



ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΥ

**Έλεγχος και Λειτουργία Αντλιοστασίου με την χρήση
Προγραμματιζόμενου Λογικού Ελεγκτή**

Διπλωματική Εργασία

Φανουριάδης Μιχαήλ

Επιβλέπων: Μπεκιάρης - Λυμπέρης Νικόλαος
Επίκουρος Καθηγητής Π.Κ

Χανιά, Αύγουστος 2019



School of
Electrical &
Computer
Engineering

Έλεγχος και Λειτουργία Αντλιοστασίου με την χρήση Προγραμματιζόμενου Λογικού Ελεγκτή

Διπλωματική Εργασία
Φανουριάδης Μιχαήλ

Επιβλέπων: Μπεκιάρης - Λυμπέρης Νικόλαος
Επίκουρος Καθηγητής Π.Κ

Εγκρίθηκε από την τριμελή επιτροπή :

.....

.....

.....

Ν. Μπεκιάρης-Λυμπέρης
Επίκουρος Καθηγητής

Μ. Ζερβάκης
Καθηγητής

Μ. Ντουντουνάκης
Μέλος ΕΔΙΠ

Χανιά, Αύγουστος 2019

Φανουριάδης Μιχαήλ
Διπλωματούχος Ηλεκτρολόγος Μηχανικός και Μηχανικός Υπολογιστών Π.Κ.

Copyright © Φανουριάδης Μιχαήλ

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights Reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσεως, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρών μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν κερδοσκοπικό σκοπό θα πρέπει να απευθύνονται στον συγγραφέα.

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

Θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους όσους προθυμοποιήθηκαν να μου προσφέρουν το θέμα για την εργασία αυτή αλλά ιδιαίτερα τον κ. Νικόλαο Μαραντίδη που με ενημέρωσε για το θέμα και μου επέτρεψε να το υλοποιήσω στην εταιρία του, καθώς και σε όλη την ομάδα του για τις πολύτιμες συμβουλές τους. Ιδιαίτερα ευχαριστώ στους Θ. Χελιώτη και Θ. Αλεξάκη για την ανεκτίμητη καθοδήγηση τους. Θερμά ευχαριστώ στον κ. Ντουντουνάκη Μανόλη, χωρίς την συμβολή του οποίου δεν θα ήταν δυνατή η πραγματοποίηση αυτής της διπλωματικής.

Περίληψη

Η παρούσα διπλωματική εργασία βασίζεται σε μια πραγματική εφαρμογή, συγκεκριμένα στον προγραμματισμό ενός αντλιοστασίου ύδρευσης. Σκοπός είναι η δημιουργία συστήματος αυτοματισμού για την ομαλή λειτουργία του αντλιοστασίου, για την άντληση νερού και την διανομή του στο δίκτυο ύδρευσης της περιοχής.

Το συγκεκριμένο αντλιοστάσιο αποτελείται από μία (1) δεξαμενή νερού, βαλβίδες για τον έλεγχο της παροχής, δύο (2) αντλίες παροχής, μία (1) βυθιζόμενη αντλία που βρίσκεται στην γεώτρηση της εγκατάστασης, έναν (1) αεροσυμπιεστή καθώς και αισθητήρες για όλες τις αναλογικές και ψηφιακές τιμές που χρειάζονται έλεγχο για την λειτουργία του αντλιοστασίου. Αυτά τα στοιχεία θα λαμβάνει υπόψη του το σύστημα αυτοματισμού για την σωστή και αυτοματοποιημένη λειτουργία της εγκατάστασης. Φυσικά, για λόγους που θα εξηγηθούν στην συνέχεια, το σύστημα διαθέτει και μη αυτοματοποιημένη λειτουργία, όπου οι αρμόδιοι μηχανικοί έχουν πλήρη έλεγχο όλων των παραπάνω στοιχείων.

Η υλοποίηση του συστήματος έχει γίνει με PLC της οικογενείας S300 της Siemens. Επιπλέον έχει υλοποιηθεί και μία (1) Διεπαφή Χρήστη (User Interface, UI), χρησιμοποιώντας το λογισμικό TIA Portal για την λειτουργία του αντλιοστασίου από τους μηχανικούς. Το UI αποτελείται από μία (1) οθόνη αφής HMI (Human Machine Interface) στον πίνακα ελέγχου, το οποίο όμως είναι και προσομοιωμένο σε ηλεκτρονικό υπολογιστή στα γραφεία των εγκαταστάσεων. Τέλος στο UI έχουν υλοποιηθεί συστήματα παρακολούθησης όλων των στοιχείων του αντλιοστασίου, έτσι ώστε στο τέλος το σύστημα αυτοματισμού να αποτελεί ένα σύστημα SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition)

Λέξεις Κλειδιά: Προγραμματιζόμενος Λογικός Ελεγκτής (PLC), Διεπαφή Ανθρώπου Μηχανής (HMI), SCADA, Λογισμικό TIA PORTAL, Αντλιοστάσιο Ύδρευσης, Αντλία Νερού, Αεροσυμπιεστής, Γεώτρηση Νερού

Abstract

This thesis is based on a real life application, specifically on a hydro pump station. The objective is the development of an automation system for the proper function of the pump station, pumping of the water and its distribution to the water supply system of the region.

This pump station is composed of one (1) water tank, water valves, two (2) motor pumps, one (1) underwater motor pump, which is located in the water excavation site, one (1) air compressor and many analog and digital sensors which are required for the proper function of the facility. All these elements are the inputs and the outputs of the automation system. For reasons that will be explained later in this thesis, the system has a manual function, which gives the engineers of the facility full control of all these elements.

The automation system has been developed using a Siemens PLC of the S300 family. Furthermore, a User Interface system has been developed, using the TIA Portal software, for the control of the facility from the engineers. This User Interface has been developed using a touch panel HMI (Human Machine Interface), which is located in the control panel, but there is also a simulation of it in a Computer in the central office of the facility. Finally, supervisory systems have been integrated into the UI in order to create a complete SCADA system (Supervisory Control And Data Acquisition).

Keywords: Programmable Logic Controller (PLC), Human Machine Interface (HMI), TIA PORTAL software, SCADA, Hydro Pump Station, Water Pump, Air Compressor, Water Excavation

Περιεχόμενα

Κεφάλαιο 1: Περιγραφή Προβλήματος.....	11
1.1 Αναζητώντας Πρόβλημα Προς Επίλυση.....	11
1.2 Ανάλυση Λειτουργίας Αντλιοστασίου.....	12
1.2.1 Αντλίες Παροχής.....	12
1.2.2 Δεξαμενή Νερού.....	15
1.2.3 Βαλβίδες Πίεσης.....	16
1.2.4 Αεροσυμπιεστής.....	16
1.2.5 Γεώτρηση Νερού.....	17
1.2.6 Αισθητήρες.....	18
1.3 Λοιπές Παράμετροι Συστήματος.....	19
Κεφάλαιο 2: Επιλογή Υλικών.....	20
2.1 Εισαγωγικά στοιχεία για τα PLC.....	20
2.2 Επιλογή PLC.....	26
2.3 Επιλογή HMI.....	30
2.4 Επιλογή Λογισμικού για τον Προγραμματισμό.....	32
Κεφάλαιο 3: Προγραμματισμός PLC.....	34
3.1 Σύστημα Ελέγχου Αντλιοστασίου.....	34
3.2 Αντλίες Παροχής.....	37
3.2.1 Απαραίτητες Αντλίες.....	38
3.2.2 Κυκλική Εναλλαγή.....	41
3.2.3 Εκκίνηση Αντλιών.....	48
3.2.4 Σφάλματα Αντλιών.....	49
3.3 Δεξαμενή Νερού.....	52
3.4 Αεροσυμπιεστής.....	53
3.5 Βαλβίδες Πίεσης.....	56
3.6 Αναλογικές Τιμές.....	59
3.7 Αρχικοποίηση Μεταβλητών.....	60
3.8 Κατάσταση Εκτάκτου Ανάγκης.....	61
3.9 Ρολόγια Σφαλμάτων.....	61
Κεφάλαιο 4: Προγραμματισμός HMI.....	62
4.1 Οθόνη Αντλιών Παροχής.....	63
4.2 Οθόνη Βαλβίδας και Αεροσυμπιεστή.....	64
4.3 Οθόνη Άλλαγής Συντελεστών.....	66
4.4 Οθόνη Ελέγχου.....	67
4.5 Οθόνη Γραφημάτων.....	68
4.6 Οθόνη Ενεργειών.....	69
4.7 Αρχική Οθόνη (Οθόνη SCADA).....	69
4.8 Οθόνη Γεώτρησης.....	71
4.9 Συναγερμοί (Σφάλματα και Προειδοποιήσεις).....	72
4.9.1 Σφάλματα.....	72
4.9.2 Προειδοποιήσεις.....	73
Κεφάλαιο 5: Προσομοίωση Συστήματος.....	74
5.1 Συνθήκες Προσομοίωσης.....	74
5.2 Προσομοίωση HMI.....	76
5.2.1 Σύνδεση Χρήστη.....	76
5.2.2 Ενεργοποίηση Βαλβίδας Πίεσης.....	78

5.2.3 Χειρισμός Αντλιών Παροχής.....	79
5.2.4 Δοχείο Συμπίεσης.....	81
5.2.5 Τροφοδοσία Νερού από την Γεώτρηση.....	82
5.2.6 Real-Time Γραφήματα.....	83
5.2.7 Καταγραφή Ενεργειών.....	83
5.2.8 Ειδοποίηση Σφαλμάτων και Προειδοποίησεων.....	84
5.2.9 Εμφάνιση Βοηθητικού Διαγράμματος.....	84
5.2.10 Κατάσταση Εκτάκτου Ανάγκης.....	85
Κεφάλαιο 6: Συμπεράσματα και το Μέλλον της Εφαρμογής.....	86
6.1 Συμπεράσματα για την επιλογή υλικών.....	86
6.2 Συμπεράσματα από τα Simulations του συστήματος.....	86
6.3 Το μέλλον της Εφαρμογής.....	87
Βιβλιογραφία.....	89
Παράρτημα 1: Κώδικες Προγράμματος.....	91
Παράρτημα 2: Προκήρυξη Έργου.....	119

Εισαγωγή

Αποτελεί αναμφισβήτητη αλήθεια πως τα τελευταία χρόνια έχουμε βιώσει ραγδαίες τεχνολογικές εξελίξεις, που έχουν αλλάξει δραστικά τον τρόπο που λειτουργεί η βιομηχανία. Με τις καινοτομίες στον τομέα του αυτοματισμού, πλέον τα βιομηχανικά πρότυπα έχουν στραφεί προς την ταχύτητα, την ακρίβεια και την μέγιστη δυνατή αποφυγή σφαλμάτων.

Τα standard αυτά καλύφθηκαν με την αντικατάσταση των ηλεκτρονόμων αυτοματισμού από τους Προγραμματιζόμενους Λογικούς Ελεγκτές, που αποτελούσαν για αρκετό καιρό το state of the art στον τομέα του αυτοματισμού για τον βιομηχανικό έλεγχο. Αυτά τα συστήματα παρέχουν πολλαπλές αναλογικές και ψηφιακές εισόδους και εξόδους καθώς επίσης τα αποτελέσματα εξόδου παράγονται σε συνάρτηση με τις συνθήκες εισόδου μέσα σε ένα περιορισμένο χρονικό διάστημα. Η αντοχή τους σε μεγάλο εύρος θερμοκρασιών, σε κραδασμούς, στην υγρασία και στον ηλεκτρονικό και θερμικό θόρυβο τα καθιστούν ιδανικά για τις δυσχερείς συνθήκες των εγκαταστάσεων μίας βιομηχανίας. Με την δυνατότητα να πραγματοποιούν πολλούς κύκλους ελέγχου σε μικρό χρονικό διάστημα, ο έλεγχος κίνησης και ο έλεγχος διεργασιών γίνονται με μεγάλη ακρίβεια. Πλέον το state of the art, στον τομέα του βιομηχανικού ελέγχου αποτελούν η δικτύωση και η εποπτική παρακολούθηση ολόκληρου του συστήματος αυτοματισμού, δηλαδή τα συστήματα SCADA.

Η παρούσα διπλωματική εργασία πραγματεύεται την υλοποίηση ενός συστήματος αυτοματισμού που θα εξασφαλίζει την απρόσκοπη λειτουργία ενός αντλιοστασίου ύδρευσης καθώς και του συστήματος SCADA που θα είναι υπεύθυνο για την παρακολούθηση όλου του συστήματος αυτοματισμού. Το σύστημα θα πρέπει να ελέγχει όλα τα απαραίτητα στοιχεία του αντλιοστασίου, να δέχεται και να αναλύει τις εισόδους του, να προσδιορίζει σε τι κατάσταση βρίσκεται αλλά και τι εξόδους θα πρέπει να παράγει. Ο χειρισμός του συστήματος θα πρέπει να είναι εύκολος και ευνόητος από τους μηχανικούς της εγκατάστασης. Για αυτόν τον λόγο το User Interface θα πρέπει να είναι κατανοητό και εύχρηστο και να αναδεικνύει όλα τα προβλήματα που αντιμετωπίζει το σύστημα για να επιλυθούν από τους μηχανικούς. Τέλος το σύστημα θα πρέπει να έχει δικλίδες ασφαλείας για να αποτρέπονται οι μεγάλες ζημιές που μπορούν να προκύψουν στην εγκατάσταση. Η διπλωματική εργασία περιλαμβάνει τα εξής κεφάλαια:

- ◆ Στο πρώτο κεφάλαιο ορίζεται το πρόβλημα που καλούμαστε να λύσουμε, δηλαδή η υλοποίηση του συστήματος αυτοματισμού, και που απευθύνεται η λύση.

- ◆ Στο δεύτερο κεφάλαιο εξηγείται η επιλογή των υλικών και του λογισμικού και γιατί αυτές επιλογές είναι βέλτιστες για το σύστημα που υλοποιούμε.
- ◆ Στο τρίτο κεφάλαιο αναλύεται η λειτουργία του αυτοματισμού, η λογική του αλλά και οι δυνατότητες του.
- ◆ Στο τέταρτο κεφάλαιο εξηγείται η λειτουργία και ο χειρισμός του HMI, καθώς και όλα τα χαρακτηριστικά και οι δυνατότητες του.
- ◆ Στο πέμπτο κεφάλαιο παρουσιάζεται η προσομοίωση της λειτουργίας του συστήματος.
- ◆ Στο έκτο και τελευταίο κεφάλαιο παραθέτονται τα τελικά συμπεράσματα που προέκυψαν από την ολοκληρωμένη υλοποίηση του συστήματος καθώς και μερικές σημειώσεις σχετικά με το μέλλον της εφαρμογής.

Κεφάλαιο 1: Περιγραφή Προβλήματος

1.1 Αναζητώντας Πρόβλημα Προς Επίλυση

Οι στόχοι που τέθηκαν εξαρχής ήταν η υλοποίηση μιας πραγματικής και ρεαλιστικής εφαρμογής με την χρήση PLC και HMI, με έμφαση στον προγραμματισμό της. Δεδομένου της αδυναμίας του εργαστηρίου αυτοματισμού να εξυπηρετήσει με κατάλληλη υλικοτεχνική υποδομή τη διπλωματική εργασία, αναζητήθηκαν προβλήματα προς επίλυση.

Αρχικά, προσπαθήσαμε να βρούμε μια τέτοια βιομηχανία στα Χανιά. Η πρώτη επικοινωνία ήταν με την εταιρία Κυλινδρόμυλοι Κρήτης. Μετά από συνάντηση με το μέλος της διοίκησης της εταιρίας, κ. Αλέξανδρο Μαρκαντωνάκη, ήρθαμε σε επαφή με τον μηχανικό των εγκαταστάσεων ο οποίος μας πρότεινε την υλοποίηση ενός αυτόματου συστήματος συσκευασίας, το οποίο θα υλοποιούσαμε στις εγκαταστάσεις τους. Έπειτα συναντηθήκαμε με τον υπεύθυνο της εταιρείας εμφιάλωσης νερού Εταιρεία Ανάπτυξης Αποκορώνου (ΕΤ.ΑΝ.ΑΠ), κ. Αποστολάκη Μανόλη, όπου μας πρότειναν την αναπαλαίωση ενός συστήματος αναγνώρισης χαλασμένων πλαστικών μπουκαλιών. Παράλληλα, επικοινωνήσαμε με τα γραφεία της εταιρίας SIEMENS στην Αθήνα, κ. Τσατσαρώνης Χρήστος, όπου δεν είχαν να μας προτείνουν κάποιο θέμα. Επίσης επικοινωνήσαμε, χωρίς αποτέλεσμα, με την εταιρία Schneider – Electric, στην Αθηνά, και την Control Tech στο Ηράκλειο. Τέλος, ήρθαμε σε επαφή με τη Δημοτική Επιχείρηση Ύδρευσης Αποχέτευσης Χανίων (Δ.Ε.Υ.Α.Χ.), υπεύθυνος ηλεκτρολόγος μηχανικός κ. Νικολούδάκης Πέτρος, που μας έφερε σε επαφή με τους μηχανικούς της εταιρίας MACHINOR S.A. και τον CEO, κ. Νικόλαο Μαραντίδη, τέως διευθυντή του τμήματος αυτοματισμού της SIEMENS ΕΛΛΑΣ και συγγραφέα ενός από τα καλύτερα βιβλία προγραμματισμού με PLC στα ελληνικά. Μας προτάθηκε η δημιουργία ενός συστήματος αυτοματισμού για ένα αντλιοστάσιο ύδρευσης με τη χρήση PLC Siemens της οικογένειας S300.

1.2 Ανάλυση Λειτουργίας Αντλιοστασίου

Όπως εξηγήθηκε παραπάνω, αντικείμενο αυτής της διπλωματικής εργασίας είναι ο προγραμματισμός του συστήματος αυτοματισμού του αντλιοστασίου αλλά και του συστήματος SCADA για την παρακολούθηση και έλεγχο των λειτουργιών του.

Τα στοιχεία που θα λαμβάνει υπόψη του το σύστημα είναι η δεξαμενή νερού, οι δύο (2) αντλίες παροχής νερού, η μία (1) εφεδρική αντλία παροχής, η μία (1) βυθιζόμενη αντλία που βρίσκεται στην γεώτρηση από την οποία προέρχεται το νερό, ένας (1) αεροσυμπιεστής, οι βαλβίδες παροχής και οι απαραίτητοι αισθητήρες αναλογικής και ψηφιακής εξόδου, των οποίων η χρησιμότητα θα εξηγηθεί παρακάτω.

1.2.1 Αντλίες Παροχής



Εικόνα 1.1. Αντλίες παροχής αντλιοστασίου

Το συγκεκριμένο αντλιοστάσιο περιλαμβάνει δύο (2) αντλίες παροχής νερού για την διοχέτευση του νερού προς το σύστημα ύδρευσης της περιοχής. Οι αντλίες αυτές είναι οριζόντιου τύπου (εικόνα 1.1), φυγοκεντρικές με ηλεκτροκινητήρα βραχυκυκλωμένου δρομέα, ο οποίος λειτουργεί χωρίς κίνδυνο υπερφόρτωσης σε οποιαδήποτε σημείο της καμπύλης λειτουργίας της αντλίας.

Η λειτουργία των αντλιών ελέγχεται από ένα (1) αντιστροφέα (Inverter) για την ομαλή λειτουργία των ηλεκτροκινητήρων. Το Inverter με την σειρά του, ελέγχεται από το PLC, για το πότε πρέπει να ξεκινήσει η αντλία την λειτουργία της ή πότε πρέπει να την τερματίσει. Οι δύο (2) αυτές αντλίες είναι υπεύθυνες για την μεταφορά του νερού από την δεξαμενή αποθήκευσης προς στο δίκτυο ύδρευσης της περιοχής.

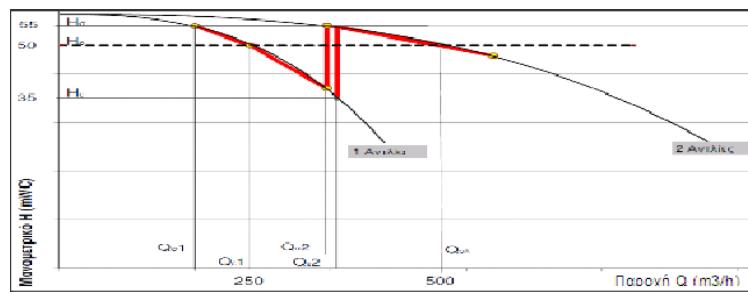
Οι δύο (2) αντλίες παροχής πρέπει να λειτουργούν σύμφωνα με την αρχή της κυκλικής εναλλαγής. Αυτό σημαίνει πως όταν οι ανάγκες ροής του συστήματος, επιβάλουν να λειτουργεί μόνο μια αντλία τότε το σύστημα θα πρέπει να “θυμάται” ποια αντλία λειτουργησε τελευταία, έτσι ώστε όταν θα ξαναεμφανιστεί η ανάγκη να λειτουργεί μόνο μια αντλία, δεν θα τεθεί σε λειτουργία ξανά η ίδια αντλία. Με αυτόν τον τρόπο και οι δύο αντλίες θεωρούνται κύριες και όχι η μία εφεδρική της άλλης και ο φόρτος εργασίας ισομοιράζεται μεταξύ των αντλιών. Η κυκλική εναλλαγή είναι απαραίτητη για την βιωσιμότητα του αντλιοστασίου καθώς “ξεκουράζει” τις αντλίες παροχής και επιμηκύνει την διάρκεια ζωής τους.

Οι αντλίες παροχής έχουν δύο (2) διαφορετικές λειτουργίες, την αυτόματη (automatic) και την χειροκίνητη (manual). Οι μηχανικοί των εγκαταστάσεων μπορούν να θέσουν οποιαδήποτε αντλία σε μία από τις δύο (2) λειτουργίες είτε μέσω της οθόνης αφής, είτε μέσω του κεντρικού πίνακα ελέγχου των εγκαταστάσεων (εικόνα 1.2). Όταν οι αντλίες βρίσκονται στην manual λειτουργία, θα πρέπει να εμφανίζονται στο User Interface δύο (2) επιλογές, η εκκίνηση και παύση λειτουργίας. Η manual λειτουργία είναι απαραίτητη για να διευκολύνει τους μηχανικούς της εγκατάστασης στον έλεγχο των αντλιών αλλά και στην δοκιμή τους σε περίπτωση αντικατάστασης.

Αντίθετα στην automatic λειτουργία, το σύστημα ελέγχει τις τιμές πίεσης και παροχής και αποφασίζει πόσες αλλά και ποια αντλία θα πρέπει να ανοίξει ή να κλείσει, όπως φαίνεται στο εικόνα 1.3. Όταν η παροχή Q είναι $Q_{s1} < Q < Q_{s2}$ και η πίεση H είναι $H_0 < H < H_i$ τότε λειτουργεί μια αντλία, ενώ όταν $Q > Q_{s2}$ λειτουργούν και οι δύο (2) αντλίες. Όταν η πίεση του συστήματος είναι αρκετά υψηλή, δηλαδή $H > H_i$, τότε δεν χρειάζονται οι αντλίες. Οι παραπάνω τιμές έχουν τις σύνηθες προκαθορισμένες (preset) τιμές τους, αλλά θα πρέπει να δίνεται η δυνατότητα στους μηχανικούς να τις αλλάξουν μέσω του UI. Τέλος, όταν το σύστημα βρίσκεται σε κατάσταση εκτάκτου ανάγκης, πρέπει να σταματάνε και οι δύο (2) αντλίες, ανεξάρτητα από το σε ποια λειτουργία βρίσκονται.



Εικόνα 1.2 .Κεντρικός Πίνακας Αυτοματισμού



Εικόνα 1.3. Διάγραμμα Λειτουργίας Αντλιών

1.2.2 Δεξαμενή Νερού

Οι αντλίες παροχής τροφοδοτούνται με νερό από την δεξαμενή νερού. Η δεξαμενή έχει χωρητικότητα 500 m^3 και τροφοδοτείτε με νερό μέσω της γεώτρησης που βρίσκεται στις εγκαταστάσεις. Η στάθμη του νερού που βρίσκεται στην δεξαμενή μετριέται με ένα (1) μαγνητικό φλοτέρ αλλά και από δύο (2) αισθητήρες νερού τοποθετημένους στο πάνω και στο κάτω μέρος της δεξαμενής. Και τα δύο (2) διαφορετικά είδη αισθητήρων είναι απαραίτητα για την ανίχνευση της στάθμης του νερού, καθώς σε περίπτωση υπερχείλισης ή υποχείλισης μπορεί να προκύψουν σοβαρές ζημιές στην δεξαμενή αλλά και στις αντλίες παροχής. Η διαδικασία τροφοδοσία της δεξαμενής με νερό από την γεώτρηση ξεκινάει όταν η στάθμη του νερού είναι αρκετά χαμηλή και ο αισθητήρας νερού στο κάτω μέρος της δεξαμενής απενεργοποιηθεί. Η διαδικασία σταματάει όταν ενεργοποιηθεί ο αισθητήρας νερού στο πάνω μέρος της δεξαμενής.

1.2.3 Βαλβίδες Πίεσης

Για να αντλήσει μια αντλία νερό από την δεξαμενή θα πρέπει πρώτα να είναι ανοικτή η βαλβίδα παροχής. Για λόγους ασφάλειας, στα αντλιοστάσια, πάντα προτιμούνται οι βαλβίδες πίεσης, οι οποίες ανοίγουν μόνο όταν η πίεση του συστήματος είναι σε φυσιολογικές τιμές, για να αποφευχθούν οι καταστροφές στο σύστημα αλλά και στις εγκαταστάσεις. Για αυτό τον λόγο οι βαλβίδες παροχής θα πρέπει να είναι το πρώτο στοιχείο που τίθεται σε λειτουργία μέσα στο αντλιοστάσιο. Η πίεση του συστήματος μετριέται σε μιλίμετρα στηλών ύδατος ($\text{Wc} - \text{Water Columns}$, $1 \text{ mmWc} = 9.80665 \times 10^{-5} \text{ bar}$) και οι βαλβίδες που χρησιμοποιήθηκαν στο αντλιοστάσιο λειτουργούν μεταξύ 10 και 12 mmWc.

Στο αντλιοστάσιο χρησιμοποιήθηκαν δύο (2) βαλβίδες πίεσης, μία (1) στην δεξαμενή νερού και μία (1) στην γεώτρηση νερού. Οι βαλβίδες πρέπει να έχουν δύο (2) διαφορετικές λειτουργίες, όπως και οι αντλίες, την *automatic* και την *manual*. Οι βαλβίδες πίεσης έχουν ενσωματωμένους μέσα τους αισθητήρες οι οποίοι αναγνωρίζουν σε πια θέση βρίσκεται η βαλβίδα κατά την διαδικασία ανοίγματος και κλεισίματος. Οι θέσεις της βαλβίδας, τις οποίες αναγνωρίζουν οι αισθητήρες, είναι η θέση πλήρους ανοίγματος, η θέση κλεισίματος και η μεσαία θέση, δηλαδή η θέση στην οποία βρίσκεται η βαλβίδα όταν βρίσκεται ακριβώς στην μέση της διαδρομής που χρειάζεται να κάνει από την θέση κλεισίματος, μέχρι να βρεθεί στην θέση πλήρους ανοίγματος. Οι αισθητήρες αυτοί θα

πρέπει να συνδέονται στο σύστημα αυτοματισμού, έτσι ώστε να μπορεί να απεικονιστεί στο σύστημα SCADA η θέση στην οποία βρίσκονται οι βαλβίδες.

1.2.4 Αεροσυμπιεστής

Ο ρόλος του αεροσυμπιεστή είναι να τροφοδοτεί το σύστημα με αέρα μεγάλης πίεσης έτσι ώστε να ανεβαίνει η πίεση του συστήματος, όταν αυτή είναι κάτω των επιτρεπτών ορίων. Ο αεροσυμπιεστής, βρίσκεται προς το τέλος των σωληνώσεων της εγκατάστασης απομακρυσμένος από τα υπόλοιπα στοιχεία του συστήματος. Από σχεδιαστικής άποψης, αυτό συμβαίνει γιατί εκεί συνήθως παρατηρούνται πτώσεις πίεσης στο σύστημα, λόγω του μεγάλου μήκους των σωληνώσεων στις εγκαταστάσεις.

Όταν ο αεροσυμπιεστής λειτουργεί στέλνει αέρα στο δοχείο συμπίεσης, το οποίο εσωτερικά αποτελείται από μία ειδική ελαστική μεμβράνη η οποία διατηρεί σταθερή την πίεση μέσα στο δοχείο. Μέσα στο δοχείο συμπίεσης υπάρχουν δύο (2) διακόπτες, οι οποίοι και οι δύο είναι απενεργοποιημένοι όταν η πίεση μέσα στο δοχείο είναι χαμηλή και η ελαστική μεμβράνη δεν διαστέλλεται, ενώ και οι δύο ενεργοποιούνται όταν η πίεση του αέρα μέσα στο δοχείο είναι υψηλή και η ελαστική μεμβράνη διαστέλλεται στο μέγιστο σημείο διαστολής της.

Ο αεροσυμπιεστής έχει δύο (2) διαφορετικές λειτουργίες, όπως και οι αντλίες παροχής, την automatic και την manual. Όταν ο αεροσυμπιεστής βρίσκεται στην automatic λειτουργία, τότε ξεκινάει να τροφοδοτεί το δοχείο συμπίεσης με αέρα εφόσον ο διακόπτης χαμηλής πίεσης είναι απενεργοποιημένος και σταματάει όταν ενεργοποιείται ο διακόπτης υψηλής πίεσης. Αντίθετα στην manual λειτουργία, ο αεροσυμπιεστής ξεκινάει και σταματάει την λειτουργία του μόνο όταν δεχθεί εντολή από το σύστημα, δηλαδή όταν το επιλέξει ο μηχανικός μέσω του touch panel. Η απελευθέρωση του συμπιεσμένου αέρα από το δοχείο διαστολής προς το σύστημα θα πρέπει να γίνεται μόνο χειροκίνητα από τους μηχανικούς της εγκατάστασης και όχι από το σύστημα αυτοματισμού, ανεξαρτήτως σε ποια λειτουργία βρίσκεται ο αεροσυμπιεστής. Έτσι εξασφαλίζεται πως το σύστημα πραγματικά χρειάζεται μια υψηλή πίεση, αλλά και για να εξαλειφθεί έτσι η πιθανότητα βλάβης του αισθητήρα πίεσης. Για αυτό τον λόγο όταν η πίεση μέσα στο δοχείο συμπίεσης είναι χαμηλή, θα πρέπει να γίνεται εμφανές στο UI έτσι ώστε να ενημερώνονται οι μηχανικοί ότι πρέπει να ενεργοποιήσουν τον αεροσυμπιεστή, για όταν η πίεση του συστήματος πέσει, ο αεροσυμπιεστής να είναι έτοιμος να ελευθερώσει τον συμπιεσμένο αέρα.

1.2.5 Γεώτρηση Νερού

Το αντλιοστάσιο είναι χτισμένο κοντά σε φυσικά κοιτάσματα νερού, από τα οποία αντλείτε το νερό μέσω μίας γεώτρησης. Μέσα στην γεώτρηση έχουν τοποθετηθεί μία (1) αντλία νερού βυθιζόμενου τύπου, η οποία λειτουργεί όπως και οι δύο (2) αντλίες παροχής και μία (1) βαλβίδα πίεσης αντίστοιχη με αυτή στην δεξαμενή νερού. Η διαδικασία μεταφοράς νερού από την γεώτρηση προς την δεξαμενή μπορεί να γίνει αυτόματα όταν η βαλβίδα πίεσης βρίσκεται στην θέση πλήρως ανοίγματος, η αντλία μέσα στην γεώτρηση βρίσκεται στην automatic λειτουργία και ο αισθητήρας νερού στο κάτω μέρος της δεξαμενής έχει απενεργοποιηθεί. Η διαδικασία μεταφοράς νερού ολοκληρώνεται όταν ενεργοποιηθεί ο αισθητήρας νερού στο πάνω μέρος της δεξαμενής. Αντίστοιχα, η διαδικασία μεταφοράς νερού μπορεί να γίνει και χειροκίνητα όταν η βαλβίδα πίεσης βρίσκεται σε θέση πλήρους ανοίγματος και η αντλία βρίσκεται στην manual λειτουργία. Η διαδικασία σταματάει όταν σταματήσει και η λειτουργία της αντλίας μέσα στην γεώτρηση. Τέλος, μέσα στην γεώτρηση έχουν τοποθετηθεί ένας (1) αισθητήρας πίεσης και ένα (1) βυθόμετρο για να υπολογίζει το υπολειπόμενο νερό της γεώτρησης.

1.2.6 Αισθητήρες

Οι περισσότεροι αισθητήρες του συστήματος είναι ενσωματωμένοι σε κάποιο άλλο στοιχείο. Αυτοί οι αισθητήρες είναι οι δύο (2) αισθητήρες νερού και το μαγνητικό φλοτέρ που βρίσκονται μέσα στην δεξαμενή νερού, δύο (2) διακόπτες που ελέγχουν την πίεση μέσα στον αεροσυμπιεστή και ο διακόπτης έκτακτης ανάγκης που βρίσκεται στον πίνακα κεντρικού ελέγχου. Όλοι αυτοί οι αισθητήρες είναι ψηφιακής εξόδου με εξαίρεση το μαγνητικό φλοτέρ στην δεξαμενή, το οποίο είναι αναλογικής εξόδου.

Εκτός από το μαγνητικό φλοτέρ, στο σύστημα έχουν τοποθετηθεί άλλοι δύο (2) αισθητήρες αναλογικής εξόδου. Ένα (1) ρούμετρο, τοποθετημένο μέσα στις σωληνώσεις του αντλιοστασίου. Η ροή του νερού (m^3/h) μέσα στο σύστημα είναι ουσιαστικά η ζήτηση νερού από το δίκτυο διανομής νερού και μέσω της ροής υπολογίζεται πόσες αντλίες χρειάζεται να λειτουργούν έτσι ώστε να καλύπτονται οι ανάγκες του συστήματος. Επίσης, έχουν τοποθετηθεί και δύο (2) πιεσόμετρα, ένα

(1) στην γεώτρηση νερού και ένα (1) μέσα στις σωληνώσεις της εγκατάστασης. Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, η πίεση του συστήματος μετριέται σε μιλίμετρα στηλών ύδατος (mmWc).

Επιπλέον, έχουν προστεθεί δύο (2) αισθητήρες ψηφιακής εξόδου οι οποίοι είναι απαραίτητοι για την ασφάλεια του αντλιοστασίου. Ο πρώτος είναι είναι ένας (1) αισθητήρας ρεύματος ο οποίος είναι τοποθετημένος στην τροφοδοσία ρεύματος του αντλιοστασίου και ανιχνεύει το ρεύμα σε ένα (1) καλώδιο και παράγει ένα (1) ανάλογο ψηφιακό σήμα. Όταν η τάση του συστήματος αποκλίνει από την φυσιολογική τιμή (ονομαστική τάση συστήματος 230 V) τότε το σύστημα τίθεται σε κατάσταση εκτάκτου ανάγκης μέχρι να λυθεί το πρόβλημα τροφοδοσίας. Ο τελευταίος αισθητήρας ψηφιακής εξόδου είναι τα θερμίστορ που είναι τοποθετημένα στους κινητήρες των αντλιών παροχής νερού, μέσω των οποίων καταλαβαίνει το σύστημα ότι οι αντλίες λειτουργούν κανονικά.

1.3 Λοιπές Παράμετροι Συστήματος

Οι βασικές λειτουργίες των στοιχείων του αντλιοστασίου και το πως ενσωματώνονται στο σύστημα αυτοματισμού αναλύθηκαν παραπάνω. Σε αυτό το κομμάτι, θα αναλυθούν οι υπόλοιπες παράμετροι και προδιαγραφές του συστήματος.

Η βαλβίδα πίεσης εξασφαλίζει ότι το νερό της δεξαμενής δεν θα αντληθεί και για αυτό θα πρέπει να είναι το πρώτο στοιχείο του αντλιοστασίου που θα τίθεται σε λειτουργία. Για αυτόν τον λόγο οι αντλίες παροχής δεν θα πρέπει να λειτουργούν ποτέ εάν η βαλβίδα πίεσης δεν βρίσκεται σε θέση πλήρους ανοίγματος, συνεπώς το UI δεν θα πρέπει να επιτρέπει να τεθούν σε λειτουργία οι αντλίες παροχής εάν δεν βεβαιωθεί από το σύστημα αυτοματισμού ότι η βαλβίδα είναι πλήρως ανοικτή.

Οι αντλίες παροχής είναι μηχανήματα βαριάς φύσης και θα πρέπει να “προστατεύεται” η διάρκεια ζωής τους όσο πιο πολύ γίνεται. Για αυτό, η λειτουργία τους πρέπει να διακόπτεται ποτέ απότομα. Όταν, μέσω του UI, η λειτουργία μίας αντλίας αλλάζει από την automatic στην manual, ενώ βρίσκεται σε λειτουργία, τότε η αντλία θα πρέπει να σταματάει έτσι ώστε να αποφευχθούν κίνδυνοι στις περιπτώσεις έκτακτης ανάγκης. Αντίστοιχα όταν μία αντλία βρίσκεται στην manual λειτουργία και λειτουργεί κανονικά, θα πρέπει να αφαιρείτε η δυνατότητα από τον χρήστη να αλλάξει την λειτουργία της σε automatic, καθώς το σύστημα αυτοματισμού μπορεί να κρίνει ότι δεν θα έπρεπε

να λειτουργεί η αντλία αυτή και να προκύψουν σοβαρά προβλήματα. Συνεπώς, πρώτα θα πρέπει να σταματήσει να λειτουργεί η αντλία και μετά να δίνεται η δυνατότητα στον χρήστη, να αλλάξει την λειτουργία της αντλίας σε automatic.

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως στον κεντρικό πίνακα ελέγχου υπάρχει το διακόπτης έκτακτης ανάγκης, ο οποίος είναι κλειστού τύπου (normally closed). Όταν θα ενεργοποιείται ο διακόπτης τότε θα πρέπει να διακόπτονται όλες οι λειτουργίες του αντλιοστασίου και να μην επιτρέπεται να τεθεί σε λειτουργία κανένα στοιχείο του αντλιοστασίου. Το αντλιοστάσιο θα μπορεί να επανέρχεται σε κανονική λειτουργία μόνο όταν απενεργοποιηθεί ο διακόπτης έκτακτης ανάγκης και το “κουμπί” reset στο touch panel έχει πατηθεί.

Οι preset τιμές παροχής Q και πίεσης H, όπως αναφέρθηκε παραπάνω, θα μπορούν να ρυθμίζονται μέσα από το UI. Επειδή, όμως, οι τιμές που μπορούν να πάρουν αυτές οι μεταβλητές είναι περιορισμένες θα πρέπει να εξασφαλίζεται ότι δεν μπορούν να αλλαχθούν από τον οποιοδήποτε, για αυτόν τον λόγο θα πρέπει να ζητούνται όνομα χρήστη και κωδικός πρόσβασης από τον χρήστη για να έχει πρόσβαση σε αυτές. Συνεπώς, δημιουργείται η ανάγκη να δημιουργηθούν προσωπικοί λογαριασμοί για τους ανώτερους μηχανικούς της εγκατάστασης. Επίσης, οι ανώτεροι μηχανικοί θα έχουν την πρόσβαση για να ενεργοποιήσουν την automatic λειτουργία για τις αντλίες.

Τέλος όσον αφορά το UI, θα πρέπει να απεικονίζονται όλα τα στοιχεία του αντλιοστασίου και είναι ξεκάθαρο σε ποια κατάσταση βρίσκονται, καθώς και να κρατείται ιστορικό λειτουργίας όπου να αναγράφεται ποια λειτουργία πραγματοποιήθηκε, ποια ώρα και από ποιον χρήστη.

Κεφάλαιο 2: Επιλογή Υλικών

2.1 Εισαγωγικά στοιχεία για τα PLC

Τα PLC, από τα αρχικά των Αγγλικών λέξεων Programmable Logic Controllers ή στα Ελληνικά Προγραμματιζόμενοι Λογικοί Ελεγκτές, ανήκουν στην ευρύτερη κατηγορία των ψηφιακών Υπολογιστικών Συστημάτων. Χρησιμοποιούνται για να ελέγχουν μηχανές και διεργασίες όπου απαιτείται να γίνονται αυτόματες λειτουργίες κατ' εξοχήν στην βιομηχανία αλλά επίσης και σε κτηριακές εγκαταστάσεις, στη ναυτιλία, σε μεγάλα έργα υποδομών, στον έλεγχο κυκλοφορίας οχημάτων, στα αεροδρόμια και σε πάρα πολλούς άλλους τομείς. Σαν αρχή λειτουργίας τα PLC συλλέγουν πληροφορίες και παίρνουν εντολές μέσω των εισόδων τους, αποφασίζουν ακολουθώντας απόλυτα τη λογική του προγράμματος τους και δίνουν τιμές στις εξόδους τους μέσω των οποίων τελικά ελέγχουν μηχανές ή διεργασίες.

Τα κύρια μέρη από τα οποία αποτελείται ένα (1) PLC, είναι οι μονάδες εισόδων και εξόδων και η κεντρική μονάδα επεξεργασίας τους ή αλλιώς ο επεξεργαστής τους (CPU). Στις εισόδους ενός PLC μπορούν να συνδεθούν απλά στοιχεία όπως ένα (1) απλό button ή ένας (1) διακόπτης αλλά και οποιουδήποτε είδους αισθητήρας, ενώ στις εξόδους του μπορεί να συνδεθεί ένας (1) ηλεκτρονόμος αυτοματισμού μέχρι ηλεκτροκινητήρες και μηχανές βαριάς φύσεως. Πριν από την εμφάνιση των PLC πολλές αυτόματες λειτουργίες υλοποιούνταν με συμβατικά υλικά, όπως ηλεκτρονόμους, επαφές κ.λ.π. συνδεδεμένα μεταξύ τους με καλώδια. Τα κυκλώματα σχεδιάζονταν, επιλέγονταν τα υλικά και στην συνέχεια ακολουθούσε η εγκατάσταση και η καλωδίωση τους. Εάν προέκυπτε κάποιο σφάλμα, οι σχεδιαστές και οι ηλεκτρολόγοι συνεργάζονταν για να γίνουν οι απαραίτητες διορθώσεις. Αν αργότερα, στην πορεία, υπήρχε ανάγκη για μετατροπές ή αναβαθμίσεις, απαιτούνταν σημαντικός χρόνος και αντίστοιχο κόστος. Τα PLC, όμως, όχι απλά μπορούν να εκτελέσουν τις λειτουργίες των συμβατικών κυκλωμάτων αυτοματισμού, αλλά και πολύ πιο σύνθετες. Οι “πραγματικές” ηλεκτρολογικές συνδέσεις μέσω καλωδίων μεταξύ των επαφών, των αισθητήρων, των ηλεκτρονόμων, των φορτίων και των υπόλοιπων εξαρτημάτων γίνονται μέσα στο PLC. Οι καλωδιώσεις μειώνονται κατά πολύ και αλλαγές, μετατροπές ή αναβαθμίσεις γίνονται πολύ πιο εύκολα, με επεμβάσεις στο πρόγραμμα του PLC.

Συνοπτικά, τα πλεονεκτήματα των PLC έναντι των συμβατικών κυκλωμάτων αυτοματισμού είναι το μικρότερο μέγεθος τους, οι ευκολότερες και πιο γρήγορες διορθώσεις και μετατροπές, οι

ενσωματωμένες αυτόματες λειτουργίες διάγνωσης σφαλμάτων και η εύκολη, γρήγορη και σχεδόν άνευ κόστους αναπαραγωγή όμοιων εφαρμογών.

Τα PLC, όπως αναφέρθηκε, είναι ένα ψηφιακό υπολογιστικό σύστημα. Όλα τα συστήματα αυτού του τύπου διαχειρίζονται και αποθηκεύουν πληροφορίες με τη μορφή δύο (2) διαφορετικών καταστάσεων, ON και OFF ή αλλιώς με τη μορφή του λογικού 0 ή 1. Οι πληροφορίες δηλαδή αποτελούνται από δυαδικά ψηφία (Bits). Τα Bits σαν στοιχεία πληροφορίας χρησιμοποιούνται είτε αυτόνομα, αναπαριστώντας τις καταστάσεις ON και OFF, ή χρησιμοποιούνται σε συνδυασμό με συγκεκριμένη κωδικοποίηση αναπαριστώντας αριθμούς. Στα μαθηματικά υπάρχουν διάφορα συστήματα αρίθμησης, αλλά στην τεχνολογία του αυτοματισμού και των PLC χρησιμοποιούνται κατά βάση δύο (2), το δεκαδικό και το δυαδικό. Τα PLC διαθέτουν το μοναδικό χαρακτηριστικό, να μετατρέπουν αυτόματα τις μεταβλητές τύπου Boolean (ή στην γλώσσα των PLC BOOL) σε δυαδικό σύστημα.

Μια συσκευή PLC μπορεί να αντιληφθεί και να επεξεργαστεί πληροφορίες είτε σε ψηφιακή μορφή (0 και 1, ON και OFF), όπως για παράδειγμα πατημένο ή μη πατημένο button, κλειστή ή ανοιχτή επαφή κ.λ.π. είτε σε αναλογική μορφή, δηλαδή πληροφορία από σύστημα μέτρησης όπως σύστημα μέτρησης θερμοκρασίας, στάθμης, πίεσης, ροής κ.λ.π. Παρά όλα αυτά ο “εγκέφαλος” των PLC, δηλαδή ο επεξεργαστής του, είναι ένα ολοκληρωμένο ψηφιακό σύστημα (microchip) και αντιλαμβάνεται μόνο ψηφιακά δυαδικά σήματα. Αντιλαμβάνεται, δηλαδή, μόνο την ύπαρξη του λογικού 0 ή 1, ουσιαστικά την διέλευση ή μη ηλεκτρικού ρεύματος που σχετίζεται με μία κλειστή ή ανοιχτή επαφή ή διακόπτη. Εννοείτε πως στα microchip δεν υπάρχουν διακόπτες ή επαφές, όπως στα ηλεκτρολογικά κυκλώματα αλλά χιλιάδες κυκλώματα ημιαγωγών σε μικροσκοπική μορφή. Ωστόσο η αρχή λειτουργίας παραμένει ίδια και βασίζεται στη διέλευση ή μη ηλεκτρικού ρεύματος που μεταφράζεται σε λογικό 0 ή 1.

Η τεχνική ορολογία των PLC αποτελείται από απλούς συγκεκριμένους τεχνικούς όρους που όλοι όσοι ασχολούνται με τον τομέα αυτό πρέπει να γνωρίσουν. Τα αισθητήρια ή στοιχεία εισόδου είναι συσκευές που μετατρέπουν μια φυσική κατάσταση σε ηλεκτρικό σήμα που μεταφέρεται στην είσοδο του PLC. Το πιο κλασικό παράδειγμα είναι το button. Όταν το πιέζουμε η φυσική του κατάσταση μεταβάλλεται και η πληροφορία, μέσω της φυσικής αλλαγής της κατάστασης της επαφής του, μεταφέρεται σαν ηλεκτρικό ρεύμα στην είσοδο του PLC. Τα PLC ελέγχουν μια μηχανή ή μία διεργασία ελέγχοντας, ενεργοποιώντας ή απενεργοποιώντας, μια σειρά συσκευών που χαρακτηρίζονται ως “φορτία”. Αυτός ο έλεγχος, σπάνια μπορεί να γίνει απευθείας καθώς το

ασθενές ηλεκτρικό σήμα που παρέχει το PLC στις εξόδους του είναι σε θέση να ενεργοποιήσει μία συσκευή, όπως ένας κινητήρας ή μία αντλία. Κατά κανόνα αυτό συμβαίνει μέσω μιας “διάταξης ενεργοποίησης”, όπως για παράδειγμα, μέσω ενός ηλεκτρονόμου του οποίου το πηνίο διεγείρεται και ενεργοποιείται από το ηλεκτρικό ρεύμα που του διοχετεύει η έξοδος του PLC, με αυτόν τον τρόπο οι επαφές του ηλεκτρονόμου κλείνουν ή ανοίγουν και μέσω εκείνων το απαραίτητο ρεύμα διοχετεύεται τελικά προς το φορτίο (συσκευή).

Οι είσοδοι του PLC χωρίζονται σε δύο (2) κατηγορίες, τις εισόδους αναλογικού και ψηφιακού τύπου. Οι ψηφιακή είσοδοι ενός PLC αντιλαμβάνονται ή ανιχνεύουν δύο (2) διακριτές καταστάσεις, όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, την διέλευση ή μη ηλεκτρικού ρεύματος που αναπαριστάνεται με το λογικό 0 ή 1. Στις ψηφιακές εισόδους του PLC μπορούμε να συνδέσουμε διαφόρων ειδών εξαρτήματα και υλικά όπως αισθητήρια, button, διακόπτες, τερματοδιακόπτες, διακόπτες προσέγγισης, φωτοκύτταρα και μια πληθώρα εξαρτημάτων. Το δεύτερο είδος εισόδων που υποστηρίζουν τα PLC είναι οι αναλογικές είσοδοι. Οι αναλογικές είσοδοι του PLC αντιλαμβάνονται ή ανιχνεύουν όχι δύο (2) διακριτές καταστάσεις, όπως στην περίπτωση των ψηφιακών εισόδων, αλλά μία κατάσταση που συνεχώς μεταβάλλεται. Όμως όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, η CPU του PLC αντιλαμβάνεται μόνο διακριτού τύπου μεταβλητές. Για να επιτευχθεί αυτό, έχουν ενσωματωθεί μέσα στην μονάδα των αναλογικών εισόδων, ειδικές ενδιάμεσες ψηφιακές διατάξεις που ονομάζονται Μετατροπείς Αναλογικών σε Ψηφιακά Σήματα (A/D Converters), οι οποίοι μεταφράζουν το συνεχές μεταβαλλόμενο αναλογικό σήμα με κωδικοποιημένο τρόπο σε ψηφιακό, έτσι ώστε να μπορεί να το αντιληφθεί η CPI. Για παράδειγμα, στην περίπτωση της εφαρμογής μας, η μέτρηση της στάθμης του νερού που βρίσκεται στην δεξαμενή παροχής. Η μεταβαλλόμενη στάθμη του νερού “μεταφράζεται” από τον αισθητήρα σε ένα αντίστοιχα μεταβαλλόμενο ηλεκτρικό σήμα που κυμαίνεται σε μία τυποποιημένη κλίμακα έντασης ρεύματος, από 4 έως 20 mA, ή τάσης ρεύματος, από 0 έως 10 V. Η ειδικού τύπου, αναλογική είσοδος του PLC, διαφορετική στην κατασκευή από την ψηφιακή είσοδο, αντιλαμβάνεται τις διαφοροποιήσεις του ηλεκτρικού σήματος και τις μεταφράζει σε μεταβολές του φυσικού φαινομένου, δηλαδή της στάθμης του νερού.

Οι έξοδοι του PLC, αντίστοιχα και με τις εισόδους, χωρίζονται σε δύο (2) κατηγορίες, τις εξόδους αναλογικού και ψηφιακού τύπου. Οι ψηφιακές έξοδοι μπορούν να έχουν την κατάσταση 0 ή 1. Σε αυτές συνδέονται και ενεργοποιούνται ή απενεργοποιούνται τα φορτία. Η σύνδεση των φορτίων με τις εξόδους γίνεται είτε απευθείας ή μέσω διατάξεων ενεργοποίησης με ηλεκτρονόμους, το οποίο είναι και το πιο σύνηθες. Από την άλλη πλευρά, η κατάσταση μιας αναλογικής εξόδου μεταβάλλεται

συνεχώς. Για παράδειγμα μια αναλογική έξοδος μπορεί να παρέχει ηλεκτρικό σήμα του οποίου η τάση μεταβάλλεται από 0 έως 10 V και το οποίο οδηγεί ένα αναλογικό όργανο μέτρησης, για παράδειγμα ένα όργανο μέτρησης θερμοκρασίας, ταχύτητας ή βάρους. Στην περίπτωση της δικιάς μας εφαρμογής, οι ανάγκες του αντλιοστασίου ύδρευσης δεν απαιτούν την χρήση αναλογικών εξόδων από το PLC.

Η κεντρική μονάδα επεξεργασίας ή αλλιώς CPU, όπως αναφέρθηκε προηγουμένως είναι ένα ψηφιακό κύκλωμα, ένας (1) μικροεπεξεργαστής συγκεκριμένα που αποτελεί τον “εγκέφαλο” του PLC. Πρόκειται για το μέρος του PLC που υλοποιεί τη λογική και παίρνει τις αποφάσεις με βάση τις εντολές του προγράμματος και την κατάσταση των εισόδων και των εξόδων που συνεχώς επιτηρεί. Στη CPU υλοποιούνται λειτουργίες αντίστοιχες με τους συνδυασμούς επαφών στα συμβατικά κυκλώματα απαριθμήσεις, χρονομετρήσεις, συγκρίσεις δεδομένων, μαθηματικές πράξεις και άλλες λειτουργίες.

Η εκτέλεση του προγράμματος του PLC, είναι μέρος μιας επαναλαμβανόμενης διαδικασίας που ονομάζεται κύκλος του PLC. Ο κύκλος ξεκινάει με την ανίχνευση της κατάστασης των εισόδων του PLC. Στη συνέχεια εκτελεί εσωτερικές διαγνωστικές λειτουργίες και λειτουργίες επικοινωνιών. Τέλος ενημερώνεται η κατάσταση των εξόδων και ο κύκλος ξεκινάει από την αρχή. Ο χρόνος που απαιτείται για να ολοκληρωθεί ένας κύκλος του PLC εξαρτάται από το μέγεθος του προγράμματος, το πλήθος των εισόδων και εξόδων που χρειάζονται να “διαβαστούν” ή να ενημερωθούν και τον όγκο των επικοινωνιών, που πρέπει να υλοποιηθούν.

Για να αποθηκεύσει τις απαραίτητες πληροφορίες το PLC, αξιοποιεί τέσσερις (4) διαφορετικού τύπου μνήμες,

- RAM
- ROM
- EPROM
- EEPROM.

Στην μνήμη RAM (Random Access Memory) μπορούμε εύκολα να “διαβάσουμε” τα δεδομένα που περιέχει ή να τα μεταβάλουμε αλλά και να “γράψουμε” δεδομένα σε αυτήν. Χρησιμοποιείται κυρίως σαν χώρος προσωρινής αποθήκευσης δεδομένων. Τα δεδομένα χάνονται από την μνήμη σε περίπτωση διακοπής τάσης ή διακοπής λειτουργίας. Αν θέλουμε να διατηρηθούν τα δεδομένα αυτά πρέπει να χρησιμοποιηθεί κάποια μπαταρία που διατηρεί τα δεδομένα σε περίπτωση διακοπής τάσης. Στην μνήμη ROM (Read Only Memory) μπορούμε να διαβάσουμε τα δεδομένα που περιέχει

αλλά δεν μπορούμε να γράψουμε δεδομένα σε αυτή. Χρησιμοποιείται για να προστατεύονται τα δεδομένα που περιέχει από κατά λάθος σβήσμιο. Τα δεδομένα που αποθηκεύονται στην μνήμη ROM δεν χάνονται σε περίπτωση διακοπής τάσης ή διακοπής λειτουργίας. Στην μνήμα EPROM (Erasable Programmable Only Memory) είναι ειδικά σχεδιασμένη ώστε τα δεδομένα που περιέχει να μπορούν εύκολα να διαβαστούν αλλά δύσκολα να αλλαχθούν. Για να σβηστούν τα δεδομένα από αυτήν την μνήμη πρέπει να χρησιμοποιηθεί μια ειδική συσκευή που εκπέμπει υπεριώδες (Ultraviolet – UV) φως. Η μνήμη EEPROM (External Erasable Programmable Only Memory) είναι μία παραλλαγή της μνήμης EPROM, η οποία έχει την ίδια ακριβώς χρήση και ιδιότητες με την EPROM, με την μόνη διαφορά ότι αυτή είναι εξωτερική και πρέπει να συνδεθεί στο PLC με τη χρήση ειδικού module. Το Firmware είναι ένα ειδικό πρόγραμμα που αποθηκεύεται στην μνήμη EPROM και αφορά τις βασικές ενσωματωμένες λειτουργίες του PLC ή κάποιες άλλες ειδικά σχεδιασμένες λειτουργίες. Το Firmware αποτελεί μέρος του PLC, ενσωματωμένο στη συσκευή.

Στο πάνω μέρος κάθε PLC υπάρχουν κάποιες λυχνίες LED οι οποίες δείχνουν την κατάσταση του ίδιου του PLC ή των εισόδων και εξόδων του (εικόνα 2.1). Οι πρώτες 3 λυχνίες LED δείχνουν την κατάσταση λειτουργίας του PLC. Το πράσινο LED είναι αναμμένο όταν η CPU βρίσκεται σε κατάσταση RUN, το κίτρινο LED είναι αναμμένο όταν η CPU βρίσκεται σε κατάσταση STOP και το τελευταίο και κόκκινο LED είναι αναμμένο όταν το PLC αντιμετωπίζει κάποιο τεχνικό πρόβλημα και χρειάζεται άμεση επιδιόρθωση. Ενδεικτικές λυχνίες υπάρχουν επίσης και για να δείχνουν την κατάσταση (ON ή OFF) των σημάτων εισόδου και εξόδου του συστήματος. Για κάθε είσοδο και έξοδο υπάρχει και το αντίστοιχο LED που όταν είναι αναμμένο, με πράσινο χρώμα, σημαίνει ότι η είσοδος ή έξοδος είναι ενεργοποιημένη (κατάσταση ON) και όταν είναι σβηστό σημαίνει ότι η είσοδος ή έξοδος είναι απενεργοποιημένη (κατάσταση OFF).



Εικόνα 2.1. Ενδεικτικές Λυχνίες PLC

Για τον προγραμματισμό του PLC, σε μεγάλες εφαρμογές χρησιμοποιείτε η τεχνική του δομημένου προγραμματισμού. Δηλαδή ο χρήστης χωρίζει το πρόγραμμα λειτουργίας σε επιμέρους τμήματα, τα οποία ονομάζονται blocks. Το Organization Block (OB), είναι αυτό στο οποίο ο χρήστης ορίζει υπό ποιες συνθήκες θα γίνεται η κλίση και η εκτέλεση των υπολοίπων blocks. Συνεπώς σε κάθε κύκλο λειτουργίας καλείται το Organization Block και εκτελείται από πάνω προς τα κάτω, καλώντας με την σειρά του τα απαραίτητα blocks. Η επόμενη κατηγορία block, είναι τα Functions (FC). Όταν υπάρχουν συχνά επαναλαμβανόμενες σε ένα πρόγραμμα, αντί α γράψουμε πολλές φορές τον ίδιο κώδικα, δημιουργούμε ένα FC το οποίο αποθηκεύεται στην μνήμη μια φορά και καλείται όσες φορές είναι απαραίτητα η εκτέλεση της συγκεκριμένης διαδικασίας. Κατά την εκτέλεση του προγράμματος, επιθυμεί να έχει πληροφορίες για τις τιμές των σημάτων που επεξεργάζεται. Ο χρήστης έχει την δυνατότητα να τις αποθηκεύει σε απλές μεταβλητές αλλά όταν επιθυμεί την αποθήκευση των τιμών αυτών πρέπει να χρησιμοποιήσει ένα Data Block (DB). Οι τιμές που αποθηκεύονται στα DB δεν χάνονται όταν τελειώσει η κλήση του, αλλά διατηρούνται στην μνήμη. Υπάρχουν δύο (2) διαφορετικές κατηγορίες DB, τα Global Data Blocks στα οποία αποθηκεύονται οι πληροφορίες που είναι προσπελάσιμες από όλα τα blocks του προγράμματος και τα Instance Data Blocks τα οποία δημιουργούνται για να αποθηκεύουν πληροφορίες που αφορούν ένα συγκεκριμένο Function Block και μπορούν να χρησιμοποιηθούν μόνο από αυτό. Τα Function Block (FB) σε αντίθεση με τα FC έχουν μνήμη, είναι δηλαδή blocks στα οποία προγραμματίζουμε συγκεκριμένες λειτουργίες, οι οποίες καλούνται όποτε είναι απαραίτητο και αποθηκεύονται τις αλλαγές που πραγματοποιούν στις μεταβλητές. Όλα τα είδη block είναι απαραίτητα για την υλοποίηση μιας εφαρμογής.

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, εκτός από το Hardware χρειάζεται και το Software για την δημιουργία του προγράμματος που θα εκτελέσει τον επιθυμητό αυτοματισμό. Τα PLC υποστηρίζουν 3 διαφορετικές γλώσσες προγραμματισμού

- την STL (Statement List)
- την FBD (Function Block Diagram)
- και την Ladder.

Η STL είναι μία συνηθισμένη γλώσσα προγραμματισμού η οποία έχει αρκετά όμοια χαρακτηριστικά με την C και την Assembly, για αυτόν τον λόγο προτειμάτε συνήθως από χρήστης με γνώσεις προγραμματισμού. Έχει εξελιχθεί πάρα πολύ κατά το πέρασμα του χρόνου, σε δυνατότητες προγραμματισμού και ο προγραμματισμός μπορεί να γίνει τόσο ελεύθερα, με την χρήση της STL, που μερικές φορές είναι δύσκολο για κάποιον να παρακολουθήσει την ροή προγράμματος. Αποτελεί την ισχυρότερη από τις τρεις (3) γλώσσες και προσφέρει πολλές

δυνατότητες. Η γλώσσα FBD ή η γλώσσα λογικών γράφων, είναι μία γραφική γλώσσα, στην οποία ο χρήστης χρησιμοποιεί “κουτιά”, τα οποία αντιπροσωπεύουν μια επιμέρους λειτουργία το καθένα. Το λογικό κύκλωμα το οποίο δημιουργείται στο τέλος, αποτελεί το συνολικό πρόγραμμα. Αντίστοιχα και η Ladder ή γλώσσα ηλεκτρολογικών γραφικών, μοιάζει με το διάγραμμα ενός ηλεκτρολογικού κυκλώματος. Ο χρήστης χρησιμοποιεί σύμβολα όπως επαφές και πηνία και ήταν η πρώτη γλώσσα προγραμματισμού που χρησιμοποιήθηκε στα PLC διότι ήταν πιο φιλική στους μηχανικούς που είχαν δουλέψει με τους παλιούς, συμβατικούς αυτοματισμούς. Στην υλοποίηση της εφαρμογής μας, έχουν χρησιμοποιηθεί και οι τρεις (3) γλώσσες προγραμματισμού, καθώς και οι τρεις (3) είναι καταλληλότερες και αποτελεσματικότερες σε διαφορετικές περιπτώσεις.

2.2 Επιλογή PLC

Η επιλογή του Προγραμματιζόμενου Λογικού Ελεγκτή είναι η πιο σημαντική απόφαση όσον αφορά την λειτουργία του αντλιοστασίου. Για την υλοποίηση του συστήματος αυτοματισμού για το συγκεκριμένο αντλιοστάσιο χρησιμοποιήθηκε PLC της οικογένειας S7-300 της εταιρίας SIEMENS. Συγκεκριμένα το μοντέλο S7-300 315-2 PN/DP. Το ακρωνύμιο PN σημαίνει ProfiNet, ενώ το DP προέρχεται από το πρωτόκολλο επικοινωνίας ProfiBus DP, που σημαίνει Decentralized Peripherals. Συνεπώς τα ακρωνύμια αυτά δηλώνουν τα πρωτόκολλα επικοινωνίας που υποστηρίζει η συσκευή.

Το S7-300 αποτελεί το standard της αγοράς για τον βιομηχανικό έλεγχο. Η ταχύτητα λειτουργίας του και ο μικρός κύκλος λειτουργίας του το κάνει ιδανικό για τον έλεγχο πολλών μεταβλητών και διεργασιών, καθώς για να πραγματοποιήσει μια διεργασία μεγέθους bit ή word χρειάζεται μόνο 0.1 ms. Διαθέτει υποδοχές για 16 εισόδους και 16 εξόδους είτε αναλογικές είτε ψηφιακές. Εμπεριέχει μετατροπέα από αναλογικό σε ψηφιακό σήμα και για αυτό δεν υπάρχει διαφορά σε ποια υποδοχή θα τοποθετηθεί το κάθε σήμα. Έχει την δυνατότητα να επεξεργάζεται παράλληλα 2048 Functions, 2048 Function Blocks και 1023 Data Blocks. Διαθέτει την ικανότητα να πραγματοποιεί Interrupts στον κύκλο του ρολογιού του αλλά και στις διεργασίες του, καθώς και να πραγματοποιεί προγραμματισμένα Interrupts. Έχει μεγάλη αντοχή στους κραδασμούς, στον ηλεκτρικό και στον θερμικό θόρυβο. Τέλος διαθέτει την ικανότητα να επικοινωνεί με τα περιφερειακά του στοιχεία μέσω των πρωτοκόλλων PROFInet, Profibus και Ethernet. Άλλες πιθανές επιλογές ήταν τα μοντέλα S7-200, S7-400, S7-1200, S7-1300, S7-1500.

Το S7-200 είναι ελεγκτής της ίδιας γενιάς με το S7-300. Όμως έχει δημιουργηθεί για εφαρμογές με μικρότερες απαιτήσεις. Ο επεξεργαστής του είναι διαφορετικής αρχιτεκτονικής με αποτέλεσμα να είναι αρκετά πιο αργός και να πραγματοποιεί τις διεργασίες του με διαφορετικό τρόπο. Μηχανικοί που το χρησιμοποίησαν για πραγματικές εφαρμογές, έχουν αναφέρει ότι η ακρίβεια του στις επαναλαμβανόμενες πράξεις κινητής υποδιαστολής είναι αρκετά χαμηλή, συνεπώς αυτό καθιστά το S7-200, μη κατάλληλο για το αντλιοστάσιο καθώς λάθη στους υπολογισμούς μπορούν να προκαλέσουν σοβαρές ζημιές στις εγκαταστάσεις. Αντίστοιχα, το μοντέλο S7-400 είναι και αυτό της ίδιας γενιάς με το S7-300 αλλά σχεδιάστηκε για πολύ πιο απαιτητικές εφαρμογές από την δική μας.

Τα μοντέλα S7-1200 και S7-1300 είναι ελεγκτές νέας γενιάς, που δημιουργήθηκαν με σκοπό να αντικαταστήσουν την προηγούμενη γενιά ελεγκτών δηλαδή τα S7-200 και S7-300 αντίστοιχα. Αντά τα νέα PLC, χρειάζονται ένα νέο λογισμικό για τον προγραμματισμό τους. Συγκριτικά με το S7-300, το S7-1200 έχει σχεδόν τα ίδια προβλήματα με το S7-200. Το S7-1300 είναι μια πολύ καλή εναλλακτική, η ταχύτητα και η απόκριση του είναι σχεδόν παρόμοιο S7-300. Το S7-1300, όμως, χρειάζεται διαφορετικό λογισμικό για τον προγραμματισμό του, ενώ ο προγραμματισμός του S7-300, έχει ελεγχθεί σε μια πληθώρα εφαρμογών και περιπτώσεων και για αυτό τον λόγο η βιομηχανίες δεν είναι ακόμα διατεθειμένες να μεταβούν στους καινούργιους ελεγκτές.



Εικόνα 2.2 .Το PLC S7-300

CPU 315-2 PN/DP	
6ES7315-2EG10-0AB0	
Memory	
Work memory	128 kB / 42 k statements
Backup	all blocks
Processing times	
Bit operations	0,1 µs
Word operations min.	0,2 µs
Fixed-point arithmetics, min.	2,0 µs
Floating-point arithmetics, min.	3,0 µs
Timers/counters	
S7 Counters / S7 timers	256 / 256
IEC Counters / IEC timers	yes
Data areas	
Bit memories	2048 bytes
Blocks	
Loadable blocks (sum of FCs + FBs + DBs)	1024
Number bands	2048 FCs, 2048 FBs, 1023 DBs
Organization blocks (OB)	
free cycle (OB1) Clock interrupts (OB10) Delay interrupts (OB20) Timed interrupts (OB35) Process interrupt (OB40) DPV1 interrupt (OB55, OB56, OB57) Non-sync. error (OB80) Diagnostic interrupts (OB82, OB83, OB85, OB86, OB87) Cold restart (OB100) Sync. error (OB121, OB122)	
Address areas	
I/O Address area	2kB / 2kB
Process I/O image	128 / 128
Digital channels	16.384 / 16.384
Analog channels	1024 / 1024
Total connection capability	16
Expansion	
Racks	max. 4
Modules per rack	8
PN Interface	
Supported functions/protocols	1. Open communication via PROFINet (CbA, for later loading: PROFINet I/O) and SIMATICnet OPC-Server 2. S7 Communication for the data exchange between PLCs 3. Programming, commissioning and diagnostics with Step7 4. Connection to HMI and SCADA
Connectable PROFINET I/O devices	128
Max. user data consistency in bytes	256
No. of CbA interconnection partners with cyclic and non-cyclic transmission	max. 32
DP Interface	
No. of DP lines int./CP 342-5.	1/4
Constant cycle time	yes
Activate/deactivate DP slaves	yes
Transmission rates	12 MBaud
No. of DP slaves per station	124
Direct communication	yes
CbA PROFIBUS Proxy Functionality: No. of parties on PROFIBUS for transparent inclusion in CbA	up to 16 intelligent slaves
Dimensions WxHxD (mm)	80 x 125 x 130

Εικόνα 2.3. Το Spreadsheet του PLC S7-300

2.3 Επιλογή HMI

Το HMI, από τα αρχικά των αγγλικών λέξεων Human Machine Interface ή στα Ελληνικά Διεπαφή Ανθρώπου και Μηχανής, αποτελεί ένα σημαντικό εργαλείο στα συστήματα αυτοματισμού. Αποτελούν το μέσο με το οποίο ο χρήστης μπορεί εύκολα να ελέγξει αλλά και να επηρεάσει το σύστημα αυτοματισμού. Ιδιαίτερα στον βιομηχανικό έλεγχο η χρήση του είναι απαραίτητη.

Το HMI είναι ακριβώς αυτό που υποδηλώνει το όνομα του, δηλαδή μία γραφικά αναπαριστώμενη διεπαφή (Interface) που επιτρέπει στον άνθρωπο να αλληλεπιδρά με τις μηχανές. Τα HMI διαφέρουν αρκετά μεταξύ τους ανάλογα με την χρήση για την οποία προορίζονται, αλλά εμείς ενδιαφερόμαστε μόνο για τις βιομηχανικές λειτουργίες. Το HMI είναι μία συγκεντρωμένη μονάδα ελέγχου, εξοπλισμένη με συνταγές παραγωγής, σύνδεση χρηστών, παρακολούθηση γεγονότων, λήψη video και ενεργοποίηση γεγονότων έτσι ώστε οποιοσδήποτε χρήστης να μπορεί να έχει πρόσβαση στο σύστημα αυτοματισμού οποτεδήποτε και για οποιονδήποτε σκοπό. Για να μπορεί να ενσωματωθεί ένα HMI σε ένα σύστημα αυτοματισμού θα πρέπει αυτό το σύστημα να έχει υλοποιηθεί απαραίτητα με PLC, διότι το PLC είναι αυτό το οποίο συλλέγει την πληροφορία από τα αισθητήρια όργανα και τα μετατρέπει σε μορφή άλγεβρας Boolean έτσι ώστε να μπορεί να τα αποκαδικοποιήσει το HMI και να λάβει αποφάσεις για το σύστημα.

Το μεγαλύτερο πλεονέκτημα των HMI είναι φιλική προς τον χρήστη απεικόνιση του Interface του. Το Interface περιλαμβάνει χρωματικούς κώδικες, εικόνες και σύμβολα που επιτρέπουν την εύκολη αναγνώριση της κατάστασης του συστήματος και των επιμέρους στοιχείων του. Τα HMI μπορούν να μειώσουν δραστικά το κόστος βιομηχανοποίησης της εγκατάστασης, αλλά και πιθανότατα να αυξήσουν το περιθώριο κέρδους καθώς μπορούν να μειώσουν το κόστος και το χρόνο παραγωγής. Οι συσκευές HMI είναι, πλέον, εξαιρετικά πρωτοποριακές και ικανές για μεγαλύτερη χωρητικότητα δεδομένων, αποδοτικότερη διαδραστικότητα και περισσότερο περίπλοκες διεργασίες. Αξεπέραστη ικανότητα των HMI είναι η δυνατότητα τους να μετατρέπουν το Hardware σε Software, καθώς και εξαλείφοντας την ανάγκη για περιφερειακά (ποντίκι και πληκτρολόγιο) καθώς επιτρέπουν την επικοινωνία του ανθρώπου με την μηχανή μέσω των χεριών. Με την δυνατότητα απομακρυσμένου ελέγχου, δεν είναι καν απαραίτητο για τον χρήστη να βρίσκεται κοντά στην γραμμή παραγωγής ή στα στοιχεία των εγκαταστάσεων για να μπορέσει να τα ελέγξει.

Υπάρχουν 3 βασικοί τύποι HMI

- ο αντικαταστάτης κουμπιών (push button replacer)

- ο διαχειριστής δεδομένων (data handler)
- και ο επόπτης (overseer).

Πριν τα HMI, ο έλεγχος του συστήματος αποτελούνταν από πολλά κουμπιά και λυχνίες LED τα οποία πραγματοποιούσαν διαφορετικές λειτουργίες. Το push button replacer βελτιστοποίησε όλες αυτές τις διαδικασίες, συγκεντρώνοντας όλα τα κουμπιά για τις απαραίτητες λειτουργίες σε μία μόνο τοποθεσία. Το data handler HMI είναι πλήρως αποδοτικό για εφαρμογές που απαιτούν συνεχείς ανάδραση από το σύστημα ή εκτυπώσεις αναφορών συστήματος. Τέλος το overseer HMI είναι απαραίτητο για εφαρμογές που χρειάζονται συστήματα SCADA. Δηλαδή αυτά τα HMI είναι συγκεντρωμένα συστήματα που παρακολουθούν και ελέγχουν ολόκληρες εγκαταστάσεις, ακόμα και συγκροτήματα πολλών εγκαταστάσεων με συστήματα που επεκτείνονται σε μεγάλες εκτάσεις. Συνήθως αυτά τα HMI λειτουργούν μέσω του λειτουργικού συστήματος Windows και έχουν περισσότερες θύρες Ethernet.

Από την στιγμή που η εφαρμογή μας απαιτεί την υλοποίηση συστήματος SCADA, τότε η επιλογή του HMI γίνεται αρκετά πιο απλή, καθώς το HMI τύπου επόπτη πληρεί απόλυτα όλες τις ανάγκες της εφαρμογής μας. Οι συνθήκες του αντλιοστασίου δεν απαιτούν κάποια ιδιαίτερη προστασία για το panel αφής, αλλά για να εξασφαλίσουμε την μακροβιότητα αυτής της επένδυσης θα επιλέξουμε HMI με ιδικό τζάμι προστασίας. Συνεπώς, το μόνο κριτήριο που απομένει για την επιλογή του HMI είναι το μέγεθος της οθόνης, η οποία θα πρέπει να αρκετά μεγάλη έτσι ώστε να μπορεί να αναδεικνύει όλα τα απαραίτητα στοιχεία χωρίς να καθιστά δύσκολη την ανάγνωση τους. Έπειτα από έρευνα αγοράς καταλήξαμε στο μοντέλο Simatic HMI TP900 Comfort. Το TP900 Comfort διαθέτει widescreen οθόνη αφής 9 ίντσών, 800/480 pixels, τύπου TFT LCD (Thin Film Transistor Liquid Crystal Display), η οποία υποστηρίζει την απεικόνιση 16 εκατομμυρίων διαφορετικών χρωμάτων. Υποστηρίζει Interfaces τύπου PROFINET, MPI και PROFIBUS DP. Διαθέτει 12 MB ως χώρο διαμόρφωσης και λειτουργεί με το λειτουργικό σύστημα Windows CE 6.0. Τέλος έχει ενσωματωμένες 2 υποδοχές για Ethernet, 2 για USB, αρκετές για τις καλωδιώσεις που απαιτεί η εφαρμογή, καθώς και 2 υποδοχές για κάρτες μνήμης τύπου SD.



Εικόνα 2.4 .Το Simatic HMI TP900 Comfort

2.4 Επιλογή Λογισμικού για τον Προγραμματισμό

Στην σημερινή ανταγωνιστική αγορά, έχει αναπτυχθεί μια συνεχόμενη τάση, οι βιομηχανίες να προσπαθούν συνέχεια να βελτιώσουν την αποτελεσματικότητα τους και ιδιαίτερα στην περίπτωση των παραγωγικών βιομηχανιών, να ενισχύουν συνεχώς την ευελιξία της παραγωγής τους αλλά και να μειώνουν δραστικά τον χρόνο παραγωγής των προϊόντων τους. Τα εργαλεία που προσφέρουν τα λογισμικά παίζουν σημαντικό ρόλο στο να εκπληρώσουν αυτές τις απαιτήσεις, καθώς μέσω αυτών όλη η διαδικασία αυτοματισμού μπορεί να “χαρτογραφηθεί” ψηφιακά και να δικτυωθεί με απόλυτη συνέπεια. Αυτές οι απαιτήσεις καθώς και αυτές που θα προκύψουν στο μέλλον, όπως η ολοκληρωμένη ψηφιοποίηση της διαδικασίας αυτοματισμού, μπορούν να ικανοποιηθούν μόνο μέσα από την χρήση έξυπνων διαδραστικών συστημάτων. Μέχρι στιγμής η άποψη της αγοράς είναι ότι αυτό μπορεί να γίνει δυνατό μόνο μέσω της χρήσης κοινών μοντέλων δεδομένων καθ' όλη την αλυσίδα εργαλείων και στοιχείων του συστήματος αυτοματισμού. Για την εταιρία Siemens, το λογισμικό TIA Portal, από τα αρχικά των λέξεων Totally Integrated Automation, είναι ένα ολοκληρωμένο λογισμικό για μηχανικούς όσον αφορά PLC, HMI και όλα τα απαραίτητα στοιχεία για ένα σύστημα αυτοματισμού, το οποίο πληρεί αρκετά ικανοποιητικά τις απαιτήσεις της αγοράς, οι οποίες αναφέρθηκαν, καθώς όλες οι λειτουργίες που ήταν απομακρυσμένες μεταξύ τους, τώρα βρίσκονται σε ένα ολοκληρωμένο εργαλείο. Συνεπώς, από την στιγμή που το PLC αλλά και το HMI που επιλέξαμε είναι της εταιρίας Siemens, θα επιλέξουμε το λογισμικό TIA Portal για τον προγραμματισμό τους.

Αναγκαία προϋπόθεση για την αποδοτική κατασκευή του συστήματος αυτοματισμού είναι η κοινή βάση δεδομένων και το κοινό Interface σε όλα τα στοιχεία του συστήματος, βασισμένα στον πρότυπο έλεγχο χειρισμού, σύμφωνα με την εκάστοτε εφαρμογή. Και τα δύο (2) είναι εφαρμοσμένα με αποδοτικό τρόπο στο TIA Portal, για τους ελεγκτές, τα panel χειρισμού, τις διανεμημένες εισόδους και εξόδους, τον έλεγχο κίνησης και τις εφαρμογές ασφαλείας. Αυτό επιτρέπει τους χρήστες να δουλεύουν αποδοτικά καθ' όλη την διαδικασία του συστήματος αυτοματισμού.

Το λογισμικό TIA Portal περιλαμβάνει βιβλιοθήκες, οι οποίες παρέχουν ανεξάρτητα Program Blocks και συνθέσεις Hardware, μεταξύ των οποίων, ανάθεση παραμέτρων, δήλωση μεταβλητών ακόμα και οθόνες για τις συσκευές HMI. Οι βιβλιοθήκες αυτές, μπορούν να χρησιμοποιηθούν από όλη την ομάδα, υπεύθυνη για το σύστημα, σε μία εταιρία. Όλα τα περιεχόμενα των βιβλιοθηκών μπορούν να αναβαθμίζονται συνεχώς, έτσι ώστε οι χρήστες να δουλεύουν με την πιο καινούργια και αποδοτική version του λογισμικού. Το Hardware των ελεγκτών έχει ενσωματωμένη λειτουργία διάγνωσης συστήματος και το λογισμικό επιτρέπει την γρήγορη και αποδοτική αντιμετώπιση προβλημάτων κατά την διάρκεια της λειτουργίας του συστήματος. Ο χρήστης έχει πρόσβαση στην πλήρη διάγνωση λειτουργίας όλων των στοιχείων του συστήματος αυτοματισμού, έτσι ώστε αν σε περίπτωση που, για παράδειγμα, σπάσει ένα καλώδιο, το σφάλμα θα αναγνωριστεί από τον ελεγκτή και θα εμφανιστεί στο HMI. Όλο αυτό μπορεί να υλοποιηθεί απλώς με λίγα click, χωρίς να χρειάζεται να γραφτεί ούτε μία γραμμή κώδικα. Αυτά τα χαρακτηριστικά του λογισμικού, συμβάλουν σημαντικά στην αυξανόμενη αποδοτικότητα των εργασιών.

Η εταιρία Siemens διαθέτει ακόμα ένα λογισμικό, το οποίο αφορά αποκλειστικά τον προγραμματισμό των συσκευών HMI, το WinCC. Οι νεώτερες εκδόσεις του WinCC προσφέρουν πολλά περισσότερα γραφικά και Interfaces από το TIA Portal και είναι πολύ πιο αποτελεσματικές σε εφαρμογές που είναι απαραίτητη η παρακολούθηση και ο έλεγχος πολλών εγκαταστάσεων, με πολλές παραμέτρους και διαδικασίες ελέγχου. Όμως αυτά τα χαρακτηριστικά αποτελούν πλεονασμό για τις ανάγκες της εφαρμογής μας, ενώ ο προγραμματισμός του PLC και του HMI από κοινού που μας προσφέρει το TIA Portal είναι περισσότερο σημαντικό. Από τη στιγμή που το λογισμικό αυτό πωλείται ξεχωριστά από την εταιρία και είναι περιττό για τις ανάγκες μας, δεν χρειάζεται να αυξηθεί το κόστος της εφαρμογής άσκοπα.

Κεφάλαιο 3: Προγραμματισμός PLC

Σε αυτό το κεφάλαιο αναλύεται ο προγραμματισμός του συστήματος αυτοματισμού με τη χρήση του λογισμικού TIA PORTAL. Θα εξηγηθούν όλες οι λειτουργίες του συστήματος καθώς και ο λόγος που υλοποιήθηκαν με αυτόν τον τρόπο.

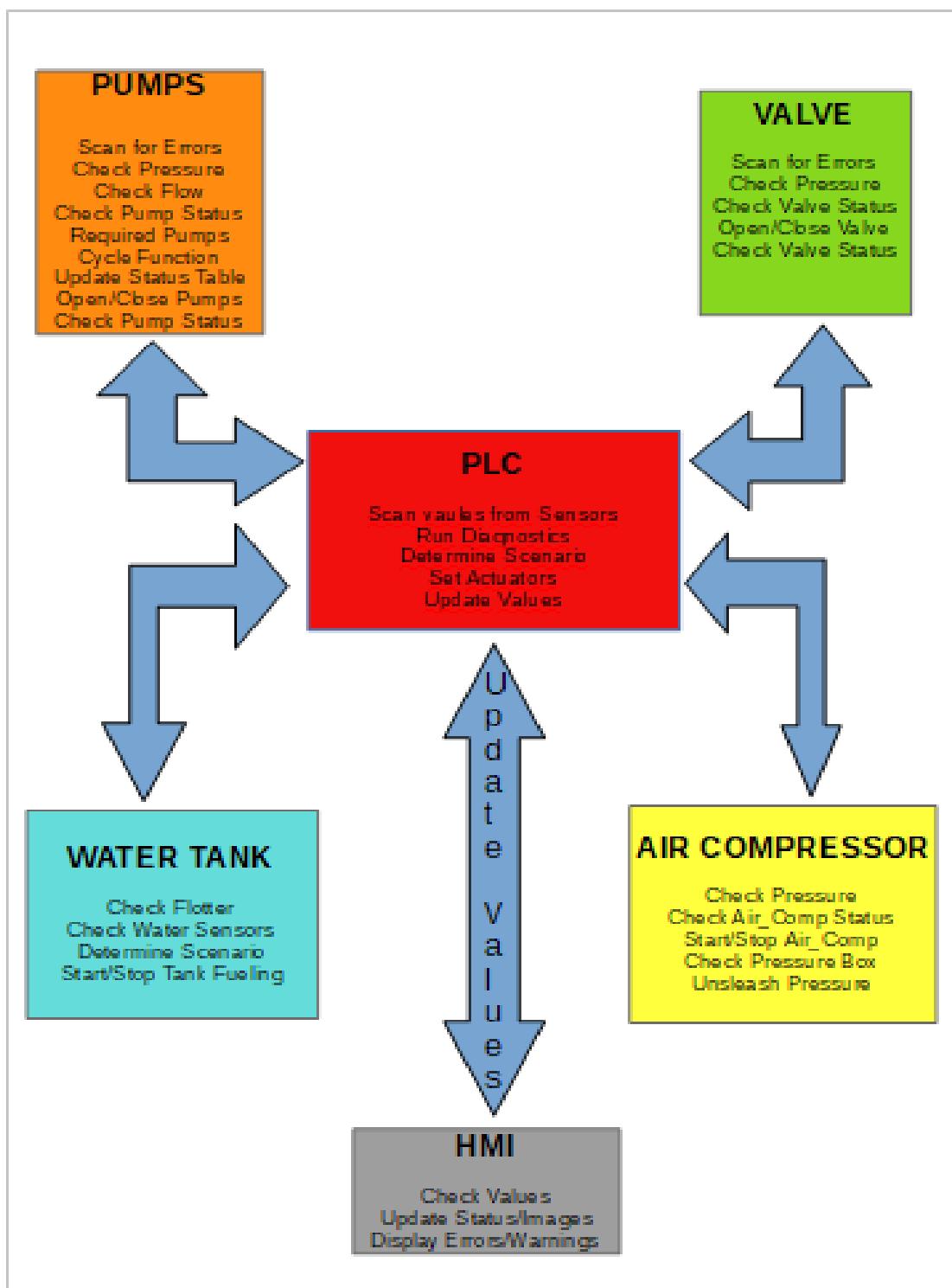
3.1 Σύστημα Ελέγχου Αντλιοστασίου

Όπως εξηγήθηκε και στο κεφάλαιο 1, το PLC είναι ο ελεγκτής ή “εγκέφαλος” του συστήματος, οποίος είναι υπεύθυνος για τον έλεγχο όλου του αντλιοστασίου. Το PLC ελέγχει κάθε στοιχείο του αντλιοστασίου ξεχωριστά και με αυτόνομο τρόπο, πράγμα το οποίο θα γίνει κατανοητό στις επόμενες παραγράφους.. Ο Προγραμματιζόμενος Λογικός Ελεγκτής αντικατάστησε τις μεθόδους συμβατικού αυτοματισμού από την Θεωρεία Ελέγχου, όσον αφορά τις ανάγκες του βιομηχανικού Ελέγχου.

Το PLC μπορεί να εκτελεί ένα πρόγραμμα από πάνω προς τα κάτω (top - down), αλλά το πρόγραμμα έχει υλοποιηθεί με τέτοιο τρόπο όπου το κάθε στοιχείο του αντλιοστασίου έχει τις δικές του διεργασίες οι οποίες εκτελούνται ξεχωριστά από το συνολικό πρόγραμμα. Τα πρόγραμμα του κάθε στοιχείου αποθηκεύεται σε ένα Function Block, στο οποίο υπάρχουν διάφορα patterns ή σενάρια, τα οποία αναγνωρίζει το PLC ανάλογα με την κατάσταση των εισόδων του. Όταν αναγνωριστεί ένα σενάριο, τότε ακολουθούνται οι εντολές που περιγράφονται στο συγκεκριμένο σενάριο, οι οποίες συνήθως είναι η αλλαγή μίας τοπικής μεταβλητής ή εξόδου. Για αυτό τον λόγο τα σενάρια πρέπει να σχεδιαστούν με προσοχή έτσι ώστε να μην υπάρχουν παραπάνω από ένα σενάρια για κάθε λειτουργία του αντλιοστασίου.

Όλα αυτά τα υποπρογράμματα μαζί, συνθέτουν το Σύστημα Ελέγχου του Αντλιοστασίου, το οποίο έχει ως σκοπό την απρόσκοπη λειτουργία του αντλιοστασίου. Μπορεί τα PLC να μην προστάζονται από τις μεθόδους της Θεωρίας Ελέγχου αλλά αν θα έπρεπε να γίνει μία σύγκριση μεταξύ του συγκεκριμένου συστήματος αυτοματισμού και τις μεθόδους της Θεωρίας Ελέγχου, τότε το Σύστημα Ελέγχου του Αντλιοστασίου θα ήταν ένα Μη Γραμμικό MIMO (Multiple Input Multiple Output) Σύστημα Κλειστού Βρόγχου Ανατροφοδότησης.. Το σύστημα είναι Μη Γραμμικό καθώς δεν υπακούει στην Προσθετική Αρχή (Superposition Principle). Είναι MIMO καθώς το σύστημα έχει πολλαπλές εισόδους αλλά και εξόδους. Τέλος είναι Σύστημα Κλειστού Βρόγχου

Ανατροφοδότησης καθώς το σύστημα όταν δίνει εντολές στα επιμέρους στοιχεία του, ελέγχει για το αν πραγματοποιήθηκαν αυτές οι αλλαγές. Για παράδειγμα όταν δίνεται στην βαλβίδα πίεσης εντολή για να ανοίξει, τότε το σύστημα περιμένει ένδειξη από τον αισθητήρα της βαλβίδας, ότι αυτή βρίσκεται σε θέση πλήρους ανοίγματος, εάν αυτό το σήμα δεν έρθει τότε το σύστημα αναγνωρίζει ότι υπάρχει κάποιο σφάλμα στην βαλβίδα πίεσης και εμφανίζει το ανάλογο μήνυμα στην οθόνη χειρισμού (HMI) της εγκατάστασης.



Εικόνα 3.1. Διάγραμμα διεργασιών του προγράμματος αυτοματισμού

3.2 Αντλίες Παροχής

Οι αντλίες παροχής είναι ένα πολύ σημαντικό στοιχείο του αντλιοστασίου και χρειάζεται προσεκτικός και πολυμερής προγραμματισμός για την ομαλή λειτουργία τους και την εξασφάλιση της ασφάλειας τους.

Αρχικά έχει δημιουργηθεί ένα (1) μπλοκ δεδομένων (data block) το οποίο περιέχει όλες τις απαραίτητες μεταβλητές που αφορούν τις αντλίες. Οι μεταβλητές αυτές είναι Status, Auto Start, Fault, Remote_Manual, Remote_Manual_Start και Q. Η Auto Start είναι μια μεταβλητή τύπου Boolean και όταν έχει την τιμή 1 και η αντλία βρίσκεται στην automatic λειτουργία τότε στον επόμενο κύκλο λειτουργίας του PLC θα δοθεί εντολή να ξεκινήσει η αντλία. Η Fault είναι μεταβλητή τύπου Boolean και αφορά το εάν έχει βλάβη η αντλία ή όχι. Η Remote_Manual είναι και αυτή τύπου Boolean και δείχνει αν η αντλία βρίσκεται στην manual λειτουργία. Η Remote_Manual_Start είναι και αυτή τύπου Boolean και όταν έχει την τιμή 1 και η αντλία βρίσκεται στην manual λειτουργία τότε στον επόμενο κύκλο λειτουργίας του PLC θα δοθεί εντολή να ξεκινήσει η αντλία. Η μεταβλητή Status είναι μία ιδιαίτερη μεταβλητή τύπου MAL_BB100_MOTOR_STATUS η οποία ανήκει στην έτυμη βιβλιοθήκη MAL_BB100_MOTOR που έχει δοθεί από την SIEMENS.

Η μεταβλητή MAL_BB100_MOTOR_STATUS περιέχει μέσα της τέσσερεις άλλες μεταβλητές. Την Cooldown_Start οποία δείχνει εάν θα πρέπει η αντλία να περάσει μία περίοδο αδράνειας. Την Cooldown_Stopping, οποία δείχνει εάν η περίοδος αδράνειας της αντλίας έχει τελειώσει. Την Available_for_Automatic_Start, οποία δείχνει εάν η αντλία είναι έτοιμη για για να λειτουργήσει στην automatic λειτουργία. Τέλος περιέχει την μεταβλητή Status, οποία Int (Integer), η οποία χρησιμοποιεί συγκεκριμένους ακεραίους αριθμούς για να αναπαραστήσει την κατάσταση στην οποία βρίσκεται η αντλία, 3000 για όταν το σύστημα βρίσκεται σε κατάσταση εκτάκτου ανάγκης, 5000 για όταν η αντλία έχει πρόβλημα (Fault = 1), 6000 όταν η αντλία μπορεί να ανοίξει μόνο χειροκίνητα (Remote_Manual = 1), 8000 όταν η αντλία έχει ανοίξει χειροκίνητα, 10000 όταν η αντλία βρίσκεται στην manual λειτουργία και δεν έχει ξεκινήσει, 12000 όταν η αντλία λειτουργεί ενώ βρίσκεται στην manual λειτουργία, 20000 όταν η αντλία βρίσκεται στην automatic λειτουργία και δεν έχει ξεκινήσει και 22000 όταν η αντλία βρίσκεται στην automatic λειτουργία και έχει ξεκινήσει.

3.2.1 Απαραίτητες Αντλίες

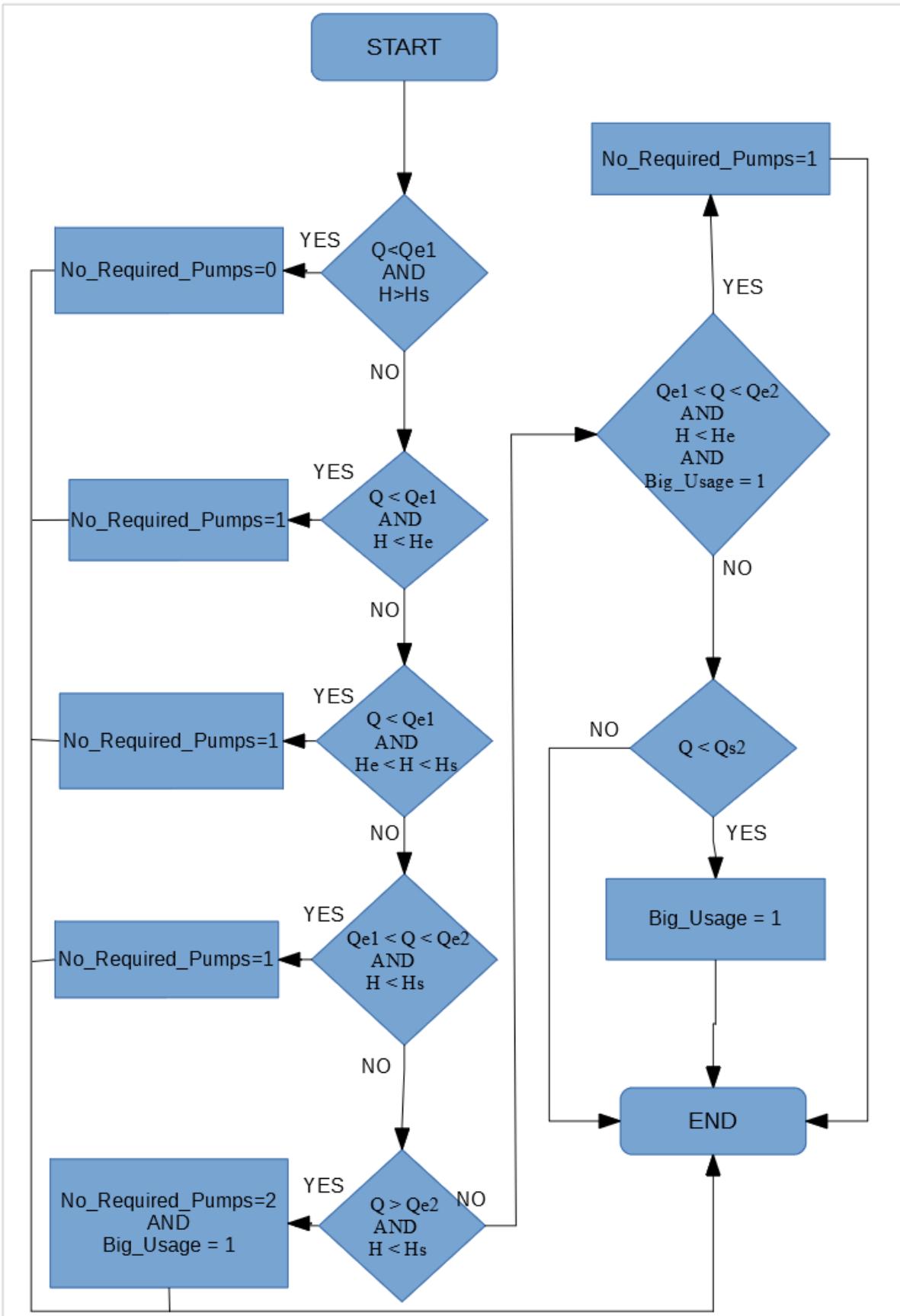
Σε αυτό το κομμάτι του προγράμματος υπολογίζεται ο αριθμός των αντλιών παροχής που είναι απαραίτητο να λειτουργούν σε κάθε χρονική στιγμή. Ο αριθμός των απαραίτητων αντλιών είναι απαραίτητος για την αυτόματη λειτουργία του αντλιοστασίου. Αναφερόμαστε στο Network 5 του προγράμματος το οποίο βασίζεται πλήρως στην λογική που περιγράφηκε στην παράγραφο 1.2.1.

Αρχικά δημιουργούμε ένα (1) function block το οποίο παίρνει ως εισόδους τις τιμές των αισθητήρων ροής Q και πίεσης H, τις οποίες θα συγκρίνει με τις σταθερές τιμές Qs1, Qe1, Qs2, Qe2, Hs, Ho και He και ορίζουμε ως έξοδο την global μεταβλητή No_Required_Pumps (Αριθμός Απαραίτητων Αντλιών). Ουσιαστικά σκοπός αυτού του block είναι να καθορίζει πότε πρέπει να λειτουργούν δύο (2), μία (1) ή καμία (0) αντλία παροχής. Όμως, όταν πρέπει να γίνει μεταβολή από δύο (2) αντλίες σε μία (1), αλλά και αντίθετα δεν μπορούμε να έχουμε ως κριτήριο μία μόνο τιμή ροής, γιατί σε περίπτωση απότομου ανεβοκατεβάσματος της τιμής από τον αισθητήρα ροής θα έχει ως αποτέλεσμα το συνεχές άνοιγμα και κλείσιμο μίας αντλίας. Για να αποφύγουμε, λοιπόν, τις σοβαρές ζημιές που θα προκύψουν από αυτήν την περίπτωση, θα πρέπει να συγκρίνουμε την ροή με δύο (2) διαφορετικές μεταβλητές οι οποίες θα έχουν αρκετά κοντινές τιμές. Για παράδειγμα οι preset τιμές των σταθερών Qs2 και Qe2 είναι 344 και 364 m³/h. Τώρα όμως δημιουργείται η περίπτωση στην οποία η τιμή της ροής θα είναι ανάμεσα στις τιμές των Qs2 και Qe2. Για να λυθεί το πρόβλημα αυτό πρέπει να μπορούμε να ξεχωρίζουμε πότε γίνεται η εναλλαγή από μία (1) σε δύο (2) αντλίες και πότε από δύο (2) σε μία (1). Συνεπώς δημιουργούμε τη βοηθητική μεταβλητή Big_Usage η οποία θα παίρνει την τιμή 1 όταν θα λειτουργούν δύο (2) αντλίες και την τιμή 0 όταν θα λειτουργεί μία (1) αντλία.

Επειδή αυτό το function block πραγματοποιεί μόνο πράξεις σύγκρισης, θεωρείται βέλτιστο να προγραμματιστεί με την χρήση της γλώσσας προγραμματισμού FBD (Function Block Diagram).Η λογική του function block έχει ως εξής όπως φαίνεται και στην εικόνα 3.1.

- Όταν $Q < Qe1$ και $H > Hs$ τότε η μεταβλητή No_Required_Pumps παίρνει την τιμή 0.
- Όταν $Q < Qe1$ και $H < He$ τότε η μεταβλητή No_Required_Pumps παίρνει την τιμή 1.
- Όταν $Q < Qe1$ και $He < H < Hs$ τότε η μεταβλητή No_Required_Pumps παίρνει πάλι την τιμή 1.
- Όταν $Qe1 < Q < Qe2$ και $H < Hs$, ενώ η μεταβλητή Big_Usage έχει την τιμή 0, τότε η μεταβλητή No_Required_Pumps παίρνει την τιμή 1.

- Όταν $Q > Q_{e2}$ και $H < H_s$ τότε η μεταβλητή No_Required_Pumps παίρνει την τιμή 2 και η μεταβλητή Big_Usage παίρνει την τιμή 1.
- Όταν $Q_{e1} < Q < Q_{s2}$ και $H < H_e$ ενώ η μεταβλητή Big_Usage έχει την τιμή 1, τότε η μεταβλητή No_Required_Pumps παίρνει πάλι την τιμή 1.
- Όταν $Q < Q_{s2}$ τότε η μεταβλητή Big_Usage παίρνει την τιμή 0.



Εικόνα 3.2. Διάγραμμα Ροής Απαραίτητων Αντλιών

3.2.2 Κυκλική Εναλλαγή

Για να υλοποιήσουμε την λειτουργία της κυκλικής εναλλαγής θα χρησιμοποιήσουμε την έτυμη βιβλιοθήκη της SIEMENS, την MAL_BB200_CYCLE. Δημιουργούμε, λοιπόν ένα (1) Function Block με την MAL_BB200_CYCLE, το οποίο παίρνει ως εισόδους τον αριθμό των απαραίτητων αντλιών (No_Required_Pumps) και τις μεταβλητές Status των δύο (2) αντλιών παροχής. Το μπλοκ παράγει ως εξόδους τα σήματα M1_Auto_Start και M2_Auto_Start τα οποία, όπως εξηγήθηκε και παραπάνω, καθορίζουν αν θα ξεκινήσουν οι αντλίες ενώ βρίσκονται στην αυτόματη λειτουργία. Το μπλοκ αυτό έχει προγραμματιστεί με SCL (Structured Control Language), αποκλειστική γλώσσα στο TIA PORTAL (Network 6).

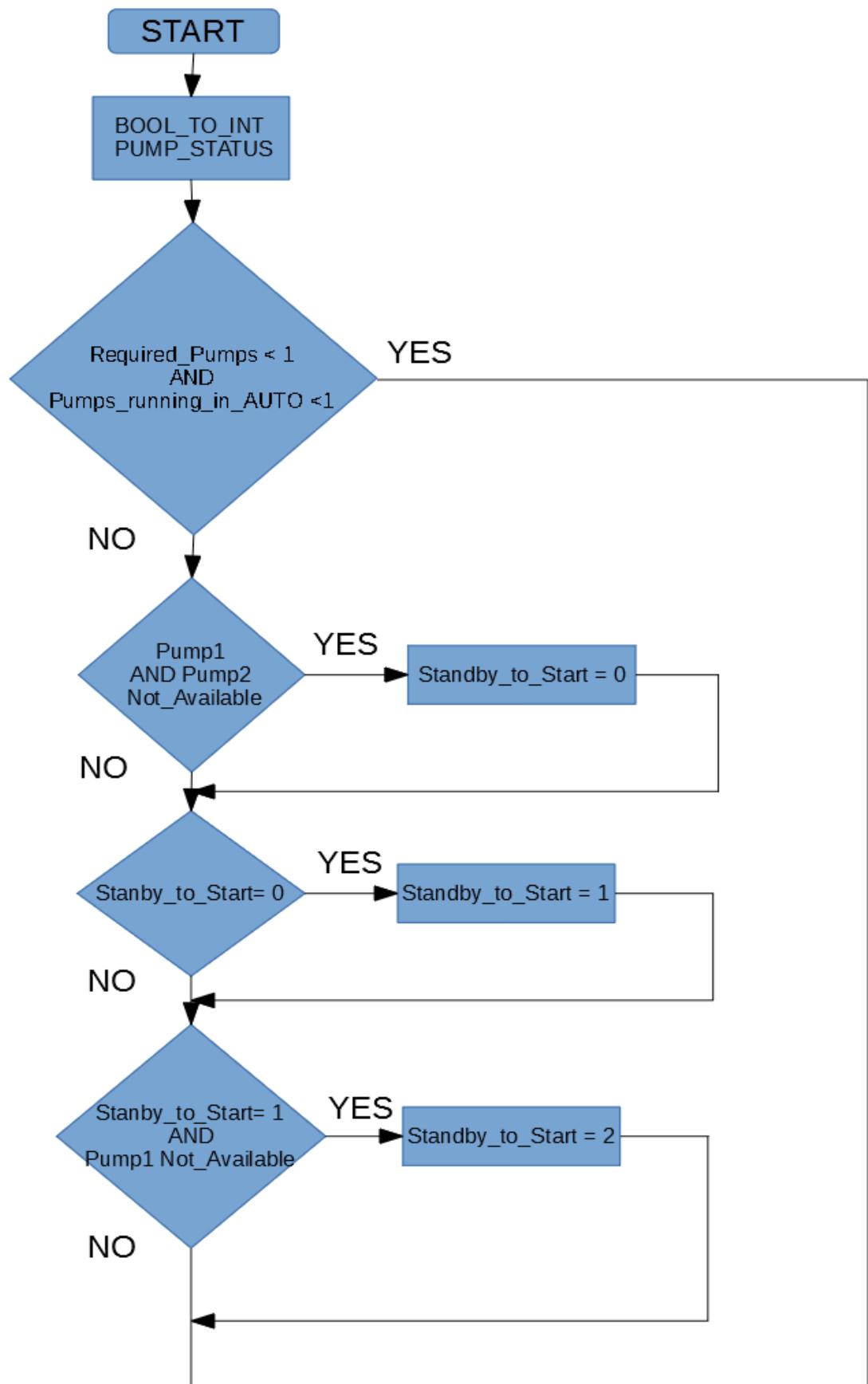
Αρχικά η συνάρτηση πρέπει να καθορίσει πόσες αντλίες λειτουργούν αυτή την στιγμή, αυτό το κατορθώνει με έναν αρκετά περίεργο αλλά αποτελεσματικό τρόπο. Συγκρίνει για κάθε αντλία ξεχωριστά αν ο αριθμός της μεταβλητής Status είναι ίσος η μεγαλύτερος από τον αριθμό 2200, δηλαδή εάν η αντλία δουλεύει στην αυτόματη λειτουργία, και μέσω της συνάρτησης BOOL_TO_INT μετατρέπει το αποτέλεσμα των δύο (2) λογικών πράξεων σε ακέραιο αριθμό (1 ή 0) και προσθέτει τα δύο (2) αποτελέσματα. Έτσι η μεταβλητή Pumps_running_in_Auto θα έχει ως τιμή τον αριθμό των αντλιών που λειτουργούν την εκάστοτε στιγμή. Εάν ο αριθμός αυτός είναι ίσος με τον αριθμό των απαραίτητων αντλιών τότε η συνάρτηση δεν χρειάζεται να συνεχίσει. Έπειτα, η συνάρτηση πρέπει να καθορίσει ποια αντλία μπορεί να ανοιχτεί εκείνη την στιγμή. Χρησιμοποιεί την μεταβλητή τύπου Int, Standby_to_Start η οποία θα έχει ως τιμή τον αριθμό της αντλίας η οποία είναι έτοιμη για λειτουργία και το 0 για όταν καμία αντλία δεν είναι έτοιμη. Ελέγχοντας την μεταβλητή Status κάθε αντλίας αν η τιμή της Available_for_Automatic_Start είναι TRUE, καθορίζει ποια αντλία είναι έτοιμη για να τεθεί σε λειτουργία.

Όπως αναφέρθηκε στο κεφάλαιο των παραμέτρων του συστήματος, σκοπός της κυκλικής εναλλαγής είναι να εξασφαλίζει ότι καμία αντλία δεν θα έχει παραπάνω φόρτο εργασίας από την άλλη. Για να το εξασφαλίσει αυτό η συνάρτηση δημιουργεί τον πίνακα Pumps_Start_Index[i], όπου i ο αριθμός της αντλίας, και τις μεταβλητές Min_Index και Max_Index οι οποίες έχουν την μικρότερη και την μεγαλύτερη τιμή αντίστοιχα, μεταξύ του Pumps_Start_Index[1] και του Pumps_Start_Index[2]. Οι τιμές του πίνακα Pumps_Start_Index δείχνουν τον αριθμό των εκκινήσεων που πραγματοποίησε κάθε αντλία. Όπως η μεταβλητή Standby_to_Start δείχνει ποια αντλία είναι έτοιμη να ξεκινήσει, έτσι αντίστοιχα η μεταβλητή Standby_to_Stop δείχνει ποια αντλία είναι αυτή που θα πρέπει να σταματήσει. Έπειτα

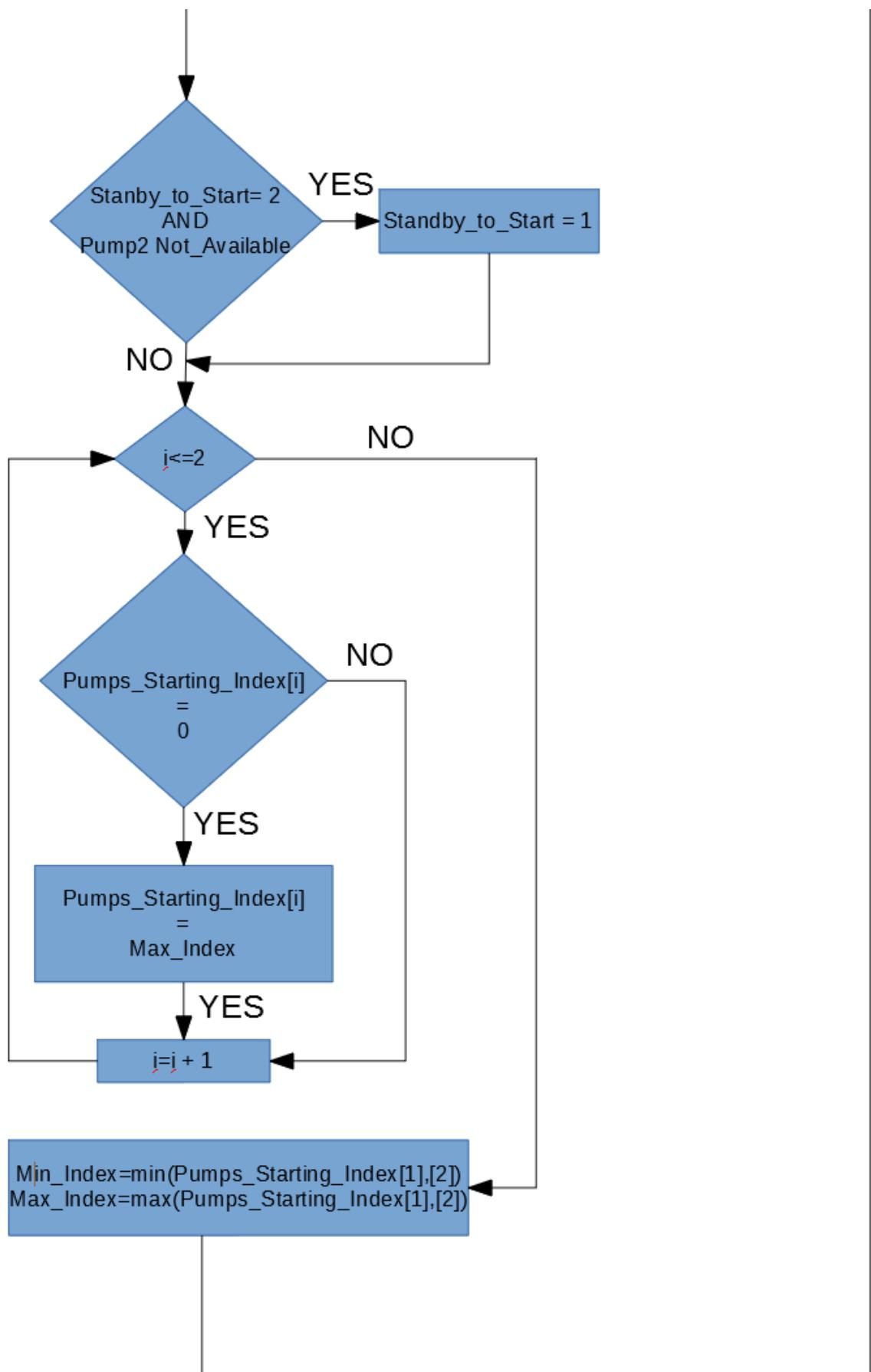
η συνάρτηση ελέγχει αν ο αριθμός των αντλιών που λειτουργούν είναι μικρότερος από τον αριθμό των απαραίτητων αντλιών. Εάν είναι τότε ελέγχοντας ποια αντλία πρέπει να ξεκινήσει μέσω της μεταβλητής Standby_to_Start δίνει στην μεταβλητή Auto_Start της συγκεκριμένης αντλίας, την τιμή TRUE και δίνει στην μεταβλητή Pumps_Starting_Index της συγκεκριμένης μεταβλητής την τιμή Max_Index + 1. Εάν, όμως, ο αριθμός των αντλιών που λειτουργούν είναι μεγαλύτερος από τον αριθμό των απαραίτητων αντλιών τότε ελέγχοντας την τιμή της μεταβλητής Standby_to_Stop, το σύστημα αποφασίζει ποια αντλία πρέπει να σταματήσει, δίνοντας την τιμή FALSE στην μεταβλητή Auto_Start. Η δομή της εντολής IF είναι τέτοια έτσι ώστε κάθε φορά, η συνάρτηση ή θα ανοίγει μία (1) αντλία ή θα κλίνει μια (1) αντλία ή δεν θα επηρεάζει καθόλου το σύστημα.

Η τιμή της Standby_to_Stop είναι ο αριθμός της αντλίας, της οποίας η τιμή στον πίνακα Pumps_Starting_Index είναι ίδια με την τιμή της μεταβλητής Min_Index. Αυτό μπορεί αρχικά να φαίνεται λάθος καθώς η μεταβλητή Min_Index δείχνει τον αριθμό των ελάχιστων εκκινήσεων και ότι η μεταβλητή Max_Index θα έπρεπε να καθορίζει ποια αντλία πρέπει να σταματήσει. Πρέπει να σκεφτούμε, όμως, ότι όταν το σύστημα λειτουργώντας στην automatic λειτουργία, αποφασίζει ότι οι απαιτήσεις της ζήτησης νερού καλύπτονται από μία (1) αντλία, τότε θα ενεργοποιήσει την πρώτη αντλία (1-0). Στην συνέχεια όταν η ζήτηση νερού ανέβει το σύστημα θα κρίνει ότι πρέπει να ανοίξει και την δεύτερη αντλία (1-1) και λόγω του τρόπου που έχουμε δομήσει την εντολή IF η μεταβλητή Standby_to_Stop θα πάρει την τιμή 1, χωρίς όμως να την κλίσει γιατί οι ανάγκες της ζήτησης επιβάλουν να λειτουργούν και οι δύο (2). Έτσι όταν η ζήτηση του νερού ξαναπέσει, το σύστημα θα κλίσει την πρώτη αντλία, καθώς η μεταβλητή Standby_to_Stop θα έχει την τιμή 1. Τέλος η συνάρτηση για να εξασφαλίσει ότι σε επόμενους κύκλους δεν θα ανοίξει καμία αντλία, ενώ δεν πρέπει, ελέγχει τις τιμές των μεταβλητών Status κάθε αντλίας. Εάν η τιμή της Status είναι μικρότερη από 2000, δηλαδή η αντλία δεν βρίσκεται στην automatic λειτουργία, τότε δίνει στην μεταβλητή της Auto_Start την τιμή 0, αντίστοιχα και στην μεταβλητή Standby_to_Start.

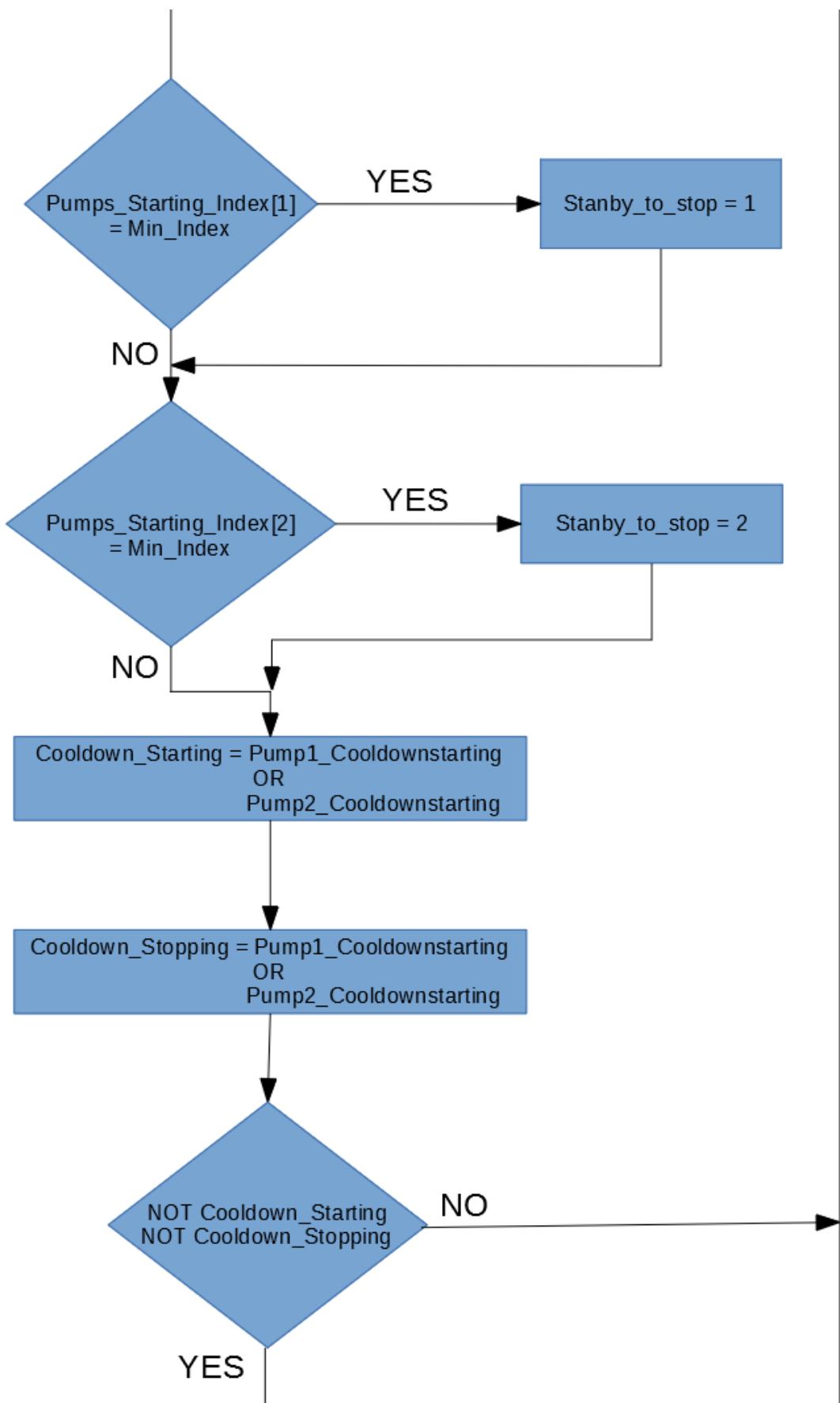
Μετά, όμως, από δοκιμές και προσομοιώσεις του συστήματος, παρατηρήθηκε ότι όταν γίνεται μεταβολή μιας αντλίας από την automatic στην manual λειτουργία ενώ η άλλη βρίσκεται ακόμα στην automatic, η μεταβλητή Pumps_Starting_Index συνεχίζει να αυξάνεται συνεχόμενα, με αποτέλεσμα να χάνεται η σωστή σειρά και μετά από λίγη ώρα η μεταβλητή να παίρνει την τιμή -1 που είναι ο συμβολισμός του TIA PORTAL ότι μία μεταβλητή τύπου Int βρίσκεται out of bounds. Για να αντιμετωπιστεί αυτό το πρόβλημα, προστέθηκε μια εντολή IF η οποία ελέγχει αν βρίσκονται και οι δύο (2) αντλίες στην automatic λειτουργία πριν αυξηθεί η τιμή της μεταβλητής Pumps_Starting_Index.



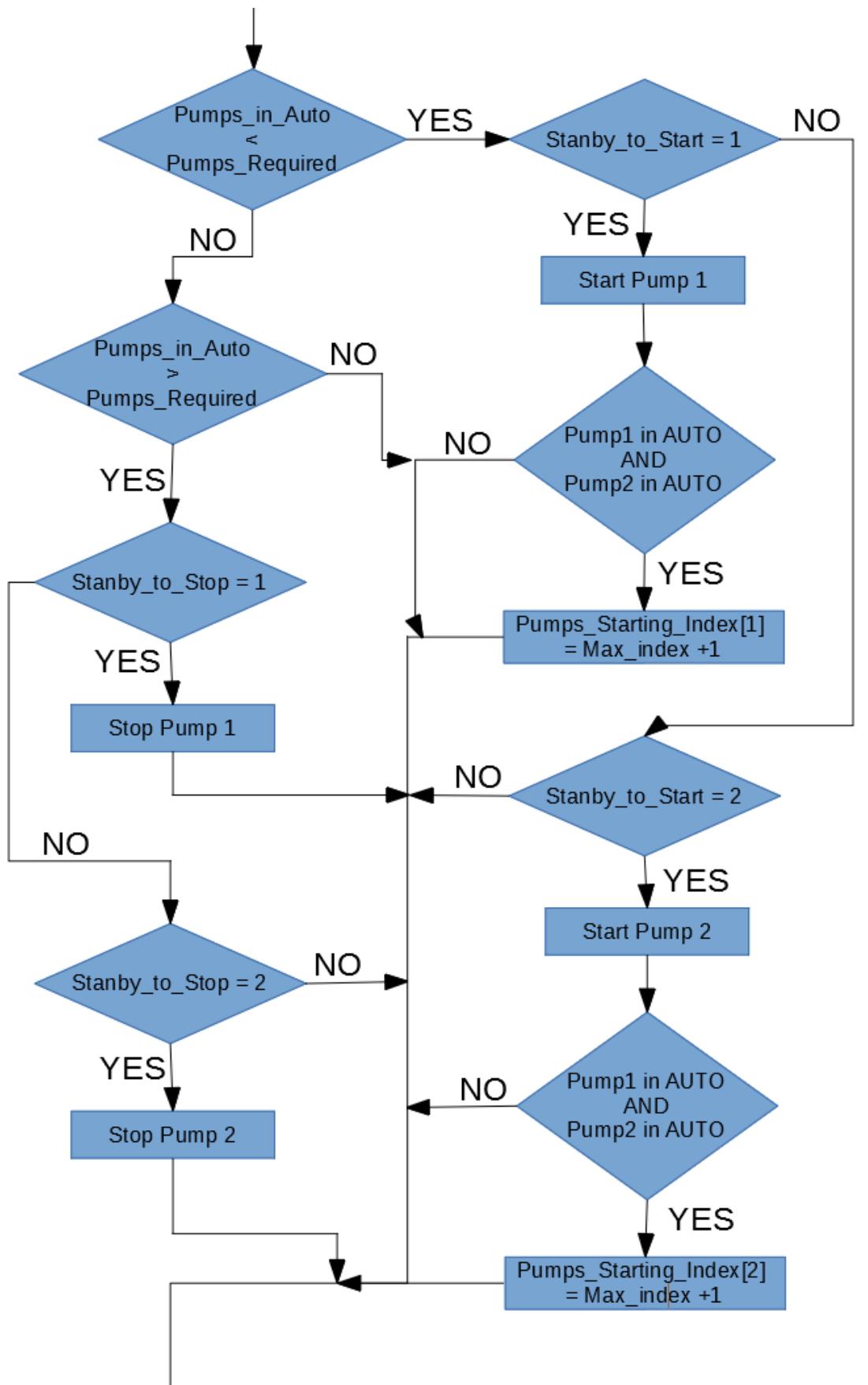
Εικόνα 3.3 (1/5). Διάγραμμα Ροής Κυκλικής Ενναλαγής



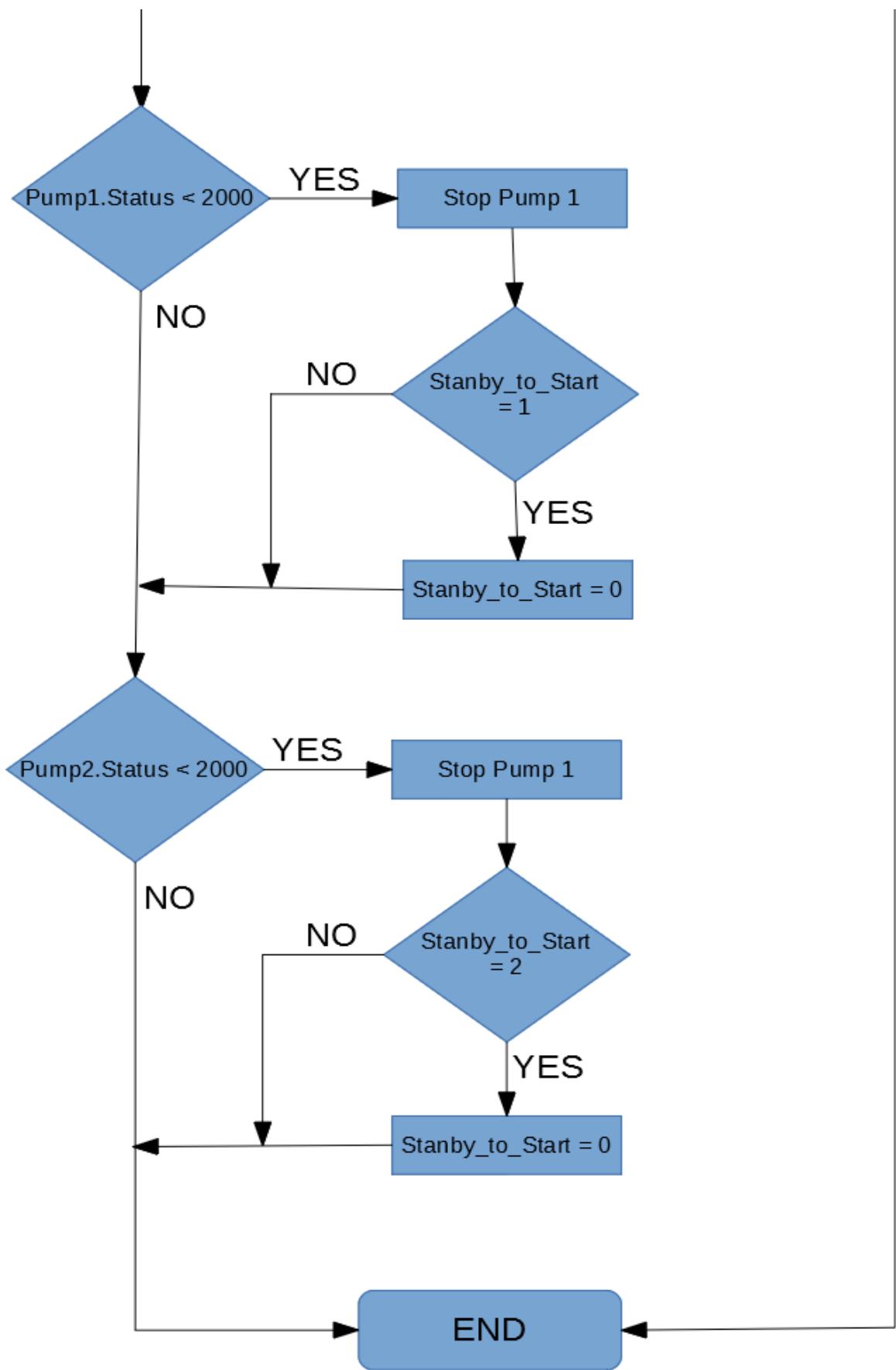
Εικόνα 3.3 (2/5). Διάγραμμα Ροής Κυκλικής Εννολαγής



Εικόνα 3.3 (3/5). Διάγραμμα Ροής Κυκλικής Εννολαγής



Εικόνα 3.3 (4/5). Διάγραμμα Ροής Κυκλικής Εννολαγής



Ευκόνα 3.3 (5/5). Διάγραμμα Ροής Κυκλικής Εννολαγής

3.2.3 Εκκίνηση Αντλιών

Αφού το σύστημα καθορίσει ποια αντλία πρέπει να ανοίξει ή να κλίσει, θα πρέπει και να εκτελέσει την αντίστοιχη λειτουργία. Για αυτόν τον λόγο δημιουργούμε ένα (1) function block, χρησιμοποιώντας την βιβλιοθήκη MAL_BB100_MOTOR ΓΙΑ εκκίνηση αντλιών. Το μπλοκ δέχεται ως εισόδους τις μεταβλητές Fault, Remote_Control, Remote_Manual, Auto_Start, Remote_Manual_Start, Emergency_Situation, Auto_Switch_ON και Status, των οποίων οι λειτουργίες εξηγήθηκαν παραπάνω και έχει ως έξοδο το σήμα Q που είναι το σήμα λειτουργίας της αντλίας. Επειδή έχουμε τρεις (3) αντλίες, δύο (2) παροχής και μία (1) στην γεώτρηση, δημιουργούμε 3 διαφορετικά instances της MAL_BB100_MOTOR στο ίδιο Network (Network 7).

Αρχικά, η συνάρτηση ελέγχει εάν το αντλιοστάσιο βρίσκεται σε κατάσταση εκτάκτου ανάγκης. Αν είναι τότε δίνει στο σήμα Q την τιμή FALSE και στην μεταβλητή Status την τιμή 3000. Έπειτα ελέγχει αν η αντλία έχει κάποια βλάβη, μέσω του σήματος Fault. Εάν το σήμα είναι TRUE τότε το σήμα Q παίρνει την τιμή FALSE και η μεταβλητή Status την τιμή 5000.

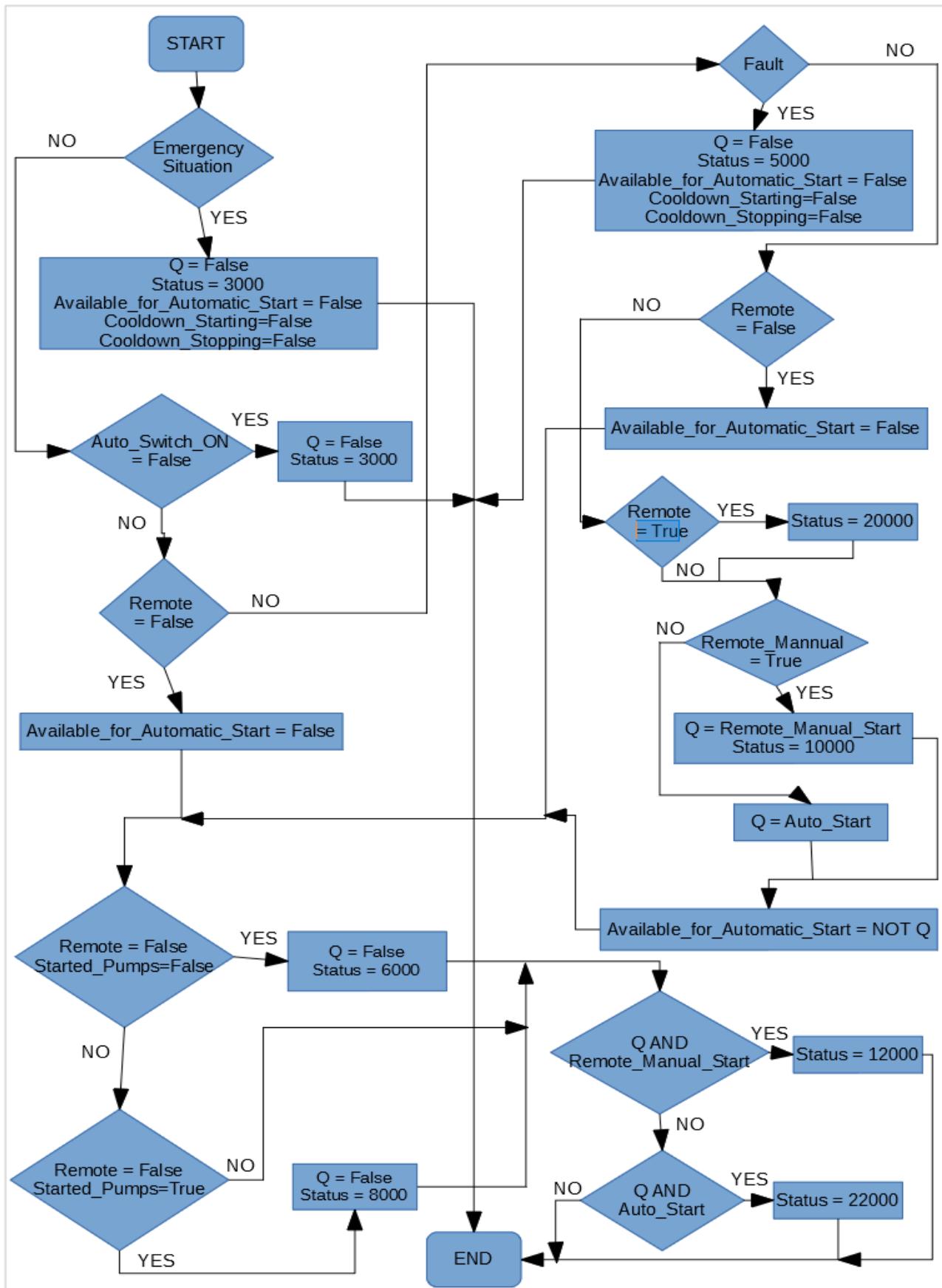
Στην συνέχεια, η συνάρτηση πρέπει να καθορίσει εάν η αντλία βρίσκεται στην automatic ή στην manual λειτουργία. Αφού καθορίσει σε ποια λειτουργία βρίσκεται δίνει στην μεταβλητή Status την αντίστοιχη τιμή της και δίνει στο σήμα Q την τιμή των μεταβλητών Remote_Manual_Start και Auto_Start, τα οποία είναι τα σήματα εκκίνησης της αντλίας στην εκάστοτε λειτουργία όπως εξηγήθηκε στο κεφάλαιο 3.1.1, αντίστοιχα.

Τέλος, ελέγχοντας αν τα σήματα Q και MAL_BB100_MOTOR ή Auto_Start έχουν τις ίδιες τιμές, δίνει στην μεταβλητή Status την τιμή που αντιστοιχεί στο γεγονός ότι η αντλία λειτουργεί στην εκάστοτε λειτουργία, όπως φαίνεται και στην εικόνα 3.3.

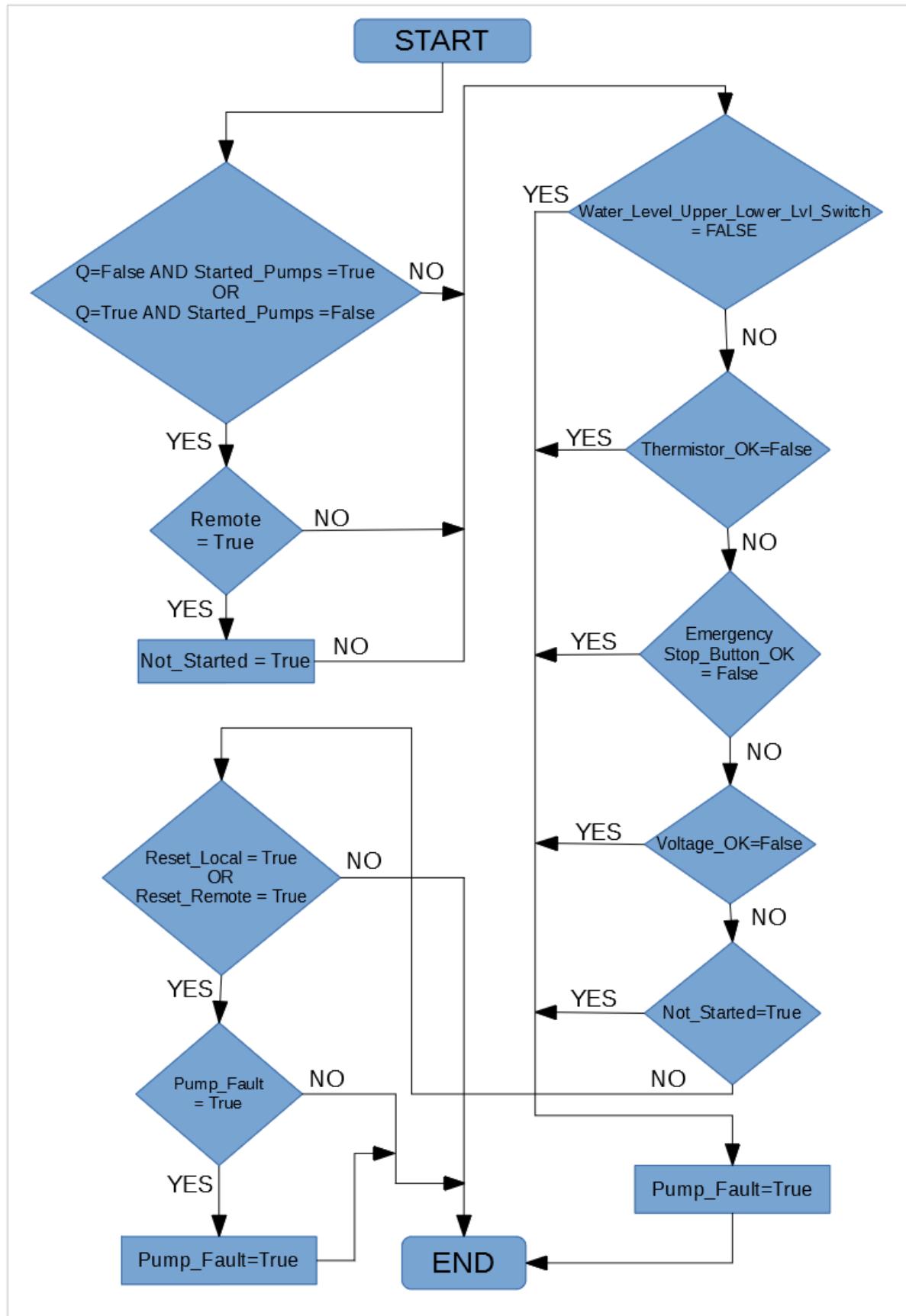
3.2.4 Σφάλματα Αντλιών

Για να ελέγχουμε τις αντλίες για πιθανά σφάλματα, δημιουργούμε ένα (1) function block το οποίο θα ελέγχει όλα τα απαραίτητα σήματα λειτουργίας των αντλιών. Αυτά τα σήματα είναι, το σήμα Thermistor_OK που δείχνει αν το θερμίστορ της αντλίας λειτουργεί σωστά, το σήμα εξόδου Q της αντλίας, το σήμα Emergency_Button_OK που δείχνει ότι το κουμπί εκτάκτου ανάγκης λειτουργεί σωστά, το σήμα Voltage_OK και το σήμα Water_Level_Upper_Lower_Level_Switch, το οποίο είναι το σήμα εξόδου του αισθητήρα νερού στο κάτω μέρος της δεξαμενής νερού. Εάν οποιοδήποτε από αυτά τα σήματα έχει την τιμή FALSE τότε ενεργοποιείται το σήμα Fault της αντλίας, όπως φαίνεται και στην εικόνα 3.4.

Όταν ενεργοποιείται το σήμα Fault τότε η αντλία δεν λειτουργεί μέχρι τα παραπάνω σήματα να πάρουν τιμή TRUE αλλά και να ενεργοποιηθεί το σήμα Reset ή από τον κεντρικό πίνακα ελέγχουν ή από το touch panel.



Εικόνα 3.4. Διάγραμμα Ροής Εκκίνησης Αντλιών

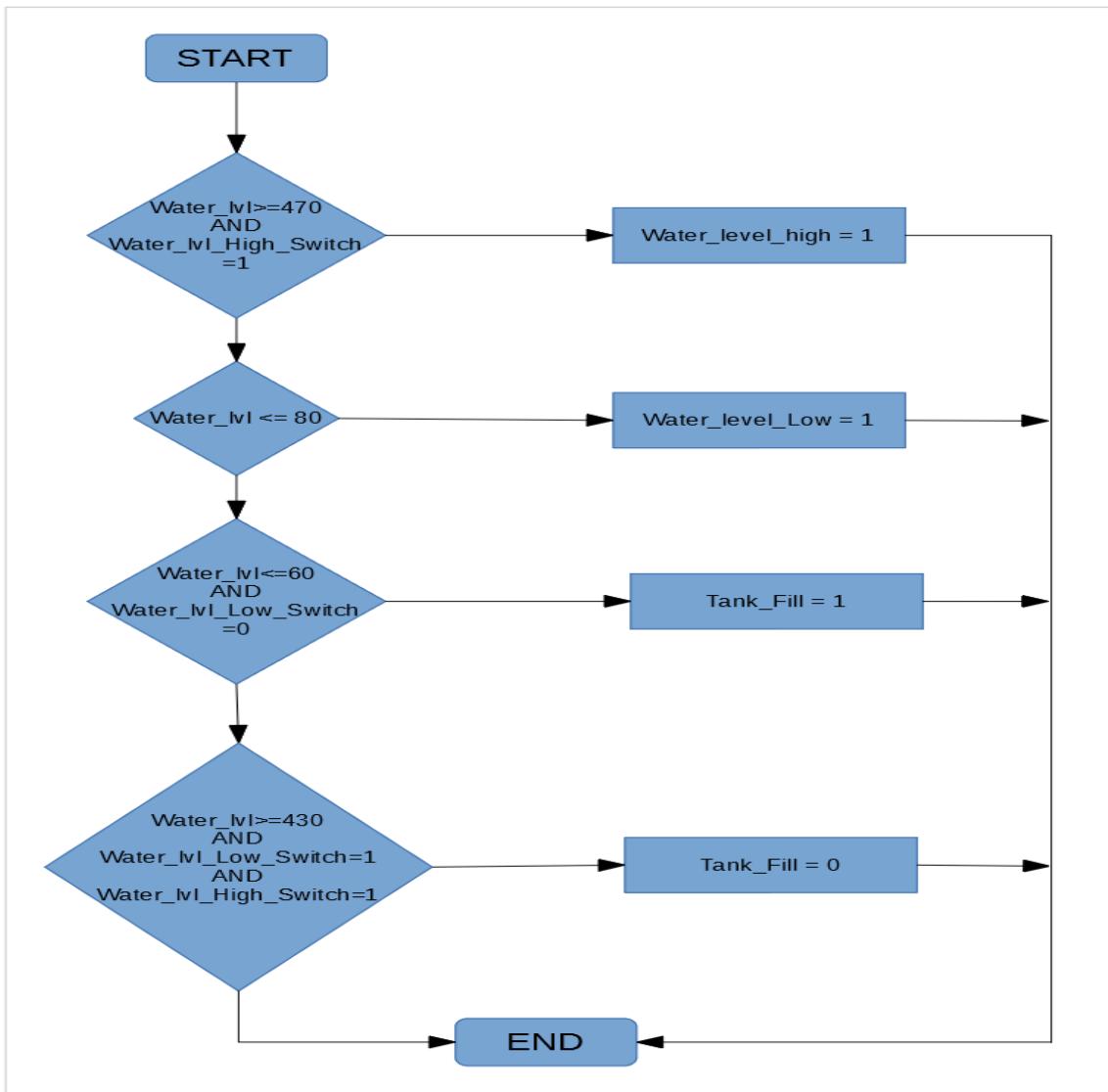


Εικόνα 3.5. Διάγραμμα Ροής Σφαλμάτων Αντλιών

3.3 Δεξαμενή Νερού

Για την σωστή λειτουργία του αντλιοστασίου είναι απαραίτητο να εξασφαλίσουμε ότι η αντλία δεν πρόκειται να ποτέ να μείνει άδεια χωρίς νερό ή ότι θα υπερχειλίσει με νερό, καθώς αυτό μπορεί να προκαλέσει σοβαρές ζημιές στις εγκαταστάσεις. Για αυτό τον λόγο χρησιμοποιούμε το ηλεκτρονικό φλοτέρ και τους δύο (2) αισθητήρες νερού για να εντοπίζουμε την στάθμη του νερού.

Όταν το φλοτέρ μας δείχνει τιμή μεγαλύτερη του 470 m^3 και ενεργοποιηθεί ο αισθητήρας νερού στο πάνω μέρος της δεξαμενής τότε ενεργοποιείται το σήμα Water_Level_High. Αντίστοιχα όταν το φλοτέρ μας δείχνει τιμή μικρότερη από 80 m^3 τότε ενεργοποιείται το σήμα Water_Level_Low έτσι ώστε να προειδοποιεί τους μηχανικούς του αντλιοστασίου ότι σύντομα θα πρέπει να ξεκινήσει η διαδικασία τροφοδοσίας της δεξαμενής με νερό από την γεώτρηση. Όταν η αντλία της γεώτρησης βρίσκεται στην automatic λειτουργία της τότε, όταν το φλοτέρ δείξει τιμή μικρότερη από 60 m^3 και ο αισθητήρας νερού στο κάτω μέρος της δεξαμενής απενεργοποιηθεί τότε θα ενεργοποιηθεί το σήμα Tank_Fill και θα ξεκινήσει το αυτόματο γέμισμα της δεξαμενής. Το σήμα Tank_Fill είναι ουσιαστικά το σήμα Auto_Start της δεξαμενής της γεώτρησης. Όταν το φλοτέρ δείξει τιμή μεγαλύτερη από 430 m^3 και ενεργοποιηθούν και οι δύο (2) αισθητήρες νερού της δεξαμενής τότε το σήμα Tank_Fill θα πάρει την τιμή 0 και η διαδικασία γεμίσματος της δεξαμενής θα σταματήσει. Η τιμή του ηλεκτρονικού φλοτέρ αποθηκεύεται στην μεταβλητή Water_lvl.



Εικόνα 3.6. Διάγραμμα Ροής Δεξαμενής Νερού

3.4 Αεροσυμπιεστής

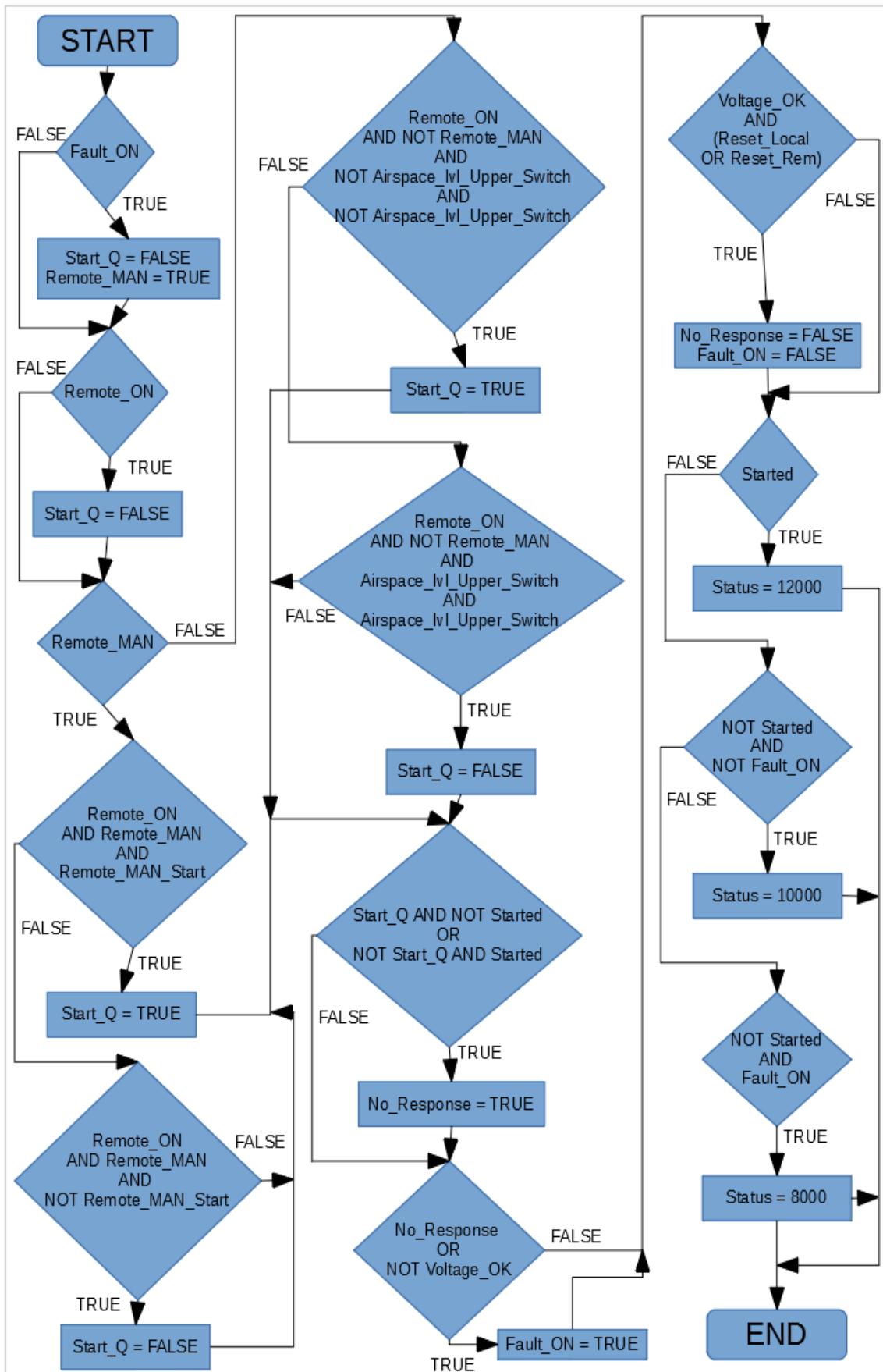
Ο αεροσυμπιεστής είναι υπεύθυνος να τροφοδοτεί το σύστημα με συμπιεσμένο αέρα έτσι ώστε να ανεβαίνει η πίεση του συστήματος όταν η τιμές τις είναι χαμηλές. Όπως και οι αντλίες, έτσι και ο αεροσυμπιεστής έχει την μεταβλητή Status, η οποία συμβολίζει με συγκεκριμένους αριθμούς την κατάσταση στην οποία βρίσκεται ο αεροσυμπιεστής.

Αρχικά το σύστημα ελέγχει αν έχει ενεργοποιηθεί το σήμα σφάλματος του αεροσυμπιεστή Fault_ON. Εάν έχει ενεργοποιηθεί, τότε το σήμα λειτουργίας του αεροσυμπιεστή Start_Q γίνεται FALSE και ο αεροσυμπιεστής γυρνάει στην manual λειτουργία του (Remote_MAN = TRUE). Εάν το σήμα που δείχνει ότι ο αεροσυμπιεστής μπορεί να χειριστεί μέσω του UI (Remote_On) είναι απενεργοποιημένο τότε το σήμα Start_Q γίνεται FALSE.

Στην συνέχεια, το σύστημα καθορίζει αν ο αεροσυμπιεστής βρίσκεται στην manual ή στην automatic λειτουργία μέσω του σήματος Remote_MAN. Αν ο αεροσυμπιεστής βρίσκεται στην manual λειτουργία και το σήμα Remote_MAN_Start έχει την τιμή 1 τότε το σήμα Start_Q παίρνει την τιμή 1. Αντιθέτως όταν Remote_MAN_Start = 0 τότε Start_Q = 0. Αντίστοιχα όταν ο αεροσυμπιεστής βρίσκεται στην automatic λειτουργία, το σήμα Start_Q γίνεται 1 όταν οι διακόπτες στο πάνω και στο κάτω μέρος του δοχείου συμπίεσης (Airspace_level_Upper_Switch, Airspace_level_Lower_Switch) είναι απενεργοποιημένοι. Όταν ενεργοποιηθούν και οι δύο (2) διακόπτες τότε το σήμα Start_Q γίνεται 0 και ο αεροσυμπιεστής σταματάει.

Εάν το σήμα Start_Q είναι 1 ενώ το σήμα Started, το σήμα που δείχνει εάν ο αεροσυμπιεστής βρίσκεται σε λειτουργία, είναι 0 ή το αντίστροφο τότε σημαίνει ότι ο αεροσυμπιεστής δεν ανταποκρίνεται και η μεταβλητή No_Response γίνεται 1. Όταν η μεταβλητή No_Response έχει την τιμή 1 ή η μεταβλητή Voltage_OK έχει την τιμή FAULT τότε ενεργοποιείτε το σήμα Fault_ON. Τα σήματα No_Response και Fault_ON απενεργοποιούνται, όταν η μεταβλητή Voltage_OK είναι TRUE και έχει πατηθεί ένα από τα δύο (2) κουμπιά Reset (Reset_Manual, Reset_Remote).

Τέλος, ανατίθενται οι κατάλληλες τιμές στην μεταβλητή Status ανάλογα με την κατάσταση που βρίσκεται ο αεροσυμπιεστής. Όταν δεν λειτουργεί επειδή υπάρχει σφάλμα τότε η μεταβλητή παίρνει την τιμή 8000, όταν δεν υπάρχει σφάλμα και δεν λειτουργεί την τιμή 10000 και όταν λειτουργεί κανονικά την τιμή 12000.



Εικόνα 3.7. Διάγραμμα Ροής Αεροσυμπιεστή

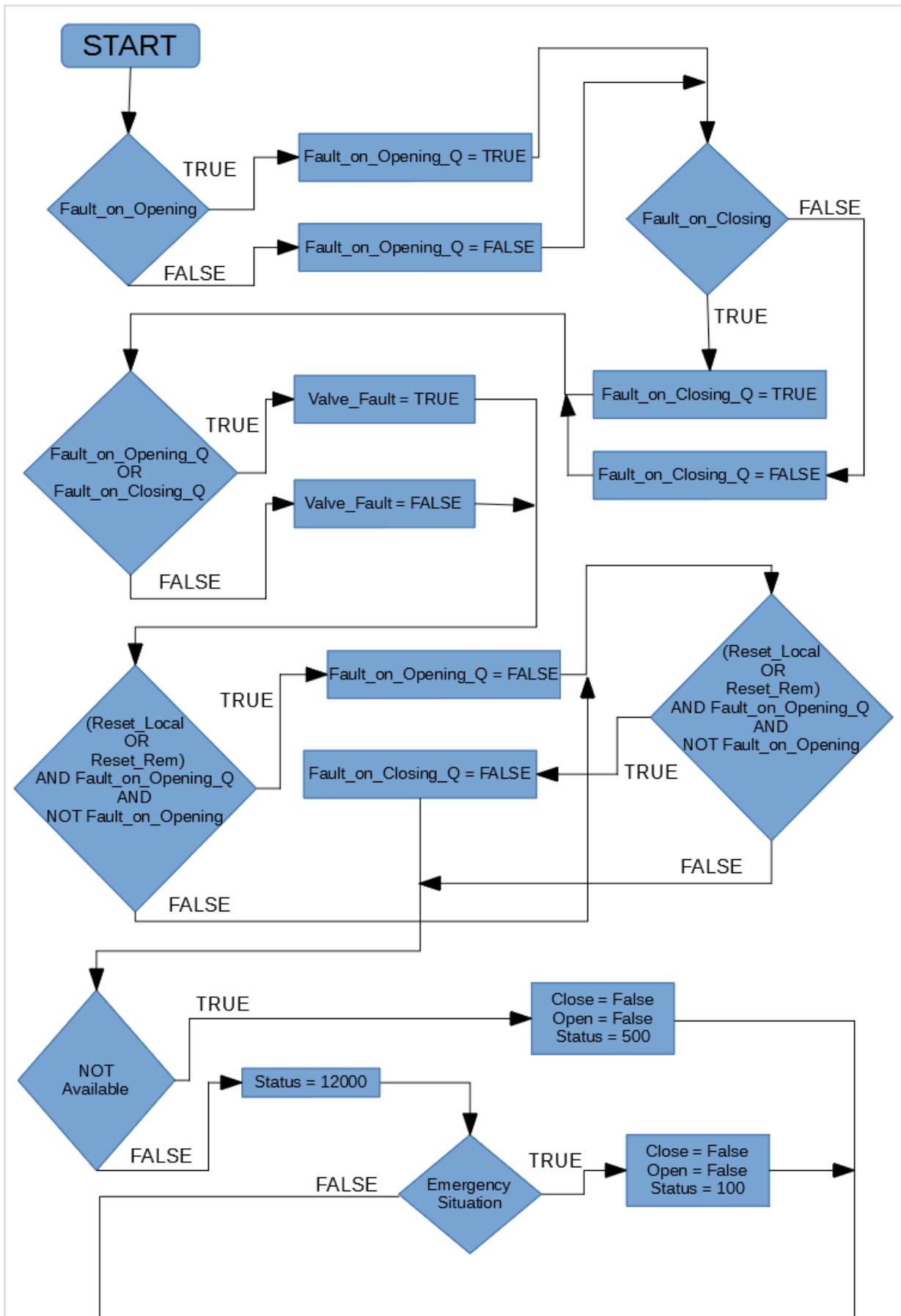
3.5 Βαλβίδες Πίεσης

Οι βαλβίδες πίεσης, όπως υποδηλώνει και το όνομα τους, λειτουργούν ανάλογα με τις τιμές πίεσης του νερού μέσα στο αντλιοστάσιο. Για αυτό τον λόγο θα πρέπει να οριστούν κατάλληλες τιμές πίεσης που θα καθορίζουν το άνοιγμα και το κλείσιμο της βαλβίδας. Για λόγους ασφαλείας κατά την εκκίνηση της λειτουργίας του αντλιοστασίου, η βαλβίδες πίεσης θα πρέπει να είναι κλειστές και να ανοίγουν μόνο έπειτα από εντολή ανοίγματος.

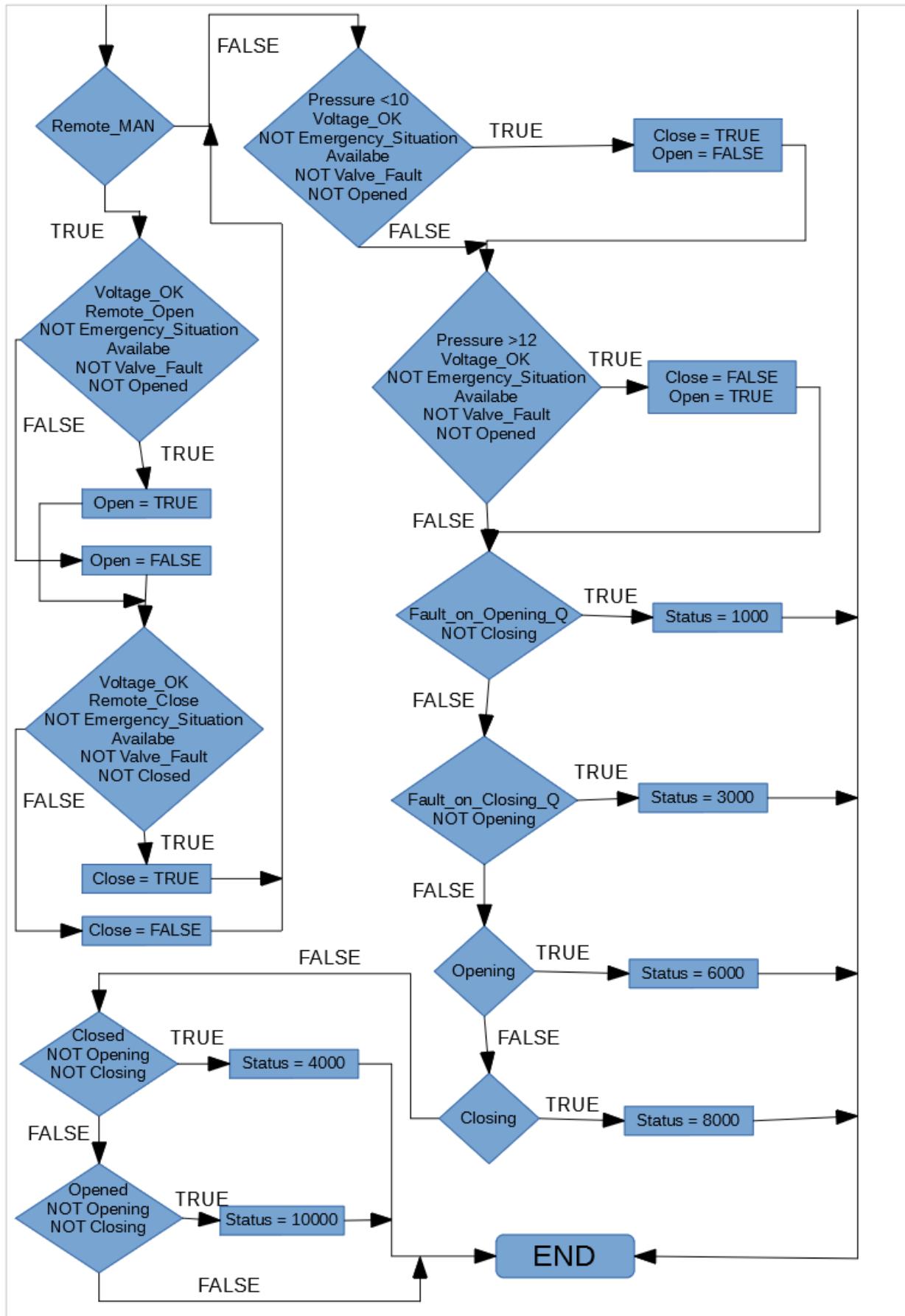
Όταν η βαλβίδα πίεσης παρουσιάζει πρόβλημα τότε ενεργοποιείται η μεταβλητή τύπου BOOL Valve_Fault. Η συγκεκριμένη βαλβίδα που χρησιμοποιήθηκε στο αντλιοστάσιο δίνει την δυνατότητα να αναγνωρίζουμε εάν το σφάλμα παρουσιάστηκε κατά την διαδικασία ανοίγματος ή κλεισίματος, γεγονός το οποίο διευκολύνει τους μηχανικούς της εγκατάστασης να εντοπίσουν το σφάλμα. Για αυτό δημιουργήθηκαν δύο (2) ακόμα μεταβλητές Fault_on_Opening και Fault_on_Closing για να αναγνωρίσουν αυτές τις δύο (2) περιπτώσεις. Μετά την διόρθωση του προβλήματος για να μπορέσει να ξανατεθεί σε λειτουργία η βαλβίδα θα πρέπει να πατηθεί ένα από τα δύο (2) κουμπιά Reset.

Όπως και τα υπόλοιπα στοιχεία του αντλιοστασίου, έτσι και η βαλβίδα έχει την δική της μεταβλητή Status η οποία αναπαριστά την κατάσταση στην οποία βρίσκεται η βαλβίδα με αριθμούς. Οι τιμές αυτές είναι 100 για όταν το σύστημα βρίσκεται σε κατάσταση εκτάκτου ανάγκης, 500 για όταν δεν είναι διαθέσιμη, 1000 για όταν υπάρχει σφάλμα κατά την διαδικασία ανοίγματος, 3000 για όταν υπάρχει σφάλμα κατά την διαδικασία κλεισίματος, 4000 για όταν η βαλβίδα βρίσκεται σε θέση πλήρους κλεισίματος, 6000 για όταν η βαλβίδα βρίσκεται κατά την διάρκεια του ανοίγματος, 8000 για όταν βρίσκεται κατά την διάρκεια του κλεισίματος, 10000 για όταν βρίσκεται στην θέση πλήρους ανοίγματος και 12000 για όταν η βαλβίδα είναι διαθέσιμη για να τεθεί σε λειτουργία. Η βαλβίδα πίεσης που χρησιμοποιήθηκε στην εγκατάσταση έχει την δυνατότητα να στέλνει ψηφιακά σήματα εξόδου για όταν βρίσκεται σε διαδικασία ανοίγματος (Opening), κλεισίματος (Closing) αλλά και όταν βρίσκεται στις θέσεις πλήρους ανοίγματος (Opened) και πλήρους κλεισίματος (Closed).

Αντίστοιχα και η βαλβίδα πίεσης έχει δύο (2) λειτουργίες, την manual και την automatic. Όταν η βαλβίδα βρίσκεται στην automatic λειτουργία, τότε η βαλβίδα ανοίγει όταν η πίεση είναι μεγαλύτερη από 12 mmWc και κλείνει όταν είναι μικρότερη από 10 mmWc.



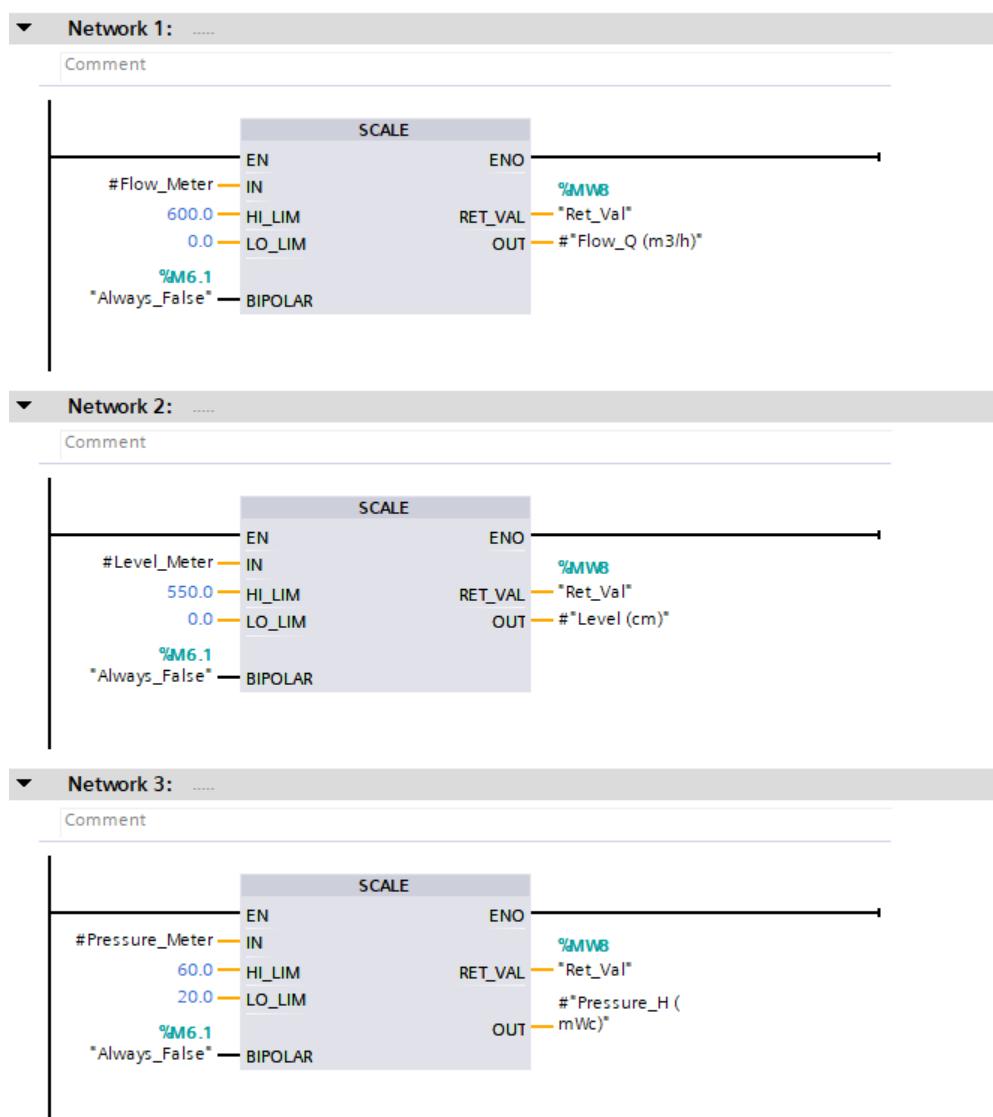
Εικόνα 3.8(1/2). Διάγραμμα Ροής Βαλβίδας Πίεσης



Εικόνα 3.8(2/2). Διάγραμμα Ροής Βαλβίδας Πίεσης

3.6 Αναλογικές Τιμές

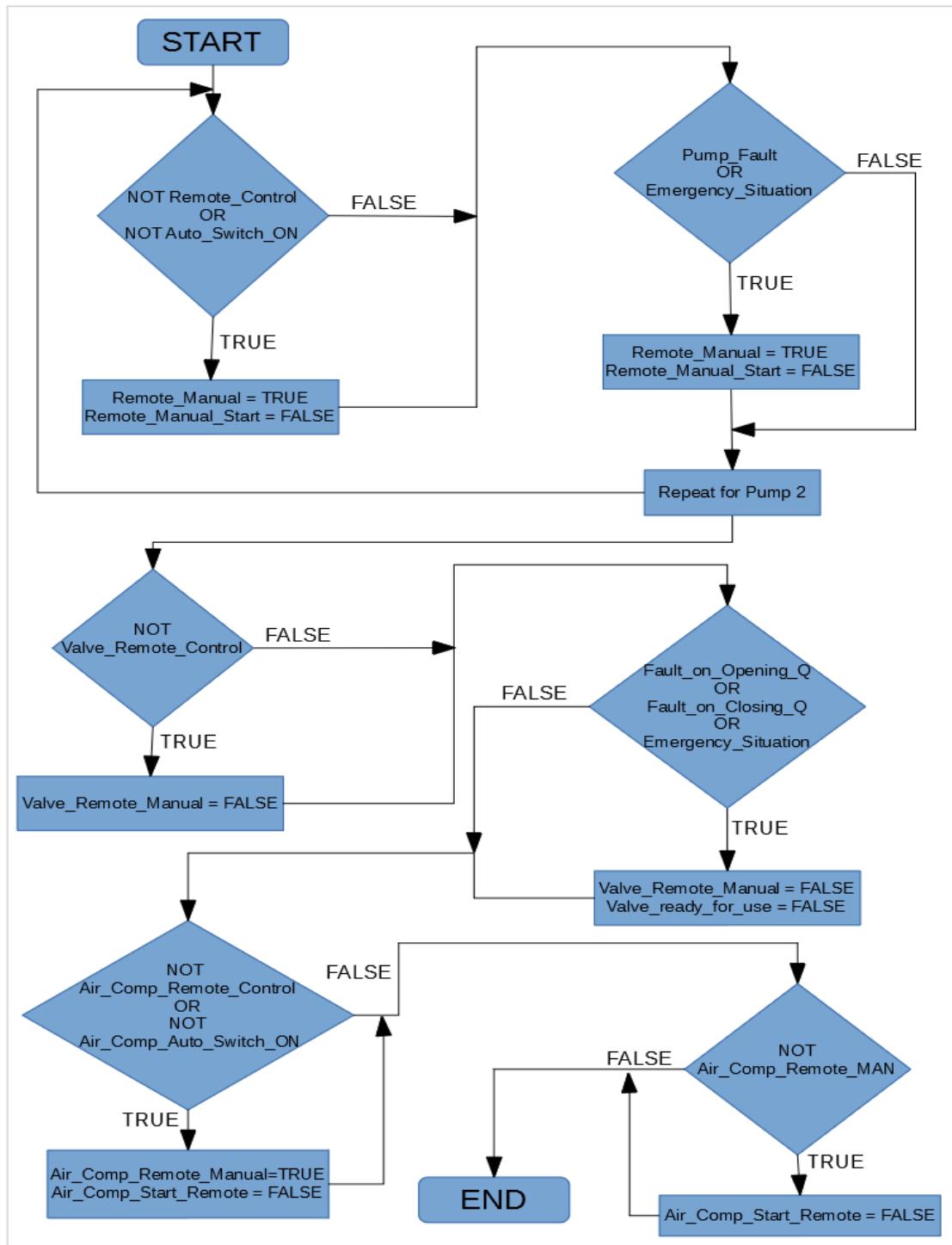
Οι έξοδοι του ρούμετρου, του πιεσόμετρου και του φλοτέρ είναι αναλογικές. Για να μπορέσουμε να επεξεργαστούμε αυτές τις τιμές θα πρέπει να τις μετατραπούν σε φυσικά μεγέθη. Το TIA PORTAL προσφέρει την δυνατότητα αυτή με το Scale function block. Χρησιμοποιώντας αυτό το block μπορούμε να θέσουμε το ανώτερο και το κατώτερο όριο μιας μεταβλητής και στην συνέχεια κάθε φορά που οι αναλογικοί αισθητήρες θα στέλνουν μία τιμή, ο αλγόριθμος θα την μετατρέπει στο αντίστοιχο φυσικό μέγεθος ανάλογα με τα όρια που έχουμε θέσει.



Εικόνα 3.9 Κύκλωμα Κλιμάκωσης Αναλογικών Σημάτων

3.7 Αρχικοποίηση Μεταβλητών

Για να μπορέσει να λειτουργήσει σωστά το αντλιοστάσιο, όταν θα τεθεί σε λειτουργία, ορισμένες μεταβλητές θα πρέπει να έχουν συγκεκριμένες τιμές. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η λειτουργία των αντλιών, του αεροσυμπιεστή καθώς και η θέση της βαλβίδας πίεσης. Επίσης είναι σημαντικό το σύστημα να θυμάται εάν υπήρχε κάποιο σφάλμα, πριν σταματήσει η λειτουργία του.



Εικόνα 3.10. Διάγραμμα Ροής Αρχικοποίησης Μεταβλητών

3.8 Κατάσταση Εκτάκτου Ανάγκης

Κατά την λειτουργία του αντλιοστασίου μπορεί να συμβεί μια πληθώρα προβλημάτων και να είναι αναγκαία η διακοπή της λειτουργίας του. Για αυτό τον λόγο έχει τοποθετηθεί κουμπί εκτάκτου ανάγκης στον κεντρικό πίνακα ελέγχου της εγκατάστασης (εικόνα 1.2). Το κουμπί αυτό είναι normally closed, δηλαδή όταν δεν είναι πατημένο περνάει ρεύμα (Λογικό 1) και όταν είναι πατημένο δεν περνάει ρεύμα (Λογικό 0).

Αναθέτουμε στην έξοδο του κουμπιού την BOOL μεταβλητή Emergency_Button. Υπό κανονικές συνθήκες η μεταβλητή έχει την τιμή TRUE αλλά όταν πατηθεί το κουμπί και η τιμή της γίνει FALSE τότε η μεταβλητή Emergency_Situation παίρνει την τιμή TRUE. Ο προγραμματισμός όλων των συναρτήσεων του συστήματος, όπως εξηγήθηκε παραπάνω λαμβάνουν υπόψιν τους αυτήν την μεταβλητή και όταν ενεργοποιηθούν σταματούν την λειτουργία όλων των στοιχείων του αντλιοστασίου, καθώς το αντλιοστάσιο βρίσκεται πλέον σε κατάσταση εκτάκτου ανάγκης. Όταν η πιθανή βλάβη επιδιορθωθεί τότε το κουμπί εκτάκτου ανάγκης θα πρέπει να επαναφερθεί στην κανονική του θέση και να πατηθεί ένα από το κουμπιά Reset. Το ένα βρίσκεται πάνω στον κεντρικό πίνακα ελέγχου και το δεύτερο στο Touch Panel.

3.9 Ρολόγια Σφαλμάτων

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, στον προγραμματισμό όλων των στοιχείων του αντλιοστασίου έχουν προστεθεί συναρτήσεις που να αναγνωρίζουν εάν το συγκεκριμένο στοιχείο έχει υποστεί βλάβη, έτσι ώστε να ειδοποιεί τους μηχανικούς της εγκατάστασης να το διορθώσουν. Τα στοιχεία αυτά είναι οι αντλίες παροχής, οι βαλβίδες πίεσης και ο αεροσυμπιεστής.

Όταν εντοπιστεί σφάλμα στο στοιχείο, για να αποφύγουμε πιθανά λάθη των αισθητήρων ή την δειγματοληψία μιας out of bounds τιμής, δεν εμφανίζονται κατευθείαν τα ιδιαί μηνύματα στο UI. Όταν εντοπιστεί το κάθε σφάλμα τότε ενεργοποιείται ένα (1) ρολόι, το οποίο περιμένει 5 δευτερόλεπτα. Εάν το σφάλμα δεν αναγνωρίζεται από το σύστημα μέσα σε αυτό το χρονικό περιθώριο τότε σημαίνει ότι δεν ήταν στην πραγματικότητα σφάλμα και για αυτό δεν εμφανίζεται προειδοποιητικό μήνυμα στο UI. Εάν όμως το σφάλμα συνεχίζει να εμφανίζεται στο σύστημα μετά και μετά από τα 5 δευτερόλεπτα τότε ενεργοποιείται η μεταβλητή Fault του εκάστοτε στοιχείου και κατά συνέπεια εμφανίζεται το κατάλληλο μήνυμα στο UI.

Κεφάλαιο 4: Προγραμματισμός HMI

Σε αυτό το κεφάλαιο αναλύεται ο προγραμματισμός του HMI και παραθέτονται εικόνες για την εμφάνιση του στο Touch Panel αλλά και στον ηλεκτρονικό υπολογιστή. Θα εξηγηθούν όλες οι λειτουργίες και τα features του καθώς και ο λόγος που υλοποιήθηκαν με αυτόν τον τρόπο.

Για να είναι κατανοητό και εύχρηστο το UI από τους μηχανικούς των εγκαταστάσεων, έχει χωριστεί σε διάφορες “Οθόνες” οι οποίες εναλλάσσονται μέσω του μενού που βρίσκεται στο κάτω μέρος του HMI. Κάθε στοιχείο του αντλιοστασίου έχει την δική του οθόνη στην οποία υπάρχουν τα απαραίτητα κουμπιά για την ορθή λειτουργία του και όλες οι απαραίτητες πληροφορίες για αυτό. Πέρα από τα στοιχεία του αντλιοστασίου, υπάρχουν και οθόνες που αναδεικνύουν την κατάσταση των αισθητήρων, οθόνη με γραφήματα για κάποιες την τιμές που πρέπει να παρακολουθούνται και οθόνη στην οποία οι μηχανικοί της εγκατάστασης μπορούν να αλλάξουν τις προδιαγραφές με τις οποίες λειτουργούν τα στοιχεία του αντλιοστασίου όταν αυτά βρίσκονται στην automatic λειτουργία τους.

Κάποιες από αυτές τις εργασίες είναι ευαίσθητης φύσεως και ζωτικής σημασίας για το αντλιοστάσιο, για αυτό τον λόγο πρέπει να εξασφαλιστεί ότι μόνο το ιδικά καταρτισμένο προσωπικό μπορεί να τις πραγματοποιήσει. Έχοντας αυτό υπόψιν, για να πραγματοποιηθούν αυτές οι εργασίες έχει ενσωματωθεί στο HMI ιδικό πρόγραμμα το οποίο απαιτεί σύνδεση του χρήστη με τα προσωπικά του αναγνωριστικά στοιχεία. Όλες αυτές οι εργασίες θα πρέπει να παρακολουθούνται και να αποθηκεύονται από το σύστημα, για αυτό έχει υλοποιηθεί ιδική οθόνη η οποία καταγράφει όλες τις ενέργειες που πραγματοποιηθήκαν στο αντλιοστάσιο καθώς και την ώρα που έγιναν αλλά και ποιος χρήστης τις πραγματοποίησε.

Το HMI δεν μπορεί να έχει πρόσβαση στις μεταβλητές του PLC και κατά συνέπεια ούτε να τις επηρεάζει. Για αυτόν το λόγο έχουν δημιουργηθεί μεταβλητές στο λογισμικό του HMI αντίστοιχες με αυτές του PLC, οι οποίες έχουν συνδεθεί μεταξύ τους. Με αυτόν τον τρόπο αλλάζονται την μεταβλητή του HMI θα αλλάζει αυτόματα και η αντίστοιχη μεταβλητή του PLC.

4.1 Οθόνη Αντλιών Παροχής

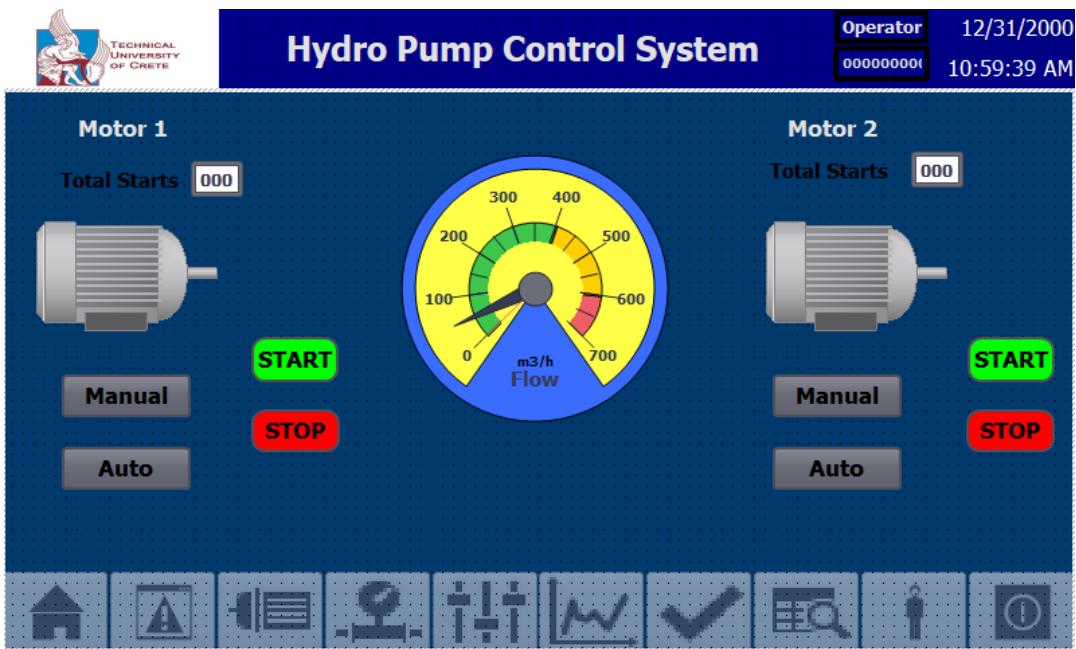
Στην οθόνη των αντλιών φαίνονται όλα τα απαραίτητα στοιχεία για τις αντλίες παροχής. Είναι σημαντικό να αναγνωρίζεται η κατάσταση στην οποία βρίσκονται οι αντλίες, για αυτόν το λόγο έχει χρησιμοποιηθεί χρωματικός κώδικας για την γραφική αναπαράσταση των αντλιών. Κόκκινο χρώμα για όταν υπάρχει σφάλμα στην αντλία ή το σύστημα βρίσκεται σε κατάσταση έκτακτης ανάγκης, γκρι για όταν η αντλία δεν έχει τεθεί σε λειτουργία, πράσινο για όταν η αντλία λειτουργεί στην manual λειτουργία και μπλε για όταν η αντλία λειτουργεί στην automatic λειτουργία (εικόνα 4.1).



Εικόνα 4.1. Χρωματικός Κώδικας

Για να αποφευχθούν απρόκοπες ζημιές στις αντλίες έχουν υλοποιηθεί κάποιες δικλίδες ασφαλείας όσον αφορά τον τρόπο που λειτουργεί το HMI και τις επιλογές που εμφανίζει στον χρήστη. Όταν η αντλία βρίσκεται στην manual λειτουργία της και πατηθεί το κουμπί START για να ξεκινήσει η αντλία την λειτουργία της τότε το κουμπί AUTO γίνεται μη ορατό, έτσι ώστε να μην είναι δυνατόν να αλλάξει η λειτουργία της αντλίας στην automatic ενώ αυτή λειτουργεί. Όταν πατηθεί το κουμπί STOP και σταματήσει η αντλία την λειτουργία της, τότε ξαναγίνεται ορατό το κουμπί Auto. Αντίστοιχα όταν η αντλία βρίσκεται στην automatic λειτουργία, τότε γίνεται μη ορατό το κουμπί Manual.

Πάνω από την εικόνα κάθε αντλίας υπάρχει ένα (1) κουτί στο οποίο αναγράφεται ο αριθμός εκκινήσεων της κάθε αντλίας. Όταν πατηθεί το κουμπί Reset το οποίο βρίσκεται σε άλλη οθόνη τότε ο αριθμός αυτό μηδενίζεται. Επίσης ο αριθμός αυτός μηδενίζεται και όταν το σύστημα απενεργοποιείται αλλά οι τιμές αυτές αποθηκεύονται στην κάρτα SD που είναι ενσωματωμένη στο PLC.



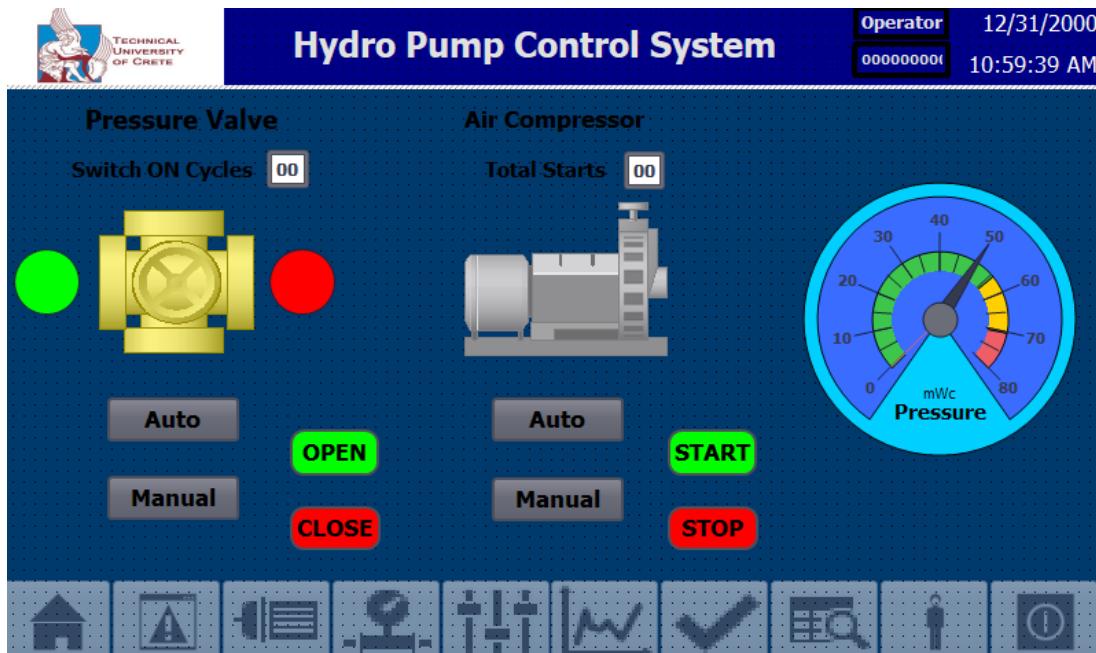
Εικόνα 4.2 Οθόνη Αντλιών

Επειδή όταν οι αντλίες βρίσκονται στην manual λειτουργία τους είναι απαραίτητο ο χρήστης να γνωρίζει την τιμή της απαιτούμενης παροχής (Flow Q) εκείνης της χρονικής στιγμής, σε αυτή την οθόνη έχει προστεθεί ένα (1) ροόμετρο το οποίο αναδεικνύει την τιμή της ροής με real time απόκριση.

4.2 Οθόνη Βαλβίδας και Αεροσυμπιεστή

Στην οθόνη αυτή φαίνονται όλα τα απαραίτητα στοιχεία για την βαλβίδα πίεσης και για τον αεροσυμπιεστή (εικόνα 4.3). Είναι σημαντικό να αναγνωρίζεται η κατάσταση στην οποία βρίσκεται ο αεροσυμπιεστής, για αυτόν το λόγο έχει χρησιμοποιηθεί χρωματικός κώδικας για την γραφική αναπαράσταση του. Κόκκινο χρώμα για όταν υπάρχει σφάλμα στον αεροσυμπιεστή ή το σύστημα βρίσκεται σε κατάσταση έκτακτης ανάγκης, γκρι για όταν δεν έχει τεθεί σε λειτουργία, πράσινο για όταν λειτουργεί στην manual λειτουργία και μπλε για όταν η αντλία λειτουργεί στην automatic λειτουργία. Αντιθέτως η γραφική ένδειξη της βαλβίδας πίεσης είναι διαφορετική. Υπάρχουν δύο (2) διαφορετικά στιγμιότυπα της ίδιας εικόνας τα οποία εναλλάσσονται μεταξύ τους η βαλβίδα

ανοίγει ή κλίνει, έτσι ώστε να δημιουργηθεί η ψευδαίσθηση ότι η βαλβίδα περιστρέφεται. Όταν η βαλβίδα θα βρεθεί στην θέση πλήρους ανοίγματος τότε η βαλβίδα θα βρεθεί στην οριζόντια θέση και θα εμφανιστεί ο πράσινος κύκλος αριστερά της, ενώ όταν θα βρεθεί σε θέση πλήρους κλεισμάτος η βαλβίδα θα παραμείνει στην κάθετη θέση και θα εμφανιστεί ο κόκκινος κύκλος δεξιά της.



Εικόνα 4.3. Οθόνη Βαλβίδας και Αεροσυμπιεστή

Η λειτουργία των κουμπιών Auto και Manual της βαλβίδας και του αεροσυμπιεστή είναι η ίδια με τα αντίστοιχα κουμπιά των αντλιών. Το κουτί πάνω από την εικόνα του αεροσυμπιεστή αναγράφει τον αριθμό των εκκινήσεων που πραγματοποιήθηκαν και το κουτί πάνω από την εικόνα της βαλβίδας τον αριθμό των φορών που η βαλβίδα βρέθηκε σε θέση πλήρους ανοίγματος.

Σε αυτήν την οθόνη έχει προστεθεί και ένα (1) πιεσόμετρο, καθώς είναι απαραίτητο για τον χρήστη να γνωρίζει την τιμή της πίεσης εκείνη την χρονική, για να μπορέσει να χειριστεί την βαλβίδα πίεσης και τον αεροσυμπιεστή αποτελεσματικά.

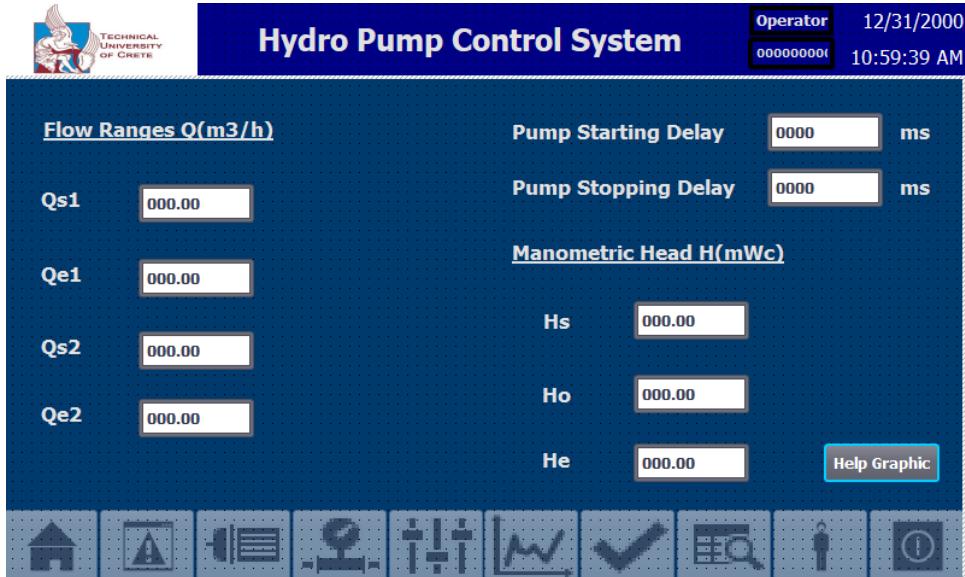
4.3 Οθόνη Αλλαγής Συντελεστών

Σε αυτή την οθόνη δίνεται η δυνατότητα στον χρήστη να αλλάξει κάποιες, σημαντικές για την λειτουργία του αντλιοστασίου, μεταβλητές (εικόνα 4.4). Αυτές οι μεταβλητές Qs1, Qs2, Qe1, Qe2, Hs, Ho, He, Pump Starting Delay και Pump Stopping Delay, όπως εξηγήθηκε και στην παράγραφο 1.2.1. Το κουμπί Help Graphic, όταν πατηθεί, εμφανίζει στην οθόνη την εικόνα 1.3, καθώς είναι απαραίτητη για την ορθή μεταβολή των μεταβλητών αυτών.

Οι μεταβλητές Qs1, Qs2, Qe1, Qe2 είναι τα όρια της ροής, σύμφωνα με τα οποία λειτουργούν οι αντλίες παροχής όταν αυτές βρίσκονται στην automatic λειτουργία τους. Οι preset τιμές τους είναι 176, 344, 250, 364 m³/h αντίστοιχα. Επειδή αυτές οι τιμές είναι σημαντικές για την απρόσκοπτη λειτουργία του αντλιοστασίου, ο επιβλέπον μηχανικός πρέπει να είναι αυτός ο οποίος θα είναι εξουσιοδοτημένος για την αλλαγή τους. Για αυτόν τον λόγο για να μπορέσουν να μεταβληθούν οι τιμές αυτές ο χρήστης θα πρέπει να συνδεθεί στον προσωπικό του λογαριασμό. Και αφού αναγνωριστεί από το σύστημα ότι ο χρήστης είναι εξουσιοδοτημένος για αυτή την ενέργεια, τότε του επιτρέπεται να πραγματοποιήσει τις αλλαγές που κρίνει πως είναι απαραίτητες.

Οι μεταβλητές Hs, Ho, He είναι τα όρια της πίεσης, σύμφωνα με τα οποία λειτουργούν οι αντλίες παροχής και η βαλβίδα πίεσης όταν αυτά βρίσκονται στην automatic λειτουργία τους. Οι preset τιμές τους είναι 55, 50, 35 mmWc αντίστοιχα. Επειδή αυτές οι τιμές είναι σημαντικές για την απρόσκοπτη λειτουργία του αντλιοστασίου, ο επιβλέπον μηχανικός πρέπει να είναι αυτός ο οποίος θα είναι εξουσιοδοτημένος για την αλλαγή τους. Για αυτόν τον λόγο για να μπορέσουν να μεταβληθούν οι τιμές αυτές ο χρήστης θα πρέπει να συνδεθεί στον προσωπικό του λογαριασμό. Και αφού αναγνωριστεί από το σύστημα ότι ο χρήστης είναι εξουσιοδοτημένος για αυτή την ενέργεια, τότε του επιτρέπεται να πραγματοποιήσει τις αλλαγές που κρίνει πως είναι απαραίτητες.

Οι μεταβλητές Pump Starting Delay και Pump Stopping Delay είναι συνδεδεμένες με τις μεταβλητές Cooldown_Starting και Cooldown_Stopping αντίστοιχα, όπως εξηγείθηκε στην παράγραφο 2.1.2. Η μεταβλητή Pump Starting Delay αντιπροσωπεύει τον ελάχιστο χρόνο που απαιτείται από την αντλία να παραμείνει σε λειτουργία από την στιγμή που θα τεθεί σε λειτουργία. Αντίθετα η μεταβλητή Pump Stopping Delay αντιπροσωπεύει τον ελάχιστο χρόνο που απαιτείται από την αντλία να παραμείνει ανενεργή από την στιγμή που διακοπεί η λειτουργία της.



Εικόνα 4.4. Οθόνη Αλλαγής Συντελεστών

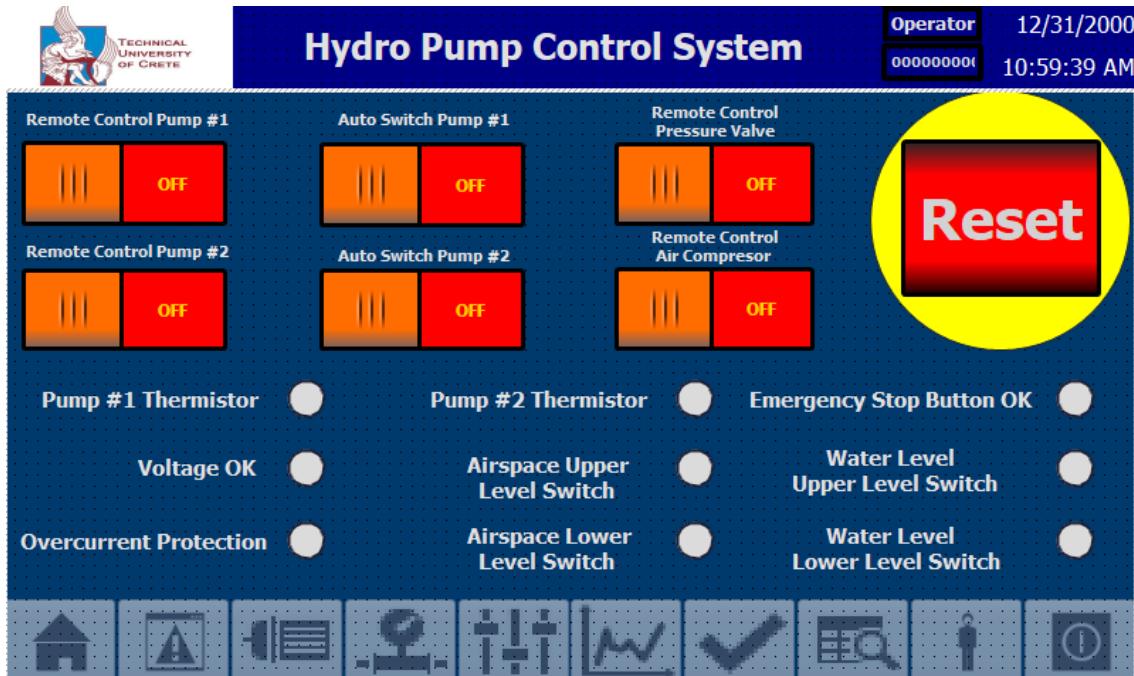
4.4 Οθόνη Ελέγχου

Σε αυτήν την οθόνη δίνεται στον χρήστη η δυνατότητα να ελέγχει την κατάσταση κάποιον, σημαντικών για το σύστημα, αισθητήρων αλλά και να ενεργοποιήσει ή να απενεργοποιήσει κάποιες λειτουργίες των στοιχείων του αντλιοστασίου.

Οι αισθητήρες ή στοιχεία που μπορούν να ελεγχθούν σε αυτήν την οθόνη είναι τα θερμίστορ και των δύο (2) αντλιών, η ετοιμότητα του κουμπιού έκτακτης ανάγκης, η προστασία από υπερβολική ένταση ρεύματος, οι διακόπτες στο δοχείο συμπίεσης του αεροσυμπιεστή και οι δύο (2) αισθητήρες νερού στην δεξαμενή νερού. Δίπλα από τα ονόματα τους υπάρχει ένας (1) κύκλος, έκαστος, όπου όταν το στοιχείο είναι ενεργοποιημένο ο κύκλος γίνεται πράσινος, ενώ όταν είναι απενεργοποιημένο γίνεται κόκκινος.

Επίσης, σε αυτήν την οθόνη ο χρήστης μπορεί να επιτρέψει τον έλεγχο των δύο (2) αντλιών παροχής, του αεροσυμπιεστή και της βαλβίδας πίεσης, μέσω του UI. Ουσιαστικά οι μεταβλητές pump_remote_control, air_comp_remote_control και valve_remote_control παίρνουν την τιμή 1. Για να πραγματοποιηθεί αυτή η αλλαγή ο χρήστης πρέπει ο χρήστης να συνδεθεί στον προσωπικό του λογαριασμό.

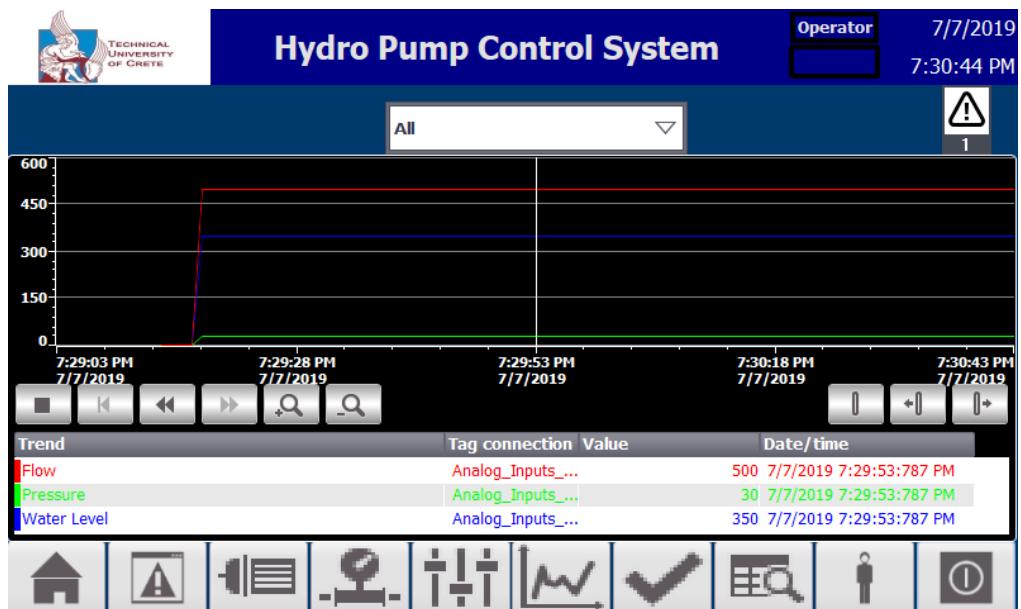
Τέλος σε αυτήν την οθόνη, βρίσκεται και το κουμπί Reset το οποίο μηδενίζει τα σφάλματα των στοιχείων, αφού αυτά διορθωθούν.



Εικόνα 4.5. Οθόνη Ελέγχου

4.5 Οθόνη Γραφημάτων

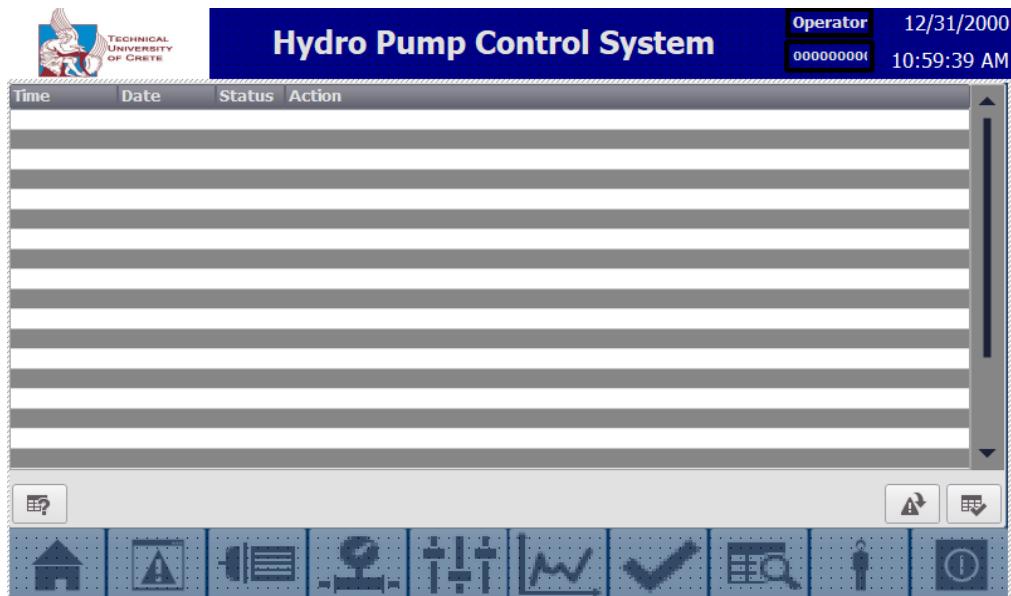
Σε αυτήν την οθόνη φαίνονται οι αναλογικές τιμές της πίεσης, παροχής και στάθμης νερού. Ο χρήστης έχει την δυνατότητα να εμφανίσει είτε όλες τις τιμές σε ένα γράφημα είτε και την καθεμία ξεχωριστά. Επίσης έχει την δυνατότητα να ανατρέξει και σε προηγούμενες τιμές.



Εικόνα 4.6. Οθόνη Γραφημάτων

4.6 Οθόνη Ενεργειών

Σε αυτήν την οθόνη αναγράφονται όλες οι ενέργειες οι οποίες πραγματοποιήθηκαν στο αντλιοστάσιο, καθώς και την ώρα αλλά και ο χρήστης που την πραγματοποίησε. Ο πίνακας αυτός αποθηκεύεται στην κάρτα SD του PLC για μελλοντική χρήση.



Εικόνα 4.7. Οθόνη Ενεργειών

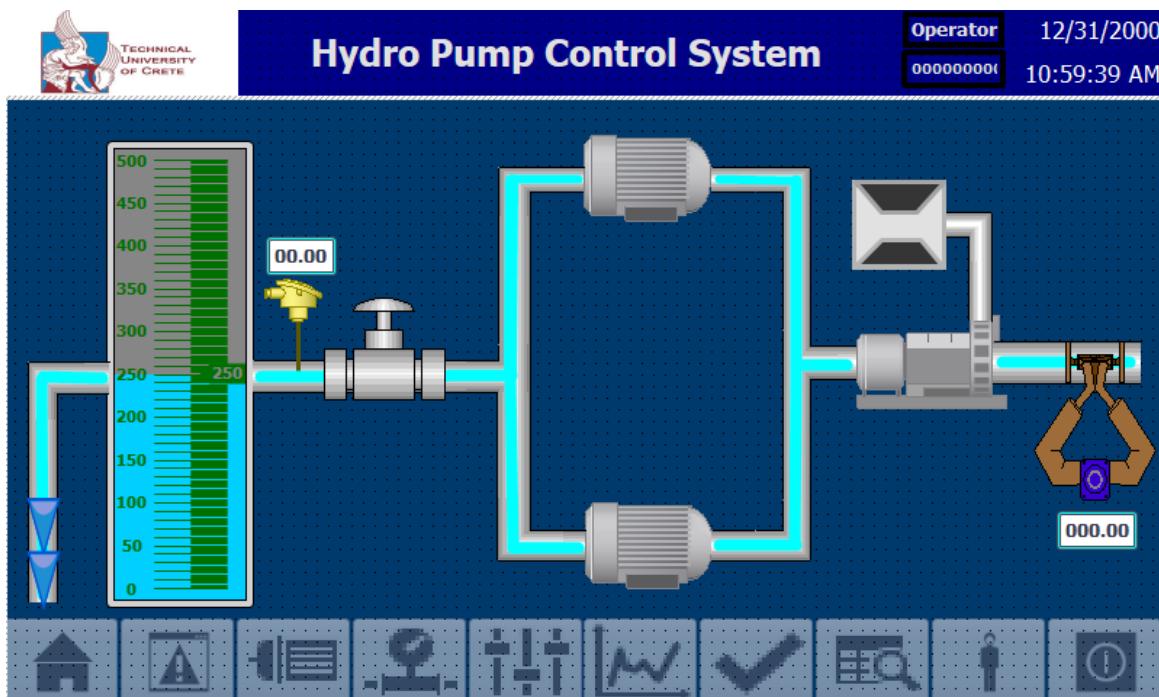
4.7 Αρχική Οθόνη (Οθόνη SCADA)

Σε αυτήν την οθόνη ο χρήστης βλέπει ένα διάγραμμα το οποίο αναπαριστά το ίδιο το αντλιοστάσιο, έτσι ώστε να μπορεί να παρακολουθεί την λειτουργία του αντλιοστασίου, καθώς και σε τι κατάσταση βρίσκονται τα βασικά στοιχεία του αντλιοστασίου με απόκριση πραγματικού χρόνου.

Όπως εξηγήθηκε και σε προηγούμενες παραγράφους η κατάσταση των αντλιών, της βαλβίδας πίεσης και του αεροσυμπιεστή αναπαριστάται με χρωματικό κώδικα. Επίσης αναδεικνύεται και η δεξαμενή νερού καθώς και η ποσότητα νερού που εμπεριέχει εκείνη την χρονική στιγμή. Το διάγραμμα συνοδεύεται από ένα (1) πιεσόμετρο και ένα (1) ρούμετρο έτσι ώστε ο χρήστης να γνωρίζει τις τιμές της πίεσης και της ροής νερού ανά πάσα χρονική στιγμή.

Οι μπλε γραμμές που βρίσκονται μέσα στους ασημί σωλήνες του διαγράμματος, αναπαριστούν την ροή του νερού μέσα στο αντλιοστάσιο. Επειδή οι σωλήνες του αντλιοστασίου δεν εμπεριέχουν κάποιον αισθητήρα για να ανιχνεύει εάν περνάει από μέσα τους νερό, η αναπαράσταση του νερού γίνεται όταν η συγκεκριμένη αντλία παροχής λειτουργεί και τραβάει νερό από την δεξαμενή, ενώ η βαλβίδα παροχής είναι ανοιχτή. Αντίστοιχα και ο σωλήνας αριστερά της δεξαμενής θα γίνει μπλε όταν θα ξεκινήσει η διαδικασία τροφοδοσίας της δεξαμενής, με νερό, από την γεώτρηση.

Το τετράγωνο σχήμα πάνω από τον αεροσυμπιεστή αναπαριστά το κουτί συμπίεσης. Όταν οι διακόπτες πίεσης που βρίσκονται μέσα του ενεργοποιηθούν, τότε το εσωτερικό του τετραγώνου θα γίνει γκρι, αναπαριστώντας ότι το δοχείο συμπίεσης είναι γεμάτο. Τέλος όταν πατηθεί το μπλε βέλος που βρίσκεται αριστερά της δεξαμενής τότε το UI μεταβαίνει στην Οθόνη Γεώτρησης.



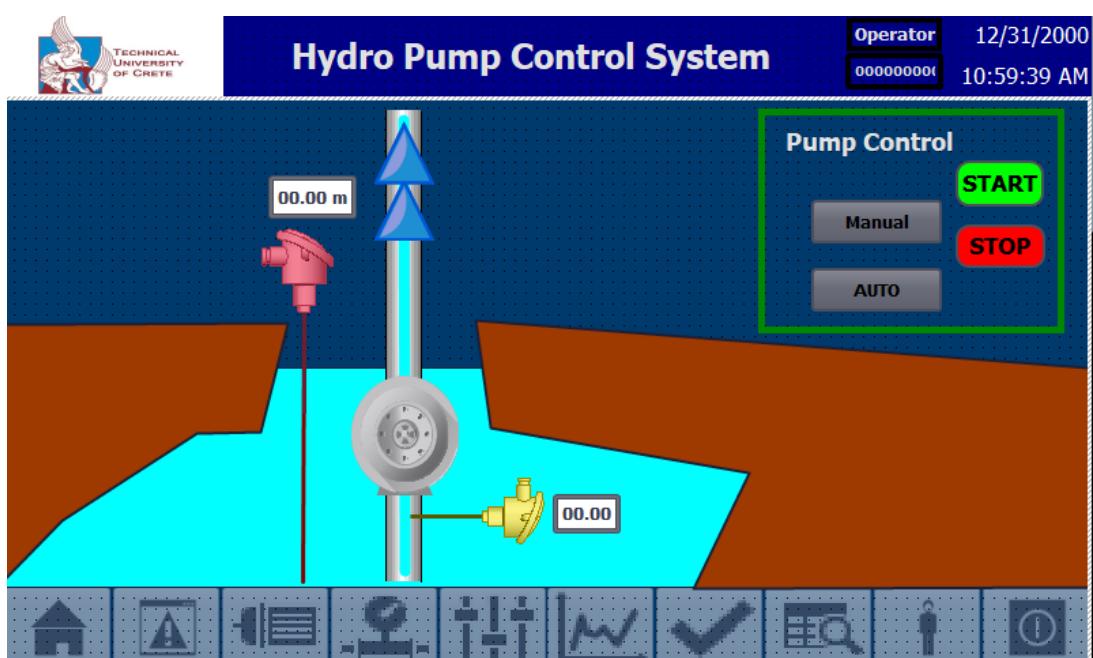
Εικόνα 4.8. Οθόνη SCADA

4.8 Οθόνη Γεώτρησης

Σε αυτήν την οθόνη αναπαριστάνεται η γεώτρηση της εγκατάστασης. Το έδαφος αναπαριστάνεται με καφέ χρώμα ενώ το νερό με μπλε. Το διάγραμμα συνοδεύεται από ένα (1) πιεσόμετρο που δείχνει την πίεση του νερού μέσα στην γεώτρηση, αλλά και από ένα (1) βυθόμετρο που δείχνει το βάθος της γεώτρησης.

Η αντλία παροχής που βρίσκεται μέσα στην γεώτρηση είναι βυθιζόμενου τύπου και για αυτό αναπαριστάνεται με διαφορετικό σχήμα από τις άλλες δύο (2), όμως ο χρωματικός κώδικας που αναπαριστά την λειτουργία τους είναι ο ίδιος (εικόνα 4.1). Η αρχή λειτουργίας της αλλά και ο χειρισμός της είναι ίδιος με τις προηγούμενες όπως αναφέρθηκε στην παράγραφο 4.1. Ο έλεγχος της γίνεται από το κουτί Pump Control.

Όταν ξεκινήσει η διαδικασία τροφοδοσίας της δεξαμενής, με νερό, από την γεώτρηση τότε εμφανίζεται η μπλε γραμμή στον σωλήνα της γεώτρησης, αναπαριστώντας το νερό που περνάει από μέσα του. Τέλος όταν πατηθεί το μπλε βέλος στο πάνω μέρος της οθόνης το UI θα μεταβεί στην Αρχική Οθόνη.



Εικόνα 4.9. Οθόνη Γεώτρησης

4.9 Συναγερμοί (Σφάλματα και Προειδοποιήσεις)

Σε αυτήν την παράγραφο θα αναφερθούν ονομαστικά όλα τα σφάλματα που λαμβάνει υπόψιν του, το σύστημα αυτοματισμού, καθώς και τα σήματα που τα ενεργοποιούν. Όλοι οι συναγερμοί του συστήματος ανάγονται σε δύο (2) κατηγορίες, στα σφάλματα και στις προειδοποιήσεις.

4.9.1 Σφάλματα

- Έκτακτη ανάγκη αντλιοστασίου (Σήμα Emergency Situation)
- Σφάλμα Αντλίας 1 (Σήμα Pump Fault 1)
- Σφάλμα Αντλίας 2 (Σήμα Pump Fault 2)
- Σφάλμα Αντλίας 3 (Αντλία Γεώτρησης) (Σήμα Pump Fault 2)
- Σφάλμα Προστασίας από υπερβολική ένταση ρεύματος (Σήμα Overcurrent Protection)
- Σφάλμα Θερμίστορ Αντλίας 1 (Σήμα Thermistor OK)
- Σφάλμα Θερμίστορ Αντλίας 2 (Σήμα Thermistor OK)
- Σφάλμα Θερμίστορ Αντλίας 3 (Αντλία Γεώτρησης) (Σήμα Thermistor OK)
- Επικίνδυνη Τάση Συστήματος (Σήμα Voltage Not OK)
- Σφάλμα Βαλβίδας Πίεσης (Σήμα Valve Fault)
- Σφάλμα Βαλβίδας κατά την διαδικασία ανοίγματος (Σήμα Valve Fault on Opening)
- Σφάλμα Βαλβίδας κατά την διαδικασία κλεισμάτος (Σήμα Valve Fault on Closing)
- Σφάλμα Κουμπιού Έκτακτης Ανάγκης (Σήμα Emergency Stop Button OK)
- Σφάλμα Αεροσυμπιεστή (Air Compressor Fault)
- Ο Αεροσυμπιεστής δεν ανταποκρίνεται (Σήμα Air Compressor not responding)
- Άνοιγμα Αντλίας Παροχής ενώ η βαλβίδα πίεσης είναι κλειστή

4.9.2 Προειδοποιήσεις

- Η Δεξαμενή θα υπερχειλίσει από νερό (Σήμα Water Level Upper Level Switch)
- Η δεξαμενή θα ξεμείνει από νερό (Σήμα Water Level Lower Level Switch)
- Η Αυτόματη λειτουργία δεν είναι διαθέσιμη για την αντλία 1 (Σήμα Auto Switch ON P1)
- Η Αυτόματη λειτουργία δεν είναι διαθέσιμη για την αντλία 2 (Σήμα Auto Switch ON P2)
- Η Αυτόματη λειτουργία δεν είναι διαθέσιμη για την αντλία 3 (Σήμα Auto Switch ON P3)
- Η Αντλία 1 δεν μπορεί να χειριστεί μέσω του HMI (Σήμα Remote Control P1)
- Η Αντλία 2 δεν μπορεί να χειριστεί μέσω του HMI (Σήμα Remote Control P2)
- Η Αντλία 3 δεν μπορεί να χειριστεί μέσω του HMI (Σήμα Remote Control P3)
- Η Βαλβίδα Πίεσης δεν είναι έτοιμη για χρήση (Σήμα Valve Ready for use)
- Η Αυτόματη λειτουργία δεν είναι διαθέσιμη για την Βαλβίδα (Σήμα Valve Auto Switch ON)
- Η Βαλβίδα δεν μπορεί να χειριστεί μέσω του HMI (Σήμα Valve Remote Control)
- Το δοχείο συμπίεσης είναι άδειο (Σήμα Airspace Level Upper Switch, Σήμα Airspace Level Lower Switch)
- Το δοχείο συμπίεσης είναι γεμάτο (Σήμα Airspace Level Upper Switch, Σήμα Airspace Level Lower Switch)
- Η Αυτόματη λειτουργία δεν είναι διαθέσιμη για τον αεροσυμπιεστή (Σήμα Air_Comp Auto Switch ON)
- Ο Αεροσυμπιεστής δεν μπορεί να χειριστεί μέσω του HMI (Σήμα Air_Comp Remote Control)
- Η διαδικασία τροφοδοσίας της δεξαμενής έχει ξεκινήσει (Σήμα Tank Filling)

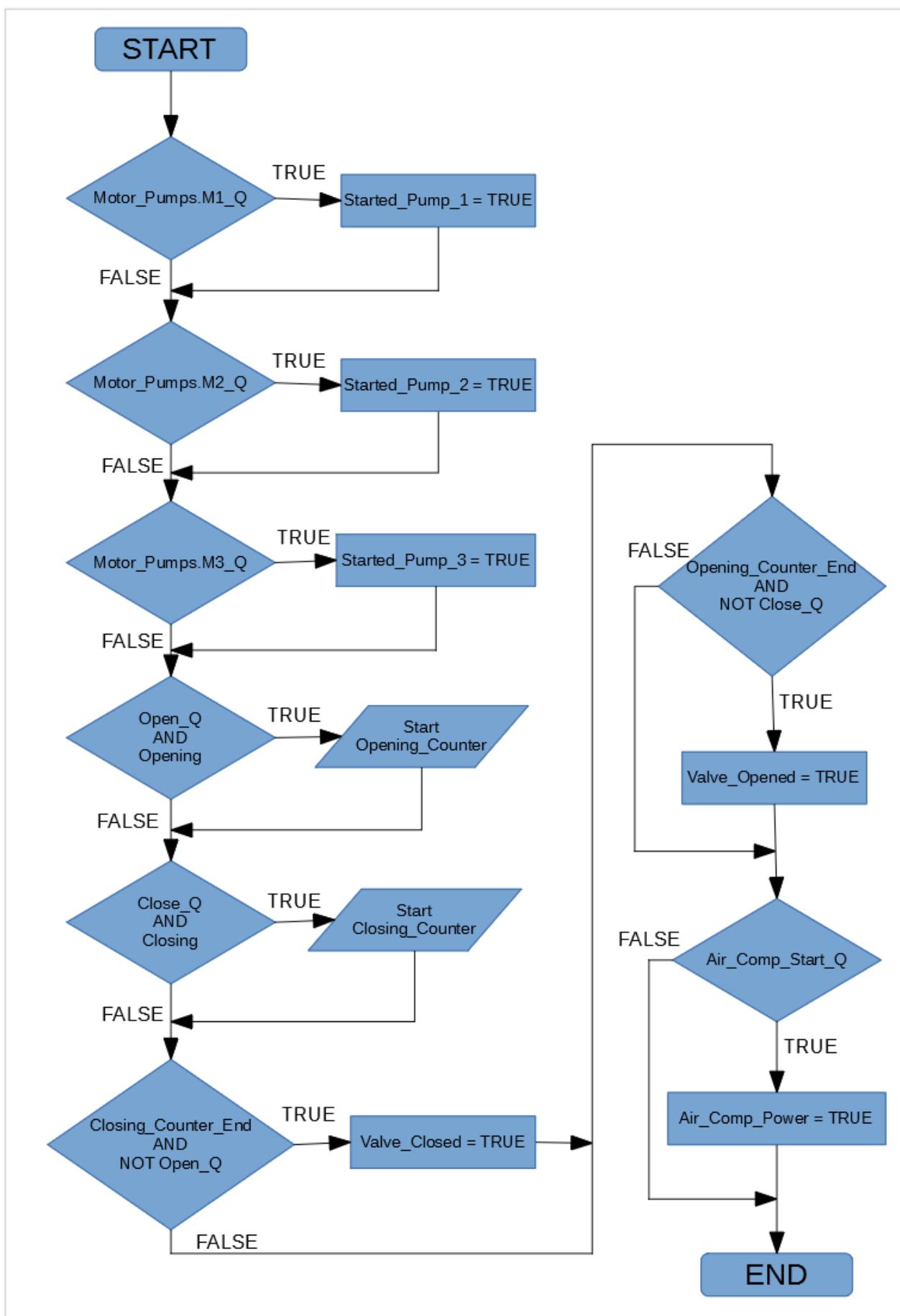
Κεφάλαιο 5: Προσομοίωση Συστήματος

Για την σωστή υλοποίηση του συστήματος αλλά και για τις ανάγκες αυτής της διπλωματικής, είναι αναγκαίο να δημιουργηθεί μια προσομοίωση του συστήματος αυτοματισμού. Αυτό είναι απαραίτητο για να μπορέσει να εξακριβωθεί εάν το σύστημα συμπεριφέρεται όπως πρέπει αλλά και να μπορέσει να γίνει παρουσίαση του συστήματος, όπως απαιτείται από όλες τις διπλωματικές εργασίας.

5.1 Συνθήκες Προσομοίωσης

Όπως αναφέρθηκε και στα κεφάλαια 1 και 3, το σύστημα αυτοματισμού στέλνει σήματα στα στοιχεία, έτσι ώστε να ελέγχει την λειτουργία τους, αλλά ορισμένα από αυτά στέλνουν σήματα πίσω στο σύστημα για να επαληθεύσουν την λειτουργία τους. Για να μπορέσει να γίνει προσομοίωση του συστήματος είναι απαραίτητο να προσομοιωθούν και αυτά τα σήματα καθώς χωρίς αυτά δεν είναι δυνατό να λειτουργήσει το σύστημα.

Αυτά τα σήματα είναι, τα Started_Pumps_1, Started_Pumps_2 και Started_Pumps_3 που δείχνουν εάν οι οι αντλίες έχουν ξεκινήσει την λειτουργία τους. Τα σήματα Opening, Open, Closing και Closed της βαλβίδας πίεσης. Για τα σήματα Opening και Closing, έχουν δημιουργηθεί Counters έτσι ώστε να προσομοιώνονται οι διαδικασίες ανοίγματος και κλεισίματος. Όταν οι Counters ολοκληρώσουν το μέτρημα τους τότε ενεργοποιούνται και τα σήματα Open και Closed αντίστοιχα. Τέλος είναι το σήμα Air_Comp_Power το οποίο δείχνει ότι ο αεροσυμπιεστής λειτουργεί.



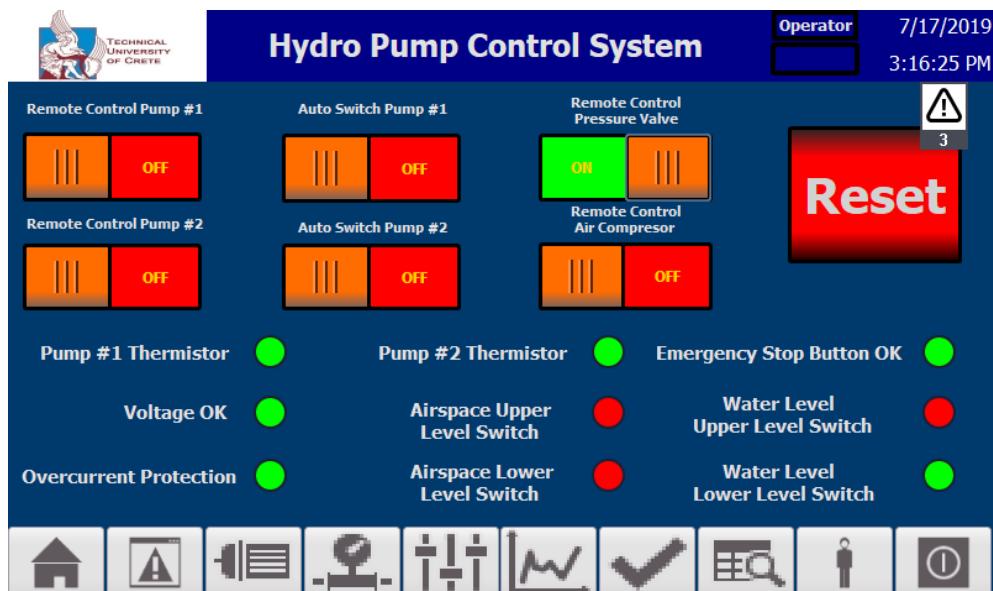
Εικόνα 5.1. Διάγραμμα Ροής Κυκλώματος Προσομοίωσης

5.2 Προσομοίωση HMI

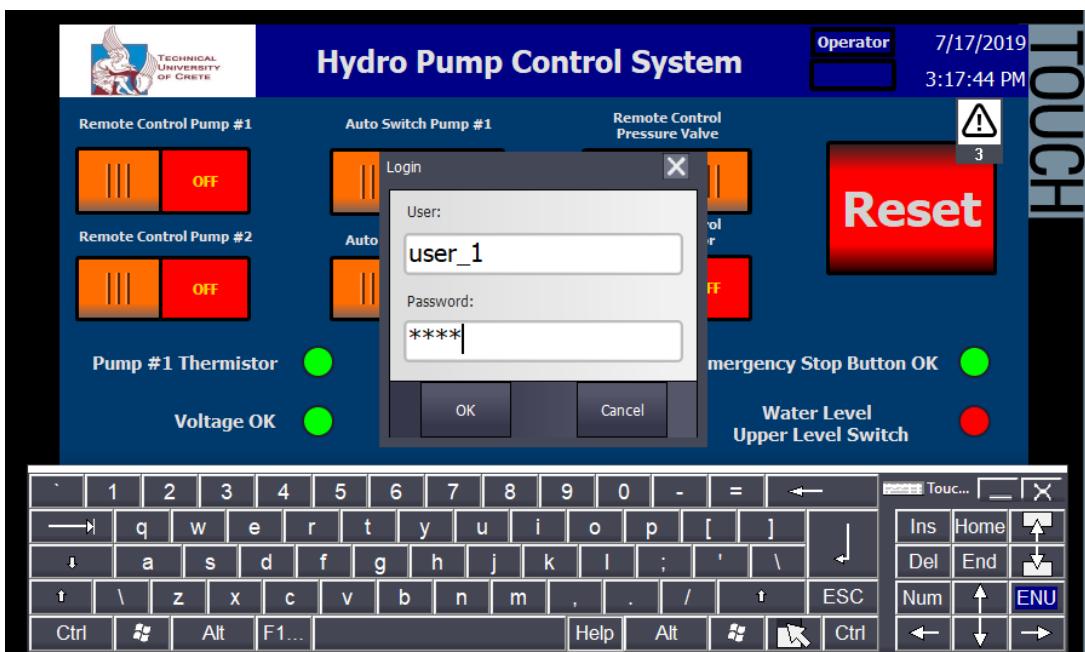
Ακολουθούν εικόνες με την προσομοίωση του συστήματος υπό συνθήκες λειτουργίας.

5.2.1 Σύνδεση Χρήστη

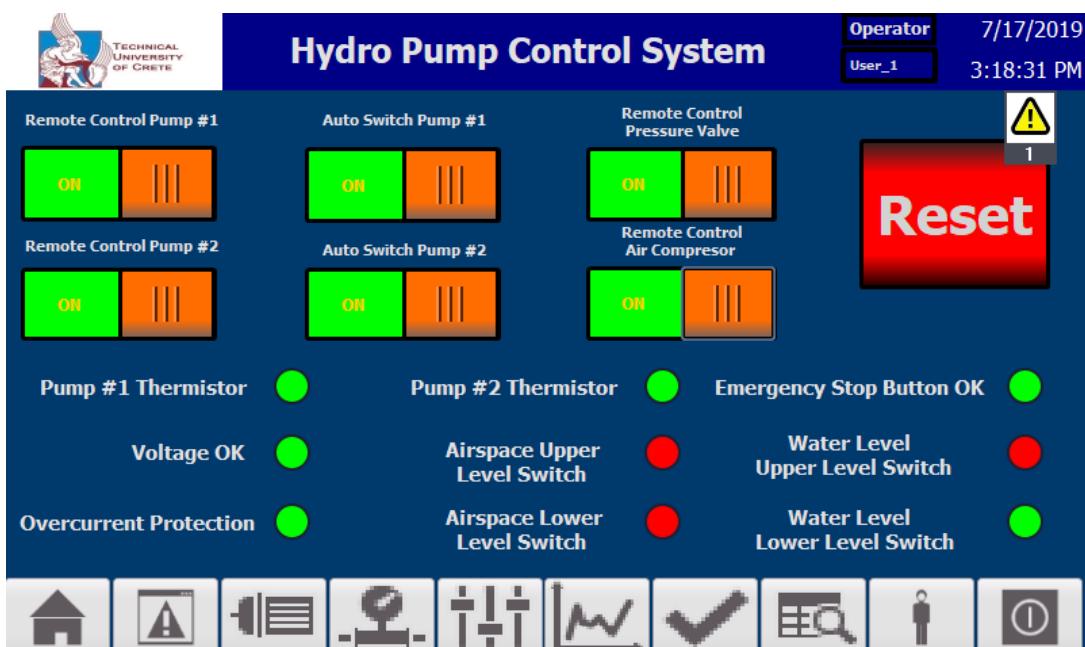
Όταν ξεκινήσει το σύστημα για πρώτη φορά, όλα τα στοιχεία του αντλιοστασίου είναι απενεργοποιημένα. Για να μπορέσει ο χρήστης να χειριστεί τα στοιχεία του αντλιοστασίου, θα πρέπει να ενεργοποιήσει την λειτουργία τηλεχειρισμού τους (Remote Control). Για να μπορέσει να το κάνει αυτό, ο χρήστης, πρέπει να μεταβεί στην Οθόνη Ελέγχου, η οποία θα φαίνεται όπως στην εικόνα 5.2. Οι διακόπτες τηλεχειρισμού είναι απενεργοποιημένοι και για αυτό είναι με κόκκινο χρώμα. Για να ενεργοποιηθούν οι διακόπτες, ο χρήστης θα πρέπει να τους “σύρει” προς τα δεξιά. Όμως, επειδή η ενέργεια αυτή προαπαιτεί εξουσιοδότηση, όταν θα το επιχειρήσει αυτό θα ζητηθεί από τον χρήστη να συνδεθεί με τον προσωπικό του λογαριασμό (εικόνα 5.3), έτσι ώστε να εξακριβώσει εάν ο χρήστης έχει την εξουσιοδότηση για αυτήν την ενέργεια. Αφού ο χρήστης συνδεθεί με τον προσωπικό του λογαριασμό, μπορεί να ενεργοποιήσει τους διακόπτες τηλεχειρισμού και η Οθόνη Ελέγχου θα φαίνεται όπως στην εικόνα 5.4.



Εικόνα 5.2. Η Οθόνη Ελέγχου Στην Αρχική Της Κατάσταση



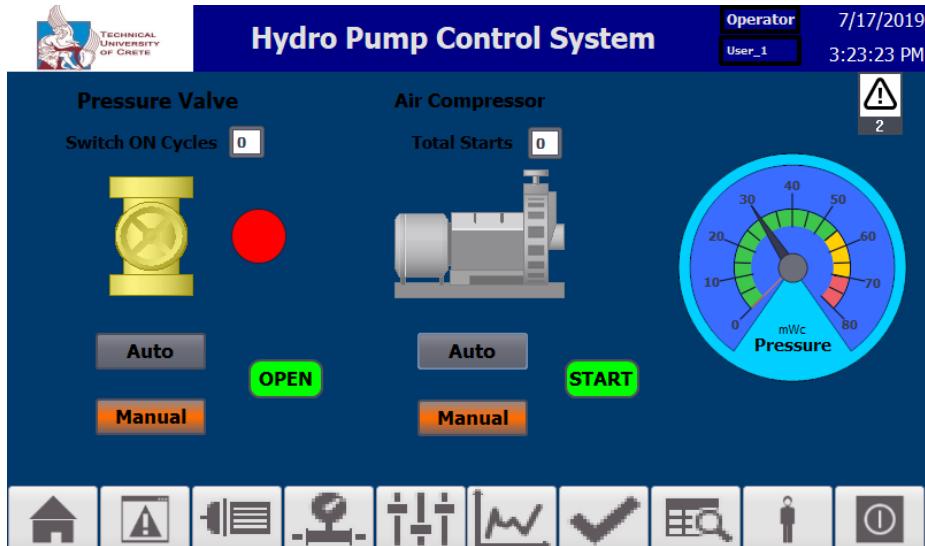
Εικόνα 5.3. Σύνδεση Χρήστη



Εικόνα 5.4. Η Οθόνη Ελέγχου Με Όλους Τους Διακόπτες Ανοιγμένους

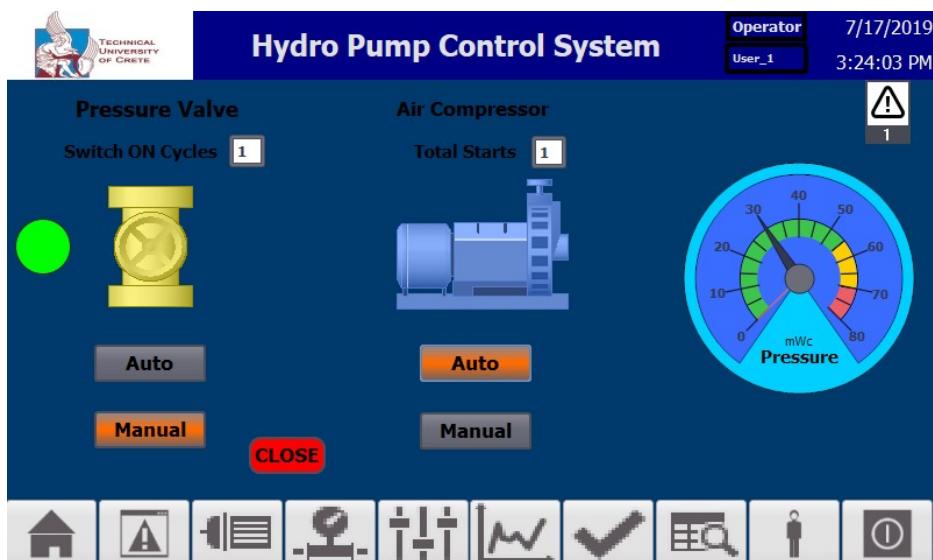
5.2.2 Ενεργοποίηση Βαλβίδας Πίεσης

Αφού ο τηλεχειρισμός όλων των στοιχείων του αντλιοστασίου έχει ενεργοποιηθεί, για να μπορέσει να λειτουργήσει φυσιολογικά το αντλιοστάσιο πρέπει να ανοιχτεί η βαλβίδα πίεσης. Για να γίνει αυτό, ο χρήστης πρέπει να μεταβεί στην Οθόνη Βαλβίδας και Αεροσυμπιεστή, η οποία θα φαίνεται όπως στην εικόνα 5.5.



Εικόνα 5.5. Η Οθόνη Βαλβίδας και Αεροσυμπιεστή με την Βαλβίδα κλειστή

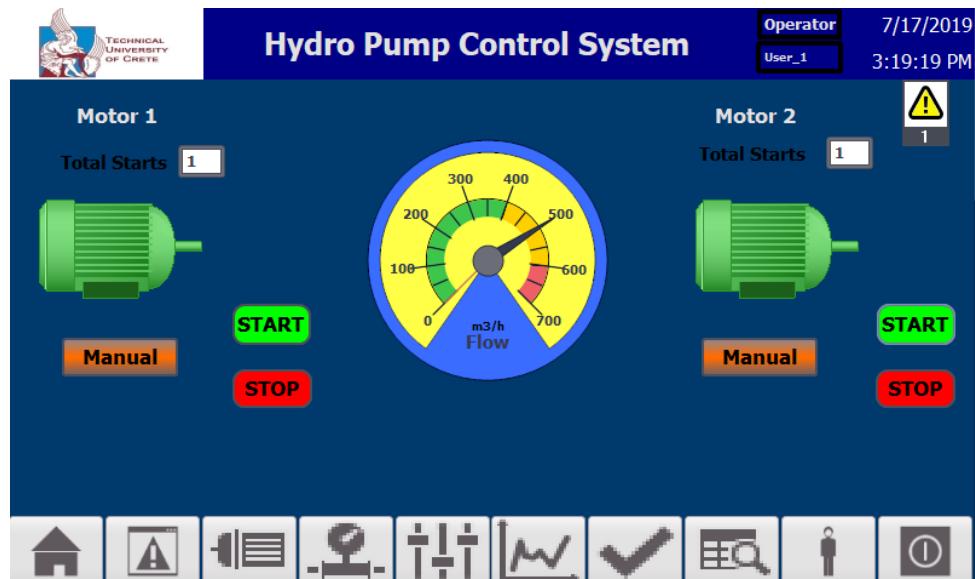
Για τις ανάγκες τις προσομοίωσης ενεργοποιούμε και τον αεροσυμπιεστή. Αφού ενεργοποιηθούν και τα δύο (2) στοιχεία αυτής της οθόνης, τότε η Οθόνη Βαλβίδας και Αεροσυμπιεστή θα είναι όπως στην εικόνα 5.6



Εικόνα 5.6. Η Οθόνη Βαλβίδας και Αεροσυμπιεστή με την Βαλβίδα ανοικτή

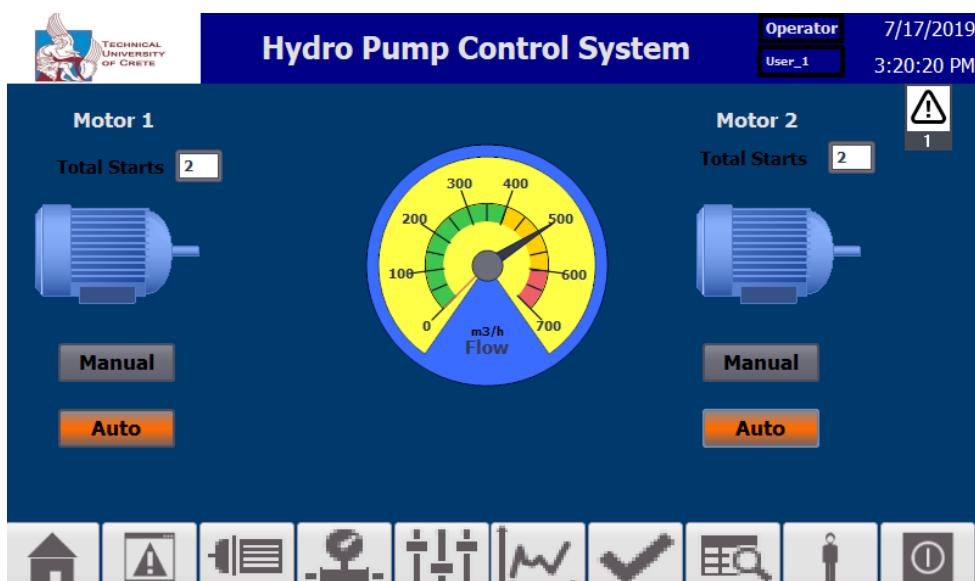
5.2.3 Χειρισμός Αντλιών Παροχής

Αφού ανοιχτεί η βαλβίδα πίεσης, ο χρήστης μπορεί να χειριστεί τις αντλίες παροχής όπως ο ίδιος επιθυμεί. Πατώντας το κουμπί Manual, ενεργοποιείται η manual λειτουργία της αντλίας και πατώντας τα κουμπιά START και STOP, η αντλία ξεκινάει και σταματάει αντίστοιχα. Πατώντας το κουμπί START τότε η αντλία γίνεται πράσινη (εικόνα 5.7).



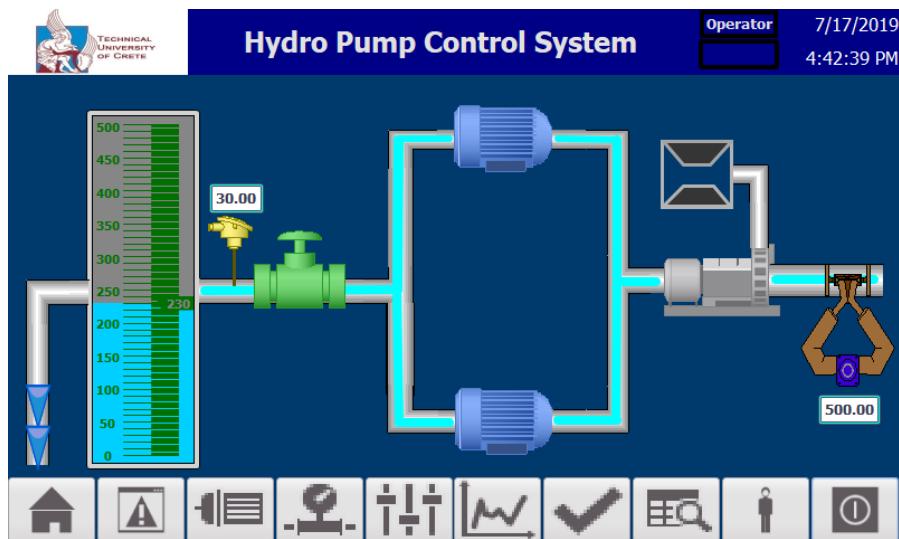
Εικόνα 5.7. Η Οθόνη Αντλιών με τις Αντλίες να λειτουργούν στην χειροκίνητη λειτουργία

Όταν πατηθεί το κουμπί Auto, τότε ενεργοποιείται η automatic λειτουργία της αντλίας και η αντλία γίνεται μπλε (εικόνα 5.8). Παρατηρούμε ότι ο μετρητής που βρίσκεται πάνω από τις αντλίες αυξάνεται κάθε φορά που ενεργοποιείται η κάθε αντλία.

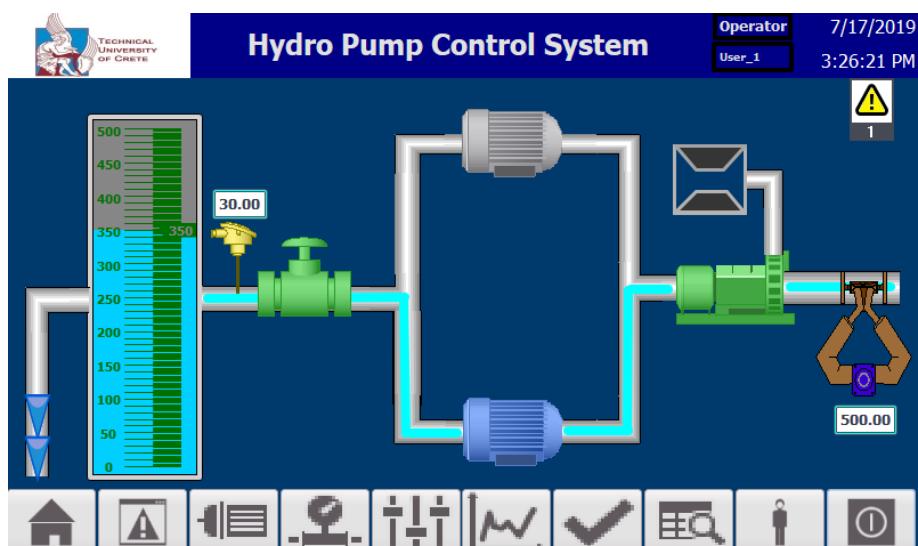


Εικόνα 5.8. Η Οθόνη Αντλιών με τις Αντλίες να λειτουργούν στην αυτόματη λειτουργία

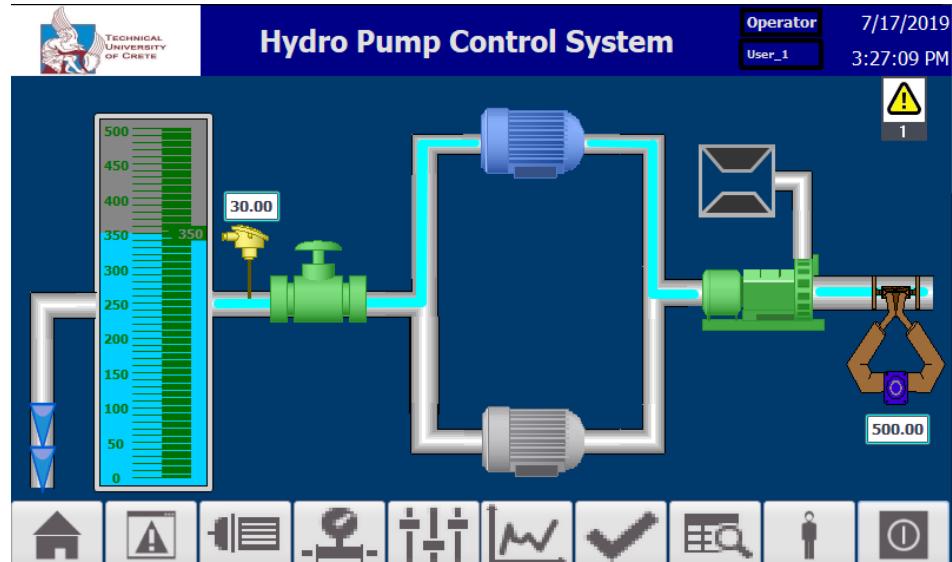
Όταν και οι δύο (2) αντλίες παροχής βρίσκονται στην automatic λειτουργία τους, ενώ οι ανάγκες παροχής του συστήματος, απαιτούν και τις δύο (2) αντλίες παροχής να είναι είναι ενεργοποιημένες, τότε η Αρχική Οθόνη θα φαίνεται όπως στην εικόνα 5.9. Αντίστοιχα, όταν οι αντλίες θα βρίσκονται στην automatic λειτουργία και οι ανάγκες της κυκλικής εναλλαγής θα κλείσουν μια αντλία, τότε η Αρχική Οθόνη θα φαίνεται όπως στις εικόνες 5.10 και 5.11, ανάλογα με ποια αντλία πρέπει να παραμείνει κλειστή.



Εικόνα 5.9. Η Οθόνη SCADA και με τις δύο αντλίες να λειτουργούν



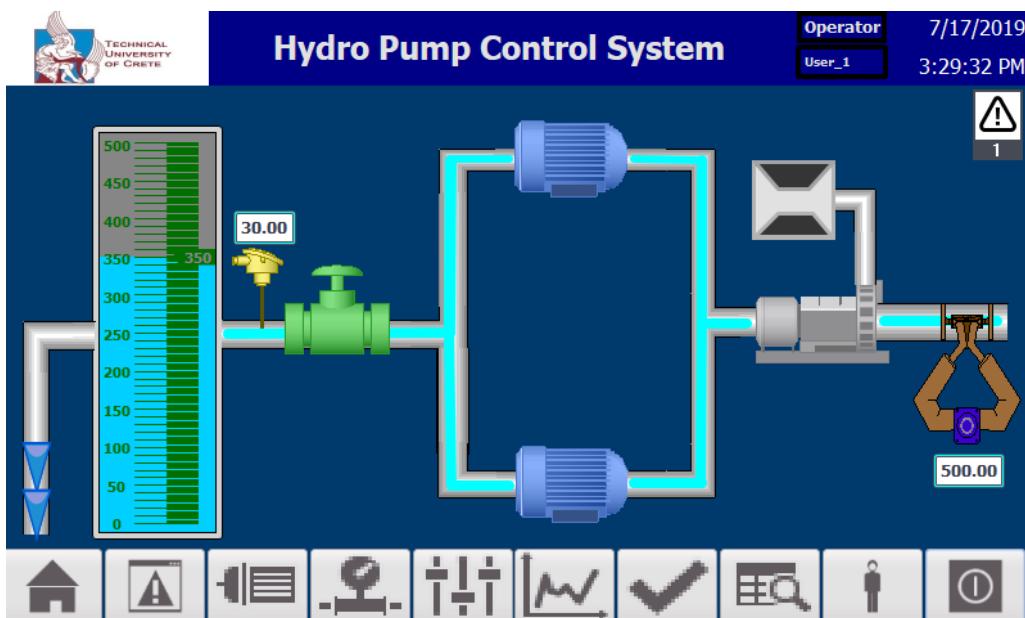
Εικόνα 5.10. Η Οθόνη SCADA με την μία αντλία να λειτουργεί



Εικόνα 5.11. Η Οθόνη SCADA με την μία αντλία να λειτουργεί

5.2.4 Δοχείο Συμπίεσης

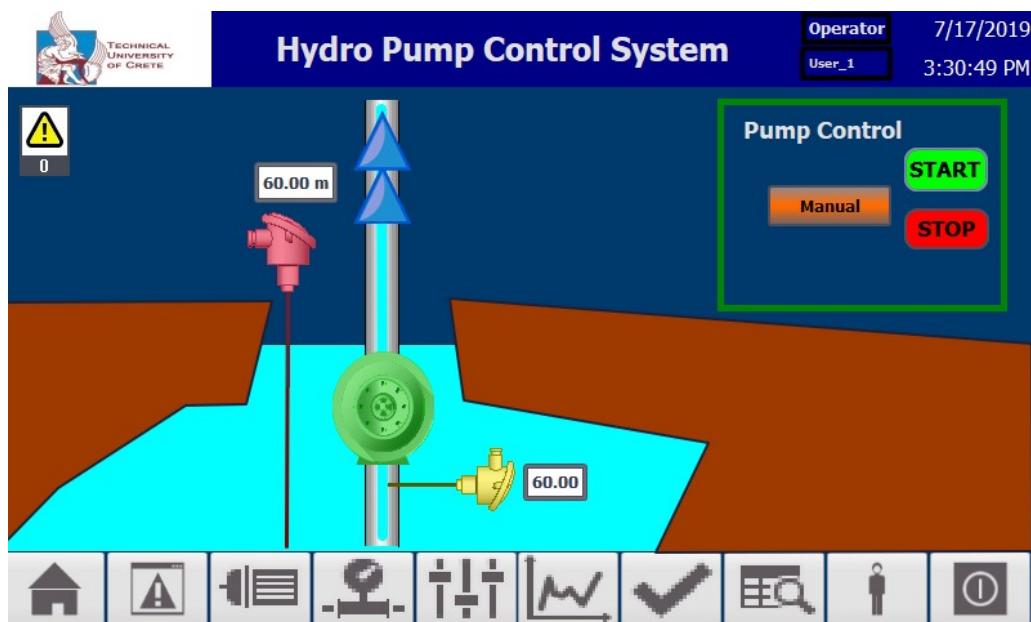
Όπως εξηγήθηκε και στην παράγραφο 1.2.4, ο αεροσυμπιεστής κατά την λειτουργία του, τροφοδοτεί με αέρα το δοχείο συμπίεσης, στο οποίο κρατείται ο αέρας μέχρι να πέσει η πίεση του συστήματος και να τον ελευθερώσει, προκαλώντας έτσι την αύξηση της πίεσης του συστήματος. Όταν το δοχείο συμπίεσης γεμίσει αέρα και οι διακόπτες που βρίσκονται μέσα στο δοχείο συμπίεσης, ενεργοποιηθούν τότε το δοχείο στην Αρχική Οθόνη θα γίνει γκρι (εικόνα 5.12).



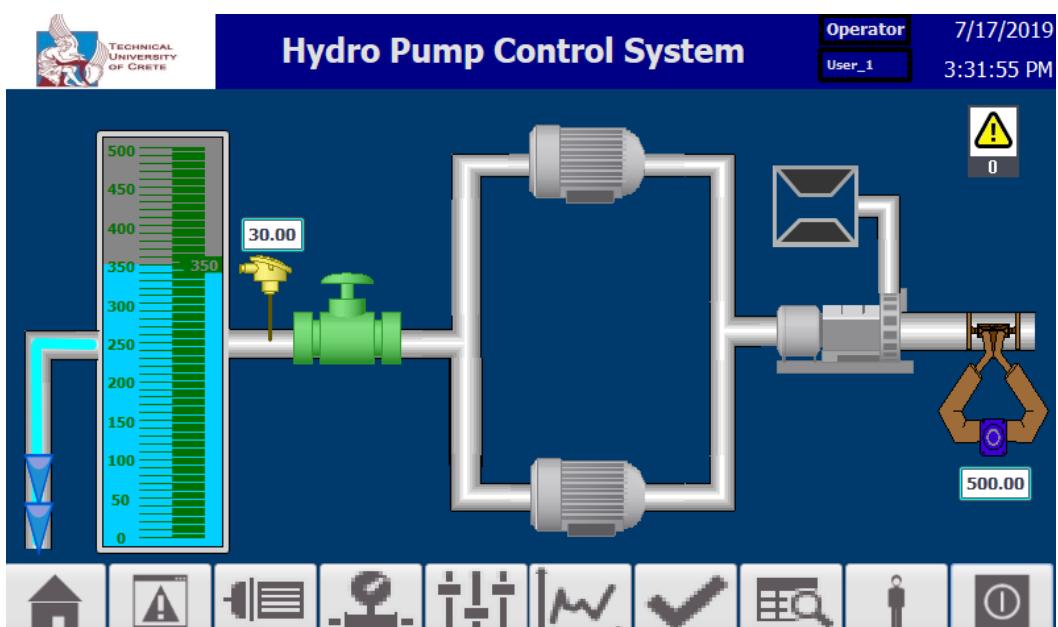
Εικόνα 5.12. Η Οθόνη SCADA με το δοχείο συμπίεσης γεμάτο

5.2.5 Τροφοδοσία Νερού από την Γεώτρηση

Όπως εξηγήθηκε στην παράγραφο 1.2.5, όταν η στάθμη νερού της δεξαμενής πέσει αρκετά, τότε πρέπει να ενεργοποιηθεί η διαδικασία τροφοδοσίας της δεξαμενής με νερό από την γεώτρηση. Όταν ενεργοποιηθεί η διαδικασία αυτή, τότε η Οθόνη Γεώτρησης και η Αρχική Οθόνη θα φαίνονται όπως στις εικόνες 5.13 και 5.14.



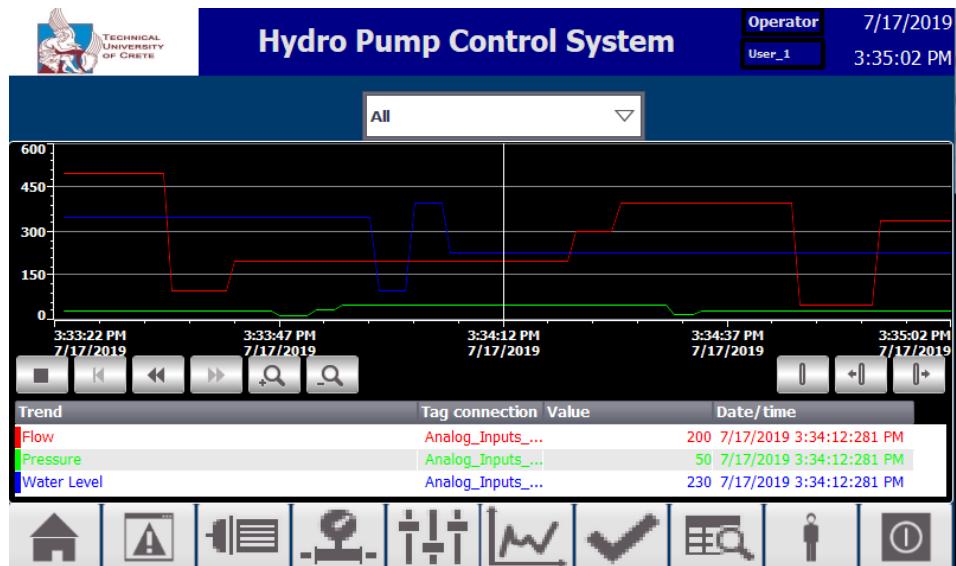
Εικόνα 5.13. Η Οθόνη Γεώτρησης με την διαδικασία τροφοδοσίας της δεξαμενής σε εξέλιξη



Εικόνα 5.14. Η Οθόνη SCADA με την διαδικασία τροφοδοσίας της δεξαμενής σε εξέλιξη

5.2.6 Real-Time Γραφήματα

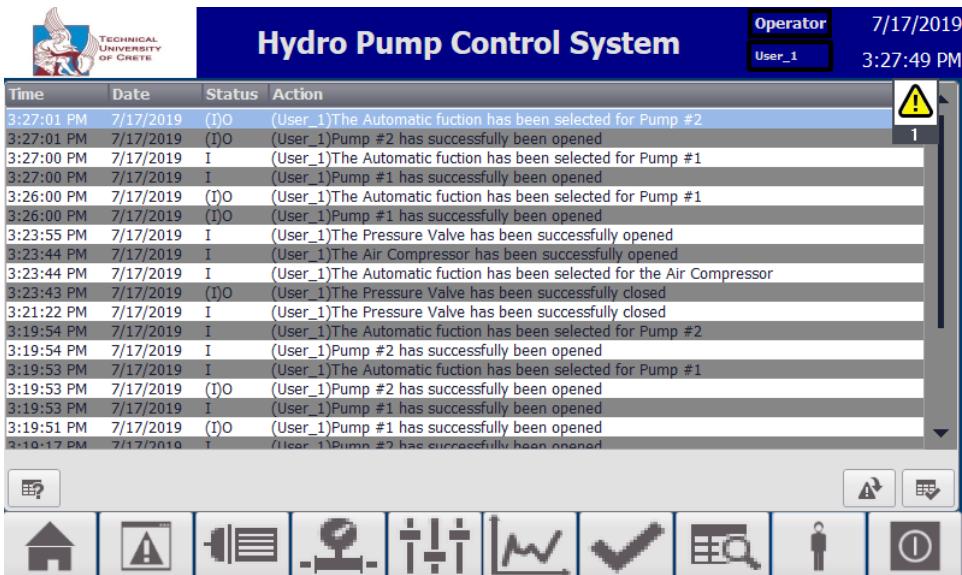
Όπως εξηγήθηκε και στην παράγραφο 2.5, το HMI υποστηρίζει την προβολή real-time γραφημάτων για τις αναλογικές τιμές πίεσης, παροχής και στάθμης νερού. Η εικόνα 5.15 δείχνει τα γραφήματα αυτά υπό συνθήκες προσομοίωσης.



Εικόνα 5.15. Η Οθόνη Γραφημάτων σε πραγματικές συνθήκες

5.2.7 Καταγραφή Ενεργειών

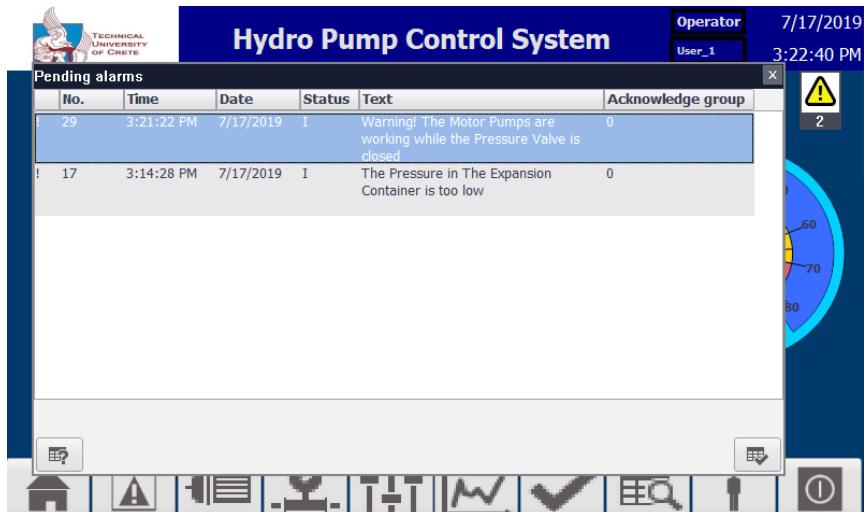
Η εικόνα 5.16 δείχνει την καταγραφή ενεργειών υπό συνθήκες προσομοίωσης, όπως θα φαίνονται στην Οθόνη Ενεργειών.



Εικόνα 5.16. Η Οθόνη Ενεργειών σε πραγματικές συνθήκες

5.2.8 Ειδοποίηση Σφαλμάτων και Προειδοποιήσεων

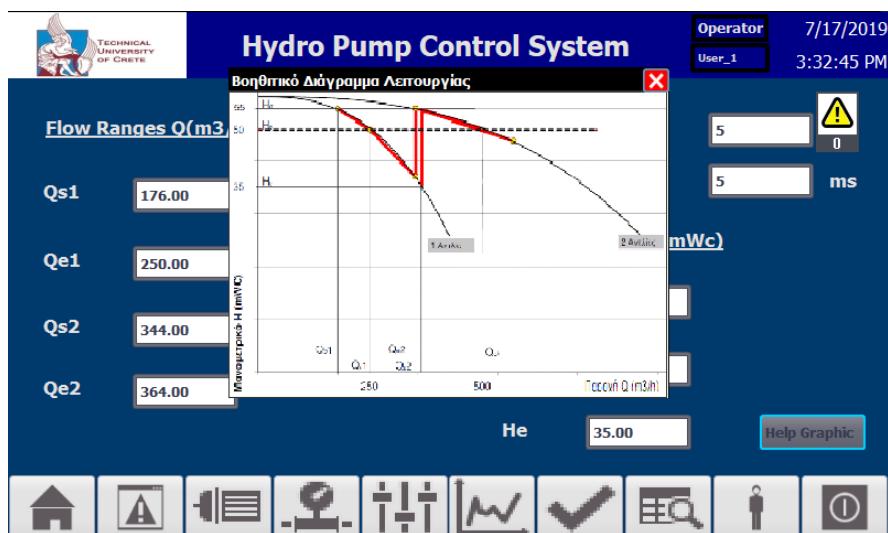
Όπως εξηγήθηκε και στην παράγραφο 4.9, το σύστημα αναγνωρίζει όλα τα σφάλματα που μπορεί να προκύψουν αλλά εμφανίζει και προειδοποιήσεις για πιθανά σφάλματα. Στην εικόνα 5.17 φαίνεται πως εμφανίζονται τα σφάλματα στο HMI. Για να εμφανιστεί η οθόνη αυτή προσομοιώσαμε το σφάλμα που προκύπτει όταν οι αντλίες παροχής είναι ενεργοποιημένες ενώ η βαλβίδα πίεσης είναι κλειστή.



Εικόνα 5.17. Η Οθόνη Σφαλμάτων

5.2.9 Εμφάνιση Βοηθητικού Διαγράμματος

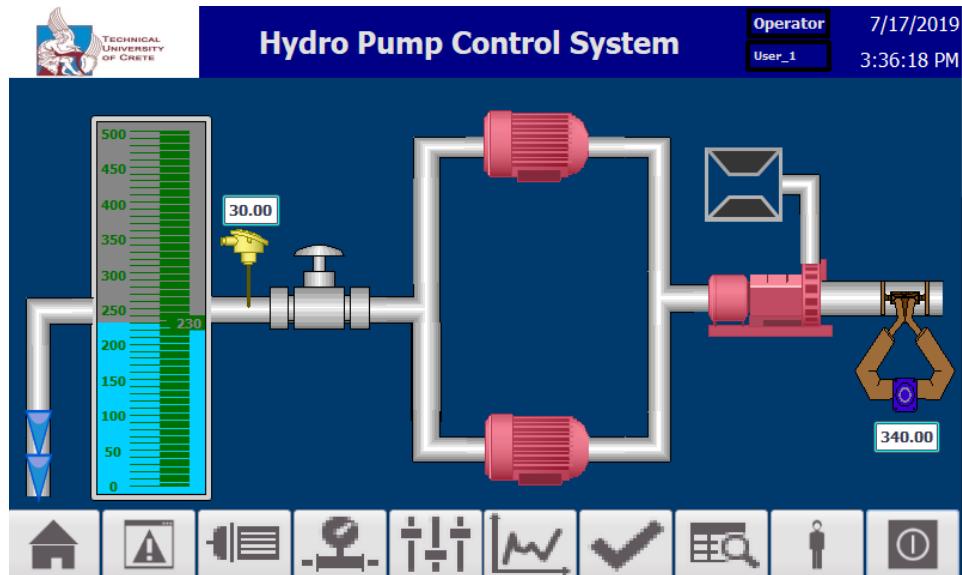
Όταν ο χρήστης βρίσκεται στην Οθόνη Αλλαγής Συντελεστών και πατήσει το κουμπί Help Graph τότε εμφανίζεται το βοηθητικό διάγραμμα (εικόνα 5.18).



Εικόνα 5.18. Εμφάνιση Βοηθητικού Διαγράμματος

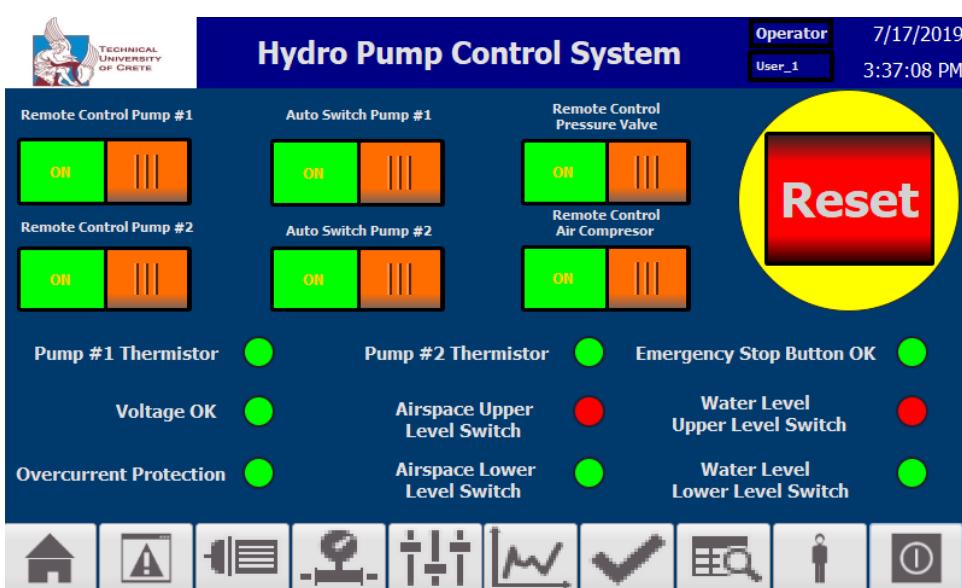
5.2.10 Κατάσταση Εκτάκτου Ανάγκης

Όπως αναφέρθηκε στην παράγραφο 1.3 όταν πατηθεί το κουμπί εκτάκτου ανάγκης το σύστημα τίθεται σε κατάσταση εκτάκτου ανάγκης. Όταν το σύστημα βρίσκεται σε αυτήν την κατάσταση όλα τα στοιχεία του αντλιοστασίου απενεργοποιούνται και η Αρχική Οθόνη φαίνεται όπως στην εικόνα 5.19.



Εικόνα 5.19. Η Οθόνη SCADA σε κατάσταση εκτάκτου ανάγκης

Για να επανέλθει το σύστημα στις κανονικές του συνθήκες θα πρέπει να απενεργοποιηθεί το κουμπί εκτάκτου κατάστασης και να πατηθεί ένα από τα δύο (2) κουμπιά Reset, το ένα εκ των οποίων βρίσκεται στην Οθόνη Ελέγχου και θα αναβοσβήνει με κίτρινο χρώμα.



Εικόνα 5.20. Η Οθόνη Ελέγχου σε κατάσταση εκτάκτου ανάγκης

Κεφάλαιο 6: Συμπεράσματα και το Μέλλον της Εφαρμογής

Στο τελευταίο κεφάλαιο αυτής της διπλωματικής εργασίας θα ήθελα να αναφερθώ στα συμπεράσματα που προέκυψαν μετά την μελέτη του συγκεκριμένου θέματος, καθώς και τις βελτιώσεις που θα προκύψουν στο άμεσο μέλλον με την εξέλιξη των σχετικών τεχνολογιών.

6.1 Συμπεράσματα για την επιλογή υλικών

Όπως αναφέρθηκε και στο κεφάλαιο 2, για την υλοποίηση του συστήματος αυτοματισμού επιλέχθηκαν το PLC S-7300 315-2 PN/DP, το HMI TP900 Comfort και για λογισμικό το TIA PROTAL. Η επιλογή του τελευταίου, ήταν μία από τις αποφάσεις οι οποίες οδήγησαν στην επιτυχή υλοποίηση της εφαρμογής.

Η λειτουργία του συγκεκριμένου λογισμικού ως μία ενιαία πλατφόρμα προγραμματισμού και παρακολούθησης όλων των επιμέρους συστημάτων ήταν εξαιρετικά αποτελεσματική. Η κοινή βάση δεδομένων μεταξύ PLC και HMI ήταν αυτή που αύξησε δραματικά την λειτουργικότητα και τους χρόνους απόκρισης της εφαρμογής. Μετά από πειραματικές μετρήσεις, ο χρόνος μεταβολής μίας μεταβλητής μέσω του HMI μέχρι να ενημερωθεί στο PLC, μετρήθηκε πως είναι μισός κύκλου λειτουργίας του PLC. Τέλος αξίζει να σημειωθεί πως με την χρήση της συγκεκριμένης πλατφόρμας προγραμματισμού, δεν υπήρξε η ανάγκη να αγοραστεί κανένα άλλο βοηθητικό λειτουργικό πρόγραμμα για την επιτυχή λειτουργία του συστήματος αυτοματισμού.

6.2 Συμπεράσματα από τα Simulations του συστήματος

Σε αυτήν την παράγραφο θα αναλυθούν τα συμπεράσματα τα οποία προέκυψαν κατά την διάρκεια των simulation του συστήματος αυτοματισμού.

Αρχικά, θα πρέπει να διθούν τα απαραίτητα εύσημα στα forums με θέμα τον αυτοματισμό της εταιρίας Siemens, από όπου αντλήθηκε αρκετά βοηθητικό υλικό για την υλοποίηση αυτής της εφαρμογής. Οι έτοιμες βιβλιοθήκες τους για την κυκλική εναλλαγή, για την εκκίνηση αντλιών αλλά και για την λειτουργία της βαλβίδας πίεσης, ήταν εξαιρετικά βοηθητικές. Αξίζει όμως να σημειωθεί, πως στην περίπτωση του Function Block της κυκλικής εναλλαγής, υπήρχε μία αστοχία όσον αφορά την υπολογισμό της αντλίας που θα πρέπει να απενεργοποιηθεί. Όπως εξηγήθηκε και στο κεφάλαιο 3, μετά από δοκιμές και προσομοιώσεις του συστήματος, παρατηρήθηκε ότι όταν

γίνεται μεταβολή μιας αντλίας από την automatic στην manual λειτουργία ενώ η άλλη βρίσκεται ακόμα στην automatic, η μεταβλητή Pumps_StartIndex συνεχίζει να αυξάνεται συνεχόμενα, με αποτέλεσμα να χάνεται η σωστή σειρά και μετά από λίγη ώρα η μεταβλητή να παίρνει την τιμή -1 που είναι ο συμβολισμός του TIA PORTAL ότι μία μεταβλητή τύπου Int βρίσκεται out of bounds. Για να αντιμετωπιστεί αυτό το πρόβλημα, προστέθηκε μια εντολή IF η οποία ελέγχει αν βρίσκονται και οι δύο (2) αντλίες στην automatic λειτουργία πριν αυξηθεί η τιμή της μεταβλητής Pumps_StartIndex.

Έπειτα από εκτεταμένα Simulations χρονομετρήθηκαν οι χρόνοι απόκρισης των αισθητήρων και των σημάτων που έρχονται ως είσοδοι στο PLC. Αυτό που αξίζει να σημειωθεί είναι ότι ο χρόνος που απαιτούνταν από την βαλβίδα πίεσης για να βρεθεί από την θέση πλήρους ανοίγματος, στην θέση πλήρους κλεισμάτος ήταν σχεδόν 5 δευτερόλεπτα, συνεπώς το ρολόι σφάλματος της βαλβίδας πίεσης περίμενε 7 δευτερόλεπτα για να έρθει το σήμα επιβεβαίωσης από την βαλβίδα, πριν αποφασίσει ότι υπάρχει κάποιο σφάλμα στην βαλβίδα. Ο χρόνος των 7 δευτερολέπτων επιλέχτηκε εμπειρικά, για να αποκλείσουμε το περιθώριο λάθους απόφασης από το σύστημα.

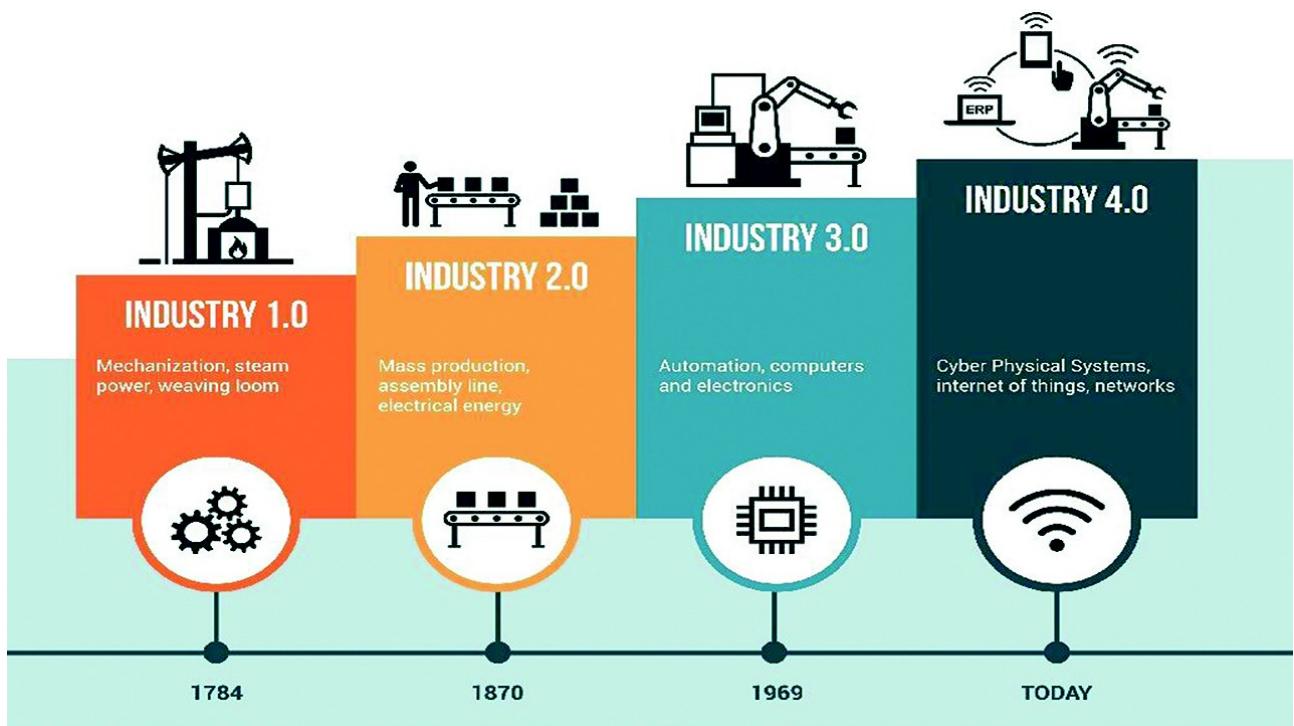
Τέλος, πρέπει να αναφερθεί ότι μετά από πολλά Simulations ολοκληρώθηκε και η λίστα με όλα τα πιθανά σφάλματα και προειδοποίησες που μπορεί να προκύψουν στο σύστημα. Το σύστημα υποβλήθηκε σε έλεγχο από τους εμπειρογνόμονες τις εταιρίας Machinor S.A. οι οποίοι επιβεβαίωσαν πως το σύστημα αυτοματισμού είναι κατάλληλα διαμορφωμένο, έτσι ώστε να προστατεύσει τα στοιχεία του αντλιοστασίου από τις πιθανές βλάβες που μπορεί να προκύψουν κατά την φυσική λειτουργία του αντλιοστασίου.

6.3 Το μέλλον της Εφαρμογής

Αποτελεί άποψη των μηχανικών αυτοματισμού ότι αυτήν την εποχή, ζούμε στα πρόθυρα της τέταρτης βιομηχανικής επανάστασης. Με την άνοδο των Cyber Physical συστημάτων και του Internet of Things, οι μηχανικοί αυτοματισμού οραματίζονται ένα πολύ διαφορετικό μέλλον για τον τομέα του αυτοματισμού.

Όσον αφορά την εφαρμογή του Αντλιοστασίου Ύδρευσης, το κάθε στοιχείο του αντλιοστασίου (αντλίες, βαλβίδα, αεροσυμπιεστής κ.τ.λ.) θα έχει την δικιά του εσωτερική IP με την οποία θα συνδέεται στο Internet και θα μοιράζεται τα δεδομένα του με τα υπόλοιπα στοιχεία της εγκατάστασης. Με αυτό τον τρόπο όλα τα στοιχεία του αντλιοστασίου θα μπορούν επικοινωνούν

μεταξύ τους και να καταλήγουν αυτόματα, συμπεράσματα σχετικά με τις ανάγκες του συστήματος. Οι πιθανές βλάβες ή φθορές στα μηχανήματα, θα μπορούν να προβλέπονται από το ίδιο το σύστημα και έτσι τα μηχανήματα να αντικαθιστώνται, αποφεύγοντας τες πριν καν συμβούν, έτσι ώστε να μην διακόπτεται απρόβλεπτα η λειτουργία του αντλιοστασίου. Όλα τα αντλιοστάσια μιας περιοχής θα μπορούν να επικοινωνούν μεταξύ τους και να εξάγουν συμπεράσματα έτσι ώστε να ρυθμίζουν από κοινού την λειτουργία τους για τις ανάγκες μιας περιοχής.



Ακόμα λίγο πιο μακριά στο μέλλον, εάν τοποθετηθούν αντίστοιχοι μετρητές και αισθητήρες στις άκρες του δικτύου ύδρευσης, δηλαδή τα σπίτια και οπουδήποτε άλλού χρειάζεται να μεταφερθεί νερό, τότε το ίδιο το σύστημα θα μπορεί να προβλέπει την κατανάλωσή που θα απαιτείται από το δίκτυο και να προσαρμόζει την λειτουργία του ανάλογα με αυτήν. Με αυτόν τον τρόπο θα μειώνεται σημαντικά η συνολική ώρα λειτουργίας των αντλιών και κατά συνέπεια θα μειώνεται και η συνολική κατανάλωση ρεύματος από το αντλιοστάσιο, καθώς και θα αυξηθεί δραστικά η μακροβιότητα των αντλιών παροχής.

Τέλος αξίζει να σημειωθεί, πως σε έναν κόσμο ψηφιακών δεδομένων, η εξαγωγή δεδομένων για την κατανάλωση νερού από τους πολίτες μιας περιοχής μπορεί να οδηγήσει σε σημαντικά συμπεράσματα με αποτέλεσμα την βελτίωση της ίδιας της περιοχής και σε μεγαλύτερη κλίμακα των υποδομών ολόκληρης της χώρας.

Βιβλιογραφία

1. BERGER Hans, *Automating with SIMATIC S7-1200 with STEP 7 Basic*, United States, John Wiley & Sons, 2013
2. BERGER Hans, *Automating with SIMATIC*, United States, John Wiley & Sons, 2012
3. MAPANTIΔΗΣ Νικόλαος, *Αυτοματισμοί με SIMATIC S7*, Αθήνα, Siemens A.E. 2000
4. Siemens A.E., *S7-300 Automation System, Hardware and Installation*, Siemens A.E., A5E00203919-01, Edition 06/2003
5. Siemens A.E., *PLC Simulation for S7-300/400*, Siemens A.E., C79000-G7076-C201, Edition 02/2003
6. Siemens A.E., *Simatic S7-300 Easy Book Manual*, Siemens A.E., A577F00-A7E32-B382, Edition 02/2003
7. Siemens A.E., *SIMATIC STEP 7 in the TIA Portal*
8. Nicolai Andler, Tools for Project Management, Workshops and Consulting, United States, John Wiley & Sons, 2011
9. Gasper Music, Drago Matko, *Discrete Event Control Theory Applied to PLC Programming*, Lubljana Slovenia, University of Lubljana, 2012

10. Πανταζής Νικόλαος, *Αυτοματισμοί με PLC*, Ελλάδα, Εκδόσεις Σταμούλη Α.Ε., 1998

11. N. Μπεκιάρης, *Κατασκευή Εκπαιδευτικού Μοντέλου Ελέγχου Στάθμης Δεξαμενών*, Διπλωματική Εργασία Ε.Μ.Π., 2010

12. Human Machine Interfaces – Anaheim Automation

(<https://www.anaheimautomation.com/manuals/forms/hmi-guide.php>)

13. Πολυτεχνείο Κρήτης, Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών, Τομέας Συστημάτων, Εργαστήριο Αυτοματισμού, *Σημειώσεις Εργαστηρίου για PLC*, Χανιά

14. Siemens, Industry Support, Forums

(<https://support.industry.siemens.com/tf/ww/en/threads/130/?page=0&pageSize=10>)

15. An Introduction to SCADA systems

(<https://www.allaboutcircuits.com/technical-articles/an-introduction-to-scada-systems/>)

16. Software Engineering in Industrial Automation: State of the Art Review

(<https://pdfs.semanticscholar.org/ee8b/69eac9b6c102458378e8974aeb0260afafa1.pdf?ga=2.119725320.1475780485.1565713197-518439048.1565713197>)

17. Uses of PLCs in industries – Mobile Automation

(<https://www.mobileautomation.com.au/plc-industrial-application/>)

Παράρτημα 1: Κόδικες Προγράμματος

```
1 // Initialization M1
2 // Remote
3 IF "Digital_Inputs"."I1.0 - Remote_Control_P1"= FALSE THEN
4     "Motor_Pumps".M1_Remote_Manual := TRUE;
5     "Motor_Pumps".Remote_Manual_Start_M1 := FALSE;
6 ELSIF "Digital_Inputs"."I1.4 - Auto_Switch_ON_P1" = FALSE OR
7     "Digital_Inputs"."I3.6 - Water_Level_Upper_Lower_Level_Switch" = FALSE OR
8     "Digital_Inputs"."I3.5 - Water_Pressure_Under_Presostate_Adjust" THEN
9     "Motor_Pumps".Remote_Manual_Start_M1 := FALSE;
10 END_IF;
11 ;
12 // Fault
13 IF "Motor_Pumps".M1_Fault OR "Emergency_Stop".Emergency_Situation THEN
14     "Motor_Pumps".Remote_Manual_Start_M1 := FALSE;
15     "Motor_Pumps".M1_Remote_Manual := TRUE;
16 END_IF;
17 ;
18 // Initialization M2
19 // Remote
20 IF "Digital_Inputs"."I1.1 - Remote_Control_P2"= FALSE THEN
21     "Motor_Pumps".M2_Remote_Manual := TRUE;
22     "Motor_Pumps".Remote_Manual_Start_M2 := FALSE;
23 ELSIF "Digital_Inputs"."I1.5 - Auto_Switch_ON_P2" = FALSE OR
24     "Digital_Inputs"."I3.6 - Water_Level_Upper_Lower_Level_Switch" = FALSE OR
25     "Digital_Inputs"."I3.5 - Water_Pressure_Under_Presostate_Adjust" THEN
26     "Motor_Pumps".Remote_Manual_Start_M2 := FALSE;
27 END_IF;
28 ;
29 // Fault
30 IF "Motor_Pumps".M2_Fault OR "Emergency_Stop".Emergency_Situation THEN
31     "Motor_Pumps".Remote_Manual_Start_M2 := FALSE;
32     "Motor_Pumps".M2_Remote_Manual := TRUE;
33 END_IF;
34 ;
35 ;
36 ;
37 //Initialization Valve
38 IF "Digital_Inputs"."I3.1 - Valve_Remote_Control" = FALSE THEN
39     "Valve_DB".Remote_Manual := TRUE;
40 END_IF;
41 ;
42 ;
43 IF "Valve_DB".Fault_on_Closing_Q OR "Valve_DB".Fault_on_Opening_Q OR "Emergency_Stop".Emergency_Situation OR
44     "Digital_Inputs"."I2.6 - Valve_Ready_for_Use" = FALSE THEN
45     "Valve_DB".Remote_Manual := TRUE;
46 END_IF;
47 ;
48 ;
49 // Initialization Aircompressor
50 IF "Digital_Inputs"."I1.6 - Air_Comp_Remote_Control" = FALSE THEN
51     "Air_Compressor_DB".Remote_Manual := TRUE;
52     "Air_Compressor_DB".Start_Remote := FALSE;
53 END_IF;
54 ;
55 ;
56 IF "Air_Compressor_DB".Fault OR "Digital_Inputs"."I2.0 - Air_Comp_Auto_Switch_ON" = FALSE
57     OR "Emergency_Stop".Emergency_Situation THEN
58     "Air_Compressor_DB".Remote_Manual := TRUE;
59     "Air_Compressor_DB".Start_Remote := FALSE;
60 END_IF;
61 ;
62 ;
63 IF "Air_Compressor_DB".Remote_Manual = FALSE THEN
64     "Air_Compressor_DB".Start_Remote := FALSE;
65 END_IF;
66 ;
67 ;
```

```

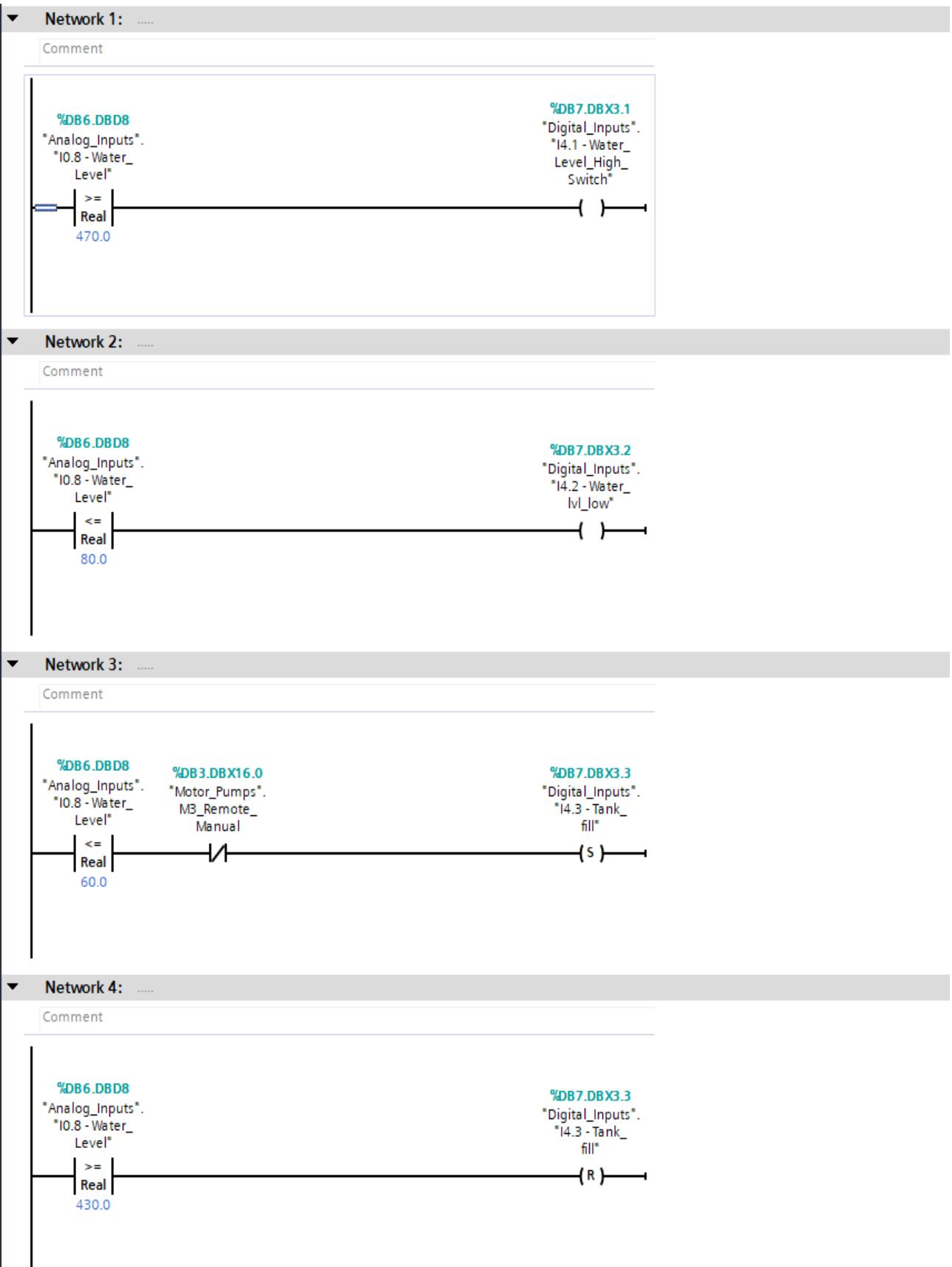
1
2 IF ((#Start_Pump = FALSE AND #Started_Pump = TRUE) OR
3     (#Start_Pump = TRUE AND #Started_Pump = FALSE)) AND #Remote = TRUE THEN
4     #Not_Started := true;
5 END_IF;
6
7
8 #Delay_For_Fault(IN:=#Not_Started,
9 PT:= #Delay_For_Fault.PT,
10 Q=>#Delay_For_Fault.Q,
11 ET=>#Delay_For_Fault.ET);
12 ;
13
14
15 IF #Thermistor_OK = FALSE OR #Delay_For_Fault.Q = TRUE OR
16     #Emergency_Stop.Buttons_OK = FALSE OR #Voltage_OK = FALSE OR #Water_Level_Upper_Lower_Level_Switch = FALSE OR
17     #Water_Pressure_Under_Presostate_Adjust
18 THEN
19     #Pump_Fault := TRUE;
20 ELSIF (#Reset_Local = TRUE OR #Reset_Remote = TRUE) AND #Pump_Fault = TRUE THEN
21     #Pump_Fault := false;
22 END_IF;
23

```

```

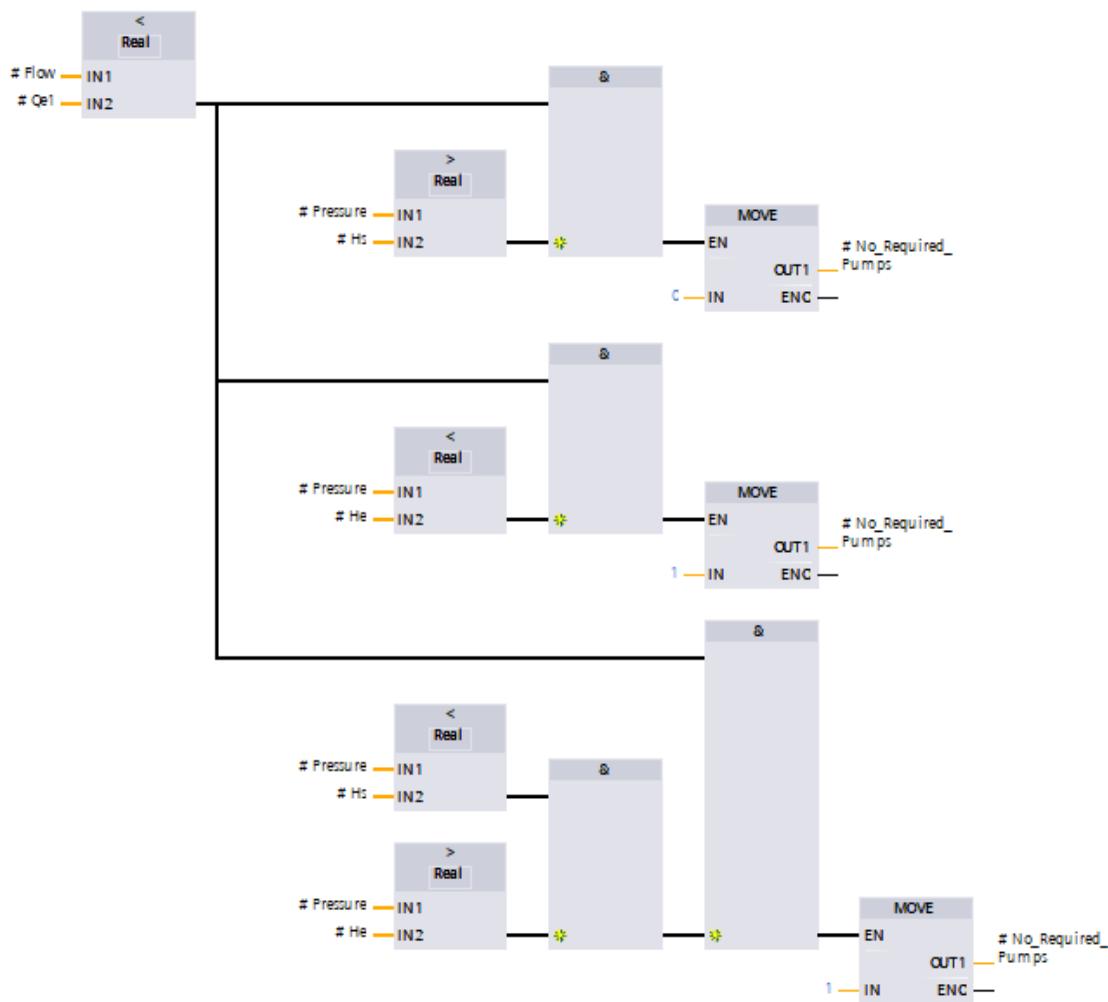
1 IF #Emergency_Button = FALSE THEN
2     #Emergency_Situation := TRUE;
3     ;
4 END_IF;
5
6 IF (#Reset_Local OR #Reset_Remote) AND #Emergency_Button THEN
7     #Emergency_Situation := FALSE;
8 END_IF
9 ;
10

```



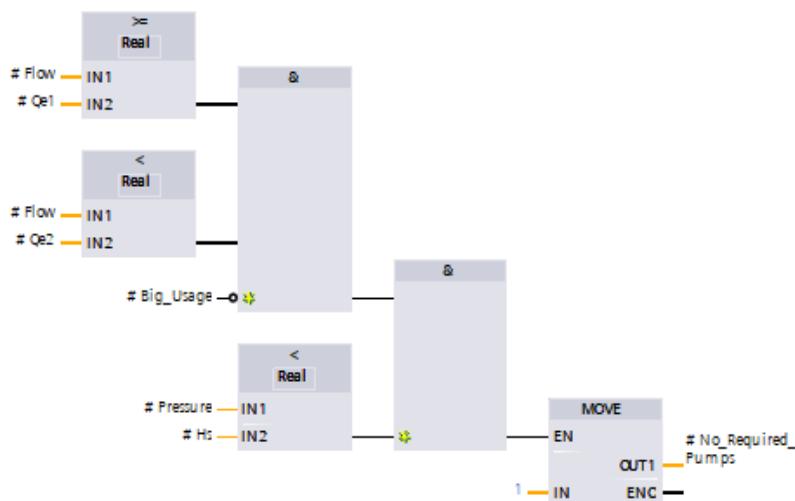
Network 1:

Comment



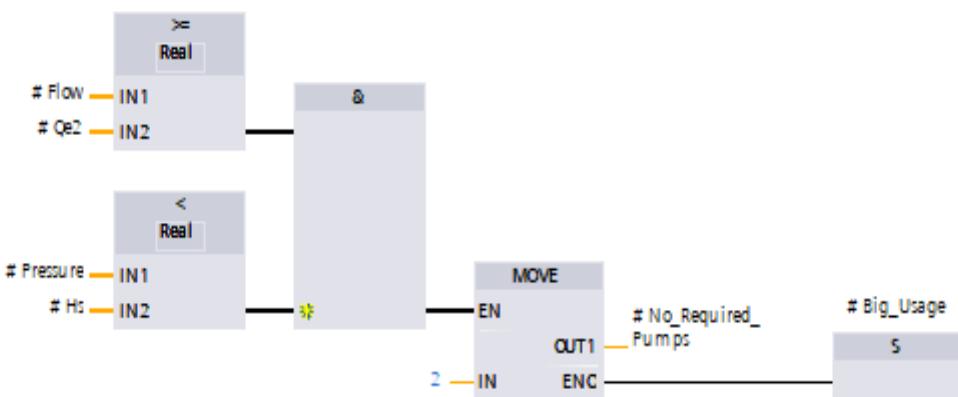
Network 2:

Comment



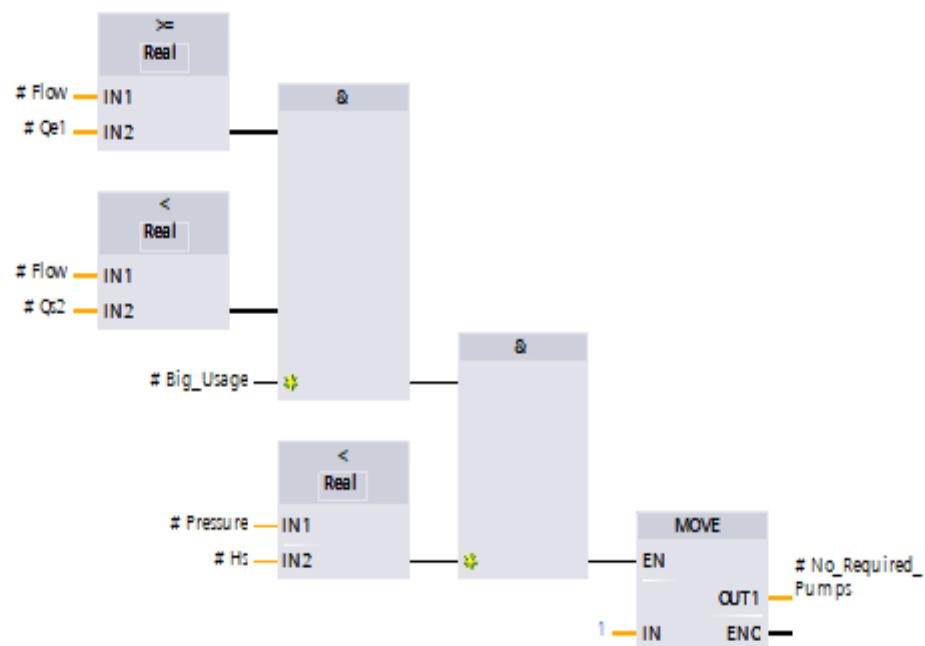
▼ Network 3:

Comment



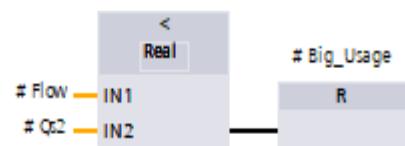
▼ Network 4:

Comment



▼ Network 5:

Comment



```

1  #i := 0;
2
3  #Pumps_Running_In_Auto := //int
4  BOOL_TO_INT(IN := #Pump_1_Status.Status >= "STATUS_MOTOR_STARTING_IN_AUTO") + //int 22000
5  BOOL_TO_INT(IN := #Pump_2_Status.Status >= "STATUS_MOTOR_STARTING_IN_AUTO") ;
6
7 IF #Pumps_Required < 1 AND #Pumps_Running_In_Auto < 1 THEN
8     GOTO CYCLE_END;
9 END_IF;
10
11 IF
12     (NOT #Pump_1_Status.Available_for_Automatic_Start OR #Pump_1_Status.Status < 20000) AND //bool
13     (NOT #Pump_2_Status.Available_for_Automatic_Start OR #Pump_2_Status.Status < 20000) THEN
14
15     #Standby_to_Start := 0;
16 END_IF;
17
18 IF #Standby_to_Start = 0 THEN
19     #Standby_to_Start := 1;
20 END_IF;
21 IF #Standby_to_Start = 1 AND NOT #Pump_1_Status.Available_for_Automatic_Start THEN
22     #Standby_to_Start := 2;
23 END_IF;
24 IF #Standby_to_Start = 2 AND NOT #Pump_2_Status.Available_for_Automatic_Start THEN
25     #Standby_to_Start := 1;
26 END_IF;
27
28
29 #Cooldown_Starting := //bool
30 #Pump_1_Status.Cooldown_Starting OR
31 #Pump_2_Status.Cooldown_Starting ;
32
33 #Cooldown_Stopping := //bool
34 #Pump_1_Status.Cooldown_Stopping OR
35 #Pump_2_Status.Cooldown_Stopping ;
36
37
38 WHILE #i<=2 DO
39 IF #Pumps_Starting_Index[#i]=0 THEN
40     #Pumps_Starting_Index[#i]:=#Max_Index;
41 END_IF;
42 #i := #i + 1;
43 END_WHILE;
44
45 #Min_Index := MIN(IN1 := #Pumps_Starting_Index[1], IN2 := #Pumps_Starting_Index[2]);
46 #Max_Index := MAX(IN1 := #Pumps_Starting_Index[1], IN2 := #Pumps_Starting_Index[2]);
47
48 IF #Pump_1_Status.Status < "STATUS_MOTOR_STARTING_IN_AUTO" THEN
49     #Pumps_Starting_Index[1] := 0;
50 END_IF;
51 IF #Pump_2_Status.Status < "STATUS_MOTOR_STARTING_IN_AUTO" THEN
52     #Pumps_Starting_Index[2] := 0;
53 END_IF;
54
55
56 #Standby_to_Stop := 0;
57
58 IF #Pumps_Starting_Index[1] = #Min_Index THEN
59     #Standby_to_Stop := 1;
60 END_IF;
61 IF #Pumps_Starting_Index[2] = #Min_Index THEN
62     #Standby_to_Stop := 2;
63 END_IF;
64
65

```

```

65
66 IF NOT #Cooldown_Start AND NOT #Cooldown_Stopping THEN
67   IF (#Pumps_Running_In_Auto < #Pumps_Required) THEN
68     CASE #Standby_to_Start OF
69       1:
70         #Pump_1_Commands := TRUE;
71         IF ("Motor_Pumps".M1_Remote_Manual = 0 AND "Motor_Pumps".M2_Remote_Manual = 0) THEN
72           #Pumps_Starting_Index[1] := #Max_Index + 1;
73           END_IF;
74       2:
75         #Pump_2_Commands := TRUE;
76         IF ("Motor_Pumps".M1_Remote_Manual = 0 AND "Motor_Pumps".M2_Remote_Manual = 0) THEN
77           #Pumps_Starting_Index[2] := #Max_Index + 1;
78           END_IF;
79       END_CASE;
80     ELSIF #Pumps_Running_In_Auto > #Pumps_Required THEN
81       CASE #Standby_to_Stop OF
82         1:
83           #Pump_1_Commands := FALSE;
84         2:
85           #Pump_2_Commands := FALSE;
86       END_CASE;
87     END_IF;
88   END_IF;
89
90 IF #Pump_1_Status.Status < 20000 THEN
91   #Pump_1_Commands := FALSE;
92   IF #Standby_to_Start = 1 THEN
93     #Standby_to_Start := 0;
94   END_IF;
95 END_IF;
96 IF #Pump_2_Status.Status < 20000 THEN
97   #Pump_2_Commands := FALSE;
98   IF #Standby_to_Start = 2 THEN
99     #Standby_to_Start := 0;
100    END_IF;
101 END_IF;
102
103 CYCLE_END:
104 ;

```

```

1 //Status: 3000 --> Emergency stop (All pumps stop instantly)
2 //Status: 5000 --> Pump Fault(thermistor, auto switch or not started)
3 //Status: 6000 --> Local (Remote OFF)
4 //Status: 8000 --> Local (Remote OFF) Pump Started
5 //Status: 10000 --> Remote MAN
6 //Status: 12000 --> Remote MAN Start
7 //Status: 20000 --> Remote AUTO
8 //Status: 22000 --> Remote AUTO START
9 //-----
10 ////Check for motor prequisites to start
11 IF #Emergency_Situation THEN
12     #Q := false;
13     #Status.Status := 3000;
14     #Status.Available_for_Automatic_Start := false;
15     #Status.Cooldown_Starting := false;
16     #Status.Cooldown_Stopping := false;
17     GOTO last_step;
18 ELSIF #Auto_Switch_ON = FALSE THEN
19     #Q := FALSE;
20     #Status.Status := 3000;
21     GOTO last_step;
22
23 ELSIF #Remote = false THEN
24     #Status.Available_for_Automatic_Start := false;
25     GOTO Local;
26 END_IF;
27
28 //Check for faults
29 IF #Fault THEN
30     #Q := false;
31     #Status.Status := 5000;
32     #Status.Available_for_Automatic_Start := false;
33     #Status.Cooldown_Starting := false;
34     #Status.Cooldown_Stopping := false;
35     GOTO last_step;
36 ELSIF #Remote = false THEN
37     #Status.Available_for_Automatic_Start := false;
38     GOTO Local;
39 END_IF;
40
41
42 //Initial State Remote
43
44 IF #Remote = true THEN
45     #Status.Status := 20000;
46 IF #"Remote Manual" = TRUE THEN
47     #Status.Status := 10000;
48     #Q := #"Remote Manual Start";
49 ELSE
50     #Q := #"Auto Start";
51 END_IF;
52 #Status.Available_for_Automatic_Start := NOT #Q;
53 END_IF;
54

```

```
54
55 //Initial State Manual
56 Local:
57 IF #Remote = false AND #"Started Pump" = FALSE THEN
58     #Status.Status := 6000;
59     #Q := false;
60 ELSIF #Remote = FALSE AND #"Started Pump" = TRUE THEN
61     #Status.Status := 8000;
62     #Q := false;
63 END_IF;
64
65 //Q Evaluation automatic and manual
66 IF #Q AND #"Remote Manual Start" THEN
67     #Status.Status := 12000;
68 ELSIF #Q AND #"Auto Start" THEN
69     #Status.Status := 22000;
70 END_IF;
71
72
73
74 #Cooldown_Start(IN := #Q,
75             PT := #Cooldown_Start.PT,
76             Q => #Status.Cooldown_Start);
77 #Cooldown_Stop(IN := NOT #Q,
78             PT := #Cooldown_Stop.PT,
79             Q => #Status.Cooldown_Stopping);
80 last_step:
81
82 ;
```

```

1 IF #Fault_ON THEN
2   #Start_Q := FALSE;
3   #Remote_MAN := TRUE;
4   GOTO JUMP;
5 END_IF
6 ;
7
8 IF #Remote_ON = FALSE THEN
9   #Start_Q := FALSE;
10 END_IF
11 ;
12
13
14 IF #Remote_MAN THEN
15   GOTO MAN;
16 ELSIF #Remote_MAN = FALSE THEN
17   GOTO AUTO;
18 END_IF
19 ;
20
21
22 MAN:
23 IF #Remote_ON AND #Remote_MAN AND #Remote_Man_Start THEN
24   #Start_Q := TRUE;
25 ELSIF #Remote_ON AND #Remote_MAN AND #Remote_Man_Start = FALSE THEN
26   #Start_Q := FALSE;
27 END_IF
28 ;
29 GOTO JUMP;
30 AUTO:
31 IF #Remote_ON AND #Remote_MAN = FALSE AND #Airspace_Level_Upper_Lower_Level_Switch = FALSE AND
32   #Airspace_Level_Upper_Higher_Level_Switch = FALSE THEN
33   #Start_Q := TRUE;
34 ELSIF #Remote_ON AND #Remote_MAN = FALSE AND #Airspace_Level_Upper_Lower_Level_Switch AND
35   #Airspace_Level_Upper_Higher_Level_Switch THEN
36   #Start_Q := FALSE;
37 END_IF
38 ;
39 JUMP:

```

```

40 //FAULTS
41 "#Delay_Fault_Start".TON(IN:=#Start_Q AND NOT #Started AND #Remote_ON,
42 PT:=#Delay_Fault_Start.PT,
43 Q=> #Delay_Fault_Start.Q)
44 ;
45 "#delay_fault_stop".TON(IN:=NOT #Start_Q AND #Started AND #Remote_ON,
46 PT:=#Delay_Fault_Stop.PT,
47 Q=> #Delay_Fault_Stop.Q)
48 ;
49 IF #Delay_Fault_Start.Q OR #Delay_Fault_Stop.Q THEN
50     #No_Response := TRUE;
51 ELSE
52     // #No_Response := FALSE;
53 END_IF
54 ;
55 //Set Fault
56 IF #Voltage_OK = FALSE OR #No_Response = TRUE THEN
57     #Fault_ON := TRUE;
58 END_IF
59 ;
60
61 //Reset Fault
62 IF #Voltage_OK AND
63     (#Reset_Local OR #Reset_Remote) THEN
64     #Fault_ON := FALSE;
65     #No_Response := FALSE;
66 END_IF
67 ;
68
69 // Buttons Visibility
70 IF #Remote_ON AND #Fault_ON = FALSE AND #Emergency_Situation = FALSE AND #AUTO_Switch_ON THEN
71     #"AUTO/MAN_Availability" := TRUE;
72 ELSE
73     #"AUTO/MAN_Availability" := FALSE;
74 END_IF
75 ;
76 IF #"AUTO/MAN Availability" AND #Remote_MAN THEN
77     #"Start_Availability" := TRUE;
78 ELSE
79     #"Start_Availability" := FALSE;
80 END_IF
81 ;
82 IF #"AUTO/MAN Availability" AND #Remote_MAN AND "help_bit_1" THEN
83     #"Stop_Availability" := TRUE;
84 ELSE
85     #"Stop_Availability" := FALSE;
86 END_IF
87 ;
88
89 IF #Started THEN
90     #Status.Status := 12000;
91 ELSIF #Started = FALSE AND #Fault_ON = FALSE AND #Emergency_Situation = FALSE THEN
92     #Status.Status := 10000;
93 ELSIF #Started = FALSE AND (#Fault_ON OR #Emergency_Situation) THEN
94     #Status.Status := 8000;
95 END_IF
96 ;
97

```

```

1 // Status: 100 --> Emergency Stop
2 // Status: 500 --> Not available
3 // Status: 1000 --> Fault On Opening
4 // Status: 3000 --> Fault On Closing
5 // Status: 4000 --> Valve is Closed
6 // Status: 6000 --> Valve is Opening
7 // Status: 8000 --> Valve is Closing
8 // Status: 10000 --> Valve is Opened
9 // Status: 12000 --> Valve is available
10 //*****
11 //Valve Not Available
12
13 //Set Faults
14 //Fault On Closing
15 IF #Fault_On_Closing THEN
16     #Fault_On_Closing_Q := TRUE;
17 END_IF
18 ;
19 //Fault On Opening
20 IF #Fault_On_Opening THEN
21     #Fault_On_Opening_Q := TRUE;
22 END_IF
23 ;
24 //Voltage Fault
25 IF #Voltage_OK = FALSE THEN
26     #Voltage_Not_OK := TRUE;
27 END_IF
28 ;
29
30 IF #Fault_On_Closing_Q OR #Fault_On_Opening_Q OR #Voltage_Not_OK THEN
31     #Valve_Fault := TRUE;
32 ELSE
33     #Valve_Fault := FALSE;
34 END_IF
35 ;
36
37
38 //Reset Faults
39 //Reset Faults On Closing
40 IF (#Reset_Local OR #Reset_Remote) AND #Fault_On_Closing_Q AND #Fault_On_Closing = FALSE THEN
41     #Fault_On_Closing_Q := FALSE;
42 END_IF
43 ;
44 //Reset Faults On Opening
45 IF (#Reset_Local OR #Reset_Remote) AND #Fault_On_Opening_Q AND #Fault_On_Opening = FALSE THEN
46     #Fault_On_Opening_Q := FALSE;
47 END_IF
48 ;
49 //Reset Voltage Fault
50 IF (#Reset_Local OR #Reset_Remote) AND #Voltage_Not_OK AND #Voltage_OK = TRUE THEN
51     #Voltage_Not_OK := FALSE;
52 END_IF
53 ;
54
55
56 IF #Available = FALSE THEN
57     #Close := FALSE;
58     #Open := FALSE;
59     #Valve_Status.Status := 500;
60     GOTO END_CYCLE;
61 ELSE
62     #Valve_Status.Status := 12000;
63 END_IF
64 ;

```

```

65 //Voltage Not OK
66 IF #Voltage_Not_OK THEN
67     #Close := FALSE;
68     #Open := FALSE;
69     #Valve_Status.Status := 100;
70     GOTO END_CYCLE;
71 END_IF
72 ;
73 //Emergency Situation
74 IF #Emergency_Situation THEN
75     #Close := TRUE;
76     #Open := FALSE;
77     #Valve_Status.Status := 100;
78     GOTO END_CYCLE;
79 END_IF
80 ;
81 //Remote or Local Operation
82 IF #Remote_MAN THEN
83     GOTO REMOTE_MAN;
84 ELSIF #Remote_MAN = FALSE THEN
85     GOTO REMOTE_AUTO;
86 END_IF
87 ;
88 //*****
89 REMOTE_MAN:
90 // Open Valve
91 IF #Voltage_Not_OK = FALSE AND #Remote_ON AND #Emergency_Situation = FALSE AND #Available AND #Remote_Open AND #Remote_Close = FALSE AND
92     #Fault_On_Opening_Q = FALSE AND #Opened = FALSE THEN
93     #Open := TRUE;
94 ELSE
95     #Open := FALSE;
96 END_IF
97 ;
98 //Close Valve
99 IF #Voltage_Not_OK = FALSE AND #Remote_ON AND #Emergency_Situation = FALSE AND #Available AND #Remote_Close AND
100     #Fault_On_Closing_Q = FALSE AND #Closed = FALSE THEN
101     #Close := TRUE;
102 ELSE
103     #Close := FALSE;
104 END_IF
105 ;
106 GOTO JUMP;
107 //*****
108 REMOTE_AUTO:
109 //Pressure Limits for AUTO Open / Close
110 IF #Pressure < 10.0 THEN
111     #Remote_AUTO_Close := TRUE;
112     #Remote_AUTO_Open := FALSE;
113 END_IF
114 ;
115 IF #Pressure > 12.0 THEN
116     #Remote_AUTO_Close := FALSE;
117     #Remote_AUTO_Open := TRUE;
118 END_IF
119 ;
120 // Open Valve in AUTO
121 IF #Voltage_Not_OK = FALSE AND #Remote_ON AND #Emergency_Situation = FALSE AND #Available AND #Remote_AUTO_Open AND #Fault_On_Opening_Q = FALSE AND #Opened = FALSE THEN
122     #Open := TRUE;
123 ELSE
124     #Open := FALSE;
125 END_IF
126 ;

```

```

127 //#Close "Valve" in AUTO
128 IF #Voltage_Not_OK = FALSE AND #Remote_ON AND #Emergency_Situation = FALSE AND #Available AND #Remote_AUTO_Close AND #Fault_On_Closing_Q = FALSE AND #Closed = FALSE THEN
129     #Close := TRUE;
130 ELSE
131     #Close := FALSE;
132 END_IF
133 ;
134 //*****
135 JUMP:
136 //Set Faults
137 //Fault On Closing
138 IF #Fault_On_Closing THEN
139     #Fault_On_Closing_Q := TRUE;
140 END_IF
141 ;
142 //Fault On Opening
143 IF #Fault_On_Opening THEN
144     #Fault_On_Opening_Q := TRUE;
145 END_IF
146 ;
147 //Voltage Fault
148 IF #Voltage_OK = FALSE THEN
149     #Voltage_Not_OK := TRUE;
150 END_IF
151 ;
152
153 IF #Fault_On_Closing_Q OR #Fault_On_Opening_Q OR #Voltage_Not_OK THEN
154     #Valve_Fault := TRUE;
155 ELSE
156     #Valve_Fault := FALSE;
157 END_IF
158 ;
159
160
161 //Reset Faults
162 //Reset Faults On Closing
163 IF (#Reset_Local OR #Reset_Remote) AND #Fault_On_Closing_Q AND #Fault_On_Closing = FALSE THEN
164     #Fault_On_Closing_Q := FALSE;
165 END_IF
166 ;
167 //Reset Faults On Opening
168 IF (#Reset_Local OR #Reset_Remote) AND #Fault_On_Opening_Q AND #Fault_On_Opening = FALSE THEN
169     #Fault_On_Opening_Q := FALSE;
170 END_IF
171 ;
172 //Reset Voltage Fault
173 IF (#Reset_Local OR #Reset_Remote) AND #Voltage_Not_OK AND #Voltage_OK = TRUE THEN
174     #Voltage_Not_OK := FALSE;
175 END_IF
176 ;
177 //Transfer Valve Status
178 IF #Fault_On_Opening_Q AND #Closing = FALSE THEN
179     #Valve_Status.Status := 1000;
180 ELSIF #Fault_On_Closing_Q AND #Opening = FALSE THEN
181     #Valve_Status.Status := 3000;
182 ELSIF #Closed AND #Opening = FALSE AND #Closing = FALSE THEN
183     #Valve_Status.Status := 4000;
184 ELSIF #Opening THEN
185     #Valve_Status.Status := 6000;
186 ELSIF #Closing THEN
187     #Valve_Status.Status := 8000;
188 ELSIF #Opened AND #Opening = FALSE AND #Closing = FALSE THEN
189     #Valve_Status.Status := 10000;
190 END_IF
191 ;

```

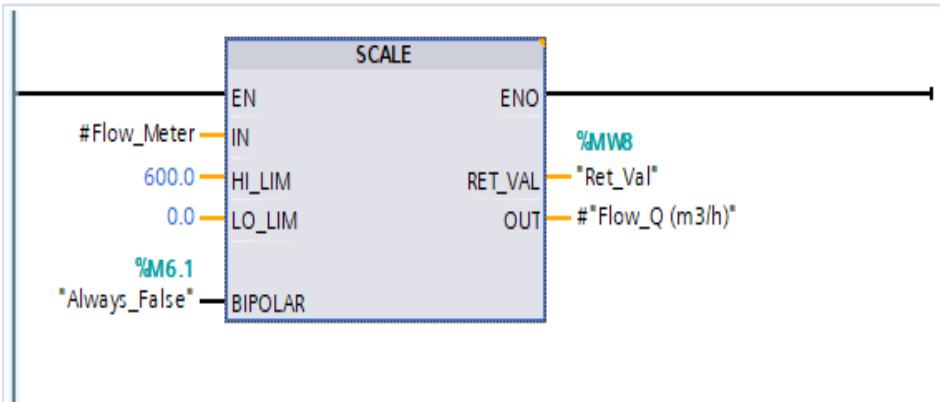
```

192 //Valve Mid Position
193 IF #Closed = FALSE AND #Opened = FALSE THEN
194     #Valve_Mid_Position := TRUE;
195 ELSE
196     #Valve_Mid_Position := FALSE;
197 END_IF;
198 //help with delay on Open
199 IF #Delay_Open_Button(IN:= NOT #Opening AND #Fault_On_Closing_Q,
200                         PT:=#Delay_Open_Button.PT,
201                         Q=>#Help_Open);
202 //help with delay on Open
203 IF #Delay_Close_Button(IN := NOT #Closing AND #Fault_On_Opening_Q,
204                         PT := #Delay_Close_Button.PT,
205                         Q => #Help_Close);
206 //Buttons Visibility
207 END_CYCLE;
208 IF #Fault_On_Opening_Q = FALSE AND #Remote_ON AND #Remote_MAN AND (#Valve_Status.Status = 3000 OR #Valve_Status.Status >= 4000) AND #Opened = FALSE THEN
209     #Button_Open_Availability := TRUE;
210 ELSIF #Fault_On_Opening_Q AND #Help_Close AND #Remote_ON AND #Remote_MAN AND (#Valve_Status.Status = 3000 OR #Valve_Status.Status >= 4000) AND #Opened = FALSE THEN
211     #Button_Open_Availability := TRUE;
212 ELSE
213     #Button_Open_Availability := false;
214 END_IF
215 ;
216 //CLOSE
217 IF #Fault_On_Closing_Q = FALSE AND #Remote_ON AND #Remote_MAN AND (#Valve_Status.Status = 1000 OR #Valve_Status.Status >= 4000) AND #Closed = FALSE THEN
218     #Button_Close_Availability := TRUE;
219 ELSIF #Fault_On_Closing_Q AND #Help_Open AND #Remote_ON AND #Remote_MAN AND (#Valve_Status.Status = 1000 OR #Valve_Status.Status >= 4000) AND #Closed = FALSE THEN
220     #Button_Close_Availability := TRUE;
221 ELSE
222     #Button_Close_Availability := false;
223 END_IF
224 ;
225 IF #Fault_On_Closing_Q AND #Fault_On_Opening_Q THEN
226     #Button_Close_Availability := false;
227     #Button_Open_Availability := false;
228 END_IF
229 ;
230
231 IF #Remote_ON AND #Fault_On_Closing_Q = FALSE AND #Fault_On_Opening_Q = FALSE AND #Emergency_Situation = FALSE AND #Available = TRUE AND #Valve_Fault = FALSE THEN
232     #Button_AUTO_MAN_Availability := TRUE;
233 ELSE
234     #Button_AUTO_MAN_Availability := FALSE;
235 END_IF
236 ;
237

```

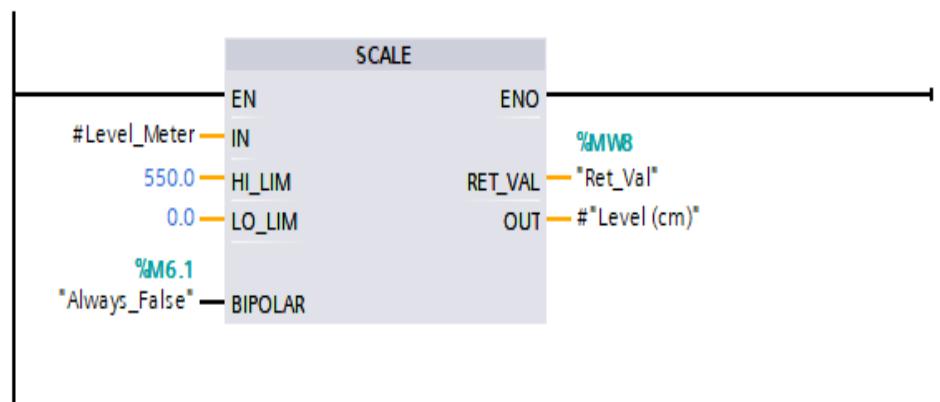
▼ Network 1:

Comment



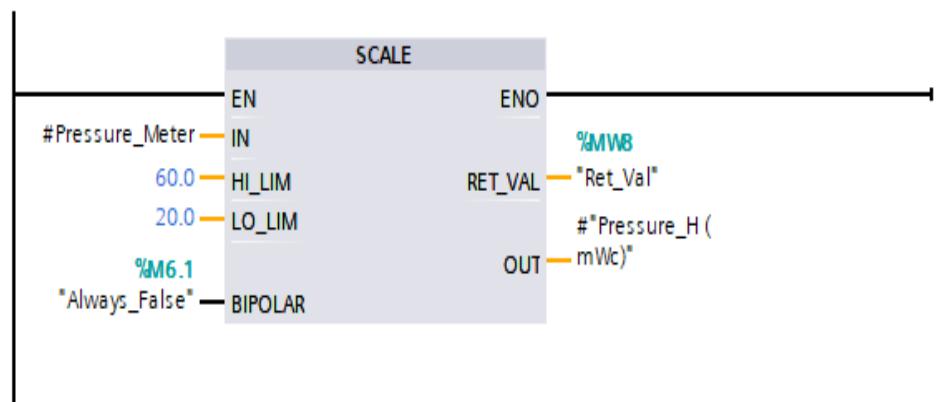
▼ Network 2:

Comment



▼ Network 3:

Comment



Network 1:

Comment

%DB3.DBX11.0

"Motor_Pumps".

M1_Q



Network 2:

Comment

%DB3.DBX11.1

"Motor_Pumps".

M2_Q

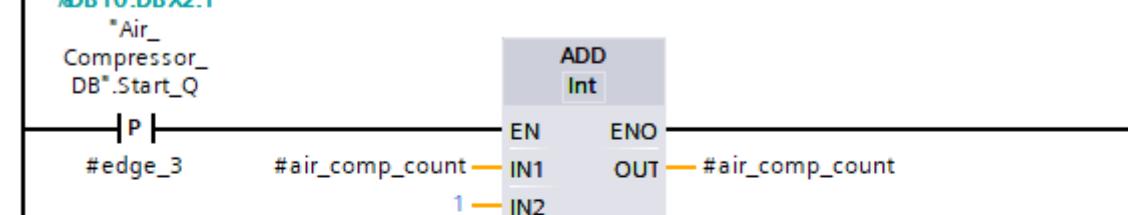


Network 3:

Comment

%DB10.DBX2.1

"Air_Compressor_DB".Start_Q



Network 4:

Comment

%DB12.DBX2.2

"Valve_DB".

Open_Q



▼ Network 5:

Comment

```
%DB7.DBX1.4
"Digital_Inputs".
 "I2.4 - Reset_
 Remote"
      MOVE
  EN   ENO
  0 — IN   OUT1 — #motor1_count
```

▼ Network 6:

Comment

```
%DB7.DBX1.4
"Digital_Inputs".
 "I2.4 - Reset_
 Remote"
      MOVE
  EN   ENO
  0 — IN   OUT1 — #motor2_count
```

▼ Network 7:

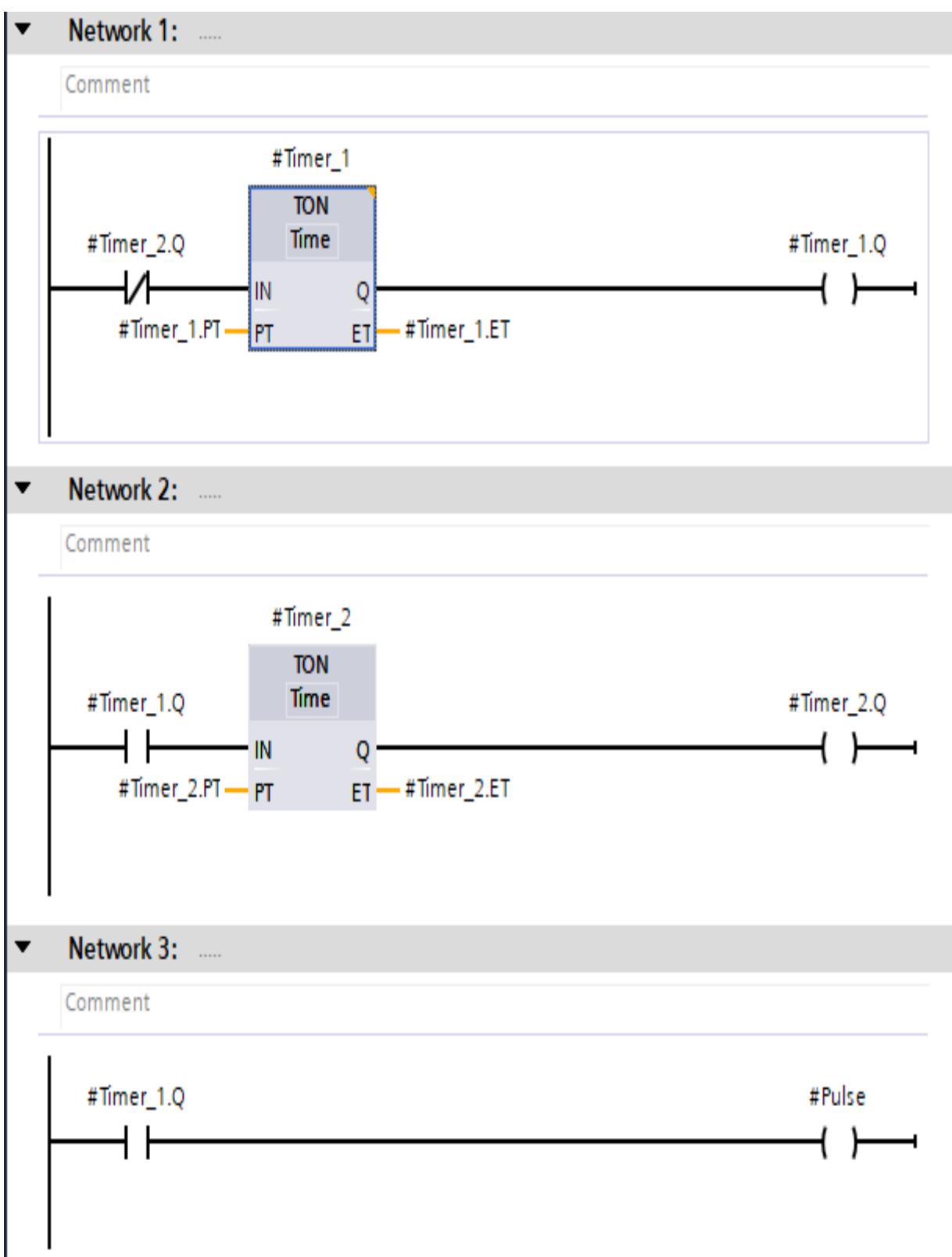
Comment

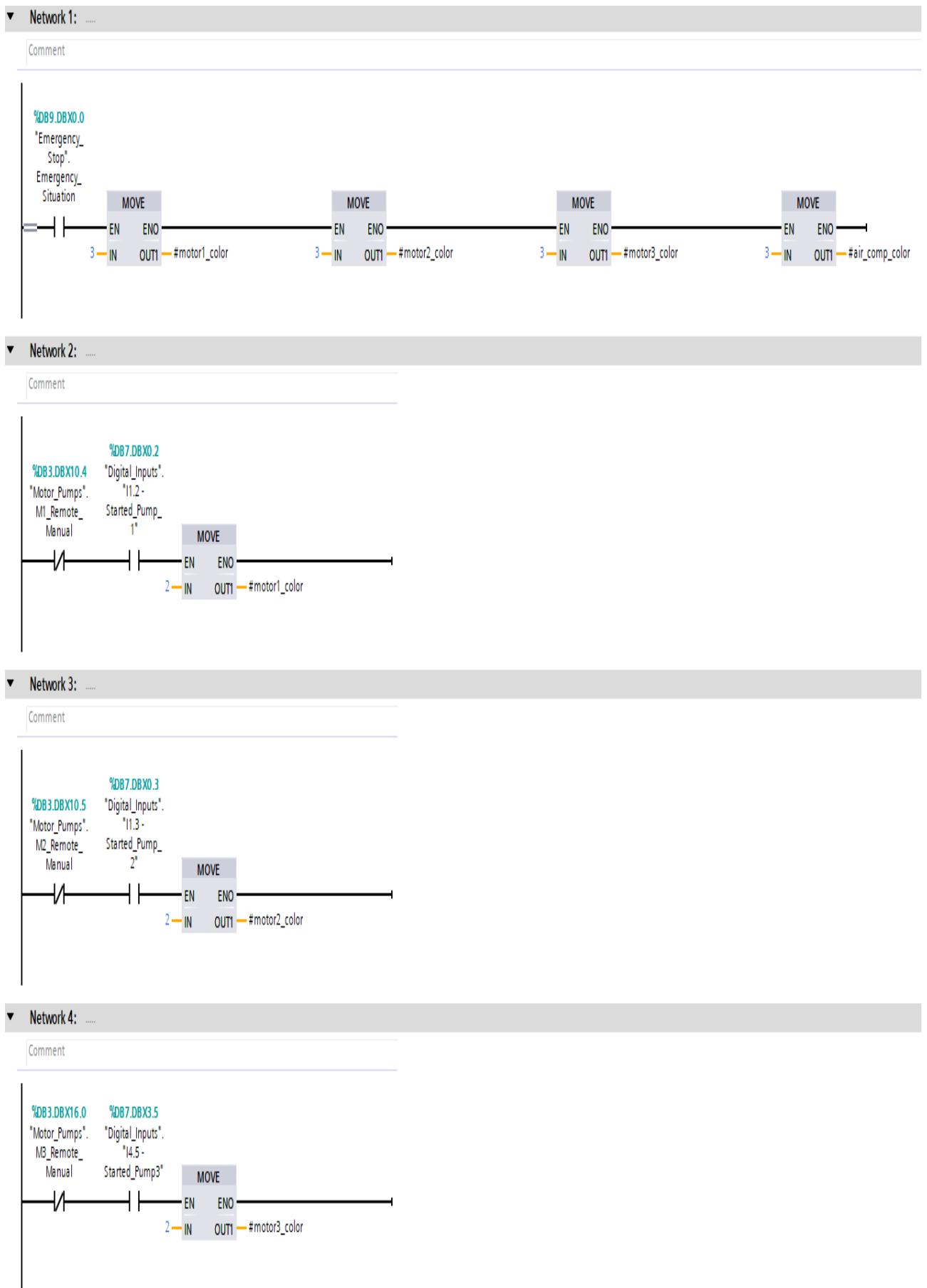
```
%DB7.DBX1.4
"Digital_Inputs".
 "I2.4 - Reset_
 Remote"
      MOVE
  EN   ENO
  0 — IN   OUT1 — #valve_count
```

▼ Network 8:

Comment

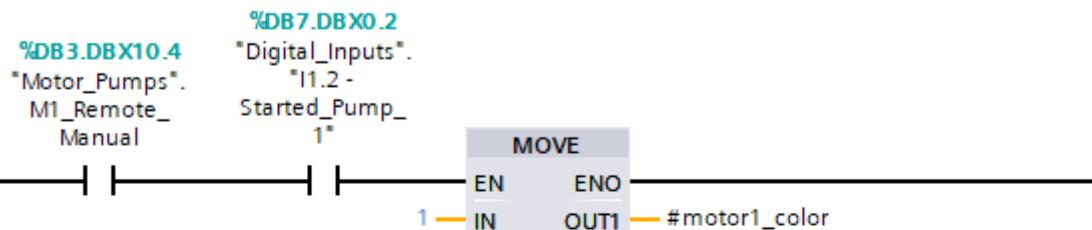
```
%DB7.DBX1.4
"Digital_Inputs".
 "I2.4 - Reset_
 Remote"
      MOVE
  EN   ENO
  0 — IN   OUT1 — #air_comp_count
```





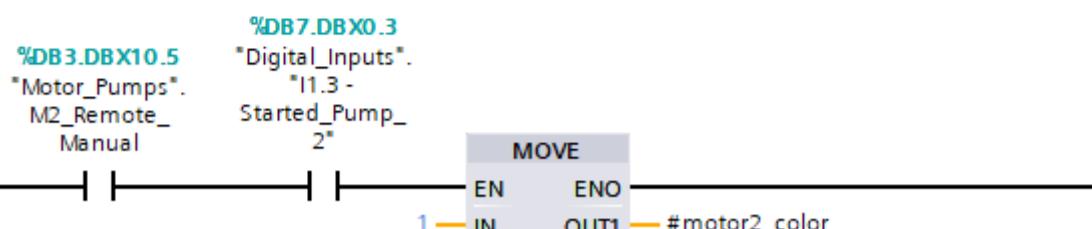
Network 5:

Comment



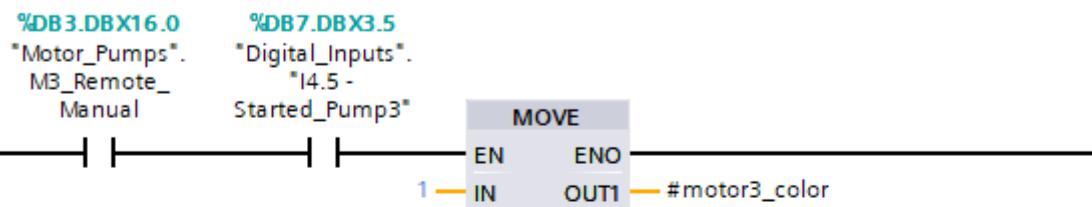
Network 6:

Comment



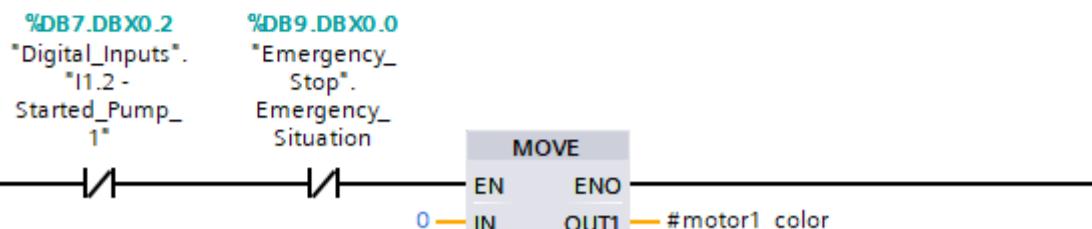
Network 7:

Comment



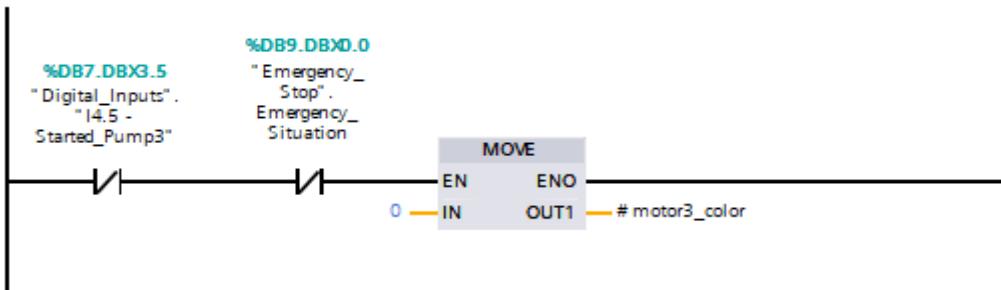
Network 8:

Comment



Network 10:

Comment



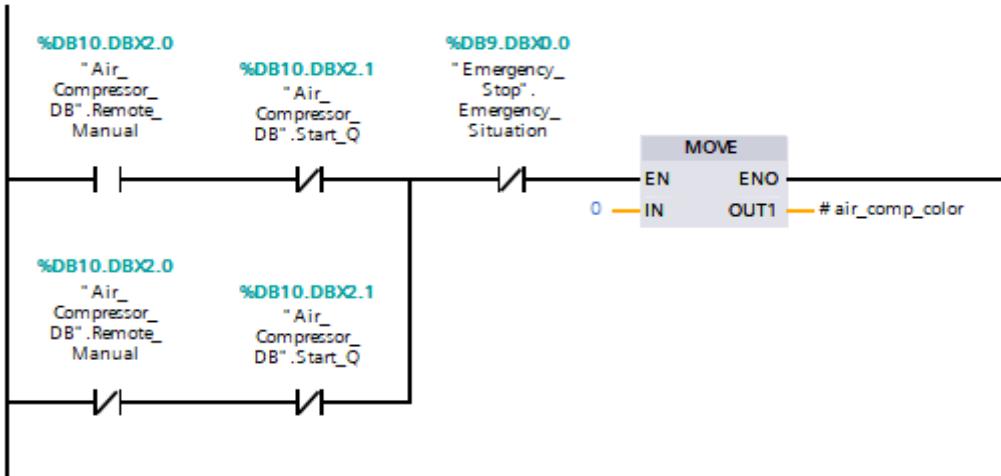
Network 11:

Comment



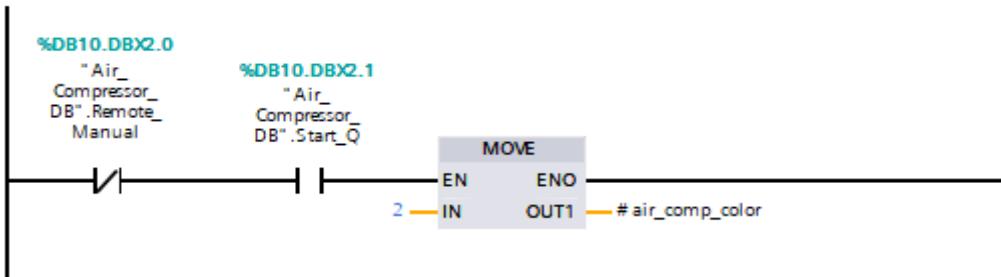
Network 12:

Comment



Network 13:

Comment



Network 1:

Comment

%DB3.DBX11.0
"Motor_Pumps".
M1_Q

%DB7.DBX0.2
"Digital_Inputs".
"I1.2 -
Started_Pump_
1"

Network 2:

Comment

%DB3.DBX11.1
"Motor_Pumps".
M2_Q

%DB7.DBX0.3
"Digital_Inputs".
"I1.3 -
Started_Pump_
2"

Network 3:

Comment

%DB3.DBX16.3
"Motor_Pumps".
M3_Q

%DB7.DBX3.5
"Digital_Inputs".
"I4.5 -
Started_Pump3"

Network 4:

Comment

%DB12.DBX2.2
"Valve_DB".
Open_Q

%MO.1
"Blink_Pulse"

%DB12.DBX2.4
"Valve_DB".
Opening

%DB19
"IEC_Counter_
1_DB"

CTD
Int

CD

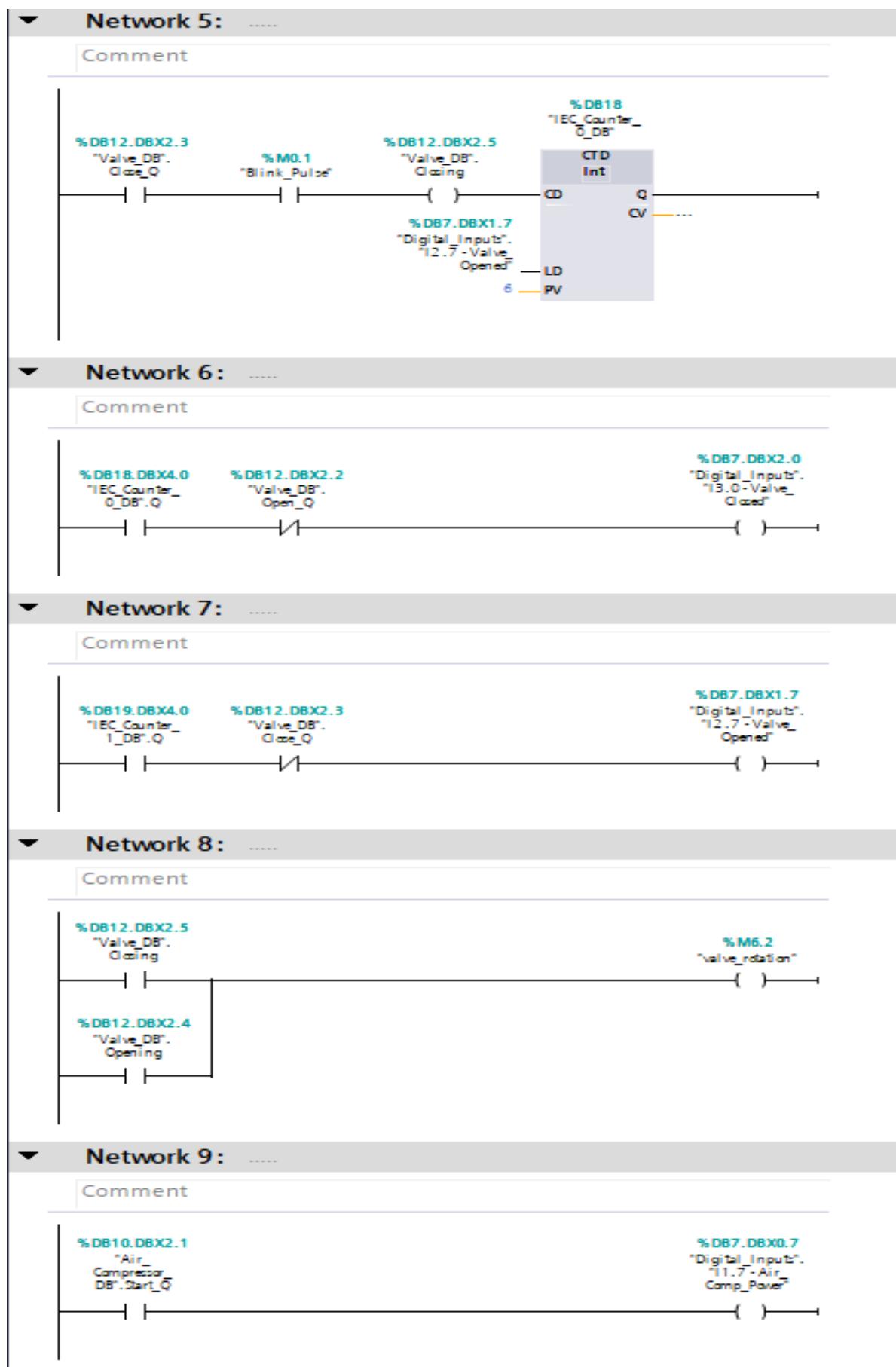
Q —————

CV —...

%DB7.DBX2.0
"Digital_Inputs".
"I3.0 - Valve_
Closed"

LD

6 — PV



```

1 //Transfer Signals to Alarm_Block
2 "Alarms_DB".Emergency_situation := "Emergency_Stop".Emergency_Situation;
3 "Alarms_DB".Fault_M1 := "Motor_Pumps".M1_Fault;
4 "Alarms_DB".Fault_M2 := "Motor_Pumps".M2_Fault;
5 "Alarms_DB".Overcurrent_Protection := NOT "Digital_Inputs"."I4.0 - Overcurrent_Protection";
6 "Alarms_DB".Thermistor_Pump1 := NOT "Digital_Inputs"."I3.3 - Thermistor_OK";
7 "Alarms_DB".Thermistor_Pump2 := NOT "Digital_Inputs"."I3.3 - Thermistor_OK";
8 "Alarms_DB".Auto_Switch_Pump1 := NOT "Digital_Inputs"."I1.4 - Auto_Switch_ON_P1";
9 "Alarms_DB".Auto_Switch_Pump2 := NOT "Digital_Inputs"."I1.5 - Auto_Switch_ON_P2";
10 "Alarms_DB".Voltage_NOT_OK := NOT "Digital_Inputs"."I2.5 - Voltage_OK";
11 "Alarms_DB".Valve_Fault_on_opening := "Valve_DB".Fault_on_Opening_Q;
12 "Alarms_DB".Valve_fault_on_closing := "Valve_DB".Fault_on_Closing_Q;
13 "Alarms_DB".Valve_ready_for_use := NOT "Digital_Inputs"."I2.6 - Valve_Ready_for_Use";
14 "Alarms_DB".Emergency.Buttons := NOT "Digital_Inputs"."I3.4 - Emergency_Stop_Button_OK";
15 "Alarms_DB".Water_Level_Upper_Lower_Level_Switch := NOT "Digital_Inputs"."I3.6 - Water_Level_Upper_Lower_Level_Switch";
16 "Alarms_DB".Water_Pressure_Under_Presostate_Adjust := "Digital_Inputs"."I3.5 - Water_Pressure_Under_Presostate_Adjust";

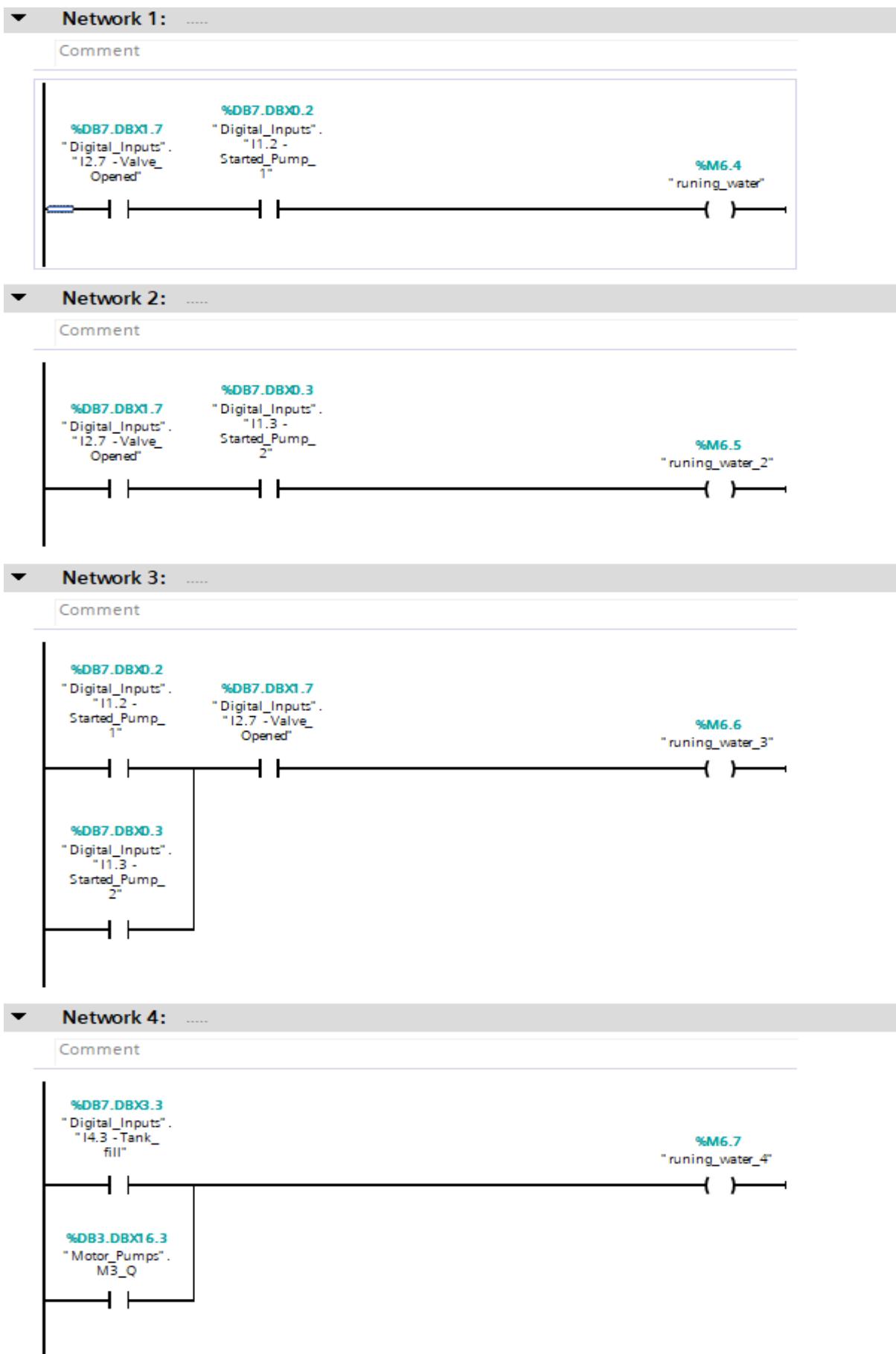
17 "Alarms_DB".Airspace_Level_Upper_Higher_Level_Switch := "Digital_Inputs"."I2.1 - Airspace_Upper_Higher_Level_Switch";
18 "Alarms_DB".Airspace_Level_Upper_Lower_Level_Switch := NOT "Digital_Inputs"."I2.2 - Airspace_Upper_Lower_Level_Switch";
19 "Alarms_DB".Air_Compressor_Fault := "Air_Compressor_DB".Fault;
20 "Alarms_DB".Air_Compressor_Auto_Switch_ON := NOT "Digital_Inputs"."I2.0 - Air_Comp_Auto_Switch_ON";
21 "Alarms_DB".Air_Compressor_No_Response := "Air_Compressor_DB".No_Response;
22 "Alarms_DB".Valve_Fault := "Valve_DB".Fault;
23 "Alarms_DB".Water_lvl_high := "Digital_Inputs"."I4.1 - Water_Level_High_Switch";
24 "Alarms_DB".Water_lvl_low := "Digital_Inputs"."I4.2 - Water_lvl_low";
25 "Alarms_DB".Valve_Pump_Mismatch := "Digital_Inputs"."I3.0 - Valve_Closed" AND ("Digital_Inputs"."I1.2 - Started_Pump_1" OR "Digital_Inputs"."I1.3 - Started_Pump_2");
26 "Alarms_DB".M3_Fault := "Motor_Pumps".M3_Fault;
27 "Alarms_DB".Tank_Filling := "Digital_Inputs"."I4.3 - Tank_fill";

```

```

1 "Events_DB".Started_P1 := "Digital_Inputs"."I1.2 - Started_Pump_1";
2 "Events_DB".Started_P2 := "Digital_Inputs"."I1.3 - Started_Pump_2";
3 "Events_DB".Remote_ON_P1 := "Digital_Inputs"."I1.0 - Remote_Control_P1";
4 "Events_DB".Remote_ON_P2 := "Digital_Inputs"."I1.1 - Remote_Control_P2";
5 "Events_DB".Remote_Auto_P1 := NOT "Motor_Pumps".M1_Remote_Manual;
6 "Events_DB".Remote_Auto_P2 := NOT "Motor_Pumps".M2_Remote_Manual;
7 "Events_DB".Valve_Closed := "Digital_Inputs"."I3.0 - Valve_Closed";
8 "Events_DB".Valve_Open := "Digital_Inputs"."I2.7 - Valve_Opened";
9 "Events_DB".Valve_Remote_ON := "Digital_Inputs"."I3.1 - Valve_Remote_Control";
10 "Events_DB".Valve_Remote_AUTO := NOT "Valve_DB".Remote_Manual;
11 "Events_DB".Air_Compressor_Remote_ON := "Digital_Inputs"."I1.6 - Air_Comp_Remote_Control";
12 "Events_DB".Air_Compressor_AUTO := NOT "Air_Compressor_DB".Remote_Manual;
13 "Events_DB".Air_Compressor_Open := "Digital_Inputs"."I1.7 - Air_Comp_Power";
14 "Events_DB".M3_Auto := NOT "Motor_Pumps".M3_Remote_Manual;
15 "Events_DB".M3_Manual_Start := "Motor_Pumps".M3_Remote_Man_Start;
16 "Events_DB".Auto_Fill := "Digital_Inputs"."I4.3 - Tank_fill";

```



```

1 "Analog_Inputs"."Flow_DINT" := REAL_TO_DINT("Analog_Inputs"."I0.0 - Flow");
2 "Analog_Inputs"."Level_DINT" := REAL_TO_DINT("Analog_Inputs"."I0.8 - Water_Level");
3 "Analog_Inputs"."Pressure_DINT" := REAL_TO_DINT("Analog_Inputs"."I0.4 - Pressure");

```

```

1 "MAL_BB100_MOTOR_DB_M1".Cooldown_Start.PT := "Move_Time_DB".Time_Delay_To_Start;
2 "MAL_BB100_MOTOR_DB_M2".Cooldown_Start.PT := "Move_Time_DB".Time_Delay_To_Start;
3
4 "MAL_BB100_MOTOR_DB_M1".Cooldown_Stop.PT := "Move_Time_DB".Time_Delay_To_Stop;
5 "MAL_BB100_MOTOR_DB_M2".Cooldown_Stop.PT := "Move_Time_DB".Time_Delay_To_Stop;
6

```

PLC tags							
	Name	Tag table	Data type	Address	Retain	Access...	Visible...
1	Flow_Meter_Val	Default tag table	Int	%MW0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
2	Pressure_Meter_Val	Default tag table	Int	%MW2		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
3	Water_Lvl_Val	Default tag table	Int	%MW4		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
4	Ret_Val	Default tag table	Word	%MW8		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
5	Trash_1	Default tag table	Bool	%M0.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
6	Always_True	Default tag table	Bool	%M6.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
7	Always_False	Default tag table	Bool	%M6.1		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
8	motor1_colors	Default tag table	Int	%IW2		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
9	motor2_colors	Default tag table	Int	%IW0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
10	Blink_Pulse	Default tag table	Bool	%M0.1		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
11	valve_rotation	Default tag table	Bool	%M6.2		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
12	air_compressor_colors	Default tag table	Int	%IW4		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
13	help_bit_1	Default tag table	Bool	%M6.3		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
14	graph_exchange	Default tag table	Int	%IW8		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
15	runing_water	Default tag table	Bool	%M6.4		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
16	runing_water_2	Default tag table	Bool	%M6.5		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
17	runing_water_3	Default tag table	Bool	%M6.6		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
18	motor3_colors	Default tag table	Int	%IW6		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
19	runing_water_4	Default tag table	Bool	%M6.7		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
20	well_valve	Default tag table	Bool	%M7.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Digital_Inputs						
	Name	Data type	Offset	Start value	Retain	Visible in ...
1	Static					
2	I1.0 - Remote_Control...	Bool	0.0	false	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
3	I1.1 - Remote_Control...	Bool	0.1	false	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
4	I1.2 - Started_Pump_1	Bool	0.2	false	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
5	I1.3 - Started_Pump_2	Bool	0.3	false	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
6	I1.4 - Auto_Switch_O...	Bool	0.4	false	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
7	I1.5 - Auto_Switch_O...	Bool	0.5	false	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
8	I1.6 - Air_Comp_Rem...	Bool	0.6	false	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
9	I1.7 - Air_Comp_Power	Bool	0.7	false	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
10	I2.0 - Air_Comp_Auto...	Bool	1.0	true	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
11	I2.1 - Airspace_Upper...	Bool	1.1	false	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
12	I2.2 - Airspace_Upper...	Bool	1.2	false	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
13	I2.3 - Reset_Button	Bool	1.3	false	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
14	I2.4 - Reset_Remote	Bool	1.4	false	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
15	I2.5 - Voltage_OK	Bool	1.5	true	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
16	I2.6 - Valve_Ready_for...	Bool	1.6	true	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
17	I2.7 - Valve_Opened	Bool	1.7	false	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
18	I3.0 - Valve_Closed	Bool	2.0	false	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
19	I3.1 - Valve_Remote_C...	Bool	2.1	true	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
20	I3.2 - Emergency_Sto...	Bool	2.2	true	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
21	I3.3 - Thermistor_OK	Bool	2.3	true	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
22	I3.4 - Emergency_Sto...	Bool	2.4	true	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
23	I3.5 - Water_Pressure_...	Bool	2.5	false	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
24	I3.6 - Water_Level_Up...	Bool	2.6	true	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
25	I3.7 - Close_System	Bool	2.7	false	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
26	I4.0 - Overcurrent_Pro...	Bool	3.0	true	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
27	I4.1 - Water_Level_Hig...	Bool	3.1	false	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
28	I4.2 - Water_Lvl_low	Bool	3.2	false	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
29	I4.3 - Tank_fill	Bool	3.3	false	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
30	I4.4 - Remote_Control...	Bool	3.4	true	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
31	I4.5 - Started_Pump3	Bool	3.5	false	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
32	I4.6 - Auto_Start_M3	Bool	3.6	true	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Analog_Inputs						
	Name	Data type	Offset	Start value	Retain	Visible in ...
1	Static					
2	I0.0 - Flow	Real	0.0	500.0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
3	I0.4 - Pressure	Real	4.0	30.0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
4	I0.8 - Water_Level	Real	8.0	350.0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
5	Flow_DINT	DInt	12.0	0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
6	Pressure_DINT	DInt	16.0	0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
7	Level_DINT	DInt	20.0	0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
8	Well_Pressure	Real	24.0	30.0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
9	Well_Water_Level	Real	28.0	60.0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Παράρτημα 2: Προκήρυξη Έργου

ΑΔΑ: ΩΓΛΑΟΕΧΔ-03Ρ



ΔΗΜΟΤΙΚΗ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΗ
ΥΔΡΕΥΣΗΣ ΑΠΟΧΕΤΕΥΣΗΣ
ΑΡΓΟΥΣ ΜΥΚΗΝΩΝ
ΘΕΜΑ 5^ο
Αριθμ. Αποφ. 87/2018

ΑΠΟΣΠΑΣΜΑ
Από το πρακτικό της υπ' αριθμ. 7ης
συνεδρίασης του Δ.Σ. της Δ.Ε.Υ.Α.ΑΡ.Μ.
στις 3-7-2018

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Εγκριστη Τεχνικής μελέτης του έργου με τίτλο
«ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ Η/Μ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ ΤΗΣ Ε.Ε.Λ.
ΑΡΓΟΥΣ-ΝΑΥΠΛΙΟΥ»

Στο Αργος και στο Δημοτικό Κατάστημα, σήμερα την 3η Ιουλίου 2018, ημέρα Τρίτη και ώρα 11:30 π.μ. συνήλθε σε πρώτη τακτική συνεδρίαση το Διοικητικό Συμβούλιο της επιχείρησης, ύστερα από την πρόστιληση του Προέδρου του Διοικητικού Συμβουλίου με αριθμό πρωτ. 1248/27-06-2018 που επιδόθηκε σύμφωνα με τις διατάξεις του άρθρου 4 παρ. 2 του Ν. 1069/80, όπως αυτός τροποποιήθηκε από τον Ν.4483/2017 σε κάθε ένα μέλος του Διοικητικού Συμβουλίου, για να συζητήσει και να λάβει αποφάσεις σχετικά με τα εγγεγραμμένα θέματα της ημερησίας διατάξεως.

Διαπιστώθηκε ότι υπάρχει νόμιμη απαρτία, γιατί επί συνόλου (11) Μελών στη συνεδρίαση παρευρέθησαν (7) ήτοι:

ΠΑΡΟΝΤΕΣ

Δημήτριος Καμπόσος
Παναγιώτης Σκούφης
Δημήτριος Κρίγος
Νικόλαος Γκαβούνος **
Αικατερίνη Δανούση - Μπόμπου
Βαρβάρα Γιαννούση
Ιωάννης Νταγιάκας

ΑΠΟΝΤΕΣ

Αγγελική Σταμέλου
Φώτιος Κολεβέντης
Αικατερίνη Ταραντίλη
Σπύρος Τσετσέκος
Δεν προσήλθαν αν και νομίμως
προσεκλήθησαν

** Ο κος. Νικόλαος Γκαβούνος αναπληρωτής του κ. Δημητρίου Τσίρου,
απόφαση Δημοτικού Συμβουλίου 73/17-3-2017

Στην συνεδρίαση παρευρίσκονται ως εισηγητές των θεμάτων :

- Ο Γενικός Διευθυντής της Δ.Ε.Υ.Α.ΑΡ.Μ κ. Ιωάννης Καχριμάνης
- Ο Προϊστάμενος Διοικητικών και Οικονομικών υπηρεσιών κ. Δημήτριος Ντούλιας

Για τη τήρηση των πρακτικών της συνεδρίασης παρευρίσκεται ο Διοικητικός Υπάλληλος και Γραμματέας του Δ.Σ κ. Αθανάσιος Καρυάμης

Ο Πρόεδρος του Διοικητικού Συμβουλίου της επιχείρησης κ. Δημήτριος Καμπόσος, Δήμαρχος Αργους Μυκηνών, ειστηγούμενος το 5^ο θέμα της ημερησίας διατάξεως δίδει τον λόγο στο Γενικό Διευθυντή κ. Ιωάννη Καχομάνη ο οποίος καταθέτει στα μέλη του Δ.Σ την υπ' αριθμ. 1285/3-7-2018 εισήγηση της Τ.Υ προς τον Γενικό Δ/ντη και λέγει τα κάτωθι:

“Στην Ε.Ε.Λ. Αργους - Ναυπλίου είναι αναγκαία η εκτεταμένη αντικατάσταση του εξοπλισμού λόγω της παλαιότητας και των φθορών που έχει υποστεί. Οι φθορές αυτές προκαλούν βλάβες σε καθημερινή βάση με αποτέλεσμα τη μη εύρουθμη λειτουργία της εγκατάστασης.

Για τον σκοπό αυτό συντάχθηκε από την Τεχνική Υπηρεσία της Δ.Ε.Υ.Α.ΑΡ.Μ. η τεχνική μελέτη με τίτλο «ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ Η/Μ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ ΤΗΣ Ε.Ε.Λ. ΑΡΓΟΥΣ- ΝΑΥΠΛΙΟΥ», η οποία αφορά στις εργασίες που απαιτούνται για την αναβάθμιση των εγκαταστάσεων της Ε.Ε.Λ. Αργους - Ναυπλίου, ούτως ώστε επανέλθει η λειτουργικότητα και η αποδοτικότητα της εγκατάστασης στην αρχική της κατάσταση. Επίσης με την μελέτη αυτή προβλέπονται και οι εργασίες που απαιτούνται για την αποκατάσταση των αγωγών προσαγωγής στην Ε.Ε.Λ. από τις πόλεις του Αργους και Ναυπλίου, στα σημεία εισροής υδάτων από τον υπόγειο υφάλμυρο υδροφορέα, με αποτέλεσμα την οξείδωση του Η/Μ εξοπλισμού της εγκατάστασης.

Συνοπτικά στο έργο περιλαμβάνονται οι παρακάτω εργασίες:

Α) Η εκτεταμένη αντικατάσταση του Η/Μ εξοπλισμού σχεδόν στο σύνολο των μονάδων της Ε.Ε.Λ. λόγω των φθορών (παλαιότητα και άλλες βλάβες) που έχει υποστεί.

Ενδεικτικά και όχι περιοριστικά ο Η/Μ εξοπλισμός περιλαμβάνει κυρίως αντλίες (υποβρύχιες και ιλύος), σωληνώσεις αντλιοστασίων υδάτων, συμπαγές σύστημα προεπεξεργασίας και βιθρολυμάτων (compact), μεταλλικές εσχάρες και κιγκλιδώματα, ξέστρα καθίζησης και πάχυνσης κ.α..

Επίσης απαιτείται η πλήρης αντικατάσταση του δικτύου διανομής Ηλεκτρικής Ισχύος στις εγκαταστάσεις υποδομής της Ε.Ε.Λ., καθώς και του υφιστάμενου εξοπλισμού SCADA. Ο νέος εξοπλισμός SCADA επιβάλλεται λόγω της αντικατάστασης του Η/Μ εξοπλισμού σε συνδυασμό με την ζητούμενη δυνατότητα επέκτασης του. Πρόκειται για νέου τύπου SCADA με σύγχρονες οθόνες παρακολούθησης όλων των παραμέτρων της εγκατάστασης ανά μονάδα επεξεργασίας.

Β) Εργασίες αναβάθμισης και αποκατάστασης (εκτός του προαναφερόμενου Η/Μ εξοπλισμού) που αφορούν σε εργασίες αποκατάστασης βλαβών και ζημιών στο δομικό μέρος της συνολικής εγκατάστασης (π.χ. στοιχεία οπλισμένου σκυροδέματος κατά κύριο λόγο και δομικού χάλυβα δευτερευόντως), επί των δεξαμενών και επί των κτιριακών εγκαταστάσεων, κυρίως λόγω παλαιότητας

αυτών και βαριάς συσσωρευμένης περιβαλλοντικής προσβολής των δομικών φερόντων στοιχείων (οξειδώσεις των ράβδων σιδηροπλισμού και στοιχείων δομικού χάλυβα). Οι μονάδες στις οποίες θα γίνουν οι εκτεταμένες αυτές εργασίες είναι: η μονάδα βιθρολυμάτων, η προεπεξεργασία, το κτίριο αφυδάτωσης, η βιολογική βαθμίδα και οι δεξαμενές καθίζησης.

Γ) Συμπληρωματικά προς τα ανωτέρω, προβλέπεται να επεκταθούν τα έργα εσωτερικής δενδροφύτευσης της εγκατάστασης και αναβαθμιστούν – συμπληρωθούν τα βοηθητικά δίκτυα υποδομής (δίκτυο άρδευσης, περίφραξη, κλπ)».

Δ) Εργασίες στεγανοποίησης των αγωγών προσαγωγής στην Ε.Ε.Λ., των λυμάτων Αργους και Ναυπλίου, προκειμένου να μειωθούν οι εισροές του υφάλμυρου υδροφορέα με τις δυσμενείς επιπτώσεις στην απαξίωση και πάλι του Η/Μ εξοπλισμού της Ε.Ε.Λ. και κατά συνέπεια της ενεργειακής επιβάρυνσης λειτουργίας και συντήρησης αυτής και τέλος

Ε) Την δοκιμαστική λειτουργία της εγκατάστασης με τον νέο εξοπλισμό για διάστημα έξη (6) μηνών από τον ανάδοχο και τέλος

Ο προϋπολογισμός του συνολικού έργου ανέρχεται στο ποσό των 3.100.000,00 € χωρίς Φ.Π.Α.».

Το Διοικητικό Συμβούλιο, μετά από διαλογική συζήτηση,

ΟΜΟΦΩΝΑ ΑΠΟΦΑΣΙΖΕΙ

Την έγκριση της Τεχνικής μελέτης του έργου με τίτλο «**ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ Η/Μ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ ΤΗΣ Ε.Ε.Λ. ΑΡΓΟΥΣ - ΝΑΥΠΛΙΟΥ**» όπως αυτή συντάχθηκε από την Τεχνική Υπηρεσία της Δ.Ε.Υ.Α.ΑΡ.Μ.

Η απόφαση αυτή έλαβε αύξοντα αριθμ. 87/2018

Αφού συντάχθηκε η απόφαση αυτή υπογράφεται ως ακολούθως:

Ο Πρόεδρος

Δημήτριος Καμπόσος
Δήμαρχος Αργους – Μυκηνών

ΤΑ ΜΕΛΗ

Παναγιώτης Σκούφης
Δημήτριος Κρίγγος
Αικατερίνη Δανούση - Μπόμπου
Νικόλαος Γκαβούνος
Βαρβάρα Γιαννούση
Ιωάννης Νταγιάκας