αυτοκινήτου (π.χ. κινητήρας, μετάδοση, και χειριστήρια του συστήματος πέδησης), αεροσκάφη (π.χ. χειριστήρια κινητήρα και πτήσης), αυτόνομα οχήματα (π.χ. χερσαία ή υποβρύχια) και χημικές διεργασίες (π.χ., για τον έλεγχο της θερμοκρασίας μιας παρτίδας αντιδρώντων χημικών ουσιών), για να αναφέρουμε μερικές (Passino, 2005).

Ο "έλεγχος" είναι στην πραγματικότητα ένας πολύ γενικός όρος που χρησιμοποιείται με πολλούς τρόπους στον αυτοματισμό και στην καθημερινή ζωή. Για παράδειγμα, υπάρχουν "μικροελεγκτές" που είναι τσιπ πολλαπλών λειτουργιών υπολογιστών που χρησιμοποιούνται σε μια μεγάλη ποικιλία βιομηχανικών και εμπορικές εφαρμογές. Μερικές φορές, στα συστήματα ηλεκτρονικών υπολογιστών, ένας "ελεγκτής" αποτελεί μέρος του λογισμικού ή του υλικού που επηρεάζει ή καθοδηγεί τη συμπεριφορά άλλων υποσυστημάτων. Επιπλέον,

συναντάμε τη λειτουργία των ελεγκτών αρκετά συχνά στην καθημερινότητά μας. Υπάρχουν ελεγκτές για τη διανομή αναψυκτικών όταν έχουν τοποθετηθεί αρκετά χρήματα σε μια μηχανή, και υπάρχουν οι ελεγκτές κυκλοφορίας (φανάρια) που αποφασίζουν πώς να αλλάξουν τα φωτεινά σήματα με δεδομένο την κίνηση στον δρόμο. Παρατηρήστε ότι σε κάθε περίπτωση χρειάζεται ο ελεγκτής για να κάνει το σύστημα να λειτουργεί σωστά, διαδραματίζει κεντρικό ρόλο στην υλοποίηση του συστήματος, και παρέχει κάποιο χρήσιμο τύπο αυτοματισμού (Passino, 2005).

Στην προηγούμενη παράγραφο παρατέθηκαν κάποιες πολύ απλές εφαρμογές αυτοματισμού. Υπάρχουν και πιο απαιτητικές εφαρμογές που καθιστούν αναγκαία την χρήση προηγμένων μαθηματικών και υπολογιστικών τεχνικών. Ο σημερινός κόσμος είναι γεμάτος με πολύ περίπλοκα συστήματα που παρουσιάζουν μη γραμμική συμπεριφορά. Οι μηχανικοί που αντιμετωπίζουν τον έλεγχο αυτών των συστημάτων απαιτείται να σχεδιάσουν τέτοιους μηχανισμούς που θα ικανοποιούσαν τα επιθυμητά χαρακτηριστικά μέσω της περιοχής λειτουργίας. Σε πολλές καταστάσεις, ένα πρόβλημα εντοπισμού μπορεί να περιλαμβάνει πολλαπλές μεταβλητές που αλληλεπιδρούν με το καθένα άλλα (Silhavy, et al., 2016). Στην παρούσα αναφορά δεν θα μας απασχολήσουν περίπλοκοι ελεγκτές παρά μόνο ο έλεγχος που μπορεί να υλοποιηθεί μέσω PLC και που είναι ο πιο ευρέως χρησιμοποιούμενος στην βιομηχανία.



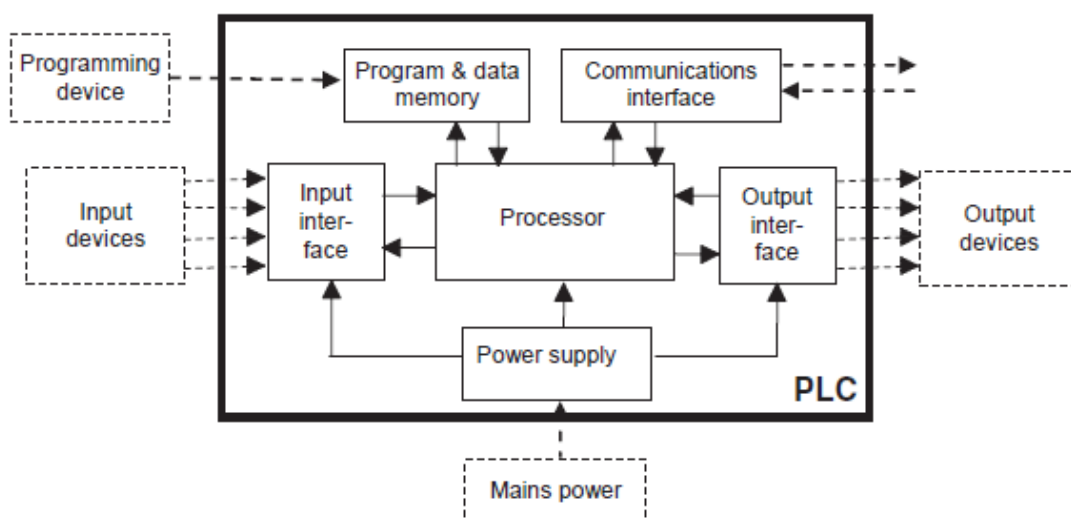
Εικόνα 2: PLC, οθόνες αφής και PC [Reproduced from (SIEMENS, 2012)]

2.2 Ορισμός PLC

Ο προγραμματιζόμενος λογικός ελεγκτής (PLC) ξεκίνησε τη ζωή ως μέσο αντικατάστασης των ηλεκτρομηχανικών ρελέ και χρονοδιακόπτων σε συστήματα ελέγχου για τη μεταποιητική βιομηχανία, αλλά ένα ενδιαμέσο βήμα ήταν τα ηλεκτρονικά συστήματα λογικών μπλοκ χρησιμοποιώντας τα AND, OR, NAND και NOR πύλες. Στόχος ήταν η ευελιξία και η μείωση του κόστους. Υπήρξε μια εξέλιξη από ηλεκτρομηχανικά εξαρτήματα, ενσύρματα σε έναν πίνακα ελέγχου σύμφωνα με το ηλεκτρολογικό διάγραμμα, σε ηλεκτρονικά συστήματα στα οποία δεν μπορούν να εντοπιστούν μεμονωμένα στοιχεία, διότι η λογική εκφράζεται σε οδηγίες λογισμικού. Αυτό απαιτούσε μια μέθοδο προγραμματισμού. Το αποτέλεσμα ήταν το "Διάγραμμα κλίμακας αναμετάδοσης" που περιγράφει τις λειτουργίες ελέγχου, να προγραμματιστούν στο μηχάνημα. Στη συνέχεια να εμφανιστεί η κατάσταση της μηχανής για να παρακολουθήσετε λειτουργία και να διαγνώσετε κάθε λόγο για βλάβη ή κακή λειτουργία. Το διάγραμμα κλίμακας αναμετάδοσης δεν είναι η μόνη γλώσσα για τα PLC. Ορισμένοι

χρήστες προτιμούν ένα σύνολο εντολών Boolean, άλλοι μια πιο λογική γλώσσα όπως η BASIC. Με αυτά τα γενικά είναι η ανάγκη για μια γραφική παρουσίαση εξαλείφεται, αλλά παράλληλα παρέχουν μια εχθρική διεπαφή χρήστη όταν υπάρχει ανάγκη για ανίχνευση τη λειτουργία ή τη διάγνωση σφαλμάτων. Το διάγραμμα Ladder Relay είναι μια βελτίωση στην οπτική παρουσίαση αλλά δυσκίνητη για χειρισμό (Wormley, 1992).

Συνήθως ένα σύστημα PLC έχει τα βασικά λειτουργικά στοιχεία της μονάδας επεξεργαστή, της μνήμης, μονάδα τροφοδοσίας, τμήμα διασύνδεσης εισόδου / εξόδου, διεπαφή επικοινωνιών και το συσκευή προγραμματισμού. Η Εικόνα 3 δείχνει τη βασική διάταξη. Τα συστατικά στοιχεία είναι:



Εικόνα 3: Σύστημα PLC [Reproduced from (Bolton, 2015)]

2.3 Κεντρική μονάδα επεξεργασίας CPU

- Η μονάδα επεξεργαστή ή η κεντρική μονάδα επεξεργασίας (CPU) είναι η μονάδα που περιέχει τον μικροεπεξεργαστή. Αυτή η μονάδα ερμηνεύει τα σήματα εισόδου και εκτελεί τις ενέργειες ελέγχου σύμφωνα με το πρόγραμμα που είναι αποθηκευμένο στη μνήμη του, ανακοινώνοντας τις αποφάσεις ως ενέργεια σήματα στις εξόδους. Αριθμητική μονάδα (ALU-Arithmetic Logical Unit): Αποτελείται από δύο ή τέσσερις κεντρικούς καταχωρητές στους οποίους αποθηκεύονται οι πληροφορίες από τις εισόδους και τις εξόδους. Επίσης σ' αυτή εκτελούνται οι λογικές και οι αριθμητικές πράξεις. Λειτουργικό σύστημα (ROM): Περιέχει τα system programs (προγράμματα του συστήματος), τα οποία δε μπορούν να επηρεαστούν και να αλλάξουν από το

χρήστη. Καθορίζουν τον τρόπο εκτέλεσης του προγράμματος ελέγχου, το πώς κατανέμεται η μνήμη, το πώς διακινούνται τα δεδομένα και πώς αντιμετωπίζονται τα σήματα εισόδων και εξόδων

2.4 Μονάδα τροφοδοσίας

Η τροφοδοτική μονάδα είναι απαραίτητη για τη μετατροπή της τάσης εναλλασσομένου ρεύματος στο χαμηλό DC, την τάση που απαιτείται για τον επεξεργαστή και τα κυκλώματα στη διεπαφή εισόδου και εξόδου ενότητες.

2.5 Μονάδα προγραμματισμού

Η συσκευή προγραμματισμού χρησιμοποιείται για την εισαγωγή του απαιτούμενου προγράμματος στη μνήμη του επεξεργαστή. Το πρόγραμμα αναπτύσσεται στη συσκευή και στη συνέχεια μεταφέρεται στη μονάδα μνήμης του PLC.

2.6 Μονάδα μνήμης

Η μονάδα μνήμης είναι εκεί όπου το πρόγραμμα που περιέχει τις ενέργειες ελέγχου πρέπει να ασκηθεί από το ο μικροεπεξεργαστής αποθηκεύεται και όπου τα δεδομένα αποθηκεύονται από την είσοδο για επεξεργασία και για την έξοδο.

2.7 Είσοδοι – έξοδοι του PLC

Οι ενότητες εισόδου και εξόδου είναι εκεί όπου ο επεξεργαστής λαμβάνει πληροφορίες από εξωτερικό συσκευών και μεταδίδει πληροφορίες σε εξωτερικές συσκευές (Εικόνα 4). Οι εισροές μπορεί έτσι να είναι αισθητήρες όπως π.χ. φωτοηλεκτρικά κύτταρα, αισθητήρες θερμοκρασίας, αισθητήρες ροής κτλ. Οι έξοδοι ενδέχεται να είναι σε πηνία εκκινητήρων κινητήρα, σωληνοειδείς βαλβίδες ή παρόμοιες πράγματα. Οι συσκευές εισόδου και εξόδου μπορούν να ταξινομηθούν ως δοσμένα σήματα που είναι διακριτά, ψηφιακά ή αναλογικά. Συσκευές που δίνουν διακριτά ή ψηφιακά σήματα είναι αυτά στα οποία τα σήματα είναι λογικό 1 ή λογικό 0. Έτσι ένας διακόπτης είναι μια συσκευή που δίνει ένα διακεκριμένο σήμα, είτε δεν έχει τάση ούτε τάση. Μπορούν να ληφθούν υπόψη οι ψηφιακές συσκευές ουσιαστικά ως διακριτές συσκευές που δίνουν μια ακολουθία σημάτων on / off. Οι αναλογικές συσκευές δίνουν σήματα των οποίων το μέγεθος είναι ανάλογο προς το μέγεθος της παρακολουθούμενης μεταβλητής. Για παράδειγμα, ένας αισθητήρας θερμοκρασίας μπορεί να δώσει τάση ανάλογη προς τη θερμοκρασία (Bolton, 2015).

Η μονάδα εισόδου / εξόδου (I / O) σε ένα PLC παρέχει το κύκλωμα για τη διεπαφή μεταξύ του συστήματος και του εξωτερικού κόσμου, επιτρέποντας την πραγματοποίηση συνδέσεων για την εισαγωγή συσκευών όπως αισθητήρες και συσκευές εξόδου όπως κινητήρες και ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες. Κάθε σημείο εισόδου / εξόδου έχει μια μοναδική διεύθυνση που μπορεί να χρησιμοποιηθεί από την CPU. Είναι σαν μια σειρά σπιτιών κατά μήκος ενός δρόμου, ο αριθμός 10 μπορεί να είναι το "σπίτι" που χρησιμοποιείται για είσοδο από ένα συγκεκριμένο αισθητήρα, ενώ ο αριθμός 45 μπορεί να είναι το "σπίτι" που χρησιμοποιείται για την έξοδο σε ένα συγκεκριμένο κινητήρα.

Τα κανάλια εισόδου / εξόδου παρέχουν λειτουργίες απομόνωσης και διατήρησης του σήματος έτσι ώστε οι αισθητήρες και οι ενεργοποιητές να μπορούν να συνδέονται άμεσα με αυτούς χωρίς την ανάγκη άλλων κυκλωμάτων. Η ηλεκτρική απομόνωση από τον εξωτερικό κόσμο γίνεται συνήθως μέσω του optoisolators (ο όρος optocoupler χρησιμοποιείται επίσης συχνά). Όταν ένας ψηφιακός παλμός διέρχεται από τη δίοδο εκπομπής φωτός, ένας παλμός υπέρυθρης ακτινοβολίας παράγει ακτινοβολία. Αυτός ο παλμός ανιχνεύεται από το φωτοτρανζίστορ και δημιουργεί τάση σε αυτό το κύκλωμα. Το χάσμα μεταξύ της διόδου εκπομπής φωτός και του φωτοτρανζίστρον δίνει ηλεκτρική απομόνωση, αλλά η διάταξη εξακολουθεί να επιτρέπει τον ψηφιακό παλμό σε ένα κύκλωμα δημιουργούν ψηφιακό παλμό σε άλλο κύκλωμα.

Έτσι, ένα ευρύ φάσμα εισόδων μπορεί να μετατραπεί σε τάση συμβατή με τη που απαιτείται για τον μικροεπεξεργαστή στο PLC. Μια σειρά των εισόδων μπορεί να είναι διαθέσιμη με ένα μεγαλύτερο PLC, όπως 5V, 24V, 110V, και 240V ψηφιακά / διακριτά, δηλαδή, σήματα on-off. Ένα μικρό PLC είναι πιθανό να έχει μόνο μία μορφή εισόδου, όπως 24V.

Τα κανάλια εξόδου επιτρέπουν τις εξόδους PLC να είναι διαθέσιμες σε μορφή κατάλληλη για άμεση συνδέση σε εξωτερικά κυκλώματα. Οι εξόδοι ορίζονται ως τύπου ρελέ, τύπου τρανζίστορ, ή τύπου triac:

- Με τον τύπο ρελέ, το σήμα από την έξοδο PLC χρησιμοποιείται για τη λειτουργία ενός ρελέ. Το ρελέ όχι μόνο επιτρέπει στα μικρά ρεύματα να αλλάζουν σε πολύ μεγαλύτερα ρεύματα αλλά επίσης απομονώνει το PLC από το εξωτερικό κύκλωμα. Τα ρελέ, ωστόσο, είναι σχετικά αργά στη λειτουργία τους. Οι έξοδοι ρελέ είναι κατάλληλο για εναλλαγή AC και DC. Μπορούν να αντέξουν σε υψηλά ρεύματα και τάση μεταβατικές περιόδους.

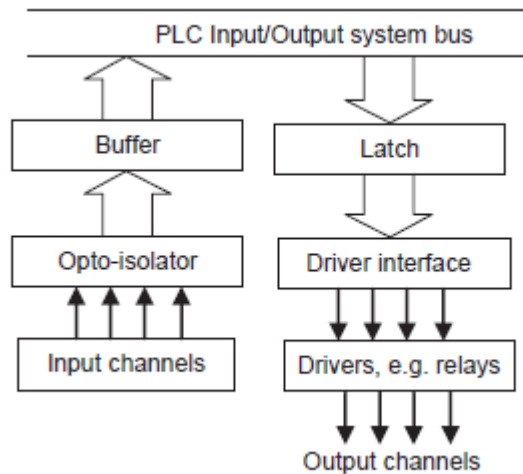
- Ο τύπος τρανζίστορ εξόδου χρησιμοποιεί ένα τρανζίστορ για να μεταβεί το ρεύμα μέσω του εξωτερικού κύκλωμα. Αυτό δίνει μια πολύ πιο γρήγορη ενέργεια αλλαγής. Είναι, ωστόσο, αυστηρά για το DC διακόπεται και καταστρέφεται από υπέρταση και υψηλή αντίστροφη τάση. Για προστασία, είτε χρησιμοποιείται ασφάλεια ή ενσωματωμένη ηλεκτρονική προστασία.

- Οι έξοδοι Triac, με optoisolators για απομόνωση, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον έλεγχο εξωτερικών φορτίων που συνδέονται στην τροφοδοσία εναλλασσόμενου ρεύματος. Είναι αυστηρά για λειτουργία AC και είναι πολύ εύκολο να καταστραφούν από υπερένταση.

2.8 Τύποι PLC

Υπάρχουν δύο συνήθεις τύποι σχεδίασης για συστήματα PLC - ένας συμπαγής και το αρθρωτού τύπου. Ο συμπαγής τύπος είναι αυτός που χρησιμοποιείται συνήθως για μικρούς προγραμματιζόμενους ελεγκτές και παρέχεται ως ενσωματωμένο συμπαγές πακέτο ολοκληρωμένο με τροφοδοτικό, επεξεργαστή, μνήμη και μονάδες εισόδου / εξόδου. Τυπικά ένα τέτοιο PLC μπορεί να έχει 6, 8, 12 ή 24 εισόδους και 4, 8 ή 16 εξόδους και μνήμη που μπορεί αποθηκεύστε περίπου 300 έως 1000 εντολές. Ορισμένα συμπαγή συστήματα έχουν την ικανότητα να επεκταθούν έτσι ώστε να αντιμετωπίσουν περισσότερες εισόδους και εξόδους (Erickson, 2011).

Τα συστήματα με μεγαλύτερους αριθμούς εισόδων και εξόδων είναι πιθανό να είναι αρθρωτά. Ο αρθρωτός τύπος αποτελείται από ξεχωριστές μονάδες για παροχή ρεύματος, επεξεργαστή κλπ., οι οποίοι συχνά τοποθετούνται σε ράγες μέσα σε μεταλλικό περίβλημα. Ο τύπος rack μπορεί να είναι που χρησιμοποιείται για όλα τα μεγέθη προγραμματιζόμενων ελεγκτών και έχει τις διάφορες λειτουργικές μονάδες συσκευασμένες σε μεμονωμένες μονάδες που μπορούν να συνδεθούν σε υποδοχές. Ο συνδυασμός των κομματιών που απαιτείται για ένα συγκεκριμένο σκοπό αποφασίζεται από τον χρήστη. Έτσι είναι συγκριτικά εύκολο να επεκταθεί ο αριθμός εισόδων / εξόδων (I / O) με την προσθήκη περισσότερων μονάδων εισόδου / εξόδου ή την επέκταση της μνήμης προσθέτοντας περισσότερες μονάδες μνήμης. Οι διασυνδέσεις ισχύος και δεδομένων για τις μονάδες σε ράφι παρέχονται από το αγωγούς χαλκού στο πίσω επίπεδο της ράβδου. Όταν οι μονάδες γλιστρήσουν σε ένα ράφι, αυτοί συνδέστε με τους συνδέσμους στο backplane (Τσοπανάκης, 2014).



Εικόνα 4: Κανάλια εισόδων/εξόδων ενός PLC [Reproduced from (Bolton, 2015)]



Εικόνα 5: Modular PLC [Reproduced from (SIEMENS, 2014)]

2.9 Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα χρήσης ενός PLC

Τα PLC έχουν πολλά πλεονεκτήματα αλλά και μειονεκτήματα. Ενδεικτικά αναφέρονται κάποια παρακάτω:

- Στιβαρή και σχεδιασμένη για να αντέχει τους κραδασμούς, τη θερμοκρασία, την υγρασία και το θόρυβο.
- Διασύνδεση για εισόδους και εξόδους μέσα στον ίδιο τον ελεγκτή.

- Τα PLC προγραμματίζονται εύκολα και έχουν μια εύκολα κατανοητή γλώσσα προγραμματισμού.
- Δυνατότητα επέκτασης ή αναβάθμισης.
- Πολύ μεγαλύτερη ευελιξία σε αλλαγές και σε επέκταση του αυτοματισμού, αφού το μόνο που χρειάζεται να συμβεί είναι αλλαγές στο κώδικα του προγράμματος, κάτι που είναι πολύ δύσκολο στον κλασικό αυτοματισμό.
- Χειρισμός και παρακολούθηση και καταγραφή στατιστικών μέσω οθονών (HMI) καθώς και ανταλλαγή δεδομένων με άλλα προγράμματα όπως ERP.

Παρ' όλα αυτά δεν συνίσταται πάντα η χρήση ενός PLC. Μερικά μειονεκτήματα των PLC είναι ότι:

- Υπάρχει πάρα πολλή εργασία που απαιτείται για τη σύνδεση καλωδίων και δικτύων.
- Υπάρχει δυσκολία με αλλαγές ή αντικαταστάσεις λόγω των συνεχών αναβαθμίσεων.
- Συνήθως είναι δύσκολο να βρείτε σφάλματα. Και απαιτούν επιδέξιο εργατικό δυναμικό για να συνδεθεί και να βρει το σφάλμα στον κώδικα (Τσοπανάκης, 2014).

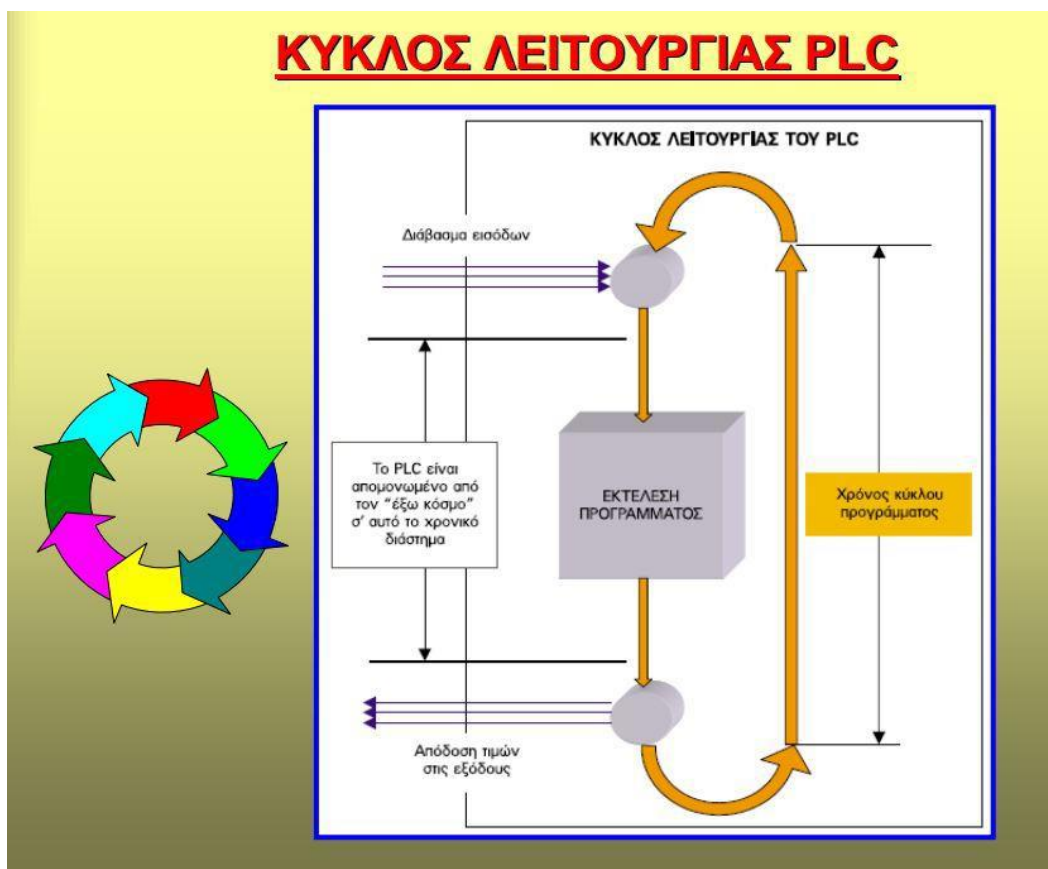
3. Αρχή λειτουργίας και τρόπος προγραμματισμού ενός PLC

Μόλις ο χρήστης δημιουργήσει το πρόγραμμα, το κατεβάζει στο PLC και όταν αυτό βρεθεί σε κατάσταση λειτουργίας run, πραγματοποιείται η εκτέλεση του προγράμματος (Χαμηλοθώρης, 2005).

3.1 Κύκλος λειτουργίας του PLC

Αρχικά το PLC διαβάζει τις εισόδους και τις αποθηκεύει σε μια ειδική περιοχή μνήμης που ονομάζεται εικόνα εισόδων. Το πρόγραμμα, χρησιμοποιώντας τις τιμές των εισόδων υλοποιεί κάποιες λογικές πράξεις και δίνει κατάλληλες τιμές στις εξόδους του PLC. Οι τιμές των εξόδων αποθηκεύονται σε περιοχή μνήμης που λέγεται εικόνα εξόδων.

Ο χρόνος εκτέλεσης των λογικών πράξεων είναι τόσο μικρός, που στις περισσότερες εφαρμογές δεν προλαβαίνουν να αλλάξουν οι εισοδοί και οι έξοδοι ή να επηρεαστεί η λειτουργία του προγράμματος από αυτές τις αλλαγές. Ένας τυπικός χρόνος κύκλου του προγράμματος ενός PLC είναι 100ms.



Εικόνα 6: Κύκλος λειτουργίας [Reproduced from (Τσοπανάκης, 2014)]

3.2 *Eίδη blocks*

Υπάρχουν διάφορα blocks, όπως τα OBs, τα FBs, τα SFBs, τα FCs και τα SFCs. Το κάθε ένα χρησιμοποιείται για την κατάλληλη λειτουργία του συνολικού προγράμματος.

3.2.1 *Organization blocks (OBs)*

Τα OB παρέχουν δομή για το πρόγραμμά σας. Χρησιμοποιούν ως διεπαφή μεταξύ του λειτουργικού συστήματος και του προγράμματος χρήστη. Τα OBs οδηγούνται από συμβάντα (events). Ένα συμβάν, όπως ένα diagnostic interrupt ή time interval, θα προκαλέσει στην CPU την εκτέλεση ενός OB. Μερικά OBs έχουν προκαθορισμένα συμβάντα εκκίνησης και συμπεριφορά.

Ο κύκλος προγράμματος OB περιλαμβάνει το κύριο πρόγραμμα. Μπορείτε να συμπεριλάβετε περισσότερα από ένα προγράμματα OB κύκλου στο πρόγραμμα χρήστη. Κατά τη διάρκεια της λειτουργίας RUN, τα OBs κύκλου προγράμματος εκτελούνται στο χαμηλότερο επίπεδο προτεραιότητας και μπορεί να διακοπεί από όλους τους άλλους τύπους επεξεργασίας προγραμμάτων. Το OB εκκίνησης δεν διακόπτει το OB του κύκλου προγράμματος επειδή η CPU εκτελεί το OB εκκίνησης πριν μεταβεί στη λειτουργία RUN (SIEMENS, 2012).

Μετά την ολοκλήρωση της επεξεργασίας των OBs κύκλου προγράμματος, η CPU εκτελεί αμέσως το OB κύκλου προγράμματος και πάλι. Αυτή η κυκλική επεξεργασία είναι ο "κανονικός" τύπος επεξεργασίας που χρησιμοποιείται για προγραμματιζόμενους λογικούς ελεγκτές. Για πολλές εφαρμογές, βρίσκεται ολόκληρο το πρόγραμμα χρήστη ένα μόνο κύκλο προγράμματος OB.

Μπορείτε να δημιουργήσετε άλλες OB για να εκτελέσετε συγκεκριμένες λειτουργίες, όπως για χειρισμούς διακοπών και σφάλματα ή για την εκτέλεση συγκεκριμένου κώδικα προγράμματος σε συγκεκριμένα χρονικά διαστήματα. Αυτά τα OBs διακόπτουν την εκτέλεση των OBs του κύκλου του προγράμματος (SIEMENS, 2012).

3.2.2 *Functions (FCs)*

Μια συνάρτηση (FC) είναι ένα μπλοκ κώδικα που συνήθως εκτελεί μια συγκεκριμένη λειτουργία σε ένα σύνολο εισόδων. Το FC αποθηκεύει τα αποτελέσματα αυτής της λειτουργίας

σε θέσεις μνήμης. Για παράδειγμα, τα FCs χρησιμοποιούνται για την εκτέλεση τυποποιημένων και επαναχρησιμοποιήσιμων λειτουργιών (όπως για μαθηματικούς υπολογισμούς) ή τεχνολογικές λειτουργίες (όπως για μεμονωμένους ελέγχους που χρησιμοποιούν λειτουργίες λογικών δυαδικών ψηφίων). Ένα FC μπορεί επίσης να καλείται πολλές φορές σε διαφορετικά σημεία ενός προγράμματος. Αυτή η επαναχρησιμοποίηση απλοποιεί το προγραμματισμό συχνά επαναλαμβανόμενων εργασιών.

Ένα FC δεν διαθέτει ένα συσχετισμένο σύνολο δεδομένων στιγμιότυπων (Data Blocks, DB). Η FC χρησιμοποιεί τα local data για τον υπολογισμό των λειτουργιών του κώδικα σε αυτό. Τα προσωρινά δεδομένα δεν αποθηκεύονται. Για να αποθηκευτούν δεδομένα μόνιμα, πρέπει να αντιστοιχιστεί η τιμή εξόδου σε μια θέση παγκόσμιας μνήμης M ή σε ένα global DB (SIEMENS, 2012).

3.2.3 Data Blocks (DBs)

Σύμφωνα με το (SIEMENS, 2012), ένα μπλοκ δεδομένων (DB) μπορεί να δημιουργηθεί στο πρόγραμμα χρήστη για να αποθηκευτούν δεδομένα για τα μπλοκ κώδικα. Όλα τα τα μπλοκ προγράμματος στο πρόγραμμα χρήστη μπορούν να έχουν πρόσβαση στα δεδομένα σε ένα global DB, αλλά σε ένα αρχείο DB αποθηκεύει δεδομένα για ένα συγκεκριμένο σύνολο λειτουργιών (FB).

Τα δεδομένα που είναι αποθηκευμένα σε ένα DB δεν διαγράφονται όταν η εκτέλεση του αντίστοιχου μπλοκ κώδικα τελειώνει. Υπάρχουν δύο τύποι DB:

- Ένα global DB αποθηκεύει δεδομένα για τα μπλοκ κώδικα του προγράμματος. Οποιοδήποτε OB, FB ή FC μπορεί να έχει πρόσβαση στα δεδομένα σε ένα global DB.
- Ένα instance DB αποθηκεύει τα δεδομένα για ένα συγκεκριμένο FB. Η δομή των δεδομένων σε ένα instance DB απεικονίζει τις παραμέτρους (Input, Output, InOut) και τα στατικά δεδομένα για το FB. (Η προσωρινή μνήμη για το FB δεν αποθηκεύεται στο αρχείο DB) (SIEMENS, 2012).

3.2.4 Function Blocks (FBs)

Όπως αναφέρεται στο (SIEMENS, 2012), ένα μπλοκ λειτουργίας (FB) είναι ένα μπλοκ κώδικα που χρησιμοποιεί ένα instance DB για τις παραμέτρους του και στατικά δεδομένα. Τα FBs έχουν μεταβλητή μνήμη που βρίσκεται σε ένα μπλοκ δεδομένων (DB) ή "instance" DB. Η συνάρτηση DB παρέχει ένα μπλοκ μνήμης που σχετίζεται με εκείνο το στιγμιότυπο (ή κλήση) του FB και αποθηκεύει τα δεδομένα μετά την ολοκλήρωση της FB. Διαφορετικές μορφές DB μπορούν να συσχετιστούν με διαφορετικές κλήσεις του FB. Τα instance DBs επιτρέπουν την χρησιμοποίηση ενός γενικού FB για τον έλεγχο πολλαπλών συσκευών.

Το πρόγραμμα μπορεί να δομηθεί έχοντας ένα μπλοκ κώδικα, μία κλήση ενός FB και ένα αρχείο DB. Στη συνέχεια, η CPU εκτελεί τον κώδικα προγράμματος σε αυτό το FB και αποθηκεύει τις παραμέτρους του μπλοκ και τα στατικά τοπικά δεδομένα στο αρχείο DB. Όταν η εκτέλεση του FB τελειώνει, η CPU επιστρέφει στο μπλοκ κώδικα που ονομάζεται FB. Το DB διατηρεί τις τιμές του. Αυτές οι τιμές είναι διαθέσιμες σε επόμενες κλήσεις, είτε στο ίδιο κύκλωμα σάρωσης, είτε σε άλλους κύκλους σάρωσης.

3.3 Εισαγωγή στις HMI (Human Machine Interface – διεπαφή ανθρώπου μηχανής)

Η HMI είναι μια οθόνη (συνήθως αφής) η οποία επιτρέπει την ανταλλαγή πληροφοριών μεταξύ του χρήστη και του PLC. Μέσω της HMI ο χρήστης μπορεί να διαβάσει δεδομένα, να εισάγει δεδομένα καθώς και να έχει μία γραφική αναπαράσταση του συστήματος έτσι ώστε να ξέρει ανα πάσα στιγμή αν υπάρχει κάποιο alarm στο σύστημα για παράδειγμα. (Unitronics, 2015) Στην παρούσα πτυχιακή εργασία χρησιμοποιείται μία HMI KTP1000 της SIEMENS της οποίας ο προγραμματισμός έγινε με το TIA PORTAL της Siemens, με το οποίο έγινε και ο προγραμματισμός του PLC.

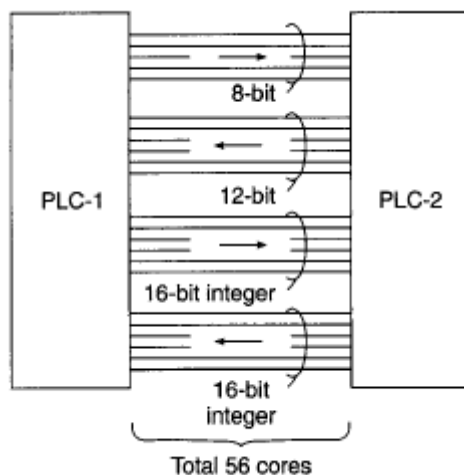
4. Πρότυπα και πρωτόκολλα επικοινωνίας

4.1 Εισαγωγή

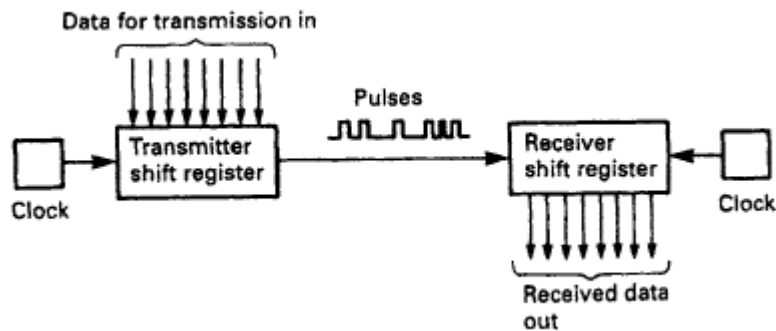
Η καλωδίωση είναι ένα από τα πιο δαπανηρά μέρη ενός συστήματος ελέγχου. Υπάρχει το κόστος του ίδιου του καλωδίου, της δομής στήριξης και του δίσκου καλωδίων, συν το κόστος εργασίας για το τράβηγμα του καλωδίου, τη μεταφορά και τον τερματισμό των άκρων. Αν, στην πορεία της ανάθεσης, ανακαλυφθεί ότι υπάρχουν μερικά επιπλέον σήματα και δεν υπάρχουν επαρκείς ανταλλακτικοί πυρήνες, ένα άλλο ακριβό καλώδιο θα πρέπει να τραβηχτεί, με όλα τα συνακόλουθα έξοδα και καθυστέρηση.

Η εικόνα 7 δείχνει δύο συστήματα PLC που πρέπει να ανταλλάξουν δεδομένα. Όπως φαίνεται υπάρχουν οκτώ σήματα προς μια κατεύθυνση, 12 προς την άλλη με τάση 110 V AC, και δύο αριθμοί 16 bit στα 24 V DC. Μαζί με τις φάσεις, τον ουδέτερο και το DC αυτό αντιπροσωπεύει 56 πυρήνες που χρειάζονται, πιθανώς, ένα καλώδιο με 27 αγωγούς και ένα θωρακισμένο καλώδιο με 37 αγωγούς, 3 ψηφιακές εξόδους 8-δυαδικών ψηφίων I10-V κάρτες, 3 ψηφιακές κάρτες εισόδου 8-bit 110 V, 2 ψηφιακές κάρτες εξόδου 24 V και 2 κάρτες ψηφιακής εισόδου 24-V. Όλες οι κάρτες απαιτούν εργασία να τερματιστούν μέσα στις θήκες σε κάθε άκρο.

Η εικόνα 7 δείχνει μια μορφή παράλληλης μετάδοσης. όλα τα δεδομένα που πρέπει να σταλούν είναι πέρασαν ταυτόχρονα. Αυτή η μέθοδος χρησιμοποιείται ευρέως (σε χαμηλότερες τάσεις) για τη σύνδεση υπολογιστών με εκτυπωτές και για όργανα υπολογιστών με βάση την επικοινωνία με δίαυλο όπως για παράδειγμα τον δίαυλο IEEE-488.



Εικόνα 7: Παράλληλη μεταφορά δεδομένων [Reproduced from (Parr, 2003)]



Εικόνα 8: Σειριακή μεταφορά δεδομένων [Reproduced from (Parr, 2003)]

Στην εικόνα 8 φαίνεται μία γραμμή δεδομένων (συν επιστροφή) συνδέει τον πομπό και τον δέκτη και τα δεδομένα μεταδίδονται ως σειριακή σειρά από δυαδικά ψηφία. Δεδομένου ότι οι υπολογιστές, τα περιφερειακά, τα PLC κ.λπ. εσωτερικά λειτουργούν με παράλληλη επικοινωνία για την ταχύτητα, απαιτείται παράλληλη σε σειριακή μετατροπή στον πομπό και σειριακή σε παράλληλη μετατροπή στον δέκτη. Ο απλούστερος τρόπος επίτευξης αυτό είναι να χρησιμοποιηθούν καταχωρητές μετατόπισης όπως φαίνεται στην εικόνα 8, στην οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν δεδομένα να φορτωθεί παράλληλα και να μετατοπιστεί ένα bit κάθε φορά. Ειδικά ολοκληρωμένα κυκλώματα που καλούνται UARTs (καθολικοί ασύγχρονοι δέκτες-πομποί) χρησιμοποιούνται για την παροχή αυτής της μετατροπής και των λειτουργιών ελέγχου. Αυτό είναι γνωστό ως σειριακή μετάδοση.

Τα πλεονεκτήματα της σειριακής μετάδοσης προκύπτουν από το κόστος και την ευελιξία. Το μόνο που χρειάζεται για να εγκατασταθεί για αμφίδρομη επικοινωνία είναι ένα μικρό, φθινό, συνήθως τεσσάρων πυρήνων (δύο ζευγών) καλώδιο.

Μόλις εγκατασταθεί, ένα σειριακό σύστημα επικοινωνίας δεν είναι περιορισμένο στο ποσό των δεδομένων που μπορούν να περάσουν (αν και θα υπάρξει χρονική ποινή για μεγάλα ποσά δεδομένων). Επίσης, μπορούν να προστεθούν επιπλέον στοιχεία δεδομένων χωρίς κόστος εγκατάστασης.

Τα μειονεκτήματα είναι η ταχύτητα, η θωράκιση, η ασφάλεια και η κατανόηση του προγράμματος. Η σειριακή επικοινωνία είναι προφανώς βραδύτερη από την παράλληλη (με συντελεστή ίσο με τον αριθμό των παράλληλων γραμμών). Αυτό γενικά δεν είναι πρόβλημα. Σε ένα αποκλειστικό σύστημα επικοινωνίας PLC ένας χρόνος απόκρισης 0,5 s είναι εύκολα

επιτεύξιμος (και απομακρυσμένα συστήματα I / O συνήθως επιτυγχάνεται περίπου 30 ms). Οι χρόνοι απόκρισης μπορεί να είναι μεγαλύτεροι στα εμπορικά συστήματα όπως το Ethernet, αλλά αυτά γενικά δεν αλληλεπιδρούν απευθείας με τα ανθρώπινα όντα ή ένα εργοστάσιο σε κρίσιμες χρονικές εφαρμογές.

Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως τα PLC παρέχουν τη δυνατότητα επικοινωνίας με άλλες συσκευές. Παρακάτω αναλύονται κάποιοι τρόποι επικοινωνίας. Αρχικά δίνεται η διαφορά μεταξύ σειριακής και παράλληλης επικοινωνίας (Parr, 2003).

4.2 Πρότυπο RS-232

Για να υπάρξει επιτυχής επικοινωνία, πρέπει να υπάρχει ένα σύνολο κανόνων διέπουν τη διαβίβαση δεδομένων. Αυτοί οι κανόνες μπορούν να χωριστούν σε πρότυπα, που ρυθμίζουν τα επίπεδα τάσης, τη σύνδεση και τον έλεγχο του DTE-DCE διεπαφή και πρωτόκολλα, τα οποία καθορίζουν το περιεχόμενο και τον έλεγχο του το ίδιου του μηνύματος.

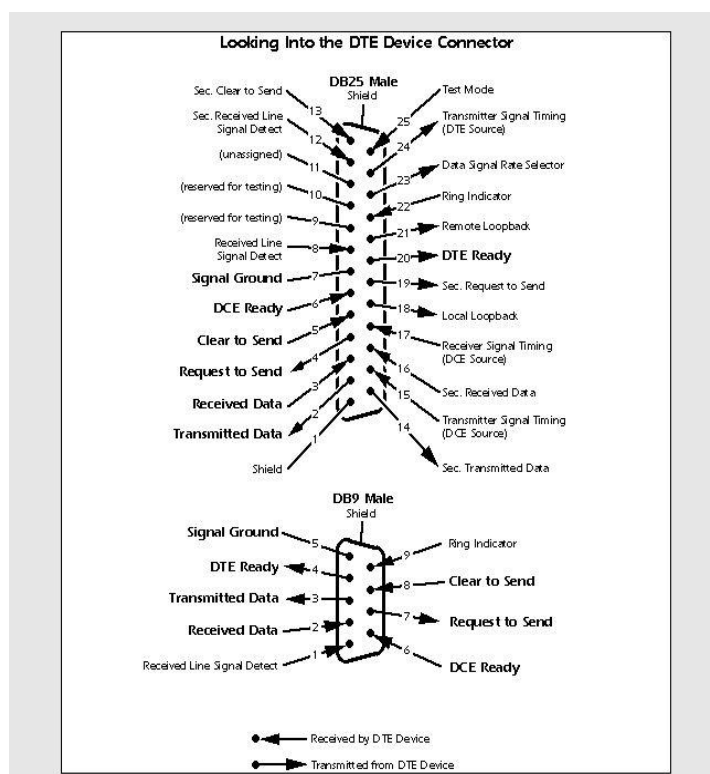
Μεγάλο μέρος των πρώτων εργασιών για τη μετάδοση δεδομένων πραγματοποιήθηκε από την Bell η οποία είναι Τηλεφωνική εταιρεία στις ΗΠΑ και το αποτέλεσμα της δουλειάς τους ήταν που επισημοποιήθηκε από την Ένωση Βιομηχανιών Ηλεκτρικής Βιομηχανίας (EIA) ως «Πρότυπο για τη διεπαφή μεταξύ DTEs και DCEs που χρησιμοποιούν σειριακή δυαδική ανταλλαγή. Αυτό το πρότυπο είναι γνωστό ως RS232.

Τα διεθνή πρότυπα καθορίζονται από την επιτροπή Consultatif International Telephonique et Telegraphique (CCFIT), η οποία αποτελεί μέρος της United Διεθνής Ένωση Τηλεγραφικών Εθνών. Το CCFIT δημοσιεύει πρότυπα και συστάσεις, εκείνες για τη διαβίβαση δεδομένων που προθέρμανται από γράμματα V ή X. Το πρότυπο V24 είναι, για όλους τους πρακτικούς σκοπούς, ταυτόσημο με RS232. Τα επίπεδα σήματος που ορίζονται για τα RS232 και V24 είναι + 6V έως +12V και -6 V έως -12 V. Αυτά επιτρέπεται να εκφυλιστούν σε +3 V και -3 V στον δέκτη. Άλλα χαρακτηριστικά όπως η χωρητικότητα γραμμής και οι ταχύτητες άκρων καθορίζονται επίσης. Οι συνδέσεις γίνονται με υποδοχή τύπου 25 ακίδων D.

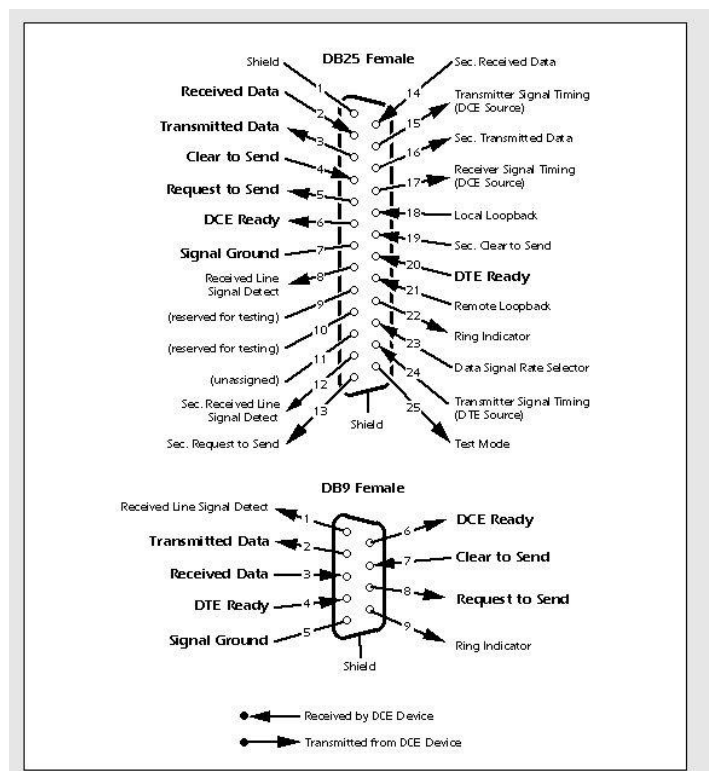
Αυτά είναι μόνο ένα υποσύνολο της πλήρους προδιαγραφής (το οποίο είναι ένα αρκετά μακρύ έγγραφο και πολύ βαρύ). Υπάρχουν πολλές κοινές πηγές προβλημάτων με το πρότυπο RS232. Το πρότυπο καλύπτει τη σύνδεση ενός DTE και ενός DCE. Σύνδεση ενός PLC και ενός εκτυπωτή συνδέει δύο DTEs. Θεωρητικά, ένα «null modem cable "που περιπλέκει σήματα όπως αυτά στις ακίδες 2 και 3 του 25-pin βύσματος (δεδομένα μετάδοσης και λήψης)

πρέπει να δουλεύουν, αλλά συνήθως δεν το κάνουν. Οι κατασκευαστές συνήθως εκχωρούν τις δικές τους, συχνά περίεργες, ιδέες για την κατανομή των ακίδων. Πολλοί κατασκευαστές εκτυπωτών, για παράδειγμα, χρησιμοποιήστε τον ακροδέκτη 2 για να λάβουν δεδομένα και να κάνουν τον εκτυπωτή ένα DCE. Ακόμη και η IBM χρησιμοποιεί έναν ακροδέκτη D τύπου 9 ακίδων (και όχι το πρότυπο 25 ακροδέκτες) για συνδέσεις RS232 στην περιοχή AT των υπολογιστών. Δεν είναι άγνωστο για ένα "συμβατό όργανο RS232" να έχει μόνο δύο συνδέσεις (που αντιστοιχούν στις ακίδες 2 και 7 στο DTE). Μια τέτοια συσκευή δεν μπορεί να έχει καθόλου έλεγχο ροής δεδομένων.

Το "συμβατό RS232" σημαίνει σχεδόν πάντα μια παρατεταμένη περίοδο με ένα breakout box ή έναν αναλυτή γραμμής (και οι δύο βασικοί εξοπλισμοί για χρήση με σειριακούς συνδέσμους) και μια συλλογή από βύσματα / πρίζες (Parr, 2003).



Εικόνα 9: RS-232 για DTE συσκευή [Reproduced from (Τσοπανάκης, 2014)]



Εικόνα 10: RS-232 για DCE συσκευή [Reproduced from (Τσοπανάκης, 2014)]

4.3 Πρωτόκολλο Profibus

Αρχικά, το PROFIBUS προοριζόταν να είναι ο ανταγωνιστής του πρωτοκόλλου Modbus και του πρωτοκόλλου DH + της Allen-από τη SIEMENS. Το PROFIBUS αρχικά συμπεριλήφθηκε ως τύπος 3 του IEC 61158 και τώρα είναι το CPF 3 που περιλαμβάνει όλες τις παραλλαγές καλωδίωσης του PROFIBUS και PROFINET.

- PROFIBUS-DP:** Αρχικά, ως PROFIBUS ορίστηκε ως PROFIBUS-DP και είχε ένα Application Layer που ακολούθησε ένα πλέον παραωχημένο πρότυπο που ονομάζεται MMS (Manufacturing Messaging Προσδιορισμός). Αργότερα, ο Οργανισμός PROFIBUS εγκατέλειψε τις απαιτήσεις για το Layer Application και ανέπτυξε ένα API απευθείας στο Layer Link Data για αποδοτικότητα. Το PROFIBUS-DP είναι ένα από τα πιο διαδεδομένα δίκτυα βιομηχανικής αυτοματοποίησης.

Όπως πολλά άλλα πρωτόκολλα PLC, το PROFIBUS-DP χρησιμοποιεί μεταφορές καταχωρητών. Το PROFIBUS-DP ορίζεται ως πρωτόκολλο διαύλου συμβολοσειράς. Το πραγματικό πρωτόκολλο που χρησιμοποιείται είναι master / slave. Ο μηχανισμός διέλευσης συμβόλων χρησιμοποιείται μόνο για τον καθορισμό του master μεταξύ δύο ή περισσότερων PLC, δεδομένου ότι ο διάλογος επιτρέπει μόνο έναν master κάθε φορά.

Οι υποτελείς συσκευές στο δίκτυο PROFIBUS είναι συνήθως RTU ή ζεύκτες για άλλα πρωτόκολλα όπως το PROFIBUS-PA ή το AS-i.

Η συνήθης εφαρμογή του PROFIBUS χρησιμοποιεί EIA / TIA 485 σε πλήρως διπλή STP (Θωρακισμένη συνεστραμμένη ζεύξη). Η ταχύτητα μεταφοράς δεδομένων ποικίλλει ανάλογα με το μήκος της γραμμής. Για μήκος γραμμής μικρότερο από 3 μέτρα, ο ρυθμός μεταφοράς ορίζεται συνήθως σε 10 Mbps. Για μεγαλύτερα μήκη γραμμών, ο ρυθμός μεταφοράς ορίζεται συνήθως ως 9600 bps. Υπάρχει μια ποικιλία οπτικών καλωδίων που προσφέρονται από ορισμένους προμηθευτές για να λειτουργούν σε υψηλότερες ταχύτητες.

- **PROFIBUS-PA:** Το PROFIBUS-PA σχεδιάστηκε για εφαρμογές ελέγχου της διαδικασίας και χρησιμοποιεί το ίδιο Physical Layer όπως το Foundation Fieldbus H1, 31,25 kbps, κωδικοποιημένο σε θωρακισμένο καλώδιο και υποστηρίζει εγγενώς ασφαλή όργανα πεδίου. Σε αντίθεση με το H1, το Data Link και όλα τα υψηλότερα επίπεδα καθορίζονται από την προδιαγραφή PROFIBUS. Τα όργανα PROFIBUS-PA μπορούν να ρυθμιστούν με τέτοιο τρόπο ώστε να εκτελούν υπολογισμούς όπως εξομάλυνση, γραμμικοποίηση, μετατροπή μηχανικών μονάδων και έλεγχος ορίου συναγερμού. Δεν υπάρχουν πρότυπα για αυτές τις λειτουργίες, κάθε πωλητής καθορίζει το δικό τους σύνολο λειτουργιών. Όλες οι συναλλαγές ελέγχονται αυστηρά από τον κεντρικό υπολογιστή και τον υπολογιστή επομένως, δεν υπάρχει έλεγχος βρόχου ανατροφοδότησης στη συσκευή πεδίου (Budampati & Kolavennu, 2015).

Κάθε κατασκευαστής master συσκευών σε δίκτυα Profibus παρέχει ένα εργαλείο για τη δημιουργία του αρχείου της βάσης δεδομένων. Γενικά αν μάθει κάποιος χρήστης να χρησιμοποιεί κάποιο εργαλείο ενός συγκεκριμένου κατασκευαστή, τότε εύκολα μπορεί να χρησιμοποιήσει και οποιοδήποτε άλλο, αφού όλα τα εργαλεία για configuration Profibus μοιράζονται παρόμοιες λειτουργίες (International Society of Automation, n.d.).

Ένα τέτοιο εργαλείο για κυκλική λειτουργία I/O δεδομένων πρέπει να έχει τη δυνατότητα να πραγματοποιεί τα ακόλουθα :

- Να δέχεται GSD αρχεία (δηλαδή αρχεία που να περιγράφουν την αντίστοιχη λειτουργία).
- Να επιτρέπουν την συγκεκριμενοποίηση των δεδομένων εισόδου και εξόδου ανάμεσα σε master και slaves συσκευές.
- Να επιτρέπουν την επιλογή του Baud rate του συστήματος.

Ένας κατασκευαστής μίας συσκευής slave αναπτύσσει ένα αρχείο GSD που περιγράφει κατά κάποιο τρόπο τη συσκευή. Αυτό το αρχείο περιγράφει πλήρως τις λειτουργίες της συσκευής σε ότι αφορά το Profibus π.χ. τι baud rate υποστηρίζει, πιθανά δεδομένα εισόδου / εξόδου ή κάποιες αρχικές παραμέτρους επιλογής.

Όταν όλα τα επιθυμητά GSD αρχεία έχουν γίνει install, τότε μπορεί να προσδιοριστεί ένα πλήρες σύστημα διαύλου επικοινωνίας. Αρχικά επιλέγεται η κατάλληλη master συσκευή και της ανατίθεται μία Profibus διεύθυνση. Στην συνέχεια επιλέγεται μία slave συσκευή, στην οποία ανατίθεται επίσης μία άλλη διεύθυνση. Προσδιορίζονται τα δεδομένα που θα ανταλλάσσονται και οι κατάλληλες παράμετροι για την λειτουργία της συσκευής. Έπειτα φορτώνεται αυτή η βάση δεδομένων στη master συσκευή. Ο κάθε κατασκευαστής έχει τον δικό του μηχανισμό φόρτωσης στην συσκευή.

5. Ανάλυση προγράμματος εγκατάστασης

5.1 Τα μέρη που αποτελούν την γεμιστική – κλειστική – ετικεταριστική μηχανή και την διασύνδεση της δεξαμενής ανάδευσης με το PLC

Στο κεφάλαιο αυτό αναλύεται η λειτουργία της αυτόματης γεμιστικής - κλειστικής - ετικεταριστικής μηχανής με χρήση ενός PLC S7-1200 και μιας HMI “KTP 1000 colour”. Τα μέρη που αποτελούν την μηχανή είναι:

- Το τραπέζι τροφοδοσίας “ZX” το οποίο τροφοδοτεί με άδεια δοχεία την μηχανή.
- Το κύριο σώμα της μηχανής που αποτελείται απο:
 1. Μια θέση για αποστείρωση του δοχείου με λάμπα UV ακτινοβολίας
 2. Μια θέση με ζυγαριά για πλήρωση του δοχείου
 3. Μια θέση εναπόθεσης του καπακιού με τη βοήθεια δονητικού συστήματος
 4. Μια θέση βιδώματος του καπακιού
- Την ταινία εξόδου πάνω στην οποία είναι τοποθετημένη η ετικετέζα για την τοποθέτηση της ετικέτας στο μπουκάλι.

Το τραπέζι τροφοδοσίας αποτελείται από ένα μοτέρ για την κίνηση της ταινίας και από ένα έμβολο “ZX” το οποίο σπρώχνει τα δοχεία προς τη μηχανή.

Η μηχανή δεν προωθεί τα δοχεία με την βοήθεια ταινίας αλλά με την βοήθεια μιας “κάμας” δηλαδή εμβόλου που προωθεί τα δοχεία κατά μια θέση στη μηχανή με κάθε κίνησή του. Σε κάθε θέση της μηχανής υπάρχουν φωτοκύταρρα για να ανιχνεύουν την ύπαρξη δοχείου στην εκάστοτε θέση.

Η θέση αποστείρωσης των δοχείων αποτελείται από μία λάμπα UV η οποία εισέρχεται στο δοχείο με τη βοήθεια ενός εμβόλου πάνω στο οποίο είναι στηριγμένη η λάμπα.

Η θέση ζύγισης αποτελείται από μία δυναμοκυψέλη που αντιλαμβάνεται το βάρος του δοχείου κάθε στιγμή και το μεταφέρει σε ένα ζυγιστήριο. Το ζυγιστήριο βγάζει συγκεκριμένα setpoints που οδηγούνται σε ψηφιακές εισόδους του PLC. Η γεμιστική μηχανή εκκενώνει στο δοχείο την κατάλληλη ποσότητα υγρού μέσω μιας αντλίας της οποίας οι στροφές ρυθμίζονται από ένα inverter. Σταματάει αυτόματα όταν πιάσει το σωστό βάρος-στόχο και το ζυγιστήριο δώσει σήμα στο PLC να σταματήσει την πλήρωση του δοχείου.

Η θέση εναπόθεσης καπακιού στο δοχείο αποτελείται από ένα δονητικό σύστημα που μεταφέρει τα καπάκια πάνω από το δοχείο μέσω ενός διαδρόμου. Μόλις το δοχείο είναι στην

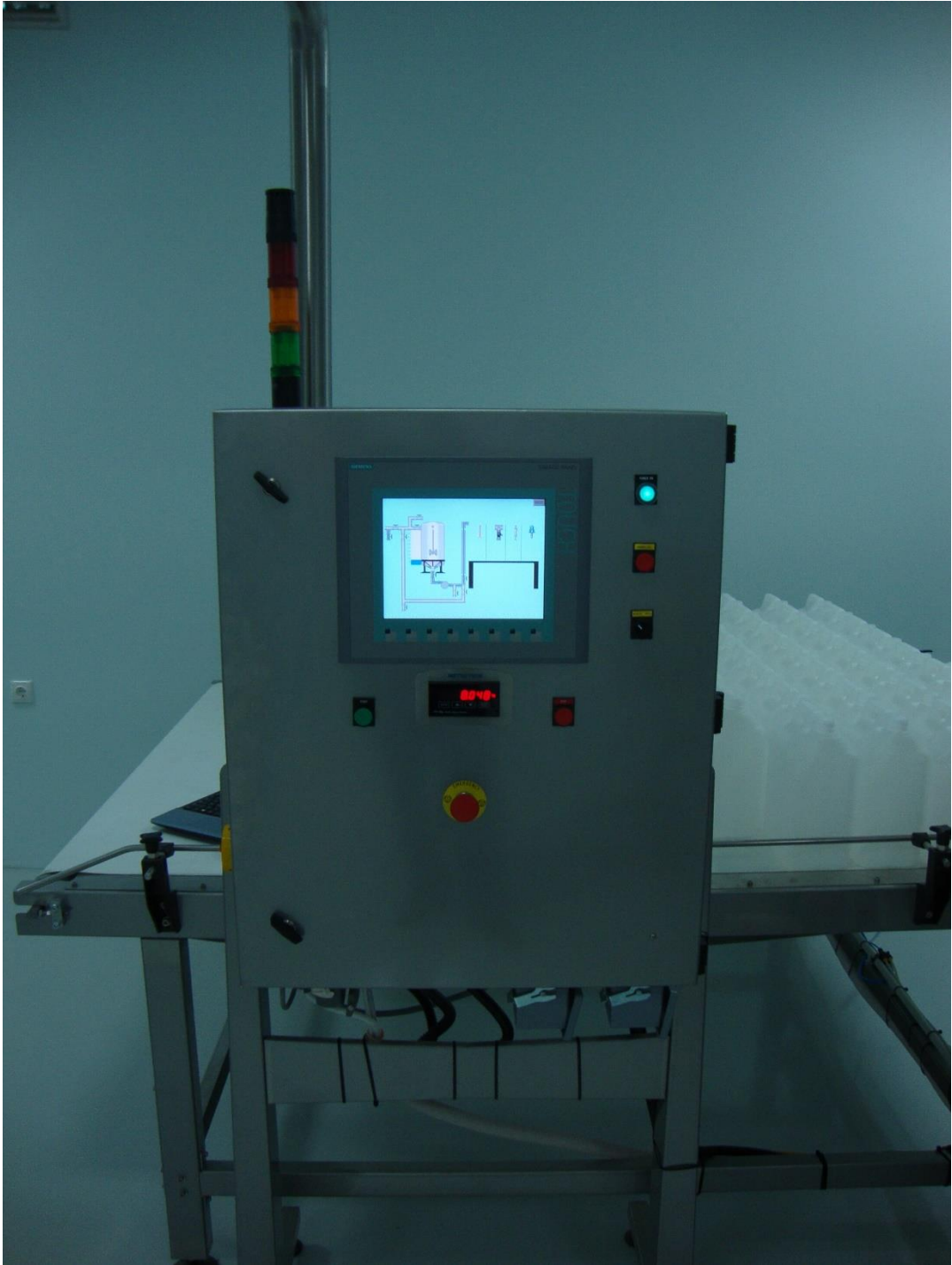
θέση εναπόθεσης καπακιού, ένα έμβολο σπρώχνει το καπάκι από την πάνω μεριά και το τοποθετεί στο δοχείο.

Η θέση βιδώματος αποτελείται από ένα αερόκλειδο και ένα έμβολο. Μόλις το φωτοκύτταρο ανιχνεύσει δοχείο στην θέση βιδώματος, το αερόκλειδο κατεβαίνει με τη βοήθεια του εμβόλου και περιστρέφεται έτσι ώστε να βιδώσει το καπάκι στο δοχείο.

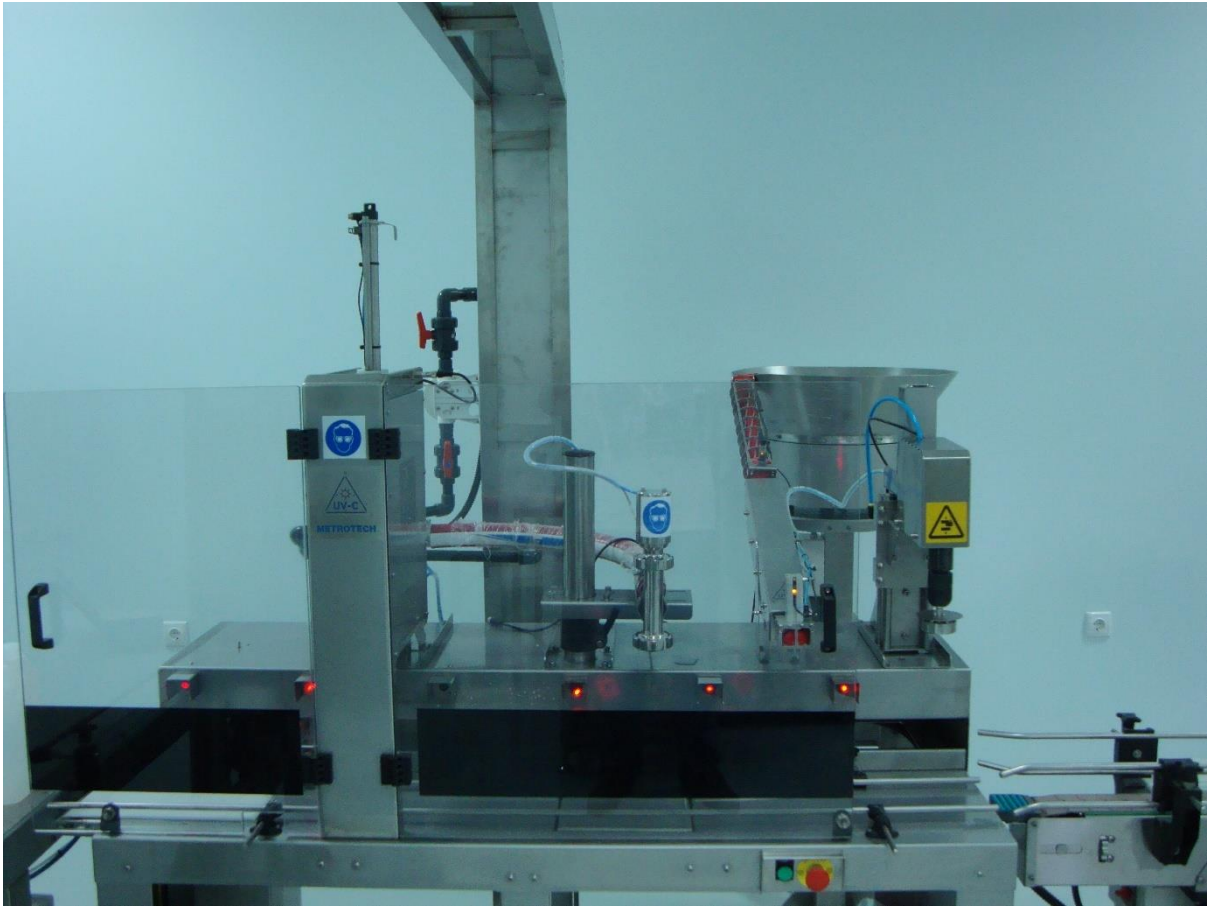
Η ετικετέζα αποτελείται από ένα 24VDC motor και δύο φωτοκύτταρα. Μόλις το ένα φωτοκύτταρο ανιχνεύσει το δοχείο, τότε δίνει εντολή στον κινητήρα να δώσει μία ετικέτα. Ένα φωτοκύτταρο τύπου πέταλο ανιχνεύει το κενό που υπάρχει μεταξύ δύο διαδοχικών ετικετών και δίνει εντολή να σταματήσει η προώθηση της ετικέτας.

Επιπρόσθετα για την υλοποίηση του όλου project χρησιμοποιήθηκαν:

1. Ένας εκτυπωτής “EPSON LX-300” για την εκτύπωση των στατιστικών στοιχείων (βάρος παρτίδας, χρόνος ανάμειξης, θερμοκρασία, ταχύτητα ανάμειξης κτλ κτλ)
2. Ένα ζυγιστήριο M5 από την εταιρία “Μαυρίδης”
3. 2 κάρτες επέκτασης 16 ψηφιακών εισόδων και 16 ψηφιακών εξόδων για το PLC, 16DI/16DO
4. Μία κάρτα “CM1245-5 PROFIBUS DP MASTER” για την επικοινωνία του ζυγιστηρίου της δεξαμενής ανάδευσης με το PLC (η επικοινωνία έγινε με πρωτόκολλο PROFIBUS)
5. Μία κάρτα σειριακής επικοινωνίας RS-232, “CM1241 RS-232” για την επικοινωνία του PLC με τον εκτυπωτή.
6. Επίσης το συγκεκριμένο μοντέλο PLC δέχεται αναλογική είσοδο χωρίς κάρτα επέκτασης και χρησιμοποιήθηκε αναλογικό αισθητήριο για τον έλεγχο της θερμοκρασίας μέσα στην δεξαμενή κατά την ανάδευση του διαλύματος.
7. Ένας ρυθμιστής στροφών (inverter) SINUS, για την ρύθμιση των στροφών της αντλίας με σκοπό να επιτευχθεί η επιθυμητή ταχύτητα πλήρωσης αλλά και ακρίβεια στη ζύγιση. Αυτός ο ρυθμιστής στροφών βρίσκεται στον πίνακα αυτοματισμού της μηχανής.
8. Ένας ρυθμιστής στροφών (inverter) SINUS, για την ρύθμιση της ταχύτητας της ταινίας εξόδου. Η ρύθμιση της ταχύτητας της ταινίας εξόδου είναι απαραίτητη επειδή το μοτέρ που δίνει την ετικέτα δεν έχει ρύθμιση στροφών. Αυτός ο ρυθμιστής στροφών βρίσκεται στο σώμα της ετικετέζας.



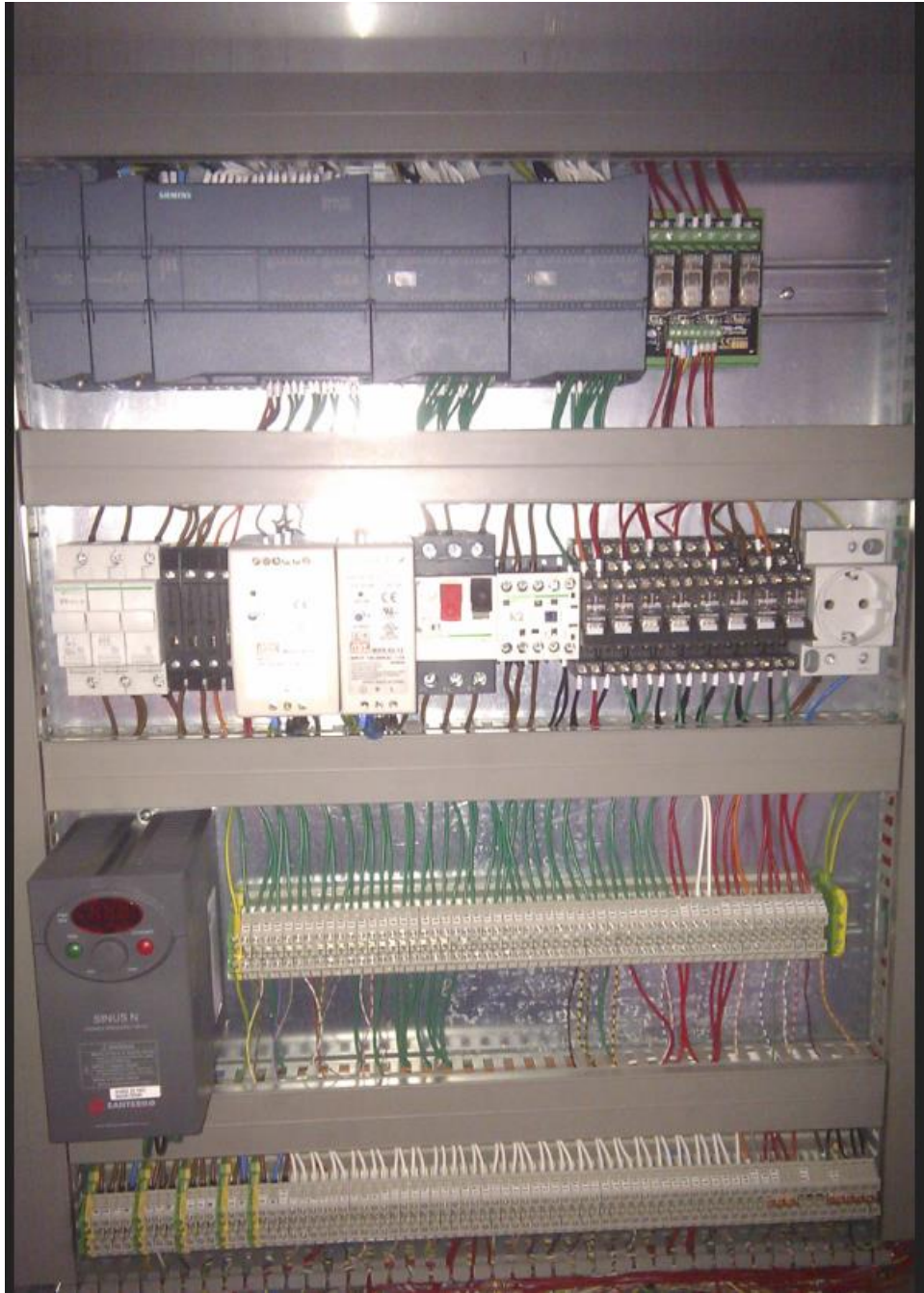
Εικόνα 11: Πίνακας αυτοματισμού



Εικόνα 12: Γεμιστική – κλειστική μηχανή



Εικόνα 13: Γεμιστική – κλειστική μηχανή, ταινία εξόδου, διάταξη ετικετέζας



Εικόνα 14: Εσωτερικό πίνακα αυτοματισμού

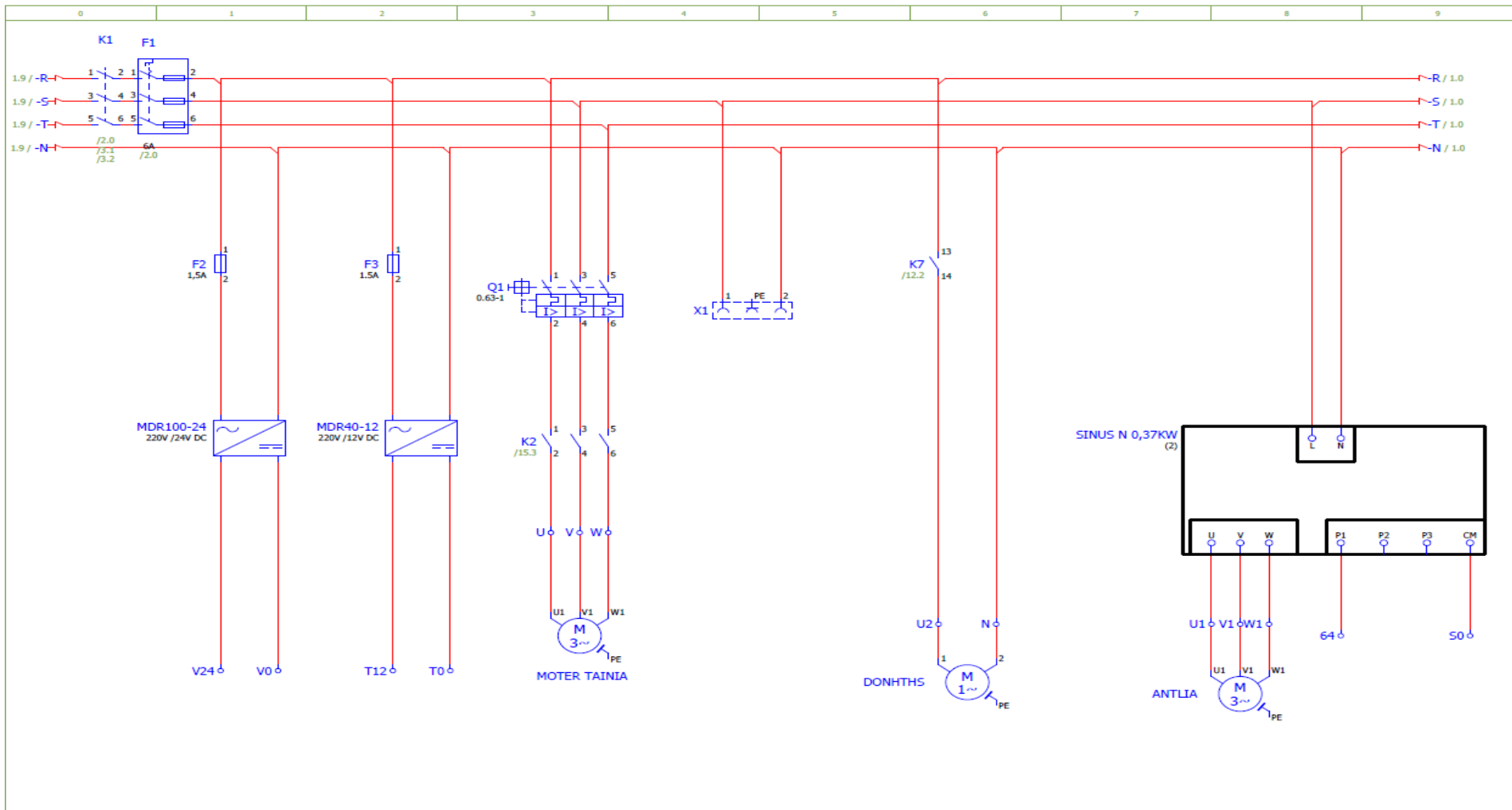
5.2 Ηλεκτρολογικό σχέδιο μηχανής

Στη συνέχεια παρουσιάζονται ενδεικτικά μερικές σελίδες από το ηλεκτρολογικό σχέδιο του κυκλώματος που υλοποιήθηκε με χρήση του λογισμικού E-Plan.

Στις Εικόνες 15 και 16 φαίνεται το κύκλωμα ισχύος της μηχανής. Η μηχανή τροφοδοτείται με τριφασικό ρεύμα. Έχει ένα τροφοδοτικό 24VDC και ένα τροφοδοτικό 12VDC το οποίο χρησιμοποιείται για την τροφοδοσία των ράουλων που βρίσκεται στην αρχή της μηχανής ακριβώς μετά το τραπέζι τροφοδοσίας δοχείων. Επίσης με 380V τροφοδοτείται το μοτέρ για την κίνηση της ταινίας τροφοδοσίας. Με 220V τροφοδοτούνται τα 2 inverters, η λάμπα UV και το δονητικό στοιχείο για τα καπάκια.

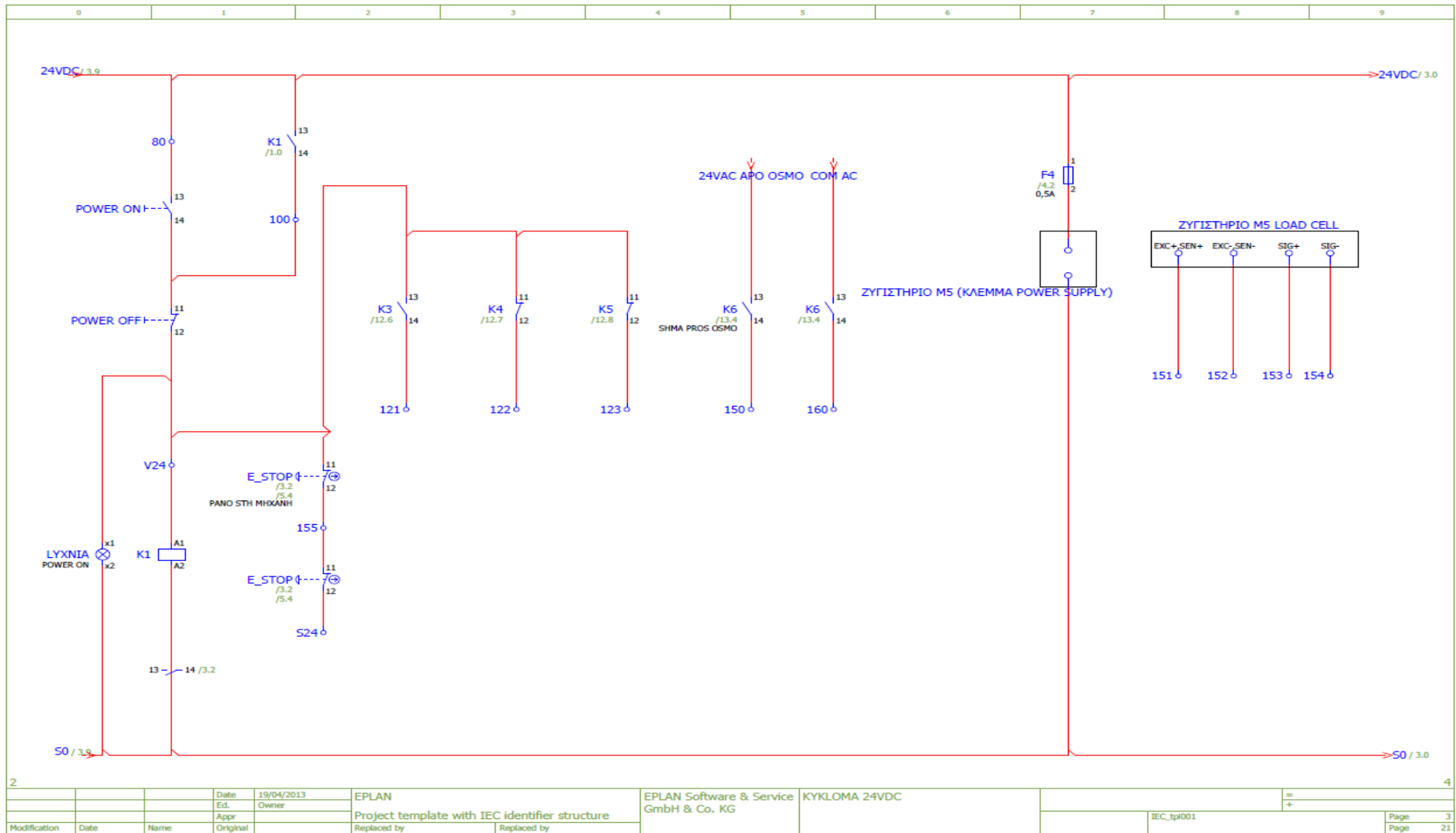
Στην Εικόνα 17 παρουσιάζεται το κύκλωμα αυτοματισμού 24VDC της μηχανής. Σε αυτό γίνεται η αυτοσυγκράτηση του κυκλώματος αυτοματισμού. Η αυτοσυγκράτηση είναι απαραίτητη έτσι ώστε σε μια πιθανή διακοπή του ρεύματος να κλείσει το κύκλωμα αυτοματισμού του πίνακα και να μην είναι δυνατόν να ξαναξεκινήσει η λειτουργία του μηχανήματος αυτόματα με την επαναφορά του ρεύματος. Επίσης παρουσιάζεται η σύνδεση του ζυγιστηρίου με την δυναμοκυψέλη. Τέλος, παρουσιάζεται η ανταλλαγή ψηφιακών σημάτων που γίνεται μεταξύ του PLC και του κυκλώματος αυτοματισμού της δεξαμενής ανάδευσης (ρελέ K6).

Στις Εικόνες 18 και 19 παρουσιάζεται ένα τυπικό ηλεκτρολογικό σχέδιο μονάδων εισόδου και εξόδου ενός PLC. Στα διαγράμματα αυτά φαίνεται το όνομα του αισθητηρίου/ενεργοποιητή, σε ποια είσοδο ή έξοδο του PLC συνδέεται καθώς και το είδος του αισθητηρίου/ενεργοποιητή (φωτοκύτταρο, επαγωγικό αισθητήριο, ρελέ, μοτέρ κτλ).

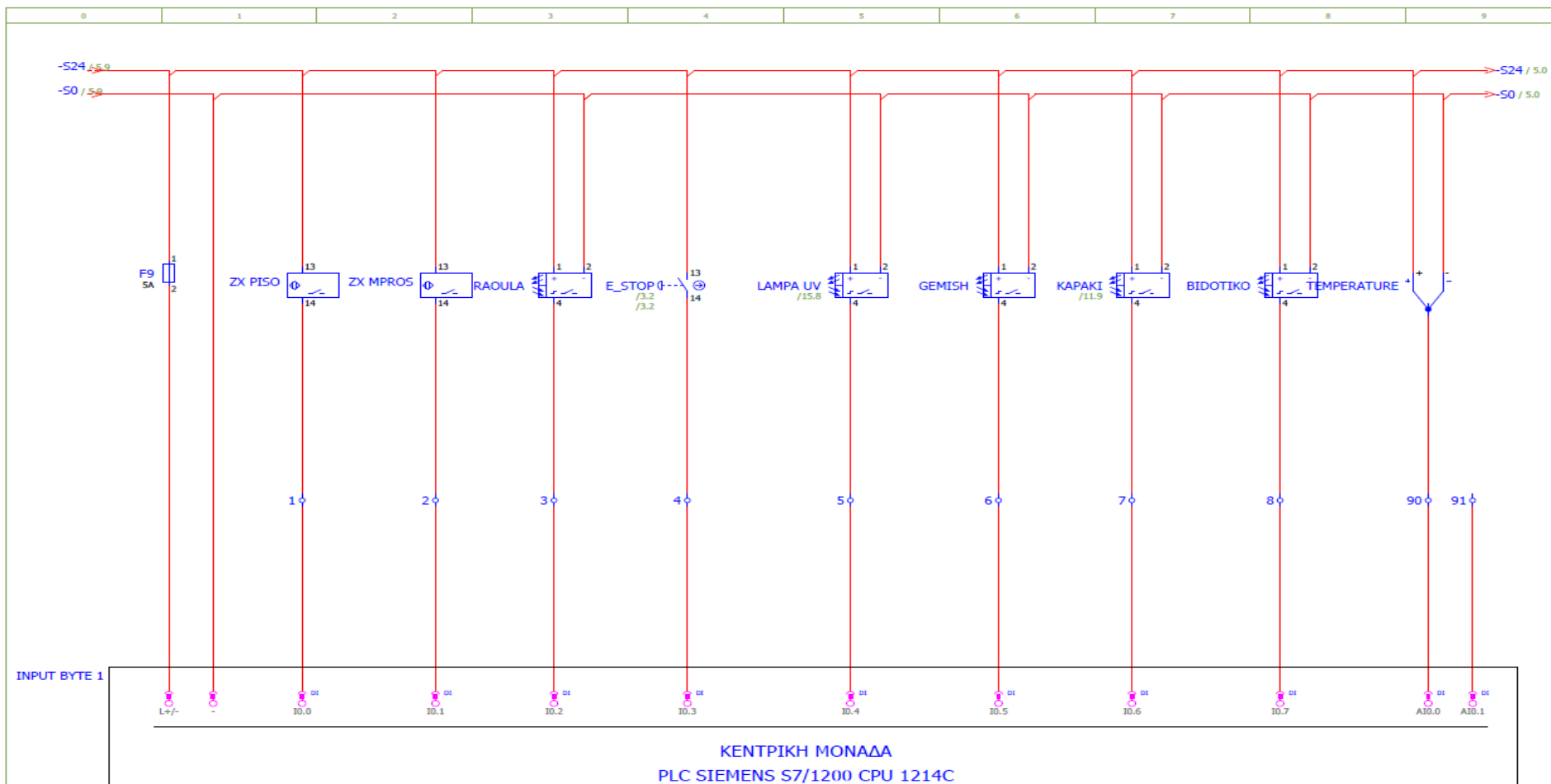


		Date	05/03/2013	EPLAN	EPLAN Software & Service	KYKLOMA ISXYOS	=		
		Ed.	Owner		GmbH & Co. KG		+		
		Appr		Project template with IEC identifier structure				IEC_tp001	Page 1
Modification	Date	Name	Original	Replaced by	Replaced by				Page 21

Εικόνα 15: Κύκλωμα ισχύος

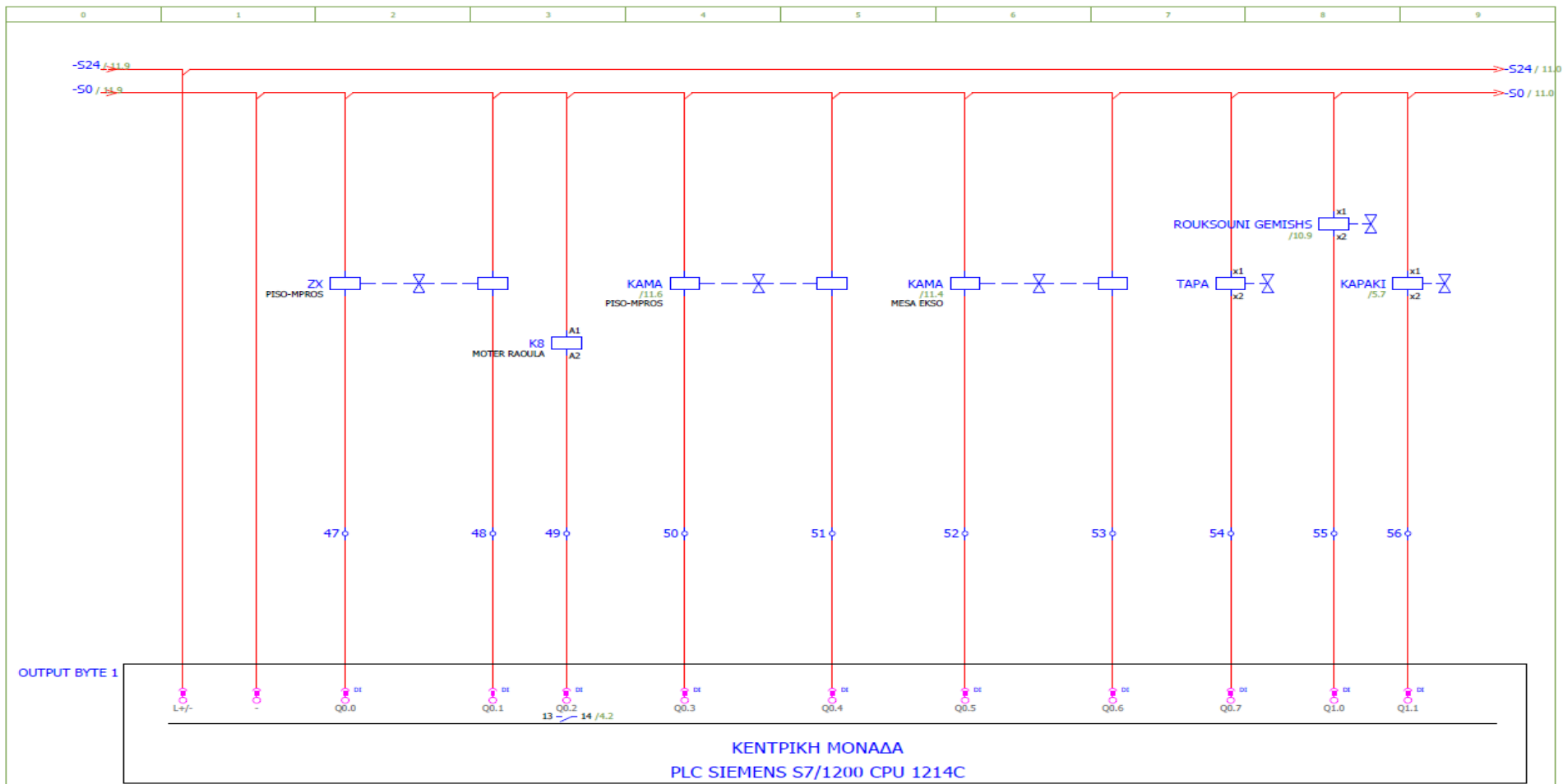


Εικόνα 17: Κύκλωμα αυτοματισμού 24VDC



4				6	
Date	01/03/2013	EPLAN	EPLAN Software & Service GmbH & Co. KG	PLC INPUT 1	=
Ed.	Owner	Project template with IEC identifier structure			+
Appr.		Replaced by	Replaced by		
Modification	Date	Name	Original	IEC_tpl001	Page 5
					Page 21

Εικόνα 18: Διάγραμμα εισόδων PLC



10										12	
Date	05/01/2015	EPLAN	EPLAN Software & Service GmbH & Co. KG	PLC OUTPUT 1	=						
Ed.	Giannis	Project template with IEC identifier structure			+						
Appr.		Replaced by	Replaced by			IEC_tpl001	Page	11			
Modification	Date	Name	Original				Page	21			

Εικόνα 19: Διάγραμμα εξόδων PLC

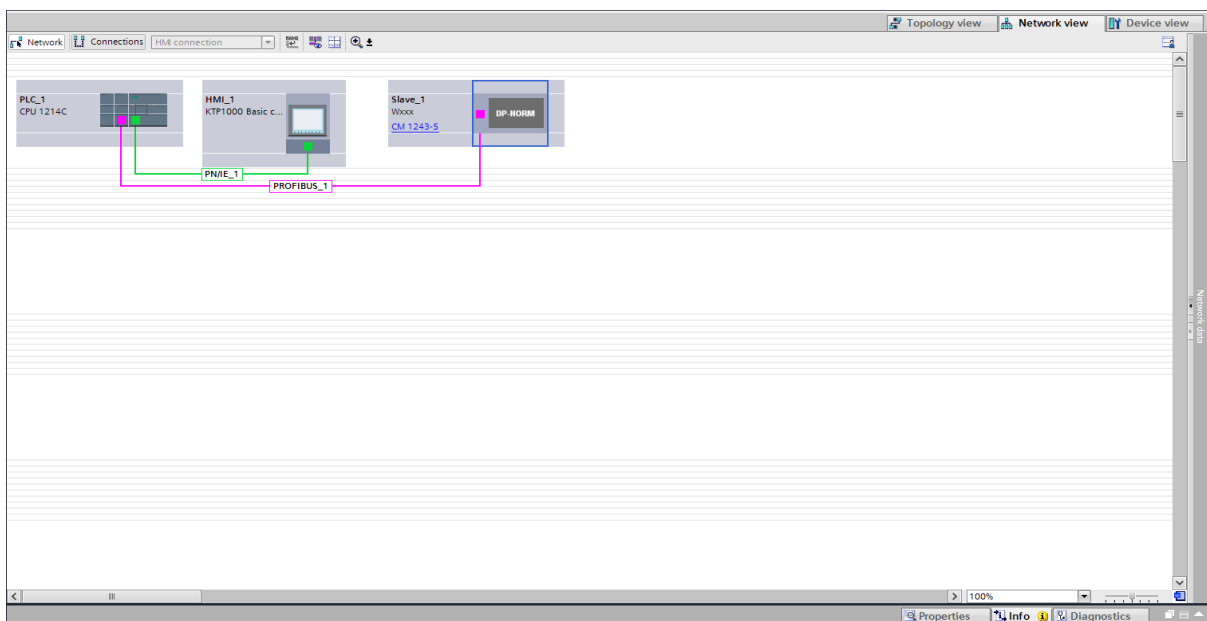
5.3 Δημιουργία hardware configuration με το TIA PORTAL

Το πρόγραμμα που υλοποιεί τον έλεγχο της μηχανής, δημιουργήθηκε με το λογισμικό TIA Portal. Η ανάλυση του προγράμματος περιγράφεται παρακάτω.

Αρχικά γίνεται η επιλογή του hardware configuration που θα χρησιμοποιηθεί για τη λειτουργία της μηχανής, στο επίπεδο του TIA portal. Το hardware configuration αποτελείται από τα εξής modules:

- PLC S7-1200, με κωδικό CPU 1214C.
- HMI KTP 1000 basic colour PN.
- Module επέκτασης για την επικοινωνία με RS232 με τον εκτυπωτή με κωδικό CM1241 RS232.
- Module επέκτασης για την επικοινωνία του PLC με τον ενδείκτη μέσω Profibus με κωδικό CM 1243-5 PROFIBUS DP MASTER.
- Τον ενδείκτη βάρους της δεξαμενής ανάδευσης Ιταλικής κατασκευής, του οποίου έχει γίνει install το κατάλληλο gsd file για να εμφανίζεται στο κατάλογο του hardware configuration του TIA portal.

Όλα τα παραπάνω φαίνονται στο «network view»



Εικόνα 20: Hardware configuration στο TIA PORTAL

Στο δεξί μέρος του Network view (Εικόνα 20) φαίνεται ο ενδείκτης βάρους της δεξαμενής με το όνομα Slave_1, στο κέντρο φαίνεται η HMI, και αριστερά το PLC S7-1200 μαζί με τα δύο modules επικοινωνίας. Η πράσινη γραμμή δείχνει την σύνδεση Profinet η ροζ γραμμή την σύνδεση Profibus μεταξύ PLC (συγκεκριμένα module CM 1243-5) και ενδείκτη βάρους.

5.4 Δημιουργία των tag tables σε PLC και HMI

Μετά την επιλογή του hardware configuration, δημιουργούμε το PLC tag table με όλες τις μεταβλητές που θα χρησιμοποιήσουμε στο πρόγραμμα (Εικόνα 21). Σε αυτόν τον πίνακα μπορούν να δοθούν και ονόματα στις μεταβλητές έτσι ώστε να είναι πιο φιλικές για τον προγραμματιστή κατά την διάρκεια της ανάπτυξης του προγράμματος καθώς και κατά τη διαδικασία του debugging.

Name	Tag table	Data type	Address	Retain	Visible	Access	Comment
ZK PISO	Default tag table	Bool	%E0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
ZK MPROS	Default tag table	Bool	%E0.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
FK RAOULA	Default tag table	Bool	%E0.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
E_STOP	Default tag table	Bool	%E0.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
FK LAMPA UV	Default tag table	Bool	%E0.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
FK GEMSH	Default tag table	Bool	%E0.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
FK KAPAKI	Default tag table	Bool	%E0.6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
FK BIDOTIKO	Default tag table	Bool	%E0.7	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
FK ETIKETEZA	Default tag table	Bool	%E1.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
PETALO	Default tag table	Bool	%E1.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
KAPAKI PANO	Default tag table	Bool	%E1.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
KAPAKI KATO	Default tag table	Bool	%E1.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
SKAFH MESA	Default tag table	Bool	%E1.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
FK STATHM KAPAKION	Default tag table	Bool	%E1.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
DEN KATEBHKH H LAMPA UV	Default tag table	Bool	%E2.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
FK BLOCKED EXIT	Default tag table	Bool	%E2.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
SP1 (SPEED 1)	Default tag table	Bool	%E2.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
SP2 (SPEED 2)	Default tag table	Bool	%E2.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
SP3 (TELOS GEMSHS)	Default tag table	Bool	%E2.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
SP4 (TAPA)	Default tag table	Bool	%E2.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
TR3 MKSER	Default tag table	Bool	%E2.6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
TR3 BUFFER	Default tag table	Bool	%E2.7	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
V2 OPEN	Default tag table	Bool	%E3.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
V2 CLOSED	Default tag table	Bool	%E3.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
TR1 SPRAY BALL	Default tag table	Bool	%E3.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
TR1 MKSER	Default tag table	Bool	%E3.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
V3 OPEN	Default tag table	Bool	%E3.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
V3 CLOSED	Default tag table	Bool	%E3.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
TR2 GEMSTIKO	Default tag table	Bool	%E3.6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
TR2 ANAKUKLOSH	Default tag table	Bool	%E3.7	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
KAMA PISO	Default tag table	Bool	%E4.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
KAMA MPROS	Default tag table	Bool	%E4.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
KAMA MESA	Default tag table	Bool	%E4.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	

Εικόνα 21: PLC tag table

Στη συνέχεια υλοποιείται η δημιουργία του HMI tag table, με τις μεταβλητές που χρησιμοποιούνται για τη λειτουργία της HMI καθώς και η δήλωση με ποιες μεταβλητές του PLC tag table συνδέονται (Εικόνα 22).

Name	Tag table	Data type	Connection	PLC name	PLC tag	Address	Access mode	Acquisition cycle	Comment
ALARM BLOCK 1	Default tag table	Word	HMI_connection	PLC_1	Data_block_1,"ALARM BL...		<symbolic access>	1 s	
ALARM BLOCK 2	Default tag table	Word	HMI_connection	PLC_1	Data_block_1,"ALARM BL...		<symbolic access>	1 s	
ANTLIA GO	Default tag table	Bool	HMI_connection	PLC_1	"ANTLIA GO"		<symbolic access>	1 s	
ARITHMIOS PARTIDAS	Default tag table	Int	HMI_connection	PLC_1	Data_block_1,"ARITHMO...		<symbolic access>	1 s	
BAROS APO ZYGISTIRO	Default tag table	DInt	HMI_connection	PLC_1	Data_block_1,"BAROS AP...		<symbolic access>	1 s	
BAROS PARTIDAS	Default tag table	DInt	HMI_connection	PLC_1	Data_block_1,"BAROS PA...		<symbolic access>	1 s	
BIDOMA GO	Default tag table	Bool	HMI_connection	PLC_1	"BIDOMA GO"		<symbolic access>	1 s	
Data_block_1,"BAROS DISINFEC...	Default tag table	DInt	HMI_connection	PLC_1	Data_block_1,"BAROS DI...		<symbolic access>	1 s	
Data_block_1,"BAROS DM APO ...	Default tag table	DInt	HMI_connection	PLC_1	Data_block_1,"BAROS D...		<symbolic access>	1 s	
Data_block_1,"BAROS WASHIN...	Default tag table	DInt	HMI_connection	PLC_1	Data_block_1,"BAROS ...		<symbolic access>	1 s	
Data_block_1,"MKSER SPEED (1...	Default tag table	Int	HMI_connection	PLC_1	Data_block_1,"MKSER SP...		<symbolic access>	1 s	
Data_block_1,"XRONOS DISINF...	Default tag table	DInt	HMI_connection	PLC_1	Data_block_1,"XRONOS ...		<symbolic access>	1 s	
Data_block_1,"XRONOS DISINF...	Default tag table	DInt	HMI_connection	PLC_1	Data_block_1,"XRONOS ...		<symbolic access>	1 s	
DB_TIME_SYNC_TIME LOCAL RE...	Default tag table	DTL	HMI_connection	PLC_1	DB_TIME_SYNC,"TIME LO...		<symbolic access>	1 s	
DB_TIME_SYNC_TIME SYSTEM R...	Default tag table	DTL	HMI_connection	PLC_1	DB_TIME_SYNC,"TIME SY...		<symbolic access>	1 s	
DB_TIME_SYNC_TIME SYSTEM...	Default tag table	DTL	HMI_connection	PLC_1	DB_TIME_SYNC,"TIME SY...		<symbolic access>	1 s	
DIALYSATE PRODUCTION	Default tag table	Bool	HMI_connection	PLC_1	"DIALYSATE PRODUCTION"		<symbolic access>	1 s	
DOSE ARITHMO PARTIDAS	Default tag table	Bool	HMI_connection	PLC_1	"DOSE ARITHMO PARTID...		<symbolic access>	1 s	
DOSE BAROS PARTIDAS	Default tag table	Bool	HMI_connection	PLC_1	"DOSE BAROS PARTIDAS"		<symbolic access>	1 s	
DOSE MKSER SPEED	Default tag table	Bool	HMI_connection	PLC_1	"DOSE MKSER SPEED"		<symbolic access>	1 s	
DOSE REPEAT TIMES	Default tag table	Bool	HMI_connection	PLC_1	"DOSE REPEAT TIMES"		<symbolic access>	1 s	
DOSE XRONO ANAMKSHS	Default tag table	Bool	HMI_connection	PLC_1	"DOSE XRONO ANAMKSHS...		<symbolic access>	1 s	
EDOSE ARITHMO PARTIDAS	Default tag table	Bool	HMI_connection	PLC_1	"EDOSE ARITHMO PARTID...		<symbolic access>	1 s	

ID	Alarm text	Alarm class	Trigger tag	Trigg...	Trigger address	Acknowledg...	Ackn...	HMI acknowl...
<Add new>								

Εικόνα 22: HMI tag table

Στο δεξί μέρος της Εικόνας 22 υπάρχουν τρεις στήλες που έχουν σημασία. Η μία δείχνει τον τύπο της κάθε μεταβλητής. Στη συνέχεια υπάρχουν 2 στήλες που δείχνουν τη σύνδεση της μεταβλητής της HMI με μία από αυτές στο Tag_table του PLC. Πρακτικά μία αλλαγή στην κατάσταση της μεταβλητής της HMI συνεπάγεται αλλαγή στην συνδεδεμένη μεταβλητή από τη μεριά του PLC. Με αυτή την σύνδεση των μεταβλητών γίνεται και η επικοινωνία του PLC με την HMI.

5.5 Τα Data Blocks του προγράμματος

Τα data blocks χρησιμοποιούνται για την αποθήκευση δεδομένων που είναι πολύ χρήσιμα για το πρόγραμμα. Μερικές από τις μεταβλητές που είναι αποθηκευμένες στο Data_Block_1 του συγκεκριμένου προγράμματος είναι:

- Το βάρος που στέλνει μέσω Profibus ο ενδείκτης που είναι εγκατεστημένος στην δεξαμενή ανάδευσης.
- Διάφοροι χρόνοι που εισάγονται από την HMI και είναι σε μορφή DInt.
- Θερμοκρασία από το αισθητήριο θερμοκρασίας σε DInt.
- Θερμοκρασία σε μορφή Real.
- Τη συνολικό αριθμό ωρών που έχει λειτουργήσει η λάμπα UV.
- Οι μεταβλητές του Datablock_1 φαίνονται και στην εικόνα 23.

Name	Tag table	Data type	Connection	PLC name	PLC tag	Address	Access mode	Acquisition cycle	Comment
ALARM_BLOCK 1	Default tag table	Word	HM_connection	PLC_1	Data_block_1."ALARM BL...		<symbolic access>	1 s	
ALARM_BLOCK 2	Default tag table	Word	HM_connection	PLC_1	Data_block_1."ALARM BL...		<symbolic access>	1 s	
ANTLJA GO	Default tag table	Bool	HM_connection	PLC_1	"ANTLJA GO"		<symbolic access>	1 s	
ARITHMOS PARTIDAS	Default tag table	Int	HM_connection	PLC_1	Data_block_1."ARITHMO...		<symbolic access>	1 s	
BAROS APO ZYGISTIRIO	Default tag table	Dint	HM_connection	PLC_1	Data_block_1."BAROS AP...		<symbolic access>	1 s	
BAROS PARTIDAS	Default tag table	Dint	HM_connection	PLC_1	Data_block_1."BAROS PA...		<symbolic access>	1 s	
BIDOMA GO	Default tag table	Bool	HM_connection	PLC_1	"BIDOMA GO"		<symbolic access>	1 s	
Data_block_1."BAROS DISINFE...	Default tag table	Dint	HM_connection	PLC_1	Data_block_1."BAROS DI...		<symbolic access>	1 s	
Data_block_1."BAROS DM APO ...	Default tag table	Dint	HM_connection	PLC_1	Data_block_1."BAROS D...		<symbolic access>	1 s	
Data_block_1."BAROS WASHIN...	Default tag table	Dint	HM_connection	PLC_1	Data_block_1."BAROS W...		<symbolic access>	1 s	
Data_block_1."MKXSER SPEED (1...	Default tag table	Int	HM_connection	PLC_1	Data_block_1."MKXSER SP...		<symbolic access>	1 s	
Data_block_1."XRONOS DISINF...	Default tag table	Dint	HM_connection	PLC_1	Data_block_1."XRONOS ...		<symbolic access>	1 s	
Data_block_1."XRONOS DISINF...	Default tag table	Dint	HM_connection	PLC_1	Data_block_1."XRONOS ...		<symbolic access>	1 s	
DB_TIME_SYNC_TIME LOCAL RE...	Default tag table	DTL	HM_connection	PLC_1	DB_TIME_SYNC."TIME LO...		<symbolic access>	1 s	
DB_TIME_SYNC_TIME SYSTEMR...	Default tag table	DTL	HM_connection	PLC_1	DB_TIME_SYNC."TIME SY...		<symbolic access>	1 s	
DB_TIME_SYNC_TIME SYSTEM...	Default tag table	DTL	HM_connection	PLC_1	DB_TIME_SYNC."TIME SY...		<symbolic access>	1 s	
DIALYSATE PRODUCTION	Default tag table	Bool	HM_connection	PLC_1	"DIALYSATE PRODUCTION"		<symbolic access>	1 s	
DOSE ARITHMO PARTIDAS	Default tag table	Bool	HM_connection	PLC_1	"DOSE ARITHMO PARTID...		<symbolic access>	1 s	
DOSE BAROS PARTIDAS	Default tag table	Bool	HM_connection	PLC_1	"DOSE BAROS PARTIDAS"		<symbolic access>	1 s	
DOSE MKXSER SPEED	Default tag table	Bool	HM_connection	PLC_1	"DOSE MKXSER SPEED"		<symbolic access>	1 s	
DOSE REPEAT TIMES	Default tag table	Bool	HM_connection	PLC_1	"DOSE REPEAT TIMES"		<symbolic access>	1 s	
DOSE XRONO ANAMKSHS	Default tag table	Bool	HM_connection	PLC_1	"DOSE XRONO ANAMKSHS...		<symbolic access>	1 s	
EDOSE ARITHMO PARTIDAS	Default tag table	Bool	HM_connection	PLC_1	"EDOSE ARITHMO PARTID...		<symbolic access>	1 s	

ID	Alarm text	Alarm class	Trigger tag	Trigge...	Trigger address	Acknowledg...	Ackn...	HMI acknowl...
<add new>								

Εικόνα 23: Data_block_1

Στο δεύτερο data-block, το οποίο έχει όνομα «PRINT DATA BLOCK», αποθηκεύονται όλα τα δεδομένα που χρησιμοποιούνται στην εκτύπωση των στατιστικών στοιχείων.

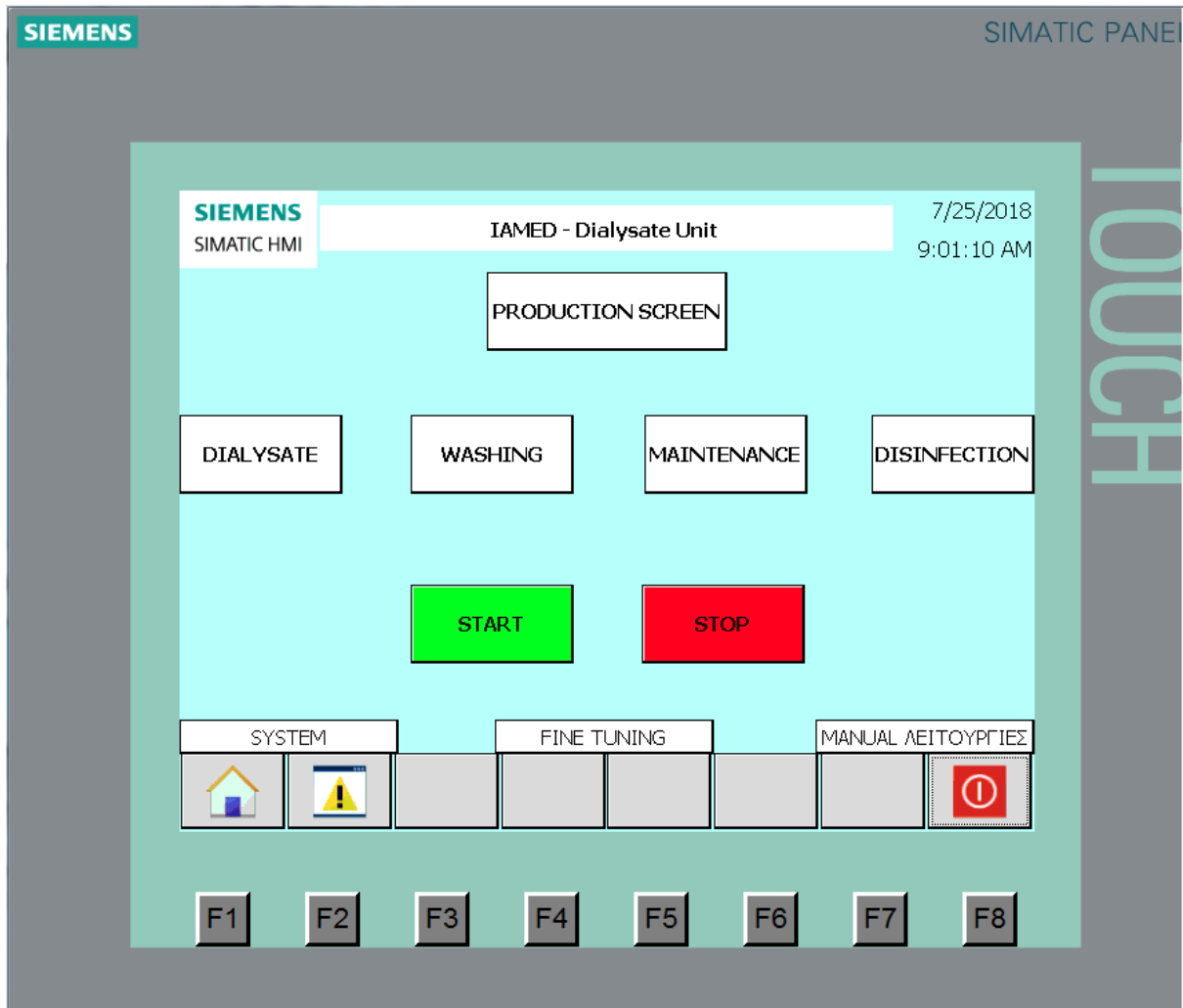
Στην εικόνα 24 φαίνονται όλες οι μεταβλητές που χρησιμοποιούνται για την δημιουργία του τελικού string εκτύπωσης. Θα φανεί στη συνέχεια της ανάλυσης του προγράμματος πως από όλες αυτές τις μεταβλητές, αυτή που τελικά θα εκτυπωθεί είναι το «String Ektypwsis» και σχεδόν όλες οι άλλες χρησιμοποιούνται βοηθητικά για τη δημιουργία αυτού.

PRINT DATA BLOCK									
Name	Data type	Offset	Start value	Retain	Accessible f...	Visible in ...	Setpoint	Comment	
1	Static								
2	START TIME	DTL	DTL#1970-01-01-4		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
3	STOP TIME	DTL	DTL#1970-01-01-4		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
4	BAROS PARTIDAS	Dint	400		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
5	TEMPERATURE	Dint	0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
6	ARITHMOS PARTIDAS	Int	1		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
7	BAROS PARTIDAS STR	String	"		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
8	TEMPERATURE STR	String	"		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
9	ARITHMOS PARTIDAS ...	String	"		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
10	LINE FEED	String	'\$RSL\$RSL'		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
11	CELCIUS	String	'C'		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
12	BAROS APO ZYGISTRI...	String	"		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
13	TEMPERATURE TEXT	String	'TEMPERATURE:'		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
14	DATE TEXT	String	'DATE:'		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
15	START TIME TEXT	String	'TIME STARTED:'		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
16	TIME ENDED TEXT	String	'TIME ENDED:'		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
17	BATCH NUMBER TEXT	String	'BATCH NUMBE...		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
18	WEIGHT GIVEN TEXT	String	'WEIGHT GIVEN:'		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
19	ACTUAL WEIGHT TEXT	String	'ACTUAL WEIG...		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
20	STRING EKTYPOSHS	String	"		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
21	START TIME STR	String	"		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
22	STOP TIME STR	String	"		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
23	START TIME HOUR STR	String	"		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
24	START TIME MINUTE STR	String	"		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
25	START TIME SECOND S...	String	"		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
26	STOP TIME HOUR STR	String	"		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
27	STOP TIME MINUTE STR	String	"		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
28	STOP TIME SECOND STR	String	"		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
29	STOP TIME YEAR STR	String	"		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
30	STOP TIME MONTH STR	String	"		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
31	STOP TIME DAY STR	String	"		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
32	: TEXT STR	String	"		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
33	DATE STR	String	"		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		

Εικόνα 24: Print data block

5.6 Διαμόρφωση των Screens της HMI

Στη συνέχεια γίνεται η διαμόρφωση και η παραμετροποίηση της κάθε screen (οθόνης) ξεχωριστά, που εμφανίζεται στο χρήστη μέσω της HMI.

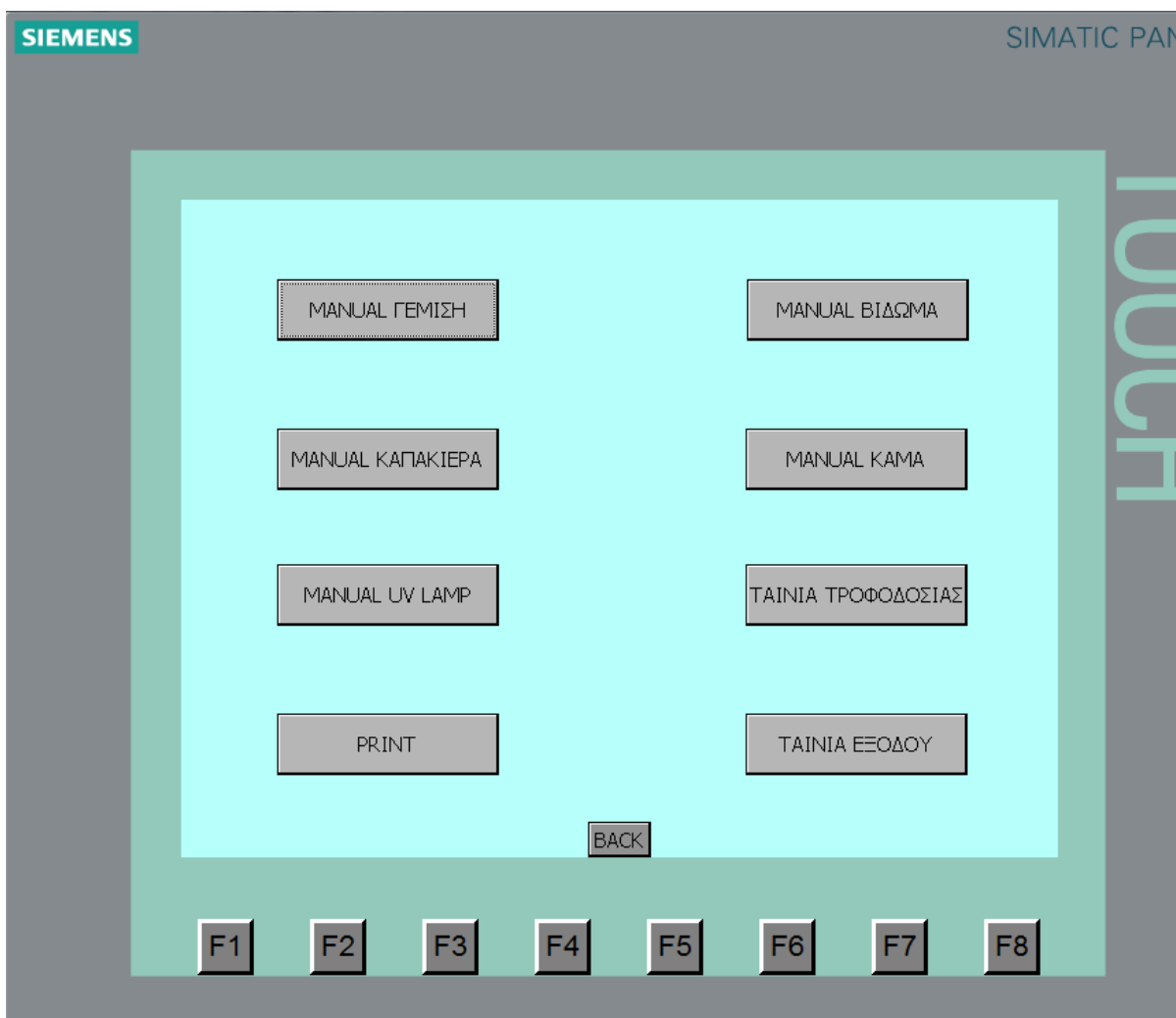


Εικόνα 25: Αρχική Οθόνη

Επεξήγηση λειτουργιών αρχικής οθόνης (Εικόνα 25):

1. PRODUCTION SCREEN: Μετάβαση στη οθόνη εποπτείας του συστήματος (Εικόνα 28).
2. DIALYSATE: Προετοιμασία διαδικασίας παραγωγής μίγματος.
3. WASHING: Προετοιμασία διαδικασίας πλυσίματος συστήματος. (Προσοχή! Σε αυτή τη λειτουργία ο χειριστής πρέπει να συνδέσει στο ρουζόνι της γέμισης, ένα λάστιχο που να οδηγεί στην αποχέτευση).
4. MAINTENANCE: Προετοιμασία διαδικασίας ανακυκλοφόρησης το νερού.

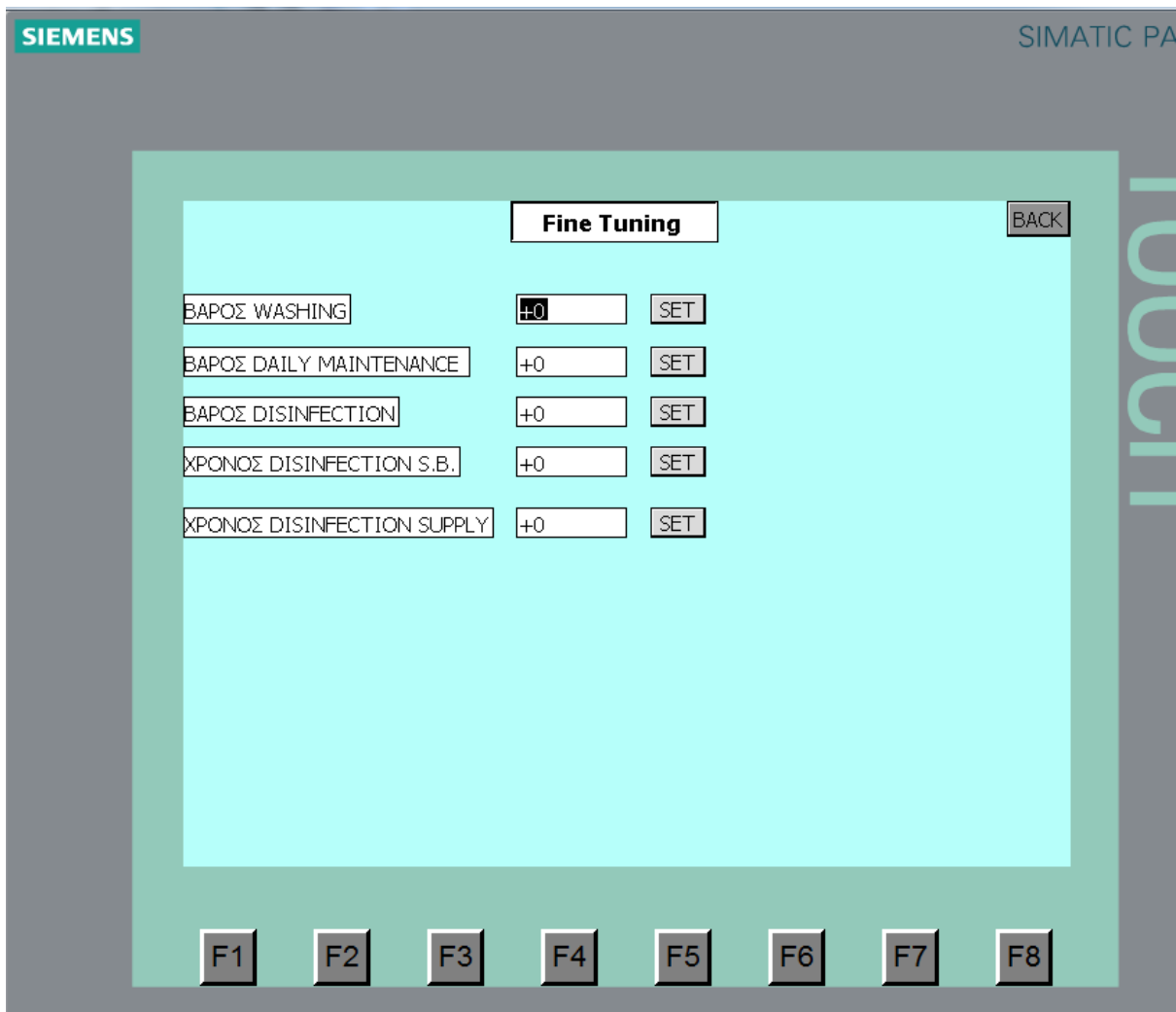
5. DISINFECTION: Προετοιμασία διαδικασίας αποστείρωσης του συστήματος.
6. START: Εκκίνηση της επιλεγμένης διαδικασίας.
7. STOP: Διακοπή της επιλεγμένης διαδικασίας.
8. SYSTEM: Διόρθωση ημερομηνίας και ώρας του συστήματος.
9. FINE TUNING: Μετάβαση στην οθόνη ρυθμίσεων για τις λειτουργίες Washing-Maintenance-Disinfection (Εικόνα 27).



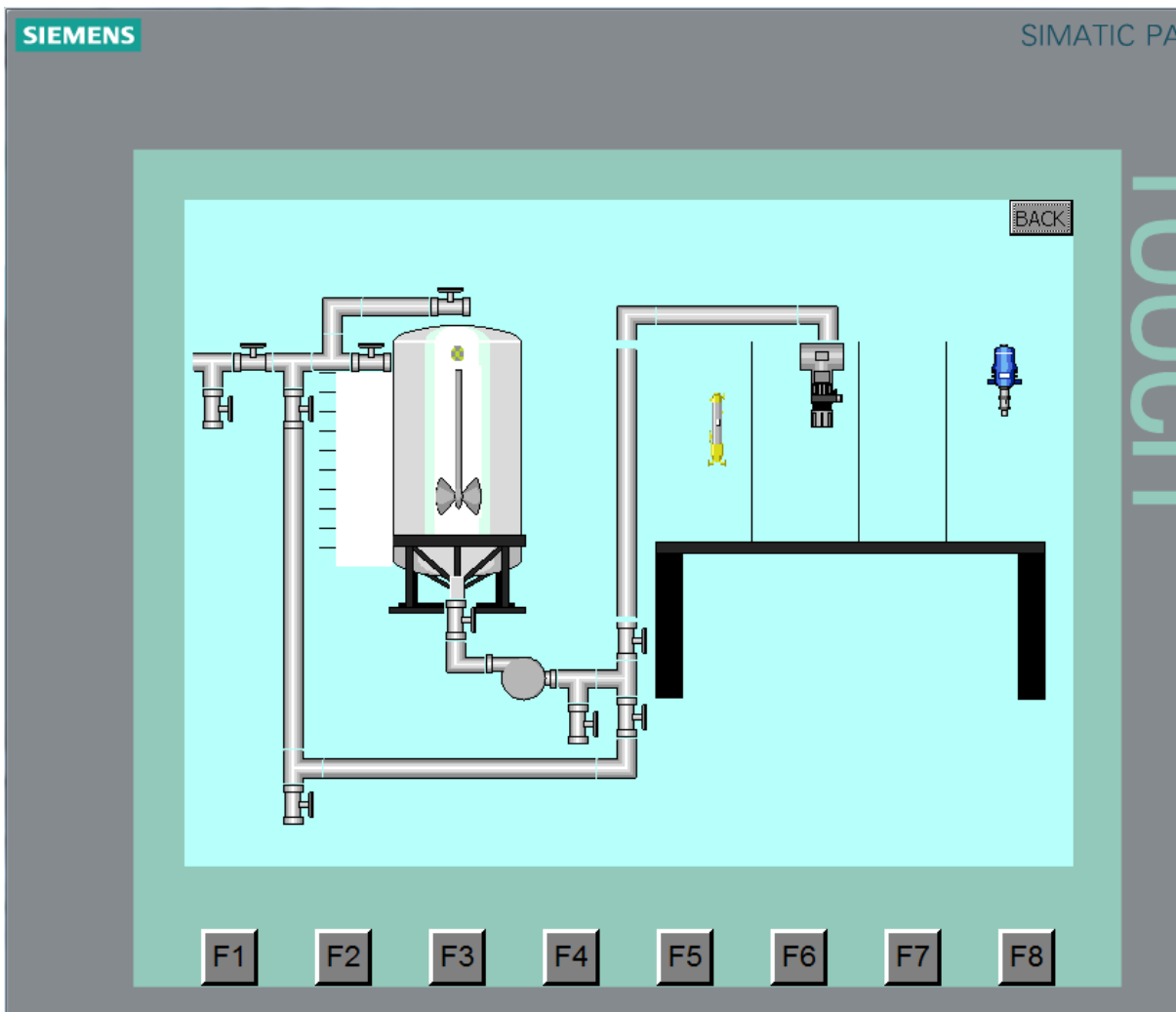
Εικόνα 26: Οθόνη manual λειτουργιών

10. MANUAL ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ: Μετάβαση στην οθόνη με τα πλήκτρα χειροκίνητων λειτουργιών της γεμιστικής μηχανής. (Εικόνα 26).
 - I. MANUAL ΓΕΜΙΣΗ: Εφόσον έχει δοχείο στη θέση γέμισης η μηχανή εκτελεί έναν κύκλο γέμισης.

- II. MANUAL ΒΙΔΩΜΑ: Εφόσον έχει δοχείο στη θέση βιδώματος η μηχανή εκτελεί έναν κύκλο βιδώματος του δοχείου.
- III. MANUAL ΚΑΠΑΚΙΕΡΑ: Εφόσον έχει δοχείο στη θέση καπακιού η μηχανή βάζει ένα καπάκι στο δοχείο.
- IV. MANUAL ΚΑΜΑ: Εφόσον η λάμπα UV το έμβολο του βιδωτικού είναι στην πάνω θέση τα έμβολα της κάμας (μπράτσα) εκτελούν έναν πλήρη κύκλο.
- V. MANUAL UV LAMP: Ενεργοποιεί το έμβολο που κατεβάζει την λάμπα UV.
- VI. PRINT: Εκτελείται μία εκτύπωση. (Το κουμπί αυτό πρέπει να χρησιμοποιείται μόνο όταν ΠΡΕΠΕΙ να γίνει η εκτύπωση, δηλαδή μόνο μετά το τέλος της διαδικασίας DIALYSATE).
- VII. ΤΑΙΝΙΑ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ: Η ταινία τροφοδοσίας τίθεται σε λειτουργία για 35 sec έτσι ώστε να φέρει δοχεία στη γεμιστική μηχανή.
- VIII. ΤΑΙΝΙΑ ΕΞΟΔΟΥ: Η ταινία εξόδου τίθεται σε λειτουργία για 5 λεπτά.



Εικόνα 27: Οθόνη Fine tuning



Εικόνα 28: Οθόνη παραγωγής

5.7 Τρόποι λειτουργίας μηχανής πλήρωσης

Ενεργοποιώντας τον Πίνακα Ελέγχου (πλήκτρο POWER ON) το σύστημα θα ξεκινήσει την αρχικοποίησή του. Ο χειριστής δεν θα πρέπει να κάνει καμία ενέργεια μέχρι να σβήσει ο φάρος και να ανάψει το TOUCHPANEL. Το Σύστημα έχει δύο τρόπους λειτουργίας: τον χειροκίνητο και τον αυτόματο. Ακολουθεί ο τρόπος αυτόματης – χειροκίνητης λειτουργίας και σύντομη περιγραφή τους.

ΑΥΤΟΜΑΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ

Πριν ξεκινήσει ο χειριστής την αυτόματη λειτουργία της μηχανής θα πρέπει να κάνει μερικούς ελέγχους όσο αφορά τους οδηγούς του δοχείου στη μηχανή και τη θέση της γέμισης. Καταρχάς πρέπει να ρυθμίσει τους οδηγούς της μηχανής προσέχοντας να μην ακουμπάνε στο δοχείο καθ'όλη τη διάρκεια της διαδρομής. Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί στη θέση της

γέμισης. Έπειτα ο χειριστής θα πρέπει να γυρίσει τον διακόπτη AUTO/MAN στη θέση MANUAL και να πατήσει απο την οθόνη το κουμπί MANUAL ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ και με το κουμπί MAN KAMA να φέρει το δοχείο στη θέση γέμισης. Έπειτα θα πρέπει να κεντράρει το ρουξούνι της γέμισης στο στόμιο του δοχείου και να πατήσει το κουμπί MANUAL ΓΕΜΙΣΗ έτσι ώστε να εκτελέσει έναν κύκλο γέμισης. Πριν ξεκινήσει τη λειτουργία της μηχανής θα πρέπει να την αδειάσει απο τα δοχεία. Στη συνέχεια θα πρέπει να γυρίσει τον διακόπτη AUTO/MAN στην θέση ΑΥΤΟ. Στη συνέχεια πρέπει να πατήσει το πλήκτρο START. (Ενεργοποιείται και ο πράσινος φάρος). Κατόπιν το σύστημα ‘‘φέρνει’’ δοχείο από τον ταινιόδρομο. Όταν το πρώτο φωτοκύτταρο ‘‘δει’’ το δοχείο ενεργοποιείται η ταινία στην αρχή της μηχανής έτσι ώστε το δοχείο να έρθει σε θέση που να μπορούν τα μπράτσα να το μεταφέρουν. Μόλις το δοχείο περάσει απο το πρώτο φωτοκύτταρο τότε τα μπράτσα της κίνησης μεταφέρουν τον κουβά στην επόμενη θέση. Αυτές οι θέσεις μπορεί να είναι:

1. Λάμπα UV: Σε αυτή τη θέση μια λάμπα που εκπέμπει ακτινοβολία UV-C εισέρχεται στο δοχείο για ένα προκαθορισμένο χρονικό διάστημα έτσι ώστε να αποστειρωθεί το δοχείο. Αν για κάποιο λόγο δεν μπει η λάμπα μέσα στο δοχείο, είτε επειδή το δοχείο δεν είναι τοποθετημένο σωστά, είτε επειδή δεν είναι σωστά κεντραρισμένο κοκ, τότε η μηχανή διακόπτει τη λειτουργία της.

2. Γέμιση: Σε αυτή τη θέση το δοχείο γεμίζει με υλικό και ζυγίζεται μέχρι να φτάσει το προκαθορισμένο βάρος. Αν για κάποιο λόγο το δοχείο κουνηθεί απο τη θέση του και δεν μπορεί να το ανιχνεύσει το φωτοκύτταρο, διακόπτεται ακαριαία η λειτουργία της μηχανής.

3. Καπακίερα: Σε αυτή τη θέση τοποθετείται το καπάκι στο δοχείο. Μόλις ο δονητής ‘‘αντιληφθεί’’, μέσω ενός φωτοκυττάρου, την έλλειψη καπακιών αρχίζει να δονείται για να φέρει καπάκια. Εάν μέσα σε ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα δεν έχουν έρθει καπάκια τότε σταματά τη λειτουργία του γιατί δεν υπάρχουν καπάκια στον δονητή. Η μηχανή δεν σταματά, αλλά συνεχίζει κανονικά την λειτουργία της. Ο χειριστής πρέπει να βάλει καπάκια στον δονητή και να πατήσει το πλήκτρο START που βρίσκεται στην πόρτα του πίνακα για να ξαναπροσπαθήσει ο δονητής να φέρει καπάκια.

4. Βιδωτικό: Σε αυτή τη θέση βιδώνεται το καπάκι του δοχείου. Αν για κάποιο λόγο δεν υπάρχει καπάκι στο δοχείο ή βιδωθεί στραβά το καπάκι η μηχανή διακόπτει τη λειτουργία της.

Αν κατά την αυτόματη λειτουργία πατηθεί το πλήκτρο E_STOP η μηχανή διακόπτει όλες τις λειτουργίες της ακαριαία, εκτός απο την λάμπα UV η οποία ανεβαίνει στην πάνω θέση

έτσι ώστε να ελαχιστοποιηθεί η πιθανότητα να εκτεθεί ο χειριστής σε ακτινοβολία και κόβεται και η αντλία έτσι ώστε να μην χυθεί υλικό έξω απο το δοχείο. Μόλις απελευθερωθεί το μπουτόν E_STOP ο χειριστής μπορεί είτε να πατήσει το πλήκτρο START και να συνεχίσει η μηχανή τη λειτουργία της είτε να κρατήσει πατημένο το πλήκτρο STOP και να διακόψει τη λειτουργία της. Αν πατηθεί το πλήκτρο STOP η μηχανή διακόπτει όλες τις λειτουργίες μόλις όμως ολοκληρωθεί ο τρέχων κύκλος. Μετά ο χειριστής μπορεί είτε να πατήσει το πλήκτρο START και να συνεχίσει η μηχανή τη λειτουργία της είτε να κρατήσει πατημένο το πλήκτρο STOP για ένα δευτερόλεπτο και να διακόψει τη λειτουργία της. Αν η μηχανή βρίσκεται σε αδρανή κατάσταση (καμία λάμπα του φάρου δεν είναι αναμμένη), τότε ο χειριστής μπορεί να πατήσει και να κρατήσει πατημένο το πλήκτρο STOP για 3 δευτερόλεπτα έτσι ώστε να φέρει τη μηχανή στην αρχική της κατάσταση (RESET).

ΧΕΙΡΟΚΙΝΗΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ

Ο διακόπτης ΧΕΙΡ/ΑΥΤ πρέπει να βρίσκεται στην θέση ΧΕΙΡ. Σε αυτή τη λειτουργία ο χρήστης μπορεί να κάνει τις διαδικασίες που περιγράφονται στην ενότητα πλήκτρα λειτουργίας στο touchpanel. ΠΡΟΣΟΧΗ!: Θα πρέπει να ολοκληρωθεί πρώτα μία διαδικασία πρώτου ο χρήστης δώσει εντολή να ξεκινήσει μία άλλη.

5.8 Επεξήγηση των τεσσάρων ειδών λειτουργίας του κυκλώματος παρασκευής διαλύματος

ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ DIALYSATE

Αυτή η λειτουργία χρησιμοποιείται όταν θέλουμε να φτιάξουμε διάλυμα. Στην ΗΜΙ πατάμε το κουμπί DIALYSATE. Στη συνέχεια μας ζητείται να εισάγουμε το βάρος της παρτίδας και τον αριθμό της παρτίδας. Εισάγουμε τις τιμές που θέλουμε κάθε φορά που κάνουμε καινούργιο διάλυμα έστω κι αν το σύστημα έχει κρατήσει τις τιμές της προηγούμενης παρτίδας. Έπειτα πιέζουμε το πλήκτρο OK. Εν συνεχεία μας ζητείται χρόνος ανάμιξης του μίγματος, τον οποίο εισάγουμε σε λεπτά, ακριβώς με τον ίδιο τρόπο και τέλος μας ζητείται η ταχύτητα του μίξερ της δεξαμενής. Αυτή η μεταβλητή μπορεί να πάρει 3 τιμές. 1, 2, 3. Η δεξαμενή αρχίζει να γεμίζει νερό μέχρι να φτάσει το επιθυμητό βάρος. Σε αυτή τη φάση ο χειριστής δεν πρέπει σε καμία περίπτωση να ακουμπήσει πάνω στη δεξαμενή. Μόλις η δεξαμενή φτάσει το επιθυμητό βάρος, η σειρήνα εκπέμπει ένα ηχητικό σήμα και ο πορτοκαλί φάρος αναβοσβήνει. Σε αυτή τη φάση ο χειριστής θα πρέπει να ρίξει τα συστατικά του μίγματος στη δεξαμενή και έπειτα στην οθόνη PRODUCTION SCREEN να πατήσει το κουμπί START που έχει εμφανιστεί για την έναρξη της διαδικασίας ανάμιξης. Μόλις ολοκληρωθεί η ανάδευση του μίγματος, γίνεται αυτόματα μία εκτύπωση με την ημερομηνία παρασκευής του μίγματος, ώρα έναρξης-ώρα

λήξης ανάδευσης, βάρος που εισήχθει απο το χρήστη, τελικό βάρος του μίγματος, αριθμός παρτίδας, θερμοκρασία και ο χειριστής πρέπει να πατήσει το κουμπί START που βρίσκεται στην πόρτα του πίνακα έτσι ώστε να αρχίσει η διαδικασία συσκευασίας του μίγματος απο τη γεμιστική μηχανή.

ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ WASHING

Αυτή η λειτουργία χρησιμοποιείται όταν θέλουμε να ξεπλύνουμε τη μηχανή από το διάλυμα που έχει μείνει στη δεξαμενή και στις σωληνώσεις του δικτύου. Πριν ξεκινήσουμε αυτή τη λειτουργία θα πρέπει να πάμε στην οθόνη FINE TUNING και να εισάγουμε το βάρος με το οποίο θα λειτουργήσει το WASHING. Στη συνέχεια πατάμε το κουμπί WASHING και μας ζητείται να εισάγουμε τον αριθμό των επαναλήψεων της λειτουργίας. Μόλις εισάγουμε την τιμή που θέλουμε πιέζουμε το πλήκτρο OK και στη συνέχεια το πλήκτρο START και ξεκινά η λειτουργία. Η δεξαμενή γεμίζει νερό ώσπου να φτάσει στην τιμή που έχουμε καθορίσει στην οθόνη FINE TUNING, ενώ παράλληλα λειτουργεί και ο αναδευτήρας ώστε να ξεπλυθεί. Μόλις φτάσει το προκαθορισμένο βάρος η βαλβίδα που συγκρατεί το νερό στη δεξαμενή ανοίγει και αυτομάτως παίρνει μπροστά και η αντλία. Το νερό οδηγείται στο δίκτυο μέσω του ρουξουνιού της γέμισης. Μόλις η δεξαμενή φτάσει το ένα κιλό η αντλία σταματά και ανοίγουν όλες οι βαλβίδες που οδηγούν στην αποχέτευση για ένα λεπτό, έτσι ώστε να στραγγίξει το δίκτυο απο τα νερά.

ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ MAINTENANCE

Αυτή η λειτουργία χρησιμοποιείται όταν θέλουμε να κάνουμε ανακυκλοφορία του νερού έτσι ώστε να μην μείνει στάσιμο μέσα στη δεξαμενή και δημιουργηθούν μικρόβια. Αυτή η λειτουργία συνήθως χρησιμοποιείται το βράδυ που το κύκλωμα είναι σε αδράνεια και δεν υπάρχει παραγωγή διαλύματος. Απο την οθόνη FINE TUNING επιλέγουμε το βάρος της λειτουργίας MAINTENANCE πατάμε το πλήκτρο ok και στη συνέχεια στην αρχική οθόνη πιέζουμε το πλήκτρο MAINTENANCE και αφού αυτό πρασινίσει πιέζουμε το πλήκτρο START. Για να διακόψουμε τη λειτουργία MAINTENANCE πρέπει να πιέσουμε το πλήκτρο STOP της οθόνης.

ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ DISINFECTION

Αυτή η λειτουργία χρησιμοποιείται όταν θέλουμε να κάνουμε απολύμανση. Απο την οθόνη FINE TUNING επιλέγουμε το βάρος, το χρόνο της ανακυκλοφορίας απο spray ball και απο κανονική ροή γέμισης, της λειτουργίας DISINFECTION πατάμε το πλήκτρο ok και στη

συνέχεια στην αρχική οθόνη πιέζουμε το πλήκτρο DISINFECTIOΝ. Εκεί μας ζητείται να εισάγουμε τον αριθμό των επαναλήψεων της λειτουργίας. Αφού εισάγουμε την επιθυμητή τιμή πατάμε το OK και μετά το πλήκτρο START. Μόλις η δεξαμενή φτάσει το επιθυμητό βάρος, η σειρήνα εκπέμπει ένα ηχητικό σήμα και ο πορτοκαλί φάρος αναβοσβήνει. Σε αυτή τη φάση ο χειριστής θα πρέπει να ρίξει τα συστατικά του μίγματος στη δεξαμενή και έπειτα στην οθόνη PRODUCTION SCREEN να πατήσει το κουμπί START που έχει εμφανιστεί. Τότε ξεκινά η αντλία και ο αναδευτήρας και το νερό ανακυκλοφορεί είτε απο την κανονική ροή είτε απο το spray ball σύμφωνα πάντα με τους χρόνους που έχουμε ορίσει. Μόλις τελειώσει αυτή η φάση της λειτουργίας DISINFECTIOΝ τότε το δίκτυο αδειάζει απο το νερό μέσω του ρουζουνιού της γέμισης της μηχανής. Ελέγχει τον αριθμό των επαναλήψεων και είτε ξανακάνει τον παραπάνω κύκλο είτε προχωρά στο ξέπλυμα του δικτύου. Έπειτα αρχίζει παλι να γεμίζει νερό έτσι ώστε να ξεπλύνει το δίκτυο απο το φάρμακο. Όταν φτάσει το επιθυμητό βάρος αρχίζει την ανακυκλοφορία του νερού είτε μέσω της κανονικής ροής είτε μέσω του spray ball. Μόλις τελειώσει και αυτή η φάση της λειτουργίας το δίκτυο αδειάζει απο τα νερά.

5.9 Πλάνο παραγωγικής διαδικασίας

Παρακάτω παρατίθεται το πλάνο της παραγωγικής διαδικασίας, δηλαδή τον τρόπο και την σειρά με την οποία πρέπει να ανοίγουν και να κλείνουν οι βαλβίδες έτσι ώστε να πραγματοποιηθεί κάθε λειτουργία από τις τέσσερις που περιγράφηκαν παραπάνω. Το πλάνο αυτό είναι η ραχοκοκαλία του αυτοματισμού αφού στην ουσία το δύσκολο μέρος για έναν Μηχανικό Αυτοματισμού είναι να αποκρυπτογραφήσει τις ανάγκες του συστήματος και να μεταφράση σε κώδικα στο PLC αυτές τις ανάγκες (Εικόνες 29 30 31).

FUNCTIONS / PHASES		Process Description			2-WAY VALVES			3-WAY VALVES L PORT													
1 st FUNCTION	DIALYSATE PRODUCTION	V1	V2	V3	TR1	TR2	TR3	WEIGHT DISPLAY	MIXER ACTIVATION	MIXER SPEED CONTROL	MIXER TIME CONTROL	DISPENSING PUMP	DISPENSING SPEED	UV LAMP	MANHOLE CONDITION	DISPENSING STATION	SYSTEM ACTIONS	USER ACTIONS	TEMPERATUR EDISPLAY	DATE DISPLAY	TIME DISPLAY
1.1.	SELECT Production Mode	CLOSED	CLOSED	CLOSED	L2	L1	L1	SET BATCH WEIGHT	OFF	SET MIXER SPEED PRODUCTION MODE	SET MIXER TIME	OFF	0	OFF		ON					
1.2	Bypass if from Daily Maintenance	START filling tank with RO water	OPEN	CLOSED	CLOSED	L2	L1	L1	WEIGHT DISPLAY	OFF		OFF	0	ON			BYPASS IF FROM DAILY MAINTENANCE	MANUAL ACTIVATION			
1.3	Bypass if from Daily Maintenance	STOP filling tank with RO water	CLOSED	CLOSED	CLOSED	L2	L1	L1	SELECTED WEIGHT REACHED	OFF		OFF	0	OFF			AUTOMATIC STOP - ACOUSTIC SIGNAL OR BYPASS IF FROM DAILY MAINTENANCE				
1.4	LOAD dry powder formula	CLOSED	CLOSED	CLOSED	L2	L1	L1	WEIGHT DISPLAY	OFF			OFF	0	OFF	SECURE MANHOLE						
1.5	START MIXER	CLOSED	CLOSED	CLOSED	L2	L1	L1	WEIGHT DISPLAY	ON	SPEED DISPLAY	DISPLAY COUNTDOWN	OFF	0	OFF	SECURE MANHOLE			MANUAL ACTIVATION			
1.6	STOP MIXER	CLOSED	CLOSED	CLOSED	L2	L1	L1	WEIGHT DISPLAY	OFF	0	SET TIME REACHED	OFF	0	OFF	SECURE MANHOLE		AUTOMATIC STOP - ACOUSTIC SIGNAL				
1.7	SELECT Dispensing Mode	CLOSED	CLOSED	CLOSED	L2	L1	L1	WEIGHT DISPLAY	OFF	0		OFF	SET DISPENSING SPEED	OFF	SECURE MANHOLE						
1.8	START Dispensing Process	CLOSED	CLOSED	OPEN	L2	L1	L1	WEIGHT DISPLAY	OFF	0		ON	DISPLAY SET SPEED	OFF	SECURE MANHOLE	START		MANUAL ACTIVATION			
1.9	STOP Dispensing Process	CLOSED	CLOSED	CLOSED	L2	L1	L1	0	OFF	0		OFF	0	OFF	SECURE MANHOLE	STOP	AUTOMATIC STOP - ACOUSTIC SIGNAL				
																		PRINT BATCH PRODUCTION DATA			
2 nd FUNCTION	SYSTEM RINSING - WASHING	V1	V2	V3	TR1	TR2	TR3	WEIGHT DISPLAY	MIXER ACTIVATION	MIXER SPEED CONTROL	MIXER TIME CONTROL	DISPENSING PUMP	DISPENSING SPEED	UV LAMP	MANHOLE CONDITION	DISPENSING STATION	SYSTEM ACTIONS	USER ACTIONS	TEMPERATUR EDISPLAY	DATE DISPLAY	TIME DISPLAY
2.1.	SELECT Rinsing-Washing Mode	CLOSED	CLOSED	CLOSED	L2	L1	L1	SELECT RINSING MODE	OFF	SET MIXER SPEED WASHING MODE	SET WASHING MODE TIME	OFF	SET EMPTYING SPEED	OFF	SECURE MANHOLE	ON		SELECT REPEAT TIMES CONNECT DISPENSING STATION TO DRAIN			
2.2	START filling tank with RO water	OPEN	CLOSED	CLOSED	L1	L1	L1	WEIGHT DISPLAY	OFF	0		OFF	0	OFF	SECURE MANHOLE			MANUAL ACTIVATION			
2.3	STOP filling tank with RO water	CLOSED	CLOSED	CLOSED	L1	L1	L1	SELECTED WEIGHT REACHED	OFF	0		OFF	0	OFF	SECURE MANHOLE		AUTOMATIC STOP				
2.4	START MIXER	CLOSED	CLOSED	CLOSED	L1	L1	L1	WEIGHT DISPLAY	ON	SPEED DISPLAY	DISPLAY COUNTDOWN	OFF	0	OFF	SECURE MANHOLE		AUTOMATIC START				
2.5	STOP MIXER	CLOSED	CLOSED	CLOSED	L1	L1	L1	WEIGHT DISPLAY	OFF	0	SET TIME REACHED	OFF	0	OFF	SECURE MANHOLE		AUTOMATIC STOP				
2.6	START EMPTYING TANK	CLOSED	CLOSED	OPEN	L1	L1	L1	WEIGHT DISPLAY	OFF	0		ON	DISPLAY SET SPEED	OFF	SECURE MANHOLE		AUTOMATIC START				
2.7	STOP EMPTYING TANK	CLOSED	CLOSED	CLOSED	L1	L1	L1	0	OFF	0		OFF	0	OFF	SECURE MANHOLE		AUTOMATIC STOP				
2.8	REPEAT STEPS 2 to 7																				
2.9	STOP Rinsing - Washing Process	CLOSED	CLOSED	CLOSED	L1	L1	L1	WEIGHT DISPLAY	OFF	0	SET TIME REACHED	OFF	0	OFF	SECURE MANHOLE		AUTOMATIC STOP - ACOUSTIC SIGNAL				

Εικόνα 29: PLC production plan

3 rd FUNCTION	SYSTEM DAILY MAINTENANCE (DM)	V1	V2	V3	TR1	TR2	TR3	WEIGHT DISPLAY	MIXER ACTIVATION	MIXER SPEED CONTROL	MIXER TIME CONTROL	DISPENSING PUMP	DISPENSING SPEED	UV LAMP	MANHOLE CONDITION	DISPENSING STATION	SYSTEM ACTIONS	USER ACTIONS	TEMPERATUR EDISPLAY	DATE DISPLAY	TIME DISPLAY	
3.1	SELECT Daily Maintenance Mode	CLOSED	CLOSED	CLOSED	L2	L1	L1	SELECT D.M. MODE	OFF	0		OFF	SET D.M. SPEED	OFF	SECURE MANHOLE	OFF						
3.2	START filling tank with RO water	OPEN	CLOSED	CLOSED	L2	L1	L1	WEIGHT DISPLAY	OFF	0		OFF	0	ON			Production mode star	MANUAL ACTIVATION				
3.3	STOP filling tank with RO water	CLOSED	CLOSED	CLOSED	L2	L1	L1	SELECTED WEIGHT REACHED	OFF	0		OFF	0	OFF				AUTOMATIC STOP				
3.4	START Recirculation Mode	CLOSED	OPEN	OPEN	L2	L2	L1	WEIGHT DISPLAY	OFF	0		ON	DISPLAY SET SPEED	ON				AUTOMATIC START				
3.5	STOP Recirculation Mode	CLOSED	CLOSED	CLOSED	L2	L1	L1	WEIGHT DISPLAY	OFF	0		OFF		OFF				MANUAL STOP				
4 th FUNCTION	SYSTEM DISINFECTION	V1	V2	V3	TR1	TR2	TR3	WEIGHT DISPLAY	MIXER ACTIVATION	MIXER SPEED CONTROL	MIXER TIME CONTROL	DISPENSING PUMP	DISPENSING SPEED	UV LAMP	MANHOLE CONDITION	DISPENSING STATION	SYSTEM ACTIONS	USER ACTIONS	TEMPERATUR EDISPLAY	DATE DISPLAY	TIME DISPLAY	
4.1	SELECT Disinfection Mode	CLOSED	CLOSED	CLOSED	L2	L1	L1	SELECT DISINFECTION MODE	OFF	SET MIXER SPEED DISINFECTION MODE	SET DISINFECTION MODE TIME	OFF	SET DISINFECTION SPEED	OFF	SECURE MANHOLE	OFF		SET RINSING REPEAT TIMES				
4.2	START filling tank with RO water	OPEN	CLOSED	CLOSED	L2	L1	L1	WEIGHT DISPLAY	OFF	0		OFF	0	ON				MANUAL ACTIVATION				
4.3	STOP filling tank with RO water	CLOSED	CLOSED	CLOSED	L2	L1	L1	SELECTED WEIGHT REACHED	OFF	0		OFF	0	OFF				AUTOMATIC STOP - ACOUSTIC SIGNAL				
4.4	LOAD Disinfection solution	CLOSED	CLOSED	CLOSED	L2	L1	L1	WEIGHT DISPLAY	OFF	0		OFF	0	OFF	SECURE MANHOLE							
4.5	START Disinfection Mode (1)	CLOSED	OPEN	OPEN	L1	L2	L1	WEIGHT DISPLAY	ON	SPEED DISPLAY	DISPLAY COUNTDOWN	ON	DISPLAY SET SPEED	ON				MANUAL ACTIVATION				
4.6	STOP Disinfection Mode (1)	CLOSED	OPEN	OPEN	L1	L2	L1	WEIGHT DISPLAY	ON	SPEED DISPLAY	SET TIME REACHED	ON	DISPLAY SET SPEED	ON				AUTOMATIC STOP - COUNT DOWN 0				

Εικόνα 30: PLC production plan

4.7	START Disinfection Mode (2)	CLOSED	OPEN	OPEN	L2	L2	L1	WEIGHT DISPLAY	ON	SPEED DISPLAY	DISPLAY COUNTDOWN	ON	DISPLAY SET SPEED	ON	AUTOMATIC CHANGE OVER
4.8	STOP Disinfection Mode (2)	CLOSED	OPEN	OPEN	L2	L2	L1	WEIGHT DISPLAY	OFF	0	SET TIME REACHED	OFF	0	OFF	AUTOMATIC STOP - COUNT DOWN 0
Rinsing - Washing Process															
4.9	START EMPTYING Mixing Tank	CLOSED	CLOSED	OPEN	L2	L1	L2	WEIGHT DISPLAY	OFF	0		ON		OFF	AUTOMATIC START
4.10	EMPTY Mixing Tank	CLOSED	CLOSED	OPEN	L2	L1	L2	0	OFF	0		OFF	0	OFF	AUTOMATIC STOP
4.11	START filling tank with RO water	OPEN	CLOSED	CLOSED	L2	L1	L2	WEIGHT DISPLAY	OFF	0		OFF	0	ON	AUTOMATIC START
4.12	STOP filling tank with RO water	CLOSED	CLOSED	CLOSED	L2	L1	L1	SELECTED WEIGHT REACHED	OFF	0		OFF	0	OFF	AUTOMATIC STOP
4.13	START Recirculation Mode	CLOSED	OPEN	OPEN	L1	L2	L1	WEIGHT DISPLAY	ON	0	DISPLAY COUNTDOWN	ON	DISPLAY SET SPEED	ON	AUTOMATIC START
4.14	STOP Recirculation Mode	CLOSED	OPEN	OPEN	L1	L2	L1	WEIGHT DISPLAY	OFF	0	SET TIME REACHED	ON	0	OFF	AUTOMATIC STOP
4.15 (A)	START EMPTYING Mixing Tank (A)	CLOSED	CLOSED	OPEN	L2	L2	L2	WEIGHT DISPLAY	OFF	0		ON		OFF	AUTOMATIC START
4.16 (A)	EMPTY Mixing Tank	CLOSED	CLOSED	OPEN	L2	L2	L2	0	OFF	0		OFF	0	OFF	AUTOMATIC STOP
4.17	REPEAT STEPS 4.11 - 4.16 "N" times SET RINSING REPEAT TIMES														
4.15 (B)	START EMPTYING Mixing Tank (B)	CLOSED	CLOSED	OPEN	L2	L1	L1	WEIGHT DISPLAY	OFF	0		ON	DISPLAY SET SPEED	OFF	AUTOMATIC START - FINAL STEP
4.16 (B)	EMPTY Mixing Tank	CLOSED	CLOSED	OPEN	L2	L1	L1	0	OFF	0		OFF	0	OFF	AUTOMATIC STOP - ACOUSTIC SIGNAL

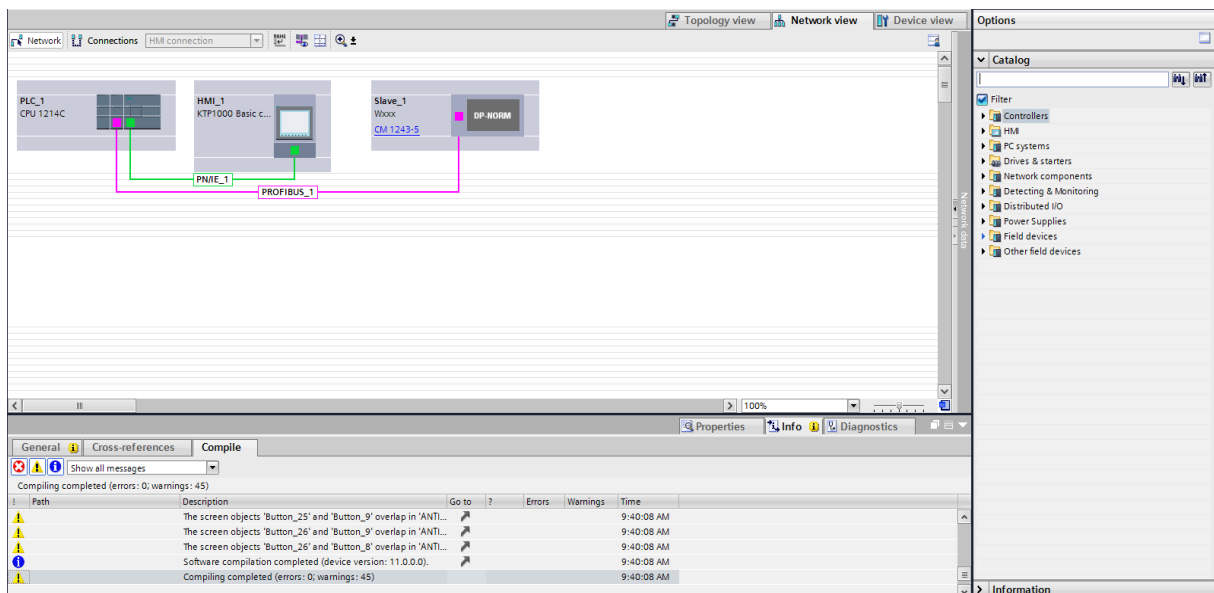
Εικόνα 31: PLC production plan

5.10 Ρυθμίσεις για την σύνδεση μέσω Profibus

Εν συνεχεία πριν υλοποιηθεί η δημιουργία του προγράμματος θα πραγματοποιηθούν οι ρυθμίσεις που χρειάζονται για την λειτουργία και την επικοινωνία του PLC με τον ενδείκτη βάρους της δεξαμενής παραγωγής διαλύματος που πραγματοποιείται μέσω Profibus.

Στο «Devices and networks» από το Project tree, μπορούμε να εισάγουμε τον ενδείκτη βάρους από την dropdown λίστα στο δεξί μέρος της οθόνης (Εικόνα 32), Από το module «CM1243-5 PROFIBUS DP-MASTER» που είναι συνδεδεμένο κατευθείαν πάνω στην CPU του PLC φεύγει μια ροζ γραμμή που καταλήγει στον ενδείκτη που μόλις εισάγαμε στο hardware configuration και η οποία αναπαριστά γραφικά τη σύνδεση Profibus.

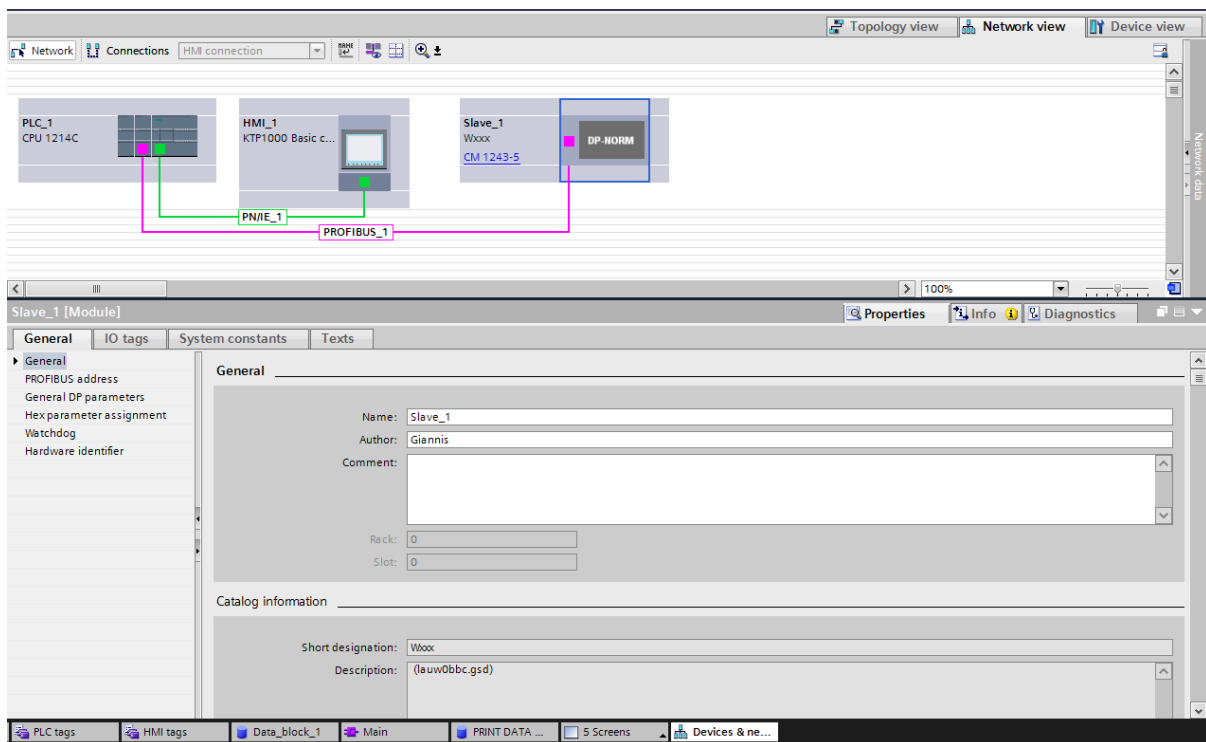
Περαιτέρω ρυθμίσεις πρέπει να γίνουν στον ενδείκτη και στο module για την μεταξύ τους σύνδεση.



Εικόνα 32: Network view και η λίστα του hardware catalog

Ρυθμίσεις στον ενδείκτη βάρους (Slave 1)

Στην εικόνα 33 φαίνονται οι ρυθμίσεις του Slave_1. Στο πεδίο PROFIBUS address δίνεται μία μοναδική διεύθυνση στον ενδείκτη. Στο συγκεκριμένο project επιλέχθηκε αυθαίρετα η τιμή 4 η οποία πρέπει να εισαχθεί και στο μενού ρυθμίσεων του ενδείκτη βάρους. Σε ένα Profibus δίκτυο είναι απαραίτητο να οριστεί ποιος θα είναι ο master του δικτύου και ποιοι θα είναι οι slaves. Στην συγκεκριμένη περίπτωση ο master είναι το CM1243-5 PROFIBUS DP-MASTER module δηλαδή το PLC.



Εικόνα 33: Ρυθμίσεις του ενδείκτη DGTQPB για επικοινωνία μέσω Profibus

Επιπροσθέτως στο device overview του ενδείκτη επιλέγεται η θέση μνήμης του ενδείκτη που θέλουμε να διαβαστεί από τον master. Στην προκειμένη περίπτωση επιλέχθηκε η θέση μνήμης που μας δίνει το βάρος (υπάρχουν πολλές θέσεις μνήμης που μας δίνουν το καθαρό βάρος, το μικτό, προσημασμένο, μη προσημασμένο κτλ, και τα οποία τα βρίσκουμε στο εγχειρίδιο χρήσης του προϊόντος). Την πληροφορία που παίρνει το PLC (Dword 32bits) την αποθηκεύει από το I6 έως το I9. Στις θέσεις I6-I9 αποθηκεύεται όλη η πληροφορία που δίνει ο κατασκευαστής του ενδείκτη δηλαδή αν το βάρος είναι σταθερό, αν είναι μέσα στα αποδεκτά όρια, αν είναι μικτό ή καθαρό κτλ, άρα εμείς που θέλουμε απλά να διαβάσουμε το βάρος σαν καθαρό αριθμό επιλέγουμε την πληροφορία που αποθηκεύεται στο I8 byte.

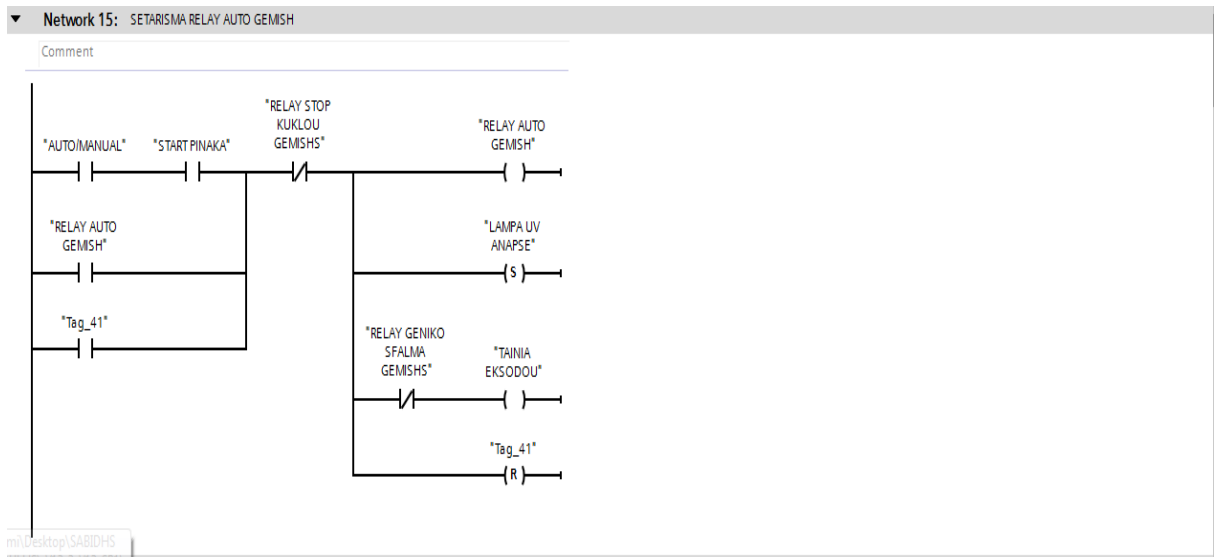
Αντίστοιχες ρυθμίσεις (διεύθυνση, δίκτυο στο οποίο ανήκει κτλ) γίνονται και στο CM232 module. Αξίζει να σημειωθεί ότι η ταχύτητα επικοινωνίας μεταξύ του master και του slave είναι 9.600 kbit/sec, όμοια με την ταχύτητα επικοινωνίας μεταξύ PLC και εκτυπωτή.

5.11 Ανάλυση προγράμματος στο OBI

Παρακάτω παρουσιάζονται ενδεικτικά μερικά κομμάτια κώδικα, τα πιο σημαντικά και τα πιο περίπλοκα, καθώς ο κώδικας απαρτίζεται από 128 networks με συνέπεια να μην μπορεί να

αναλυθεί στην παρούσα πτυχιακή εργασία. Το πρόγραμμα έχει δημιουργηθεί με βάση το γραμμικό προγραμματισμό.

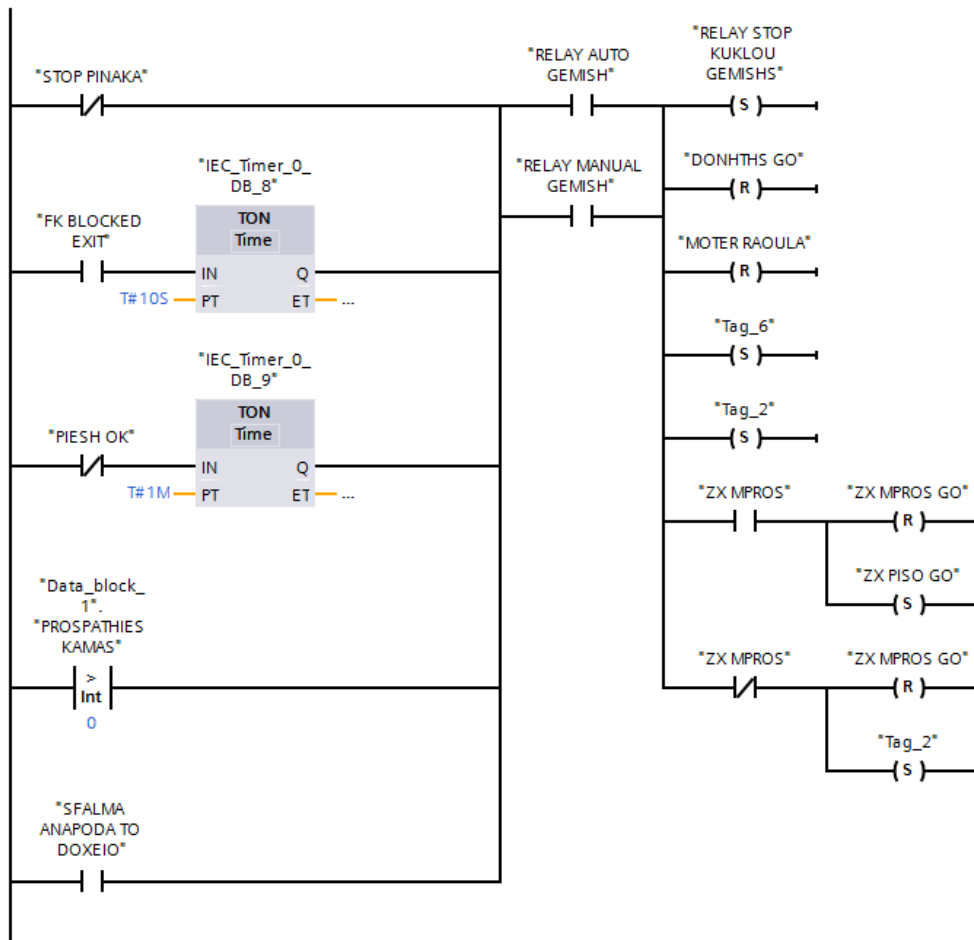
Network 15, 18, 24



Εικόνα 34: Network 15 για την αυτόματη λειτουργία

Network 18: SETARISMA RELAY STOP KUKLOU GEMISHS

Comment

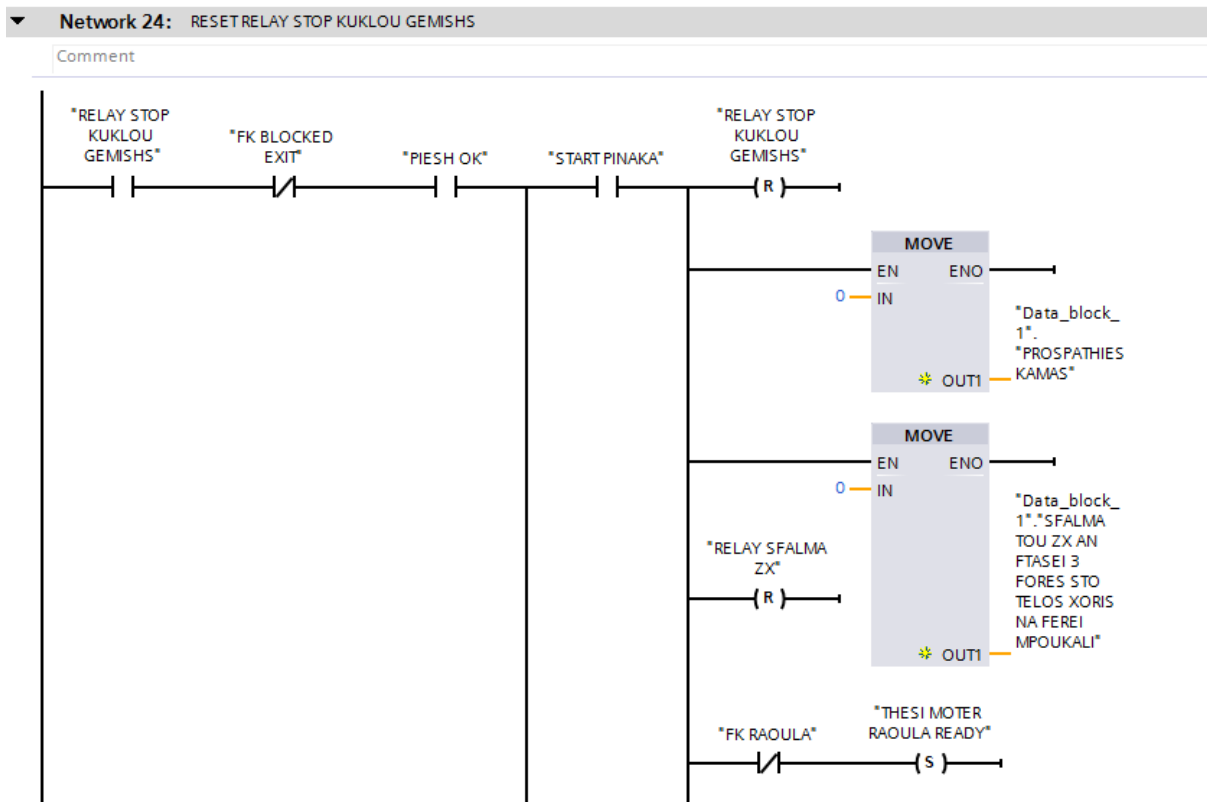


Εικόνα 35: Network 18 για το προσωρινό σταμάτημα της μηχανής

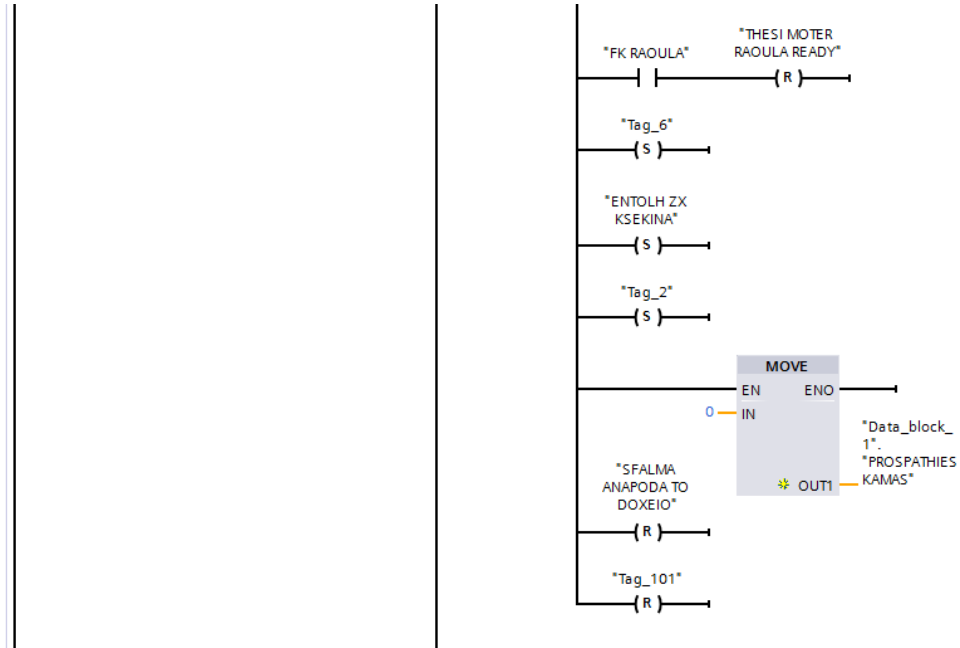
Στο Network 15 (Εικόνα 34) γίνεται το σετάρισμα της αυτόματης λειτουργίας της μηχανής. Η λογική πίσω από τον κώδικα είναι η εξής:

Εφόσον ο διακόπτης Auto/Manual που είναι τοποθετημένος στην πόρτα του πίνακα είναι γυρισμένος στην θέση Auto, πατηθεί το button Start που βρίσκεται και αυτό στην πόρτα του πίνακα, τότε μία θέση μνήμης με όνομα “Relay Auto Gemish” “σετάρεται”. Αυτό το bit μνήμης χρησιμοποιείται σε όλα τα Networks που περιέχουν κώδικα που αφορά την αυτόματη λειτουργία έτσι ώστε να εκτελούνται μόνο όταν αυτό το bit είναι σε λογικό “1”. Το bit μνήμης “Relay Stop Kuklou Gemishs” που παρεμβάλλεται εξασφαλίζει ότι το “Relay Auto Gemish” θα έρθει σε κατάσταση high μόνο όταν δεν ισχύει το “Relay Stop Kuklou Gemishs” και θα αναλυθεί παρακάτω.

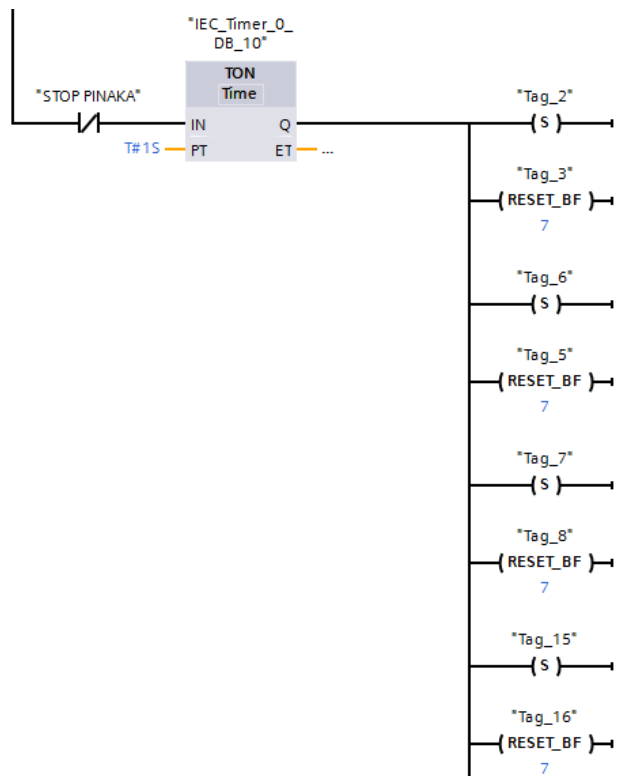
Στο Network 18 (Εικόνα 35) γίνεται stop της μηχανής εφόσον αυτή βρίσκεται σε αυτόματη λειτουργία και πατηθεί το STOP button μία φορά. Επίσης αυτό μπορεί να συμβεί εάν μπλοκάρει η έξοδος της μηχανής για πάνω από 10 δευτερόλεπτα, αν κοπεί η παροχή του αέρα που τροφοδοτεί το πνευματικό κύκλωμα της μηχανής ή αν το έμβολο ZX κάνει τρεις προσπάθειες να φέρει δοχείο στη μηχανή χωρίς αποτέλεσμα, δηλαδή έχει αδειάσει το τραπέζι τροφοδοσίας. Με το που ισχύσει μία από τις προαναφερθείσες συνθήκες και η μηχανή βρίσκεται σε αυτόματη λειτουργία, τότε “σετάρεται” η θέση μνήμης “Relay Stop Kuklou Gemishs” η οποία χρησιμοποιείται για να ακινητοποιήσει τη μηχανή σε τέτοια θέση έτσι ώστε να μπορεί να ξαναξεκινήσει με το πάτημα του START button. Αυτό σημαίνει ότι αν η μηχανή είναι σε διαδικασία γέμισης δοχείου και πατηθεί το STOP button μία φορά, θα ολοκληρωθεί η διαδικασία γέμισης και η μηχανή θα μείνει σε αναμονή μέχρι κάποιος να πατήσει το START button έτσι να συνεχίσει την λειτουργία της ή το STOP button έτσι ώστε να τερματιστεί η λειτουργία της (Network 24, Εικόνα 36, 37, 38).



Εικόνα 36: Network 24



Εικόνα 37: Network 24

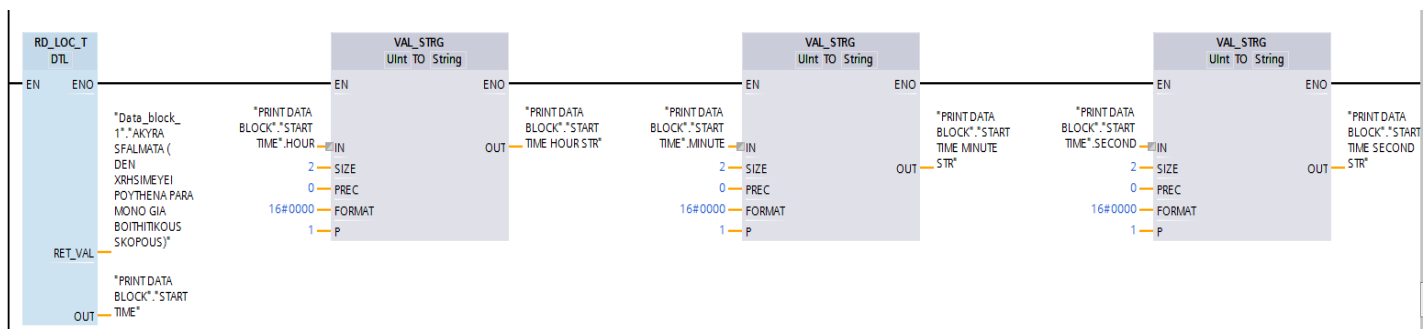


Εικόνα 38: Network 68

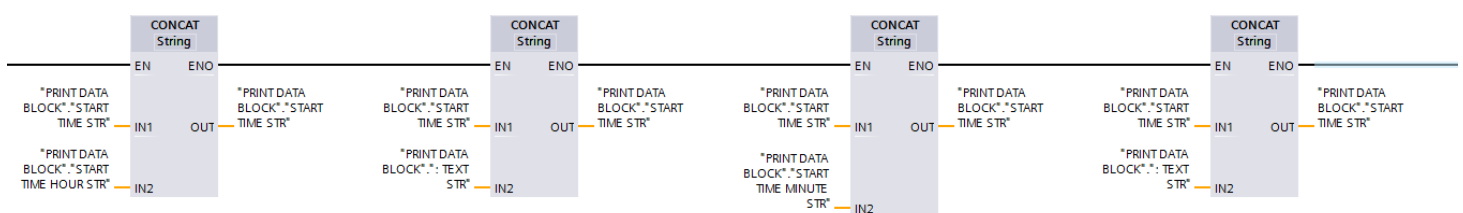
Εφόσον κάποιος πατήσει το STRAT button ενώ η μηχανή είναι σε αναμονή,, υπάρχει πίεση αέρα στο δίκτυο και δεν είναι μπλοκαρισμένη η έξοδος της μηχανής, τότε συνεχίζεται η αυτόματη λειτουργία από εκεί που είχε σταματήσει. Αν πατηθεί το STOP button για πάνω από ένα δευτερόλεπτο τότε η λειτουργία της μηχανής τερματίζεται και γίνεται αρχικοποίηση των σφαλμάτων, των μετρητών που χρησιμοποιούνται για την αυτόματη λειτουργία (π.χ. ο αριθμός των προσπαθειών που κάνει το έμβολο ZX για να εισάγει δοχείο στη μηχανή) και των bit μνήμης που χρησιμοποιούνται στην αυτόματη λειτουργία.

Network 76

Στο network 76 γίνεται η εκκίνηση του μίξερ για την παραγωγή διαλύματος. Με το που δώσει εντολή το PLC να ξεκινήσει το μίξερ για την ανάδευση του διαλύματος, αυτόματα καταγράφεται και η ακριβής ώρα που ξεκίνησε η παραγωγική διαδικασία (Εικόνες 39, 40, 41). Αυτό γίνεται για να εκτυπωθεί στο τέλος της παραγωγής της συγκεκριμένης παρτίδας.



Εικόνα 39: Αποθήκευση της ώρας εκκίνησης της παραγωγής του διαλύματος

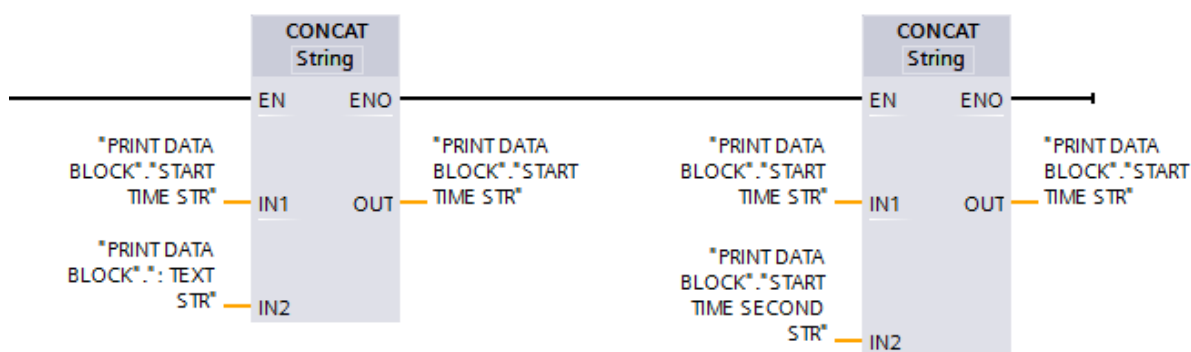


Εικόνα 40: Αποθήκευση της ώρας εκκίνησης της παραγωγής του διαλύματος

Με την εντολή «RD_LOC_T» αποθηκεύεται στην μεταβλητή Start Time σε μορφή DTL η ημερομηνία και η ώρα. Βέβαια θα γίνει χρήση μόνο της ημερομηνίας. Για να γίνει εκτύπωση

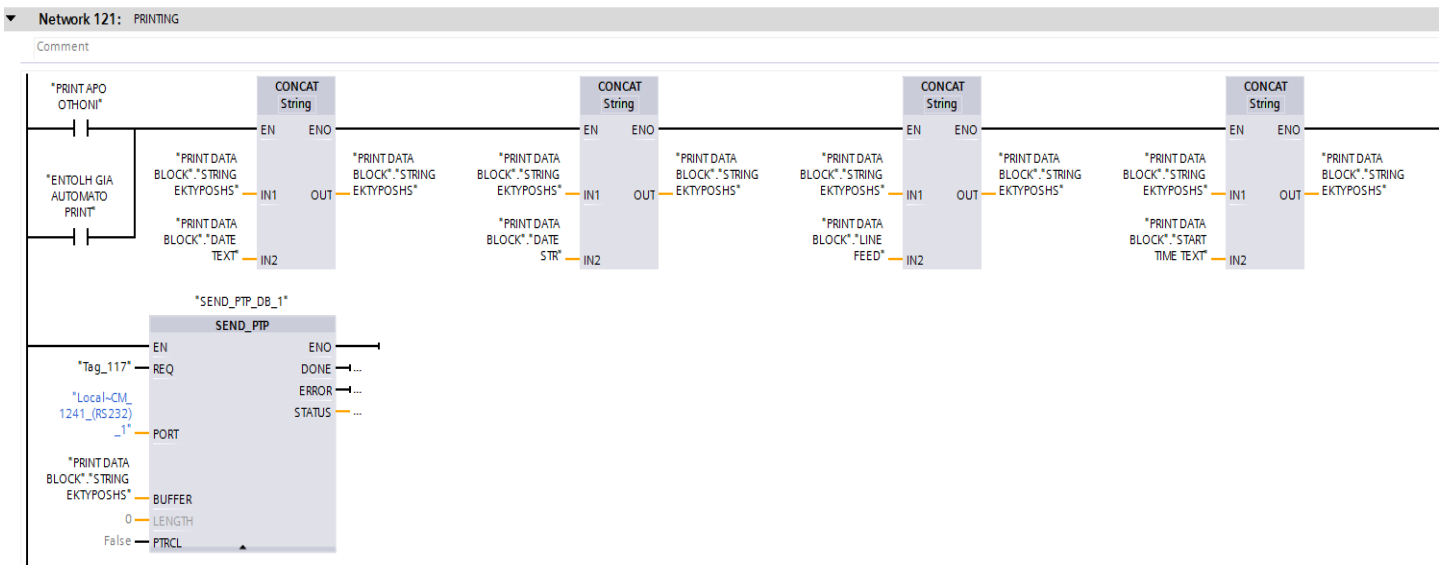
της ημερομηνίας πρέπει να μετατραπεί σε μορφή string το έτος, ο μήνας και η ημέρα, χρησιμοποιώντας 3 διαφορετικές εντολές «VAL_STRG».

Μόλις μετατραπεί σε string η κάθε πληροφορία, τότε βήμα βήμα γίνεται η συνένωση των strings σε ένα ενιαίο, που εν τέλη περιέχει όλη την ημερομηνία. Αυτό γίνεται με την εντολή «CONCAT» η οποία παίρνει τα strings που περιέχουν τα IN1 και IN2 και τα βάζει και τα δύο σε ένα ενιαίο string, με πρώτο το IN1 και στη συνέχεια το IN2. Το αποτέλεσμα εκχωρείται στο OUT. Έτσι σε ένα string που λέγεται «Start time str» γίνεται concat 5 διαφορετικών strings που όλα μαζί σε σειρά απεικονίζουν την ημερομηνία. Αυτά τα strings είναι τα «hour», «minute», «second» και 2 φορές τα διαχωριστικά ανάμεσά τους «:».



Εικόνα 41: Αποθήκευση της ώρας εκκίνησης της παραγωγής του διαλύματος

Network 121



Εικόνα 42: Network εκτύπωσης

Σε αυτό το network (Εικόνα 42) συμβαίνουν δύο πράγματα. Αρχικά υπολογίζεται το string που θα σταλεί στον εκτυπωτή για εκτύπωση και στη συνέχεια πραγματοποιείται η αποστολή του.

Ο υπολογισμός του ενός string είναι παρόμοιος με τον υπολογισμό της ημερομηνίας. Δηλαδή με την εντολή Concat λαμβάνονται κομμάτια εκτύπωσης ξεχωριστά και γίνονται ένα string μέχρι να συμπληρωθεί αυτό που επιθυμείται. Πιο αναλυτικά λαμβάνεται το «Date text» και εκχωρείται δίπλα στο αρχικά άδειο «String Ektyrwsis» και το αποτέλεσμα μπαίνει στο «String Ektyrwsis». Στη συνέχεια λαμβάνεται το «String Ektyrwsis» και τοποθετείται δίπλα του το «Date String» και όλο μαζί εκχωρείται στο «String Ektyrwsis». Μετά παίρνεται ξανά το «String Ektyrwsis» και εκχωρείται δίπλα του το «Feed line» με το οποίο πηγαίνει ο κέρσορας στην από κάτω γραμμή και το αποτέλεσμα τοποθετείται ξανά στο «String Ektyrwsis». Με αυτή τη διαδικασία να επαναλαμβάνεται δημιουργείται το επιθυμητό string εκτύπωσης. Στην ονομασία των παραπάνω strings παρατηρείται ότι τα μισά περίπου περιέχουν τη λέξη «text» και τα άλλα μισά τη λέξη «string». Αυτός ο διαχωρισμός είναι προσωπικός και δηλώνει ότι αυτά που είναι text δεν αλλάζουν καθόλου από εκτύπωση σε εκτύπωση, ενώ αυτά που είναι string είναι αυτά κάθε φορά υπολογίζει το πρόγραμμα μετατρέποντάς τα από αριθμούς σε strings.

Τέλος με την εντολή «SEND_PTP_DB» στέλνεται στον εκτυπωτή τι θα εκτυπωθεί. Πιο αναλυτικά στο REQ δηλώνεται πότε θα ενεργοποιηθεί αυτή η εντολή. Στη συγκεκριμένη περίπτωση μόλις γίνει λογικό 1 το «Tag_117», δηλαδή μόλις πατηθεί το «Print apo othoni» στην HMI ή όταν ολοκληρωθεί η παραγωγή μιας παρτίδας διαλύματος και ενεργοποιηθεί η θέση μνήμης «Entolh gia automato print». Στη συνέχεια δηλώνεται από ποια port θα σταλεί το σήμα εκτύπωσης. Στη συγκεκριμένη περίπτωση δηλώνεται το module του RS232, από το οποίο φεύγει καλώδιο και καταλήγει στον εκτυπωτή. Τέλος δηλώνεται τι θα σταλεί για εκτύπωση, δηλαδή το «String Ektyrwsis» στο οποίο προηγουμένως είχε αποθηκευτεί όλη η χρήσιμη πληροφορία με τον τρόπο που περιγράφηκε.



Εικόνα 43: Ενεργοποίηση του Tag_117

Network 76

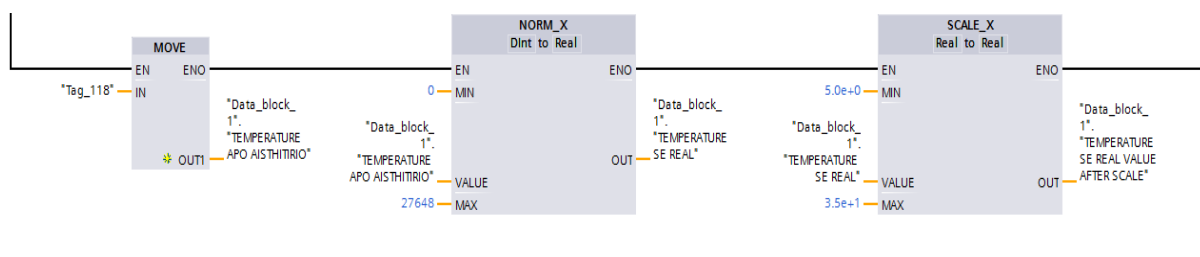
Σε αυτό το Network εκτός από την αποθήκευση της ώρας έναρξης της διαδικασίας παραγωγής διαλύματος γίνεται και η μετατροπή της αναλογικής τιμής που δίνει ο αισθητήρας θερμοκρασίας σε τιμή που μπορεί να διαχειριστεί το PLC (Εικόνα 44). Πιο συγκεκριμένα, διαβάζεται η αναλογική τιμή του αισθητήρα θερμοκρασίας (0-10 Volts) και χρησιμοποιείται η εντολή NORM_X για να ομαλοποιηθεί χαρτογραφώντας την σε γραμμική κλίμακα από MIN μέχρι MAX.

Η κατώτερη τιμή είναι η τιμή 0 και η ανώτερη η τιμή 27648. Αυτό γίνεται γιατί η αναλογική μονάδα της siemens μετατρέπει την τάση σε ακέραιο 16-bit, έτσι ώστε να έχει τιμή $2^{16} = 65536$. Η αναλογική μονάδα της siemens έρχεται με 15 bits ανάλυση και όχι με 16 επειδή στο 16^ο λαμβάνει υπόψιν της και το πρόσημο. Έτσι για τον μέγιστο αριθμό (15 bit) έχει $2^{15} = 32768$ count (0 ... 32767). Σημειώνεται ότι το PLC πάντα μετατρέπει την τάση σε μεταβλητή WORD ανεξάρτητα από την ανάλυση.

Ας πάρουμε την περίπτωση όταν το PLC μετατρέπει:

Volt: 0 10 σε έναν Αριθμό: 0 27648. Αν και το ονομαστικό εύρος είναι 0-10V (0-27648), το PLC έχει επίσης πεδίο υπερβολικού ελέγχου (overcontrol range) (27649-32511) και υπερχειλίση (overflow) (32767). Σημειώνεται ότι το 27648 δεν είναι η αναλογική μέγιστη τιμή, αλλά η αναλογική ονομαστική μέγιστη τιμή. Η πραγματική μέγιστη τιμή είναι 32767 (υπερχειλίση) $\rightarrow 2^{15}$. Έτσι εάν δώσετε την είσοδο 10.2V της μονάδας θα μετατραπεί σε τιμή μεγαλύτερη από 27648 και δεν θα καταστρέψει την αναλογική είσοδο (εφ'όσον εξακολουθεί να είναι κάτω από την επιτρεπόμενη τάση εισόδου).

Έπειτα χρησιμοποιείται η εντολή SCALE_X για να γίνει η τιμή της NORM_X σε κλίμακα από την μικρότερη τιμή που μπορεί να δώσει το αισθητήριο μέχρι τη μεγαλύτερη τιμή που μπορεί να δώσει (την ελάχιστη και μέγιστη τιμή τις βρίσκουμε στο datasheet του αισθητηρίου και είναι το εύρος μέτρησης).



Εικόνα 44: Μετατροπή 0-10 Volt σε τιμή θερμοκρασίας

6. Συμπεράσματα – Παρατηρήσεις

Στο προηγούμενο κεφάλαιο έγινε περιγραφή των πιο σημαντικών Networks του κώδικα που ανεπτύχθει για την λειτουργία της συγκεκριμένης εγκατάστασης. Πράγματα που θα μπορούσαν να είναι διαφορετικά στο πρόγραμμα, είναι η χρησιμοποίηση μιας κάρτας επέκτασης της SIEMENS η οποία θα μπορούσε να διαβάσει το βάρος από την δυναμοκυψέλη κατευθείαν. Με αυτόν τον τρόπο θα υπήρχε η δυνατότητα να ρυθμίσουμε το βάρος μέσω της HMI και όχι από τον ενδείκτη βάρους. Επίσης με μία κάρτα επέκτασης αναλογικής εξόδου θα μπορούσαμε να δίνουμε στο Inverter αναλογικά την ταχύτητα με την οποία θέλουμε να γεμίζουμε το κάθε δοχείο και όχι να έχουμε προρυθμισμένες ταχύτητες αποθηκευμένες στο Inverter οι οποίες ενεργοποιούνταν με ψηφιακό σήμα από το PLC στις ψηφιακές εισόδους του Inverter.

Η συγκεκριμένη εφαρμογή έχει ενδιαφέρον καθώς έχει ειδικές προδιαγραφές τόσο σε επίπεδο ασφάλειας και υγιεινής του χώρου όσο και στην εκτέλεση του αυτοματισμού με τα τέσσερα modes λειτουργίας λόγω του προϊόντος που παράγεται το οποίο προορίζεται για φαρμακευτική χρήση.

Ένα θέμα που θα μπορούσε να μελετηθεί εν συνεχεία με βάση τη παρούσα διπλωματική είναι το remote control του PLC. Αυτό σημαίνει ότι παρέχεται η δυνατότητα ελέγχου του PLC από απομακρυσμένο χώρο. Κάτι τέτοιο παρέχει πολλά πλεονεκτήματα όπως μειωμένο κόστος, διότι δεν χρειάζεται να πραγματοποιηθεί επίσκεψη στο χώρο που βρίσκεται η γεμιστική μηχανή. Από το χώρο σου μπορείς να δεις κάποια πιθανή αιτία βλάβης και αν δεν είναι κάτι πολύ σημαντικό να λυθεί χωρίς επίσκεψη.

Κλείνοντας αυτή την διπλωματική εργασία θα ήθελα να τονίσω ότι μπόρεσα και αποκόμισα κάποιες βασικές γνώσεις γύρω από αρκετά θέματα που αφορούν τους βιομηχανικούς αυτοματισμούς, όπως προγραμματισμός ενός PLC, προγραμματισμός μιας HMI, ανταλλαγή δεδομένων μέσω Profibus καθώς και εκτύπωση από PLC μέσω RS232. Αυτό το οφείλω στον κύριο Μανωλάκο που μου έδωσε την ευκαιρία μέσα από αυτή την διπλωματική εργασία να ασχοληθώ με τα παραπάνω θέματα αλλά και στον κύριο Κοτοπούλη που με βοήθησε σε γνωστικό αλλά και σε τεχνικό επίπεδο.

Βιβλιογραφία

Bolton, W., 2015. *Programmable Logic Controllers*. 6th επιμ. s.l.:Newnes.

Budampati, R. & Kolavennu, S., 2015. *Industrial Wireless Sensor Networks: Monitoring, Control and Automation*. 1st επιμ. s.l.:Woodhead Publishing.

Erickson, K. T., 2011. *Programmable Logic Controllers: An Emphasis on Design and Application*. 2nd επιμ. Rolla: Dogwood Valley Press.

International Society of Automation, χ.χ. *isa.org*. [Ηλεκτρονικό]
Available at:
http://www.isa.org/Template.cfm?Section=Books1&template=Ecommerce/FileDisplay.cfm&ProductID=6959&file=Chapter1_Profibus.pdf
[Πρόσβαση 23rd July 2018].

Magee, C. C., Tucker, J. K. & Singh, A. K., 2016. *Core Concepts in Dialysis and Continuous Therapies*. 2nd επιμ. s.l.:Springer.

Parr, E. A., 2003. *Programmable Controllers*. 3rd επιμ. s.l.:Newnes.

Passino, K. M., 2005. *Biomimicry for Optimization, Control, and Automation*. 1st επιμ. Ohio: Springer.

SIEMENS, 2012. *Simatic S7-1200 Easy Book Manual*. 1st επιμ. s.l.:SIEMENS.

SIEMENS, 2014. *SIMATIC STEP 7 in the TIA Portal*, s.l.: SIEMENS.

Silhavy, R. και συν., 2016. *Automation Control Theory Perspectives in Intelligent Systems*. 1st επιμ. Prague: Springer.

Strangio, C. E., 2014. *www.camiresearch.com*. [Ηλεκτρονικό]
Available at:
http://www.camiresearch.com/Data_Com_Basics/RS232_standard.html#anchor367782
[Πρόσβαση 18th July 2018].

Suhail, A., 2009. *Manual of Clinical Dialysis*. 2nd επιμ. Washington: Springer.

Unitronics, 2015. *Unitronics*. [Ηλεκτρονικό]
Available at:

http://www.unitronics.com/KnowledgeBase/U90Ladder/HMI/Display/What_is_an_HMI_.htm

[Πρόσβαση 18th July 2018].

Wormley, K., 1992. *ADVANCES IN PROGRAMMABLE CONTROLLERS DESIGN'ED-IN DIAGNOSTICS for PLCs*, s.l.: IEEE.

Κοτοπούλης, Ν., 2013. *ΣΥΜΠΥΚΝΩΜΕΝΑ ΟΞΙΝΑ ΔΙΑΛΥΜΑΤΑ ΑΙΜΟΔΙΥΛΙΣΗΣ - ΑΙΜΟΚΑΘΑΡΣΗΣ*, Κατερίνη: ΥΓΕΙΑ - PRODUCTS.

Ρουμπή, Σ., 1989. *Αυτοματισμός με προγραμματιζόμενους λογικούς ελεγκτές*. Αθήνα: Συμεών.

Τσοπανάκης, Σ. Π., 2014. *Έλεγχος και Λειτουργία Ημιαυτόματης Γεμιστικής Μηχανής με Προγραμματιζόμενο Λογικό Ελεγκτή*, Αθήνα: s.n.

Χαμηλοθώρης, Γ., 2005. *ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟΥΣ ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΥΣ ΜΕ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΖΟΜΕΝΟΥΣ ΛΟΓΙΚΟΥΣ ΕΛΕΓΚΤΕΣ (P.L.C.)*, Αθήνα: s.n.