



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΙΣΧΥΟΣ

Ανάπτυξη Αυτοματισμού
Συστήματος Άρδευσης Πρασίνου
της TRAM Α.Ε.

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Σωτήριος Ν. Ρήγας

Επιβλέπων : Γεώργιος Κορρές
Αν. Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Ιούλιος 2007



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΙΣΧΥΟΣ

**Ανάπτυξη Αυτοματισμού
Συστήματος Άρδευσης Πρασίνου
της TRAM Α.Ε.**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Σωτήριος Ν. Ρήγας

Επιβλέπων : Γεώργιος Κορρές
Αν. Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την 12^η Ιουλίου 2007.

.....
Γ. Κορρές
Αν. Καθηγητής Ε.Μ.Π.

.....
Α. Κλαδάς
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

.....
Κ. Πεκμεστζή
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Ιούλιος 2007

.....

Σωτήριος Ν. Ρήγας

Διπλωματούχος Ηλεκτρολόγος Μηχανικός και Μηχανικός Υπολογιστών Ε.Μ.Π.

Copyright © Σωτήριος Ν. Ρήγας, 2007

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

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

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

Περίληψη

Ο σκοπός της διπλωματικής εργασίας ήταν η ανάπτυξη του αυτοματισμού αντλιοστασίου, άρδευσης πρασίνου, εγκαταστημένου στη Νέα Σμύρνη, μέσω του οποίου καλύπτονται οι τοπικές ανάγκες άρδευσης του Δήμου και οι ανάγκες άρδευσης πρασίνου του TPAM Αθηνών στην ανωτέρω περιοχή.

Το αντλιοστάσιο αποτελείται από ένα συγκρότημα αντλιών, οι οποίες τροφοδοτούν τον κλάδο του TPAM και τον κλάδο του Δήμου. Οι αντλίες τροφοδοτούνται με νερό από παρακείμενη δεξαμενή του Δήμου, η οποία πληρώνεται από μία γεώτρηση κατά προτεραιότητα και σε περίπτωση μη επαρκείας της από το δίκτυο της ΕΥΔΑΠ. Η βασική αρχή λειτουργίας του αντλιοστασίου, λόγω του μεγάλου μήκους του δικτύου παροχής ύδατος του TPAM, είναι να εξασφαλίζει ελεγχόμενη πίεση ύδατος σε όλο το δίκτυο στην περιοχή της Νέας Σμύρνης. Η απαίτηση αυτή για ελεγχόμενη πίεση ύδατος, επιτυγχάνεται μεταβάλλοντας τη συχνότητα λειτουργίας των αντλιών μέσω ενός ρυθμιστή στροφών (Inverter) και αλγορίθμων ελέγχου PID, που ελέγχονται από έναν προγραμματιζόμενο λογικό ελεγκτή (PLC) της σειράς Micrologix1500 του οίκου Allen Bradley.

Στο πρώτο μέρος της εργασίας αυτής γίνεται η γενική περιγραφή του συστήματος αυτοματισμού, αναλύοντας τα βασικά μέρη του και την αρχή λειτουργίας του συστήματος άρδευσης. Ακόμα, παρουσιάζεται η τεχνική περιγραφή του έργου, η οποία βασίζεται στη μελέτη που έγινε για την κατασκευή του αντλιοστασίου, που θα εξυπηρετεί τις ανάγκες ύδρευσης και αφορά μόνο την ηλεκτρολογική εγκατάσταση του έργου. Ακολουθεί το βασικό μέρος της εργασίας αυτής στο τρίτο κεφάλαιο, όπου επεξηγείται η σχεδίαση του αυτοματισμού του αντλιοστασίου. Στο δεύτερο μέρος γίνεται η περιγραφή και η ανάλυση λειτουργίας των προγραμματιζόμενων λογικών ελεγκτών της Allen Bradley (σειράς Micrologix1500) και του περιβάλλοντος προγραμματισμού RSLogix 500, με το οποίο πραγματοποιείτε ο προγραμματισμός τους. Στη συνέχεια παρουσιάζεται η ανάλυση τους προγράμματος, που αναπτύχθηκε στα πλαίσια του έργου. Τέλος, σε ξεχωριστά κεφάλαια παρουσιάζονται εποπτικός έλεγχος του συστήματος αυτοματισμού και τα βασικά μέρη του ηλεκτρολογικού εξοπλισμού αυτού.

Λέξεις Κλειδιά

Αυτοματισμός, Αντλιοστάσιο, Προγραμματιζόμενος Λογικός Ελεγκτής (PLC), Αντιστροφέας (Inverter), Ελεγκτής PID, Micrologix1500 & RSLogix 500 (Allen Bradley), Συστήματα Εποπτικού Ελέγχου (SCADA)

Abstract

The scope of this thesis was the development of the automation for a irrigation pumping station, which works in Nea Smirni, via which are covered the local needs of irrigation of Municipality and the needs of irrigation green to the TRAM in the above region.

The pumping station it is composed by two groups of pumps, which supply the TRAM and the Municipality. The pumps are supplied with water from a reservoir, which is paid by a drilling and in case of not sufficiency of drilling then by the network of EIDAP. The basic operation to pumping station is to ensures constant water pressure in the entire network in the region of Nea Smirni although the big length of the network. This requirement for constant pressure of water is achieved using the Programmable Logic Controller (PLC) Micrologix1500 of Allen Bradley, two inverters for the groups of pumps and a PID Controller.

The first part of this thesis is the general description of the irrigation pumping station, analyzing the basic parts and the basic operation of this. Moreover, is presented the technical description, which is based on the study that became for the manufacture the pumping station, which will serve the needs of water supply and concerns only the electrical installation of work. It follows, the basic part of this work in the third chapter, where is explained the designing of automation system. In the second part become the description of controller Micrologix1500 and the environment of programming software RSLogix 500. Finally, in separate chapters are presented the development of program, the supervisory control of automation system and some basic parts of the electrical equipment.

KeyWords

Automation, Pumping Station, Programmable Logic Controller (PLC), Inverter, PID Controller, Micrologix1500 & RSLogix 500 (Allen Bradley), Supervisory Control Systems (SCADA)



Πίνακας περιεχομένων

1	Περιγραφή του αντλιοστασίου	15
1.1	Γενικά	15
1.2	Αρχή λειτουργίας	17
1.3	Συγκρότημα αντλιών.....	18
1.4	Δεξαμενή τροφοδοσίας.....	19
1.5	Αντλία γεώτρησης.....	20
1.6	Αντλία ακαθάρτων	20
1.7	Φίλτρα καθάρσεως.....	21
2	Γενική τεχνική περιγραφή	22
2.1	Εισαγωγή	22
2.2	Εξυπηρέτηση αναγκών άρδευσης	22
2.3	Κατανομή δαπανών χρήσεως αντλιοστασίου	23
2.4	Ηλεκτρολογική εγκατάσταση	24
2.4.1	<i>Εγκατάσταση του αντλιοστασίου.....</i>	<i>24</i>
2.4.2	<i>Ηλεκτρικός πίνακας.....</i>	<i>24</i>
2.5	Κεντρική Μονάδα Ελέγχου (PLC)	27
2.6	Ρυθμιστής στροφών (inverter)	29
3	Σχεδίαση συστήματος αυτοματισμού	32
3.1	Εισαγωγή	32
3.2	Βαθμονόμηση των αναλογικών εισόδων / εξόδων	33
3.3	Ο ελεγκτής PID.....	34
3.4	Καθορισμός απαιτούμενων αντλιών.....	36
3.5	Έναρξη & παύση των αντλιών.....	38
3.6	Καθορισμός του τρόπου λειτουργίας των αντλιών	41
3.7	Έλεγχος ανάδρασης λειτουργίας των αντλιών.....	42
3.8	Πλήρωση της δεξαμενής.....	43
3.9	Λειτουργία αντλίας ακαθάρτων	45

3.10	Λειτουργία φίλτρων γεώτρησης και ΕΥΔΑΠ	46
3.11	Καθορισμός βλαβών των αντλιών.....	46
3.12	Μέτρηση παροχής	47
3.13	Μέτρηση χρόνου λειτουργίας & εκκινήσεων αντλιών.....	48
4	Προγραμματιζόμενοι λογικοί ελεγκτές Allen-Bradley Micrologix 1500	50
4.1	Ιστορική αναδρομή	50
4.2	Περιγραφή και λειτουργία του PLC	51
4.3	Περιγραφή του PLC Micrologix 1500.....	52
4.4	Δομή του Micrologix 1500	53
4.4.1	Κεντρική Μονάδα Επεξεργασίας (CPU)	53
4.4.2	Κάρτες Εισόδου/Εξόδου (I/O).....	54
4.4.3	Συσκευές Επικοινωνίας (Interface Device).....	55
4.4.4	Προσομοίωση Εισόδων – Εξόδων (Simulation)	55
5	Πακέτο λογικού προγραμματισμού RSLogix 500.....	56
5.1	Βασικές λειτουργίες.....	56
5.2	Το περιβάλλον λογισμικού	58
5.3	Εντολές προγραμματισμού (Instructions).....	59
5.4	Αρχεία δεδομένων (Data Files).....	62
6	Ανάλυση προγράμματος.....	64
6.1	Εισαγωγή	64
6.2	Το αρχείο δεδομένων (Data File) του προγράμματος.....	65
6.3	Ανάλυση Προγράμματος	67
6.3.1	LAD-2 : Main.....	67
6.3.2	LAD-15 : Mirror.....	67
6.3.3	LAD-4 : Fault	68
6.3.4	LAD-5 : Tstarts.....	68
6.3.5	LAD-6 : Xronoi.....	69
6.3.6	LAD-7 : Time-done.....	70
6.3.7	LAD-8 : Need 123 / LAD-9 : Need 456	71
6.3.8	LAD-10 : Enall 123 / LAD-11 : Enall 456.....	75

6.3.9	<i>LAD-12 : Geo-eydap</i>	78
6.3.10	<i>LAD-13 : Akatharta</i>	81
6.3.11	<i>LAD-14 : Analogs</i>	81
6.3.12	<i>LAD-16 : Start-123 / LAD-17 : Start-456</i>	81
6.3.13	<i>LAD-18 : Stop_123 / LAD-19 : Stop_456</i>	83
6.3.14	<i>LAD-20 : Hb_geo</i>	84
6.3.15	<i>LAD-21 : Hb_eydap</i>	85
6.3.16	<i>LAD-22 : Flowmeter</i>	86
6.3.17	<i>LAD-3: Damage</i>	88
7	Εποπτικός έλεγχος	89
7.1	Διαβάθμιση των συσκευών εποπτικού ελέγχου.....	89
7.2	Συστήματα λήψης δεδομένων SCADA	90
7.3	Σχεδίαση συστήματος SCADA για το αντλιοστάσιο.....	90
7.4	Οθόνες ενδείξεων με πληκτρολόγιο (panel)	91
7.5	Λειτουργίες των panel.....	92
8	Ηλεκτρολογικός εξοπλισμός	94
8.1	Προγραμματιζόμενος λογικός ελεγκτής (PLC)	94
8.1.1	<i>Βασική μονάδα</i>	94
8.1.2	<i>Κεντρική μονάδα επεξεργασίας (CPU)</i>	95
8.1.3	<i>Κάρτες Ψηφιακών Εισόδων</i>	95
8.1.4	<i>Κάρτες Ψηφιακών Εξόδων</i>	95
8.1.5	<i>Κάρτα Αναλογικών Εισόδων</i>	95
8.1.6	<i>Κάρτα Αναλογικών Εξόδων</i>	96
8.1.7	<i>Συσκευή Επικοινωνίας</i>	96
8.1.8	<i>Ρολόι Πραγματικού Χρόνου & Επέκταση μνήμης (κάρτα EPROM)</i>	96
8.2	Ρυθμιστής στροφών (Inverter)	97
8.2.1	<i>Τεχνικά χαρακτηριστικά</i>	97
8.2.2	<i>Βασικές λειτουργίες</i>	99
8.2.3	<i>Διαμορφώσιμες εφαρμογές I/O</i>	99
8.3	Εκκινητής (Soft Starter).....	102
8.4	Αισθητήρια Μετρήσεων	103

8.4.1	<i>Μεταδότης πίεσης.....</i>	<i>103</i>
8.4.2	<i>Μεταδότης πίεσης για μέτρηση στάθμης.....</i>	<i>103</i>
9	Βιβλιογραφία	105

1

Περιγραφή του αντλιοστασίου

1.1 Γενικά

Η βασική ιδέα για την κατασκευή του αντλιοστασίου (εικόνα 1), ήταν η κατασκευή ενός συγχρόνου και πλήρως ηλεκτρονικά ελεγχόμενου αντλιοστασίου, το οποίο να μπορεί να εξυπηρετεί τις ανάγκες άρδευσης του πρασίνου του TPAM, σε όλη την περιοχή της Νέας Σμύρνης. Η σημαντικότερη απαίτηση είναι, λόγω του μεγάλου μήκους του δικτύου παροχής ύδατος του TPAM, η εξασφάλιση ελεγχόμενης πίεσης ύδατος σε όλο το μήκος του δικτύου.

Το αντλιοστάσιο βρίσκεται 40cm κάτω από την επιφάνεια του εδάφους (υπόγειο), συγκεκριμένα σε πάρκο του Δήμου και έχει εξωτερικές διαστάσεις 9,80m x 3,70m και βάθους 4,00m. Η κάτοψη εσωτερικού εμβαδού είναι 6,50m x 3,10m και ύψους 2,50m. Στην οροφή του έχει διαμορφωθεί φρεάτιο ορθογωνικής διατομής, διαστάσεων 1,60m x 1,00m, μέσω του οποίου γίνεται η πρόσβαση στο εσωτερικό του και η τοποθέτηση ή απομάκρυνση του εγκατεστημένου εξοπλισμού.

Επί του τοιχίου έχει εγκατασταθεί χαλύβδινη κλίμακα με αντιολισθητικά σκαλοπάτια. Το φρεάτιο καλύπτεται από δύο χαλύβδινα στεγανά καλύμματα από αντιολισθητική λαμαρίνα, διαστάσεων 1,10m x 0,85m, στερεωμένα στη μία πλευρά με αρθρωτούς συνδέσμους, με χειρολαβές και υποδοχείς λουκέτου, ώστε να κλειδώνουν με ασφάλεια.



Εικόνα 1. Μερική άποψη του αντλιοστασίου

Στο σχήμα 1.1 παρουσιάζεται μια γραφική παράσταση του αυτοματισμού του συστήματος άρδευσης πρασίνου. Η άρδευση πρασίνου για το TPAM και το Δήμο γίνεται μέσω δύο συστοιχιών αντλιών, οι οποίες λειτουργούν ανεξάρτητα μεταξύ τους τροφοδοτώντας χωριστά κυκλώματα άρδευσης. Η πρώτη συστοιχία εξυπηρετεί αποκλειστικά κλάδο του TPAM και η δεύτερη εξυπηρετεί κλάδο του TPAM και έναν κλάδο για τις τοπικές ανάγκες του Δήμου.

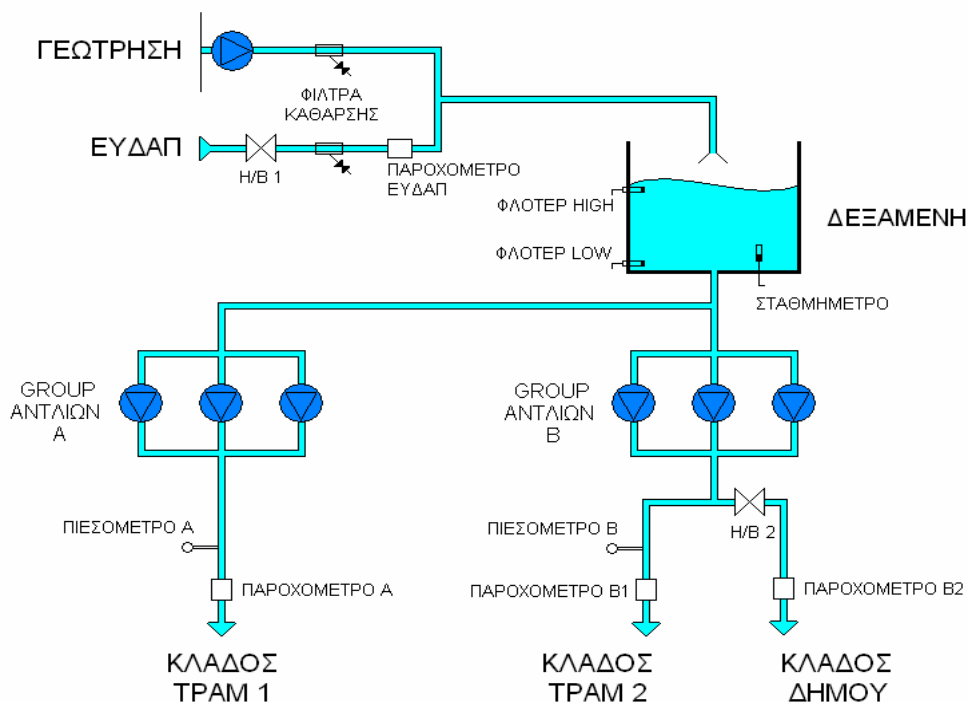
Το συγκρότημα αντλιών τροφοδοτείται με νερό από παρακείμενη δεξαμενή του αντλιοστασίου, η οποία με τη σειρά της τροφοδοτείται από παρακείμενη γεώτρηση του Δήμου κατά προτεραιότητα και σε περίπτωση μη επαρκείας της, από το δίκτυο της ΕΥΔΑΠ μέσω αντίστοιχης ηλεκτροβάνας (H/B 1). Πριν από την είσοδο νερού στη δεξαμενή υπάρχουν δύο φίλτρα καθάρσεως.

Η παρακολούθηση της στάθμης ύδατος της δεξαμενής γίνεται από τον αναλογικό αισθητήρα μέτρησης στάθμης (σταθμήμετρο) και τους διακόπτες στάθμης τύπου πλωτήρα (φλοτέρ high & low), που είναι τοποθετημένοι σε κατάλληλα σημεία εντός της, ώστε να δίνουν τα σήματα ανώτερης και κατώτερης στάθμης ύδατος.

Η εκκίνηση και η λειτουργία των αντλιών εξασφαλίζεται μέσω δύο ρυθμιστών στροφών (inverters), έναν για κάθε συστοιχία αντλιών, οι οποίοι ελέγχονται από την κεντρική μονάδα ελέγχου (PLC) του συστήματος αυτοματισμού.

Η μέτρηση της διαφορικής πίεσης της παροχής ύδατος των κλάδων γίνεται από αισθητήρια διαφορικής πίεσεως (πιεσόμετρα), τα οποία δίνουν σήματα στη κεντρική μονάδα ελέγχου (PLC) και έτσι επιτυγχάνεται η σταθερή πίεση του συστήματος, συγκρίνοντας την πραγματική με την επιθυμητή τιμή πίεσης στο επιτρεπτό εύρος παροχής. Τέλος, η παροχή νερού από τη γεώτρηση, η εισροή νερού από το δίκτυο της ΕΥΔΑΠ καθώς και η κατανάλωση νερού στα τρία δίκτυα παρακολουθούνται μέσω υδρομέτρων (παροχόμετρων) με ηλεκτρική έξοδο παλμού, τοποθετημένων σε κατάλληλα σημεία του συστήματος. Τα υδρόμετρα μεταφέρουν τις σχετικές ενδείξεις στο PLC.

Στις επόμενες παραγράφους περιγράφονται αναλυτικά η αρχή λειτουργίας και τα βασικά μέρη του συστήματος ύδρευσης.



Σχήμα 1.1 Γραφική παράσταση του συστήματος αυτοματισμού του αντλιοστασίου

1.2 Αρχή λειτουργίας

Η βασική αρχή λειτουργίας του αντλιοστασίου είναι να εξασφαλίζει ελεγχόμενη πίεση ύδατος σε όλο το μήκος του δικτύου παροχής ύδατος του TRAM, στην περιοχή της Νέας Σμύρνης. Συνεπώς, οι αντλίες του συγκροτήματος λειτουργούν προσπαθώντας να διατηρήσουν την πίεση σταθερή σε μια προεπιλεγθείσα τιμή.

Επομένως, όταν έχουμε απαίτηση παροχής, τίθεται αμέσως σε λειτουργία η πρώτη αντλία, η οποία ενεργοποιείται αμέσως από την πτώση πίεσης του συστήματος. Η ομαλή εκκίνηση εξασφαλίζεται από το ρυθμιστή στροφών (inverter) και η συνεχής ρύθμιση της πίεσης γίνεται μέσω του ελεγκτή PID που λειτουργεί ελεγχόμενος αποκλειστικά, όπως και ο inverter, από την κεντρική μονάδα ελέγχου (PLC).

Όσο η ζήτηση πίεσης αυξάνεται και εάν η εν λειτουργία αντλία φτάσει στο μέγιστο των στροφών της, τότε τίθεται σε λειτουργία η επόμενη (δεύτερη) αντλία μέσω του inverter στο ελάχιστο της αποδόσεώς της, αφού πρώτα η προηγούμενη (πρώτη) αντλία μεταγεται σε σταθερή τροφοδοσία μέσω ρελαί. Η δεύτερη αντλία αναλαμβάνει πλέον το ρυθμιστικό ρόλο για το σύστημα. Όταν και η δεύτερη αντλία δεν αρκεί για την επίτευξη της επιθυμητής πίεσης τότε μπαίνει σε λειτουργία και η τελευταία (τρίτη) αντλία με την ίδια διαδικασία μεταγωγής.

Εάν η ζήτηση πίεσης ελαττωθεί, μειώνονται οι στροφές της αντλίας που έχει το ρυθμιστικό ρόλο, έως ότου οι στροφές της «μηδενιστούν» και ο ρυθμιστικός ρόλος περνάει στην προηγούμενη (σε σειρά εκκίνησης) αντλία.

Οι αντλίες κλείνουν μία μετά την άλλη με την αντίθετη σειρά που εκκίνησαν, ώστε να επιτυγχάνεται ισορροπημένη καταπόνηση όλων των αντλιών και συνεπώς η τελευταία που ξεκίνησε να λειτουργεί μέσω του inverter και να ρυθμίζει την πίεση του δικτύου, μέσω του ελεγκτή PID.

Όταν η ζήτηση μηδενιστεί, τότε το συγκρότημα αντλιών διακόπτει ομαλά την λειτουργία του, μέσω επικοινωνίας του επεξεργαστή της μονάδας ελέγχου, αποκλείοντας με αυτόν τον τρόπο τα υδραυλικά πλήγματα που προκαλούνται από την πρόωρη διακοπή και άμεση επανεκκίνηση των αντλιών. Επίσης το ίδιο συμβαίνει και σε περίπτωση που αδειάσει η δεξαμενή τροφοδοσίας.

Συνεπώς, η βασική αρχή λειτουργίας είναι ότι αντλίες λειτουργούν με εναλλαγή και το πλήθος που λειτουργούν κάθε φορά καθορίζεται από τη μονάδα ελέγχου (PLC) σε συνεργασία με τον ελεγκτή PID, ανάλογα με την ζήτηση παροχής ύδατος.

1.3 Συγκρότημα αντλιών

Η καρδιά του αντλιοστασίου είναι το συγκρότημα των δύο συστοιχιών αντλιών (Α και Β), μέσω των οποίων πραγματοποιείται η άρδευση του TPAM. Η συστοιχία Α εξυπηρετεί τις ανάγκες άρδευσης του ανατολικού δικτύου (προς Νέο Κόσμο - Αθήνα) και περιλαμβάνει τρεις ανοξείδωτες αντλίες παροχής $7\text{m}^3/\text{h}$ έκαστη, σε μανομετρικό 90mΣΥ. Η συστοιχία Β (εικόνα 3) εξυπηρετεί τις ανάγκες άρδευσης του δυτικού δικτύου (προς την παραλία - Παλαιό Φάληρο) και περιλαμβάνει τρεις ανοξείδωτες αντλίες παροχής $7\text{m}^3/\text{h}$ έκαστη, σε μανομετρικό 60 mΣΥ. Η άρδευση για τις τοπικές ανάγκες του Δήμου γίνεται κατά προτεραιότητα τις πρωινές ώρες από τη συστοιχία αντλιών Β, η οποία παρέχει μέχρι $14\text{m}^3/\text{h}$ με πίεση περίπου 6 bars.

Η χρήση νερού από το Δήμο και το TPAM είναι ετεροχρονισμένη. Συνεπώς, αναμένεται ότι κατά τη διάρκεια της προγραμματισμένης άρδευσης του TPAM, δεν θα υπάρχει ζήτηση νερού από τα δίκτυα του Δήμου. Όταν ζητηθεί νερό από προγραμματισμένη άρδευση οι αντλίες ενεργοποιούνται και οι ρυθμιστές στροφών (inverters) ρυθμίζουν την ταχύτητα περιστροφής των κινητήρων, ώστε η παροχή να παραμένει σταθερή. Η εκκίνησή τους γίνεται αυτόματα ανάλογα με τη ζήτηση και ο αυτοματισμός της λειτουργίας τους εξασφαλίζεται από το PLC, όπως περιγράφεται στην επόμενη παράγραφο.

Σε περίπτωση υπερπίεσης στις καταθλίψεις του συγκροτήματος αντλιών λειτουργεί η αντίστοιχη αντιπληγματική βαλβίδα υπερπίεσης και ένας αγωγός οδηγεί ποσότητα νερού από την αντιπληγματική βαλβίδα στο φρεάτιο στραγγισμάτων. Όταν η πίεση στο δίκτυο αποκατασταθεί η αντιπληγματική βαλβίδα κλείνει.



Εικόνα 2. Η δεύτερη ομάδα αντλιών (τροφοδοσία TRAM & Δήμου)

1.4 Δεξαμενή τροφοδοσίας

Η δεξαμενή τροφοδοσίας αποτελεί τμήμα του αντλιοστασίου, είναι κλειστή, έχει εμβαδό κάτοψης 3,10m x 2,40m και ύψος 3,00m και έχει ωφέλιμο όγκο περίπου 15m³. Στην οροφή της έχει διαμορφωθεί φρεάτιο τετραγωνικής διατομής διαστάσεων 1,00m x 0,80m, μέσω του οποίου θα γίνεται η πρόσβαση στο εσωτερικό της. Το φρεάτιο θα καλύπτεται από χαλύβδινο στεγανό κάλυμμα από αντισισθητική λαμαρίνα διαστάσεων 1,10m x 0,90m, με αρθρωτούς συνδέσμους, χειρολαβές και υποδοχείς λουκέτου.

Η δεξαμενή τροφοδοσίας τροφοδοτείται με νερό από τη γεώτρηση του Δήμου και σε περίπτωση χαμηλής στάθμης της, τότε και μόνο τότε, από το δίκτυο της ΕΥΔΑΠ. Η μετάπτωση σε τροφοδοσία από το δίκτυο της ΕΥΔΑΠ γίνεται αυτόματα από την αντίστοιχη ηλεκτροβάννα, η οποία ενεργοποιείται στην κατώτερη στάθμη της δεξαμενής. Πριν από τη είσοδο της δεξαμενής υπάρχει δικλείδα τύπου πεταλούδας που λειτουργεί ως ρυθμιστική. Κατόπιν δοκιμών, επιτρέπει τη διέλευση μιας περίπου ελεγχόμενης παροχής.

Εντός της δεξαμενής έχουν τοποθετηθεί ένα αναλογικό αισθητήριο μέτρησης στάθμης (σταθμήμετρο) και δύο διακόπτες στάθμης τύπου πλωτήρα (φλοτέρ) σε κατάλληλα σημεία, ώστε να λειτουργούν ως εφεδρεία του αυτοματισμού πλήρωσης και να δίνουν τα σήματα ανώτερης και κατώτερης στάθμης ύδατος. Ακόμα, τα φλοτέρ μας δίνουν τα σήματα συναγερμού (alarms), στην περίπτωση υπέρβασης της ανώτατης στάθμης ή εκκένωσης της δεξαμενής. Για την οπτική απεικόνιση της στάθμης, πέραν της ηλεκτρονικής διάταξης, χρησιμοποιείται διαφανής στήλη νερού.

Η πλήρωση της δεξαμενής γίνεται αυτόματα, όπως αναφέρθηκε παραπάνω, κατ' αρχήν από την αντλία γεώτρησης και δευτερευόντως από το δίκτυο της ΕΥΔΑΠ. Η αντλία της γεώτρησης (και η παροχή της ΕΥΔΑΠ) παραμένουν ενεργοποιημένες έως οτου η στάθμη ανέλθει στο ανώτατο επιτρεπτό σημείο, περίπου 2,50m από τον πυθμένα. Σε περίπτωση ανεξέλεγκτης αύξησης της στάθμης του νερού εντός της δεξαμενής, το νερό απορρέει από τον αγωγό υπερχείλισης.

Για την ορθολογικότερη λειτουργία της αντλίας γεώτρησης, μία δικλείδα τύπου πεταλούδας ρυθμίζει την παροχή προς την δεξαμενή, κατόπιν δοκιμών.

Για καλύτερη λειτουργία του αυτοματισμού θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί ένα ψηφιακό αισθητήριο πίεσης μέσα στη δεξαμενή, με το οποίο θα δινόταν εντολή άμεσης διακοπής της λειτουργίας της αντλίας γεώτρησης, σε περίπτωση υπέρβασης ενός προκαθορισμένου ορίου πίεσης.

Τέλος, το νερό εισέρχεται στη δεξαμενή αφού διέλθει από ένα χειροκαθαριζόμενο φίλτρο. Ο έλεγχος και καθαρισμός του φίλτρου γίνεται σε τακτά χρονικά διαστήματα, ωστόσο σε περίπτωση έμφραξης αυτού, η αύξηση της πίεσης προκαλεί την εκκένωση ποσότητας νερού, μέσω της υδραυλικής δικλείδας ανακούφισης. Η δικλείδα ελέγχει την πίεση στον αγωγό και σε περίπτωση υπέρβασης μίας προκαθορισμένης τιμής, όπως κατά την πλήρη έμφραξη του πλέγματος, ανοίγει και το νερό εκτονώνεται στο φρεάτιο στραγγισμάτων.

1.5 Αντλία γεώτρησης

Η γεώτρηση και η υποβρύχια αντλία της στεγάζονται σε μικρό υπερυψωμένο φρεάτιο, διαστάσεων 80cm x 80cm, παρακείμενο στο αντλιοστάσιο. Ο καταθλιπτικός αγωγός της αντλίας γεώτρησης, ονομαστικής διαμέτρου DN 80 (3in), διέρχεται από τη δεξαμενή επάνω από την ανώτατη στάθμη του νερού και καταλήγει εντός του αντλιοστασίου.

Η γεώτρηση προϋπήρχε για την εξυπηρέτηση των αναγκών άρδευσης του Δήμου, με την αντλία της να αποδίδει νερό προς τα τοπικά δίκτυα άρδευσης μέσω ενός υπαίθριου συλλέκτη τριών εξόδων ονομαστικής διατομής DN 80 (3in).

Αυτό επιτυγχάνεται με την απευθείας κατάθλιψη του νερού στο δίκτυο και τη διατήρηση σταθερής πίεσης εξόδου μέσω δύο πιεστικών δοχείων εκτιμώμενου όγκου 250lt έκαστο. Η πίεση εξόδου είχε ρυθμιστεί στα 6bar και η επανεκκίνηση της αντλίας στα 4bar. Τα πιεστικά δοχεία στεγάζονται στο αντλιοστάσιο και συνεχίζουν να είναι συνδεδεμένα στο δίκτυο για καλύτερη λειτουργία του αντλιοστασίου.

Από εκτιμήσεις του Δήμου Νέας Σμύρνης η διαθέσιμη παροχή της αντλίας της γεώτρησης ανέρχεται σε 12m³/h. Θεωρώντας 20ωρη λειτουργία της αντλίας, η συνολική ημερήσια παροχή ισούται με 240m³.

1.6 Αντλία ακαθάρτων

Η αντλία ακαθάρτων είναι τοποθετημένη στο φρεάτιο υποδοχής των στραγγισμάτων, με ικανότητα παροχής 20m³/h και μανομετρικού ύψους 8mΣΥ. Ενεργοποιείται άμεσα από διακόπτη στάθμης τύπου πλωτήρα (φλοτέρ) και καταθλίβει το περιεχόμενο του φρεατίου έξω από το αντλιοστάσιο, σε φρεάτιο ομβρίων, μέσω αγωγού ονομαστικής διαμέτρου DN 50.

Το φρεάτιο στραγγισμάτων εκτείνεται σε όλο το μήκος της πλευράς που αποτελεί το όριο της δεξαμενής νερού, πλάτους 0,70m και βάθους 0,50m. Στο φρεάτιο αυτό καταλήγουν:

1. Η εκκένωση της δεξαμενής μέσω δικλείδας.
2. Ο αγωγός υπερχείλισης της δεξαμενής.
3. Οι αγωγοί εκκένωσης των φίλτρων καθάρσεων.
4. Οι αγωγοί εκτόνωσης των αντιπληγματικών βαλβίδων προστασίας του συγκροτήματος αντλιών.
5. Οι πιθανές διαρροές νερού από το συγκρότημα αντλιών, τα δοχεία κτλ.

Όπως αναφέρθηκε, η εκκίνηση της αντλίας ακαθάρτων γίνεται αυτόματα, μετά από άμεση εντολή από τον αντίστοιχο πλωτήρα στάθμης, όταν η στάθμη στο φρεάτιο υπερβεί την ελάχιστη τιμή και η στάση της ακολουθεί την πτώση της στάθμης στο ελάχιστο δυνατό. Ο πλωτήρας ανώτατης στάθμης σηματοδοτεί την υπέρβαση της ανώτερης επιθυμητής στάθμης και δίνει σήμα συναγερμού σε περίπτωση υπερχείλισης.

1.7 Φίλτρα καθάρσεως

Κάθε φορά που δίνεται εντολή πλήρωσης της δεξαμενής είτε από την αντλία γεώτρησης είτε από το δίκτυο της ΕΥΔΑΠ ανοίγουν οι ηλεκτροβάνες των αντίστοιχων φίλτρων καθάρσεως (εικόνα 2), για ένα μικρό χρονικό διάστημα (λίγων δευτερολέπτων), ώστε να απομακρύνονται οι ακαθαρσίες που υπάρχουν στην αρχή της λειτουργίας τους. Τα φίλτρα καθάρσεως λειτουργούν και σε περίπτωση χειροκίνητης εντολής από την οθόνη ενδείξεων (panel).



Εικόνα 2. Τα φίλτρα καθάρσεως

2

Γενική τεχνική περιγραφή

2.1 Εισαγωγή

Η παρούσα τεχνική περιγραφή που ακολουθεί αφορά τη μελέτη που έγινε για την κατασκευή του αντλιοστασίου στην πλατεία της Νέας Σμύρνης, μέσω του οποίου καλύπτονται οι τοπικές ανάγκες άρδευσης του Δήμου και οι ανάγκες άρδευσης πρασίνου του TPAM Αθηνών στην ανωτέρω περιοχή και αφορά μόνο την ηλεκτρολογική εγκατάσταση.

2.2 Εξυπηρέτηση αναγκών άρδευσης

Οι ανάγκες άρδευσης του Δήμου εξυπηρετούντο με χειροκίνητα μέσα, δηλαδή με χρήση του υπό μόνιμη πίεση δικτύου και χειροκίνητο άνοιγμα των βαλβίδων άρδευσης στις τοπικές επιφάνειες πρασίνου.

Συνεπώς, η διαχείριση της άρδευσης γινόταν κατά τις πρωινές ώρες, με τη βοήθεια του προσωπικού. Για το λόγο αυτό θεωρείται ότι το παλιό αντλιοστάσιο και ο εξοπλισμός του ήταν αποκλειστικά διαθέσιμος για τις ανάγκες του Δήμου μεταξύ των ωρών 07.00 και 14.00, καθημερινά, διάστημα κατά το οποίο μπορούσαν να αναληφθούν συνολικά $7 \times 12 = 84\text{m}^3$ ύδατος.

Ο προγραμματισμός άρδευσης για την εξυπηρέτηση του TPAM γίνεται μεταξύ των ωρών 14.00 έως 07.00 της επόμενης ημέρας (χρονικό διάστημα 17 ωρών). Θεωρώντας συνολική ανάπαυση των αντλιών διάρκειας 4 ωρών, μπορούν να αντληθούν έως $(17 - 4) \times 12 = 156\text{m}^3/\text{ημέρα}$.

Οι ανάγκες άρδευσης του TPAM για την περιοχή της Νέας Σμύρνης ανέρχονται σε 170m³/ημέρα κατά τους μήνες αιχμής, σύμφωνα με τη μελέτη άρδευσης. Οι ανάγκες αυτές ικανοποιούνται συνεπώς οριακά, με το ανωτέρω σχήμα εκμετάλλευσης. Για περαιτέρω ασφάλεια συνιστάται η σύνδεση της δεξαμενής με το δίκτυο ΕΥΔΑΠ, με παροχή 2'' (ιντσών), και χρήση της παροχής αυτής σε έκτακτες συνθήκες.

Όπως αναφέρθηκε, στο προηγούμενο κεφάλαιο, η άρδευση του TPAM γίνεται μέσω δύο συστοιχιών αντλιών, με τη συστοιχία Α να εξυπηρετεί τις ανάγκες άρδευσης στη κατεύθυνση προς Νέο Κόσμο - Αθήνα και τη συστοιχία Β στη κατεύθυνση προς Παλαιό Φάληρο. Η άρδευση στο Δήμο γίνεται κατά προτεραιότητα τις πρωινές ώρες από την ομάδα αντλιών Β, η οποία παρέχει μέχρι 14m³/h με πίεση περίπου 6 bars.

Στη έξοδο της συστοιχίας Β υπάρχουν δύο ηλεκτροβαλβίδες 2'', μία κανονικά ανοικτή (Ν.Ο.) και μία κανονικά κλειστή (Ν.Κ.), οι οποίες επιτρέπουν ροή ύδατος προς μία μόνον κατεύθυνση, το Δήμο ή το TPAM. Στις 14:00 καθημερινά, οι βαλβίδες εναλλάσσονται, επιτρέποντας μόνο ροή προς το TPAM, διαδικασία η οποία αντιστρέφεται στις 7:00 κάθε πρωί. Η διαδικασία εναλλαγής των βαλβίδων τροφοδοσίας των δύο δικτύων ελέγχεται από τη μονάδα ελέγχου (PLC) του αντλιοστασίου.

2.3 Κατανομή δαπανών χρήσεως αντλιοστασίου

Η παροχή νερού από τη γεώτρηση, η εισροή νερού από το δίκτυο ΕΥΔΑΠ καθώς και η κατανάλωση νερού στα τρία δίκτυα παρακολουθούνται μέσω παροχομέτρων με ηλεκτρική έξοδο παλμού, τοποθετημένων σε κατάλληλα σημεία του συστήματος. Τα παροχόμετρα μεταφέρουν τις σχετικές ενδείξεις στο PLC.

Επειδή το σύνολο της εισροής νερού αλλά και οι καταναλώσεις νερού σε κάθε δίκτυο είναι γνωστά μεγέθη, είναι εφικτή η κατανομή των καταναλώσεων νερού ΕΥΔΑΠ προς τα δύο μέρη, ώστε να διαμοιράζεται αντίστοιχα και η σχετική δαπάνη.

Η κατανάλωση ενέργειας προέρχεται τόσο από τη λειτουργία της αντλίας γεώτρησης όσο και από τη λειτουργία του συγκροτήματος αντλιών. Η κατανομή της σχετικής δαπάνης γίνεται κατ' αναλογία των καταναλώσεων νερού προς τα τρία δίκτυα, σύμφωνα με τις ενδείξεις των παροχομέτρων και κατόπιν συμφωνίας των δύο μερών.

Ομοίως οι δαπάνες συντήρησης του αντλιοστασίου μπορούν να βαρύνουν τα δύο μέρη ανάλογα με τη κατανάλωση νερού προς τα τρία δίκτυα.

2.4 Ηλεκτρολογική εγκατάσταση

2.4.1 Εγκατάσταση του αντλιοστασίου

Ολόκληρη η ηλεκτρολογική εγκατάσταση (πίνακας, καλωδιώσεις, διακόπτες, ρευματοδότες κτλ.) είναι στεγανού τύπου, κλάσεως IP 45. Για τη τροφοδοσία του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού έγινε επέκταση της γραμμής τροφοδοσίας, που υπήρχε στο παλιό αντλιοστάσιο, ώστε να καλύπτονται οι ανάγκες του νέου εξοπλισμού.

Για τις συνολικές καταναλώσεις της εγκατάστασης θεωρήθηκε εφεδρεία ισχύος 10% περίπου, ως πρόβλεψη για την εγκατάσταση επιπλέον εξοπλισμού σε μελλοντικές επεκτάσεις. Οι καλωδιώσεις έγιναν με ανθυγρά καλώδια, τα οποία έχουν αγωγούς από χαλκό με θερμοπλαστική μόνωση και εξωτερικό προστατευτικό περίβλημα από θερμοπλαστική ή ελαστική ουσία.

Ο αγωγός τροφοδοσίας, από το εξωτερικό ερμάριο ηλεκτροδότησης (πίλαρ) του Δήμου έως το αντλιοστάσιο, οδεύει εντός αγωγού προστασίας από PVC διαμέτρου Φ100. Ένας δεύτερος αγωγός προστασίας Φ50 οδεύει παράλληλα για τη μελλοντική τοποθέτηση αγωγών ελέγχου λειτουργίας. Οι οριζόντιες εσωτερικές οδεύσεις των καλωδίων έγιναν σε αεριζόμενες εσχάρες αναρτημένες από την οροφή με ντίζες. Οι κάθετες οδεύσεις των καλωδίων είναι ορατές εντός πλαστικών ή γαλβανισμένων σιδηροσωλήνων.

Τα φωτιστικά σώματα τοποθετήθηκαν στην οροφή του ξηρού θαλάμου, είναι τύπου φθορισμού, στεγανά IP 65, με ένα λαμπτήρα των 36W, όπως προκύπτουν από τους φωτοτεχνικούς υπολογισμούς που πραγματοποιήθηκαν. Το ένα από τα φωτιστικά διαθέτει ενσωματωμένο αυτόνομο φορτιζόμενο στοιχείο, που εξασφαλίζει το φωτισμό ασφαλείας. Σε περίπτωση διακοπής του ρεύματος ανάβει και φωτίζει το χώρο για περίπου μία ώρα.

2.4.2 Ηλεκτρικός πίνακας

Εντός του αντλιοστασίου υπάρχει εγκαταστημένος, ο ηλεκτρικός πίνακας από τον οποίο τροφοδοτούνται όλες οι καταναλώσεις του αντλιοστασίου και της γεωτρήσεως.

Ο τοπικός πίνακας είναι υπεύθυνος για την αυτόματη λειτουργία του αντλιοστασίου και περιλαμβάνει όλα τα απαιτούμενα όργανα και συσκευές χειρισμών, προστασίας, μέτρησης, ενδείξεων κ.λπ., όπως αυτά προσδιορίζονται από το μονογραμμικό σχέδιο που αναλύεται σε αντίστοιχο κεφάλαιο της εργασίας.

Ο πίνακας είναι μεταλλικός, στεγανός, τύπου πεδίου, επισκένιμος από την εμπρόσθια πλευρά του για επιθεώρηση οργάνων και συσκευών και κλειστός από τις υπόλοιπες πλευρές του. Το καλώδιο κεντρικής τροφοδοσίας εισήλθε από τη βάση του πίνακα προστατευμένο με πλαστική σωλήνωση και τα καλώδια τροφοδοσίας του εξοπλισμού εξέρχονται από το άνω μέρος.

Η γραμμή εισόδου του ηλεκτρικού πίνακα περιλαμβάνει τα ακόλουθα όργανα:

1. Τριπολικό αυτόματο διακόπτη ισχύος ονομαστικής εντάσεως 63A.
2. Τρία αμπερόμετρα κινητού σιδήρου, κλάσεως 1,5, με περιοχή ενδείξεως 0 - 50A, με σύνδεση μέσω μετασχηματιστών εντάσεως.
3. Τρεις μετασχηματιστές εντάσεως, σχέσεως μετασχηματισμού 50A/5A, για τη τροφοδότηση των αμπερομέτρων.
4. Βολτόμετρο κινητού σιδήρου, κλάσεως 1,5, με περιοχή ενδείξεων 0 - 600V.
5. Μεταγωγέα βολτομέτρου επτά θέσεων για την ένδειξη της πολικής και της φασικής τάσης.
6. Τρεις ενδεικτικές λυχνίες 230V.

Οι γραμμές εξόδου του ηλεκτρικού πίνακα περιλαμβάνουν τα εξής:

1. Τρεις γραμμές τροφοδοσίας των 2,3kW και τρεις γραμμές των 3kW, για τις δύο ομάδες αντλιών αντίστοιχα, που λειτουργούν με δύο κοινούς inverters.
2. Μία γραμμή 7kW για τη τροφοδοσία της γεώτρησης μέσω ηλεκτρονικού εκκινήτη (soft-starter).
3. Μία γραμμή 1,5kW για τη τροφοδοσία της αντλίας ακαθάρτων.
4. Τριφασική γραμμή τροφοδότησης ρευματοδότη πίνακα, με τριπολική αυτόματη ασφάλεια 16A.
5. Μονοφασική γραμμή τροφοδότησης των ρευματοδοτών του πίνακα, με αυτόματη ασφάλεια 10A.
6. Μονοφασική γραμμή τροφοδότησης των φωτιστικών σωμάτων, με αυτόματη ασφάλεια 10A.
7. Μονοφασική γραμμή τροφοδότησης των οργάνων, με αυτόματη ασφάλεια 10A.
8. Μονοφασική γραμμή τροφοδότησης των αυτοματισμών (συνεχούς τάσης), με αυτόματη ασφάλεια 10A και τροφοδοτικό 230V/24VDC.
9. Μονοφασική γραμμή τροφοδότησης των αυτοματισμών (εναλλασσόμενης τάσης), με αυτόματη ασφάλεια 10A και μετασχηματιστή 230V/24VAC.

Η τροφοδοσία κάθε αντλίας γίνεται μέσω αυτόματου τριπολικού διακόπτη ισχύος ονομαστικής έντασης ανάλογης της ισχύος του κινητήρα, με σταθερά μαγνητικά στοιχεία προστασίας και ρυθμιζόμενα θερμικά στοιχεία υπερέντασης. Τα θερμικά στοιχεία παρέχουν για κάθε κινητήρα, προστασία έναντι υπερφόρτωσης ή βραχυκυκλώματος και προκαλούν στάση του κινητήρα και σήμανση σε περίπτωση υπερθέρμανσης.

Για την εκκίνηση της γεώτρησης, λόγω της μεγάλης ισχύος της (7kW), τοποθετήθηκε ηλεκτρονικός εκκινήτης (soft-starter). Με τη χρήση του soft-starter επιτυγχάνεται ομαλή εκκίνηση και παύση της γεώτρησης, προστασία στην εν κενώ λειτουργία, προστασία έναντι υπέρτασης ή υπότασης στο δίκτυο, προστασία έναντι υπερφόρτωσης ή βραχυκυκλώματος, ενδείξεις λειτουργίας/βλάβης, επαφές για εξωτερική εντολή χειροκίνητης εκκίνησης και στάσης και επαφές ελεύθερες δυναμικού για σηματοδότηση λειτουργίας/βλάβης.

Στη μπροστινή πλευρά του ηλεκτρικού πίνακα (εικόνα 4) υπάρχουν τα όργανα μετρήσεων των ηλεκτρικών μεγεθών (αμπερόμετρα και βολτόμετρο), ο μεταγωγέας του βολτόμετρου (ένδειξη πολικής ή φασικής τάσης), οι διακόπτες επιλογής λειτουργίας των αντλιών (αυτόματη ή χειροκίνητη), τα μπουτόν έναρξης και παύσης των αντλιών και οι ενδεικτικές λυχνίες για τις βλάβες αντλιών και των inverters και την λειτουργία των αντλιών (λειτουργία με inverter ή χωρίς).

Συνεπώς, με κατάλληλο χειρισμό από τον πίνακα μπορεί να επιλεγεί οποιαδήποτε αντλία και να λειτουργήσει είτε αυτόματα (auto), μέσω του PLC, είτε με χειροκίνητα (manual), χρησιμοποιώντας τα αντίστοιχα μπουτόν εκκίνησης (start) και παύσης (stop) του πίνακα.

Στον πίνακα έχει τοποθετηθεί και λειτουργεί οθόνη ενδείξεων με πληκτρολόγιο (panel), στην οποία παρουσιάζεται η κατάσταση λειτουργίας του αντλιοστασίου και υπάρχει ιστορικό σφαλμάτων (alarms). Επίσης από την οθόνη χειρισμών γίνονται οι χειροκίνητοι χειρισμοί των αντλιών, η παραμετροποίηση του συστήματος και παρακολουθούνται όλες οι ενδείξεις των οργάνων. Μία παρόμοια οθόνη, με ακριβώς την ίδια λειτουργικότητα, υπάρχει σε εξωτερικό ερμάριο (πίλαρ) ηλεκτροδότησης, που βρίσκεται στο πάρκο του Δήμου, ώστε να μην απαιτείται κάθοδος στο αντλιοστάσιο για τον χειρισμό και τη παρακολούθηση του.



Εικόνα 4. Η μπροστινή πλευρά του ηλεκτρικού πίνακα

2.5 Κεντρική Μονάδα Ελέγχου (PLC)

Η αυτόματη λειτουργία του εγκατεστημένου εξοπλισμού και η συνεργασία των επί μέρους τμημάτων του γίνεται από τη κεντρική λογική μονάδα ελέγχου (εικόνα 5), τον προγραμματιζόμενο λογικό ελεγκτή (PLC), ο οποίος αποτελείται από περισσότερα ανεξάρτητα εναλλάξιμα στοιχεία (modules). Στα modules αυτά περιλαμβάνονται η κάρτα τροφοδοσίας (Power Supply), η μονάδα κεντρικού μικροεπεξεργαστή (CPU), ο απαιτούμενος αριθμός καρτών εισόδων και εξόδων (I/O) και η συσκευή επικοινωνίας (Interface Device).



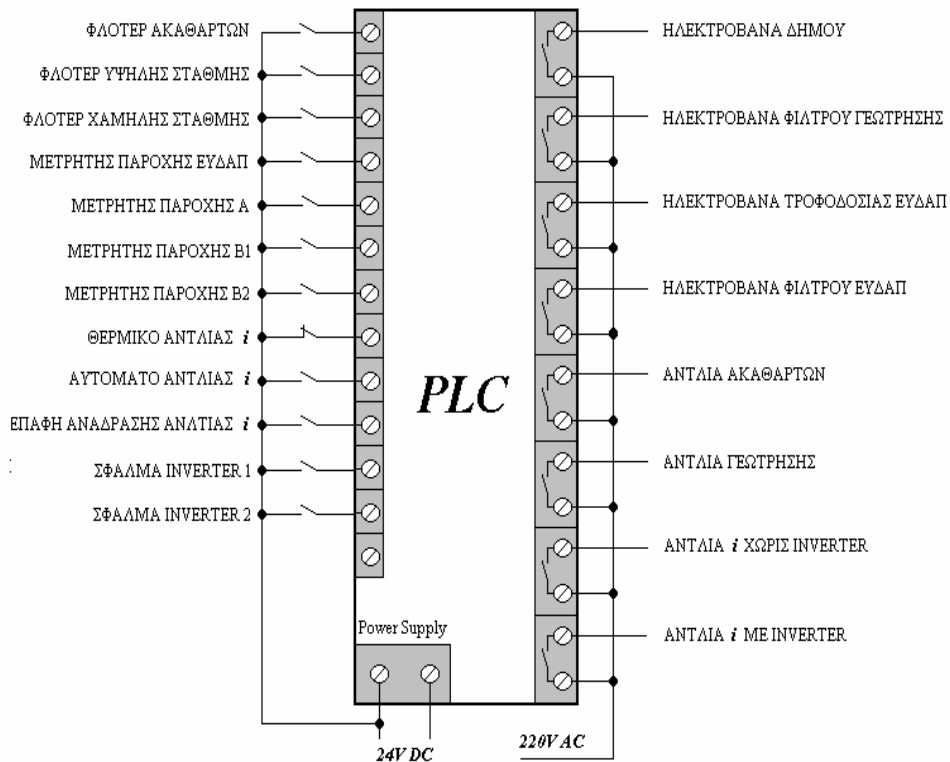
Εικόνα 5. Ο προγραμματιζόμενος λογικός ελεγκτής (PLC) του αντλιοστασίου

Ο προγραμματιζόμενος λογικός ελεγκτής είναι ένα ηλεκτρονικό ψηφιακό σύστημα, σχεδιασμένο για χρήση σε βιομηχανικό περιβάλλον, το οποίο χρησιμοποιεί μία προγραμματιζόμενη μνήμη για την αποθήκευση εντολών ώστε να επιτελούνται διάφορες λειτουργίες, όπως λογικές, χρονικές, μετρητικές και αριθμητικές πράξεις και να ελέγχονται, μέσω ψηφιακών/αναλογικών μονάδων, διάφορες μηχανές ή διαδικασίες.

Το PLC είναι συνδεδεμένο σε διάφορα σημεία του αυτοματισμού, απ' όπου μέσω αισθητήρων λαμβάνει σήματα (ψηφιακά ή αναλογικά) από τις εισόδους του και σύμφωνα με το πρόγραμμα που τρέχει στον επεξεργαστή του, μεταβιβάζει τα αποτελέσματα των λογικών επεξεργασιών στις αντίστοιχες εξόδους του ελεγκτή.

Σε επόμενο κεφάλαιο, γίνεται αναλυτική περιγραφή για τους προγραμματιζόμενους λογικούς ελεγκτές.

Στο σχήμα 2.1, φαίνεται η σύνδεση (καλωδίωση) του PLC με τα ψηφιακά στοιχεία εισόδου και εξόδου του αυτοματισμού του αντλιοστασίου. Στο σχήμα αυτό διακρίνουμε τα σήματα εισόδου, όπως η επαφή από το φλοτέρ του φρεατίου στραγγισμάτων (φλοτέρ ακαθάρτων), και τις εξόδους, όπως η ηλεκτροβάννα του Δήμου που υπάρχει στον κλάδο Β.



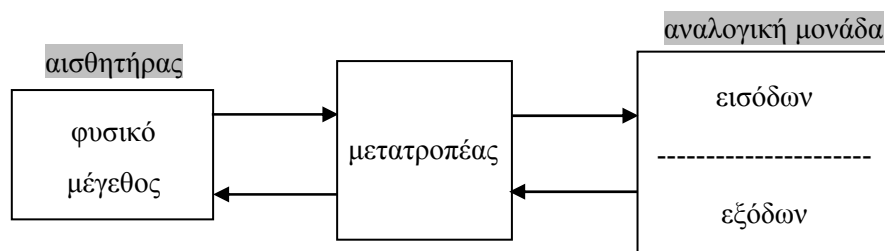
Σχήμα 2.1 Σύνδεση του PLC με τα ψηφιακά στοιχεία εισόδου/εξόδου

Όσον αφορά τα αναλογικά σήματα του αυτοματισμού, έχουμε τα δύο αισθητήρια μέτρησης πίεσης των κλάδων του ΤΡΑΜ και το αισθητήριο μέτρησης της στάθμης της δεξαμενής, που αφορούν τις αναλογικές εισόδους, ενώ οι αναλογικές εξόδους του αυτοματισμού εφαρμόζονται στα inverters. Η επεξεργασία των σημάτων αυτών από το PLC χρήζει ιδιαίτερης ανάλυσης, η οποία ακολουθεί παρακάτω.

Επεξεργασία των αναλογικών σημάτων

Για την επεξεργασία των αναλογικών σημάτων, μετατρέπουμε πρώτα το φυσικό μέγεθος σε ηλεκτρικό, με τη βοήθεια του κατάλληλου αισθητήρα και στη συνέχεια το εισάγουμε στο PLC. Σημειώτεον ότι, τα πρότυπα ρεύματος είναι περισσότερο ανεκτικά σε ηλεκτρομαγνητικό θόρυβο από τα αντίστοιχα τάσης.

Στο σχήμα 2.2 φαίνεται η διαδικασία μέτρησης ενός αναλογικού σήματος, από το φυσικό μέγεθος έως τη μονάδα αναλογικών εισόδων, καθώς και η μετατροπή μιας τιμής από το PLC σε ηλεκτρικό σήμα σε μια μονάδα αναλογικών εξόδων.



Σχήμα 2.2 Διάγραμμα ροής μετατροπής αναλογικού σήματος

Ο αισθητήρας μέτρησης μετατρέπει τις αλλαγές στο φυσικό μέγεθος (π.χ. πίεση, στάθμη κλπ.) σε γραμμική διάσταση. Ο μετατροπέας (transducer) συνδέεται με τον αισθητήρα και μετατρέπει τις αντιδράσεις του αισθητήρα σε τυποποιημένο ηλεκτρικό σήμα, όπως $\pm 500\text{mV}$, $\pm 10\text{V}$, $\pm 20\text{mV}$, και $4\ldots 20\text{mA}$. Τα σήματα αυτά μεταφέρονται στην αναλογική μονάδα εισόδων.

Στη μονάδα εισόδων γίνεται μετατροπή του αναλογικού σήματος σε ψηφιακή μορφή με τη βοήθεια ειδικού μετατροπέα ADC (Analog to Digital Converter). Η μετατροπή αυτή γίνεται συνεχώς από τη πρώτη αναλογική είσοδο μέχρι τη τελευταία και πάλι από την αρχή κυκλικά. Το αποτέλεσμα της ψηφιοποίησης αποθηκεύεται σε ειδική γι' αυτό το σκοπό μνήμη στη κάρτα εισόδων.

Αντίστοιχη διαδικασία γίνεται όταν μία τιμή από το PLC θέλουμε να μετατραπεί σε ηλεκτρικό σήμα σε μια αναλογική έξοδο. Οι κάρτες αυτές έχουν ειδική μνήμη που αποθηκεύει τις ψηφιακές τιμές που πρόκειται να μετατραπούν σε αναλογικές. Τέλος, η μετατροπή γίνεται με τη βοήθεια ειδικού μετατροπέα DAC (Digital to Analog Converter) στη μονάδα αναλογικών εξόδων και μπορεί να δώσει τυποποιημένα ηλεκτρικά σήματα $\pm 10\text{V}$, $\pm 20\text{mV}$, $0\ldots 10\text{V}$, $1\ldots 5\text{V}$, $0\ldots 20\text{mV}$ και $4\ldots 20\text{mA}$.

2.6 Ρυθμιστής στροφών (inverter)

Ο έλεγχος της ταχύτητας κάθε αντλίας, που έχει το ρυθμιστικό ρόλο στο σύστημα, επιτυγχάνεται με τη χρησιμοποίηση ρυθμιστή στροφών (inverter).

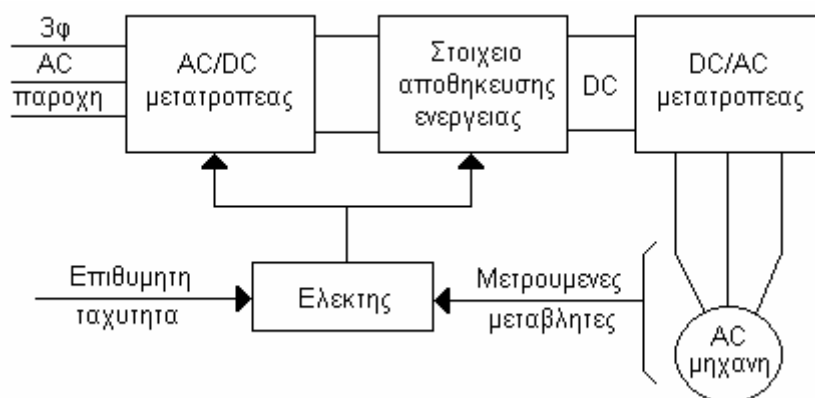
Ο ρυθμιστής στροφών είναι ένα ηλεκτρονικό σύστημα ελέγχου κινητήρων που αποτελεί βασική υποδομή για την εκτέλεση διαφόρων διαδικασιών της βιομηχανικής παραγωγής. Βασικά του πλεονεκτήματα είναι ο έλεγχος και η δυνατότητα μεταβολής της ταχύτητας του φορτίου, ο άμεσος έλεγχος της ροπής του κινητήρα, η δυνατότητα ομαλής εκκίνησης (μικρό ρεύμα εκκίνησης, χαμηλή καταπόνηση του φορτίου) και η δυνατότητα αυτοματοποίησης (έλεγχος από απόσταση, ρύθμιση παραμέτρων λειτουργία).



Σχήμα 2.3 – Βασικές συνιστώσες συστήματος ηλεκτρικής κίνησης

Ο έλεγχος της ταχύτητας ενός κινητήρα εναλλασσόμενης τάσης επιτυγχάνεται μέσω ελέγχου της τάσης που εφαρμόζεται στα άκρα του. Εάν μεταβάλλουμε την ενεργό τιμή (rms) της τάσης τότε μεταβάλλουμε και την ταχύτητα του. Εάν μεταβάλλουμε τη συχνότητα της τάσης τότε επίσης μεταβάλλουμε την ταχύτητα του. Ο καλύτερος τρόπος ελέγχου ενός AC κινητήρα είναι να μεταβάλλουμε την ίδια στιγμή την ενεργό τιμή (rms) και τη συχνότητα της τάσης, ώστε να μπορέσουμε να επιτύχουμε μέγιστη δυνατή ροπή από τον κινητήρα.

Επομένως, αυτό που χρειαζόμαστε είναι μια ηλεκτρονική διάταξη ισχύος, η οποία στην έξοδο της να παρέχει μια εναλλασσόμενη τάση μεταβλητής ενεργός τιμής και μεταβλητής συχνότητας.



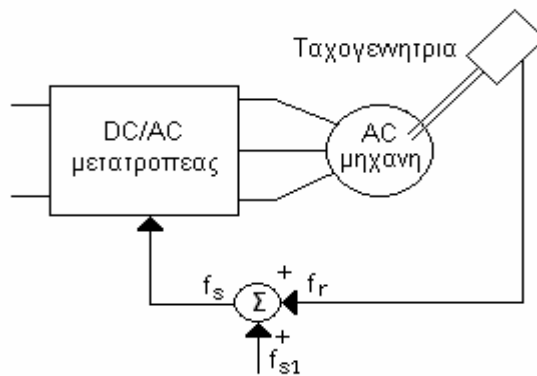
Σχήμα 2.4 – Ηλεκτρονική διάταξη ισχύος ελέγχου ταχύτητας κινητήρα AC

Όπως βλέπουμε στο σχήμα 2.4 η εναλλασσόμενη τάση δικτύου εφαρμόζεται στον AC/DC μετατροπέα (ελεγχόμενος ανορθωτής), ο οποίος αποτελείται συνήθως από θυρίστορ και παρέχει ελεγχόμενη τιμή συνεχούς τάσης. Η συνεχής αυτή τάση εφαρμόζεται στο στοιχείο αποθήκευσης, όπου συνήθως υπάρχει ένας πυκνωτής (DC ζεύξη) που λειτουργεί ως αποθήκη ηλεκτρικής ενέργειας και ως φίλτρο τάσης. Ο DC/AC μετατροπέας (αντιστροφέας) παράγει εναλλασσόμενη τάση ρυθμιζόμενου πλάτους και ρυθμιζόμενης συχνότητας, η οποία εφαρμόζεται στον κινητήρα του οποίου μπορεί να ελέγχει την ταχύτητα. Ο ελεγκτής συγκρίνει επιθυμητές και πραγματικές τιμές και ρυθμίζει αναλόγως τους δύο μετατροπείς.

Ο αντιστροφέας μπορεί να αποτελείται από ημιαγωγικούς διακόπτες, όπως τρανζίστορ ισχύος, MOSFET ισχύος, θυρίστορ, GTO, IGBT ή κάποιον άλλο ημιαγωγικό διακόπτη, ανάλογα με τις απαιτήσεις ισχύος του AC κινητήρα.

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, στον ανορθωτή ελέγχεται η τιμή της τάσης V_S και στον αντιστροφέα η τιμή της συχνότητας f_S . Υπενθυμίζουμε ότι f_S είναι η σύγχρονη συχνότητα του κινητήρα, f_r είναι η συχνότητα περιστροφής του δρομέα και f_{Sl} είναι η συχνότητα ολίσθησης ($f_S - f_r$).

Για να επιτευχθεί ο έλεγχος ταχύτητας με παράλληλη διατήρηση της σχέσης $V_S / f_S = \text{σταθερά}$, χρησιμοποιείται ο έλεγχος κλειστού βρόχου (closed loop) του σχήματος 2.5, ο οποίος εξασφαλίζει, παράλληλα με τον έλεγχο ταχύτητας f_r , και σταθερή ολίσθηση f_{Sl} στην μηχανή επαγωγής.



Σχήμα 2.5 – Έλεγχος επαγωγικού κινητήρα κλειστού βρόχου

Οι βασικές λειτουργίες ενός τυπικού ρυθμιστή στροφών, είναι το ρελέ ένδειξης σφάλματος, που ενεργοποιείται όταν ο ρυθμιστής στροφών είναι ενεργοποιημένος και υπάρχει βλάβη, η θερμική προστασία του inverter, με έμμεση προστασία του ρυθμιστή στροφών έναντι υπερφόρτισης και επιτήρηση ανώτατου ορίου ρεύματος. Ακόμα, ο αερισμός επιτυγχάνεται με τη λειτουργία ενός ανεμιστήρα, που ξεκινάει αυτόματα, όταν ο ρυθμιστής στροφών βρίσκεται σε κίνηση, και τίθεται εκτός λειτουργίας σε λίγα δευτερόλεπτα μετά από την στάση του ρυθμιστή. Τέλος, άλλη μία βασική λειτουργία είναι η θερμική προστασία του κινητήρα, τον οποίο ελέγχει ο inverter με τον υπολογισμό του I^2t .

3

Σχεδίαση συστήματος αυτοματισμού

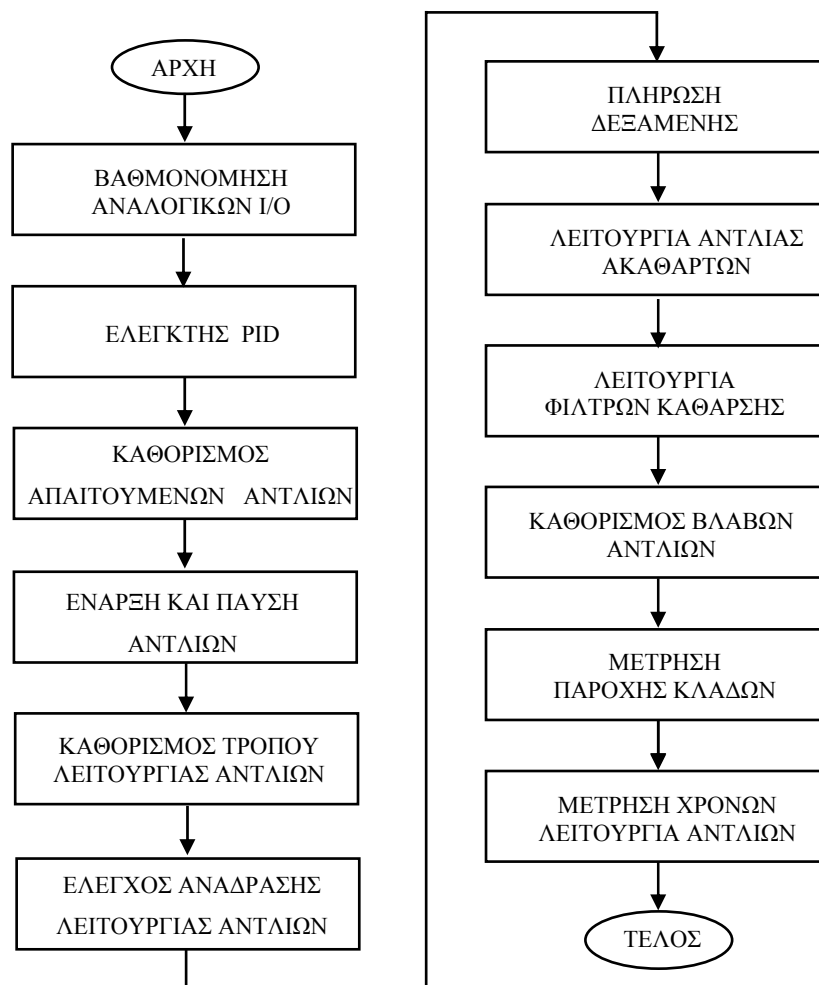
3.1 Εισαγωγή

Έχοντας υπόψιν, όπως αναφέρθηκε αναλυτικά στο πρώτο κεφάλαιο, την αρχή λειτουργίας του αυτοματισμού του αντλιοστασίου, η πρώτη εργασία είναι η δημιουργία των επιμέρους διεργασιών της διαδικασίας αυτοματισμού και η σύνθεση τους ώστε να επιτευχθεί ο συνολικός αυτοματισμός.

Ο διαχωρισμός του αυτοματισμού σε διεργασίες - υπορουτίνες (subroutines), αποτελεί τη βάση πάνω στην οποία οργανώθηκε η σχεδίαση του αυτοματισμού. Οι διεργασίες αυτές είναι συνδεδεμένες μεταξύ τους και εξαρτώνται η μία από την άλλη. Η κάθε υπορουτίνα αποτελεί μία ξεχωριστή λειτουργία του αυτοματισμού (όπως για παράδειγμα η διαδικασία πλήρωσης της δεξαμενής), η οποία είναι απαραίτητη σε διάφορες άλλες διεργασίες (όπως η διαδικασία έναρξης και παύσης των αντλιών).

Εφόσον, δημιουργήσουμε τις επιμέρους διεργασίες το μόνο που απομένει είναι να αποφασίσουμε με ποια σειρά θα εκτελούνται. Είναι σημαντικό να υπάρχει σωστή και δομημένη σειρά των διεργασιών ανάλογα με τη λειτουργία τους.

Η κεντρική μονάδα ελέγχου (PLC) λειτουργεί με κυκλική επεξεργασία των δεδομένων, της τάξεως κάποιων msec για έναν κύκλο επεξεργασίας. Συνεπώς, σε ένα κύκλο επεξεργασίας, το PLC εκτελεί τις υπορουτίνες του αυτοματισμού, που είναι προγραμματισμένες στη κεντρική μονάδα επεξεργασίας, με τη σειρά με την οποία καλούνται. Τέλος, στο σχήμα 3.1 παρουσιάζεται το κύριο διάγραμμα ροής των διεργασιών.



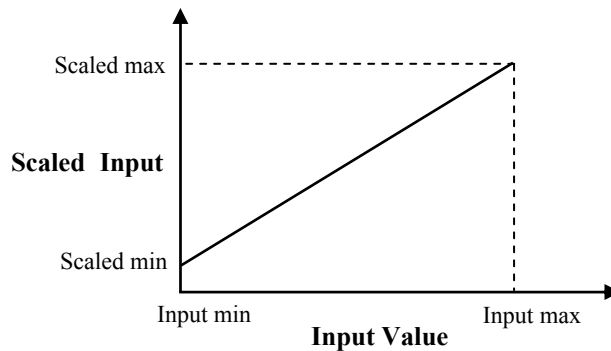
Σχήμα 3.1 – Κύριο διάγραμμα ροής των διεργασιών

3.2 Βαθμονόμηση των αναλογικών εισόδων / εξόδων

Στη διεργασία αυτή του συστήματος αυτοματισμού εκτελείται η ανάγνωση και βαθμονόμηση των αναλογικών εισόδων/εξόδων. Όπως έχει αναφερθεί προηγουμένως, οι αναλογικές εισοδοί είναι τα δύο αισθητήρια μέτρησης πίεσης των κλάδων του TRAM και το αισθητήριο μέτρησης της στάθμης της δεξαμενής, ενώ οι αναλογικές εξοδοί εφαρμόζονται στα δύο inverter μετά τον PID έλεγχο.

Όπως έχει ήδη προαναφερθεί, το φυσικό μέγεθος (π.χ. πίεση) μετατρέπεται σε ηλεκτρικό και εισέρχεται στο PLC σε ψηφιακή κωδικοποιημένη μορφή. Η κωδικοποίηση αυτή είναι γραμμικά ανάλογη με το μετρούμενο ηλεκτρικό μέγεθος.

Συνεπώς, αυτό που πρέπει να δώσουμε στο σύστημα είναι το άνω και κάτω όριο (input value) της κλίμακας του αισθητηρίου και το εύρος της αριθμητικής μεταβλητής (scaled value) που θα μετατρέψει σε ψηφιακή κωδικοποιημένη μορφή (μεγέθους 16bit - 1word).



Ένα παράδειγμα της βαθμονόμησης είναι η φυσική αναλογική είσοδος του μετρητή στάθμης της δεξαμενής, η οποία αναπροσαρμόζεται από 0-250m σε ένα αριθμητικό εύρος ακέραιων τιμών (0-31157), δηλαδή Scaled min=0/Scaled max=250 και Input min=0/Input max=31157.

3.3 Ο ελεγκτής PID

Η εφαρμογή του ελεγκτή PID είναι η πλέον διαδεδομένη τεχνική ελέγχου σε συστήματα αυτόματου ελέγχου στις μέρες μας. Η τεχνική αυτή χρησιμοποιεί μαθηματικές σχέσεις για τη διεξαγωγή του συμπεράσματος και απαιτεί το μαθηματικό μοντέλο του συστήματος προς έλεγχο, έτσι ώστε να επιλεγούν κατάλληλα οι παράμετροι του ελεγκτή. Ένας ελεγκτής PID είναι ένας ελεγκτής συστήματος ελέγχου που συμπεριλαμβάνει ένα αναλογικό ελεγκτή (P), έναν ολοκληρωτή ελεγκτή (I) και ένα διαφορικό ελεγκτή (D).

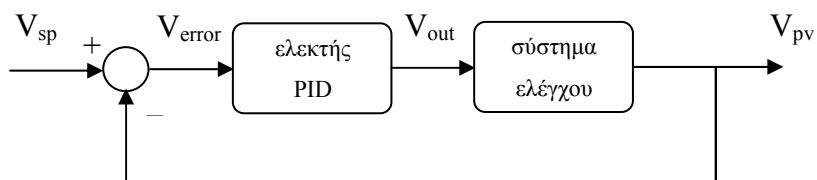
Ένα τυπικό παράδειγμα PID ρυθμιστή αποτελείται από πέντε τελεστικούς ενισχυτές και λειτουργεί ως εξής: αρχικά το σήμα ανάδρασης V_{pv} (feedback signal) συγκρίνεται με το σήμα αναφοράς V_{sp} (reference signal) μέσω ενός τελεστικού ενισχυτή σφάλματος (error amplifier), με αποτέλεσμα στη έξοδο του να δημιουργείται το σήμα σφάλματος $V_{error} = V_{sp} - V_{pv}$. Στη συνέχεια το σήμα σφάλματος V_{error} εισέρχεται στην είσοδο τριών τελεστικών ενισχυτών, στον αναλογικό ενισχυτή που ενισχύει το σήμα σφάλματος με μια αναλογική ενίσχυση K_p , στον ενισχυτή ολοκλήρωσης που στην έξοδο του προκύπτει το ολοκλήρωμα του σήματος σφάλματος (ολοκληρωτική ενίσχυση K_I) και στον διαφορικό ενισχυτή που στην έξοδο του προκύπτει η παράγωγος του σήματος σφάλματος (διαφορική ενίσχυση K_D). Στη συνέχεια οι έξοδοι των ενισχυτών αθροίζονται μέσω αθροιστή, οπότε στην έξοδο να προκύπτει η ολική επίδραση του PID ρυθμιστή:

$$V_{out} = K_p V_{error} + K_I \int V_{error} + K_D \frac{dV_{error}}{dt}$$

Το PID σήμα V_{out} εφαρμόζεται στο επόμενο τμήμα του συστήματος ελέγχου έτσι ώστε να επιτευχθεί η επαναφορά του συστήματος στην επιθυμητή κατάσταση. Επομένως, στον ελεγκτή PID, ο ρυθμιστής P ενισχύει το σήμα σφάλματος έτσι ώστε να επαναφέρει το ελεγχόμενο σύστημα πλησίον της επιθυμητής κατάστασης. Επειδή ο ρυθμιστής P από μόνος του δε μπορεί να μηδενίσει το σφάλμα, υπάρχει ο ρυθμιστής I ο οποίος ολοκληρώνει το σφάλμα και το ενισχύει γραμμικά έτσι ώστε να επιτευχθεί ο μηδενισμός του. Ο ρυθμιστής D χρειάζεται για τη γρήγορη επαναφορά του συστήματος στην επιθυμητή κατάσταση.

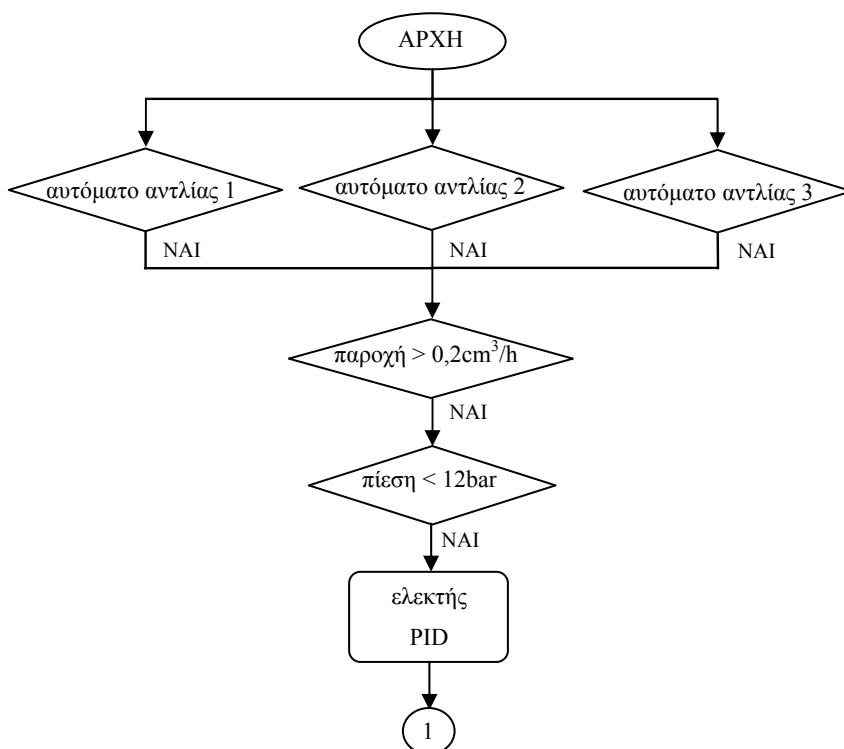
Στον αυτοματισμό του αντλιοστασίου (σχήμα 3.2), το σήμα ανάδρασης V_{pv} αντιστοιχεί στην πίεση που υπάρχει στο δίκτυο νερού, και παίρνει τιμές από 0 έως 12bar, ενώ το σήμα αναφοράς V_{sp} αντιστοιχεί στις στροφές της αντλίας, που λειτουργεί μέσω του inverter, και παίρνει τιμές από 0 έως 1500RPM.

Η μέθοδος ελέγχου του ελεγκτή PID που χρησιμοποιείται στον αυτοματισμό είναι η αντίστροφη εκτέλεση (SP-PV), η οποία προκαλεί η αύξηση της ελεγχόμενης μεταβλητής (πίεση δικτύου) όταν η μεταβλητή εισαγωγής (στροφές κινητήρα) είναι μικρότερη από ένα καθορισμένο όριο.



Σχήμα 3.2 - Διάγραμμα ροής του ελεγκτή PID

Εφόσον έχουμε καθορίσει τα βασικά χαρακτηριστικά του ελεγκτή PID, πρέπει να καθοριστεί πότε θα καλείται για ρύθμιση του συστήματος αυτοματισμού. Σύμφωνα, με τον παρακάτω αλγόριθμο (σχήμα 3.3) ο ελεγκτής PID καλείται, όταν κάποια από τις τρεις αντλίες είναι στη θέση αυτόματο, έχουμε παροχή στο δίκτυο (όριο τα $0,2\text{cm}^3/\text{h}$) και η πίεση του δικτύου, για λόγους ασφαλείας, είναι κάτω από 12bar.



Σχήμα 3.3 - Διάγραμμα ροής ελέγχου της υπορουτίνας του ελεγκτή PID

3.4 Καθορισμός απαιτούμενων αντλιών

Σε αυτή τη διεργασία (σχήμα 3.4) καθορίζονται πόσες αντλίες απαιτούνται να λειτουργούν. Η απαίτηση αυτή καθορίζεται από τη συνθήκη της διατήρησης σταθερής πίεσης του νερού στο δίκτυο.

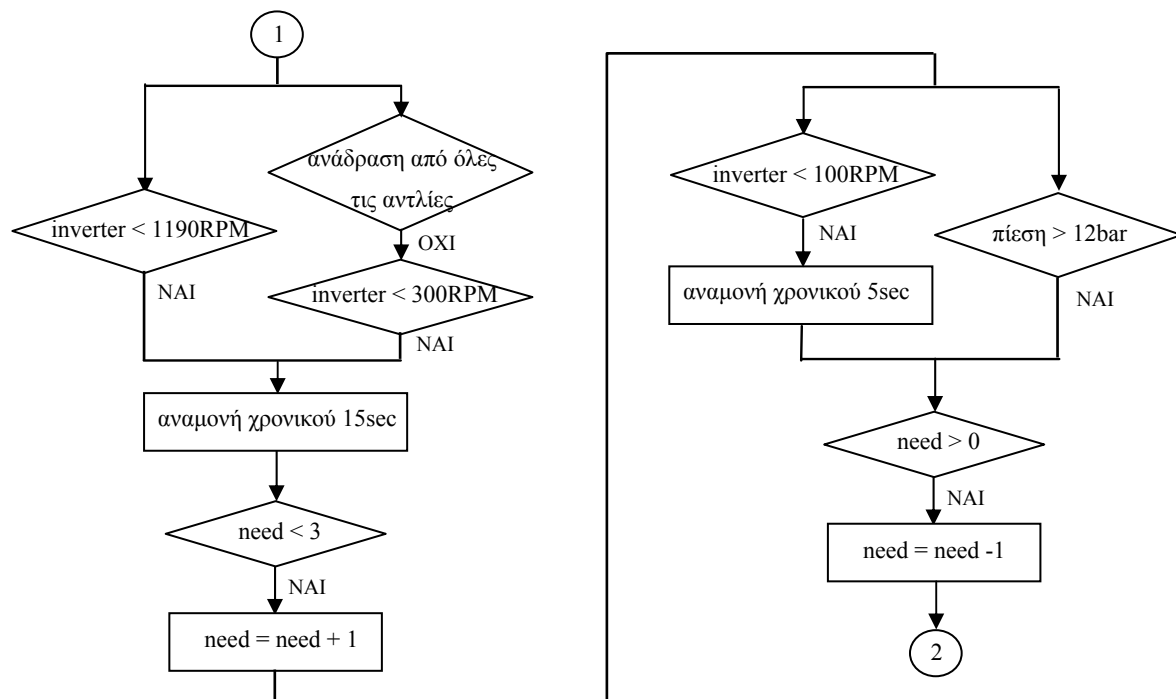
Για να αντιληφθεί το σύστημα ότι πρέπει να αυξηθεί ο αριθμός των αντλιών που λειτουργούν, πρέπει οι στροφές του inverter που δίνονται από τον ελεγκτή PID να φτάσουν τη μέγιστη τιμή τους. Η συνθήκη αυτή σημαίνει ότι η ισχύς της αντλίας αυτής έχει φτάσει στο μέγιστο και πλέον δεν επαρκεί για τη διατήρηση της επιθυμητής πίεσης.

Πιο αναλυτικά, όταν οι στροφές (inverter) υπερβούν τις 1190RPM, τότε αρχίζει να μετράει χρονικό με διάρκεια 15sec (χρονικό περιθώριο δυνατότητας κάλυψης της απαίτησης της πίεσης από τις αντλίες που λειτουργούν). Ο χρόνος μετράει ακόμα όταν δε λειτουργεί καμία αντλία και οι στροφές υπερβούν τις 300RPM. Η δεύτερη συνθήκη ελέγχεται κατά την έναρξη της διαδικασίας, όταν δε λειτουργεί καμία αντλία, ώστε να είναι πιο γρήγορη η εκκίνηση της πρώτης αντλίας. Δηλαδή, ενώ κανονικά θα έπρεπε ο PID από το 0 να φτάσει στις 1190RPM για να αυξηθεί η απαίτηση από 0 σε 1 αντλία, τώρα φτάνει σε μικρότερο χρονικό διάστημα στις 300RPM.

Όταν ολοκληρωθεί ο χρόνος των 15sec και η μεταβλητή απαίτησης για αντλίες (need) είναι μικρότερη του 3 (μέγιστος αριθμός αντλιών) τότε αυξάνεται κατά 1 η μεταβλητή απαίτησης (need) ενώ παράλληλα μηδενίζεται και το χρονικό αύξησης. Αντίστοιχα, για να καταλάβει το σύστημα ότι πρέπει να μειωθεί ο αριθμός των αντλιών που λειτουργούν, πρέπει οι στροφές του inverter που δίνονται από τον PID, να φτάσουν την ελάχιστη τιμή. Η συνθήκη αυτή σημαίνει ότι η ισχύς της αντλίας έχει φτάσει στο ελάχιστο και πλέον δεν απαιτείται η λειτουργία της.

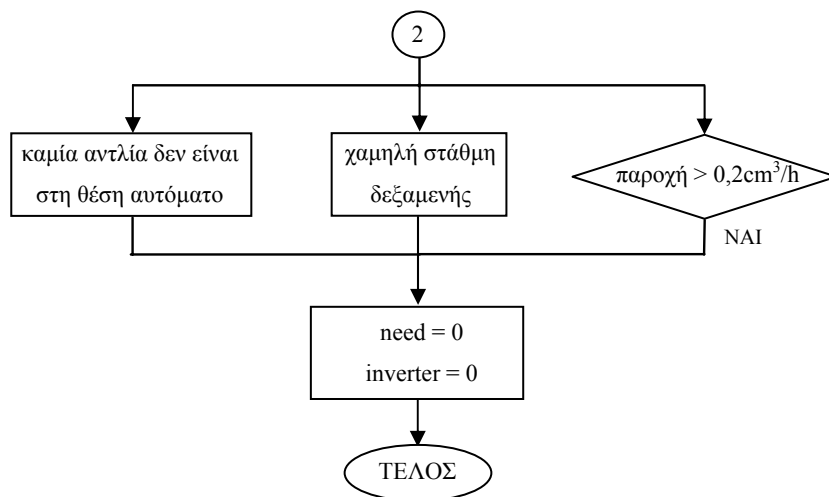
Πιο αναλυτικά, όταν οι στροφές είναι μικρότερες των 100RPM, τότε αρχίζει να μετράει χρονικό με διάρκεια 5sec (χρονικό περιθώριο μη δυνατότητας κάλυψης της απαίτησης της πίεσης από τις αντλίες που λειτουργούν).

Όταν ολοκληρωθεί ο χρόνος των 5sec ή η πίεση είναι μεγαλύτερη των 12bar (ασφάλεια δικτύου) και η μεταβλητή απαίτησης (need) είναι μεγαλύτερη του 0 (ελάχιστος αριθμός αντλιών), τότε μειώνεται κατά 1 η μεταβλητή απαίτησης (need) ενώ παράλληλα μηδενίζεται και το χρονικό μείωσης.



Σχήμα 3.4 - Διάγραμμα ροής αύξησης και μείωσης των απαιτούμενων αντλιών

Ο μηδενισμός της μεταβλητής απαίτησης για αντλίες και της μεταβλητής των στροφών του inverter γίνεται, είτε εάν καμία αντλία δεν είναι στη θέση αυτόματο είτε εάν η δεξαμενή είναι άδεια (ένδειξη από τον πλωτήρα χαμηλής στάθμης) είτε όταν δεν έχουμε παροχή στο δίκτυο (σχήμα 3.5).



Σχήμα 3.5 - Διάγραμμα ροής μηδενισμού μεταβλητής απαίτησης αντλιών και στροφών inverter

3.5 Έναρξη & παύση των αντλιών

Στη διεργασία αυτή (σχήμα 3.6) καθορίζονται ποιες αντλίες πρόκειται να λειτουργήσουν ή να παύσουν να λειτουργούν. Αφού από τη προηγούμενη υπορουτίνα προκύπτει ο αριθμός των αντλιών που πρέπει να λειτουργήσουν, καθορίζεται ποιες αντλίες θα λειτουργούν.

Η επιλογή γίνεται με βάση ποια αντλία λειτουργούσε νωρίτερα και ποια ήταν σε αναμονή. Ειδικότερα, εάν σε ένα κύκλο λειτουργούσε η αντλία 1, στον επόμενο κύκλο, μετά από παύση των αντλιών, θα λειτουργήσει η αντλία 2 και στη συνέχεια η αντλία 3. Η εναλλαγή των αντλιών γίνεται κάθε φορά που αλλάζει η απαίτηση για λειτουργία αντλιών.

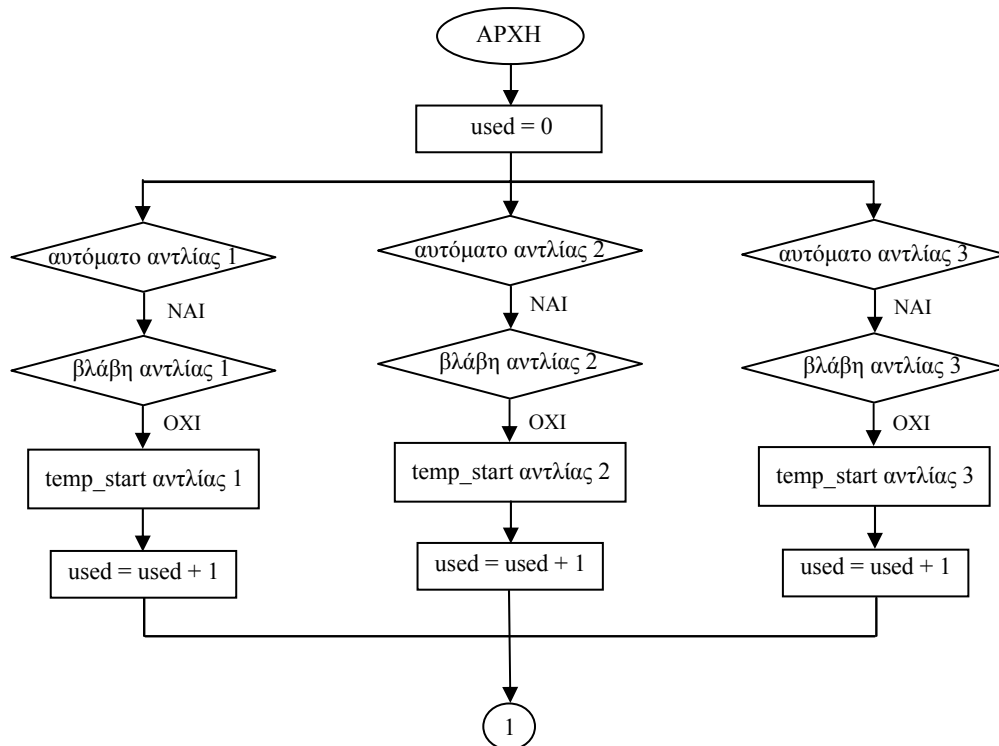
Επίσης, εάν κάποια αντλία δεν είναι διαθέσιμη λόγω βλάβης ή μη θέσης του διακόπτη της στη θέση αυτόματο, τότε η συγκεκριμένη αντλία δεν υπολογίζεται στην εναλλαγή. Εάν η προηγούμενη συνθήκη συμβεί εν ώρα λειτουργίας της αντλίας, τότε αυτή παύει και μπαίνει σε λειτουργία η επόμενη, όπως καθορίζεται από το πρόγραμμα της κυκλικής εναλλαγής.

Συνεπώς, με την υπορουτίνα αυτή επιτυγχάνεται η κυκλική λειτουργία των αντλιών, με άμεση συνέπεια την ισοδύναμη φθορά τους.

Πρώτη εργασία του αλγορίθμου είναι ο μηδενισμός της μεταβλητής *used*, η οποία αναφέρεται στην αντλία που λειτουργεί, ώστε σε κάθε κύκλο να γίνεται η μέτρηση της από την αρχή.

Μετά εξασφαλίζεται η έναρξη λειτουργίας των αντλιών μετά την επιβεβαίωση από τον διακόπτη της κάθε αντλίας στη θέση αυτόματο και μη ύπαρξης βλάβης στην αντλία. Στην υπορουτίνα αυτή χρησιμοποιείται η προσωρινή μεταβλητή εκκίνησης των αντλιών (*temp_start*), επειδή η κάθε αντλία μπορεί να λειτουργήσει με δύο τρόπους (μέσω *inverter* ή με σταθερή τροφοδοσία μέσω ρελαί), οπότε δίνεται μια γενική εντολή εκκίνησης και σε επόμενη διεργασία επιλέγεται ο τρόπος λειτουργίας της (με *inverter* ή χωρίς).

Για κάθε έναρξη αντλίας, γίνεται η μέτρηση των αντλιών που λειτουργούν, και συγκεκριμένα η μεταβλητή *used* αυξάνεται κατά 1.



Σχήμα 3.6 - Διάγραμμα ροής ελέγχου έναρξης των αντλιών

Η λειτουργία της κυκλικής εναλλαγής βασίζεται στη δυνατότητα των μεταβλητών σε μεταβλητή διευθυνσιοδότηση. Δηλαδή η θέση που υποδηλώνει τη διεύθυνση μιας μεταβλητής μπορεί να είναι ακέραιη μεταβλητή, και έτσι όλες οι μεταβλητές που χρειάζονται για τη κυκλική εναλλαγή να έχουν για τη ίδια αντλία τη ίδια θέση διεύθυνσης. Βάζοντας συνεπώς, στη θέση της διεύθυνσης τη μεταβλητή start και για $i = 1, 2, 3$ ελέγχεται αντίστοιχα η εκάστοτε αντλία.

Η επόμενη εργασία του αλγορίθμου (σχήμα 3.7) είναι να συγκρίνει τον αριθμό των αντλιών που λειτουργούν (μεταβλητή used), με αυτόν που απαιτούνται (μεταβλητή απαίτησης need που έχει υπολογιστεί από τη προηγούμενη διεργασία). Σε συνθήκες λειτουργίας οι δύο μεταβλητές πρέπει να είναι ίσες.

Έτσι, εάν η μεταβλητή απαίτησης είναι μεγαλύτερη της μεταβλητής used, δηλαδή η απαίτηση είναι μεγαλύτερη από τον αριθμό αντλιών που λειτουργούν και έχουμε τον διακόπτη σε θέση αυτόματο και η αντλία δεν παρουσιάζει βλάβη, τότε έχουμε εντολή εκκίνησης της i αντλίας και ταυτόχρονα αύξηση του i κατά 1 και ενεργοποίηση μιας βοηθητικής μεταβλητής flag.

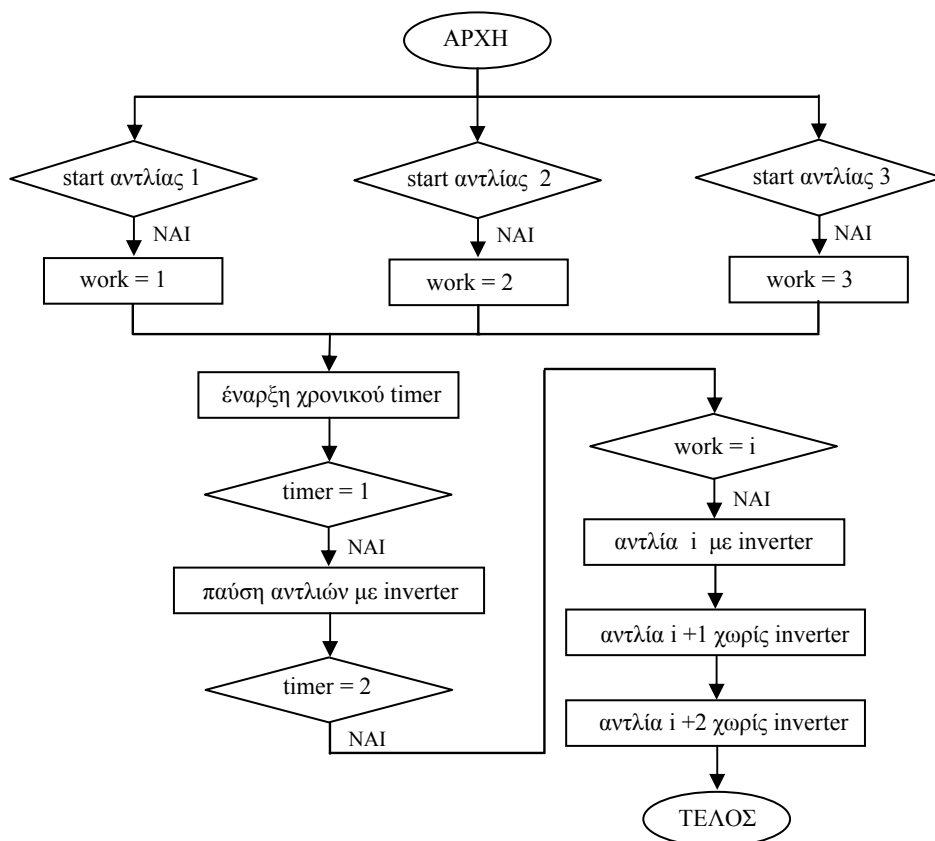
Η βοηθητική μεταβλητή flag μας εξυπηρετεί σε περίπτωση που έχουμε βλάβη ή μη θέση αυτόματου στο διακόπτη της i αντλίας, ώστε να αυξήσουμε το i και στον επόμενο κύκλο να εξετασθεί και να λειτουργήσει η επόμενη αντλία. Τέλος, όταν το i γίνει ίσο με 3, δηλαδή το πρόγραμμα έχει εξετάσει τη τελευταία αντλία, τότε πρέπει να μηδενιστεί ώστε να ελεγχθεί ξανά η πρώτη αντλία.

3.6 Καθορισμός του τρόπου λειτουργίας των αντλιών

Με τη διεργασία (σχήμα 3.9) αυτή καθορίζεται ποιες αντλίες και πως θα λειτουργήσουν, δηλαδή είτε χρησιμοποιώντας το ρυθμιστή στροφών (inverter) είτε με σταθερή τροφοδοσία μέσω ρελέ (direct on line).

Η λογική του αυτοματισμού, για τη επιλογή της αντλίας που θα λειτουργεί με το ρυθμιστή στροφών, βασίζεται στο ότι μόνο μία αντλία από κάθε συστοιχία, μπορεί να λειτουργεί κάθε φορά με τον ένα inverter. Οπότε, όποια αντλία έχει πάρει εντολή (από προηγούμενη διεργασία) να λειτουργήσει μέσω inverter τότε μετακινείται ο αντίστοιχος αριθμός της (1, 2, 3) στη μεταβλητή work.

Από τη στιγμή που δοθεί εντολή εκκίνησης αντλίας ξεκινάει και μετράει χρονικό (timer). Στο πρώτο δευτερόλεπτο του χρονικού δίνεται εντολή παύσης λειτουργίας όλων των αντλιών με inverter. Στο δεύτερο δευτερόλεπτο του χρονικού, εξετάζεται ποια αντλία λειτουργεί με inverter, μέσω της μεταβλητής work, και δίνεται εντολή να ξεκινήσει με σταθερή τροφοδοσία μέσω ρελέ, αφού βεβαίως από τα προηγούμενα έχει σταματήσει. Επίσης δίνεται εντολή λειτουργίας με inverter στη αντλία που πρόκειται να λειτουργήσει.



Σχήμα 3.9 - Διάγραμμα ροής ελέγχου καθορισμού του τρόπου λειτουργίας των αντλιών

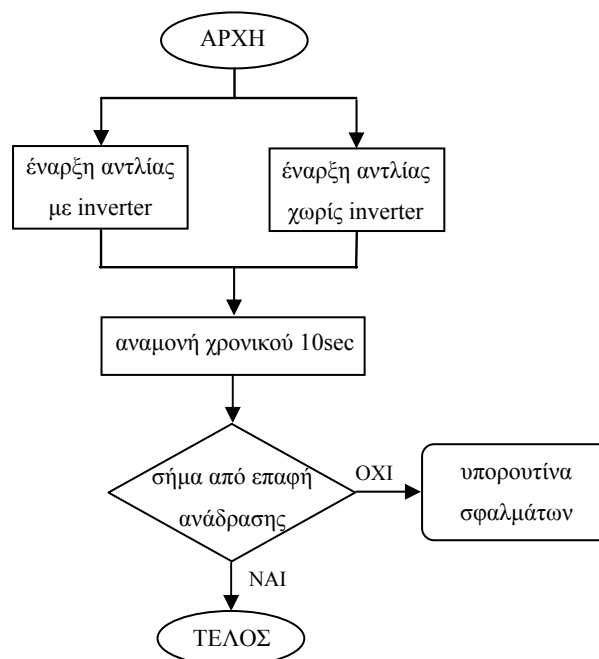
3.7 Έλεγχος ανάδρασης λειτουργίας των αντλιών

Όταν έχουμε εντολή έναρξης μιας αντλίας, τότε έχουμε ενεργοποίηση της αντίστοιχης εξόδου στο PLC. Ενεργοποίηση εξόδου του PLC σημαίνει έξοδο τάσης (24V AC), η οποία εφαρμόζεται στο πηνίο του ηλεκτρονόμου της αντίστοιχης αντλίας. Συνεπώς, έχουμε λειτουργία του ηλεκτρονόμου (κλείσιμο των επαφών του και εφαρμογή τριφασικής τάσης στον κινητήρα) και άμεση έναρξη της αντίστοιχης αντλίας.

Όμως υπάρχει η περίπτωση αφού έχουμε δώσει εντολή έναρξης αντλίας, αυτή να μη λειτουργήσει και αυτό να οφείλεται σε σφάλμα λειτουργίας του ηλεκτρονόμου. Για το λόγο αυτό, παίρνουμε μία ανοικτή (N.O.) βοηθητική επαφή του ηλεκτρονόμου και τη συνδέουμε σε είσοδο του PLC.

Ορίζοντας ένα ασφαλές χρονικό διάστημα (10sec), στο οποίο αναμένουμε σήμα από τη βοηθητική επαφή πριν το πέρας του χρόνου αυτού, θα έχουμε ομαλή λειτουργία του ηλεκτρονόμου, διαφορετικά θα έχουμε ενεργοποίηση βλάβης (alarm) για την αντίστοιχη αντλία.

Συνεπώς, σε αυτή τη διεργασία (σχήμα 3.10) πραγματοποιείται ο έλεγχος ανάδρασης (feedback) λειτουργίας του κάθε κινητήρα μετά από εντολή έναρξης του.



Σχήμα 3.10 - Διάγραμμα ροής ελέγχου ανάδρασης των αντλιών

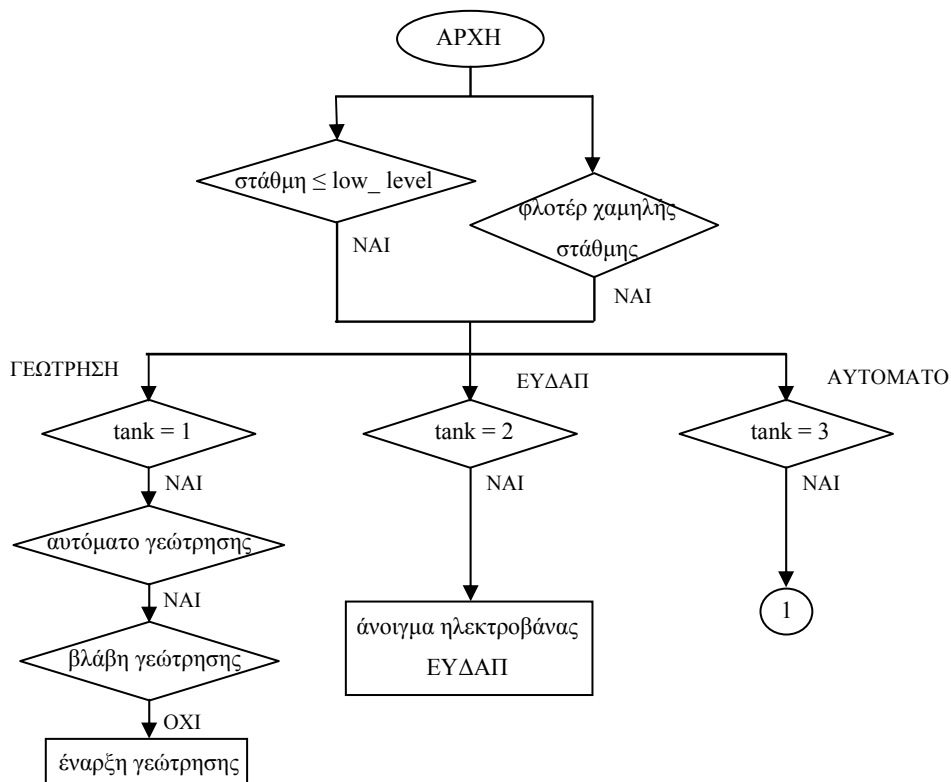
3.8 Πλήρωση της δεξαμενής

Στη διεργασία αυτή (σχήμα 3.11) γίνεται ο προγραμματισμός της λειτουργίας πλήρωσης της δεξαμενής. Επίσης, επιλέγεται η πλήρωση μεταξύ γεώτρησης ή ηλεκτροβάνας της ΕΥΔΑΠ.

Η απαίτηση για πλήρωση της δεξαμενής ενεργοποιείται είτε εάν έχει ενεργοποιηθεί το φλοτέρ της χαμηλής στάθμης, είτε εάν η στάθμη της δεξαμενής είναι κάτω από το όριο χαμηλής στάθμης (low_level). Η επιλογή του ορίου low_level γίνεται από το χρήστη μέσω της οθόνης ενδείξεων (panel).

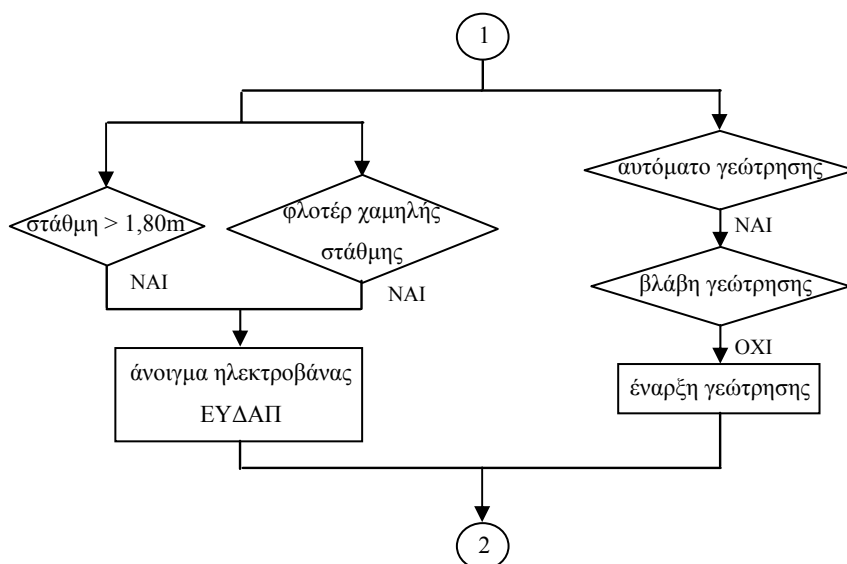
Αφού πλέον έχει ορισθεί η απαίτηση για πλήρωση της δεξαμενής, πρέπει να καθορισθεί εάν τη δεξαμενή τη πληρώσει η ηλεκτροβάνα της ΕΥΔΑΠ ή η γεώτρηση ή και οι δύο. Για την επιλογή αυτή, έχει εισαχθεί η μεταβλητή tank, η οποία παίρνει τιμές 1, 2, 3. Το 1 σημαίνει επιλογή της γεώτρησης, το 2 επιλογή της ΕΥΔΑΠ και το 3 αυτόματη επιλογή. Η επιλογή της μεταβλητής γίνεται από τον χρήστη μέσω της οθόνης ενδείξεων (panel).

Έτσι, εάν έχουμε απαίτηση για νερό και η μεταβλητή tank έχει την τιμή 1 και ο διακόπτης της γεώτρησης είναι στη θέση αυτόματο και δεν έχει βλάβη η αντλία, τότε δίνεται εντολή έναρξης της αντλίας γεώτρησης. Όταν η μεταβλητή tank έχει την τιμή 2 δίνεται εντολή για άνοιγμα της ηλεκτροβάνας της ΕΥΔΑΠ.



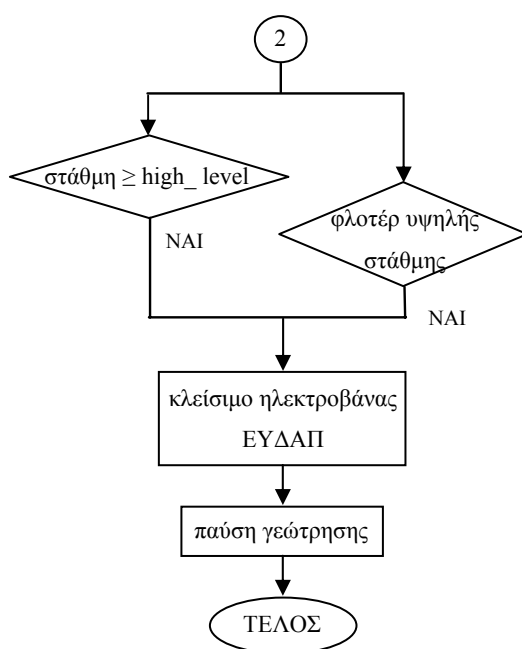
Σχήμα 3.11 - Διάγραμμα ροής ελέγχου έναρξης πλήρωσης δεξαμενής

Όταν η μεταβλητή tank έχει την τιμή 3, δηλαδή στο αυτόματο, και έχουμε απαίτηση για νερό, εκκινεί η γεώτρηση, αφού ο διακόπτης της είναι στη θέση αυτόματο και δεν έχει βλάβη η αντλία. Εάν η κατανάλωση είναι μεγαλύτερη από τη δυνατότητα της γεώτρησης, τότε εκκινεί και η ηλεκτροβάννα της ΕΥΔΑΠ. Δηλαδή, εάν η στάθμη είναι μικρότερη από 1,80m ή έχει «χτυπήσει» το φλοτέρ χαμηλής στάθμης, τότε ανοίγει και η ηλεκτροβάννα της ΕΥΔΑΠ (σχήμα 3.12).



Σχήμα 3.12 - Διάγραμμα ροής ελέγχου πλήρωσης δεξαμενής με επιλογή αυτόματο

Τέλος, όταν δεν έχουμε απαίτηση για νερό, δηλαδή είτε έχει ενεργοποιηθεί το φλοτέρ της υψηλής στάθμης είτε το ύψος της στάθμης της δεξαμενής είναι μεγαλύτερο από το όριο υψηλής στάθμης (high_level), τότε δίνεται εντολή για παύση της αντλίας γεώτρησης και κλείσιμο της ηλεκτροβάννας της ΕΥΔΑΠ. Η επιλογή του ορίου high_level γίνεται από το χρήστη μέσω της οθόνης ενδείξεων (panel).

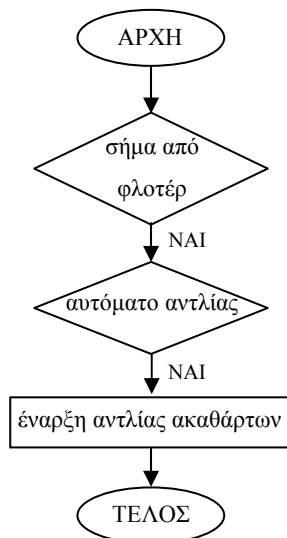


Σχήμα 3.13 - Διάγραμμα ροής ελέγχου παύσης πλήρωσης δεξαμενής

3.9 Λειτουργία αντλίας ακαθάρτων

Στη διεργασία αυτή (σχήμα 3.14) γίνεται ο καθορισμός λειτουργίας της αντλίας ακαθάρτων, η οποία είναι τοποθετημένη στο φρεάτιο υποδοχής των στραγγισμάτων.

Η λειτουργία της αντλίας ακαθάρτων επιτυγχάνεται μετά από σήμα υψηλής στάθμης από το αντίστοιχο φλοτέρ (που βρίσκεται στο φρεάτιο στραγγισμάτων) και επιβεβαίωση από το διακόπτη της ότι βρίσκεται στη θέση αυτόματο.

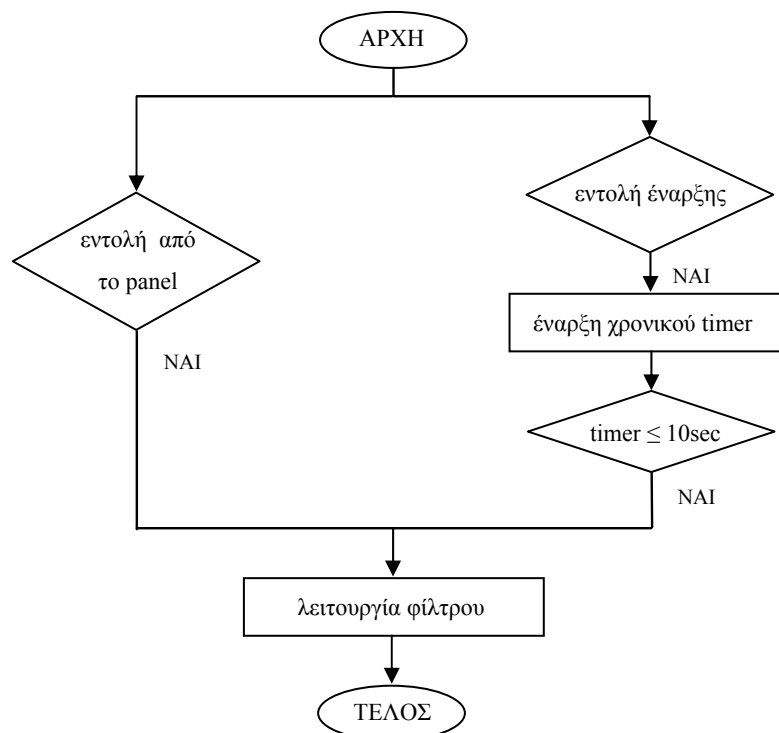


Σχήμα 3.14 - Διάγραμμα ροής ελέγχου λειτουργίας αντλίας ακαθάρτων

3.10 Λειτουργία φίλτρων γεώτρησης και ΕΥΔΑΠ

Κάθε φορά που δίνεται εντολή πλήρωσης της δεξαμενής, είτε από τη γεώτρηση είτε από την ΕΥΔΑΠ, πρέπει να ανοίγουν οι ηλεκτροβάνες των αντίστοιχων φίλτρων για 10sec, ώστε να απομακρύνονται οι ακαθαρσίες που υπάρχουν στην αρχή της λειτουργίας τους.

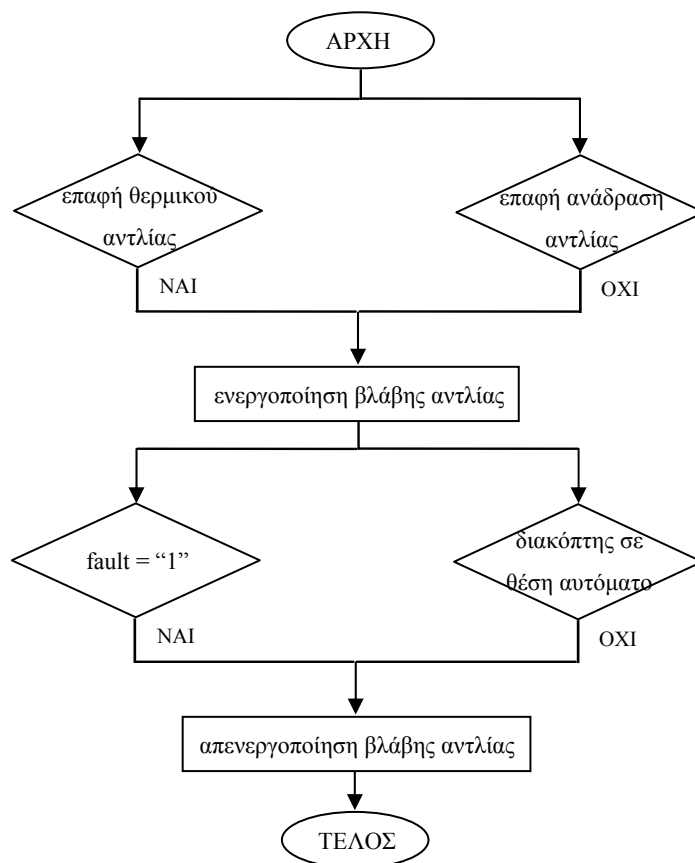
Συνεπώς, είτε όταν έχουμε εντολή έναρξης της γεώτρησης είτε της ΕΥΔΑΠ, αρχίζει η μέτρηση του χρονικού (timer) και για τα πρώτα 10sec έχουμε τη λειτουργία του φίλτρου. Το φίλτρο λειτουργεί και σε περίπτωση χειροκίνητης εντολής από το panel (σχήμα 3.15).



Σχήμα 3.15 - Διάγραμμα ροής ελέγχου λειτουργίας φίλτρου

3.11 Καθορισμός βλαβών των αντλιών

Στη διεργασία αυτή (σχήμα 3.16) γίνεται ο καθορισμός για ενδεχόμενη βλάβη των αντλιών. Έτσι, για οποιαδήποτε αντλία έχουμε ενεργοποίηση βλάβης, είτε από πτώση του θερμικού είτε από μη ανταπόκριση λειτουργίας της (μέσω της επαφής ανάδρασης). Για την απενεργοποίηση βλάβης πρέπει είτε να γίνει αναγνώριση της βλάβης από το panel, μέσω της μεταβλητής fault, είτε ο διακόπτης της αντλίας να μη βρίσκεται στη θέση αυτόματο.



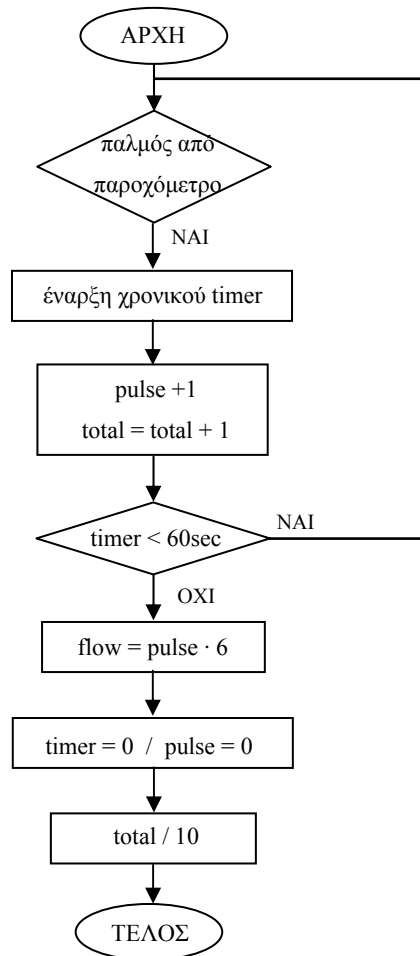
Σχήμα 3.16 - Διάγραμμα ροής ελέγχου βλαβών των αντλιών

3.12 Μέτρηση παροχής

Στη διεργασία αυτή (σχήμα 3.17) γίνεται η μέτρηση της στιγμιαίας και της συνολικής παροχής από τα όργανα μέτρησης παροχής (παροχόμετρα). Από τα παροχόμετρα παίρνουμε ως έξοδο παλμούς, όπου κάθε παλμός αντιστοιχεί σε $0,1\text{m}^3$. Μετρώντας τους συνολικούς παλμούς προκύπτει η συνολική παροχή σε m^3 , ενώ μετρώντας τους παλμούς στη διάρκεια ενός λεπτού προκύπτει η στιγμιαία παροχή σε m^3/h .

Για κάθε παλμό που έρχεται από ένα παροχόμετρο, αυξάνεται ο απαριθμητής pulse και η μεταβλητή total κατά 1. Κάθε φορά που ολοκληρώνεται ο χρόνος των 60sec, πολλαπλασιάζεται ο αριθμός των παλμών (pulse) με το 6 και το αποτέλεσμα εισάγεται στη μεταβλητή flow, η οποία αντιστοιχεί στη στιγμιαία παροχή σε m^3/h .

Ο συντελεστής 6 υπολογίζεται με την εξής λογική: εάν έχουμε έναν παλμό κάθε 1 λεπτό, σε μία ώρα θα έχουμε 60 παλμούς. Όμως κάθε παλμός είναι $0,1\text{m}^3$, άρα έχουμε παροχή $6\text{m}^3/\text{h}$. Έτσι εάν πολλαπλασιάσουμε τους παλμούς του λεπτού με το 6 προκύπτει η στιγμιαία παροχή. Τέλος, μηδενίζονται οι παλμοί των παροχόμετρων του λεπτού (pulse), ώστε να ξεκινήσει η μέτρηση των παλμών στο επόμενο λεπτό και διαιρείται ο συνολικός αριθμός των παλμών (total) με το 10, ώστε το αποτέλεσμα να μας δίνει τη συνολική παροχή.



Σχήμα 3.17 - Διάγραμμα ροής ελέγχου μέτρηση παροχής

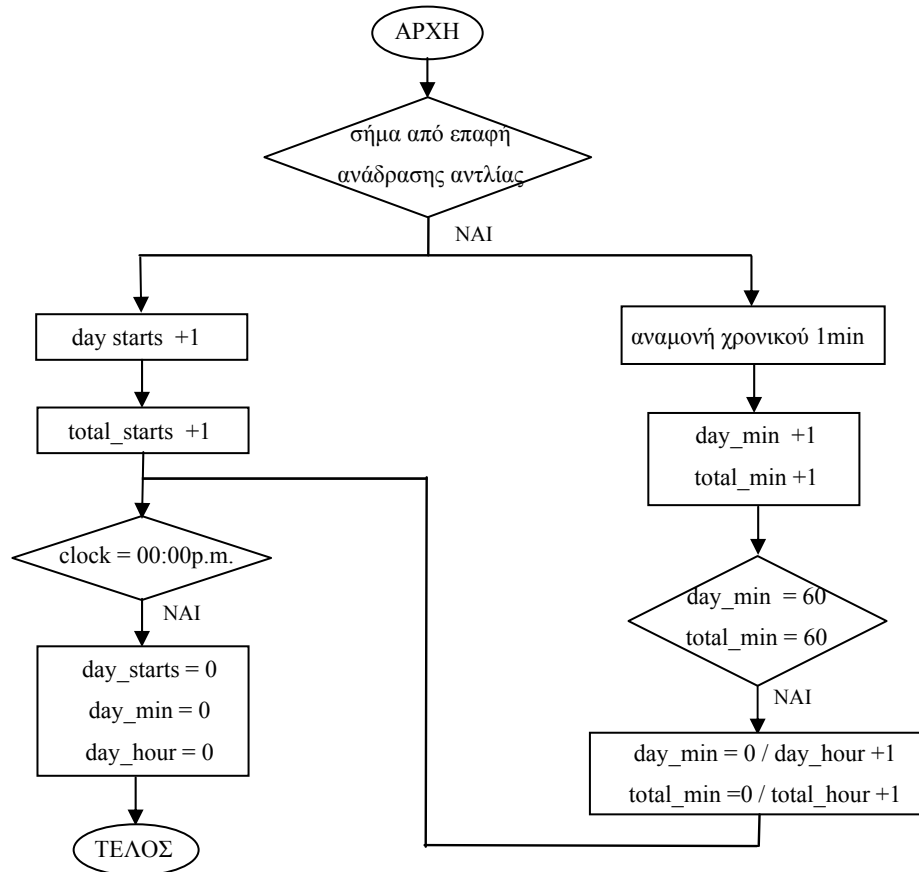
3.13 Μέτρηση χρόνου λειτουργίας & εκκινήσεων αντλιών

Σε αυτή τη διεργασία (σχήμα 3.18) γίνεται η μέτρηση του χρόνου λειτουργίας και των εκκινήσεων των αντλιών τόσο κατά τη διάρκεια μιας ημέρας αλλά και συνολικά. Οι μετρήσεις αυτές γίνονται για παρακολούθηση των χρόνων αυτών μέσω των panel.

Για τη μέτρηση των εκκινήσεων των αντλιών ακολουθείται ο εξής αλγόριθμος: μετά από σήμα ανάδρασης κάποιας αντλίας (έναρξη λειτουργίας αντλίας), αυξάνεται κατά 1 η μεταβλητή των ημερησίων εκκινήσεων (day_starts) και η μεταβλητή των συνολικών εκκινήσεων (total_starts) της αντίστοιχης αντλίας. Μια φορά τη ημέρα, στις 00:00π.μ., μηδενίζεται η μεταβλητή των ημερησίων εκκινήσεων.

Για τη μέτρηση του χρόνου λειτουργίας των αντλιών ακολουθείται ο εξής αλγόριθμος: μετά από σήμα ανάδρασης κάποιας αντλίας (έναρξη λειτουργίας αντλίας) και αφού περάσει ένα λεπτό, αυξάνει κατά 1 η μεταβλητή των ημερησίων λεπτών (day_min) και η μεταβλητή των συνολικών λεπτών (total_min) λειτουργίας της αντίστοιχης αντλίας.

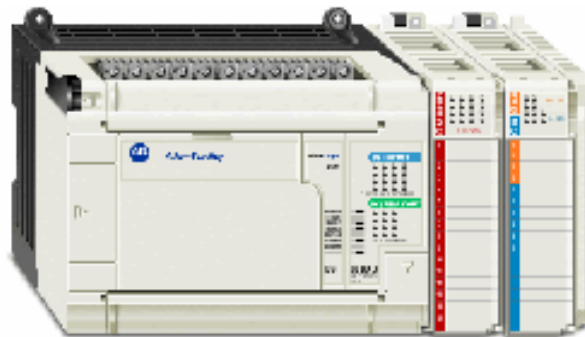
Όταν τα ημερήσια λεπτά γίνουν ίσα με 60, δηλαδή η αντλία λειτουργεί για μία ώρα, τότε μηδενίζονται τα λεπτά και αυξάνεται κατά 1 η μεταβλητή των ημερήσιων ωρών (day_hour) λειτουργίας της. Το ίδιο ισχύει και για το συνολικό χρόνο λειτουργίας της αντλίας (total_hour). Μια φορά τη ημέρα, στις 00:00π.μ., μηδενίζονται οι μεταβλητές των ημερήσιων λεπτών και ωρών.



3.18 - Διάγραμμα ροής μέτρησης χρόνου λειτουργίας και εκκινήσεων των αντλιών

4

Προγραμματιζόμενοι λογικοί ελεγκτές Allen-Bradley Micrologix 1500



4.1 Ιστορική αναδρομή

Οι πρώτοι προγραμματιζόμενοι λογικοί ελεγκτές (PLC – Programmable Logic Controllers), στην αρχή της δεκαετίας του '70, χρησιμοποιήθηκαν κυρίως για αντικατάσταση των ρελέ. Η μεγάλη απαίτηση για μείωση του κύκλου παραγωγής άρχισε στην αρχή της δεκαετίας του '80. Η τεχνολογία γινόταν γρηγορότερη και αναπτυσσόταν συνεχώς, παράλληλα με τις απαιτήσεις του χρήστη. Οι νέες συσκευές επεξεργάζονται πλέον δεδομένα και ανταλλάσσουν πληροφορίες μεταξύ τους ή με υπολογιστές.

Οι διαδικασίες παραγωγής γίνονται πιο σύνθετες, οι νεκροί χρόνοι στη παραγωγή μειώνονται συνεχώς, οι απαιτήσεις για αυξημένη ποιότητα αυξάνονται. Αλλάζει και ο ρόλος του ανθρώπου στη παραγωγική διαδικασία - τώρα σχεδιάζει, κατασκευάζει, προγραμματίζει, επιτηρεί κι επισκευάζει. Το φάσμα της εργασίας μεταφέρεται από το μυϊκό στο πνευματικό επίπεδο.

Κι ενώ η τεχνολογία προχωρά, φθάνουμε στη δεκαετία του '90, όπου τεχνολογικά έγινε μεγάλο άλμα (συσκευές μικρότερες, φθηνότερες, με σημαντικά αυξημένες δυνατότητες συγκριτικά με αυτές της προηγούμενης δεκαετίας) αλλά παράλληλα αυξήθηκε δυσανάλογα το κόστος εκπόνησης των προγραμμάτων και της θέσης των εγκαταστάσεων σε λειτουργία.

Οι κατασκευαστές δίνουν πλέον σημαντικό βάρος στο λογισμικό, παρέχοντας έτοιμες λύσεις για τομείς του αυτοματισμού με τη βοήθεια βιβλιοθηκών, εκμεταλλευόμενοι τη πρόοδο των ηλεκτρονικών υπολογιστών και χρησιμοποιώντας την εξέλιξη στο λειτουργικό σύστημα (τεχνολογία Windows) για να μειώσουν το χρόνο προγραμματισμού των PLC (σχόλια προγράμματος, αντιγραφή τμημάτων προγράμματος από ένα πρόγραμμα σε άλλο κ.τ.λ.). Εμφανίζονται νέες γλώσσες προγραμματισμού σε γραφική μορφή, όπου ο χρήστης μέσω βιβλιοθηκών κι έχοντας γνώση μόνο της παραγωγικής διαδικασίας "συνθέτει" τον αυτοματισμό του. Τα υπόλοιπα γίνονται αυτόματα στο "παρασκήνιο" για λογαριασμό του. Υποστηρίζονται τέλος και γλώσσες προγραμματισμού (Pascal, C++) για χρήστες που είναι εξοικειωμένοι σε τέτοια περιβάλλοντα.

Τέλος, ιδιαίτερη έμφαση δίνεται πλέον στη δικτύωση (ασύρματη ή ενσύρματη) για τον προγραμματισμό/επιτήρηση εξ' αποστάσεως μέσω ειδικών συσκευών επικοινωνίας και λογισμικού (SCADA και επικοινωνία μέσω internet).

4.2 Περιγραφή και λειτουργία του PLC

Το PLC είναι μια ηλεκτρονική διάταξη η οποία από την άποψη της λειτουργίας της θα μπορούσε να προσομοιωθεί με έναν πίνακα αυτοματισμού. Έχει δηλαδή εισόδους και εξόδους που συνδέονται με τα στοιχεία μιας εγκατάστασης και βέβαια ένα πρόγραμμα που καθορίζει ότι κάποιος συνδυασμός εισόδων παράγει ένα αποτέλεσμα στις εξόδους (π.χ. η ενεργοποίηση ενός τερματικού διακόπτη σταματά τον κινητήρα μιας μεταφορικής ταινίας).

Οι ομοιότητες όμως σταματούν εδώ, μια και το ιδιαίτερο χαρακτηριστικό των PLC είναι ότι οι "κανόνες" που καθορίζουν τη συμπεριφορά των εξόδων τους δεν είναι σταθεροί και "συρματωμένοι", όπως σε έναν κλασσικό πίνακα αυτοματισμού, αλλά μπορούν να μεταβάλλονται με επέμβαση στο πρόγραμμα του PLC χωρίς καμία επέμβαση στο hardware του συστήματος.

Έτσι σε ότι αφορά το υλικό όλα τα PLC διαθέτουν CPU, η οποία περιέχει τη λογική του αυτοματισμού και η οποία αφού διαβάσει τη κατάσταση των καρτών εισόδου (input modules) ενεργοποιεί τις κάρτες εξόδου (output modules) σύμφωνα με τους κανόνες (πρόγραμμα) που έχει αποθηκευτεί στη μνήμη του. Το σύστημα συμπληρώνεται με το τροφοδοτικό και πιθανόν από διατάξεις ενδείξεων και χειρισμών (operation panel, operator display).

Η CPU, με τη βοήθεια της κάρτας εισόδου, γνωρίζει κάθε στιγμή τη κατάσταση ενός διακόπτη, εάν δηλαδή είναι διεγερμένος ή όχι. Επιπλέον με τη βοήθεια της κάρτας εξόδου οπλίζει ένα ρελέ και μέσω αυτού ενεργοποιεί μια διάταξη κίνησης, φωτισμού κ.τ.λ.

Αυτό που απομένει είναι η "λογική", δηλαδή πότε πρέπει να οπλίσει το ρελέ. Αυτή η λογική είναι το πρόγραμμα του PLC που συντάσσεται σε συγκεκριμένη γλώσσα (programming software), και αποθηκεύεται στη μνήμη του PLC.

Εδώ θα πρέπει επίσης να υπογραμμίσουμε, ότι το αποτέλεσμα του αυτοματισμού (το πότε θα διεγερθεί η έξοδος) το καθορίζει το πρόγραμμα και όχι οι καλωδιώσεις. Έτσι μπορούμε διατηρώντας τις ίδιες ακριβώς καλωδιώσεις και αλλάζοντας μόνο το πρόγραμμα να κάνουμε το σύστημα να συμπεριφέρεται εντελώς διαφορετικά. Αυτή είναι βέβαια και η μεγάλη διαφορά του PLC από οποιοδήποτε άλλο σύστημα αυτοματισμού, η οποία καθορίζει και το όνομα του δηλαδή προγραμματιζόμενος λογικός ελεγκτής.

4.3 Περιγραφή του PLC Micrologix 1500

Ο προγραμματιζόμενος λογικός ελεγκτής Micrologix 1500 της εταιρείας Allen-Bradley αποτελείται από πρότυπα συναρτησιακά στοιχεία (modular) και είναι σχεδιασμένος κατά τέτοιο τρόπο ώστε να επιτρέπει επέκταση του συστήματος, χρησιμοποιώντας πολλαπλές μονάδες επέκτασης εισόδων/εξόδων (I/O). Αποτελεί λύση λογικού ελεγκτή τελευταίας τεχνολογίας και ενσωματώνει τη πολύχρονη εμπειρία ενός από τους μεγαλύτερους κατασκευαστές PLC παγκοσμίως, καθώς και τις τελευταίες τεχνολογικές εξελίξεις στο χώρο.

Οι μονάδες μνήμης που υποστηρίζει, επιτρέπουν τα χρησιμοποιούμενα προγράμματα να μεταφερθούν με ευκολία από και προς το Micrologix 1500 και να αποθηκευτούν σε αυτές με ασφάλεια. Επιπλέον έχει τη δυνατότητα ρολογιού πραγματικού χρόνου (real time clock) με τη χρήση μίας επιπλέον ειδικής μονάδας.

Υποστηρίζει υψηλού επιπέδου επιλογές επικοινωνίας σε δίκτυα SCADA και RTU. Το Micrologix 1500 περιλαμβάνει μνήμη 7KB, ενώ υποστηρίζει 32 bit προσημασμένους ακέραιους αριθμούς, δυνατότητα για PID έλεγχο και απαριθμητές 20 KHz υψηλής ταχύτητας. Το Micrologix 1500, χρησιμοποιεί τα πρωτόκολλα επικοινωνίας DF1, DH485 και Device Net της Allen-Bradley, και έχει τη δυνατότητα επικοινωνίας σε δίκτυο με άλλα PLC (Siemens, Modicon, Omron, ...).

Επίσης, διαθέτει τέσσερις εισόδους (interrupt) για επεξεργασία υψηλής ταχύτητας και τέσσερις εισόδους που επιτυγχάνουν την επεξεργασία παλμών με ακρίβεια msec, κατά τη διάρκεια της κανονικής σάρωσης του προγράμματος. Τα αποσπώμενα terminal blocks, επιτρέπουν την εύκολη σύνδεση του ελεγκτή, μειώνοντας το χρόνο της εγκατάστασης.

Η βασική μονάδα ελέγχου περιλαμβάνει ένα πλήθος από ψηφιακές εισόδους και εξόδους με τάση λειτουργίας για τις εισόδους τα 24V DC ή 120V AC και εξόδους ρελέ (relay). Οι μονάδες επέκτασης είναι έχουν τάσεις λειτουργίας για τις μεν ψηφιακές μονάδες 24V DC και 120V AC και για τις δε αναλογικές μονάδες 0..10V ή 4..20mA ή 0..20mA.

Όλα τα PLC είναι όμοια και εναλλάξιμα ως προς τα τεχνικά χαρακτηριστικά, την επεκτασιμότητα και το μέγιστο αριθμό των προσαρτώμενων καρτών.

4.4 Δομή του Micrologix 1500

Ο προγραμματιζόμενος λογικός ελεγκτής Micrologix 1500 της Allen-Bradley, αποτελείται από :

- την Κεντρική Μονάδα Επεξεργασίας (CPU)
- τις κάρτες Εισόδων / Εξόδων (I/O)
- τις απαραίτητες για την επικοινωνία συσκευές (Interface Devices)

Τα παραπάνω είναι όλα προσυναρμολογημένα και ελεγμένα από την Allen—Bradley και τοποθετούνται σε ράγα. Οι συνδέσεις των καλωδίων των εισόδων και εξόδων γίνονται σε κινούμενες (αρθρωτές) φισέττες πάνω στο σασί του PLC, τοποθετημένες στο εμπρόσθιο μέρος των καρτών, για εύκολη και γρήγορη σύνδεση και αποσύνδεση των I/O's από τη κάρτα που τα εξυπηρετεί, για τις περιπτώσεις αλλαγών ή επιδιορθώσεων. Περισσότερες της μίας κάρτας μπορούν να συνδεθούν μεταξύ τους για τη δημιουργία ενός μεγαλύτερου συστήματος, με τη χρήση ενός απλού καλωδίου χωρίς τη χρήση ειδικών interface. Η συγκράτηση των αγωγών στις κλεμμοσειρές των καρτών είναι βιδωτή.

4.4.1 Κεντρική Μονάδα Επεξεργασίας (CPU)

Η Κεντρική Μονάδα Επεξεργασίας (CPU) έχει εσωτερικό δίαυλο επεξεργασίας 32bit και εξωτερικό 32bit. Ο επεξεργαστής της έχει κατασκευαστεί, για την Allen-Bradley, με ειδική αρχιτεκτονική (ASIC) ώστε να είναι προσανατολισμένος σε λειτουργίες ελέγχου. Επιπλέον είναι από τις ελάχιστες CPU της αγοράς που μπορούν να οδηγήσουν άμεσα και χωρίς segmentation (κατάτμηση) κάρτες 32bit.

Η κεντρική μονάδα επεξεργασίας έχει επιπλέον τα εξής χαρακτηριστικά :

- Συνολική μνήμη 38Kwords (14Kwords + 48Kbytes).
- Έχει τη δυνατότητα καταγραφής δεδομένων (data logging) έως 48Kbytes.
- Διαχείριση 284 I/O στο τοπικό rack (28 στο base unit + 256 με κάρτες επέκτασης) και 5760 inputs και 5760 outputs με επέκταση Device Net.
- Επέκταση μέχρι και 16 κάρτες τοπικά.
- Ελεύθερη διαχείριση της μνήμης δεδομένων (4Kwords) και προσαρμογή της (πλήθος εσωτερικών flags, ακεραίων, δεκαδικών, χρονικών, απαριθμητών, κ.τ.λ.) ανάλογα με τις απαιτήσεις της κάθε εφαρμογής και ανάλογα με την επιθυμία του προγραμματιστή.
- Έχει τη δυνατότητα αποθήκευσης δεδομένων σε ανεξάρτητη μνήμη από αυτή του επεξεργαστή.
- Τα προγράμματα λειτουργίας μπορούν να αποθηκευτούν σε μνήμη RAM EPROM είτε Flash EPROM.

- Ο χρόνος επεξεργασίας 1000 εντολών είναι μικρότερος του 1ms, με bit execution μικρότερο από 0.7μs.
- Προστασία δεδομένων από μεταβολή μέσω δικτύου, από μεταβολή με download και από μεταβολή λόγω μεταφοράς προγράμματος από EPROM.
- Διακόπτης εναλλαγής κατάστασης Run – Ram – Program.
- Δύο σειριακές θύρες που υποστηρίζουν πρωτόκολλα RS232 DF1 Full Duplex, RS232 DF1 Half Duplex Master, RS232 DF1 Half Duplex Slave, DH485, Modbus RTU, ASCII.
- Δύο ενσωματωμένα ποτενσιόμετρα για άμεση μεταβολή εσωτερικών καταχωρητών της CPU.
- Δύο high speed counters 20 kHz με 8 διαφορετικά σενάρια λειτουργίας και ενσωματωμένη λειτουργία PLS (Programmable Limit Switch).
- Δύο high speed outputs 20kHz που μπορούν να λειτουργήσουν ως PTO (Pulse Train Outputs) και ως PWM (Pulse Width Modulated) outputs.
- Οκτώ γρήγορες εισόδους μανδάλωσης.
- Ενσωματωμένος αλγόριθμος PID.
- Δυνατότητα διαχείρισης ASCII χαρακτήρων και επικοινωνίας με ASCII UDP πρωτόκολλο.
- Εντολές διαχείρισης καταγραφής δεδομένων (Data Logging).
- Τέσσερις εισοδοί interrupt.
- Χρονικά με ανάλυση 1msec.
- Προγραμματιζόμενα χρονικά interrupt με 1msec set point.
- Ο ελεγκτής 1764-LRP προγραμματίζεται μέσω του λογισμικού RSLogix 500 χρησιμοποιώντας συμβολική παρουσίαση των παραμέτρων ελέγχου, ενώ διαθέτει γλώσσα προγραμματισμού Ladder.
- Ο προσφερόμενος ελεγκτής διαθέτει μπαταρία λιθίου για διατήρηση των στοιχείων της RAM, ρολόι πραγματικού χρόνου και ενσωματωμένο Watch dog.

4.4.2 Κάρτες Εισόδου/Εξόδου (I/O)

Οι κάρτες Εισόδου/Εξόδου (I/O), με τις οποίες γίνεται η επικοινωνία-διασύνδεση με το περιβάλλον (συλλογή πληροφοριών και αποστολή εντολών) είναι :

- Ψηφιακών εισόδων για τη συλλογή πληροφοριών τύπου ON-OFF από επαφές ελεύθερης τάσης.
- Ψηφιακών εξόδων για την αποστολή εντολών με κατάλληλες επαφές.
- Αναλογικών εισόδων για τη συλλογή μετρήσεων από αισθητήρια όργανα που παρέχουν αναλογικό σήμα.
- Αναλογικών εξόδων για την οδήγηση συσκευών που απαιτούν τέτοιο σήμα (αναλογικές βάνες, λειτουργία αντλίας με inverter, κ.τ.λ.).

Οι κάρτες ψηφιακών εισόδων διατίθενται με 8 ή 16 εισόδους (κανάλια) και οι κάρτες ψηφιακών εξόδων με 4 ή 8 ή 16 εξόδους (κανάλια) ανά κάρτα. Οι κάρτες αναλογικών εισόδων εξόδων διατίθενται με 4 ή 8 εισόδους ή εξόδους.

4.4.3 Συσκευές Επικοινωνίας (Interface Device)

Οι θύρες επικοινωνίας βρίσκονται στην κεντρική μονάδα. Αυτή η αρχιτεκτονική έχει το πλεονέκτημα ότι προσφέρει μεγαλύτερες ταχύτητες επικοινωνίας, μιας και επικοινωνεί με τη κεντρική μονάδα άμεσα και όχι μέσω του εξωτερικού διαύλου. Η επικοινωνία πραγματοποιείται με τα παρακάτω χαρακτηριστικά :

- Ανεξάρτητος επεξεργαστής επικοινωνίας.
- Ελεύθερο πρωτόκολλο επικοινωνίας σε επίπεδο χαρακτήρα.
- Ταχύτητα μετάδοσης μέχρι 19200bits/sec.
- Μηνύματα είτε σταθερού είτε μεταβλητού μήκους (μέχρι 255bytes).
- Ύπαρξη δυνατότητας προγραμματισμού της προτεραιότητας κάθε συσκευής για την αποφυγή συγκρούσεων στη περίπτωση ταυτόχρονης εκπομπής.
- Το πρωτόκολλο επικοινωνίας επιτρέπει την επικοινωνία μεταξύ της CPU χωρίς την ανάγκη ύπαρξης ΚΣΕ (peer to peer).
- Ύπαρξη ειδικών αλγορίθμων επικοινωνίας για τη βελτιστοποίηση της κυκλοφορίας των πληροφοριών.
- Δυνατότητα αναμετάδοσης εισερχόμενων πληροφοριών.

4.4.4 Προσομοίωση Εισόδων – Εξόδων (Simulation)

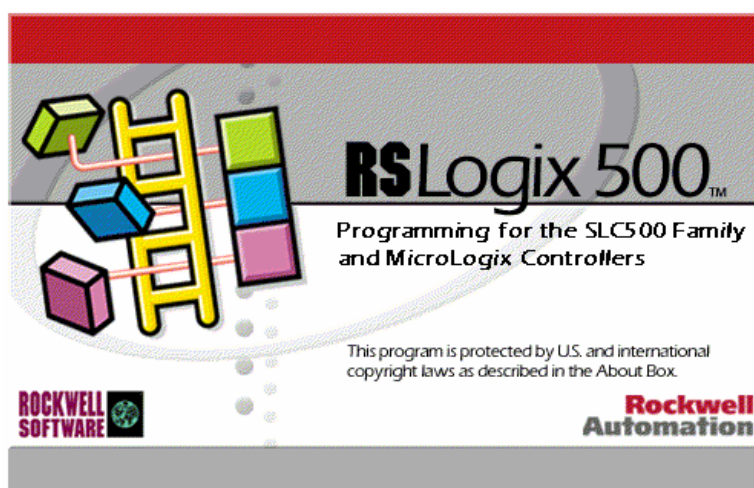
Οι προγραμματιζόμενοι λογικοί ελεγκτές Micrologix 1500 της Allen-Bradley έχουν τη δυνατότητα προσομοίωσης (simulation) κάθε ψηφιακής ή αναλογικής εισόδου και εξόδου. Η προσομοίωση γίνεται μέσω της λειτουργίας force, του λογισμικού RSLogix, στο οποίο γίνεται ο προγραμματισμός του PLC.

Με τη λειτουργία αυτή δίνεται η δυνατότητα καθορισμού των καταστάσεων εισόδων και εξόδων, για σκοπούς ελέγχου, ανεξάρτητα από το πρόγραμμα. Διατίθενται επίσης σύστημα προσομοίωσης αναλογικών και ψηφιακών εισόδων/εξόδων με ποτενσιόμετρα, διακόπτες και λυχνίες αντίστοιχα.

Όσον αφορά την προσομοίωση, η Allen-Bradley προσφέρει ειδικό λογισμικό εφαρμογής (RSLogix Emulate), που πραγματοποιεί προσομοίωση του αυτοματισμού, με τη βοήθεια H/Y και έτσι μπορεί να πραγματοποιηθούν περίπλοκα σενάρια ελέγχου με δεκάδες σήματα χωρίς να υπάρξει κίνδυνος στη εγκατάσταση από πιθανά προγραμματιστικά λάθη, κατά τη φάση της ανάπτυξης. Επιπλέον διατίθενται ειδικά προγράμματα ελέγχου και tuning PID αλγορίθμων.

5

Πακέτο λογικού προγραμματισμού RSLogix 500



5.1 Βασικές λειτουργίες

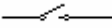
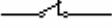
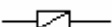
Στο προηγούμενο κεφάλαιο αναφέρθηκα σε μια επισκόπηση των χαρακτηριστικών του PLC (MicroLogix 1500). Στο κεφάλαιο αυτό θα δούμε το πώς θέτουμε ή τροποποιούμε τα χαρακτηριστικά αυτά.

Το λογισμικό RSLogix 500 είναι μια εφαρμογή 32-bit λογικής και απαιτεί το λειτουργικό σύστημα των Windows. Με τη χρήση του πακέτου προγραμματισμού RSLogix 500, χρειαζόμαστε μόνο ένα λογισμικό για τον προγραμματισμό ελέγχου διεργασίας, κίνησης, οδήγησης και διαδοχικού ελέγχου.

Το πακέτο λογισμικού RSLogix 500 μας παρέχει συμβολικό προγραμματισμό, με δομές και σειρές ώστε να επιτυγχάνεται αυξανόμενη παραγωγικότητα και ένα σύνολο εντολών που εξυπηρετεί όλους αυτούς τους τύπους εφαρμογών.

Ο συμβολικός προγραμματισμός γίνεται με διάγραμμα επαφών (Ladder diagram), το οποίο έχει μεγάλη ομοιότητα με το διάγραμμα συνδεσμολογίας ενός ηλεκτρικού κυκλώματος κλασικού αυτοματισμού και μας επιτρέπει να παρακολουθούμε εύκολα τη ροή του σήματος από τις επαφές και τα πηνία.

Έτσι, έχοντας υπόψη ορισμένες ιδιαιτερότητες μπορεί κανείς με τη βοήθεια των παραδοσιακών ελέγχων με επαφές, ηλεκτρονόμους και πηνία να το μετατρέψει σε ισοδύναμο πρόγραμμα. Στο σχήμα 5.1 επιτρέπει μια σύγκριση των χρησιμοποιημένων για αυτό συμβολών.

		Σύμβολα	
		Διάγραμμα συνδεσμολογίας	Διάγραμμα επαφών
Είσοδοι	ανοικτή επαφή		
	κλειστή επαφή		
Έξοδοι	λαμπτήρας ή ηλεκτρονόμος		
			

Σχήμα 5.1 Σύμβολα επαφών σε σύγκριση με σύμβολα ηλ. κυκλωμάτων

Το RSLogix 500 είναι συμβατό με τα προγράμματα SLC 500 και της MicroLogix και είναι σχεδιασμένο να λειτουργεί με όλα τα πακέτα λογισμικού της Rockwell Automation Software.

Το λογισμικό RSLogix 500 περιλαμβάνει τις παρακάτω βασικές λειτουργίες:

- ❖ Ευκολία διαμόρφωσης, περιλαμβάνοντας του γραφικού διοργανωτή ελεγκτών, των I/O διαλόγων διαμόρφωσης και του εργαλείου διαμόρφωσης κινήσεων.
- ❖ Σύνθετη επεξεργασία δεδομένων, χρησιμοποιώντας σειρές και τις καθορισμένες από το χρήστη δομές, ώστε να παρέχει την απαραίτητη ευελιξία για την εφαρμογή παρά τον εξαναγκασμό του για να εγκαταστήσει την ειδική δομή μνήμης, όπως αυτή καθορίζεται από τη μνήμη δεδομένων του ελεγκτή.
- ❖ Εύχρηστη μέθοδος διευθυνσιοδότησης των I/O.
- ❖ Έναν συντάκτη διαγράμματος επαφών (ladder editor), ελεύθερου μορφής, που μας αφήνει να επικεντρωθούμε στη λογική εφαρμογής αντί της σύνταξης δεδομένου όσο εμείς γράφουμε το πρόγραμμά. Ακόμα, μας επιτρέπει να τροποποιήσουμε τα πολλαπλά λογικά μικρά τμήματα (rungs) ταυτόχρονα, καθώς επίσης και για να εισαγάγουμε τη λογική είτε από το point-and-click interface είτε μέσω μιας υπαγόρευσης εισόδων ASCII.
- ❖ Ένας εύκαμπτος και εύχρηστος συντάκτης διαγραμμάτων μπλοκ λειτουργίας (function block editor) που μας επιτρέπει να προγραμματίζουμε τη λογική μας μέσω των function block.
- ❖ Μια γραφική απεικόνιση των περιεχομένων του προγράμματος μας η οποία καλείται project tree που μας επιτρέπει να έχουμε πρόσβαση σε φακέλους και αρχεία που περιλαμβάνονται στο πρόγραμμά μας

- ❖ Drag-and-drop editing και ειδική πλοήγηση για να κινεί γρήγορα τα στοιχεία των δεδομένων από ένα αρχείο δεδομένων προς ένα άλλο, rungs από μια υπορουτίνα ή project προς άλλο, εντολές ενός rung σε άλλο, function block σε άλλο μέσα σε ένα project.
- ❖ Λογική οργάνωση εφαρμογής χρησιμοποιώντας διεργασίες, πρόγραμμα και επαναλαμβανόμενες δομές.
- ❖ Διαγνωστική ικανότητα ελέγχου (monitoring) συμπεριλαμβανομένου ενός status display της επικρατούσας κατάσταση του ελεγκτή, ενός πρόγραμμα επαλήθευσης χαρακτηριστικών και μιας ολοκληρωμένης οθόνης δεδομένων.
- ❖ Ένας ισχυρός ελεγκτής προγράμματος που χρησιμοποιείτε για να χτίζετε ο κατάλογος των λαθών του προγράμματος και να μπορούμε να κάνουμε τις διορθώσεις με ευκολία.

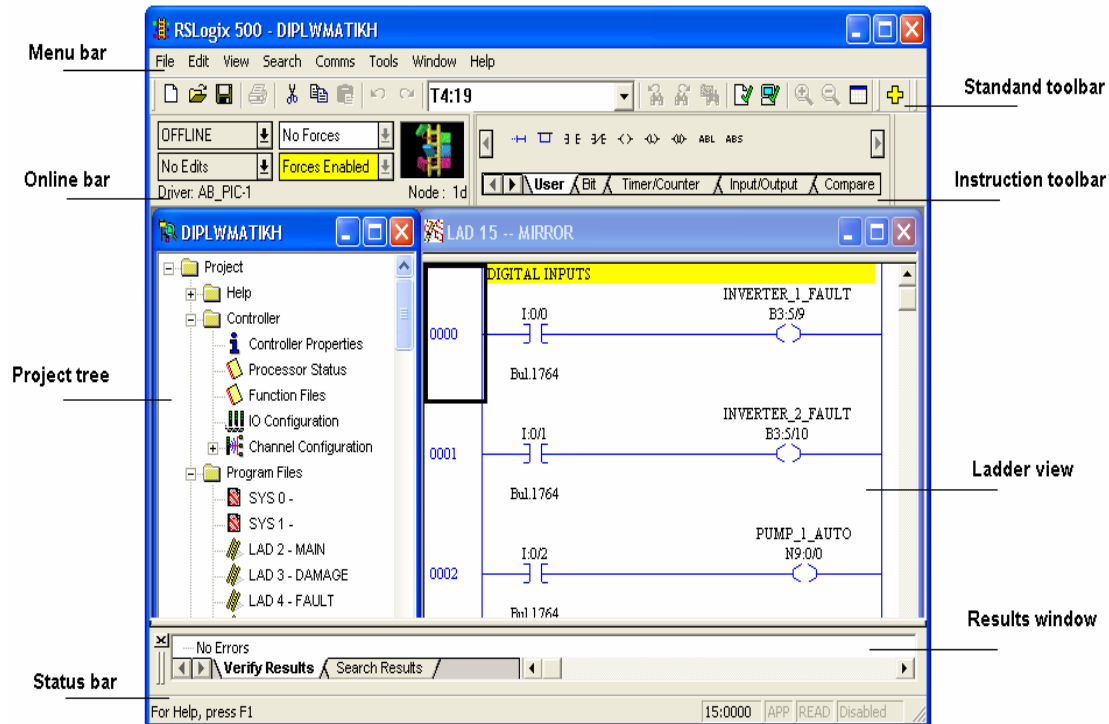
5.2 Το περιβάλλον λογισμικού

Για τη ευκολότερη πλοήγηση του λογισμικού RSLogix 500 (σχήμα 5.2), μέσω των πολλαπλών παραθύρων και διαφορών toolbars, πρέπει πρώτα να καταλάβουμε τι περιέχουν και ποια λειτουργία κάθε ένα μας παρέχει.

Όταν ανοίγουμε ένα project στο RSLogix 500, αναμένετε να δούμε τα εξής παρακάτω:

- Menu bar – στο οποίο μπορούμε να επιλέξουμε όλες τις λειτουργίες που έχει δυνατότητα να μας παρέχει το λογισμικό, από τα μενού που εμφανίζονται καθώς διαλέγουμε κάθε περιοχή σε αυτήν την μπάρα.
- Online bar – στο οποίο επιδεικνύεται και επιλέγετε ο τρόπο λειτουργίας και η κατάσταση του επεξεργαστή (online or offline) καθώς επίσης και εάν υπάρχουν διάφορα online edits ή forces που αφορούν τη παρουσίαση του προγράμματος. Μπορούμε επίσης να δούμε τον οδηγό επικοινωνιών και των αριθμό των κόμβων και τέλος να «κατεβάσουμε» (download) το πρόγραμμα στον ελεγκτή είτε να «ανεβάσουμε» (upload) από τον ελεγκτή.
- Standard toolbar – στο οποίο περιέχονται διάφορες λειτουργίες, όπως η αποκοπή, το αντίγραφο, η επικόλληση, οι οποίες χρησιμοποιούνται επανειλημμένα όσο αναπτύσσουμε και εξετάζουμε το πρόγραμμα μας.
- Instruction toolbar – στο οποίο απεικονίζονται οι διάφορες κατηγορίες εντολών σε ετικέτες. Όταν επιλέγουμε μια ετικέτα το αντίστοιχο toolbar αλλάζει για να δείξει εκείνη τη κατηγορία εντολών. Τέλος, μπορούμε να επιλέξουμε μια εντολή και για να την εισάγουμε στο ladder πρόγραμμα μας.
- Status bar – στο οποίο παρατηρούμε τις τρέχουσες πληροφορίες κατάστασης ή υπαγορεύσεις όσο χρησιμοποιούμε το λογισμικό.
- Project tree – ο διοργανωτής ελεγκτής είναι μια γραφική απεικόνιση των περιεχομένων του προγράμματος του ελεγκτή μας όπου περιέχει όλους τους φακέλους και τα αρχεία που περιλαμβάνονται στο project.
- Ladder view – το οποίο είναι το κύριο παράθυρο του λογισμικού, όπου συντάσσουμε τη λογική της εφαρμογής μας σε ladder. Ακόμα, μας επιτρέπει να βλέπουμε πολλαπλά προγράμματα συγχρόνως.

- Results window – το παράθυρο αποτελεσμάτων εμφανίζεται αφότου έχουμε εκτελέσει μια λειτουργία (Verify File or Project) που έχει παράγει αποτελέσματα ή λάθη. Αυτό το παράθυρο μας παρέχει τις απαραίτητες πληροφορίες για τα λάθη και τη κατάσταση μιας λειτουργίας καθώς εκτελείτε.



Σχήμα 5.2 Τυπικό περιβάλλον του λογισμικού RSLogix 500

5.3 Εντολές προγραμματισμού (Instructions)

Οι εντολές προγραμματισμού (instructions) του MicroLogix 1500's χαρακτηρίζονται από τη καταγραφή των δεδομένων των εντολών του, που μας επιτρέπει να καθορίζουμε τις μεταβλητές του ελεγκτή τις οποίες μπορούμε να τις αποθηκεύσουμε ως μια εγγραφή (record). Τα στοιχεία από κάθε record μπορούν να είναι οποιοδήποτε μίγμα από ακέραιων ή διπλών αριθμών.

Διαχωρίζοντας τις εντολές προγραμματισμού σε λειτουργικές ομάδες, παρακάτω παρουσιάζονται οι βασικές κατηγορίες των εντολών του MicroLogix και μια μικρή περιγραφή των βασικότερων εντολών αυτών.

Τύπου Ρελαί – Relay Type (bit)

Οι εντολές τύπου ρελαί επιτηρούν και ελέγχουν τη κατάσταση των bit. Υλοποιούν τις γνωστές μας μανδάλωσεις από τον κλασικό αυτοματισμό – συνδεσμολογίες σε σειρά, παράλληλα, κλπ.

XIC : έλεγχος μιας επαφής (bit) εάν είναι σε ηρεμία κλειστή «Normally Closed»
XIO : έλεγχος μιας επαφής (bit) εάν είναι σε ηρεμία ανοικτή «Normally Opened»
OTE : ενεργοποίηση εξόδου μετά από αληθής συνθήκη
OTL : ενεργοποίηση και αυτοσυγκράτηση της εξόδου μετά από αληθής συνθήκη
OTU : απενεργοποίηση της αυτοσυγκράτησης της εξόδου μετά από αληθής συνθήκη
ONS : έλεγχος ενός bit και αυτοσυγκράτηση του

Χρονικών & Μετρητών - Timer & Counter

Οι εντολές που αφορούν χρονικά και μετρητές ελέγχουν τις διαδικασίες που βασίζονται είτε στον χρόνο είτε στο πλήθος γεγονότων.

TON : χρονική καθυστέρηση ενεργοποίησης μιας εξόδου
TOF : χρονική καθυστέρηση απενεργοποίησης μιας εξόδου
RTO : χρονική καθυστέρηση ενεργοποίησης μιας εξόδου με αυτοσυγκράτηση
CTU : μετρητής αύξησης του περιεχομένου του κατά 1
CTD : μετρητής μείωσης του περιεχομένου του κατά 1
RES : μηδενισμός της τιμής και της κατάστασης των bit ενός χρονικού ή μετρητή

Σύγκρισης - Comparison

Οι εντολές συγκρίσεως συγκρίνουν τιμές μεταβλητών με τη χρησιμοποίηση ενός ιδιαίτερου συγκριτή.

EQU : έλεγχος εάν δύο μεταβλητές είναι ίσες (=)
NEQ : έλεγχος εάν μια μεταβλητή δεν είναι ίση με μια άλλη (> <)
LES : έλεγχος εάν μια μεταβλητή είναι μικρότερη από μια άλλη (<)
LEQ : έλεγχος εάν μια μεταβλητή είναι μικρότερη ή ίση από μια άλλη (<=)
GRT : έλεγχος εάν μια μεταβλητή είναι μεγαλύτερη από μια άλλη (>)
GEQ : έλεγχος εάν μια μεταβλητή είναι μεγαλύτερη ή ίση από μια άλλη (>=)
LIM : έλεγχος μιας μεταβλητής εάν είναι εντός ορίων δύο άλλων μεταβλητών

Μαθηματικές - Math

Οι μαθηματικές εντολές εκτελούν τις αριθμητικές διαδικασίες τιμών των μεταβλητών.

ADD : πρόσθεση δύο μεταβλητών
SUB : αφαίρεση δύο μεταβλητών
MUL : πολλαπλασιασμός μιας μεταβλητής με άλλη
DIV : διαίρεση μιας μεταβλητής με άλλη
NEG : αλλαγή πρόσημου μιας μεταβλητής
CLR : τοποθέτηση όλων των bit ενός word με μηδενικά
SQR : εύρεση της τετραγωνικής ρίζας μιας μεταβλητής
SCL : βαθμονόμηση μιας μεταβλητής

Μετατροπής - Conversion

Οι εντολές μετατροπής εκτελούν τις μετατροπές μεταβλητών, όπως μεταξύ των δυαδικών και δεκαδικών τιμών.

DCD : μετατρέπει μια 4-bit μεταβλητή σε ένα word (16bit)
ENC : μετατρέπει μια ένα word (16bit) σε μια 4-bit μεταβλητή
TOD : μετατρέπει μια integer μεταβλητή σε BCD μεταβλητή
FRD : μετατρέπει μια BCD μεταβλητή σε μια integer μεταβλητή

Λογικές - Logical

Οι λογικές εντολές εκτελούν τις λογικές διεργασίες των μεταβλητών, σε bit και words.

AND : εφαρμόζει τη λογική πράξη ‘ΚΑΙ’

OR : εφαρμόζει τη λογική πράξη ‘Η’

XOR : εφαρμόζει τη λογική πράξη του αποκλειστικού ‘Η’

NOT : εφαρμόζει τη λογική πράξη ‘ΟΧΙ’

Μεταφοράς - Move

Οι εντολές μεταφοράς τροποποιούν και μεταφέρουν δεδομένα 16bit μεταβλητών.

MOV : μεταφορά μιας τιμής σε μια μεταβλητή

MVM : μεταφέρει δεδομένα μιας μεταβλητής σε συγκεκριμένη θέση μιας άλλης

Αρχείο - File

Οι εντολές αρχείων εκτελούν τις διεργασίες σε στοιχεία αρχείων.

COP : Αντιγραφή δεδομένων από ένα αρχείο σε άλλο

FLL : Συμπλήρωση ενός αρχείου με δεδομένα από τα στοιχεία μιας διεύθυνσης

Ακολουθίας - Sequencer

Οι εντολές ακολουθίας χρησιμοποιούνται για να ελέγξουν τις αυτόματες μηχανές (assembly) που έχουν οι συνεχείς και επαναλαμβανόμενες διαδικασίες.

SQC : μεταφορά ενός 16-bit δεδομένου σε μια word διεύθυνση

SQO : σύγκριση 16-bit δεδομένου με ένα αποθηκευμένο δεδομένο

SQL : μεταφορά και φόρτωση ενός 16-bit δεδομένου σε ένα αρχείο

Έλεγχος προγράμματος - Program Control

Οι εντολές ροής προγράμματος αλλάζουν τη ροή της εκτέλεσης του προγράμματος.

JMP , LBL : εντολή άλματος σε συγκεκριμένη διεύθυνση

JSR ,SBR, RET : εντολή άλματος σε υπορουτίνα και επιστροφή

SUS : διάγνωση και επιδιόρθωση σφαλμάτων του προγράμματος

TND : προσωρινό τέλος λογικού αρχείου προγράμματος

END : τέλος λογικού αρχείου προγράμματος

Εισόδου και Εξόδου - Input and Output

Οι εντολές εισόδου και εξόδου μας επιτρέπουν να ενημερώνουν επιλεκτικά τα δεδομένα χωρίς καμία αναμονή σε ανιχνεύσεις εισόδων και εξόδων.

IIM : άμεση ενημέρωση εισόδου

IOM : άμεση ενημέρωση εξόδου

REF : ανανέωση ανίχνευσης των εισόδων και εξόδων

Διακοπές - User Interrupt

Οι εντολές των διακοπών καθορίζονται από χρήστη, μας επιτρέπουν να διακόπτουμε το πρόγραμμά μας σύμφωνα καθορισμένα γεγονότα.

INT : διακοπή υπορουτίνας

STI : χρονικά καθορισμένη διακοπή

UID : απενεργοποίηση διακοπής χρήστη

UIE : ενεργοποίηση διακοπής χρήστη

Ελεγχος διεργασίας- Process Control

PID : εντολή ελέγχου διεργασίας κλειστού βρόγχου με ελεγκτή PID.

ASCII

Οι ASCII εντολές χρησιμοποιούν το κανάλι επικοινωνίας για τη λήψη ή τη διαβίβαση δεδομένων και την ειδική διαχείριση των string data.

ACB : καθορισμός του πλήθους των χαρακτήρων στο buffer

ACL : άδειασμα του buffer

ARD : διάβασμα των χαρακτήρων του buffer και αποθήκευση τους σε ένα string

ACI : μετατροπή ενός string σε μια integer τιμή

AIC : μετατροπή μιας integer τιμής σε ένα string

AWT : γράφει σε ένα string

ASC : αναζήτηση ενός string

ASR : σύγκριση δύο strings

Data Log

DLG : εντολή καθορισμού μεταβλητών και καταγραφή των τιμών τους από τον ελεγκτή.

5.4 Αρχεία δεδομένων (Data Files)

Τα δεδομένα που πρόκειται να χρησιμοποιηθούν σ' ένα πρόγραμμα προσδιορίζονται από κάποιο τύπο δεδομένων (π.χ. ακέραιος αριθμός). Ορίζοντας έναν τύπο δεδομένων ορίζουμε και το μέγεθος των δεδομένων (το χώρο δηλαδή που καταλαμβάνουν στη μνήμη) καθώς και τη δομή των bit τους.

Τα αρχεία δεδομένων (data files) είναι αρχεία όπου περιέχουν όλες τις πληροφορίες κατάστασης που συνδέονται με εξωτερικά I/O (Inputs/Outputs) και όλες τις άλλες εντολές που χρησιμοποιούνται στο λογικό πρόγραμμα. Οι πληροφορίες κατάστασης αυτές μπορούν να βρίσκονται είτε κύριο πρόγραμμα είτε σε διάφορες υπορουτίνες του προγράμματος. Συνεπώς, τα αρχεία αυτά μπορούν να περιέχουν εισόδους (inputs), εξόδους (outputs), διευθύνσεις (addresses), μεταβλητές (variables), πληροφορίες (information) και γενικότερα όλα τα δεδομένα που θα χρησιμοποιούνται για την ανάπτυξη του προγράμματος. Επιπλέον, τα αρχεία αυτά αποθηκεύουν και πληροφορίες σχετικά με τη λειτουργία του ελεγκτή.

Τα data files διακρίνονται σε διάφορες κατηγορίες, όπου οι κυριότερες και αυτές που μας ενδιαφέρουν για την ανάπτυξη του αυτοματισμού μας, είναι οι εξής παρακάτω:

OO (Output) : Σε αυτό το αρχείο αποθηκεύεται η κατάσταση των εξόδων για τον ελεγκτή, με εύρος τιμών '0' ή '1' (π.χ. O:3/2).

II (Input) : Σε αυτό το αρχείο αποθηκεύεται η κατάσταση των εισόδων για τον ελεγκτή με καταστάσεις, με εύρος τιμών '0' ή '1' (I:3/2).

S2 (Status) : Σε αυτό το αρχείο αποθηκεύονται πληροφορίες για τη λειτουργία του ελεγκτή οι οποίες είναι χρήσιμες για την επιδιόρθωση σφαλμάτων του ελεγκτή και για διάφορες λειτουργίες του προγράμματος (π.χ. S:1/13).

B3 (Local bits) : Σε αυτό το αρχείο αποθηκεύονται βοηθητικά εσωτερικά bit, για τη λογική ανάπτυξη του προγράμματος (relay logic), με εύρος τιμών '0' ή '1' (π.χ. B3:4/12).

T4 (Timers) : Σε αυτό το αρχείο αποθηκεύονται τα χρονικά και προκαθορισμένες τιμές αυτών, με εύρος από 0 – 32767sec (π.χ. T4:13)

C5 (Counters) : Σε αυτό το αρχείο αποθηκεύονται οι απαριθμητές (μετρητές) και προκαθορισμένες τιμές αυτών, με εύρος από 0 – 32767 (π.χ. C5:2)

R6 (Control): Σε αυτό το αρχείο αποθηκεύεται το μήκος, θέση δείκτη και η κατάσταση των bit μιας μεταβλητής για ιδιαίτερες εντολές όπως αυτές με μετατόπιση καταχωρητών και τις εντολών ακολουθίας.

F8 (Floating point) : Σε αυτό το αρχείο αποθηκεύονται βοηθητικές αριθμητικές μεταβλητές σε 32-bit (double word), κινητού δεκαδικού, με εύρος $1.175 \cdot 10^{-38} - 3.4028 \cdot 10^{38}$ (π.χ. F8:6)

N9 (Integer): Σε αυτό το αρχείο αποθηκεύονται βοηθητικές αριθμητικές μεταβλητές σε 16-bit (word) με εύρος 0 – 32767 (π.χ. N9:5/11).

D10 (PID): Σε αυτό το αρχείο αποθηκεύονται μεταβλητές που θα χρησιμοποιηθούν στον εσωτερικό ελεγκτή PID (π.χ. PD10:1).

6

Ανάλυση προγράμματος

6.1 Εισαγωγή

Πριν αρχίσουμε την ανάλυση του προγράμματος που αναπτύχθηκε, πρέπει να υπενθυμίσουμε ότι το πρόγραμμα δημιουργήθηκε από το περιβάλλον λογισμικού RSLogix 500 χρησιμοποιώντας συμβολική παρουσίαση των παραμέτρων ελέγχου, σε γλώσσα προγραμματισμού διαγράμματος επαφών (Ladder).

Με τη γλώσσα προγραμματισμού Ladder, η σύνταξη των εντολών μοιάζει με διάγραμμα κυκλώματος κλασσικού αυτοματισμού, το οποίο μας επιτρέπει να παρακολουθούμε εύκολα τη ροή σήματος από τις επαφές και τα πηνία.

Έχοντας υπόψιν, όπως αναφέρθηκε αναλυτικά στο τρίτο κεφάλαιο, τη σχεδίαση του αυτοματισμού, η διαδικασία που αυτοματοποιείται (πρόγραμμα) αποτελείται από διεργασίες - υπορουτίνες που είναι συνδεδεμένες μεταξύ τους κι εξαρτώνται η μία από την άλλη. Οι υπορουτίνες (ladders) με τη σειρά τους αποτελούνται από πολυάριθμα μικρά τμήματα (rungs).

Έτσι για τον προγραμματισμό του αυτοματισμού, μέσω του προγραμματιστικού περιβάλλοντος RSLogix, η πρώτη εργασία του προγραμματιστή, αφού δημιουργήσει τις αντίστοιχες επιμέρους διεργασίες της διαδικασίας αυτοματισμού, είναι να αρχίσει να γράφει το πρόγραμμα σε rungs, ώστε να επιτευχθεί η υλοποίηση του αυτοματισμού.

6.2 Το αρχείο δεδομένων (Data File) του προγράμματος

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται όλες οι διευθύνσεις που δημιουργήθηκαν για την εφαρμογή του προγράμματος. Για εξοικονόμηση χώρου, δεν εμφανίζονται οι επαναλαμβανόμενες διευθύνσεις και στη θέση αυτών εμφανίζεται το γράμμα i.

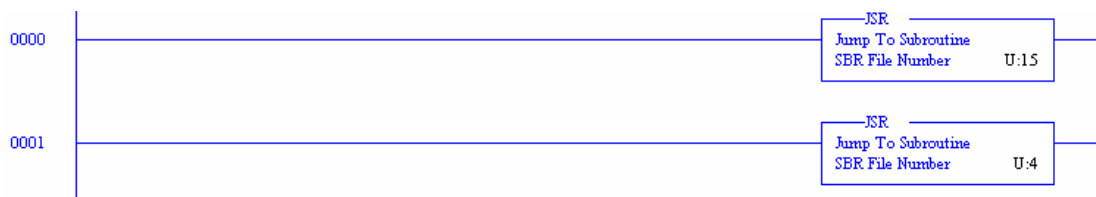
B3:0/0	PUMP_i_OSR_START	Εκκίνηση της αντλίας i
B3:1/0	PUMP_i_OSR_XRONO	Μέτρηση χρόνου λειτουργίας της αντλίας i
B3:2/0	OSR_STARTS	Βοηθητικό bit εκκινήσεων των αντλιών
B3:2/1	OSR_XRONO	Βοηθητικό bit μέτρηση χρόνων λειτουργίας των αντλιών
B3:2/4	STARTING_i	Βοηθητικό bit εντολής εκκίνησης της αντλίας i
B3:2/10	ONS_STARTING_i	Βοηθητικό bit εντολής εκκίνησης μια και μόνο φορά της αντλίας i
B3:3/0	PUMP_i_START_DOL	Εντολή εκκίνησης της αντλίας i μέσω ρελέ (Εξοδος O:0/7)
B3:3/6	PUMP_i_START_INV	Εντολή εκκίνησης της αντλίας i μέσω inverter (Εξοδος O:0/6)
B3:4/2	ONS_STOPING_i	Εντολή για παύση λειτουργίας για μια και μόνο φορά της αντλίας i
B3:4/11	NEED_WATER	Απαιτηση για πλήρωση της δεξαμενής
B3:4/12	FLOTER_DEJ_LOW	Φλοτέρ χαμηλής στάθμης της δεξαμενής (Είσοδος I:2/5)
B3:4/13	FLOTER_DEJ_HI	Φλοτέρ υψηλής στάθμης της δεξαμενής (Είσοδος I:2/6)
B3:5/0	PULSE_FLOWMETER_123	Παλμός από το παροχόμετρο του κλάδου A (Είσοδος I:2/7)
B3:5/1	PULSE_FLOWMETER_456A	Παλμός από παροχόμετρο του κλάδου B-TPAM (Είσοδος I:2/8)
B3:5/2	PULSE_FLOWMETER_456B	Παλμός από παροχόμετρο του κλάδου B-Δήμου (Είσοδος I:2/9)
B3:5/9	INVERTER_1_FAULT	Σφάλμα από inverter 1 (Είσοδος I:0/0)
B3:5/10	INVERTER_2_FAULT	Σφάλμα από inverter 2 (Είσοδος I:0/1)
	PULSE_FLOWMETER_	
B3:5/12	EYDAP	Παλμός από παροχόμετρο του κλάδου ΕΥΔΑΠ (Είσοδος I:2/10)
B3:5/13	FLOTER_AKATHARTON	Φλοτέρ ακαθάρτων (Είσοδος I:2/11)
B3:6/0	FLOWMETER_ONS_123	Εντολή λειτουργίας παροχόμετρου του κλάδου A
B3:6/1	FLOWMETER_ONS_456A	Εντολή λειτουργίας παροχόμετρου του κλάδου B-TPAM
B3:6/2	FLOWMETER_ONS_456B	Εντολή λειτουργίας παροχόμετρου του κλάδου B-Δήμου
B3:6/3	FLOWMETER_ONS_EYDAP	Εντολή λειτουργίας παροχόμετρου του κλάδου ΕΥΔΑΠ
B3:7/0	FILTRO_GEO_BIT	Βοηθητικό bit φίλτρου Γεώτρησης
B3:8/0	STOP_PUMPS_LOW	Παύση αντλιών
B3:9/0	FILTRO_GEO_ONS	Βοηθητικό bit φίλτρου Γεώτρησης για μια και μόνο φορά
B3:10/0	PID_RESET	Βοηθητικό bit reset του αλγόριθμου PID
B3:10/1	SUB_BIT	Βοηθητικό bit μείωσης αριθμού αντλιών που λειτουργούν
B3:11/0	FILTRO_EYDAP_BIT	Βοηθητικό bit φίλτρου ΕΥΔΑΠ
B3:11/1	FILTRO_EYDAP_ONS	Βοηθητικό bit φίλτρου ΕΥΔΑΠ για μια και μόνο φορά
F8:0	PAROXH_123	Στιγμιαία παροχή του κλάδου A σε m ³ /h
F8:1	PAROXH_456_TRAM	Στιγμιαία παροχή του κλάδου B-TPAM σε m ³ /h
F8:2	PAROXH_456_DHMOY	Στιγμιαία παροχή του κλάδου B-Δήμου σε m ³ /h
F8:3	PAROXH_EYDAP	Στιγμιαία παροχή του κλάδου της ΕΥΔΑΠ σε m ³ /h
F8:4	TOTAL_123_TEMP	Συνολική παροχή του κλάδου A σε m ³ /h
F8:5	TOTAL_456_TRAM_TEMP	Συνολική παροχή του κλάδου B-TPAM σε m ³ /h
F8:6	TOTAL_456_DHMOY_TEMP	Συνολική παροχή του κλάδου B-Δήμου σε m ³ /h
F8:7	TOTAL_EYDAP_TEMP	Συνολική παροχή του κλάδου της ΕΥΔΑΠ σε m ³ /h
F8:8	TOTALIZER_123	Συνολική παροχή του κλάδου A σε m ³
F8:9	TOTALIZER_456_TRAM	Συνολική παροχή του κλάδου B-TPAM σε m ³
F8:10	TOTALIZER_456_DHMOY	Συνολική παροχή του κλάδου B-Δήμου σε m ³
F8:11	TOTALIZER_EYDAP	Συνολική παροχή του κλάδου της ΕΥΔΑΠ σε m ³

N9:0/0	PUMP_i_AUTO	Επιλογή σε αυτόματο της αντλίας i (Είσοδος I:0/2)
N9:2/0	PUMP_i_THERM	Επαφή θερμικού της αντλίας i (Είσοδος I:1/12)
N9:3/0	PUMP_i_RESP	Επαφή ανάδρασης της αντλίας i - inverter (I:0/3) / ρελέ (I:0/4)
N9:4/0	PUMP_i_DAMAGE	Σφάλμα (θερμικού ή ανάδρασης) αντλίας i
N9:5/0	PUMP_i_TEMP_START	Αναμονή εκκίνησης της αντλίας i
N9:5/11	HBANA_F_GEO_START	Ηλεκτροβάννα φίλτρου γεώτρησης (Εξοδος O:0/3)
N9:5/12	HBANA_F_EYDAP_START	Ηλεκτροβάννα φίλτρου ΕΥΔΑΠ (Εξοδος O:0/4)
N9:5/13	HBANA_T_EYDAP_START	Ηλεκτροβάννα τροφοδοσίας ΕΥΔΑΠ (Εξοδος O:0/5)
N9:8/0	ACKNOWLEDGE	Αναγνώριση σφάλματος (βλάβης) από το panel
N9:10	PUMP_i_HOURS	Μετρητής ημερήσιων ωρών λειτουργίας της αντλίας i
N9:20	PUMP_i_THOURS	Μετρητής συνολικών ωρών λειτουργίας της αντλίας i
N9:30	PUMP_i_DSTARTS	Μετρητής ημερήσιων εκκινήσεων λειτουργίας της αντλίας i
N9:40	PUMP_i_TSTARTS	Μετρητής συνολικών εκκινήσεων της αντλίας i
N9:50	PUMP_i_MIN	Μετρητής ημερήσιων λεπτών λειτουργίας της αντλίας i
N9:60	PUMP_i_TMIN	Μετρητής συνολικών λεπτών λειτουργίας της αντλίας i
N9:70	PUMP_123_USED	Πλήθος αντλιών που λειτουργούν του κλάδου A
N9:71	PUMP_123_NEED	Πλήθος αντλιών που απαιτούνται για τον κλάδο A
N9:72	123_STACKSTART	Έλεγχος ποιας αντλίας λειτουργεί από τον κλάδο A
N9:73	123_STACKSTOP	Έλεγχος ποιας αντλίας δεν λειτουργεί από τον κλάδο A
N9:74	PUMP_456_USED	Πλήθος αντλιών που λειτουργούν του κλάδου B
N9:75	PUMP_456_NEED	Πλήθος αντλιών που απαιτούνται για τον κλάδο B
N9:76	456_STACKSTART	Έλεγχος ποιας αντλίας λειτουργεί από τον κλάδο B
N9:77	456_STACKSTOP	Έλεγχος ποιας αντλίας δεν λειτουργεί από τον κλάδο B
N9:78	PIESOMETRO_A	Αναλογικός μετρητής πίεσης του κλάδου A (Είσοδος I:5/2)
N9:79	PIESOMETRO_B	Αναλογικός μετρητής πίεσης του κλάδου B (Είσοδος I:5/1)
N9:80	INV_1_APO_PID_RPM	Ρύθμιση στροφών των αντλιών από το inverter 1(κλάδος A)
N9:81	INV_2_APO_PID_RPM	Ρύθμιση στροφών των αντλιών από το inverter 2 (κλάδος B)
N9:82	WORKING_INV_PUMP_123	Ένδειξη ποιας αντλίας λειτουργεί μέσω inverter του κλάδου A
N9:83	WORKING_INV_PUMP_456	Ένδειξη ποιας αντλίας λειτουργεί μέσω inverter του κλάδου B
N9:95	STATHMH	Αναλογικός μετρητής στάθμης της δεξαμενής (Είσοδος I:5/0)
N9:96	GEO_EYDAP_SELECT	Επιλογή πλήρωσης της δεξαμενής (γεώτρηση ή ΕΥΔΑΠ)
N9:98	SET_POINT_123	Έλεγχος του PID μέσω του panel για τον κλάδο A
N9:99	SET_POINT_456	Έλεγχος του PID μέσω του panel για τον κλάδο B
PD10:0	PID123	Έλεγχος κλειστού βρόγχου PID για τον κλάδο A
PD10:1	PID456	Έλεγχος κλειστού βρόγχου PID για τον κλάδο B
S:1/13	Major Error Halted	Επαναφορά του επεξεργαστή σε mode run μετά από σφάλμα
S:40	Clock Calendar Hours	Εσωτερικός μετρητής ωρών πραγματικού χρόνου
S:42	Clock Calendar Seconds	Εσωτερικός μετρητής δευτερολέπτων πραγματικού χρόνου
T4:0	PUMP_i_TIMER	Χρόνος ελέγχου ανάδρασης μετά από εντολή λειτουργίας της αντλίας i
T4:8	XRONOS_ADD_INV_123	Χρόνος ελέγχου για την αύξηση του αριθμού των αντλιών του κλάδου A
T4:9	XRONOS_SUB_INV_123	Χρόνος ελέγχου για την μείωση του αριθμού των αντλιών του κλάδου A
T4:10	XRONOS_STARTING_i	Χρόνος καθυστέρησης έναρξης λειτουργίας της αντλίας i
T4:16	XRONOS_NO_INV_123	Χρόνος ασφαλείας μη λειτουργίας αντλίας μέσω inverter στον κλάδο A
T4:17	XRONOS_NO_INV_456	Χρόνος ασφαλείας μη λειτουργίας αντλίας μέσω inverter στον κλάδο B
T4:18	XRONOS_ON_FILTR_GEO	Χρόνος ενεργοποίησης του φίλτρου κάθαρσης της αντλίας Γεώτρησης
T4:19	XRONOS_ON_FILT_EYDAP	Χρόνος ενεργοποίησης του φίλτρου κάθαρσης της αγωγού της ΕΥΔΑΠ
T4:22	XRONOS_LOOP_FLOW_MET	Χρόνος υπολογισμού των παροχών
T4:23	XRONOS_ADD_INV_456	Χρόνος ελέγχου για την αύξηση του αριθμού των αντλιών του κλάδου B
T4:24	XRONOS_SUB_INV_456	Χρόνος ελέγχου για τη μείωση του αριθμού των αντλιών του κλάδου B
T4:25	XRONOS_NO_FLOW_123	Χρόνος ασφαλείας κλειστών ηλεκτροβάνων στον κλάδο A
T4:26	XRONOS_NO_FLOW_456	Χρόνος ασφαλείας κλειστών ηλεκτροβάνων στον κλάδο B

6.3 Ανάλυση Προγράμματος

6.3.1 LAD-2 : Main

Στο ladder 1 καλούνται όλες οι υπορουτίνες του προγράμματος. Η εντολή για να καλέσεις μια υπορουτίνα είναι η <Jump to SubRoutine>. Η σειρά που καλούνται οι υπορουτίνες είναι και η σειρά με τις οποίες εκτελούνται. Έτσι είναι σημαντικό να τηρηθεί η σωστή σειρά.

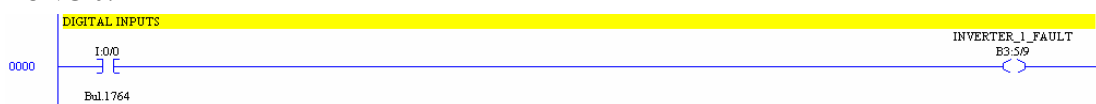


6.3.2 LAD-15 : Mirror

Σε αυτή την υπορουτίνα αντιστοιχούμε όλες τις πραγματικές εισόδους - εξόδους του PLC με φανταστικές, ώστε στη συνέχεια να χρησιμοποιούμε στο πρόγραμμα τις φανταστικές διευθύνσεις των bits και words.

Η υπορουτίνα χωρίζεται σε 2 μέρη, στην αντιστοιχία των εισόδων και στην αντιστοιχία των εξόδων. Από το rung 0 έως 14 γίνεται η αντιστοιχία των εισόδων ενώ από 15 έως 24 η εκτελείται η αντιστοιχία των εξόδων.

RUNG 0:



Όταν η φυσική είσοδος I:0/0 γίνει '1' τότε το bit "inverter_1_fault" γίνεται '1', αντίθετα όταν η φυσική είσοδος I:0/0 γίνει '0' τότε και το bit "inverter1_fault" γίνεται '0'.

RUNG 14:



Όταν το bit "hbana_plyshs_start" γίνει '1', η φυσική έξοδος O:0/0 τότε γίνεται '1', αντίθετα όταν το bit " hbana_plyshs_start " γίνει '0', η φυσική έξοδος O:0/0 τότε γίνεται '0'.

6.3.3 LAD-4 : Fault

Σε αυτή την υπορουτίνα επανέρχεται το PLC σε κατάσταση “run” μετά από σφάλμα του επεξεργαστή.

RUNG 0:



Όταν το εσωτερικό bit S:1/13 γίνει ‘1’ τότε το ίδιο το bit γίνεται ‘0’. Το bit S:1/13 μας δείχνει τη κατάσταση του επεξεργαστή, έτσι όταν είναι ‘1’ τότε ο επεξεργαστής είναι σε “stop” λόγω σφάλματος. Εάν το σφάλμα είναι αναστρέψιμο και όχι λόγω αστοχίας υλικού, τότε κάνοντας το bit ‘0’ επαναφέρουμε τον επεξεργαστή σε “run”.

6.3.4 LAD-5 : Tstarts

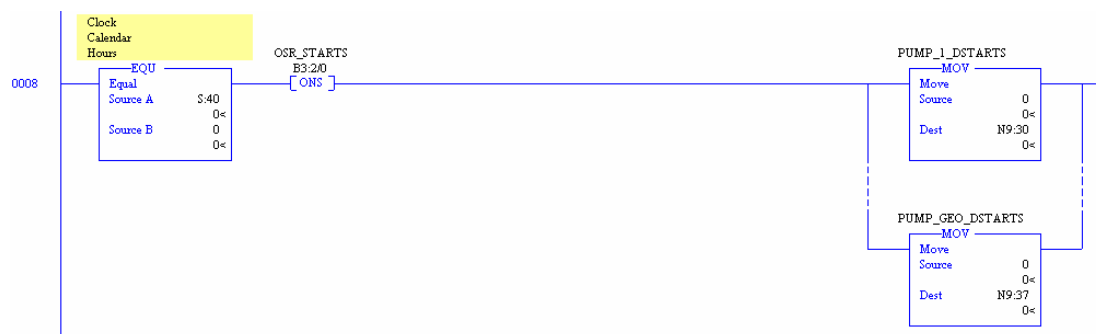
Σε αυτή την υπορουτίνα γίνεται η μέτρηση των εκκινήσεων των κινητήρων τόσο κατά τη διάρκεια μιας ημέρας αλλά και οι συνολικές τους ενάρξεις.

RUNG I-7:



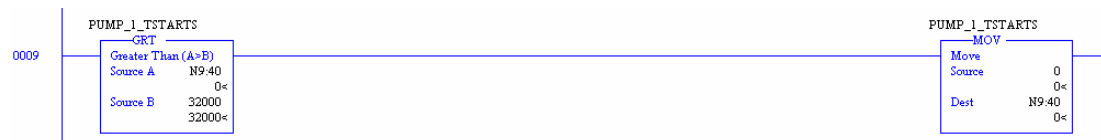
Όταν έχουμε ανάδραση από την αντλία 1 για μία μόνο φορά <εντολή ONS - One Shot> προστίθεται στις ημερήσιες “pump_1_dstarts” και οι συνολικές ενάρξεις “pump_1_tstarts” του κινητήρα +1 έναρξη. Έτσι κάθε φορά που ξεκινάει η αντλία αυξάνονται κατά 1 οι ημερήσιες και οι συνολικές ενάρξεις του κινητήρα.

RUNG 8:



Μια φορά την ημέρα (ώρα 24:00μ.μ.) πρέπει να μηδενιστούν οι ημερήσιες εκκινήσεις των κινητήρων. Έτσι όταν το εσωτερικό word S:40 (Clock Calendar Hours) γίνει ίσο <εντολή EQUAL> με 0 για μία μόνο φορά < εντολή ONeShot> μηδενίζονται <εντολή MOVE 0 to N9:30> οι ημερήσιες ενάρξεις της αντλίας 1 “pump_1_dstarts”.

RUNG 9-16:

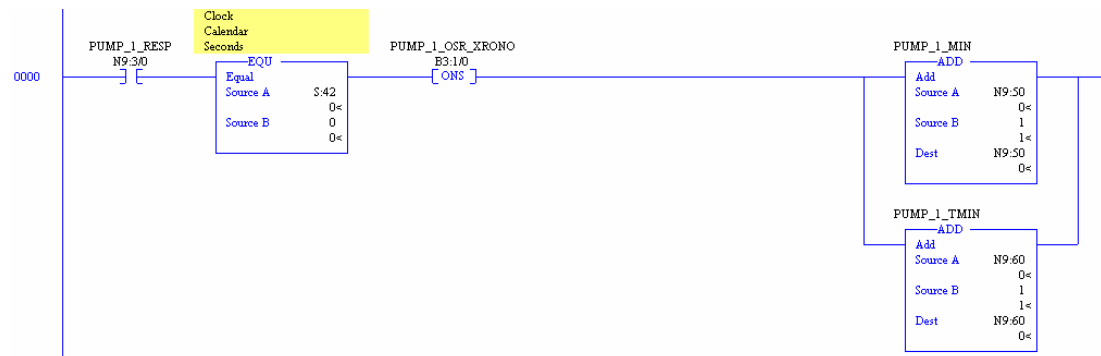


Επειδή όλα τα word N9 φτάνουν μέχρι την ακέραια τιμή 32767, συνεπάγεται ότι οι συνολικές εκκινήσεις πρέπει να μηδενίζονται πριν φτάσουν σε αυτό το όριο. Έτσι όταν οι συνολικές ενάρξεις και οι συνολικές ώρες λειτουργίας της αντλίας 1 υπερβούν τις 32000 <N9:40 GREater Than 32000> τότε μηδενίζονται <MOVE 0 to N9:40> και ξεκινάει η μέτρηση από την αρχή.

6.3.5 LAD-6 : Xronoi

Σε αυτή την υπορουτίνα γίνεται η μέτρηση των χρόνων λειτουργίας των αντλιών τόσο κατά τη διάρκεια μιας ημέρας αλλά και τα συνολικά λεπτά λειτουργίας της κάθε αντλίας.

RUNG 0:



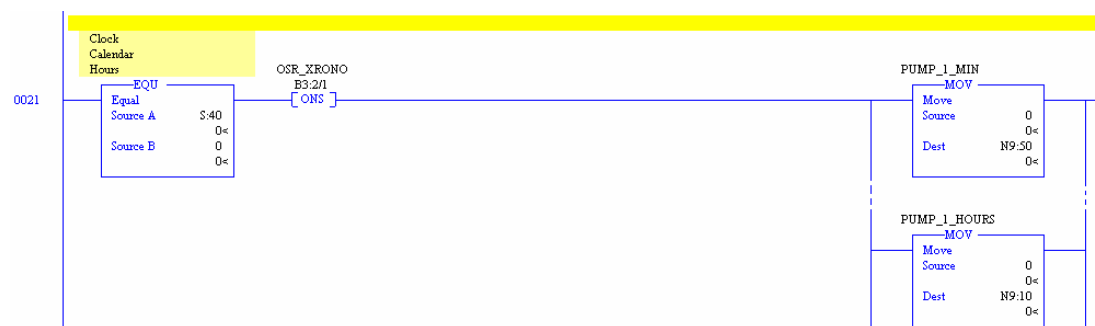
Όταν έχουμε ανάδραση από την αντλία 1 “pump_1_resp” και το εσωτερικό word S:42 (Clock Calendar Seconds) γίνει ίσο <EQUAL> με 0 δηλαδή για κάθε λεπτό, για μία μόνο φορά <ONeShot> προστίθεται στα ημερησία και συνολικά λεπτά λειτουργίας του κινητήρα +1 (min). Έτσι μέτριοιονται πόσα λεπτά λειτουργεί μία αντλία.

RUNG 1-2:



Όταν τα ημερησία λεπτά γίνουν ίσα με 60 (min) <N9:50 EQUal to 60>, δηλαδή η αντλία λειτουργεί για μία ώρα, τότε μηδενίζονται τα λεπτά και αυξάνεται κατά 1(hour) οι ημερήσιες ώρες λειτουργίας της. Το ίδιο ισχύει και για τον συνολικό χρόνο λειτουργίας της αντλίας.

RUNG 21:

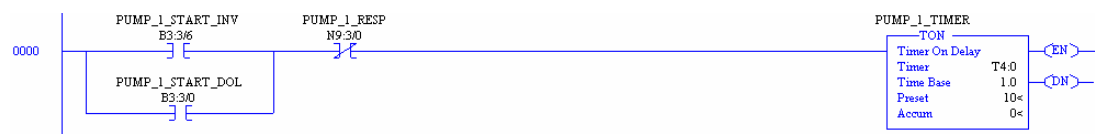


Μια φορά την ημέρα (ώρα 00:00π.μ.) πρέπει να μηδενιστούν τα ημερησία λεπτά και ώρες λειτουργίας των κινητήρων. Έτσι όταν το εσωτερικό word S:40 (Clock Calendar Hours) γίνει ίσο <EQUal> με 0 για μία μόνο φορά <ONeShot> μηδενίζονται <MOVE 0 to N9:50> και <MOVE 0 to N9:10> τα ημερησία λεπτά και ώρες της αντλίας 1.

6.3.6 LAD-7 : Time-done

Σε αυτή την υπορουτίνα πραγματοποιείται ο έλεγχος ανάδρασης λειτουργίας του κινητήρα μετά από εντολή έναρξης του.

RUNG 0:

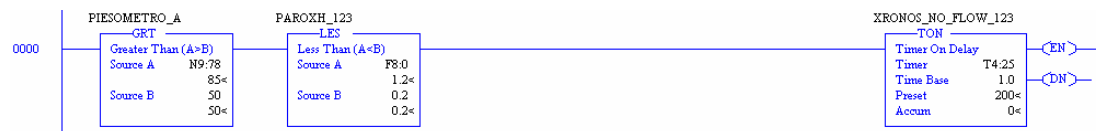


Όταν έχουμε δώσει εντολή εκκίνησης της αντλίας <pump1_start_inv OR pump1_start_dol> δηλαδή είτε από το inverter (INV), είτε από απευθείας κίνηση από τη γραμμή (DOL -direct on line) και δεν υπάρχει ανάδραση <NOT pump1_resp> τότε αρχίζει να μετράει το χρονικό καθυστέρησης έλξης T4:0. Όταν περάσουν 10sec (preset=10) το bit T4:0/DoNe γίνεται '1' και έτσι στο ladder 3 (damage) το bit T4:0/DoNe ενεργοποιεί τη βλάβη της αντλίας 1.

6.3.7 LAD-8 : Need 123 / LAD-9 : Need 456

Σε αυτή την υπορουτίνα καθορίζονται πόσες αντλίες απαιτούνται να λειτουργούν, καθώς και το ποσοστό λειτουργίας του inverter.

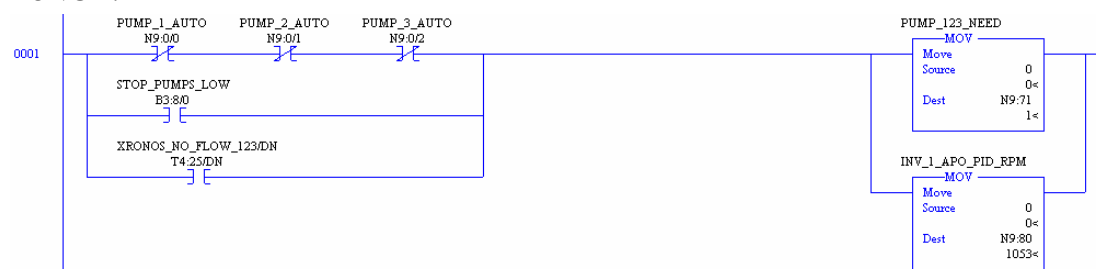
RUNG 0:



Όταν η πίεση στη κατάθλιψη είναι πάνω από 5bar <N9:78 GReater Than 50> ενώ η παροχή είναι μικρότερη του 0.2cm³/h <F8:0 LESs to 0.2>, τότε ξεκινάει να μετράει ο χρόνος T4:25 για 200sec. Εάν η κατάσταση αυτή παραμείνει για 200sec, δηλαδή ενώ υπάρχει πίεση στο δίκτυο δεν υπάρχει παροχή, τότε όπως φαίνεται στο επόμενο rung, σταματάει να υφίσταται απαίτηση για λειτουργία αντλιών.

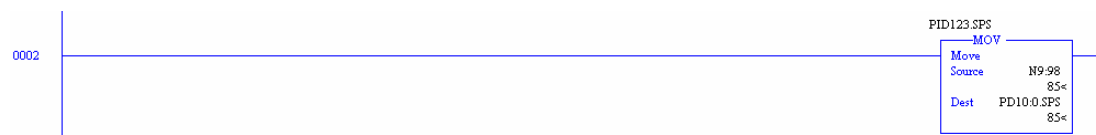
Η συνθήκη αυτή δημιουργείται όταν για παράδειγμα έχουν κλείσει όλες οι ηλεκτροβάνες στη κατάθλιψη και δεν έχουμε παροχή. Όταν θα ξανανοίξουν οι ηλεκτροβάνες, η παροχή θα γίνει μεγαλύτερη του 0.2cm³/h και το χρονικό T4:25 θα γίνει reset.

RUNG 1:



Εάν καμία αντλία δεν είναι στη θέση αυτόματο <NOT pump_1_auto AND NOT pump_2_auto AND NOT pump_3_auto> ή η δεξαμενή αναρρόφησης είναι άδεια από το ladder 10 (rung 2,3) ή ισχύει η συνθήκη του rung 0, τότε μηδενίζεται η απαίτηση για αντλίες <MOVE 0 to N9:71> και μηδενίζονται οι στροφές του Inverter <MOVE 0 to N9:80> (inv_1_apo_pid_rpm).

RUNG 2:



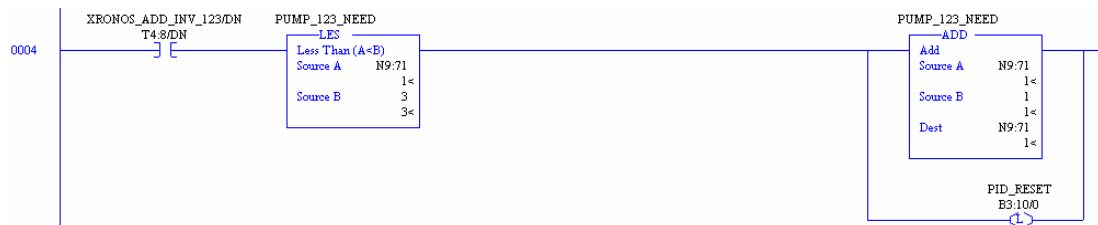
Επειδή το set point του PID (pd10:0.sps) δε μπορεί να ελεγχθεί άμεσα από το panel (Panel View), μετακινούμε το N9:98 στο set point του PID <MOVE N9:98 to pd10:0.sps>. Το N9:98 είναι άμεσα παραμετροποιήσιμο από το panel.

RUNG 3:



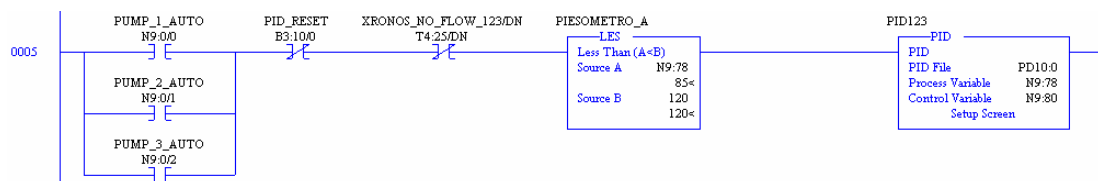
Όταν το bit B3:10/0 (pid_reset) γίνει '1' τότε το μηδενίζουμε. Η χρησιμότητα του B3:10/0 (pid_reset) φαίνεται στα δύο επόμενα rung.

RUNG 4:



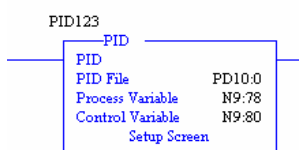
Όταν ο χρόνος T4:8 γίνει '1' (μη δυνατότητα κάλυψης της απαίτησης της πίεσης από τις αντλίες που λειτουργούν) και η απαίτηση για αντλίες είναι μικρότερη του 3 (μέγιστος αριθμός αντλιών) τότε αυξάνεται κατά 1 η απαίτηση. Παράλληλα γίνεται '1' και το bit B3:10/0 που αναλύεται στο rung 5.

RUNG 5:



Στο rung 5 καλείται και ρυθμίζεται ο ελεγκτής PID. Έτσι όταν κάποια από τις τρεις αντλίες είναι στη θέση αυτόματο <pump_1_auto OR pump_2_auto OR pump_3_auto> και το bit B3:10/0 (pid_reset) δεν είναι '1', δηλαδή δεν έχει γίνει στον προηγούμενο κύκλο αύξηση του αριθμού των αντλιών, και έχουμε παροχή στο δίκτυο <NOT T4:25/DoNe> όπως αναλύθηκε στο rung 0, και η πίεση του δικτύου για λόγους ασφαλείας είναι κάτω από 12bar <piesometro_a LESS than 120>, τότε ενεργοποιείται ο ελεγκτής PID. Κάθε φορά που προστίθεται μία αντλία στην απαίτηση του συστήματος, τότε το bit B3:10/0 (pid_reset) γίνεται '0' για ένα κύκλο, έτσι ο PID μηδενίζεται και ξεκινάει τον έλεγχο της καινούριας αντλίας από το 0.

Ρύθμιση του ελεγκτή PID



Μεταβλητή εισαγωγής- process variable: πίεση δικτύου N9:78 (piesometro_a).

Μεταβλητή ελέγχου- control variable: στροφές Inverter N9:80 (inv_1_apo_pid_rpm).

PID Setup Screen:

The screenshot shows the 'PID Setup' window with the following parameters:

Tuning Parameters	Inputs	Flags
Controller Gain Kc = 1.9	Scaled Set Point SPS = 85	TM = 0
Reset Ti = 0.3	Setpoint MAX(Smax) = 0	AM = 0
Rate Td = 0.05	Setpoint MIN(Smin) = 0	CM = 0
Loop Update = 0.01	Process Variable PV = 49	OL = 1
Control Mode = E=SP-PV		RG = 0
PID Control = AUTO		SC = 1
Time Mode = STI		TF = 0
Limit Output CV = YES		DA = 0
Deadband = 0		DB = 0
Feed Forward Bias = 0		UL = 0
		LL = 0
		SP = 0
		PV = 0
		DN = 1
		EN = 1

Buttons: OK, Cancel, Help

- Αναλογικός συντελεστής - Kc: 1.9
- Ολοκληρωτικός συντελεστής - Ti: 0.3
- Παραγωγικός συντελεστής – Td: 0.05
- Χρόνος αναπαραγωγής PID – Loop Update: 0.01sec
- Μέθοδος ελέγχου – control mode: E=SP-PV Αντίστροφη εκτέλεση, δηλαδή αύξηση της ελέγξιμης μεταβλητής (στροφές inverter) όταν η μεταβλητή εισαγωγής (πίεση) είναι μικρότερη από το set point.
- Έλεγχος PID – PID Control: Auto, ο PID ελέγχει την έξοδο και όχι ο χρήστης.
- Χρονική μέθοδος- Time mode: STI, ο PID ενημερώνει την έξοδο του σε κάθε κύκλο του προγράμματος.
- Οριοθέτηση της εξόδου ελέγχου - Limit Output CV: Yes
- Επιθυμητή τιμή της εισόδου (πίεση) - Scaled Set Point SPS: 85 (N9:98 όπως φαίνεται στο rung 2).
- Όριο εξόδου ελέγχου(%) – Control Output CV: 8%. Την έξοδο του PID την οριοθετούμε μεταξύ των τιμών 0 και 1200, αυτό γίνεται βάζοντας 8% στο Control Output CV. Εάν δεν οριοθετήσουμε την έξοδο, τότε η έξοδος του PID θα κυμαίνεται από 0 μέχρι 16384 τιμή αρκετά μεγάλη για γρήγορο έλεγχο που χρειάζεται στην εφαρμογή αυτή.

Οι ρύθμιση των παραμέτρων εκτελούνται κατά τη πραγματική λειτουργία του PID καθώς και με εξομοίωση του.

RUNG 6:



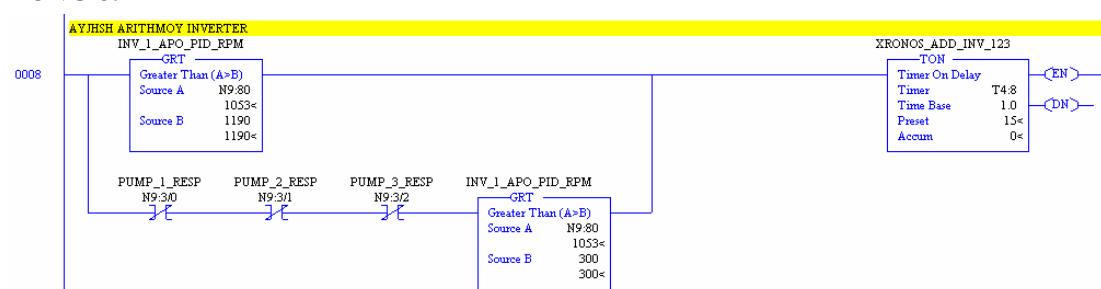
Εάν η τιμή που ελέγχει ο PID (στροφές του Inverter) N9:80 (inv_1_apo_pid_rpm) είναι μεταξύ των τιμών 0-1200 <LiMIt test N9:80 0...1200> τότε η έξοδος αναπροσαρμόζεται από εύρος 0-1200 σε 6600-31100 και τοποθετείται στη φυσική αναλογική έξοδο του PLC O:2/0 <SCale Parameters of N9:80 with input range 0-1200 to output range 6600-31100 O:2/0>.

RUNG 7:



Εάν έχει ολοκληρωθεί ο χρόνος T4:8 (T4:8/DoNe = 0) τότε μηδενίζεται (reset T4:8). Ο χρησιμότητα του χρόνου T4:8 φαίνεται στο παρακάτω rung.

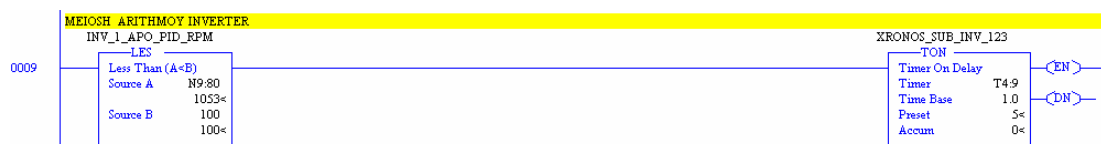
RUNG 8:



Για να καταλάβει το σύστημα ότι πρέπει να αυξηθεί ο αριθμός των αντλιών που λειτουργούν, πρέπει οι στροφές του inverter που δίνονται από τον PID, να φτάσουν τη μέγιστη τιμή. Πιο αναλυτικά όταν οι στροφές υπερβούν τις 1190 (max 1200RPM) <N9:80 GReater Than 1190>, τότε αρχίζει να μετράει ο χρόνος T4:8 με διάρκεια 15sec. Ο χρόνος μετράει ακόμα όταν δεν λειτουργεί καμία αντλία <NOT pump_1_resp AND NOT pump_2_resp AND NOT pump_3_resp> και οι στροφές υπερβούν τις 300.

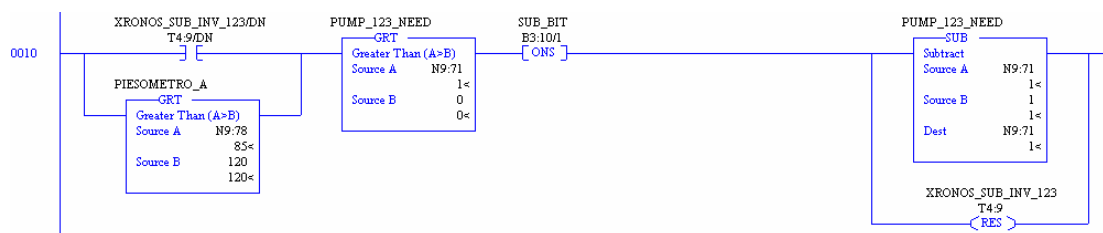
Η συνθήκη αυτή εκτελείται στη έναρξη της διαδικασίας όταν δεν λειτουργεί καμία αντλία, ώστε να είναι πιο γρήγορη η εκκίνηση της πρώτης αντλίας. Δηλαδή ενώ κανονικά θα έπρεπε ο PID από 0 να φτάσει στις 1190RPM για να αυξηθεί η απαίτηση από 0 σε 1 αντλία, τώρα θα φτάσει σε μικρότερο χρονικό διάστημα στις 300. Ο χρόνος T4:8 μηδενίζεται στο προηγούμενο rung.

RUNG 9:



Για να καταλάβει το σύστημα ότι πρέπει να μειωθεί ο αριθμός των αντλιών που λειτουργούν, πρέπει να οι στροφές του Inverter που δίνονται από τον PID, να φτάσουν την ελάχιστη τιμή. Πιο αναλυτικά όταν οι στροφές είναι μικρότερες τις 100 (min 0RPM) <N9:80 LESs than 100>, τότε αρχίζει να μετράει ο χρόνος T4:9 με διάρκεια 5sec. Ο χρόνος T4:9 μηδενίζεται στο επόμενο rung.

RUNG 10:

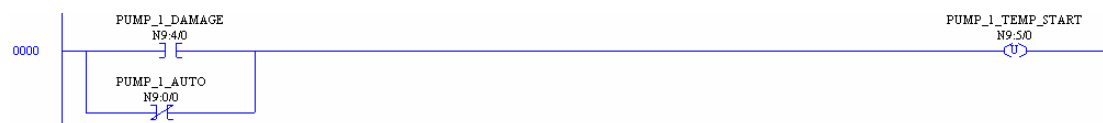


Όταν ο χρόνος T4:9 γίνει 1 (απαίτηση για λιγότερο αριθμό αντλιών) ή πίεση είναι μεγαλύτερη των 12bar (ασφάλεια δικτύου) και η απαίτηση για αντλίες είναι μεγαλύτερη του 0 (ελάχιστος αριθμός αντλιών) τότε μειώνεται κατά 1 η απαίτηση. Παράλληλα μηδενίζεται ο χρόνος T4:9.

6.3.8 LAD-10 : Enall 123 / LAD-11 : Enall 456

Σε αυτή την υπορουτίνα καθορίζονται ποιες αντλίες πρόκειται να λειτουργήσουν ή να παύσουν να λειτουργούν. Η επιλογή γίνεται βάση με ποια αντλία λειτουργούσε πριν και ποια ήταν σε αναμονή. Με το πρόγραμμα αυτό επιτυγχάνεται η κυκλική λειτουργία των αντλιών με συνέπεια την ομοιόμορφη φθορά τους.

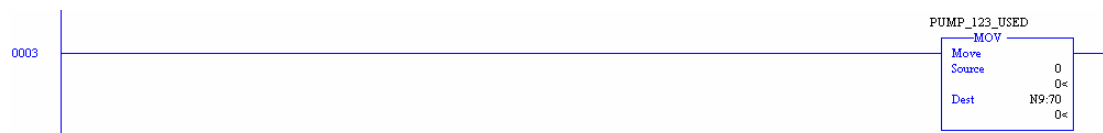
RUNG 0-1-2:



Στα πρώτα 3 rung εξασφαλίζεται η παύση των αντλιών λόγω βλάβης ή αφαίρεση του διακόπτη της αντλίας από τη θέση αυτόματο. Έτσι εάν το bit της βλάβης (pump_1_damage) γίνει '1' ή το bit της θέσης αυτόματο (pump_1_auto) γίνει '0' <pump_1_damage OR NOT pump_1_auto>, τότε μηδενίζεται η προσωρινή εντολή για λειτουργία της αντλίας (pump_1_temp_start).

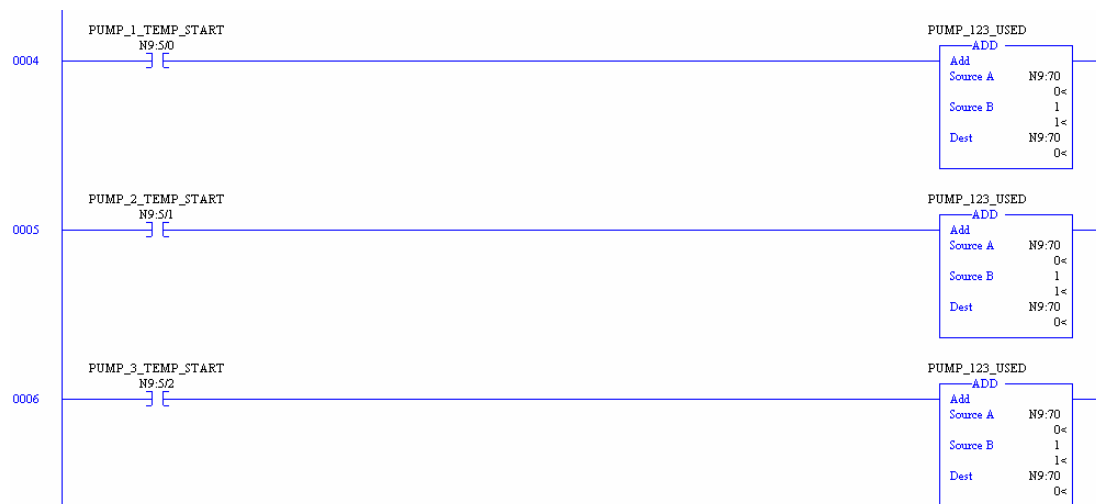
Στο ladder αυτό χρησιμοποιείται το προσωρινό start των αντλιών (pump_temp_start), επειδή η κάθε αντλία μπορεί να λειτουργήσει με δύο τρόπους (Inverter ή DOL). Έτσι εδώ δίνεται ένα γενικό start και στα ladder 16,18 επιλέγεται ο τρόπος λειτουργίας της (Inverter ή DOL).

RUNG 3:



Το word N9:70 (pump_123_used) αναφέρεται στον αριθμό των αντλιών που λειτουργούν. Σε κάθε κύκλο το N9:70 (pump_123_used) πρέπει να μηδενίζεται ώστε να γίνεται η μέτρηση του από την αρχή. Έτσι σε αυτό το rung μηδενίζεται το N9:70 <MOVE 0 to N:70>.

RUNG 4-5-6:



Στα rung 4, 5, 6 γίνεται η μέτρηση των αντλιών που λειτουργούν N9:70 <MOVE 0 to N:70>. Έτσι κάθε αντλία που λειτουργεί αυξάνει κατά 1 το N9:70 <MOVE 0 to N:70>.

Αναλυτικότερα, εάν έχει δοθεί εντολή στην αντλία να λειτουργεί (N9:5/1) προστίθεται +1 στο N9:70 <ADD 1 to N9:70>.

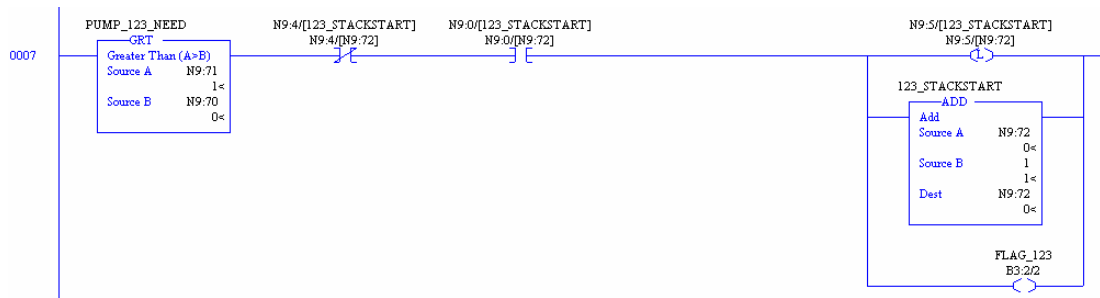
RUNG 7:

Στο rung 7 συγκρίνεται ο αριθμός των αντλιών που λειτουργούν N9:70 (pump_123_used) με αυτόν που απαιτούνται N9:71 (pump_123_need). Σε συνθήκες λειτουργίας οι δύο αριθμοί πρέπει να είναι ίσοι, έτσι μεταβάλλεται το N9:70 (pump_123_used) ώστε να είναι ίσο με το N9:71 (pump_123_need). Το N9:71 (pump_123_need) υπολογίζεται στο ladder 8.

Η λειτουργία της κυκλικής εναλλαγής βασίζεται στη δυνατότητα των διευθύνσεων N9 για μεταβλητή διευθυνσιοδότηση. Δηλαδή η θέση που υποδηλώνει τη διεύθυνση ενός word N9 μπορεί να είναι ακέραια μεταβλητή, για παράδειγμα N9:4/X με X από 0 έως 15. Έτσι όλες οι μεταβλητές που χρειάζονται για τη κυκλική εναλλαγή (θέση αυτόματο N9:0/0,1,2 βλάβη N9:4/0,1,2 και εκκίνηση N9:5/0,1,2) έχουν για την ίδια αντλία τη ίδια θέση διεύθυνσης.

<u>ANTAIA 1</u>	<u>ANTAIA 2</u>	<u>ANTAIA 3</u>
ΒΛΑΒΗ N9:4/0	ΒΛΑΒΗ N9:4/1	ΒΛΑΒΗ N9:4/2
ΑΥΤΟΜΑΤΟ N9:0/0	ΑΥΤΟΜΑΤΟ N9:0/1	ΑΥΤΟΜΑΤΟ N9:0/2
ΕΚΚΙΝΗΣΗ N9:5/0	ΕΚΚΙΝΗΣΗ N9:5/1	ΕΚΚΙΝΗΣΗ N9:5/2

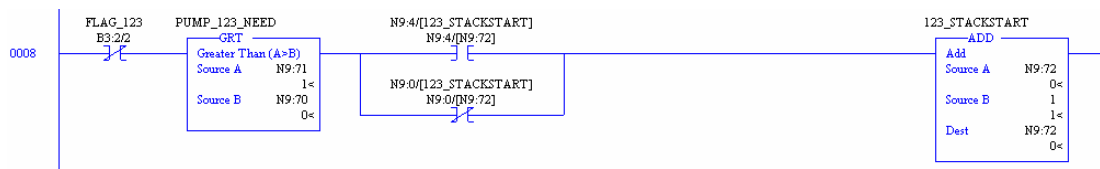
Βάζοντας συνεπώς στη θέση της διεύθυνσης τη μεταβολή 123_stackstart και παίρνοντας τιμές 0, 1 και 2, ελέγχεται κάθε φορά η εκάστοτε αντλία.



Εάν το N9:71(pump_123_need) είναι μεγαλύτερο του N9:70 (pump_123_used) <N9:71 Greater Than N9:70> δηλαδή η απαίτηση είναι μεγαλύτερη από τον αριθμό αντλιών που λειτουργούν, και το bit της βλάβης της αντλίας που πρόκειται να εκκινήσει (N9:4/[123_stackstart]) είναι 0 και είναι σε θέση αυτόματο (N9:0/[123_stackstart]), τότε γίνεται 1 η εντολή εκκίνησης της αντλίας (N9:5/[123_stackstart]).

Παράλληλα αυξάνει κατά +1 το 123_stackstart, ώστε στον επόμενο κύκλο να εξετασθεί και να λειτουργήσει η επόμενη αντλία. Ακόμη γίνεται προσωρινά 1 το flag_123 που αποτρέπει τη λειτουργία του επόμενου rung.

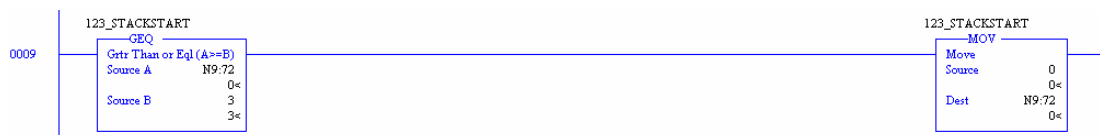
RUNG 8:



Σε περίπτωση που δεν υλοποιηθεί το προηγούμενο rung λόγω βλάβης ή μη θέσης Αυτόματο, τότε πρέπει να αυξηθεί το 123_stackstart ώστε να εξετασθεί η επόμενη αντλία.

Έτσι εάν δεν έχει εκτελεστεί το προηγούμενο rung το bit B3:2/2 (Flag_123) είναι 0 και το N9:71 (pump_123_need) είναι μεγαλύτερο του N9:70 (pump_123_used) <N9:71 Greater Than N9:70> και υπάρχει βλάβη στην αντλία ή δεν είναι σε θέση αυτόματο ο διακόπτης της <N9:4/[N9:72] OR NOT N9:0/[N9:72]>, τότε αυξάνει κατά +1 το 123_stackstart, ώστε στον επόμενο κύκλο να εξετασθεί και να λειτουργήσει η επόμενη αντλία.

RUNG 9:



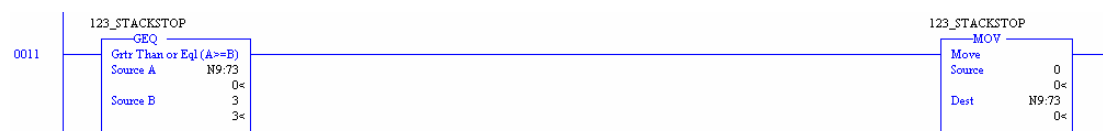
Όταν το word 123_stackstart γίνει ίσο με 3, δηλαδή το πρόγραμμα έχει εξετάσει τη τελευταία αντλία, τότε πρέπει να μηδενιστεί το 123_stackstart ώστε να ελεγχθεί ξανά η πρώτη αντλία.

RUNG 10:



Εάν το N9:71(pump_123_need) είναι μικρότερο του N9:70(pump_123_used) <N9:71 LESS than N9:70> δηλαδή η απαίτηση είναι μικρότερη από τον αριθμό αντλιών που λειτουργούν, τότε πρέπει να μειωθούν οι αντλίες που λειτουργούν, έτσι παύει η εντολή εκκίνησης της αντλίας (N9:5/[123_stackstop]). Παράλληλα αυξάνει κατά +1 το 123_stackstop ώστε στον επόμενο κύκλο να εξετασθεί και να παύσει η επόμενη αντλία.

RUNG 11 :

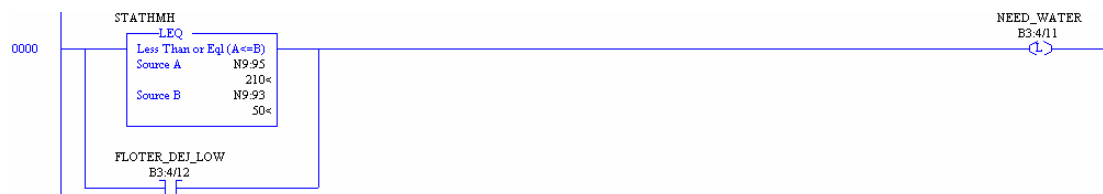


Όταν το word 123_stackstop γίνει ίσο με 3, δηλαδή το πρόγραμμα έχει εξετάσει τη τελευταία αντλία, τότε πρέπει να μηδενιστεί το 123_stackstop ώστε να ελεγχθεί ξανά η πρώτη αντλία.

6.3.9 LAD-12 : Geo-eydap

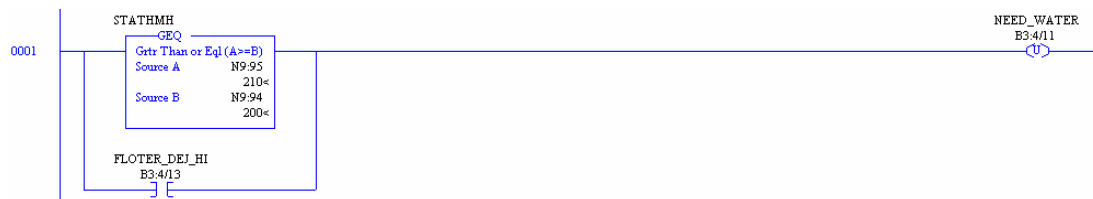
Στο ladder-12 γίνεται ο προγραμματισμός της λειτουργίας της πλήρωσης της δεξαμενής αναρρόφησης. Επίσης επιλέγεται η πλήρωση μεταξύ γεώτρησης ή ηλεκτροβάνας της ΕΥΔΑΠ.

RUNG 0:



Στο rung 0 ενεργοποιείται η απαίτηση για πλήρωση της δεξαμενής (need water) εάν έχει ενεργοποιηθεί το φλοτέρ της χαμηλής (NOT floter_dej_low) είτε το ύψος της στάθμης της δεξαμενής είναι μικρότερο από το όριο χαμηλής στάθμης <N9:95 LESSQual to N9:93>. Η επιλογή του ορίου N9:93 αυτού γίνεται από τον χρήστη μέσω της οθόνης του Panel View.

RUNG 1:



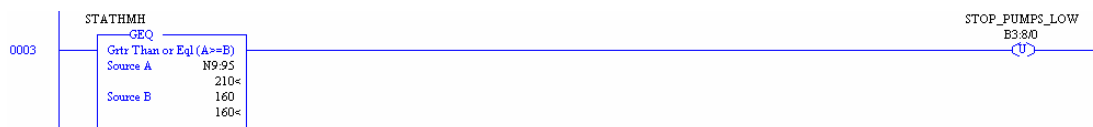
Στο rung 1 απενεργοποιείται η απαίτηση για πλήρωση της δεξαμενής (need_water) εάν έχει ενεργοποιηθεί το φλοτέρ της υψηλής (floter_dej_hi) είτε το ύψος της στάθμης της δεξαμενής είναι μεγαλύτερο από το όριο υψηλής στάθμης <N9:95 GEQ to N9:94>. Η επιλογή του ορίου γίνεται από τον χρήστη μέσω της οθόνης του Panel View.

RUNG 2:



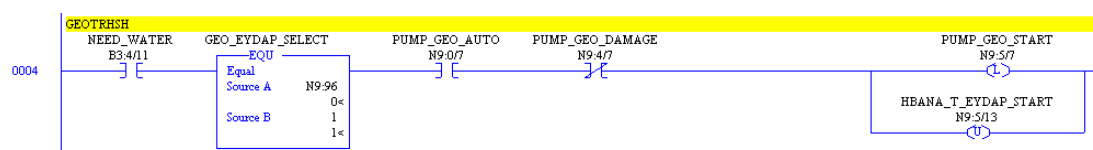
Στο rung 2 ενεργοποιείται η παύση των αντλιών <Latch stop_pumps_low> εάν έχει ενεργοποιηθεί το φλοτέρ της χαμηλής (floter_dej_low).

RUNG 3:



Στο rung 3 απενεργοποιείται η παύση των αντλιών <Unlatch stop_pumps_low> λόγω στάθμης στη δεξαμενή, δηλαδή εάν η στάθμη της δεξαμενής είναι μεγαλύτερη από 160cm. Δηλαδή δίνεται ο χρόνος να ξαναγεμίσει η δεξαμενή χωρίς να λειτουργούν οι αντλίες.

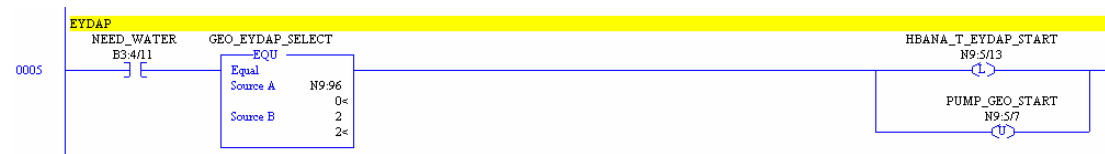
RUNG 4:



Αφού πλέον έχει ορισθεί η ανάγκη για πλήρωση της δεξαμενής (need_water), πλέον πρέπει να ορισθεί εάν τη δεξαμενή τη πληρώσει η ηλεκτροβάνα της ΕΥΔΑΠ ή η γεώτρηση ή και οι δύο. Για να γίνει η επιλογή, έχει εισαχθεί το word N9:96 (geo_eydap_select), το οποίο παίρνει τιμές 1,2,3. Το 1 σημαίνει επιλογή της γεώτρησης, το 2 επιλογή της ΕΥΔΑΠ και το 3 αυτόματη επιλογή. Η επιλογή του αριθμού γίνεται από το χρήστη μέσω της οθόνης του Panel View.

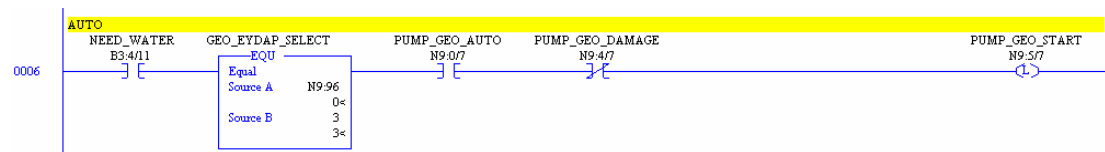
Έτσι στο rung 4 εάν έχουμε απαίτηση για νερό (need_water) και το geo_eydap_select είναι 1 <N9:96 EQU to 1> και η γεώτρηση είναι στο αυτόματο (pump_geo_auto) και δεν έχει βλάβη (pump_geo_damage), τότε εκκινεί η γεώτρηση (pump_geo_start) και παύει η ηλεκτροβάνα της ΕΥΔΑΠ (hbana_t_eydap_start).

RUNG 5:



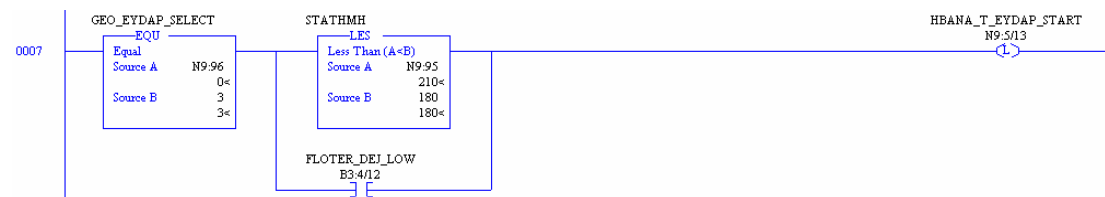
Στο rung 5 εάν έχουμε απαίτηση για νερό (need_water) και το geo_eydap_select είναι 2 <N9:96 EQUal to 2>, εκκινεί η ηλεκτροβάννα της ΕΥΔΑΠ (hbana_t_eydap_start) και παύει η γεώτρηση (pump_geo_start).

RUNG 6:



Στο rung 6 εάν έχουμε απαίτηση για νερό (need_water) και το geo_eydap_select είναι 3 <N9:96 EQUal to 3>, εκκινεί η γεώτρηση (pump_geo_start).

RUNG 7:



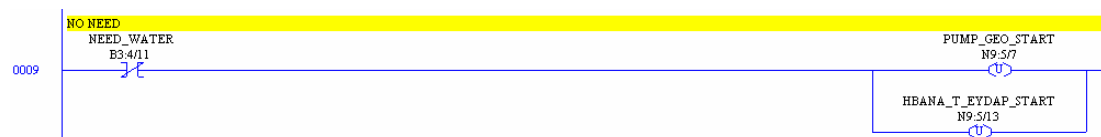
Εάν η κατανάλωση είναι μεγαλύτερη από τη δυνατότητα της γεώτρησης, τότε εκκινεί και η ηλεκτροβάννα της ΕΥΔΑΠ. Δηλαδή εάν το geo_eydap_select είναι 3 <N9:96 EQUal to 3> θέση αυτόματο, και η στάθμη είναι μικρότερη από 180cm ή έχει χτυπήσει το κάτω φλοτέρ τότε εκκινεί η ηλεκτροβάννα της ΕΥΔΑΠ.

RUNG 8:



Εάν το geo_eydap_select είναι 3 <N9:96 EQUal to 3> θέση αυτόματο, και η στάθμη είναι μεγαλύτερη από 250cm και δεν είναι ενεργοποιημένο το κάτω φλοτέρ τότε παύει η ηλεκτροβάννα της ΕΥΔΑΠ.

RUNG 9:



Τέλος εάν δεν έχουμε απαίτηση για νερό τότε παύει και η γεώτρηση και η ηλεκτροβόνα της ΕΥΔΑΠ.

6.3.10 LAD-13 : Akatharta

Στο ladder 13 γίνεται ο καθορισμός λειτουργίας της αντλίας ακαθάρτων.

RUNG 0:

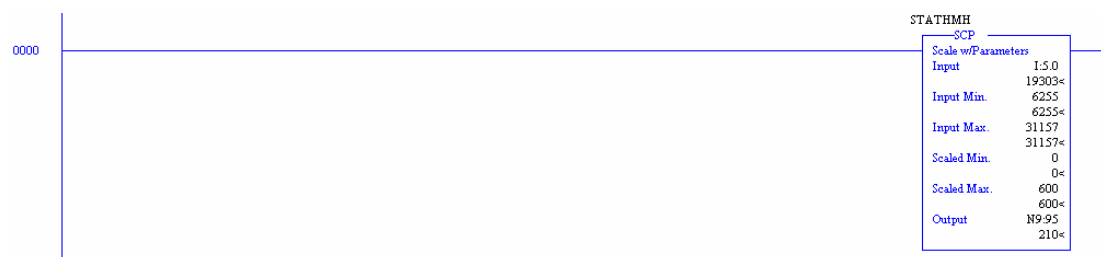


Στο rung 0 εάν ενεργοποιηθεί το φλοτέρ (floter_akatharton) και ο διακόπτης pump_ak_auto είναι στη θέση ΑΥΤΟΜΑΤΟ τότε εκκινεί η αντλία ακαθάρτων (pump_ak_start).

6.3.11 LAD-14 : Analogs

Στο ladder 14 εκτελείται το διάβασμα και η βαθμονόμηση αναλογικών οργάνων.

RUNG 0:

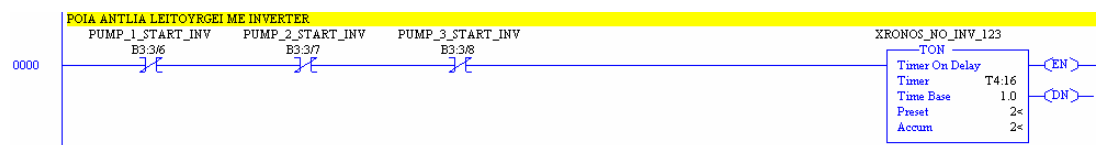


Η φυσική αναλογική είσοδος του μετρητή στάθμης της δεξαμενής αναπροσαρμόζεται από εύρος 6255-31157 σε 0-600 και τοποθετείται στη διεύθυνση N9:95 <Scale with Parameter of I:5/0 with input range 6255-31157 to output range 0-600 N9:95>.

6.3.12 LAD-16 : Start-123 / LAD-17 : Start-456

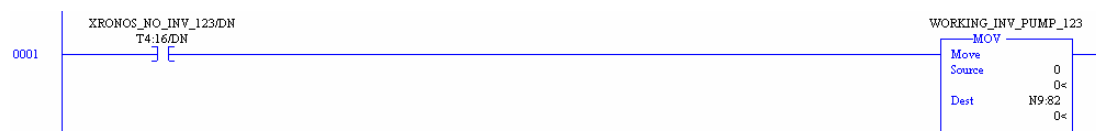
Στο παρακάτω ladder καθορίζεται ποιες αντλίες και πως θα λειτουργήσουν δηλαδή είτε χρησιμοποιώντας το ρυθμιστή στροφών (inverter) είτε σε σταθερή τροφοδοσία μέσω ρελέ- Direct On Line.

RUNG 0:



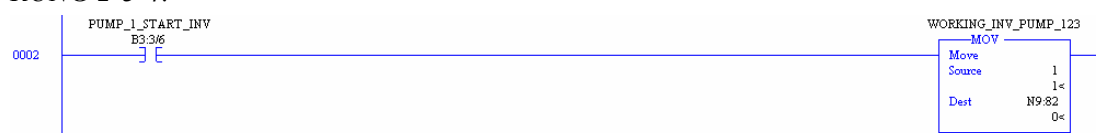
Στο rung 0 εάν δεν λειτουργεί καμία αντλία με Inverter τότε μετράει ο χρόνος T4:16 για 2 δευτερόλεπτα.

RUNG 1:



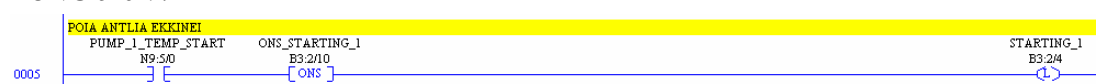
Στο rung 1 όταν ο χρόνος T4:16 ολοκληρωθεί, μηδενίζεται ο αριθμός που εκφράζει ποια αντλία λειτουργεί με Inverter <MOVE 0 to N9:82>.

RUNG 2-3-4:



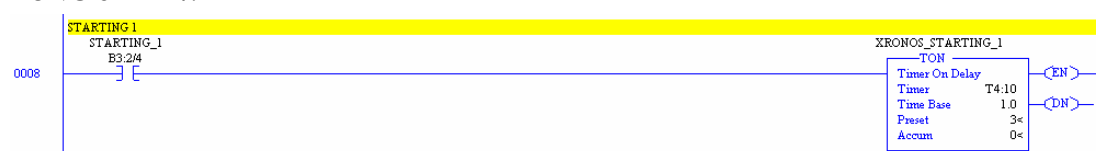
Στα rung 2-3-4, όποια αντλία λειτουργεί με inverter τότε μετακινείται ο αντίστοιχος αριθμός της (1-2-3) στο N9:82. Έτσι πλέον η τιμή του N9:82 μας δείχνει ποια αντλία λειτουργεί με το inverter. Υπενθυμίζεται ότι μόνο μια αντλία μπορεί κάθε φορά να λειτουργεί με το inverter.

RUNG 5-6-7:



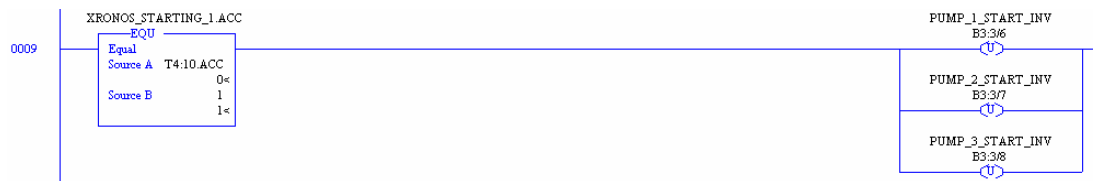
Στα rung 5-6-7 ενεργοποιείται το bit starting_1, starting_2, starting_3 εάν έχει δοθεί η αντίστοιχη εντολή εκκίνησης από το lad-10.

RUNG 8-11-14:



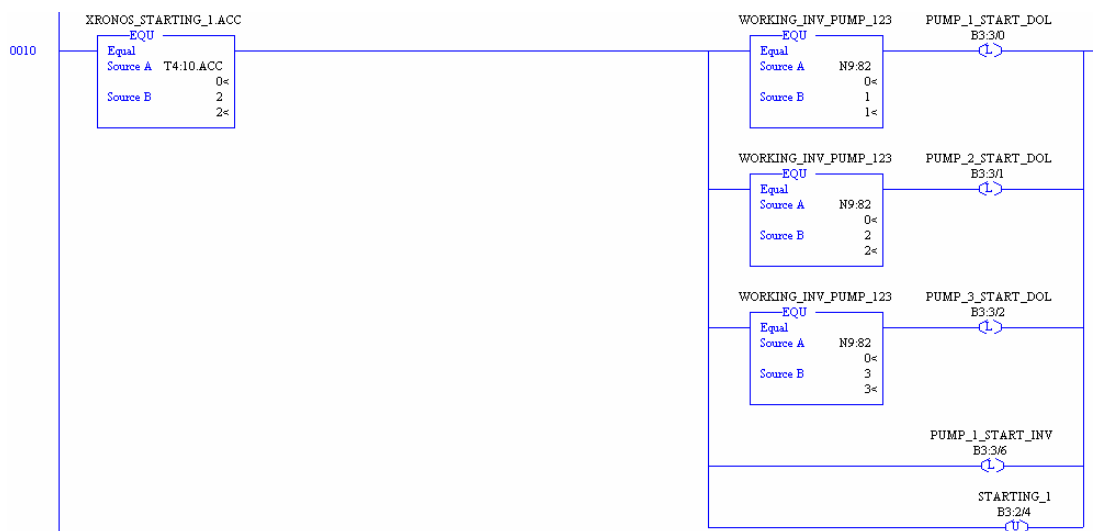
Στα rung 8-11-14 από τη στιγμή που έχει δοθεί εντολή εκκίνησης από τα προηγούμενα rung 5,6,7, ξεκινάει και μετράει χρόνο 3sec (T4:10,T4:11,T4:12).

RUNG 9-12-15:



Στο πρώτο δευτερόλεπτο των προηγούμενων χρόνων <T4:10.ACC Equal to 1> σταματάνε όλες οι εντολές λειτουργίας των αντλιών με inverter.

RUNG 10-13-16:



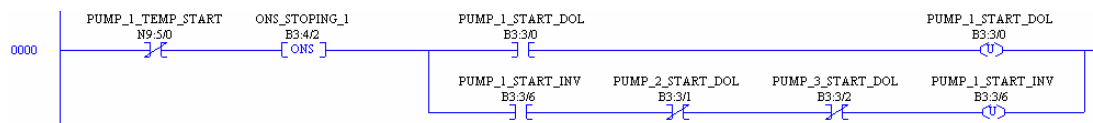
Στο δεύτερο δευτερόλεπτο των προηγούμενων χρόνων <T4:10.ACC Equal to 2>, εξετάζεται ποια αντλία λειτουργούσε με inverter μέσω του N9:82 (έχει υπολογιστεί στο rung 1) και της δίνεται εντολή να ξεκινήσει με DOL (χωρίς inverter), αφού βεβαιώς από τα προηγούμενα rung 9-12-15 έχει σταματήσει.

Επίσης δίνεται εντολή στη συγκεκριμένη αντλία που πρόκειται να λειτουργήσει, εντολή λειτουργίας με inverter (pump1_start_inv). Τέλος μηδενίζεται η εκκίνηση της (starting_1).

6.3.13 LAD-18 : Stop_123 / LAD-19 : Stop_456

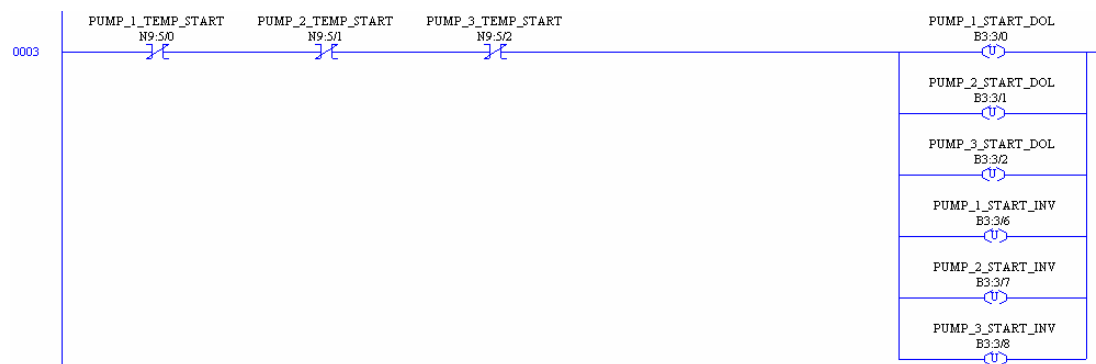
Στο παρακάτω ladder γίνεται παύση των αντλιών που έχουν καθοριστεί και επιλεγεί από τα lad8-10.

RUNG 0-1-2:



Στα rung 0-1-2 εάν παύει η προσωρινή εντολή εκκίνησης (NOT pump1_temp_start) για μία μόνο φορά <ONS> και εάν η αντλία λειτουργούσε με DOL (pump1_start_dol) τότε παύει η εντολή που της δινόταν για εκκίνηση DOL (pump1_start_dol). Αντίθετα εάν λειτουργούσε με inverter (pump_1_start_inv) και οι άλλες όχι τότε παύει η εντολή που της δινόταν για εκκίνηση Inverter (pump1_start_inv).

RUNG 3:

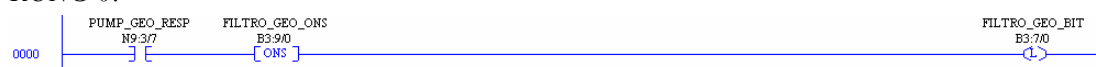


Στο rung 3 εάν δε δίνεται προσωρινή εντολή σε κάποια αντλία, τότε παύουν όλες οι εντολές εκκίνησης προς όλες τις αντλίες <(NOT pump1_temp_start AND pump2_temp_start AND pump3_temp_start) Unlatch (pump_1_start_dol, pump_2_start_dol, pump_3_start_dol, pump_1_start_inv, pump_2_start_inv, pump_3_start_inv,>

6.3.14 LAD-20 : Hb_geo

Κάθε φορά που εκκινεί η γεώτρηση πρέπει να ανοίγει η ηλεκτροβάννα του φίλτρου της για 10sec, ώστε να απομακρύνονται οι ακαθαρσίες που υπάρχουν στην αρχή της λειτουργίας.

RUNG 0:



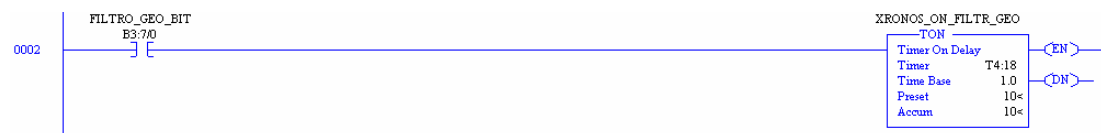
Συνεπώς όταν ξεκινάει η γεώτρηση (pump_geo_start) για μία μόνο φορά <ONeShot> γίνεται '1' το filtro_geo_bit.

RUNG 1:



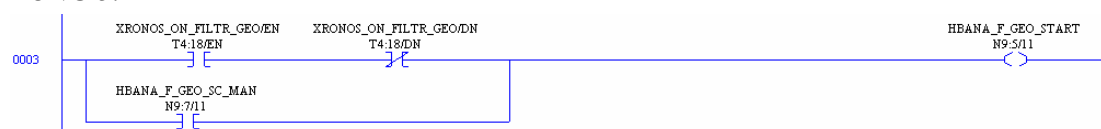
Όταν σταματάει η γεώτρηση (NOT pump_geo_start)) γίνεται '0' το filtro_geo_bit.

RUNG 2:



Εφόσον έχει ενεργοποιηθεί το filtro_geo_bit αρχίζει η μέτρηση του χρόνου T4:18 για 10sec.

RUNG 3:



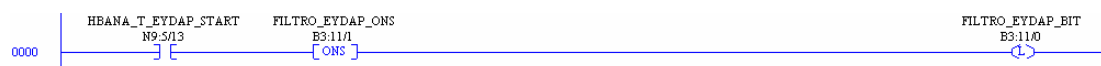
Όσο ο χρόνος T4:18 είναι ενεργοποιημένος αλλά δεν έχει ολοκληρωθεί δηλαδή για 10sec (T4:18.ENABLE AND NOT T4:18.DONE), τότε ενεργοποιείται η εντολή ανοίγματος της ηλεκτροβάνας του φίλτρου της γεώτρησης.

Η ενεργοποίηση μπορεί να γίνει και από το panel μέσω του bit hbana_f_geo_sc_man.

6.3.15 LAD-21 : Hb_eydap

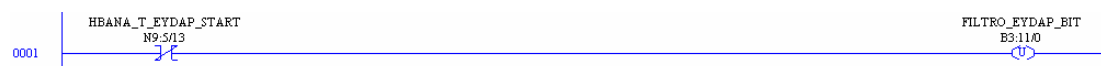
Κάθε φορά που εκκινεί η ΕΥΔΑΠ πρέπει να ανοίγει η ηλεκτροβάνα του φίλτρου της για 10sec, ώστε να απομακρύνονται οι ακαθαρσίες που υπάρχουν στην αρχή της λειτουργίας.

RUNG 0:



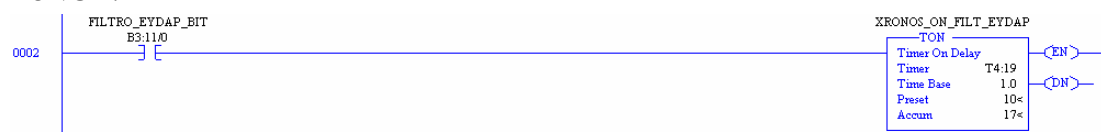
Συνεπώς όταν ξεκινάει η ΕΥΔΑΠ (pump_eydap_start) για μία μόνο φορά <ONS> γίνεται '1' το filtro_eydap_bit.

RUNG 1:



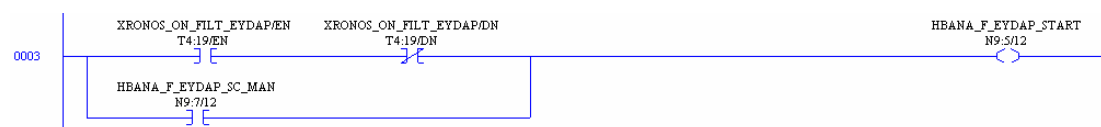
Όταν σταματάει η ΕΥΔΑΠ (NOT pump_eydap_start) γίνεται '0' το filtro_eydap_bit.

RUNG 2:



Εφόσον έχει ενεργοποιηθεί το filtro_eydap_bit αρχίζει η μέτρηση του χρόνου T4:19 για 10sec.

RUNG 3:



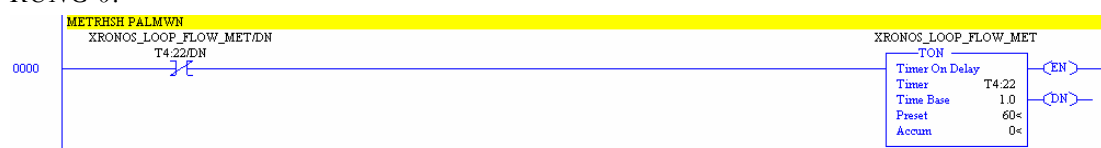
Όσο ο χρόνος T4:19 είναι ενεργοποιημένος αλλά δεν έχει ολοκληρωθεί δηλαδή για 10sec (T4:19.ENABLE AND NOT T4:19.DoNe), τότε ενεργοποιείται η εντολή ανοίγματος της ηλεκτροβάνας του φίλτρου της ΕΥΔΑΠ.

Η ενεργοποίηση μπορεί να γίνει και από το panel μέσω του bit hbana_f_eydap_sc_man.

6.3.16 LAD-22 : Flowmeter

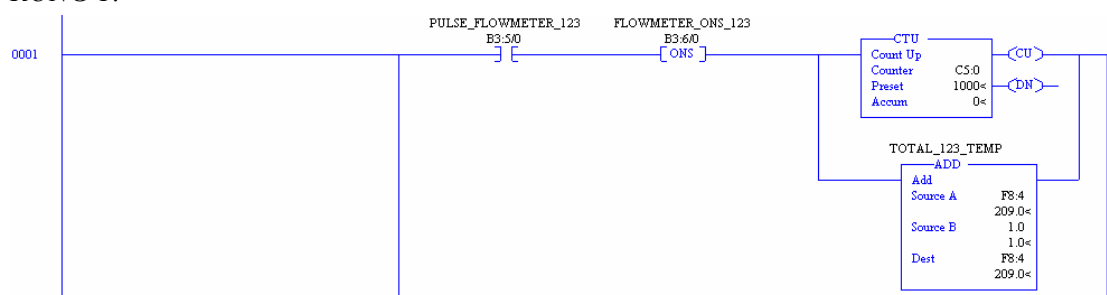
Στο ladder 25 γίνεται η μέτρηση της στιγμιαίας και της συνολικής παροχής από τα παροχόμετρα.

RUNG 0:



Στο rung 0 καθορίζεται ο χρόνος στον οποίο γίνεται η μέτρηση των παροχομέτρων, η μέτρηση γίνεται κάθε 60sec (1min).

RUNG 1:



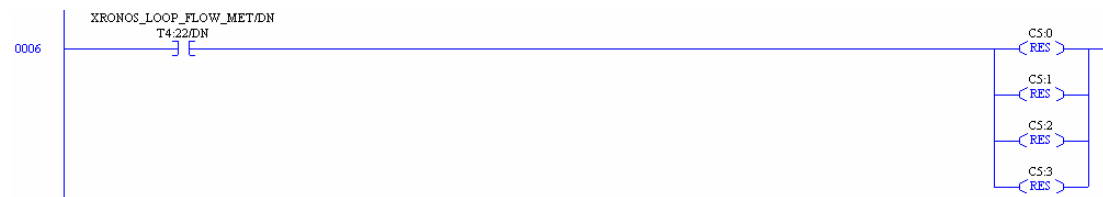
Στο rung 1 έχουμε για κάθε παλμό που έρχεται από το παροχόμετρο (pulse_flowmeter_123), για μία μόνο φορά <ONeShot>, αυξάνεται ο απαριθμητής C5:0 και κατά +1 στο double word F8:4 (total_123_temp). Αντίστοιχα ισχύει και για τα υπόλοιπα παροχόμετρα.

RUNG 2-5:



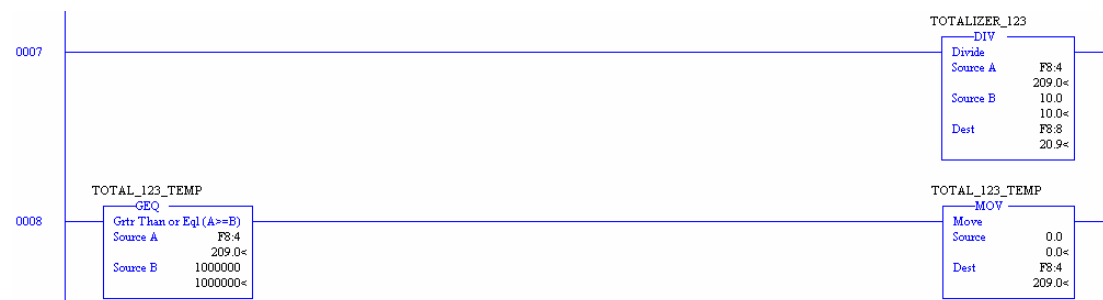
Στα rung 2-5 κάθε φορά που το χρονικό T4:22 (xronos_loop_flow_met) ολοκληρώνεται (60sec), πολλαπλασιάζεται <MULTiply> ο αριθμός των παλμών C5:0.acc επί 6 και το αποτέλεσμα εισάγεται στο F8:0, το οποίο είναι και η στιγμιαία παροχή σε m³/min.

RUNG 6:



Στο rung 6, εάν ολοκληρωθεί ο χρόνος T4:22 (xronos_loop_flow_met) μηδενίζονται <RESet> οι παλμοί των παροχομέτρων του λεπτού, ώστε να ξεκινήσει η μέτρηση των παλμών στο επόμενο λεπτό.

RUNG 7-14:

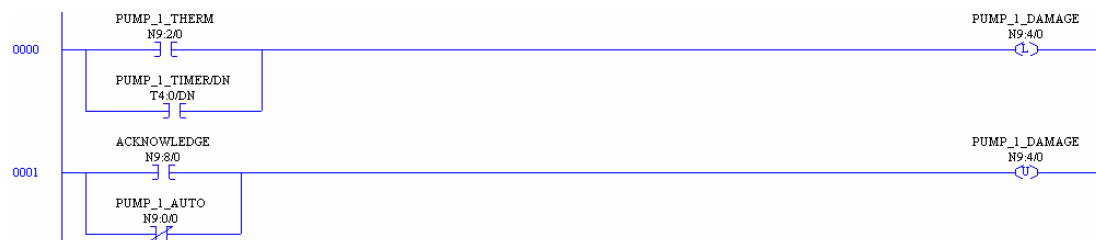


Στο rung 7 διαιρείται ο συνολικός αριθμός των παλμών με το 10 και το αποτέλεσμα F8:8 είναι η συνολική παροχή. Στο rung 8 γίνεται ο μηδενισμός των παλμών όταν αυτοί ξεπεράσουν τους 1000000.

6.3.17 LAD-3: Damage

Στο ladder αυτό γίνεται ο καθορισμός των βλαβών των αντλιών.

RUNG 0-15:



Εάν η αντλία έχει πτώση θερμικού ή το χρονικό μη ανταπόκρισης εκκίνησης έχει ολοκληρωθεί (από lad-7), τότε έχουμε σήμα για βλάβη στην αντλία (pump_1_therm OR pump_1_timer/Done Latch pump_1_damage).

Για να μηδενιστεί η βλάβη πρέπει ή να γίνει αναγνώριση της βλάβης από το panel μέσω του bit acknowledge ή εάν βγει ο διακόπτης της αντλίας από τη θέση auto. (acknowledge OR NOT pump_2_auto Unlatch pump_2_damage).

7

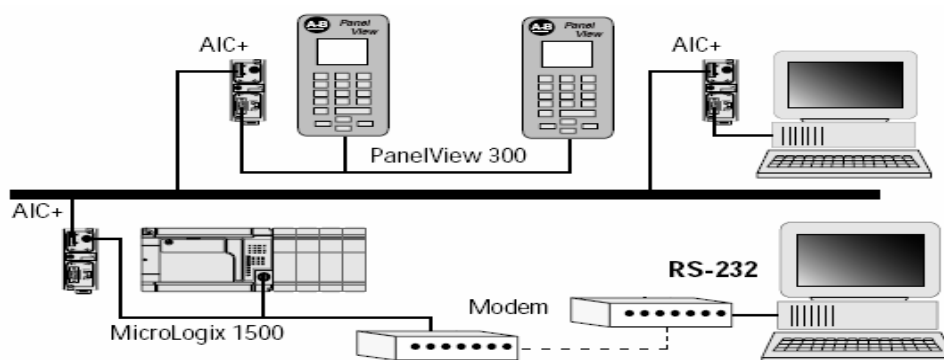
Εποπτικός έλεγχος

7.1 Διαβάθμιση των συσκευών εποπτικού ελέγχου

Τα συστήματα εποπτικού ελέγχου είναι υπεύθυνα για την διαχείριση και τον έλεγχο διαφόρων διεργασιών. Δηλαδή, είναι υπεύθυνα για την παρακολούθηση, την καταγραφή και τον έλεγχο πλήθους βασικών μεταβλητών και παραμέτρων των διεργασιών. Με τα συστήματα αυτά επιτυγχάνεται η λεπτομερής καταγραφή της παραγωγής των μηχανημάτων, των συνθηκών λειτουργίας τους, των βλαβών.

Υπάρχει μια διαβάθμιση των συσκευών εποπτικού ελέγχου προσαρμοσμένη στις ανάγκες των εκάστοτε εφαρμογών. Έτσι για μικρές εφαρμογές χρησιμοποιούνται μπουτονιέρες (Push button Panels), για μεγαλύτερες αυτών ειδικές συσκευές επιτήρησης και χειρισμών (Operator Interfaces) και τέλος για σύνθετες εφαρμογές χρησιμοποιούνται, συστήματα βασισμένα σε υπολογιστές για επιτήρηση και χειρισμούς (SCADA).

Όπως αναφέρθηκε σε προηγούμενα κεφάλαια, για τον έλεγχο του συστήματος αυτοματισμού έχουν τοποθετηθεί δύο οθόνες ενδείξεων με πληκτρολόγιο, οι οποίες ανήκουν στις συσκευές εποπτικού ελέγχου Operator Interfaces. Ακόμα, μία μελλοντική επέκταση του συστήματος αυτοματισμού είναι η δημιουργία ενός συστήματος SCADA για τον αυτοματισμό άρδευσης του TPAM.



Σχήμα 7.1 Βασικές συνιστώσες για τον εποπτικό έλεγχο του συστήματος αυτοματισμού

7.2 Συστήματα λήψης δεδομένων SCADA

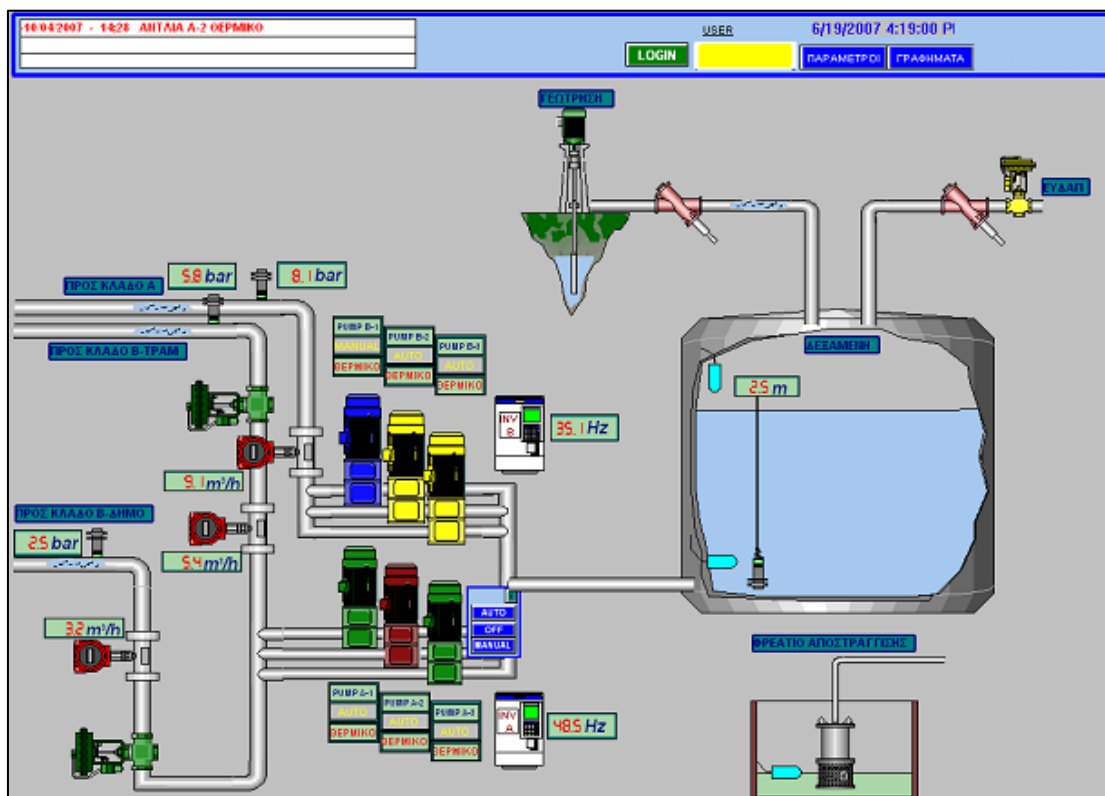
Ξεκινώντας τη περιγραφή των συστημάτων SCADA είναι σκόπιμο να αναφέρουμε τι είναι ένα σύστημα SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition system). Είναι συνεπώς συστήματα τηλεμέτρησης, τα οποία συλλέγουν πληροφορίες από διάφορες διεργασίες και χρησιμοποιούνται για τον εποπτικό τους έλεγχο. Τα συστήματα SCADA βρίσκουν τεράστιες εφαρμογές στη βιομηχανία, καθώς και δίκτυα διανομής ηλεκτρικής ενέργειας.

Τα συστήματα SCADA ανήκουν στη τεχνολογία MMI (Man Machine Interface), αυτή δηλαδή που επιτρέπει την επικοινωνία του ανθρώπου με τη μηχανή και μας δίνουν τη δυνατότητα να λειτουργούμε μηχανές και εγκαταστάσεις στο βέλτιστο επίπεδο και να εξασφαλίζουμε τη διαθεσιμότητα και τη παραγωγικότητα των μηχανών.

7.3 Σχεδίαση συστήματος SCADA για το αντλιοστάσιο

Ένας άλλος στόχος, της διπλωματικής εργασίας, ήταν η ανάπτυξη και ο σχεδιασμός του περιβάλλον λογισμικού ενός συστήματος SCADA για τον αυτοματισμό άρδευσης του TPAM. Ένα σύστημα σαν κι αυτό θα ήταν απαραίτητο στη περίπτωση εποπτικού ελέγχου του αντλιοστασίου από μεγάλη απόσταση.

Η παρακάτω εικόνα, δημιουργήθηκε από ειδικό λογισμικό κατασκευής και λειτουργίας συστημάτων SCADA και μπορεί να εμφανίζεται στην οθόνη του υπολογιστή όπου είναι εγκατεστημένο το λογισμικό αυτό. Με τη λειτουργία του συστήματος αυτού, μπορεί να γίνει πλήρης εποπτικός έλεγχος του αυτοματισμού του αντλιοστασίου. Ο υπολογιστής αυτός μπορεί να βρίσκεται είτε κοντά στο αντλιοστάσιο είτε μακριά από αυτό, με την επικοινωνία μεταξύ του υπολογιστή και του PLC να εξασφαλίζεται μέσω μιας συμβατής συσκευής επικοινωνίας (modem).



7.4 Οθόνες ενδείξεων με πληκτρολόγιο (panel)

Οι συσκευές αυτές (panel), ανήκουν στην κατηγορία των συσκευών εποπτικού ελέγχου Operator Interfaces, μας δίνουν τη δυνατότητα να επικοινωνούν με το PLC μέσω των θυρών επικοινωνίας τους και να βλέπουμε στην οθόνη τους τη πληροφορία σε μορφή κειμένου ή γραφικών, ενώ από τα ενσωματωμένα πλήκτρα μπορούμε να διενεργούμε χειρισμούς.

Τα panel αυτά είναι της σειράς PanelView του οίκου Allen Bradley και βρίσκονται το ένα στον ηλεκτρικό πίνακα του αντλιοστασίου και το άλλο στο εξωτερικό ερμάριο ηλεκτροδότησης (πίλαρ) στο πάρκο του Δήμου. Ο προγραμματισμός τους γίνεται από ένα και μοναδικό λογισμικό, το PanelBuilder 32 της Allen Bradley.

Στις συσκευές αυτές, παρουσιάζεται η κατάσταση λειτουργίας του αντλιοστασίου, ενώ υπάρχει και ιστορικό καταγραφής σφαλμάτων (alarms). Επίσης, γίνονται οι χειροκίνητοι χειρισμοί των αντλιών, η παραμετροποίηση του συστήματος και παρακολουθούνται όλες οι ενδείξεις των οργάνων.



To PanelView 300 Keypad

7.5 Λειτουργίες των panel

Οι λειτουργίες που ελέγχονται μέσω των panel παρουσιάζονται στη κεντρική οθόνη και επιλέγονται χρησιμοποιώντας τα πλήκτρα πλοήγησης.

- Indications (ενδείξεις): ενδείξεις φλοτέρ, στάθμης δεξαμενής, παροχές, κατανάλωση και πιέσεις.
- Parameters (παράμετροι): παράμετροι λειτουργίας του συστήματος.
- Alarms (σήματα συναγερμού): βλάβες κινητήρων με χρονική ένδειξη.

Κεντρική οθόνη



Στο άνω μέρος, της οθόνης παρουσιάζεται, αν τυχόν υπάρχει, η τρέχουσα βλάβη. Η επιβεβαίωση της γίνεται από τη κεντρική οθόνη χρησιμοποιώντας το πλήκτρο F1. Σε κάθε υπό-οθόνη με το πλήκτρο F1 πηγαίνουμε στη προηγούμενη οθόνη ενώ με το F2 στην επόμενη και με το F8 στη κεντρική. Στο panel που βρίσκεται στη πλατεία, για την ασφάλεια της λειτουργίας του συγκροτήματος, οποιαδήποτε αλλαγή των παραμέτρων απαιτεί χρήση κωδικού (password).

Ενδείξεις 1

FL TANK HI:	DOWN
FL TANK LOW:	UP
FL GEO LOW:	DOWN
TANK LEVEL:	####

fl tank hi : φλοτέρ δεξαμενής (άνω στάθμη)

fl tank low : φλοτέρ δεξαμενής (κάτω στάθμη)

fl geo low : φλοτέρ γεώτρησης (κάτω στάθμη)

tank level : στάθμη δεξαμενής σε cm

Ενδείξεις 2

```
FLOW METER A: #####
FLOW METER B T: #####
FLOW METER B D: #####
FLOW METER EYD: #####
```

flow meter a : παροχή κλάδου TPAM
flow meter b t : παροχή κλάδου B TPAM
flow meter b d : παροχή κλάδου B Δήμου
flow meter eyd : παροχή κλάδου ΕΥΔΑΠ

Ενδείξεις 3

```
PRESSURE A: #####
PRESSURE B: #####
PRESSURE GEO: #####
```

pressure a : πίεση στον κλάδο A
pressure b : πίεση στον κλάδο B
pressure geo : πίεση στη γεώτρηση

Ενδείξεις 4

```
TOTAL 1: #####CM3
TOTAL 2TRA: #####CM3
TOTAL 2DHM: #####CM3
TOTAL EYDAP: #####CM3
TOTAL GEO: #####CM3
```

total 1 : κατανάλωση κλάδου 1
total 2 tra : κατανάλωση κλάδου 2 TPAM
total 2dhm : κατανάλωση κλάδου 2 Δήμου
total eydap : κατανάλωση ΕΥΔΑΠ
total geo : κατανάλωση γεώτρησης

Παράμετροι 1

```
LEVEL START: #####
LEVEL STOP: #####
PIESH A SET: #####
PIESH B SET: #####
G/E/A-1/2/3: #
```

level start : στάθμη δεξαμενής εκκίνησης γεώτρησης
level stop : στάθμη δεξαμενής παύσης γεώτρησης
piesh a set : επιθυμητή πίεση στον κλάδο A
piesh b set : επιθυμητή πίεση στον κλάδο B
g/e/a-1/2/3 : επιλογή τρόπου πλήρωσης της δεξαμενής

Παράμετροι 2

```
HB PLYSHS: F2
HB FILTROY: F3
HB EPIL KLAD: F4
HB FILT GEO: F5
HB FILT EYD: F6
```

hb plyshs : ηλεκτροβάννα πλύσης (F2)
hb filtroy : ηλεκτροβάννα φίλτρου (F3)
hb epil klad : ηλεκτροβάννα επιλογής TPAM / Δήμου (F4)
hb filt geo : ηλεκτροβάννα φίλτρου της γεώτρησης (F5)
hb filt eyd : ηλεκτροβάννα φίλτρου της ΕΥΔΑΠ (F6)

Παράμετροι 3

```
HB TROF EYD: F2
```

hb trof eyd : ηλεκτροβάννα τροφοδοσίας της ΕΥΔΑΠ (F2)

Alarms

```
MM/DD/YY 1H:MM:SS PM PUMP1
DAMAGE
MM/DD/YY 1H:MM:SS PM PUMP2
DAMAGE
MM/DD/YY 1H:MM:SS PM PUMP3
DAMAGE
```

Στην οθόνη αυτή εμφανίζονται όλα τα σήματα συναγερμού (βλάβες), με την αντίστοιχη ημερομηνία και ώρα που έλαβαν χώρα.

8

Ηλεκτρολογικός εξοπλισμός

8.1 Προγραμματιζόμενος λογικός ελεγκτής (PLC)

Allen-Bradley Micrologix 1500



8.1.1 Βασική μονάδα

Allen-Bradley 1764-28BXB

- Τάση εισόδου 20,4 - 30V DC
- Αριθμός εισόδων : 16.
- Αριθμός εξόδων : 12.
- Τύπος κυκλώματος εισόδου: 24V DC sink / source
- Τύπος κυκλώματος εξόδου: 6 Relay , 6 FET transistor.
- Θερμοκρασία λειτουργίας 0 – 55°C (χωρίς κλιματισμό).
- Συχνότητα λειτουργίας εισόδων : 0 Hz έως 20 KHz.
- Σχετική υγρασία 5% έως 95%

8.1.2 Κεντρική μονάδα επεξεργασίας (CPU)

Allen-Bradley 1764-LRP

- CPU με εσωτερικό / εξωτερικό δίαυλο επεξεργασίας 32 bit.
- Δύο θύρες RS-232.
- Συνολική μνήμη 104 Kbytes.
- Δυνατότητα καταγραφής δεδομένων έως 48K bytes.
- Δυνατότητα αποθήκευσης δεδομένων σε μνήμη ανεξάρτητη από αυτή του επεξεργαστή.
- Τα προγράμματα λειτουργίας μπορούν να αποθηκευτούν σε μνήμη RAM, EPROM είτε Flash EPROM.
- Ο χρόνος επεξεργασίας των 1000 εντολών είναι μικρότερος του 1ms, με bit execution μικρότερο από 0.5μs.

8.1.3 Κάρτες Ψηφιακών Εισόδων

Allen-Bradley 1769-IQ16

- Αριθμός εισόδων : 16
- Είσοδοι PNP και NPN
- Περιοχή τάσης στα 24 V DC.
- Τάση λειτουργίας κυκλώματος εισόδου :
 - ο 10 έως 30 V DC στους 30°C
 - ο 10 έως 26.4 V DC στους 55°C

8.1.4 Κάρτες Ψηφιακών Εξόδων

Allen-Bradley 1769-OW8

- Αριθμός εξόδων: 8
- Έξοδοι τύπου ρελέ
- Περιοχή τάσης εξόδου 5 έως 265V AC και 5 έως 125V DC
- Ρεύμα εξόδου 2.5A στα 240V AC και 2A στα 24V DC
- Τάση λειτουργίας κυκλώματος εισόδου :
 - ο 10 έως 30 V DC στους 30°C
 - ο 10 έως 26.4 V DC στους 55°C

8.1.5 Κάρτα Αναλογικών Εισόδων

Allen-Bradley 1769-IF4

- Αριθμός εισόδων : 4
- Περιοχή ρεύματος 0-20mA και 4-20mA.
- Περιοχή τάσης -10...+10 V DC, 0...+10 V DC, 0... 5 V DC και 1...5 V DC
- Διακριτική ικανότητα (resolution) των εισόδων είναι 14 bits/plus sign με 50 ή 60 Hz φίλτρο επιλογής.
- Ακρίβεια 0.2%

- Επαναληψιμότητα 0.03%
- Ανίχνευση κομμένου καλωδίου και διάγνωση υπέρβασης άνω και κάτω ορίου μέτρησης
- Σύνθετη αντίσταση εισόδου: 200kΩ τάσης, 250Ω ρεύματος.

8.1.6 Κάρτα Αναλογικών Εξόδων

Allen-Bradley 1769-OF4

- Αριθμός εισόδων : 2
- Έξοδοι τάσης ή ρεύματος με περιοχές -10...+10 V DC, 0...+10 V DC, 0... 5 V DC, 1...5 V DC και 0...20mA, 4...20mA
- Ανάλυση 14bits
- Χρόνος μετατροπής για όλα τα κανάλια μαζί < 2.5msec
- Προστασία από βραχυκύκλωμα και υπέρταση
- Διάγνωση κομμένου καλωδίου και υψηλής αντίστασης φορτίου
- Ακρίβεια 0.35%
- Επαναληψιμότητα 0.05%

8.1.7 Συσκευή Επικοινωνίας

Allen-Bradley 1761-NET-AIC+

- Σύνδεση συσκευών μέσω RS-232 σε δίκτυο DH485.
- Δύο απομονωμένες RS-232 συνδέσεις (9-pin D-shell & 8-pin mini DIN).
- Μια σύνδεση RS-485 (6-pin Phoenix).
- Τροφοδοσία μέσω 8-pin mini DIN από ελεγκτή της MicroLogix ή εξωτερικού τροφοδοτικού.
- Συμβατότητα με τα υπάρχοντα δίκτυα SLC DH485 που χρησιμοποιούν 1747-AICs.
- Απομόνωση μεταξύ όλων των θυρών για ένα σταθερότερο δίκτυο και προστασία για τις συνδεδεμένες συσκευές.
- Διαγνωστικές λυχνίες (leds) για τη δραστηριότητα του δικτύου.

8.1.8 Ρολόι Πραγματικού Χρόνου & Επέκταση μνήμης (κάρτα EPROM)

Allen-Bradley 1764-MM2RTC

- Λειτουργία ρολογιού πραγματικού χρόνου (έτος, μήνα, ημερομηνία, ώρα, λεπτά και δευτερόλεπτα).
- EPROM για αποθήκευση του προγράμματος (backup).
- Αυτόματη φόρτωση προγράμματος στη RAM σε περίπτωση σφάλματος απώλειας μνήμης στην CPU.
- Προγραμματισμός μέσω του RSLogix500 χωρίς την απομάκρυνση της EPROM από τη CPU.
- Απεριόριστος επαναπρογραμματισμός.



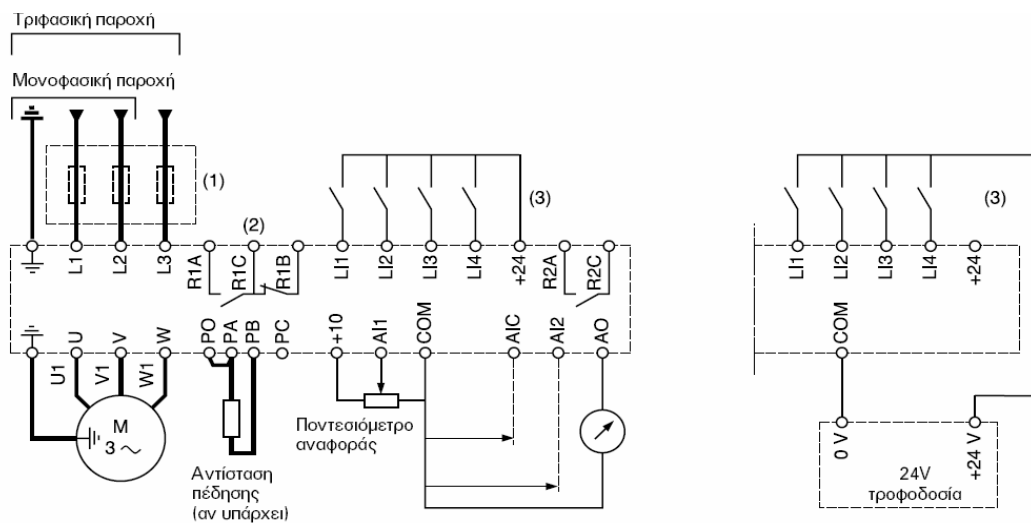
8.2 Ρυθμιστής στροφών (Inverter)



Ρυθμιστής στροφών για ασύγχρονους κινητήρες
Altivar 28 Telemecanique

8.2.1 Τεχνικά χαρακτηριστικά

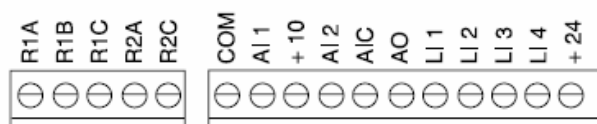
Το διάγραμμα καλωδίωσης σε περίπτωση εργοστασιακής ρύθμισης είναι το παρακάτω.



όπου:

- (1) φίλτρο γραμμής τροφοδοσίας, εάν χρησιμοποιείται (μονοφασικό ή τριφασικό)
- (2) επαφές ρελέ ένδειξης σφάλματος κατάστασης του ρυθμιστή
- (3) εσωτερική πηγή τροφοδοσίας 24V

Η διάταξη, οι προδιαγραφές και η χρησιμότητα των ακροδεκτών ελέγχου παρουσιάζονται παρακάτω.



- Μέγιστη διατομή αγωγού σύνδεσης:
1,5 mm² - AWG 16
- Μέγιστη ροπή σύσφιγξης:
0,5 Nm

Ακροδέκτης	Χρήση	Ηλεκτρικές προδιαγραφές
R1A R1B R1C	Ρελέ R1σφάλματος. Μεταγωγική επαφή “Κ/Α” με κοινό ακροδέκτη το R1C	Ελάχιστη ικανότητα διακοπής: • 10mA στα 5V συνεχές (DC) Μέγιστη ικανότητα διακοπής για επαγωγικό φορτίο (cosφ=0,4 και L/R=7ms): • 1,5A για 250V εναλλασσόμενο (AC) και συνεχές (DC)
R2A R2C	Προγραμματιζόμενο ρελέ R2. Επαφή ηρεμίας “Α”	
COM	Κοινός ακροδέκτης των I/O	
AI1	Αναλογική είσοδος τάσης	Αναλογική είσοδος 0 +10V • Εσωτερική αντίσταση 30kΩ • Ανάλυση 0,01V • Ακρίβεια ±4,3%, γραμμικότητα ±0,2%, της μέγιστη τιμής • Χρόνος δειγματοληψίας 4ms μέγιστος
+10	Παροχή ισχύος για ποτενσιόμετρο 1 μέχρι 10kΩ	+10V (+8%-0), 10mA μέγιστο, με προστασία έναντι βραχυκυκλώματος και υπερφόρτισης
AI2 AIC	Αναλογική είσοδος τάσης ή αναλογική είσοδος ρεύματος. Η χρήση των AI2 ή AIC καθορίζεται από το πρόγραμμα και μπορούν να χρησιμοποιούνται εναλλακτικά, αλλά όχι ταυτόχρονα	Αναλογική είσοδος 0÷10V, αντίσταση 30kΩ ή αναλογική είσοδος 0÷20mA, αντίσταση 450Ω. Ανάλυση, ακρίβεια και χρόνος δειγματοληψίας του AI2 ή AIC= AI1.
AO	Αναλογική έξοδος	Η έξοδος μπορεί να προγραμματισθεί από 0-20mA ή 4-20mA, με ακρίβεια ±6% της μέγιστης τιμής, μέγιστη αντίσταση φορτίου 800Ω.
LI1 LI2 LI3 LI4	Ψηφιακές εισοδοί	Προγραμματιζόμενες ψηφιακές εισοδοί • Παροχή +24V (μέγιστη 30V) • Αντίσταση 3,5kΩ • Κατάσταση 0 αν <5V, κατάσταση 1 αν >11V • Χρόνος δειγματοληψίας 4ms μέγιστος
+24	Τροφοδοτικό 24V για χρήση με τις ψηφιακές εισόδους	+24V με προστασία έναντι βραχυκυκλώματος και υπερφόρτισης. Ελάχιστη τάση εξόδου 19V, μέγιστη 30V. Μέγιστο διαθέσιμο ρεύμα 100mA

8.2.2 Βασικές λειτουργίες

Ρελέ ένδειξης σφάλματος

Το ρελέ ένδειξης σφάλματος ενεργοποιείται όταν ο ρυθμιστής στροφών είναι ενεργοποιημένος και δεν υπάρχει βλάβη. Έχει μια μεταγωγική επαφή A/K. Ο ρυθμιστής στροφών επανέρχεται σε κανονική λειτουργία μετά από σφάλμα, με τις εξής ενέργειες:

- ο Απενεργοποίηση του ρυθμιστή στροφών μέχρις ότου σβήσει η οθόνη και το κόκκινο ενδεικτικό LED και ξανά επανενεργοποίηση.
- ο Αυτόματα όταν έχει ενεργοποιηθεί η λειτουργία αυτόματης επανεκκίνησης.
- ο Με μια ψηφιακή είσοδο όταν αυτή προγραμματιστεί ως είσοδος επαναφοράς μετά από σφάλμα.

Θερμική προστασία ρυθμιστή στροφών

Θερμική προστασία με θερμίστορ τοποθετημένο στη ψήκτρα απαγωγής θερμότητας ή ενσωματωμένο στο στοιχείο ισχύος. Έμμεση προστασία του ρυθμιστή στροφών έναντι υπερφόρτισης με επιτήρηση ανώτατου ορίου ρεύματος. Τυπικά όρια διακοπής:

- ο Ρεύμα κινητήρα ίσο με το 185% του ονομαστικού ρεύματος του ρυθμιστή στροφών: 2sec.
- ο Ρεύμα κινητήρα ίσο το με μέγιστο μεταβατικό ρεύμα του ρυθμιστή στροφών: 60sec.

Εξαιρισμός ρυθμιστή στροφών

Ο ανεμιστήρας ξεκινάει αυτόματα όταν ο ρυθμιστής στροφών βρίσκεται σε κίνηση (φορά λειτουργίας + αναφορά). Τίθεται εκτός λειτουργίας σε λίγα δευτερόλεπτα μετά από στάση του ρυθμιστή (ταχύτητα κινητήρα < 0,5 Hz και ολοκλήρωση πέδησης έγχυσης).

Θερμική προστασία κινητήρα

Θερμική προστασία με υπολογισμό του I^2t .

8.2.3 Διαμορφώσιμες εφαρμογές I/O

Εφαρμογές ψηφιακών εισόδων

Φορά περιστροφής: κανονική /ανάστροφη

Η ανάστροφη περιστροφή μπορεί να απενεργοποιηθεί για εφαρμογές που απαιτούν μία μονό φορά περιστροφής του κινητήρα.

Έλεγχος 2-καλωδίων:

Η κίνηση (κανονική ή ανάστροφη) και η στάση ελέγχονται από την ίδια ψηφιακή είσοδο, για την οποία λαμβάνεται υπόψη η κατάσταση '1' (κίνηση) και '0' (στάση).

Κατά την ενεργοποίηση ή τη χειροκίνητη επαναφορά (reset) μετά από σφάλμα ή εντολή στάσης, ο κινητήρας μπορεί να ξεκινήσει μόνο όταν έχει επαναφορά των εντολών “forward” (κανονική), “reverse” (αντίστροφη) και “DC injection stop” (στάση έγχυσης με συνεχές ρεύμα). Αν έχει ρυθμιστεί η λειτουργία αυτόματης επανεκκίνησης (παράμετρος Atr στο menu drC), αυτές οι εντολές λαμβάνονται υπόψη χωρίς να είναι αναγκαία η επαναφορά τους.

Έλεγχος 3-καλωδίων:

Η κίνηση (κανονική ή ανάστροφη) και η στάση ελέγχονται από δύο διαφορετικές ψηφιακές εισόδους. Η LI1 αντιστοιχεί πάντοτε στη λειτουργία στάσης. Η στάση γίνεται με το άνοιγμα (κατάσταση 0). Ο παλμός στην είσοδο κίνησης αποθηκεύεται στη μνήμη μέχρι να ανοίξει η είσοδος στάσης.

Κατά την ενεργοποίηση ή τη χειροκίνητη επαναφορά (reset) μετά από σφάλμα ή εντολή στάσης, ο κινητήρας μπορεί να τροφοδοτηθεί μόνο όταν έχει γίνει επαναφορά (reset) στις εντολές “forward” (κανονική), “reverse” (αντίστροφη) και “DC injection stop” (στάση έγχυσης με συνεχές ρεύμα).

Εναλλαγή ράμπας:

1^η ράμπα: ACC, DEC, 2^η ράμπα: AC2, DE2. Η εναλλαγή μπορεί να πραγματοποιηθεί με δύο τρόπους:

- ο Με ενεργοποίηση μιας ψηφιακής εισόδου LIx ή με ανίχνευση ενός προκαθορισμένου ορίου συχνότητας Frt.

Λειτουργία βήμα προς βήμα (JOG):

Εντολή για λειτουργία χαμηλών στροφών. Αν η επαφή JOG είναι κλειστή και μετά κλείσει η επαφή που καθορίζει τη φορά περιστροφής, η ράμπα είναι 0,1 sec ανεξάρτητα από τις ρυθμίσεις ACC, dEC, AC2 και dE2. Αν η επαφή που καθορίζει τη φορά περιστροφής είναι κλειστή και μετά κλείσει η επαφή JOG, τότε χρησιμοποιούνται οι ρυθμισμένες ράμπες.

Ο ελάχιστος χρόνος μεταξύ δύο εντολών JOG είναι 0,5 sec. Παράμετρος που βρίσκεται στο menu ρυθμίσεις:

- ο Ταχύτητα JOG.

Ελεύθερη στάση

Σταματάει τον κινητήρα μόνο σε περίπτωση ανθιστάμενης ροπής. Η τροφοδοσία του κινητήρα διακόπτεται. Η ελεύθερη στάση πραγματοποιείται όταν ανοίξει η ψηφιακή είσοδος που έχει αντιστοιχιστεί σε αυτή τη λειτουργία (κατάσταση 0).

Στάση με έγχυση συνεχούς ρεύματος

Αυτή μπορεί να ενεργοποιηθεί με 2 τρόπους:

- ο Με ενεργοποίηση μιας ψηφιακής εισόδου που έχει αντιστοιχιστεί σε αυτή τη λειτουργία (κατάσταση 1)
- ο Αυτόματα αν η συχνότητα είναι μικρότερη από 0,5 Hz.

Γρήγορη στάση:

Στάση με πέδηση, με το χρόνο επιβράδυνσης ράμπας ρεύματος διαιρούμενο με το 4, εντός των όποιων δυνατοτήτων πέδησης. Η γρήγορη στάση πραγματοποιείται όταν ανοίξει η ψηφιακή είσοδος που έχει αντιστοιχιστεί σε αυτή τη λειτουργία (κατάσταση 0).

Επαναφορά σε περίπτωση σφάλματος:

Διαγράφει το σφάλμα που έχει αποθηκευτεί στη μνήμη και επαναφέρει το ρυθμιστή στροφών, αν η αιτία του σφάλματος έχει εξαλειφθεί, εκτός από το σφάλμα OCF (υπέρβαση ρεύματος), SCF (βραχυκύκλωμα ρεύματος), EEF και InF (εσωτερικές βλάβες), που απαιτούν να τεθεί εκτός λειτουργίας ο ρυθμιστής στροφών. Το σφάλμα διαγράφεται όταν η ψηφιακή είσοδος που έχει αντιστοιχιστεί σε αυτή τη λειτουργία αλλάξει από 0 σε 1.

Εξαναγκασμένος τοπικός έλεγχος όταν χρησιμοποιείται η σειριακή σύνδεση:

Αλλάζει από απομακρυσμένο έλεγχο (μέσω σειριακής σύνδεσης) σε τοπικό έλεγχο (μέσω των τοπικών εισόδων).

Εφαρμογές αναλογικής εισόδου

Η είσοδος AI1 είναι πάντοτε αναφορά. Η αντιστοίχιση των AI2 και AIC είναι 0-10V και 0-20mA αντίστοιχα.

Αθροιση των ταχυτήτων αναφοράς: η συχνότητα αναφοράς από τις AI2/AIC μπορεί να αθροιστεί με την AI1.

Ελεγκτής PI: επιτρέπει σε ένα αισθητήριο να συνδεθεί ώστε να ενεργοποιήσει τον ελεγκτή PI. Η αναφορά είναι η είσοδος AI1 ή η εσωτερική αναφορά rPI που μπορεί να ρυθμιστεί με το πληκτρολόγιο του ATV-28. Οι παράμετροι που μπορούν να ρυθμιστούν είναι η αναλογική ενίσχυση ελεγκτή (rPG), η ενίσχυση ολοκληρώματος ρυθμιστή (rIG), ο συντελεστής πολλαπλασιασμού ανάδρασης (FbS) και η αντιστροφή της φοράς διόρθωσης (PIC).

"Χειροκίνητη – Αυτόματη" λειτουργία με το PI: η λειτουργία αυτή συνδυάζει τον ελεγκτή PI και την εναλλαγή αναφοράς με μια ψηφιακή είσοδο. Η ταχύτητα αναφοράς δίνεται από την AI1 ή με τη λειτουργία PI, ανάλογα με τη κατάσταση της ψηφιακής εισόδου.

Εφαρμογές ρελέ R2

Επίτευξη ορίου συχνότητας (FIA): η επαφή του ρελέ κλείνει όταν η συχνότητα του κινητήρα είναι μεγαλύτερη ή ίση από το όριο συχνότητας που ρυθμίζεται με το Ftd στο menu ρύθμισης.

Επίτευξη στροφών αναφοράς (SrA): η επαφή του ρελέ κλείνει όταν η συχνότητα του κινητήρα είναι μεγαλύτερη ή ίση από τη τιμή των στροφών αναφοράς.

Επίτευξη ορίου ρεύματος (CtA): η επαφή του ρελέ κλείνει όταν το ρεύμα του κινητήρα είναι μεγαλύτερο ή ίσο από το όριο ρεύματος που ρυθμίζεται από το Ctd στο menu ρύθμισης.

Επίτευξη θερμικής κατάστασης (tSA): η επαφή του ρελέ κλείνει όταν η θερμική κατάσταση του κινητήρα είναι μεγαλύτερη ή ίση από το όριο θερμότητας που ρυθμίζεται με το ttd στο menu ρύθμισης.

Εφαρμογές αναλογικής εξόδου

Η αναλογική έξοδος ΑΟ είναι μια έξοδος ρεύματος, που μπορεί να ρυθμιστεί ως 0-20mA ή 4-20mA.

Ρεύμα κινητήρα (κωδικός OCr): αντικατοπτρίζει το rms ρεύμα του κινητήρα. Τα 20mA αντιστοιχούν στο διπλάσιο του ονομαστικού θερμικού ρεύματος του κινητήρα Ith.

Συχνότητα κινητήρα (κωδικός rFr): παρέχει τη συχνότητα του κινητήρα που υπολογίζεται από το ρυθμιστή των στροφών. Τα 20mA αντιστοιχούν στη μέγιστη συχνότητα (παράμετρος tFr).

Ροπή κινητήρα (κωδικός OLO): αντικατοπτρίζει την απόλυτη τιμή της ροπής του κινητήρα. Τα 20mA αντιστοιχούν στο διπλάσιο της ονομαστικής ροπής του κινητήρα (τυπική τιμή).

Ισχύς (κωδικός OPr): αντικατοπτρίζει την ισχύ που παρέχεται στον κινητήρα από το ρυθμιστή στροφών. Τα 20mA αντιστοιχούν στο διπλάσιο της ονομαστικής ισχύος του ρυθμιστή των στροφών.

8.3 Εκκινητής (Soft Starter)

Danfoss MCD 3000

Το Danfoss MCD 3000 Soft Starter είναι προηγμένο και ολοκληρωμένο ηλεκτρονικό σύστημα εκκίνησης κινητήρων.

Εκτελεί τέσσερις κύριες λειτουργίες:

1. Έλεγχος εκκίνησης – start control.
2. Έλεγχος παύσης – stop control, συμπεριλαμβανομένων soft stop (παρατεταμένος χρόνος παύσης) και braking (μειωμένος χρόνος παύσης).
3. Ηλεκτρονική προστασία του κινητήρα-electronic motor protection.
4. Monitoring και διασυνδετική διάταξη – system interface.



Ένας μετασχηματιστής εντάσεως μετρά συνεχώς τη τιμή του ρεύματος, παρέχει τη απαραίτητη ανάδραση (feedback) για τον έλεγχο της τάσεως εξόδου και για άλλες πολυάριθμες λειτουργίες προστασίας του κινητήρα. Ο προγραμματισμός γίνεται εύκολος με τη χρήση της οθόνης και του πληκτρολογίου που υπάρχουν στη πρόσοψη της συσκευής. Το πληκτρολόγιο περιλαμβάνει start, stop και reset μπουτόν. Το Danfoss MCD 3000 Soft Starter έχει εύρος ισχύος 7.5-800kW και τάση λειτουργίας 200 – 690VAC.

8.4 Αισθητήρια Μετρήσεων

8.4.1 Μεταδότης πίεσης

STS ATM

Τυπικές εφαρμογές STS ATM

- Εγκαταστάσεις μηχανμάτων.
- Βιομηχανική διαδικασία ελέγχου.
- Θέρμανση και ψύξη.
- Παρακολούθηση περιβάλλοντος.
- Βιομηχανία τροφίμων.
- Δοκιμή και βαθμονόμηση συστημάτων.



Χαρακτηριστικά

- ο Συμπαγής και γερή κατασκευή από ανοξείδωτο ατσάλι 1.4435 (316L).
- ο Πιεζοστατικό στοιχείο μέτρησης.
- ο Ενδεικτική, απόλυτη.
- ο Standard DIN κλίμακα μέτρησης πίεσης από 0.100 mbar έως 0.25 bar.
- ο Διαθέσιμη βαθμονόμηση για όλες τις κοινές μονάδες πίεσης.
- ο Σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή οδηγία EMC 89/336/EEC.
- ο Υψηλή αξιοπιστία.
- ο Προσαρμοσμένη έκδοση για αρθρωτή συναρμολόγηση.
- ο Προστασία από αντίστροφη πολικότητα και βραχυκύκλωμα.
- ο Θερμοκρασία μέσου μέχρι 150 °C.
- ο Αντικεραυνική προστασία σύμφωνα με το πρότυπο EN 61000-4-5.

8.4.2 Μεταδότης πίεσης για μέτρηση στάθμης

STS ATM/N

Τυπικές εφαρμογές

- Μέτρηση βάθους και στάθμης σε :
- Φρεάτια.
 - Γεωτρήσεις.
 - Λύματα.
 - Δεξαμενές.
 - Λίμνες, ποτάμια.
 - Εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων.



Χαρακτηριστικά

- ο Συμπαγής και γερή κατασκευή από ανοξείδωτο ατσάλι 1.4435 (316L).
- ο Πιεζοστατικό στοιχείο μέτρησης.
- ο Ενδεικτική, απόλυτη.
- ο Standard DIN κλίμακα μέτρησης πίεσης από 0.100 mbar έως 0.25 bar.
- ο Διαθέσιμη βαθμονόμηση για όλες τις κοινές μονάδες πίεσης mH₂O, mWG, mWC κ.τ.λ.
- ο Σύμφωνα με την EMC οδηγία EN 61000.
- ο Υψηλή αξιοπιστία.

- ο Μικρός χρόνος παράδοσης.
- ο Προσαρμοσμένη έκδοση για αρθρωτή συναρμολόγηση.
- ο Διαθέσιμο με καλώδιο από PE, PUR ή Teflon.
- ο Προστασία από αντίστροφη πολικότητα και βραχυκύκλωμα.
- ο Αντικεραυνική προστασία σύμφωνα με το πρότυπο EN 61000-4-5.
- ο Μέτρηση θερμοκρασίας με το στοιχείο Pt 100.

9

Βιβλιογραφία

- [Κορ01] Γεώργιος Κορρές, “Στοιχεία Συστημάτων SCADA”, Εκδόσεις Ε.Μ.Π., Αθήνα 2001
- [ΜΚ01] Στέφανος Μανιάς, Αθανάσιος Καλετσάνος, “Βιομηχανικά Ηλεκτρονικά”, Εκδόσεις Συμεών, Αθήνα 2001
- [Παν95] Νικόλαου Α. Πανταζή, “Σύγχρονοι Βιομηχανικοί Αυτοματισμοί”, τόμος Α – Ηλεκτρολογικό σχέδιο & PLC, Ελληνικές Τεχνολογικές Εκδόσεις, 1995
- [Φωτ96] Νίκου Φωτιάδη, “ Έλεγχοι με Προγραμματιζόμενη Μνήμη”, Εκδόσεις “ΙΩΝ”, 1996
- [Μαρ00] Νικόλαος Μαραντίδης, “Αυτοματισμός με SIMATIC S7”, SIEMENS, Αθήνα 2000
- [RS00] Getting Results Guide (Doc ID 9399-RLD300GR-AUG00), "RSLogix 5000 – Configuration and Programming for the Logix5000™ Family of Controllers", available at <http://www.software.rockwell.com>
- [SO06] MicroLogix Selector Guide (Publication number 1764-SO001A-U-P December 2006), " MicroLogix 1500 System Overview ", available at <http://www.ab.com/micrologix>

- [BU02] Installation Instructions (Publication number 1764-5.1 November 2002), " MicroLogix™ 1500 Programmable Controller Base Units ", available at <http://www.theautomationbookstore.com>
- [WG05] WinCC Guide (Doc ID 5673-G4F4), " Simatic HMI WinCC v6.0 ", available at <http://www.siemens.de/automation/>, Copyright Siemens AG 2005