

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Τ.Ε

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ 1355

**ΜΕΛΕΤΗ ΑΝΤΛΙΟΣΤΑΣΙΟΥ
ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΠΟΣΙΜΟΥ ΝΕΡΟΥ**

ΜΙΧΑΛΗΣ ΒΟΥΚΕΛΑΤΟΣ

ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ ΡΟΥΣΣΟΣ

ΕΥΑΓΓΕΛΟΣ ΜΙΜΟΣ

ΠΑΤΡΑ 2014

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Στη πτυχιακή αυτή θα μελετηθεί η κατασκευή ενός αντλιοστασίου με τρία αντλητικά συγκροτήματα για τη μεταφορά πόσιμου νερού μέσω καταθλιπτικών αγωγών σε δεξαμενή βαρύτητας (δηλ. με φυσική ροή) οικισμού, με δεδομένα την υψομετρική διαφορά αντλιοστασίου- δεξαμενής και της αναγκαίας παροχής. Ακόμη θα γίνει αναφορά στη λειτουργία του ηλεκτρικού πίνακα και των στοιχείων που τον αποτελούν, τέλος θα κατασκευαστεί ο ηλεκτρικός πίνακας τροφοδοσίας των αντλίων.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της πτυχιακής εργασίας είναι η μελέτη ενός αντλιοστασίου με τρία αντλητικά συγκροτήματα για την μεταφορά πόσιμου νερού μέσω καταθλιπτικών αγωγών σε δεξαμενή βαρύτητας (δηλ. με φυσική ροή) οικισμού, με δεδομένα την υψομετρική διαφορά αντλιοστασίου-δεξαμενής και της αναγκαίας παροχής. Ποιο συγκεκριμένα αναλύεται διεξοδικά η λειτουργία του ηλεκτρικού πίνακα του αντλιοστασίου και των στοιχείων που τον αποτελούν. Τέλος κατασκευάζεται ο ηλεκτρικός πίνακας τροφοδοσίας των αντλίων.

Αρχικά το Κεφάλαιο 1 αναφέρεται στην υδραυλική εγκατάσταση. Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται αναφορά στην υδραυλική ορολογία καθώς και στο κτίριο του αντλιοστασίου αλλά και στον υδραυλικό εξοπλισμό που το αποτελεί. Στη συνέχεια υπάρχει εκτενής αναφορά στις αντλίες που χρησιμοποιούνται για την άντληση πόσιμου νερού και στους ηλεκτροκινητήρες που τις αποτελούν. Στους ηλεκτροκινητήρες περιγράφονται τα είδη των ασύγχρονων 3Φ κινητήρων, τα κατασκευαστικά στοιχεία. Γίνεται αναφορά στα πολικά και φασικά μεγέθη, στο στρεφόμενο μαγνητικό πεδίο και στην αρχή λειτουργίας του 3Φ ασύγχρονου κινητήρα. Στο τέλος του κεφαλαίου αυτού υπάρχει ο υπολογισμός της υδραυλικής εγκατάστασης.

Στο Κεφάλαιο 2 γίνεται η περιγραφή του εξοπλισμού του κύριου κυκλώματος, όπου γίνεται αναφορά στα μέρη που αποτελούν τον ηλεκτρονόμο και στη λειτουργία του. Επίσης αναφέρονται οι βοηθητικές επαφές των ηλεκτρονόμων, καθώς και το θερμικό και το θερμομαγνητικό στοιχείο με την επιμέρους περιγραφή της λειτουργίας τους. Ακόμη γίνεται αναφορά στους μικροαυτόματους διακόπτες, τον επιτηρητή ασυμμετρίας 3 φάσεων και περιγράφει και αναλύει τους αγωγούς, τα μονωτικά των καλωδίων, το χρώμα της μόνωσης, τη μηχανική τους καταπόνηση αλλά και στην επιλογή της διατομής των αγωγών και της ασφάλειας από την επιτρεπόμενη ένταση του αγωγού. Στη συνέχεια γίνεται περιγραφή των υλικών που αποτελούν το βοηθητικό κύκλωμα. Γίνεται αναφορά στα χρονικά και στον τρόπο που αυτά λειτουργούν, στον επιτηρητή στάθμης και στον επιτηρητή φλοτέρ δεξαμενής και στο ρόλο που έχουν στην προστασία του αντλιτικού συγκροτήματος. Στο τέλος αυτού του κεφαλαίου δίδεται ο υπολογισμός της ηλεκτρικής εγκατάστασης.

Στο Κεφάλαιο 3 γίνεται εισαγωγή στους προγραμματιζόμενους λογικούς ελεγκτές αναφέροντας τα πλεονεκτήματα του PLC σε σύγκριση με τον κλασικό αυτοματισμό και περιγραφή της εσωτερικής δομής του PLC. Επίσης περιγράφονται οι μνήμες του PLC και ο σχεδιασμός τους. Στη συνέχεια γίνεται αναφορά στον τρόπο της εξωτερικής σύνδεσης αλλά και την εσωτερική λειτουργία του PLC καθώς και τις γλώσσες προγραμματισμού. Τέλος γίνεται αναφορά στις λοιπές λειτουργίες και στοιχεία του PLC όπως είναι οι εσωτερικές εξόδους, οι χρονιστές, η λειτουργία Flip-Flop, οι απαριθμητές, η λειτουργία μιας κρούσης (one shot), η διαχείριση αρχείων και τις μαθηματικές εντολές. Στο τέλος αυτού του κεφαλαίου υπάρχει το πρόγραμμα για τη λειτουργία του πίνακα μέσω του PLC.

Στο Κεφάλαιο 4 υπάρχουν τα σχέδια του ηλεκτρικού πίνακα του αντλιοστασίου, στο Κεφάλαιο 5 δείχνεται η διαδικασία κατασκευής του πίνακα καθώς και τα υλικά που τον αποτελούν, τέλος στο κεφάλαιο 6 δίδονται τα συμπεράσματα.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Πρόλογος.....	2
Περίληψη	3
Περιεχόμενα.....	4
Εισαγωγή.....	7
<u>Κεφάλαιο 1: Υδραυλική Εγκατάσταση.....</u>	<u>8</u>
1.1. Υδραυλική Ορολογία.....	10
1.2. Ορισμός Αντλιοστασίου.....	11
1.2.1. Κτίριο Αντλιοστασίου.....	11
1.3. Υδραυλικός Εξοπλισμός.....	12
1.3.1. Ταξινόμηση Αντλιών.....	12
1.3.2. Φυγοκεντρικές Αντλίες.....	12
i. Ακτινικής Ροής.....	13
ii. Αξονικής Ροής.....	13
iii. Μικτής Ροής.....	14
1.3.3. Θετικής Μετατόπισης.....	15
i. Παλινδρομικές.....	15
ii. Περιστροφικές.....	16
iii. Πιεστικού Θαλάμου.....	17
1.3.4. Περιγραφή Αντλίας.....	18
1.3.5. Προβλήματα στις Αντλίες.....	21
i. Σπλαιώση.....	21
ii. Υδραυλικό Πλήγμα.....	21
iii. Ανάκρουση.....	22
1.4. Ηλεκτροκινητήρας Αντλίας.....	23
1.4.1. Είδη Ασύγχρονων 3Φ Κινητήρων.....	23
1.4.2. Κατασκευαστικά Στοιχεία.....	24
1.4.3. Τριφασικό Ρεύμα.....	24
1.4.4. Πολικά-Φασικά Μεγέθη.....	25
1.4.5. Στρεφόμενο Μαγνητικό Πεδίο.....	27
1.4.6. Αρχή Λειτουργίας 3Φ Ασύγχρονου Κινητήρα.....	28
1.5. Υπολογισμός Υδραυλικής Εγκατάστασης.....	29
<u>Κεφάλαιο 2: Ηλεκτρική Εγκατάσταση.....</u>	<u>32</u>
2.1. Περιγραφή Εξοπλισμού Κύριου Κυκλώματος.....	32
2.1.1. Ηλεκτρονόμοι (Ρελέ).....	32
i. Πηνίο.....	33
ii. Μαγνήτης.....	33
iii. Οπλισμός.....	33
iv. Κινούμενες Επαφές.....	33

v. Σταθερές Επαφές.....	33
2.1.2. Βοηθητικές Επαφές.....	34
i. Επαφές Εργασίας S ή N.O (Normally Open).....	34
ii. Επαφές Ηρεμίας O ή N.C (Normally Closed).....	35
iii. Πρόωρες Επαφές Εργασίας (Early N.O).....	35
iv. Επαφές Ηρεμίας με Καθυστέρηση (Late N.C).....	35
v. Μεταγωγικές Επαφές.....	35
vi. Επαφές με Επικάλυψη.....	35
2.1.3. Θερμικό και Θερμομαγνητικό.....	36
i. Περιγραφή Λειτουργίας Θερμικού.....	36
ii. Περιγραφή Θερμομαγνητικού.....	38
2.1.4. Μικροαυτόματοι Διακόπτες.....	38
2.1.5. Επιτηρητής Ασυμμετρίας Φάσεων.....	40
2.1.6. Καλώδια.....	41
i. Αγωγοί Καλωδίων.....	41
ii. Μονωτικά Καλωδίων.....	42
iii. Χρώμα Μόνωσης.....	42
iv. Μηχανική Καταπόνηση των Καλωδίων.....	43
v. Επιλογή Διατομής Αγωγών και Ασφάλειας.....	44
2.2. Περιγραφή Εξοπλισμού Βοηθητικού Κυκλώματος.....	45
2.2.1. Χρονικά.....	45
2.2.2. Επιτηρητής Στάθμης.....	46
2.2.3. Επιτηρητής Φλοτέρ Δεξαμενής.....	47
2.3. Υπολογισμός Ηλεκτρικής Εγκατάστασης.....	48
Κεφάλαιο 3: Προγραμματισμός Λογικού Ελεγκτή.....	53
3.1. Εισαγωγή στους Προγραμματιζόμενους Λογικούς Ελεγκτές.....	53
3.2. Πλεονεκτήματα PLC Συγκριτικά με τον Κλασικό Αυτοματισμό.....	53
3.3. Εσωτερική Δομή Προγραμματιζόμενων Λογικών Ελεγκτών.....	54
i. Μονάδα Εισόδου.....	54
ii. Μονάδα Εξόδου.....	55
iii. Μονάδα Ελέγχου.....	55
iv. Μονάδα Επικοινωνίας.....	55
v. Μνήμες.....	56
vi. Μη Πτητικές Μνήμες.....	56
vii. Πτητικές Μνήμες.....	57
3.4. Σχεδιασμός Μνήμης.....	57
3.5. Μηχανική Σχεδίαση.....	58
i. Μη Επεκτάσιμοι Ελεγκτές.....	58
ii. Επεκτάσιμοι Ελεγκτές.....	58
3.6. Εξωτερικές Συνδέσεις.....	60
3.7. Εσωτερική Λειτουργία Προγραμματιζόμενου Λογικού Ελεγκτή.....	61
3.8. Γλώσσες Προγραμματισμού.....	63
i. Μη Γραφικές.....	63
ii. Λίστα Εντολών.....	63
iii. Γλώσσα Δομημένου Κειμένου.....	64
iv. Γραφικές.....	64
v. Σχέδιο Επαφών.....	64
vi. Διάγραμμα Λογικών Πυλών.....	65

vii. Διάγραμμα Διαδοχικών Λειτουργιών.....	65
3.9. Λειτουργίες και Στοιχεία των PLC.....	67
i. Εσωτερικές Έξοδοι.....	67
ii. Χρονιστές.....	67
iii. Flip-Flap.....	67
iv. Απαριθμητές.....	67
v. Λειτουργία μίας Κρούσης (One Shot).....	68
vi. Διαχείριση Αρχείων.....	68
vii. Μαθηματικές Εντολές.....	68
3.10. Πρόγραμμα με τη Λειτουργία της Εγκατάστασης.....	69
i. Επεξήγηση Προγράμματος.....	76
ii. Υπόμνημα Συμβόλων.....	79
<u>Κεφάλαιο 4: Σχέδια της Εγκατάστασης.....</u>	<u>80</u>
4.1. Κάτοψη της Εγκατάστασης.....	80
4.2. Μονογραμμικά Σχέδια του Πίνακα.....	81
i. Κύκλωμα Ισχύος.....	81
ii. Βοηθητικό Κύκλωμα με τις Προστασίες.....	83
iii. Βοηθητικό Κύκλωμα με τις Εισόδους Του PLC.....	84
iv. Βοηθητικό Κύκλωμα με τις Εξόδους Του PLC.....	86
v. Κύκλωμα Χειροκίνητης Λειτουργιάς.....	88
<u>Κεφάλαιο 5: Κατασκευή του Πίνακα</u>	<u>89</u>
5.1. Υπόμνημα Υλικών.....	89
5.2. Φωτογραφίες κατά τη Κατασκευή.....	91
<u>Κεφάλαιο 6: Συμπεράσματα.....</u>	<u>101</u>
<u>Βιβλιογραφία.....</u>	<u>102</u>

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το νερό αποτελούσε πάντοτε την αναγκαία προϋπόθεση για κάθε ανθρώπινη δραστηριότητα. Η παρουσία του νερού αποτελούσε το πιο σημαντικό κριτήριο για την επιλογή ενός τόπου ως μόνιμη κατοικία. Πηγές, χείμαρροι, ποτάμια και λίμνες συνέθεταν τα στοιχεία εκείνα που επηρέαζαν την επιλογή της θέσης ενός οικισμού, καθώς τον οριοθετούσαν, εξασφάλιζαν την ύδρευσή του και την άρδευση των καλλιεργήσιμων εκτάσεών του. Κάθε οργανωμένη κοινότητα αποσκοπούσε στη σωστή και συνετή διαχείρισή των υδάτινων πόρων. Η ύδρευση θεωρούνταν από τις κυριότερες υποδομές των οργανωμένων πόλεων και η εξασφάλιση ικανών ποσοτήτων νερού για τις καθημερινές ανάγκες αποτυπώνονται τόσο σε πλήθος ανασκαφικών ευρημάτων όσο και σε γραπτές ιστορικές πηγές.

Τα υδροληπτικά έργα που χρησιμοποιήθηκαν για να καλύψουν τις ανάγκες ύδρευσης ποικίλουν ανάλογα με το μέρος, τις τοπικές συνθήκες και τις χρονολογικές περιόδους.

Τα πηγάδια αποτελούσαν τις κύριες κατασκευές άντλησης και αποθήκευσης νερού στις περιπτώσεις που δεν εξασφαλιζόταν η μεταφορά του από κοντινή πηγή. Ωστόσο, η χρήση τους ήταν συχνή ακόμα και στις περιπτώσεις που υπήρχαν οργανωμένα δίκτυα παροχής. Αυτό μαρτυρά και ο μεγάλος αριθμός πηγαδιών που ανακαλύφθηκαν σε ολόκληρο τον ελλαδικό χώρο. Η διάνοιξη τους γινόταν χειρωνακτικά έως την εύρεση υπόγειας υδάτινης στάθμης, και στη συνέχεια φρόντιζαν για τη διαμόρφωση των τοιχωμάτων και του στομίου τους, ώστε να εξασφαλίσει την ευκολότερη και ασφαλέστερη λήψη του νερού. Η διάμετρος τους κυμαίνονταν από 0.5μ. έως 2μ. και το βάθος τους από 3μ. μέχρι 30μ.

Οι δεξαμενές συλλογής και αποθήκευσης νερών αποτέλεσαν τον δεύτερο τρόπο εξασφάλισης νερού μετά τα πηγάδια. Χρησιμοποιήθηκαν ως υδάτινες αποθήκες στις περιπτώσεις που η ροή νερού δεν ήταν συνεχείς και εξασφαλισμένη. Το νερό είτε μεταφέρονταν από πηγές είτε συλλέγονταν από τη βροχή (ομβριοσυλλέκτες) ενώ η στεγανότητά τους ήταν το κυριότερο ζητούμενο στην κατασκευή τους. Υπήρχαν δίχωρες και τρίχωρες δεξαμενές που πλεονεκτούσαν σε σχέση με τις μονόχωρες, καθώς το νερό με τη μεταπήδηση από τον ένα χώρο στον άλλο διυλίζεται βελτιώνοντας την ποιότητά του. Στις περιπτώσεις μονόχωρων ομβροσυλλεκτών υπήρχε σημείο καθίζησης της λάσπης για τον καθαρισμό τους ενώ συχνή ήταν και η ρίψη αλατιού για την βελτιστοποίησή του νερού επειδή η στασιμότητά του σε αυτές για μεγάλα χρονικά διαστήματα αλλοίωνε την ποιότητα.

Από τον 7ο αι. π.χ., επιχειρήθηκε και εξαπλώθηκε ταχύτατα η υδρομάστευση του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα μέσω μιας ή ενός δικτύου σηράγγων που διανοίγονταν ώστε να μεταφερθεί το νερό με φυσική κλίση από το εσωτερικό στην επιφάνεια της γης. Τα συστήματα υδρομάστευσης, ήταν ένα τεχνολογικό επίτευγμα ιδιαίτερης σημασίας που απαιτούσε ιδιαίτερες γεωλογικές γνώσεις και τεχνολογική εμπειρία. Αυτά τα συστήματα ύδρευσης είναι παγκοσμίως γνωστά ως Qanat και πρωτοεμφανίστηκαν στην Περσία και στην Αρμενία αλλά γρήγορα γνώρισαν μεγάλη εξάπλωση ενώ χρησιμοποιούνται ακόμα και σήμερα.

Όταν οι αρχαίοι οικισμοί άρχισαν να οργανώνονται σε επίπεδο πόλης η απλή γειτνίαση με υδροφόρες εστίες, ποταμούς, λίμνες ή πηγές, η διάνοιξη πηγαδιών και η κατασκευή δεξαμενών έπαψαν να επαρκούν. Η ανάγκη για δημιουργία δικτύων μεταφοράς και διανομής νερού κατέστη επιτακτική, ώστε να διασφαλιστεί η περαιτέρω ανάπτυξη των οργανωμένων

πόλεων. Η ανάγκη αυτή οδήγησε στην κατασκευή των πρώτων υδραγωγείων, δηλαδή δημόσιων έργων μεταφοράς νερού από μακρινές φυσικές πηγές ή υδρομαστεύσεις. Ο δημόσιος χαρακτήρας των υδραγωγείων αποτελούσε μία επιπλέον βασική διαφορά ανάμεσα σ' αυτά και τα πηγάδια ή τις δεξαμενές, που είχαν κυρίως ιδιωτική χρήση.

Για την μεταφορά του νερού χρησιμοποιήθηκαν πήλινοι καλοαρμοσμένοι κυλινδρικοί σωλήνες, που είτε ακολουθούσαν τις ισοϋψείς καμπύλες σε συνεχή υπόγεια αυλάκια είτε μέσα σε υπόγειες σήραγγες. Ένας ακόμα τρόπος για την ασφαλή μεταφορά νερού αποτέλεσε η «τεχνική της κοιλάδας» ή του «ανεστραμμένου σιφονίου» όπως ονομάζεται σήμερα. Η τεχνική αυτή εκμεταλλεύεται την υψομετρική διαφορά μεταξύ δύο σημείων ώστε να δημιουργηθεί μεγαλύτερη πίεση στο ένα άκρο και έτσι να θα προκληθεί η ροή του νερού προς αυτό. Η τεχνική εφαρμόστηκε στις περιπτώσεις που οι υδροσωληνώσεις έπρεπε να διασχίσουν εδαφικές βαθύνσεις όπως ρέματα και χαράδρες ενώ αποφευγόταν η αρκετά μακρύτερη και δαπανηρότερη φιδόσχημη πορεία των υδροσωληνώσεων.

Κατά τη Ρωμαϊκή εποχή η τέχνη του νερού έφθασε στο αποκορύφωμα της εφαρμογής της. Οι Ρωμαίοι εκμεταλλευόμενοι το γερό θεωρητικό υπόβαθρο των Ελλήνων, εμπλούτισαν την τέχνη του νερού με νέα τεχνικά επιτεύγματα και με περισσότερες δυνατότητες, κατασκευάζοντας έργα δαπανηρά και με μνημειώδη χαρακτήρα για την πληρέστερη κάλυψη των αναγκών που επέβαλε η καινούρια νοοτροπία.

Η κατασκευή των υδραγωγείων, που βασιζόταν σε συστηματικές μετρήσεις αποστάσεων, γωνιών και υψομέτρων προϋπέθετε μία αυστηρά καθιερωμένη σειρά εργασιών, τη χάραξη της πορείας τους στο έδαφος, τον ορισμό της θέσης των φρεατίων, τον υπολογισμό των βαθών και των κλίσεων, την παρατήρηση της φυσικής μορφής του εδάφους σε όλη την έκταση, από τις πηγές έως την πόλη. Για την μεταφορά χρησιμοποιούνταν κανάλια επενδυμένα με υδραυλικό κονίαμα, στα οποία το νερό κυλά όχι με πίεση, αλλά με ελεύθερη ροή, χωρίς να ασκεί πιέσεις στα τοιχώματά τους. Αυτά έπρεπε να έχουν σταθερή κλίση από την πηγή, όπου διαμορφώνεται δεξαμενή έως την άφιξή τους στο επιθυμητό σημείο. Στις περιπτώσεις διέλευσης από εδαφικές βαθύνσεις τα υδροφόρα κανάλια υποστηρίζονταν από τοξοστοιχίες και γέφυρες. Οι τοξωτές υδροφόρες γέφυρες συνιστούν αποκλειστικά ρωμαϊκή καινοτομία. Ακόμα χρησιμοποιήθηκαν και πιο αβαθή κτιστά κανάλια διέλευσης νερού, διαμορφωμένα σε βάθος 0.50μ.-1.00μ., ώστε να απομακρύνεται ο κίνδυνος μόλυνσης.

Σημαντικό στοιχείο επίσης αποτελεί η βελτίωση της ποιότητας του κονιάματος που παρουσιάζει μεγαλύτερη στεγανότητα και μικρότερο χρόνο πήξης. Στο πλαίσιο των ραγδαίων βελτιώσεων της ρωμαϊκής υδραυλικής, τα υδραγωγεία σύμφωνα με το Βιτρούβιο ήταν εφοδιασμένα επιπλέον με φρεάτια επίσκεψης και με δεξαμενές σε τακτά διαστήματα, ως μέτρα ασφαλείας στις περιπτώσεις βλαβών, για την ευκολότερη επιδιόρθωσή τους. Τα κανάλια κατέληγαν σε μία κεντρική δεξαμενή εντός τειχών (castellum). Σε τούτη την τερματική δεξαμενή ήταν ενσωματωμένοι οι πύργοι τροφοδοσίας, από όπου το νερό διαχέονταν στον πολεοδομικό ιστό μέσω ενός καλά αρθρωμένου δικτύου για να καταλήξει στις δημόσιες βρύσες και τα λουτρά της πόλης.

Έτσι μέσα στους αιώνες βελτιώθηκαν οι τρόποι αλλά και τα μέσα για την μεταφορά και αποθήκευση του νερού. Σήμερα σαν χώρους αποθήκευσης του νερού έχουμε τα αντλιοστάσια και η μεταφορά του γίνεται με τη βοήθεια των αντλιών.

Ένα μεγάλο μέρος στο οποίο η συνεισφορά της τεχνολογίας είναι καθοριστική είναι στο τμήμα του κινητήρα της αντλίας και στον τρόπο λειτουργίας του. Πλέον ένα μεγάλο μέρος της εκκίνησης του αντλητικού γίνεται με τη βοήθεια των Προγραμματιζόμενων

Λογικών Ελεγκτών (PLC). Είναι ένας εναλλακτικός τρόπος που ξεφεύγει από τον κλασικό αυτοματισμό. Ακόμη δίνει τη δυνατότητα της εύκολης τροποποίησης στη λειτουργία της εγκατάστασης και του ελέγχου της.

Η παρούσα πτυχιακή εργασία αποτελείται από πέντε κεφάλαια. Στο Κεφάλαιο 1 γίνεται η γενική παρουσίαση της υδραυλικής εγκατάστασης και των εξαρτημάτων που την αποτελούν, καθώς και εκτενής αναφορά στις αντλίες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν. Στο τέλος υπάρχουν οι υπολογισμοί για την επιλογή της αντλίας. Στο Κεφάλαιο 2 αναφέρεται στον εξοπλισμό της ηλεκτρικής εγκατάστασης και στο τέλος είναι το υπολογιστικό μέρος. Στη συνέχεια στο Κεφάλαιο 3 περιγράφεται ο Προγραμματιστικός Λογικός Ελεγκτής (PLC), τα πλεονεκτήματά του, η εσωτερική του δομή κ.α. Στο τέλος υπάρχει το πρόγραμμα για τη λειτουργία του πίνακα. Ακόμη, στο Κεφάλαιο 4 υπάρχουν τα σχέδια του πίνακα. Τέλος στο Κεφάλαιο 5 υπάρχει η διαδικασία κατασκευής του πίνακα.

Κεφάλαιο 1

Υδραυλική Εγκατάσταση

1.1. Υδραυλική Ορολογία

Αντλία: ονομάζουμε το μηχάνημα που αντλεί το νερό χωρίς να λαμβάνουμε υπόψη τον κινητήρα.

Αντλητικό Συγκρότημα: ονομάζουμε την αντλία μαζί με τον κινητήρα.

Αντληση: ονομάζουμε τη μεταφορά του υγρού με τη βοήθεια αντλίας από τη φυσική του στάθμη σε μια ανώτερη στάθμη ή τη μεταφορά υγρού στην ίδια στάθμη αλλά με διαφορετική πίεση.

Αναρρόφηση: ονομάζεται το τμήμα του δικτύου άντλησης από την αρχική θέση του υγρού μέχρι την αντλία.

Κατάθλιψη: ονομάζεται το τμήμα του δικτύου κατά τη φορά της ροής, μετά την αντλία (π.χ. από την αντλία μέχρι εκεί που βαίνει το νερό).

Γεωμετρικό Ύψος: ονομάζουμε την υψομετρική διαφορά (κατακόρυφο ύψος) από την επιφάνεια του αντλούμενου υγρού μέχρι το σημείο εξόδου του υγρού από το σωλήνα.

Ύψος Τριβών: ονομάζουμε ένα πρόσθετο ύψος που προκαλείται από την τριβή του υγρού μέσα στις σωληνώσεις.

Μανομετρικό Ύψος: ονομάζουμε το άθροισμα του γεωμετρικού ύψους και του ύψους των τριβών.

Μανόμετρο: είναι το όργανο που μας δείχνει την πίεση του υγρού μέσα σε ένα σωλήνα ή ένα κλειστό δοχείο που περιέχει υγρό με πίεση.

Ποδοβαλβίδα ή Ποτήρι: είναι το όργανο (βαλβίδα) που επιτρέπει τη ροή του υγρού προς μια μόνο φορά και τοποθετείται στο σωλήνα αναρρόφησης όταν χρησιμοποιούμε φυγόκεντρες αντλίες.

Ύψος (ή βάθος) Αναρρόφησης: ονομάζουμε την κατακόρυφη απόσταση από την επιφάνεια του αντλούμενου υγρού μέχρι το κέντρο της αντλίας.

Βαλβίδα Αντεπιστροφής ή Αντεπίστροφη Βαλβίδα: ονομάζουμε μια βαλβίδα που τοποθετείται πάνω σε ένα σωλήνα ώστε να επιτρέπει τη ροή του υγρού μόνο κατά τη μία κατεύθυνση.

Παροχή Αντλίας: είναι η ποσότητα του υγρού που αντλείται στη μονάδα του χρόνου, για ορισμένο ύψος.

Βαθμός Απόδοσης Αντλίας: είναι ο λόγος (πηλίκο) της αποδιδόμενης ισχύος διά της απορροφούμενης.

Ολικός Βαθμός Απόδοσης: είναι το γινόμενο του βαθμού απόδοσης της αντλίας επί το βαθμό απόδοσης του κινητήρα επί το βαθμό απόδοσης του συστήματος μετάδοσης.

1.2. Ορισμός Αντλιοστασίου

Αντλιοστάσιο είναι το σύνολο των οικοδομικών και ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων που χρησιμοποιούνται σε μόνιμη βάση για την άντληση ενός υγρού.

Έτσι, τα διακρίνουμε σε αντλιοστάσια ύδρευσης, άρδευσης, αποχέτευσης, αποστράγγισης και καυσίμων κ.λπ.

Η κατασκευή ενός αντλιοστασίου υπολογίζεται σύμφωνα με το είδος και τις ανάγκες άντλησης.

1.2.1. Κτίριο Αντλιοστασίου

Πάντοτε, ανεξάρτητα από τη θέση της αντλίας και τον τρόπο άντλησης απαιτείται η κατασκευή κτιρίου αντλιοστασίου.

Το κτίριο πρέπει να έχει τις απαραίτητες διαστάσεις ώστε να περιλάβει τις απαραίτητες ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις για τις οποίες απαιτείται στέγαση, στοιχειώδη ανταλλακτικά, τα απαραίτητα εργαλεία και επαρκής χώρος κυκλοφορίας.

Από το τρόπο άντλησης εξαρτάται η θέση του αντλητικού συγκροτήματος, αν δηλαδή αυτό εγκατασταθεί μέσα ή έξω από το κτίριο.

Όταν η άντληση γίνεται με φυγόκεντρη αντλία, καλό είναι (αν το επιτρέπουν οι συνθήκες) να γίνεται η εγκατάσταση του αντλητικού συγκροτήματος μέσα στο κτίριο του αντλιοστασίου.

Θα πρέπει η αντλία να είναι προστατευμένη, έστω και με λυόμενη σιδηροκατασκευή, κατά τρόπο που ν' αποφεύγεται η παρέμβαση τρίτων ν' αποφεύγεται οποιοδήποτε ατύχημα και να εξασφαλίζεται αρκετός αερισμός για τη σωστή ψύξη του ηλεκτροκινητήρα.

Όταν ο χώρος του αντλιοστασίου είναι αφύλακτος πρέπει να εξασφαλίζεται η όλη εγκατάσταση κατά τρόπο που να μην επιδέχεται χειρισμούς από αναρμόδια πρόσωπα. Γι' αυτό το λόγο οι ηλεκτρικοί πίνακες, τα όργανα αυτοματισμού, οι δικλείδες (βάνες), οι χλωριωτήρες κ.λπ. πρέπει να κλειδώνονται κατά τρόπο που αν μην επιδέχονται καμία επέμβαση.

Το δάπεδο του αντλιοστασίου πρέπει να βρίσκεται σε στάθμη υψηλότερη από τη φυσική επιφάνεια του εδάφους, ώστε ν' αποφεύγεται η είσοδος ή συγκέντρωση νερού μέσα σ' αυτό.

1.3. Υδραυλικός Εξοπλισμός

1.3.1. Ταξινόμηση Αντλιών

Η ταξινόμηση των αντλιών και η κατάταξη τους σε κατηγορίες μπορεί να γίνει με διάφορα κριτήρια όπως: την αρχή λειτουργίας τους, τον αριθμό των βαθμίδων τους, τις κατασκευαστικές τους λεπτομέρειες κ.λπ. Η βασικότερη και πλέον γνωστή είναι η κατάταξη των αντλιών με βάση την αρχή λειτουργίας τους, δηλαδή το μηχανισμό με τον οποίο προσδίδεται ενέργεια στο υγρό. Με βάση το κριτήριο αυτό μπορούμε να κατατάξουμε τις αντλίες σε δύο μεγάλες κατηγορίες:

- Φυγοκεντρικές
- Θετικής Μετατόπισης

1.3.2. Φυγοκεντρικές Αντλίες

Η φυγοκεντρική αντλία είναι το πλέον διαδεδομένο μηχάνημα με τη βοήθεια του οποίου προστίθεται ενέργεια κατά τη ροή του υγρού από την αξονική περιοχή προς την περιφέρεια. Η προστιθέμενη ενέργεια αυξάνει, στη γενικότερη περίπτωση, τόσο τη στατική πίεση όσο και την απόλυτη ταχύτητα του υγρού. Έχουν μεγάλη διάδοση επειδή:

- έχουν καλή απόδοση, μικρό όγκο και βάρος
- συνδέονται εύκολα με διάφορους κινητήρες
- έχουν συνεχή και ομοιόμορφη κίνηση
- η πίεση και η παροχή δεν παρουσιάζουν διακυμάνσεις
- έχουν διάφορες δυνατότητες ρύθμισης της παροχής
- έχουν χαμηλό κόστος αγοράς και λειτουργίας
- έχουν μικρό αριθμό κινούμενων μερών, συνεπώς μεγάλη ασφάλεια λειτουργίας.

Ο τρόπος που λειτουργεί η φυγόκεντρος αντλία βασίζεται στην φυγοκεντρική δύναμη. Δηλαδή, καθώς η πτερωτή περιστρέφεται από τον κινητήρα, το υγρό μετακινείται από τη φυγόκεντρη δύναμη από το κέντρο προς την περιφέρεια και εκτινάσσεται στο σπειροειδές περίβλημα για να οδηγηθεί στη συνέχεια στο σωλήνα κατάθλιψης.

Επειδή το υγρό μετακινείται από το κέντρο της πτερωτής προς την περιφέρεια, η πίεση στο κέντρο ελαττώνεται.

Νέα ποσότητα υγρού κινείται μέσα από το σωλήνα αναρρόφησης προς το σημείο χαμηλής πίεσης, δηλαδή το κέντρο της πτερωτής.

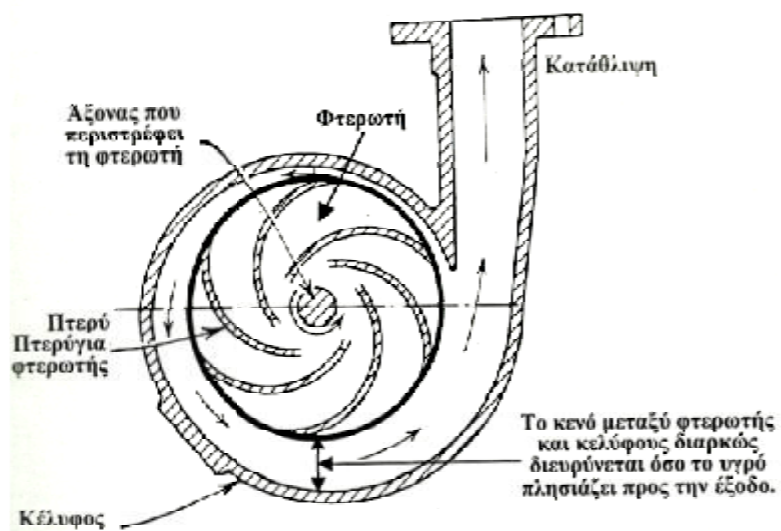
Έτσι δημιουργείται μια σταθερή ροή από την αναρρόφηση προς την κατάθλιψη της αντλίας.

Οι φυγοκεντρικές αντλίες χωρίζονται σε:

- Ακτινικής Ροής
- Αξονικής Ροής
- Μικτής Ροής

i. Ακτινικής Ροής

Η φυγοκεντρική αντλία ακτινικής ροής λειτουργεί ως εξής. Κατά την εκκίνηση είναι γεμάτη με το αντλούμενο υγρό. Η φτερωτή περιστρέφεται από ένα κινητήρα κατά τη φορά της κατάθλιψης. Η φτερωτή φέρει κατάλληλα διαμορφωμένα πτερύγια και όπως περιστρέφεται με μεγάλη ταχύτητα ωθεί το υγρό, λόγω της φυγόκεντρου δύναμης προς την περιφέρεια. Αυτό δημιουργεί υποπίεση στο κέντρο της φτερωτής και προκαλεί αναρρόφηση υγρού από το σωλήνα εισόδου προς το κέντρο της φτερωτής, το υγρό που ωθεί η φτερωτή προς την περιφέρεια οδηγείται προς την έξοδο της αντλίας μέσω μιας σταδιακά ευρυνόμενης διόδου που σχηματίζει το κέλυφος. Λόγω της ευρυνόμενης διατομής της διόδου αυτής, η ταχύτητα ελαττώνεται σταδιακά όσο το υγρό πλησιάζει προς την έξοδο της αντλίας και η ενέργεια μετατρέπεται σε ενέργεια πίεσης.

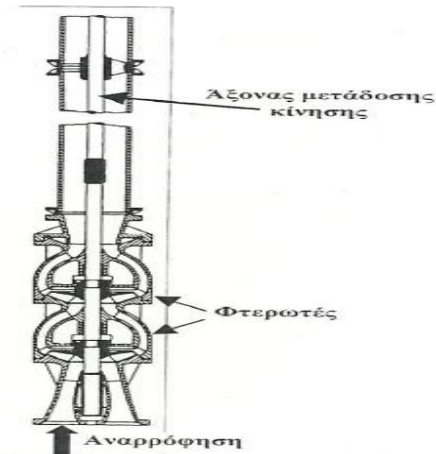


Σχ.1.2.3.α: Φυγοκεντρική Αντλία Ακτινικής Ροής.

ii. Αξονικής Ροής

Στις αντλίες αυτές η φτερωτή είναι όπως η προπέλα του πλοίου ή η έλικα του ανεμιστήρα και η προώθηση του υγρού γίνεται με την περιστροφή ακριβώς όπως στον ανεμιστήρα, δηλαδή κατά τη διεύθυνση του άξονα της φτερωτής (αξονική ροή). Τα πτερύγια της φτερωτής μπορεί να είναι σταθερά ή με δυνατότητα μεταβολής της κλίσης τους. Οι αντλίες με πτερύγια μεταβαλλόμενης κλίσης είναι δύο ειδών, αυτές στις οποίες για τη μεταβολή της κλίσης των πτερυγίων πρέπει να βγει από την αντλία η φτερωτή και αυτές στις οποίες η μεταβολή της κλίσης είναι δυνατή ενώ η αντλία λειτουργεί. Λόγω της ομοιότητας της φτερωτής με έλικα οι αντλίες αυτές ονομάζονται και ελικοφόρες.

Οι αντλίες αξονικής ροής μπορεί να έχουν μεγάλη παροχή υγρού ($450\text{m}^3/\text{h}$) αλλά αναπτύσσουν μικρή σχετικώς διαφορική πίεση (της τάξης των 15m στήλης υγρού). Οι αντλίες με μεταβαλλόμενη κλίση πτερυγίων έχουν το πλεονέκτημα ότι με αλλαγή της κλίσης των πτερυγίων μπορεί να αναστραφεί η φορά της ροής χωρίς να αλλάξει η εγκατάσταση της αντλίας.

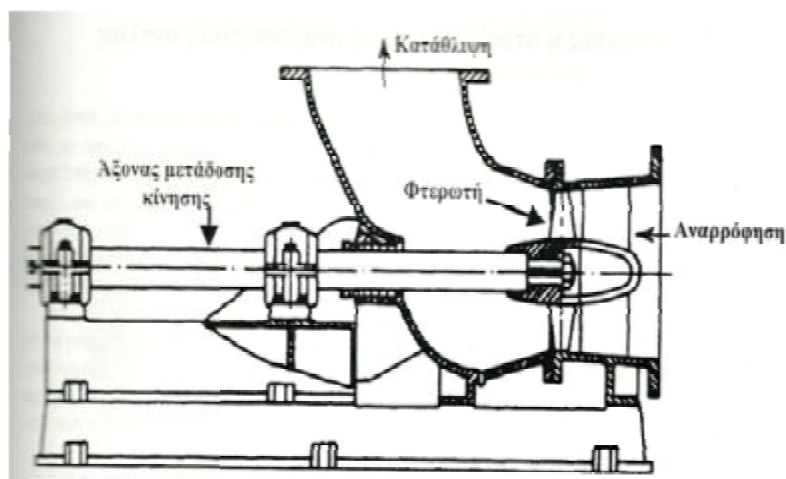


Σχ.1.3.2.β: Φυγοκεντρική Αντλία Αξονικής Ροής.

iii. Μικτής Ροής

Η λειτουργία αυτών των αντλιών είναι ενδιάμεση μεταξύ της φυγόκεντρης αντλία και της αντλίας αξονικής ροής. Δηλαδή η αύξηση της πίεσης του υγρού δημιουργείται κατά ένα μέρος από φυγόκεντρικές δυνάμεις (όπως στις φυγόκεντρικές αντλίες) και κατά ένα άλλο μέρος από την ώθηση των πτερυγίων (αξονικές αντλίες), όπως στις αντλίες αξονικής ροής. Τέτοιες αντλίες κατασκευάζονται για παροχές από $20\text{ m}^3/\text{h}$ και άνω και διαφορετικές πιέσεις περίπου 30 m στήλης υγρού.

Οι αντλίες μικτής ροής είναι συνήθως κατακόρυφες πολυβάθμιες και εγκατεστημένες στο κάτω άκρο στήλης που χρησιμεύει και ως σωλήνας κατάθλιψης της αντλίας. Τέτοιες αντλίες χρησιμοποιούνται σε πηγάδια ως υποβρύχιες (δηλαδή η αντλία είναι κάτω από το νερό).



Σχ.1.3.2.γ: Φυγοκεντρική Αντλία Μικτής Ροής.

1.3.3 Θετικής Μετατόπισης

Η δεύτερη μεγάλη κατηγορία αντλιών, μετά τις φυγόκεντρες αντλίες, είναι οι αντλίες θετικής μετατόπισης. Η λειτουργία τους βασίζεται στη διαδοχική πλήρωση και εκκένωση ενός συγκεκριμένου γεωμετρικού όγκου. Το προς διακίνηση υγρό, από το σωλήνα αναρρόφησης, πληροί το χώρο της αντλίας (ή ένα τμήμα αυτού). Στη συνέχεια το υγρό εκτοπίζεται με κάποιο τρόπο προς τον σωλήνα κατάθλιψης, κοκ. Ως εκ τούτου η προωθούμενη ποσότητα υγρού σε κάθε περιοδική κίνηση (εμβολισμό ή περιστροφή) είναι σταθερή και η παροχή των αντλιών θετικής μετατόπισης πρακτικώς δεν επηρεάζεται από την αντίσταση λόγω ροής του υγρού στις σωληνώσεις μεταφοράς, όπως συμβαίνει στις φυγοκεντρικές αντλίες. Όλες οι αντλίες θετικής μετατόπισης είναι αντλίες αυταναρρόφησης και δεν χρειάζονται πλήρωση κατά την εκκίνηση. Οι αντλίες θετικής μετατόπισης μεταδίδουν ενέργεια στο διακινούμενο υγρό συνήθως με μηχανικό τρόπο (με ένα έμβολο ή διάφραγμα) και σπανιότερα με ένα άλλο ρευστό. Οι κύριες κατηγορίες αντλιών θετικής μετατόπισης είναι:

- Παλινδρομικές
- Περιστροφικές
- Πιεστικού Θαλάμου

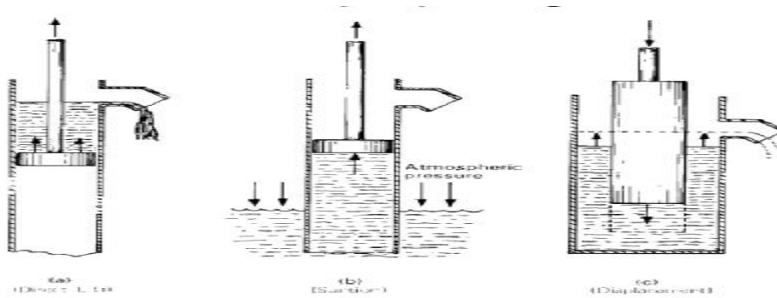
Οι δύο πρώτες κατηγορίες είναι οι πιο συνηθισμένες, ενώ οι αντλίες πιεστικού θαλάμου χρησιμοποιούνται σπανιότερα.

i. Παλινδρομικές

Στις αντλίες αυτές υπάρχει, ένα πιστόνι, ένα έμβολο ή ένα διάφραγμα το οποίο εκτελεί ευθύγραμμη παλινδρομική κίνηση μέσα σε ένα θάλαμο κυλινδρικού συνήθως σχήματος προκαλώντας τη διαδοχική πλήρωση και εκκένωση του θαλάμου με το αντλούμενο υγρό. Βαλβίδες στην είσοδο (αναρρόφηση) και έξοδο (κατάθλιψη) του θαλάμου ρυθμίζουν τη ροή υγρού από την αναρρόφηση προς το θάλαμο της αντλίας και από τον θάλαμο προς την κατάθλιψη. Κάθε αντλία έχει τουλάχιστον μια βαλβίδα αναρρόφησης και μια βαλβίδα κατάθλιψης. Στις αντλίες με μεγάλη παροχή τοποθετούνται παράλληλα περισσότερες βαλβίδες τόσο στην αναρρόφηση όσο και στη κατάθλιψη.

Σε παλαιότερες παλινδρομικές αντλίες η κίνηση των βαλβίδων γίνονταν με μηχανική σύνδεση με το έμβολο. Στις σύγχρονες αντλίες οι βαλβίδες ενεργοποιούνται αυτομάτως με την αλλαγή της πίεσης στο θάλαμο άντλησης κατά τις διαδοχικές κινήσεις του εμβόλου (αναρρόφηση και κατάθλιψη).

Ο συνολικός βαθμός απόδοσης των παλινδρομικών αντλιών κυμαίνεται από περίπου 50% για μικρές αντλίες μέχρι 90% για τις μεγάλες.

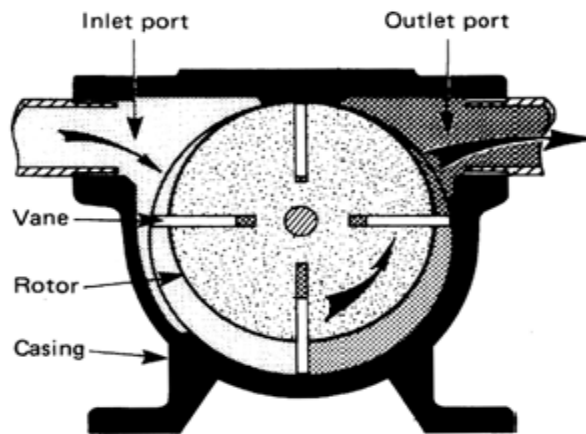


Σχ.1.3.3.α: Παλινδρομικές Αντλίες Θετικής Μετατόπισης.

ii. Περιστροφικές

Μια άλλη ομάδα αντλιών θετικής μετατόπισης είναι οι περιστροφικές αντλίες. Οι περιστροφικές αντλίες αποτελούνται από ένα ή περισσότερα περιστρεφόμενα μέρη και το σταθερό κέλυφος που τα περικλείει. Η προώθηση του διακινούμενου υγρού γίνεται με κυκλική κίνηση όπως στις φυγόκεντρες αντλίες. Διαφέρουν από τις φυγόκεντρες κατά το ότι τα περιστρεφόμενα μέρη ουσιαστικά ολισθαίνουν πάνω στο ακίνητο κέλυφος ή/και μεταξύ τους δημιουργώντας στεγανότητα. Το διακινούμενο υγρό εισέρχεται από την είσοδο (αναρρόφηση) της αντλίας, παγιδεύεται σε ένα χώρο ο οποίος δημιουργείται μεταξύ των περιστρεφόμενων μερών και του κελύφους και προωθείται με τη περιστροφή προς την έξοδο (κατάθλιψη) της αντλίας όπου ελευθερώνεται. Στις περιστροφικές αντλίες θετικής μετατόπισης, η ποσότητα του υγρού που προωθείται σε κάθε περιστροφή είναι πρακτικώς ανεξάρτητη από τον αριθμό των στροφών. Σε αντίθεση με τις παλινδρομικές αντλίες, οι περιστροφικές αντλίες δεν έχουν βαλβίδες ενώ η ροή του διακινούμενου υγρού είναι συνεχής και όχι παλμική.

Για στεγανότητα απαιτείται καλή επαφή μεταξύ των κινητών μερών που ολισθαίνουν πάνω στα ακίνητα μέρη της αντλίας ή μεταξύ τους και πολύ μικρές ανοχές. Για το λόγο αυτό οι περιστροφικές αντλίες δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν για υγρά που έχουν αιωρούμενα στερεά. Οι περιστροφικές αντλίες μπορούν να διακινήσουν κάθε καθαρό υγρό και ενδείκνυνται για τη διακίνηση παχύρευστων υγρών. Όπως και οι παλινδρομικές αντλίες, οι περιστροφικές είναι κατάλληλες για την άντληση αερίων ή ατμών από ένα χώρο και τη δημιουργία κενού.



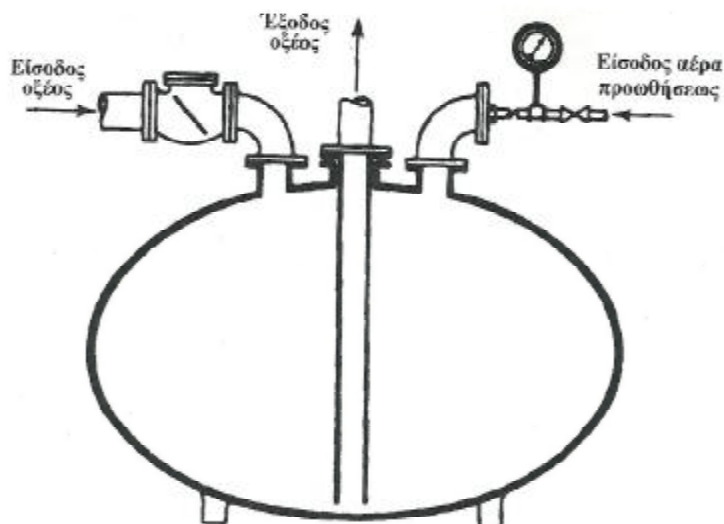
Σχ.1.3.3.β: Περιστροφικές Αντλίες Θετικής Μετατόπισης.

iii. Πιεστικού Θαλάμου

Η τρίτη κατηγορία αντλιών θετικής μετατόπισης είναι οι αντλίες πιεστικού θαλάμου. Στην πραγματικότητα δε πρόκειται για μηχανήματα άντλησης όπως οι αντλίες που εξετάσαμε μέχρι τώρα, αλλά συστήματα εκτόπισης του προς διακίνηση υγρού και προώθησης του με πεπιεσμένο αέρα (ή άλλο αέριο). Μια τέτοια διάταξη αποτελείται από το δοχείο ωοειδούς σχήματος, το οποίο φέρει σωληνώσεις για την είσοδο και την έξοδο του προς διακίνηση υγρού καθώς και σωλήνωση για την είσοδο του πεπιεσμένου αέρα. Το δοχείο πληρούται με το προς διακίνηση υγρό και στη συνέχεια με την παροχή πεπιεσμένου αέρα εκτοπίζεται μέσω της σωληνώσεως εξόδου (η οποία καταλήγει εσωτερικά στον πυθμένα του δοχείου για πληρέστερη εκκένωσή του).

Η ανωτέρω λειτουργία (άνοιγμα - κλείσιμο βανών) γίνεται συνήθως χειροκίνητα. Είναι όμως δυνατόν να γίνει και αυτόματα με το κατάλληλο σύστημα αυτομάτου χειρισμού των βανών. Συνήθως χρησιμοποιείται ένα μόνο δοχείο, οπότε η διακίνηση του υγρού είναι διακεκομμένη (πλήρωση, συμπίεση/προώθηση, αποσυμπίεση). Εάν είναι απαραίτητο να υπάρχει συνεχής ροή του διακινούμενου υγρού χρησιμοποιούνται δύο ή περισσότερα δοχεία παράλληλα, οπότε όταν το ένα γεμίζει το άλλο προωθεί το υγρό κοκ. Τα δοχεία μπορεί να είναι μόνιμα εγκατεστημένα ή πάνω σε τροχοφόρο όχημα για μεταφορά.

Το πλεονέκτημα του συστήματος είναι ότι δεν έχει καθόλου κινητά μέρη και επιπλέον μπορεί να χρησιμοποιηθεί για διαβρωτικά υγρά όπως τα οξέα. Σήμερα με την ανάπτυξη ανθεκτικότερων στη διάβρωση κραμάτων ή ακόμα τη χρήση αντλιών από πολυμερή (πλαστικά) υλικά οι διατάξεις πιεστικών θαλάμων χρησιμοποιούνται όλο και λιγότερο.



Σχ.1.3.3.γ: Αντλία Πιεστικού Θαλάμου Θετικής Μετατόπισης.

1.3.4. Περιγραφή Αντλίας

Τα βασικά εξαρτήματα μιας υποβρύχιας ηλεκτραντλίας είναι:

i. Ηλεκτροκινητήρας

Ο ηλεκτροκινητήρας είναι ασύγχρονος τριφασικός, βραχυκυκλωμένου δρομέα, για τάση 400V/50Hz. Μπορεί όμως να είναι και μονοφασικός. Είναι κατασκευασμένος σύμφωνα με τα πρότυπα NEMA και VDE, είναι υποβρυχίου τύπου και όλα τα εσωτερικά μέρη υδατοβρεχτά, υδρολίπαντα και υδρόψυκτα. Στο επάνω μέρος του υπάρχει τάπα πληρώσεως (που είναι και βαλβίδα εξαερώσεως ειδικού τύπου) η οποία προστατεύει τον κινητήρα από εισδοχή άμμου. Το εξωτερικό περίβλημα του κινητήρα είναι από ανοξείδωτο χάλυβα άριστης ποιότητας AISI 304.

ii. Στάτης

Τα τυλίγματα του στάτη (περιέλιξη) είναι από ειδικό αγωγό χαλκού ο οποίος φέρει ειδική θερμοπλαστική επένδυση, με ηλεκτρική μόνωση η οποία είναι δοκιμασμένη σε υψηλή τάση λειτουργίας 3kV, ώστε να επιτυγχάνεται η καλύτερη ψύξη αυτών. Ο πυρήνας του στάτη φέρει ειδική αντισκωρική επένδυση.

iii. Ρότορας

Ο άξονας του ρότορα κατασκευάζεται από ανοξείδωτο χάλυβα AISI 420 και είναι πλήρως ζυγοσταθμισμένος ενώ στις θέσεις τριβής δια πίεσεως. Τα ακτινικά έδρανα είναι από ειδικό γραφίτουχο υλικό μεγάλης επιφάνειας έδρασης τα οποία εξασφαλίζουν τη σωστή ευθυγράμμιση του άξονα (ρότορα). Ο ρότορας καταλήγει σε άξονα ο οποίος είναι και ο άξονας του κινητήρα, ο οποίος με τη σειρά του φέρει ειδική διάταξη λαβυρίνθου ώστε να μην επιτρέπει την είσοδο άμμου και να την απομακρύνει ειδικός τύπος μηχανικού στυπιοθλίπτη.

iv. Ωστικό έδρανο (θρός)

Το ωστικό έδρανο είναι αυτολιπαινόμενο πολύ ισχυρής κατασκευής, τύπου Mitchell ,με ελαστικούς τομείς, που εργάζονται με δίσκο από ανοξείδωτο χάλυβα. Στο κάτω μέρος του κινητήρα παρατηρούμε να υπάρχει η ελαστική μεμβράνη η οποία είναι μια διάταξη αποσυμπίεσης και εξίσωσης των διαστολών του νερού του κινητήρα, κατασκευασμένη από ειδικό ελαστικό.

v. Στρόβιλος

Το υπόλοιπο μισό κομμάτι το οποίο μαζί με τον ηλεκτροκινητήρα αποτελούν ένα αντλητικό συγκρότημα. Ο στρόβιλος είναι πολυβάθμιος, μεικτής ή ακτινικής ροής με ομοαξονική εξαγωγή. Το υλικό του εξωτερικού κελύφους του στροβίλου εξαρτάται από τη χρήση για την οποία προορίζεται (νερό γλυκό, εφάλμυρο ή θαλασσινό). Οι πτερωτές είναι από φωσφορούχο ορείχαλκο RG10 για μεγαλύτερη αντοχή στην άμμο, οι οποίες στερεώνονται στον άξονα με ειδικές σφήνες ή κώνους. Ο άξονας είναι από ανοξείδωτο χάλυβα 1.4057 ή 1.4582. Τα κουζινέτα από ειδικό ελαστικό ανθεκτικό στην άμμο και οι δακτύλιοι προστασίας άξονα τριβής κουζινέτων από ανοξείδωτο χάλυβα 1.4057. Στην τελευταία βαθμίδα του στροβίλου υπάρχει ελατηριωτή βαλβίδα αντεπιστροφής με βάκτρο από ανοξείδωτο χάλυβα. Το πλέγμα ανατροφής (σήτα) είναι επίσης από ανοξείδωτο χάλυβα. Όλα τα λοιπά μικρούλκα όπως παξιμάδια, μπουζόνια κλπ είναι από ανοξείδωτο χάλυβα A2 ή A4. Η σύνδεση του Η/Κ με την αντλία γίνεται μέσω ισχυρού συνδέσμου (κόμπλερ) από ανοξείδωτο χάλυβα AISI 416.

vi. Αναρρόφηση

Πρόκειται για το σημείο εκείνο από το οποίο γίνεται η εισροή νερού στον στρόβιλο. Είναι κατασκευασμένη από φαιό χυτοσίδηρο GG26 (σε ορισμένες περιπτώσεις με 2% νικέλιο) ή από φωσφορούχο ορείχαλκο ή κράμα νικελιούχου αλουμινορείχαλκου όταν το απαιτούν οι συνθήκες (εφάλμυρα ή θαλασσινά νερά). Η αναρρόφηση είναι κατασκευασμένη έτσι ώστε να προσαρμόζεται στον Η/Κ από τη μια πλευρά και από την άλλη να εφαρμόζει στο πρώτο από τα μπουλ τα οποία αναλύονται στη συνέχεια. Έτσι οι αναρροφήσεις διακρίνονται ως προς τον τύπο του Η/Κ και ως προς τον τύπο του στροβίλου στον οποίο χρησιμοποιούνται. Στην επιφάνεια κάθε αναρρόφησης υπάρχει ειδική πατούρα στην οποία τοποθετείται η σήτα για την αποφυγή εισροής χαλικιών και γενικότερα αιωρούμενων σωματιδίων τα οποία θα μπορούσαν να προκαλέσουν σοβαρές φθορές στον στρόβιλο. Ορισμένοι τύποι αναρροφήσεων έχουν ειδική διαμόρφωση όπου προσαρμόζεται ελαστικό κουζινέτο για την έδραση του άξονα. Περιμετρικά υπάρχουν εγκοπές – διαμορφώσεις για να περνάνε τα καλώδια τροφοδοσίας του ηλεκτροκινητήρα. Περισσότερα θα πούμε σε άλλο κεφάλαιο για την αναρρόφηση.

vii. Μπουλ

Τα μπουλ είναι ένα από τα σταθερά μέρη του στροβίλου. Είναι από φαιό χυτοσίδηρο GG26 (σε ορισμένες περιπτώσεις με 2% νικέλιο) ή από φωσφορούχο ορείχαλκο ή κράμα νικελιούχου αλουμινορείχαλκου όταν το απαιτούν οι συνθήκες (εφάλμυρα ή θαλασσινά νερά). Τα μπουλ διαφέρουν ανάλογα με τον τύπο της αντλίας (ακτινικής ή μικτής ροής). Τα μπουλ των αντλιών ακτινικής ροής φέρουν στο εσωτερικό τους πρόσθετο δίσκο με οδηγία πτερύγια. Το μπουλ των αντλιών μικτής ροής έχει στο εσωτερικό του κώνο ο οποίος με το εξωτερικό κέλυφος δημιουργεί δίοδο για τη διέλευση του ρευστού. Μέσα στη δίοδο αυτή υπάρχουν τα οδηγία πτερύγια τα οποία είναι χυτά. Φέρουν πατούρα στην οποία

προσαρμόζεται ελαστικό κουζινέτο. Ο αριθμός των κουζινέτων εξαρτάται από τον αριθμό των βαθμίδων του στροβίλου. Εξωτερικά τα μπολ έχουν μπουζόνια για την σύνδεση μεταξύ τους ή το ένα μπαίνει μέσα στο άλλο σε ειδικές πατούρες. Ορισμένοι τύποι μπολ φέρουν πατούρα στην οποία προσαρμόζεται ελαστικός δακτύλιος. Αυτός συνεργάζεται με ανοξείδωτο δακτύλιο στην περωτή. Κρατάει την ανοχή μεταξύ μπολ και περωτής σε ελάχιστο επίπεδο και όταν φθαρεί αλλάζεται εύκολα, φέρνοντας την αντλία στην αρχική της κατάσταση. Το τελευταίο μπολ σε ορισμένους τύπους αντλιών μικτής ροής είναι διαμορφωμένο διαφορετικά στην μεριά εξόδου του νερού. Έχει μια ειδική πατούρα για να τοποθετηθεί το στεγανοποιητικό παρέμβυσμα (περμανίτης) και στη συνέχεια η βαλβίδα αντεπιστροφής που προσαρμόζεται με τον ίδιο τρόπο όπως παραπάνω πάνω σ' αυτό.

viii. Περωτές

Οι περωτές είναι κατασκευασμένες από φωσφορούχο ορείχαλκο RG10 ή από NORYL με ενισχυμένες ίνες για μεγαλύτερη αντοχή στην άμμο. Στις περωτές γίνεται στατική και ζυγοστάθμιση και κατόπιν στερεώνονται στον άξονα στις ειδικές σφήνες που έχουν τοποθετηθεί. Σε ορισμένους τύπους στροβίλων οι περωτές στερεώνονται με κόνους, οι οποίοι σφίγγουν στην περωτή με χτύπημα. Η πλήμνη, της οποίας η διάμετρος είναι κατά 0,1mm μεγαλύτερη από την διάμετρο του άξονα, συγκρατείται πάνω του με τις σφήνες. Από την πλήμνη ξεκινούν τα περύγια που έχουν ελικοειδή μορφή και η κλίση τους είναι αντίθετη προς τη φορά περιστροφής της περωτής. Οι περωτές που χρησιμοποιούνται συνήθως είναι κλειστού τύπου. Οι περωτές αυτές πλεονεκτούν γιατί έχουν μεγάλο βαθμό απόδοσης, αναπτύσσουν υψηλή πίεση, δηλαδή μεγάλο μανομετρικό ύψος H και εμφανίζουν μικρότερη αξονική ώση.

ix. Άξονας

Ο άξονας μεταφέρει την περιστροφική κίνηση του κινητήρα στις περωτές και την απαραίτητη ισχύ για την πρόσδωση ενέργειας στο ρευστό. Ο άξονας είναι από ανοξείδωτο χάλυβα απόλυτα ευθυγραμμισμένος και στιλβωμένος με επιφανειακή ταχύτητα μικρότερη από 40 RMS και με κατάλληλες διαστάσεις ώστε να εξασφαλίζεται η αντοχή για τη μεταφορά της μέγιστης ισχύος της αντλίας. Η επιλογή του άξονα γίνεται σύμφωνα με τον τύπο της αντλίας που θα χρησιμοποιηθεί και στις βαθμίδες του. Έτσι ο άξονας μπορεί να έχει σφηνάυλακες, οι οποίοι μεταξύ τους κατασκευάζονται σε γωνία 180 μοιρών, ή έναν ή δύο αντιδιαμετρικούς σφηνόδρομους σε όλο το μήκος του άξονα. Στα δύο τους άκρα φέρει τρύπες με σπείρωμα. Στην μεριά του κινητήρα στερεώνεται με κοχλία το κόμπλερ του στροβίλου στον άξονα. Η τρύπα στην άλλη μεριά του άξονα χρησιμεύει για τη σύσφιξη των περωτών και των δακτυλίων απόστασης πάνω στον άξονα, έτσι ώστε να μην έχουμε μετατόπιση τους σε σχέση μ' αυτόν. Εδράζεται σε ελαστικά κουζινέτα τα οποία είναι διαταγμένα σε τακτά διαστήματα. Ο αριθμός των κουζινέτων εξαρτάται απ' τον αριθμό των βαθμίδων και κατά συνέπεια το μήκος του άξονα. Όσο μεγαλύτερο το μήκος, τόσο περισσότερα τα κουζινέτα.

x. Βαλβίδα αντεπιστροφής

Το περίβλημα κατασκευάζεται από φαιό χυτοσίδηρο GG26. Τα εσωτερικά εξαρτήματα (γλώσσα, αξονάκι και ελατήριο) κατασκευάζονται από ανοξείδωτο χάλυβα. Η βαλβίδα έχει ελατήριο που πιέζει τη γλώσσα και επιτρέπει τη ροή του νερού μόνο προς τη μία κατεύθυνση. Τοποθετείται στα κατακόρυφα συγκροτήματα για να αποτρέψει την περιστροφή περωτών κατά ανάποδη φορά, από το νερό της υπερκείμενης στήλης, όταν η αντλία σταματήσει.

xi. Κόμπλερ

Η σύνδεση του Η/Κ με την αντλία γίνεται μέσω ισχυρού συνδέσμου (κόμπλερ). Το κόμπλερ είναι κατασκευασμένο από ανοξείδωτο χάλυβα. Οι διαστάσεις του είναι τέτοιες ώστε να είναι ικανός να μεταφέρει τη συνολική ροπή και το συνολικό φορτίο του συγκροτήματος προς κάθε φορά περιστροφής. Από την μία πλευρά έχει εσωτερικό περίβλημα πολύσφηνο κατά NEMA στο οποίο εφαρμόζει το αντίστοιχο πολύσφηνο του ρότορα του κινητήρα. Στο τμήμα αυτό υπάρχει οπή στην οποία βιδώνει ακέφαλο Allen που λειτουργεί σαν ασφάλεια συγκρατώντας το κόμπλερ με τον ρότορα. Από την άλλη μεριά έχει κατάλληλη διαμόρφωση ώστε να ταιριάζει στον τύπο του στροβίλου που θα χρησιμοποιηθεί ανάλογα με τον τύπο του στροβίλου έχει σφηνόδρομους για την σύνδεση του με τον άξονα. Το κόμπλερ συνδέεται με τον άξονα με ένα allen το οποίο περνάει από μια ροδέλα σφηνωμένη μέσα του. Κάποιοι τύποι κόμπλερ αποτελούνται από δυο ξεχωριστά κομμάτια. Καθένα στερεώνεται σταθερά πάνω στο αντίστοιχο εξάρτημα και μετά αυτά συνδέονται με το πολύσφηνο που φέρουν.

1.3.5. Προβλήματα στις Αντλίες

i. Σπηλαιώση

Παρουσιάζεται όταν η αντλία προσπαθεί να ανυψώσει νερό από βάθος μεγαλύτερο από εκείνο που είναι εφικτό. Σε αυτήν την περίπτωση η πτερωτή θα διακόπτει την παροχή του νερού δημιουργώντας έτσι φυσαλίδες αέρα στο νερό. Αυτές οι φυσαλίδες θα σκάνε προς τα μέσα (το αντίθετο του εκρήγνυμαι) σχεδόν αμέσως αφού δημιουργηθούν. Αυτή η εσωτερική έκρηξη γίνεται με πολύ θόρυβο και με τέτοια δύναμη που θα καταστρέψει την αντλία και τα έδρανα της μετά από κάποια περίοδο λειτουργίας. Σε αντλίες όπου οι πτερωτές δεν είναι από ανοξείδωτο χάλυβα, η σπηλαιώση θα τους προκαλέσει σύντομα ζημιές. Τα συνηθισμένα υλικά πτερωτών που δεν αντέχουν σε αυτό το φαινόμενο είναι ο χυτοσίδηρος, το πλαστικό και ο ορείχαλκος. Ο ανοξείδωτος χάλυβας χάνει μόνο 0,05% σε σύγκριση με την αντίστοιχη απώλεια χυτοσίδηρου υπό τις ίδιες συνθήκες.

Η συνθήκη εμφάνισης σπηλαιώσης είναι: $\theta_{\text{κρH}} < \theta_{\text{H}}$, όπου:

θ_{H} : το καθαρό θετικό ύψος αναρρόφησης, το οποίο χαρακτηρίζει την εγκατάσταση της αντλίας, και εκφράζει τη διαφορά ολικής πίεσης στη διατομή της αντλίας ως προς την πίεση ατμοποίησης του υγρού, την οποία η αντλητική εγκατάσταση εξασφαλίζει στην αντλία.

$\theta_{\text{κρH}}$: το κρίσιμο ύψος σπηλαιώσης, το οποίο εκφράζει τη διαφορά της ολικής πίεσης στη διατομή εισόδου της αντλίας από την πίεση ατμοποίησης του υγρού που πρέπει να έχει η αντλία ώστε η λειτουργία της να βρίσκεται στο όριο εμφάνισης σπηλαιώσης. Το χαρακτηρίζει την αντλία και το σημείο λειτουργίας της $\theta_{\text{κρH}}$.

ii. Υδραυλικό Πλήγμα

Οι εκκινήσεις του κινητήρα απ' ευθείας ή με αστέρα-τρίγωνο καθώς και οι παύσεις της αντλίας μπορεί να προκαλέσουν υδραυλικό πλήγμα στις μεγάλες υδραυλικές εγκαταστάσεις. Όταν ο οριζόντιος σωλήνας κατάθλιψης έχει μεγάλο μήκος, μπορεί να προκληθεί υδραυλική κρούση όταν η αντλία τίθεται εκτός. Όταν η αντλία σταματήσει η ροή του νερού στον

κατακόρυφο σωλήνα θα σταματήσει γρήγορα, εξαιτίας της βαρύτητας. Η ροή του νερού στον οριζόντιο σωλήνα κατάθλιψης ωστόσο σταματάει σταδιακά λόγω της απώλειας τριβής που συμβαίνει στο σωλήνα. Αυτό δημιουργεί ένα κενό στον κατακόρυφο σωλήνα που διασπά τη στήλη ύδατος και το νερό γίνεται ατμός. Όταν η ροή νερού στον οριζόντιο σωλήνα χάσει την ταχύτητά της το νερό θα τραβηχτεί πίσω στη γεώτρηση λόγω του κενού που δημιουργείται στον κατακόρυφο σωλήνα. Έτσι ο όγκος του νερού που επιστρέφει συγκρούεται με το νερό στο κατακόρυφο σωλήνα προκαλώντας υδραυλικό πλήγμα. Αυτό μπορεί να είναι τόσο ισχυρό ώστε να καταστραφεί η εγκατάσταση. Προκαλείται συνήθως και ισχυρότατος κρότος.

iii. Ανάκρουση

Σε ορισμένες εγκαταστάσεις με κάποιο υδραυλικό πλήγμα μπορούν να προκληθούν βλάβες λόγω ανάκρουσης. Εάν η αντλία έχει περισσότερες πτερωτές από ότι χρειάζεται για να δίνει την ονομαστική παροχή στην μέγιστη απόδοση η παροχή της αντλίας θα είναι ιδιαίτερα υψηλή. Το αποτέλεσμα πιθανώς να είναι το εξής: Οι πτερωτές μπορούν να αρχίσουν να επιπλέουν, δηλ. να ανασηκώνουν τον άξονα της αντλίας. Όταν βρίσκονται σε αυτήν την κατάσταση, οι πτερωτές ή οι διαιρούμενοι κώνοι μπορεί να δημιουργήσουν κραδασμούς οπότε κτυπούν ή ακουμπούν επάνω στο αντίστοιχο έδρανο ή οδηγό (ακίνητο) περύγιο του επόμενου θαλάμου. Οι κραδασμοί αυτοί θα μεταδοθούν στον άξονα του κινητήρα, εάν δεν υπάρχει ωστικός δακτύλιος ανάκρουσης. Ο ωστικός δακτύλιος ανάκρουσης που ενδεχομένως υπάρχει στις αντλίες δεν είναι κατασκευασμένος για μόνιμη ανάκρουση. Αυτό σημαίνει ότι η απόδοση της αντλίας θα πρέπει να μειωθεί στα βέλτιστα δεδομένα λειτουργίας με έναν από τους ακόλουθους τρόπους:

- μείωση του αριθμού των πτερωτών
- ρύθμιση βανών στο σωλήνα κατάθλιψης
- μείωση παροχής
- μείωση των στροφών με τη βοήθεια ενός μετατροπέα συχνότητας

Το φαινόμενο της ανάκρουσης μπορεί επίσης να παρουσιαστεί σε περίπτωση που δεν υπάρχει αντίθλιψη εξαιτίας διάβρωσης του κατακόρυφου σωλήνα ή ύπαρξης ρωγμών στους σωλήνες. Η παροχή της αντλίας θα είναι κατά συνέπεια ιδιαίτερα υψηλή και η πίεση κατάθλιψης μειωμένη. Το αποτέλεσμα μπορεί να είναι επιπλέον πτερωτές. Το πρόβλημα επιλύεται με την αντιμετώπιση των διαρροών.

1.4. Ηλεκτροκινητήρας Αντλίας

1.4.1 Είδη Ασύγχρονων 3Φ Κινητήρων

Οι ασύγχρονοι κινητήρες λόγω της απλότητας της κατασκευής τους, του χαμηλού κόστους, της ελάχιστης συντήρησης και της μεγάλης συγκέντρωσης ισχύος, είναι οι πιο διαδεδομένοι κινητήρες στη βιομηχανία.

Ονομάζονται διαφορετικά και επαγωγικοί κινητήρες, γιατί το ρεύμα διέγερσης του δρομέα δημιουργείται από επαγωγή αντί να προέρχεται με ηλεκτρική σύνδεση από κάποια πηγή.

Οι ασύγχρονοι κινητήρες διακρίνονται σε μονοφασικούς (1Φ) και σε τριφασικούς (3Φ). Οι ασύγχρονοι τριφασικοί κινητήρες ανάλογα με τη κατασκευή του δρομέα διακρίνονται σε δύο τύπους:

- κινητήρας με βραχυκυκλωμένο δρομέα,
- κινητήρας με δακτυλιοφόρο δρομέα.



Σχ. 1.4.1.α: Κινητήρας με βραχυκυκλωμένου δρομέα.



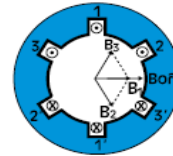
Σχ. 1.4.1.β: Κινητήρας με δακτυλιοφόρο δρομέα.

1.4.2 Κατασκευαστικά Στοιχεία

Το ακίνητο μέρος ενός ασύγχρονου τριφασικού κινητήρα είναι ο στάτης, ο οποίος αποτελεί το μόνο στοιχείο που συνδέεται ηλεκτρικά με το δίκτυο. Είναι κατασκευασμένος από πολλά μαγνητικά ελάσματα, συνήθως πυριτιούχου χάλυβα, που κόβονται σε ειδικές πρέσες και έχουν τη μορφή του Σχ.1.4.2.α.



Σχ.1.4.2.α: Μαγνητικά
ελάσματα στάτη.

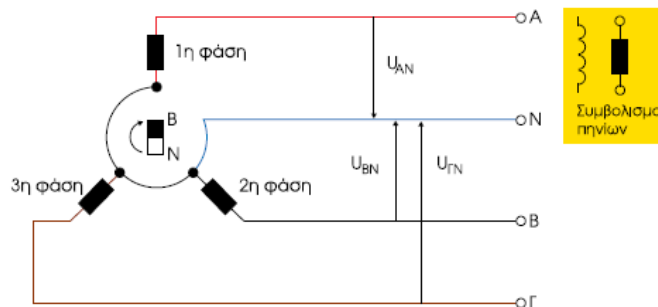


Σχ.1.4.2.β: Μαγνητικό
πεδίο στάτη.

Τα ελάσματα αυτά είναι περασμένα με ειδικό μονωτικό βερνίκι, συγκρατούνται με κοχλίες και σχηματίζουν το ζύγωμα της μηχανής. Σχηματίζονται αυλάκια (οδοντώσεις) μέσα στα οποία τοποθετούνται οι τρεις φάσεις του τυλίγματος, ώστε να δημιουργείται στο εσωτερικό πεδίο $B_{ολ}$, όπως φαίνεται στο Σχ.1.4.2.β.

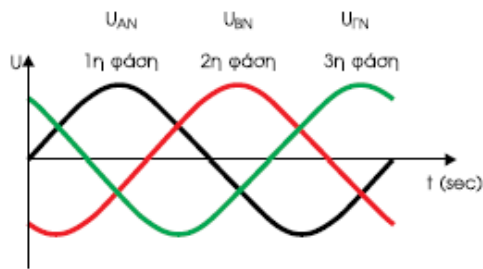
1.4.3 Τριφασικό Ρεύμα

Τα τριφασικά ρεύματα χρησιμοποιούνται στις εγκαταστάσεις και στα αυτοκίνητα, γιατί οι τριφασικές ηλεκτρικές μηχανές έχουν μεγάλη συγκέντρωση ισχύος, παρουσιάζουν λιγότερες βλάβες από τις μονοφασικές και χρησιμοποιούν αγωγούς μικρότερης διατομής.

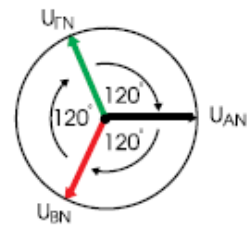


Σχ.1.4.3.α: Τριφασικό σύστημα.

Με την περιστροφή του μαγνήτη, του Σχ.1.4.3.α, στα τυλίγματα των τριών φάσεων, που σχηματίζουν γωνίες 120^0 , παράγονται, λόγω φαινομένου επαγωγής, τρεις τάσεις U_{AN} , U_{BN} , U_{GN} . Οι τάσεις αυτές, λόγω συμμετρίας, είναι ίσες αλλά δεν είναι συμφασικές, παρουσιάζουν μεταξύ τους διαφορά φάσης 120^0 όπως φαίνεται στα Σχ.1.4.3.β και Σχ.1.4.3.γ.



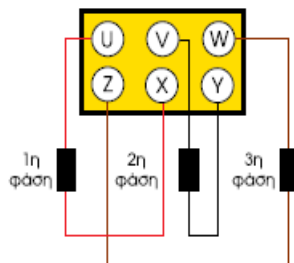
Σχ.1.4.3.β: Χρονική μεταβολή στιγμιαίων τιμών τάσεων.



Σχ.1.4.3.γ: Διανυσματικό διάγραμμα μέγιστων τιμών τάσεων.

1.4.4 Πολικά - Φασικά Μεγέθη

Κάθε τριφασική μηχανή έχει τρεις φάσεις (τυλίγματα) που φαίνεται στο Σχ.1.4.4.α.

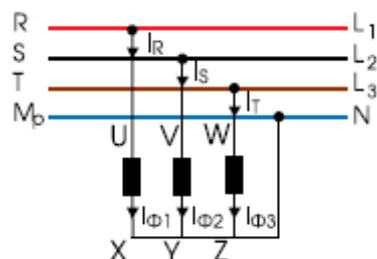


Σχ.1.4.4.α: Άκρα τριφασικής μηχανής.

Τα άκρα U,V,W χρησιμοποιούνται για να συνδέονται στο τριφασικό δίκτυο τροφοδοσίας L_1, L_2, L_3, N και να δίνουν ή να παίρνουν ισχύ (γεννήτριας, κινητήρα) και τα X,Y,Z για να δημιουργούν αλληλένδετο τριφασικό σύστημα. Υπάρχουν δύο τρόποι για να συνδεθούν οι τρεις φάσεις:

- Σύνδεση σε αστέρα (Y)

Ενώνοντας με χάλκινα λαμάκια τους ακροδέκτες X,Y,Z της μηχανής, συνδέουμε τα τυλίγματα σε αστέρα Y, όπως στο Σχ.1.4.4.β.

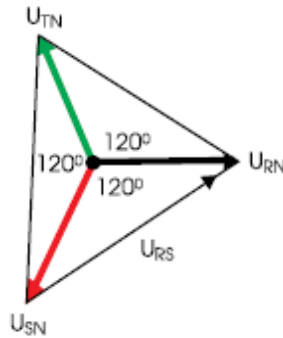


Σχ.1.4.4.β: Συνδεσμολογία αστέρα.

Η τάση στα άκρα μιας φάσης λέγεται φασική τάση και η τάση μεταξύ δύο γραμμών τροφοδοσίας, πολική τάση.

Στη συνδεσμολογία αστέρα παίρνοντας τυχαία μία φάση, π.χ. την 1^η φάση, παρατηρούμε ότι η φασική τάση είναι η τάση $U_{UX} = U_{RN}$. Από την τριγωνομετρική ανάλυση του Σχ.1.4.4.γ προκύπτει ότι $U_{RS} = \sqrt{3} \times U_{RN}$.

Δηλαδή: $U_{\text{πολική}} = \sqrt{3} \times U_{\text{φασική}}$

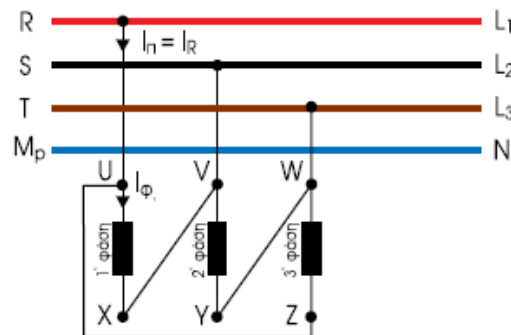


Σχ.1.4.4.γ: Πολικά - φασικά μεγέθη.

Το ρεύμα που παρέχεται στη 1^η φάση από το δίκτυο είναι I_R . Παρατηρώντας το Σχ.1.4.4.β προκύπτει: $I_R = I_{\Phi 1}$. Γενικεύοντας μπορούμε να γράψουμε: $I_{\text{φασικό}} = I_{\text{πολικό}}$ και σε συντομία: $I_{\Phi} = I_{\Pi}$.

- Σύνδεση σε τρίγωνο (Δ)

Ενώνοντας στη συνέχεια τους ακροδέκτες U με Z, V με X και W με Y συνδέουμε, τα τυλίγματα σε τρίγωνο (Δ) όπως φαίνεται στο Σχ.1.4.4.δ.



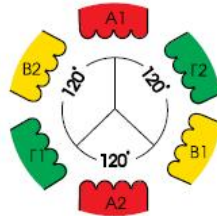
Σχ.1.4.4.δ: Συνδεσμολογία τριγώνου.

Στη συνδεσμολογία τριγώνου η φασική τάση $U_{UX} = U_{RS}$ δηλαδή $U_{\text{φασική}} = U_{\text{πολική}}$ σε συντομία: $U_{\Phi} = U_{\Pi}$.

Από την τριγωνομετρική ανάλυση των ρευμάτων προκύπτει: $I_{\text{πολικό}} = \sqrt{3} I_{\text{φασικό}}$ σε συντομία: $I_{\Pi} = \sqrt{3} I_{\Phi}$.

1.4.5 Στρεφόμενο Μαγνητικό Πεδίο

Ο στάτης κάθε ασύγχρονου τριφασικού κινητήρα αποτελείται από τρία τυλίγματα (Α,Β,Γ) που σχηματίζουν γωνίες 120° μεταξύ τους, όπως φαίνεται στο Σχ.1.4.5.α. Όταν εφαρμοσθεί εναλλασσόμενη τάση στο στάτη, έχουμε ροή ρεύματος μέσα από τα πηνία. Η μαγνητική ροή εξαρτάται από τη φορά του ρεύματος.



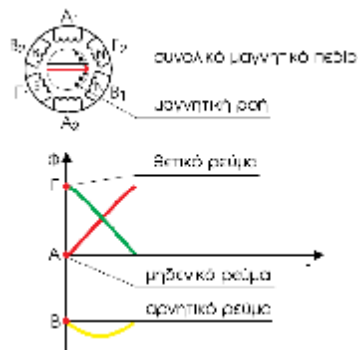
Σχ.1.4.5.α: Τριφασικό τύλιγμα στάτη.

Αν υποθέσουμε ότι θετική φορά ρεύματος δημιουργεί στα πηνία A_1, B_1, Γ_1 βόρειο μαγνητικό πόλο (B) και στα A_2, B_2, Γ_2 νότιο μαγνητικό πόλο (N), καταλήγουμε στον πίνακα:

Πηνίο	Φορά Ρεύματος	
	A_1	Θετική (+) Βόρειος (B)
A_2	Νότιος (N)	Βόρειος (B)
B_1	Βόρειος (B)	Νότιος (N)
B_2	Νότιος (N)	Βόρειος (B)
Γ_1	Βόρειος (B)	Νότιος (N)
Γ_2	Νότιος (N)	Βόρειος (B)

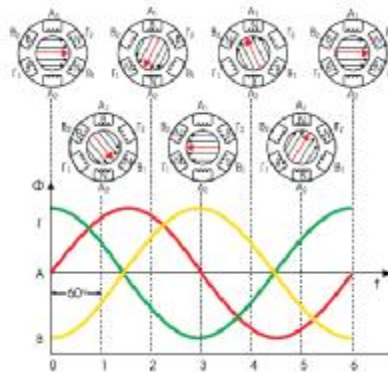
Πίνακας 1.4.5.α: Δημιουργία μαγνητικών πόλων

Τα τρία τυλίγματα του στάτη τροφοδοτούνται με τριφασικό ρεύμα. Για να γίνει κατανοητή η δημιουργία του μαγνητικού πεδίου επιλέγουμε τη χρονική στιγμή μηδέν ($t=0$). Το ρεύμα στο πηνίο Α είναι μηδέν, στο Β είναι αρνητικό και στο Γ θετικό. Με βάση τον προηγούμενο πίνακα τα B_1 και Γ_2 είναι νότιοι πόλοι και τα B_2 και Γ_1 βόρειοι πόλοι. Η δημιουργούμενη συνολική μαγνητική ροή φαίνεται στο Σχ.1.4.5.β.



Σχ.1.4.5.β: Δημιουργία μαγνητικής ροής.

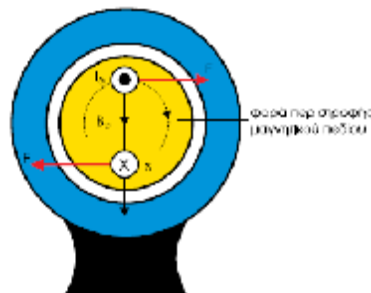
Αν με τον ίδιο τρόπο εξετάσουμε το δημιουργούμενο μαγνητικό πεδίο για τριφασικό σύστημα παροχής και για χρόνους που αντιστοιχούν σε γωνίες 60° , όταν το ρεύμα συμπληρώσει φάση 360° , το μαγνητικό πεδίο έχει περιστραφεί αντίστοιχα κατά 360° .



Σχ.1.4.5.γ: Στρεφόμενο μαγνητικό πεδίο.

1.4.6 Αρχή Λειτουργίας 3Φ Ασύγχρονου Κινητήρα

Στους ασύγχρονους κινητήρες, ο δρομέας είναι ηλεκτρικά ανεξάρτητος από το στάτη και δεν τροφοδοτείται με ρεύμα από το δίκτυο. Στα τρία τυλίγματα του στάτη δίνουμε τριφασικό ρεύμα και δημιουργείται το στρεφόμενο μαγνητικό πεδίο που τέμνει τις σπείρες του δρομέα. Στο δρομέα αναπτύσσονται επαγωγικά ρεύματα, με αποτέλεσμα τη δημιουργία μαγνητικής δύναμης Laplace που περιστρέφει το δρομέα, Σχ.1.4.6.α.



Σχ.1.4.6.α: Μαγνητικές δυνάμεις.

Η ταχύτητα περιστροφής n του κινητήρα είναι πάντοτε μικρότερη από τη σύγχρονη ταχύτητα n_s του στρεφόμενου μαγνητικού πεδίου. Αν υποθέσουμε ότι $n=n_s$, τότε δεν θα προλαβαίνει το μαγνητικό πεδίο να κόψει τους αγωγούς του δρομέα, δεν θα έχουμε επαγωγή και φυσικά θα μηδενισθεί η μαγνητική δύναμη και θα σταματήσει ο κινητήρας γιατί:

$$F=B_{\sigma}I_{\delta}l$$

όπου: F : μαγνητική δύναμη Laplace σε (N)

B_{σ} : μαγνητική επαγωγή στρεφόμενου μαγνητικού πεδίου σε (T)

I_{δ} : ρεύμα δρομέα από επαγωγή σε (A)

l : μήκος αγωγού δρομέα σε (m)

1.5 Υπολογισμός Υδραυλικής Εγκατάστασης

Έχουμε ένα αντλιακό συγκρότημα από το οποίο θέλουμε να μεταφέρουμε νερό. Η συνολική παροχή που επιθυμούμε είναι $30\text{m}^3/\text{h}$ σε ύψος 75m και μήκος 150m, όπου και αποθηκεύονται σε δεξαμενή. Για την μετέπειτα μεταφορά του νερού χρησιμοποιούνται 3 αντλίες, οι οποίες λειτουργούν ανά ζεύγη.

Από Πίνακα 1.5.α έχουμε ότι η αντίσταση τριβής εκροής εντός καινούργιων σιδηρωσωλήνων για παροχή $30\text{m}^3/\text{h}$ και για 3" σωλήνα είναι 5,4m ανά 100m. Ακόμη από Πίνακα 1.5.β βλέπουμε το ισοδύναμο μήκος των εξαρτημάτων που χρησιμοποιούνται. Αυτά είναι: 2 βαλβίδες αντεπιστροφής, 3 ανοιχτές γωνίες και 2 βάννες που αντιστοιχούν σε μέτρα:

- Καμπύλη ανοιχτή για 3" = 3m
- Βαλβίδα αντεπιστροφής για 3" = 5m
- Βάννα για 3" = 4m

ΠΑΡΟΧΗ m ³ /h	Διάμετροι σωλήνων εις ίντσες										
	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"	2 1/2"	3"	4"	5"	6"	8"	10"
5	24,5	9,2	4,2	1,4	0,5	0,3					
10	140,0	22,0	15,1	5,3	1,8	0,7	0,2				
15		66,0	31,0	10,3	3,6	1,6	0,4	0,1			
20			53,0	18,2	6,1	2,7	0,7	0,2			
25				28,1	9,4	3,9	0,9	0,3	0,1		
30				23,1	13,2	5,4	1,4	0,5	0,2		
35				52,8	17,7	7,3	1,8	0,6	0,25		
40				66,3	27,0	9,1	2,2	0,8	0,3		
45				28,0	11,6	3,9	1,0	0,4			
50				34,0	13,9	3,4	1,2	0,5			
60					19,7	4,9	1,7	0,7	0,2		
70					26,1	6,4	2,1	0,8	0,25		
80					35,8	8,0	2,7	0,9	0,3		
90					16,4	3,5	1,4	0,4			
100					12,4	4,2	2,1	0,5	0,2		
120					17,7	5,6	2,4	0,6	0,2		
140					24,0	6,8	3,3	0,8	0,3	0,1	
160					20,4	9,9	4,1	1,0	0,4	0,2	
180						13,8	5,2	1,3	0,5	0,2	
200							18,7	6,5	1,6	0,6	0,3
250								9,3	2,3	0,8	0,3
300									12,7	3,1	1,1
350										4,4	1,5
400	ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ										
450	Οι έδαφμοι καοετοθν τής άεοάεας μανομετρικού ύγους										
500	διά 100 μέτρα εάθουράμμου κανομοετός σάθμοε σωλήμοε										
600	διά μεταεμοεομώμοε άλλοε καθηεοεε σωλήμοε ή άεοάεο										
700	άδνα 10% εια 50% μολαεάεο										
800	(άέμοαεάεα δια μολαεοε και μολαεάεα δια μολαεοε κα-										
900	λήμοε)										
										14,1	4,5

Πίνακας 1.5.α: Αντιστάσεις τριβής εκροής ύδατος εντός καινούργιων σιδηρωσωλήνων.

Βαλβίς άναρροφ.	3	3	3	4	5	5	6	7	8	11	13	15
Καμπύλη άνοικ.	1	1	2	2	2	3	3	3	4	4	5	5
Καμπύλη χλεις.	2	3	3	4	4	5	5	6	6	8	9	11
Βάννα	2	2	3	3	3	4	4	4	5	6	6	7

Πίνακας 1.5.β: Ισοδύναμο μήκος σωλήνων σε μέτρα.

Υπολογισμός αντίστασης σωλήνας και εξαρτημάτων

$$H_u = 150 \times (5,4/100) + (2 \times 3) + (3 \times 3) + (2 \times 4) = 31,1 \text{ m.}$$

Οπότε το συνολικό μανομετρικό ύψος είναι:

$$H = H_{\text{δεξαμενών}} + H_u = 75 + 31,1 = 106,1 \text{ m.}$$

Αν η συνολική παροχή είναι $30 \text{ m}^3/\text{h}$ και η μεταφορά γίνεται με δύο αντλίες τότε θα πρέπει αυτές να μπορούν να μεταφέρουν $15 \text{ m}^3/\text{h}$ η κάθε μια αντλία. Άρα η ισχύς της αντλίας πρέπει να είναι:

$$N = (Q \times H) / 270 = (15 \times 106,1) / 270 = 1.591,5 / 270 = 5,89 \text{ Hp.}$$

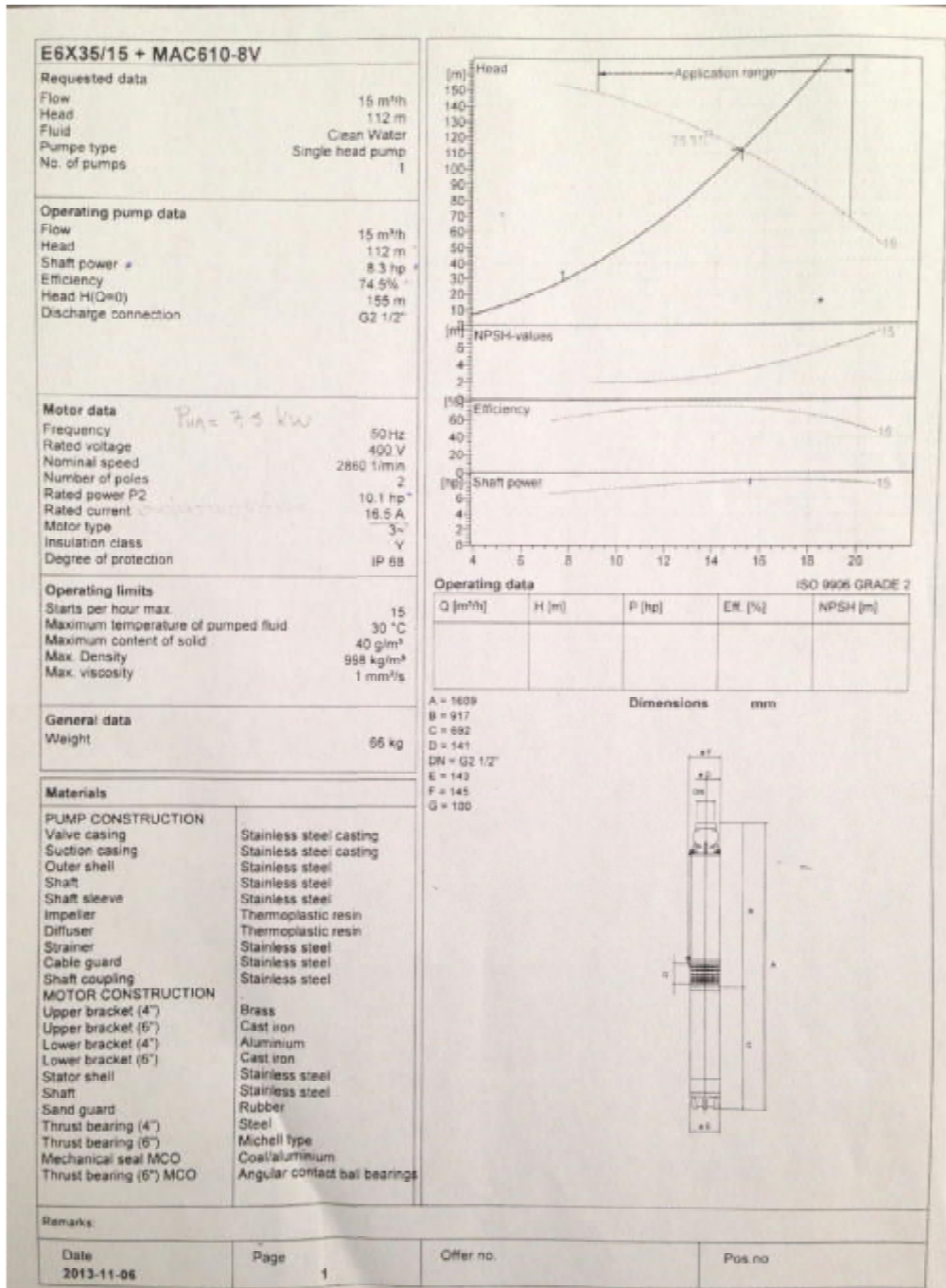
Κάνοντας τη μετατροπή σε Kw έχουμε $P_{\text{MHX}} = N \times 0,746 = 4,397 \text{ Kw.}$

Σύμφωνα όμως με τα τεχνικά χαρακτηριστικά της αντλίας, η οποία είναι κατασκευασμένη από την εταιρία Carpari, έχουμε ένα βαθμό απόδοσης της τάξεως του 74,5%. Άρα η $P_{\text{MHX}}' = P_{\text{MHX}} / 0,745 = 5,9 \text{ Kw.}$

Στη συνέχεια πρέπει να γίνει ο προσδιορισμός του κατάλληλου κινητήρα. Στα τεχνικά χαρακτηριστικά που μας δίνει η εταιρία μας προτείνεται ένας κινητήρας 10,1Hp, ο οποίος αντιστοιχεί σε 7,53Kw ηλεκτρικής ισχύς ($10,1 \times 0,746 = 7,53 \text{ Kw}$).

Το ρεύμα που τραβάει ο κινητήρας στο ονομαστικό του φορτίο δίνεται από τα τεχνικά χαρακτηριστικά και είναι της τάξεως των 16,5 A.

Στοιχεία Αντλίας και Ηλεκτροκινητήρα



Κεφάλαιο 2

Ηλεκτρική Εγκατάσταση

2.1. Περιγραφή Εξοπλισμού Κύριου Κυκλώματος

Τα βασικά εξαρτήματα που αποτελούν το κύριο κύκλωμα για την εκκίνηση και τη μόνιμη λειτουργία του ηλεκτροκινητήρα της αντλίας είναι:

- οι Ηλεκτρονόμοι (Ρελέ)
- οι Βοηθητικές Επαφές
- τα Θερμικά
- τα Χρονικά

2.1.1. Ηλεκτρονόμοι (Ρελέ)

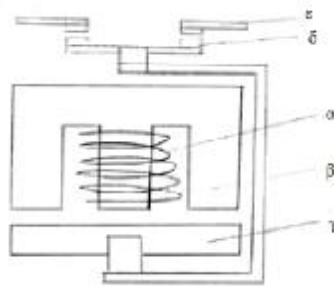
Οι ηλεκτρονόμοι (Ρελέ) αποτελούν βασικό στοιχείο στα κυκλώματα του κλασσικού αυτοματισμού. Με την χρήση των ηλεκτρονόμων έχουμε την δυνατότητα να συνδέουμε και να αποσυνδέουμε μεγάλα φορτία στα ελεγχόμενα κυκλώματα (κυκλώματα ισχύος), όχι με άμεσο τρόπο, αλλά έμμεσα με τον χειρισμό βοηθητικών κυκλωμάτων (ή κυκλωμάτων αυτοματισμού), τα οποία μπορούν να λειτουργούν με τάση ανεξάρτητη της τάσεως λειτουργίας των ελεγχόμενων φορτίων.

Αυτό μας παρέχει την δυνατότητα να ελέγχουμε μεγάλα φορτία από απόσταση και με συνθήκες υψηλής ασφάλειας, αφού μπορούμε να επιλέξουμε μία χαμηλή τάση, ως τάση λειτουργίας του κυκλώματος αυτοματισμού.



Σχ.2.1.1.α: Κύριο Ρελέ.

Στο παρακάτω σχήμα μπορούμε να διακρίνουμε τα μέρη, από τα οποία αποτελείται ένας ηλεκτρονόμος.



Σχ.2.1.1.β: Εσωτερική δομή κύριου ρελέ.

i. Πηνίο (α)

Το πηνίο αποτελεί την καρδιά του ηλεκτρονόμου. Όταν το πηνίο βρεθεί υπό τάση, δημιουργεί γύρω του μαγνητικό πεδίο. Η τάση λειτουργίας του πηνίου είναι ανεξάρτητη από την τάση λειτουργίας των ελεγχόμενων φορτίων δηλ. του κυκλώματος ισχύος. Στο εμπόριο μπορούμε να βρούμε ηλεκτρονόμους, των οποίων το πηνίο λειτουργεί, είτε με εναλλασσόμενο ρεύμα (AC), είτε με συνεχές ρεύμα (DC) και με διάφορες τάσεις όπως 380 V, 220 V, 110 V, 42 V, 24 V, 12 V.

ii. Μαγνήτης (β)

Ο μαγνήτης είναι μία σιδερένια μάζα και αποτελεί τον πυρήνα τον ηλεκτρομαγνήτη, που δημιουργείται , όταν το πηνίο του ηλεκτρονόμου βρεθεί υπό τάση. Σκοπός αυτού του ηλεκτρομαγνήτη είναι να μετατρέπει την ηλεκτρική ενέργεια σε μηχανική, έλκοντας προς αυτόν τον οπλισμό του ηλεκτρονόμου.

iii. Οπλισμός (γ)

Αποτελεί το κινητό μέρος του ηλεκτρονόμου, το οποίο κάτω από την επίδραση του ηλεκτρομαγνήτη έλκεται προς το μέρος του. Αυτή η κίνηση του οπλισμού μεταφέρεται με κατάλληλη μηχανική σύνδεση και στις κινητές επαφές του ηλεκτρονόμου.

iv. Κινούμενες Επαφές (δ)

Η κίνηση των επαφών αυτών, που επιτυγχάνεται, όπως περιγράψαμε ανωτέρω, έχει σαν σκοπό να δημιουργήσει αγωγίμη σύνδεση μεταξύ των σταθερών επαφών του ηλεκτρονόμου. Είναι φανερό από το σχήμα, ότι όταν οι κινητές επαφές κινηθούν μέχρι να έλθουν σε επαφή με τις σταθερές επαφές Α και Β, τότε θα έχουν αποκαταστήσει την αγωγίμη σύνδεση των επαφών Α και Β.

v. Σταθερές ή Κύριες Επαφές (ε)

Στις σταθερές ή κύριες επαφές των ηλεκτρονόμων συνδέονται οι αγωγοί τροφοδοσίας των φορτίων. Ένα φορτίο, το οποίο τροφοδοτείται μέσω ενός ηλεκτρονόμου, είναι σε κατάσταση ηρεμίας (δηλ. δεν λειτουργεί), όταν ο ηλεκτρονόμος είναι σε κατάσταση ηρεμίας (δηλ. όταν το πηνίο του δεν βρίσκεται υπό τάση) γιατί δεν υπάρχει αγωγίμη σύνδεση μεταξύ των σταθερών επαφών Α και Β. Αντιθέτως ένα φορτίο βρίσκεται σε κατάσταση λειτουργίας, όταν το πηνίο του ηλεκτρονόμου βρίσκεται υπό τάση γιατί τότε έχει αποκατασταθεί η αγωγίμη σύνδεση μεταξύ των σταθερών επαφών Α και Β.

Τόσο οι σταθερές, όσο και οι κινητές επαφές κατασκευάζονται έτσι ώστε να παρουσιάζουν αυξημένη αντοχή λόγω των πολλαπλών χειρισμών, στους οποίους υπόκεινται

και είναι χάλκινες με επικάλυψη από ασήμι για να μην φθείρονται εύκολα. Η τιμή της εντάσεως του ρεύματος, το οποίο μπορεί να διέρχεται μέσω αυτών των επαφών σε μόνιμη λειτουργία, είναι κατασκευαστικό χαρακτηριστικό των ηλεκτρονόμων και προσδιορίζεται ως ονομαστική ένταση λειτουργίας των ηλεκτρονόμων.

Η λειτουργία του βασίζεται στο μαγνητικό πεδίο που δημιουργείται όταν το πηνίο (α) του ηλεκτρονόμου βρεθεί υπό τάση. Η σιδερένια μάζα επί της οποίας έχει τοποθετηθεί το πηνίο, ευρισκόμενη εντός του μαγνητικού πεδίου γίνεται μαγνήτης (β) και αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την έλξη του οπλισμού (γ) του ηλεκτρονόμου προς τον μαγνήτη. Αυτή η κίνηση του οπλισμού μεταφέρεται με κατάλληλη μηχανική σύνδεση στις κινητές επαφές (δ) του ηλεκτρονόμου, η κίνηση των οποίων έχει σαν αποτέλεσμα την αγωγή της σύνδεσης των σταθερών ή κύριων επαφών Α και Β (ε) μέσω των οποίων τροφοδοτείται το ελεγχόμενο φορτίο.

Τα βασικά στοιχεία τα οποία χαρακτηρίζουν ένα ηλεκτρονόμο είναι τα παρακάτω:

- i. Το ονομαστικό ρεύμα λειτουργίας του δηλ. το ρεύμα το οποίο μπορεί να διέρχεται μέσω των κυρίων επαφών του σε μόνιμη λειτουργία.
- ii. Η τάση λειτουργίας του πηνίου του. Όπως έχουμε αναφέρει παραπάνω το πηνίο μπορεί να λειτουργεί σε διάφορες τάσεις.
- iii. Ο αριθμός και το είδος των βοηθητικών επαφών π.χ. δύο επαφές εργασίας (NO) και δύο επαφές ηρεμίας (N.C).
- iv. Η συχνότητα των χειρισμών ανά ώρα που μπορεί να δεχθεί ο ηλεκτρονόμος.

2.1.2. Βοηθητικές Επαφές

Στους ηλεκτρονόμους υπάρχουν, εκτός των κυρίων επαφών και άλλες επαφές, οι οποίες ονομάζονται βοηθητικές επαφές. Σε κατάσταση ηρεμίας των ηλεκτρονόμων αυτές οι επαφές είναι, είτε ανοικτές (N.O), είτε κλειστές (N.C) και αλλάζουν κατάσταση, όταν ο ηλεκτρονόμος ενεργοποιηθεί, δηλ. οι ανοικτές επαφές κλείνουν, ενώ οι κλειστές ανοίγουν και παραμένουν σ' αυτή την κατάσταση για όσο χρόνο ο ηλεκτρονόμος παραμένει ενεργοποιημένος. Μόλις ο ηλεκτρονόμος απενεργοποιηθεί οι βοηθητικές επαφές επανέρχονται στην αρχική τους κατάσταση δηλ. σε κατάσταση ηρεμίας.

Σε αντίθεση με τις κύριες επαφές, το ρεύμα το οποίο μπορεί να διέρχεται μέσω των βοηθητικών επαφών είναι μικρό (2 - 6 Α). Οι βοηθητικές επαφές δεν χρησιμοποιούνται ποτέ στα κυκλώματα ισχύος αλλά μόνο στα κυκλώματα αυτοματισμού. Χρησιμοποιούνται για να ανάβουν διάφορες ενδεικτικές λυχνίες, για να θέτουν σε λειτουργία συστήματα συναγερμού, για να αυτοσυγκρατούν τους ηλεκτρονόμους, για να μανδαλώνουν ηλεκτρικά τους ηλεκτρονόμους και γενικά για την επίτευξη των απαιτούμενων αυτοματισμών.

Οι βοηθητικές επαφές μπορούν να διακριθούν ανάλογα με τον τρόπο που λειτουργούν στα παρακάτω είδη.

i. Επαφές Εργασίας S ή N.O (Normally Open)

Είναι επαφές που σε κατάσταση ηρεμίας είναι ανοικτές και οι οποίες κλείνουν, όταν ενεργοποιηθεί ο ηλεκτρονόμος. Συμβολίζονται με διψήφιους αριθμούς που λήγουν σε 3 και 4 π.χ. 13 - 14, 23 - 24 κλπ. Στον συμβολισμό αυτό το πρώτο ψηφίο κάθε αριθμού σημειώνει την σειρά της βοηθητικής επαφής στο κύκλωμα, ενώ το δεύτερο το είδος της.

ii. Επαφές Ηρεμίας Ο ή N.C (Normally Closed)

Είναι επαφές που σε κατάσταση ηρεμίας είναι κλειστές και οι οποίες ανοίγουν, όταν ενεργοποιηθεί ο ηλεκτρονόμος. Συμβολίζονται με διηγήριους αριθμούς που λήγουν σε 1 και 2 π.χ. 11 - 12, 21 - 22 κλπ.

iii. Πρόωρες Επαφές Εργασίας (Early N.O)

Είναι επαφές που σε κατάσταση ηρεμίας είναι ανοικτές και οι οποίες κλείνουν, όταν ενεργοποιηθεί ο ηλεκτρονόμος. Η διαφορά τους με τις απλές επαφές εργασίας (N.O) είναι ότι αυτές (δηλ. οι Early N.O) κλείνουν πιο γρήγορα (νωρίτερα).

iv. Επαφές Ηρεμίας Με Καθυστέρηση (Late N.C)

Είναι επαφές που σε κατάσταση ηρεμίας είναι κλειστές και οι οποίες ανοίγουν, όταν ενεργοποιηθεί ο ηλεκτρονόμος. Η διαφορά τους με τις απλές επαφές ηρεμίας (N.C) είναι ότι αυτές (δηλ. οι Late N.C) ανοίγουν αργότερα (με καθυστέρηση).

v. Μεταγωγικές Επαφές

Είναι ένας συνδυασμός μίας επαφής εργασίας (N.O) και μίας επαφής ηρεμίας (N.C), που αλλάζουν κατάσταση μόλις ενεργοποιηθεί ο ηλεκτρονόμος. Αυτές οι δύο επαφές έχουν το ένα άκρο τους κοινό.

vi. Επαφές Με Επικάλυψη

Είναι ένας συνδυασμός μιας πρόωρης επαφής εργασίας (Early N.O) και μίας επαφής ηρεμίας με καθυστέρηση (Late N.C), που αλλάζουν κατάσταση μόλις ενεργοποιηθεί ο ηλεκτρονόμος. Χαρακτηριστικό αυτών των επαφών είναι, ότι υπάρχει κάποιο χρονικό διάστημα στο οποίο και τα δύο άκρα της επαφής είναι συνδεδεμένα στο κοινό άκρο.

2.1.3. Θερμικό και Θερμομαγνητικό

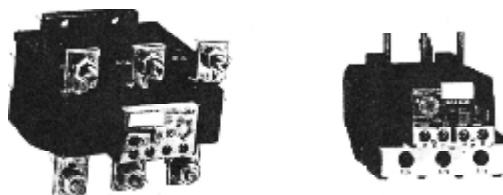
i. Περιγραφή Λειτουργίας Θερμικού

Κατά την λειτουργία των κινητήρων το ρεύμα, το οποίο διαρρέει τους τροφοδοσίας τους σε κανονικές συνθήκες λειτουργίας, είναι ίσο με ρεύμα λειτουργίας των κινητήρων. Υπάρχουν όμως περιπτώσεις κατά τις οποίες, είτε για μηχανικούς λόγους (αυξημένες τριβές, υπερβάλλον φορτίο κ.λπ.) είτε λόγω βλάβης των τυλιγμάτων του κινητήρα το ρεύμα το οποίο θα διαρρέει το κύκλωμα είναι μεγαλύτερο του κινητήρα.

Αυτή η κατάσταση ονομάζεται υπερφόρτιση ή υπερένταση και ασφαλώς πρέπει να ελέγχεται και να διακόπτεται το κύκλωμα τροφοδοσίας του κινητήρα γιατί διαφορετικά θα δημιουργηθούν βλάβες τόσο στον κινητήρα όσο και στο κύκλωμα τροφοδοσίας του.

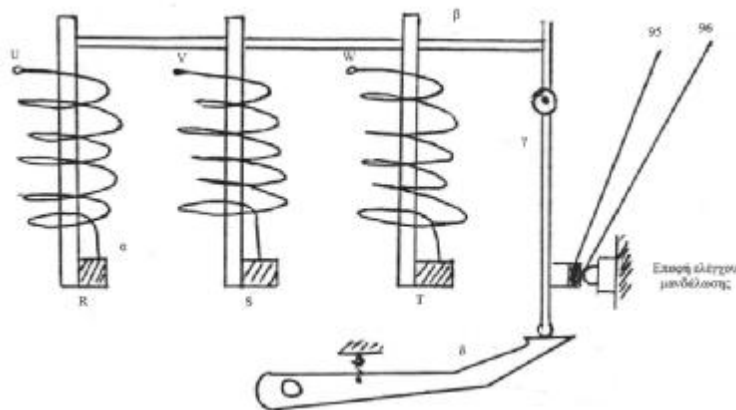
Στο σημείο αυτό πρέπει να τονίσουμε, ότι οι ασφάλειες βραδείας τήξεως που προστατεύουν το κύκλωμα τροφοδοσίας του κινητήρα από βραχυκυκλώματα δεν παρέχουν προστασία έναντι υπερεντάσεων, διότι όπως προκύπτει από τις χαρακτηριστικές καμπύλες λειτουργίας αυτών των ασφαλειών, ο χρόνος που θα χρειαστεί για να ενεργοποιηθούν είναι εξαιρετικά μεγάλος ιδιαίτερα για μικρές υπερεντάσεις.

Για την προστασία των κινητήρων από υπερεντάσεις χρησιμοποιούμε στα κυκλώματα τροφοδοσίας αυτών ειδικούς μηχανισμούς που ονομάζονται θερμικά.



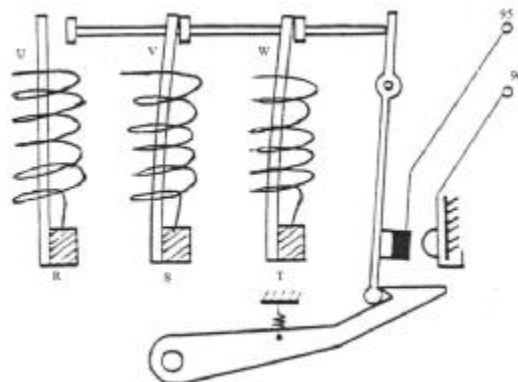
Σχ.2.1.3.α: Θερμικά.

Το θερμικό αποτελείται από τρία διμεταλλικά ελάσματα (α) γύρω από τα οποία περνούν οι φάσεις πριν τροφοδοτήσουν τον κινητήρα. Ένας πλαστικός άξονας (β) συνδέει μηχανικά τα 3 διμεταλλικά ελάσματα και μέσω ενός βραχίονα (γ) μπορεί να ανοίξει την επαφή ελέγχου 95-96. Η μηχανική μανδάλωση (δ) που υπάρχει δεν επιτρέπει την αυτόματη επαναφορά του βραχίονα στην αρχική του θέση, έτσι ώστε η επαφή 95-96 δεν ξανακλείνει αυτόματα, παρά μόνο με χειροκίνητη επαναφορά.



Σχ.2.1.3.β: Κλειστή επαφή ελέγχου.

Όταν ο κινητήρας λειτουργεί με κανονικές συνθήκες δηλ. όταν το ρεύμα διαρρέει τους αγωγούς τροφοδοσίας του είναι ίσο με το ονομαστικό ρεύμα λειτουργίας του, τότε τα διμεταλλικά ελάσματα του θερμικού βρίσκονται στην θέση που φαίνονται στο Σχ.2.1.3.β και η επαφή ελέγχου 95-96 είναι κλειστή.



Σχ.2.1.3.γ: Ανοιχτή επαφή ελέγχου.

Ας υποθέσουμε ότι για οποιοδήποτε λόγω περνά από τους αγωγούς τροφοδοσίας του κινητήρα μεγαλύτερο ρεύμα (υπερένταση). Σε αυτή την περίπτωση τα διμεταλλικά ελάσματα (α) θα θερμανθούν και λόγω του διαφορετικού συντελεστή διαστολής των δύο μετάλλων από τα οποία αποτελούνται τα διμεταλλικά θα λυγίσουν.

Θα πρέπει να σημειώσουμε, ότι για την λειτουργία τον θερμικού αρκεί η κάμψη και του ενός μόνο διμεταλλικού ελάσματος.

Αυτό θα έχει σαν αποτέλεσμα την μετακίνηση του πλαστικού άξονα (β), ο οποίος μέσω του βραχίονα (γ) θα ανοίξει την επαφή ελέγχου 95-96, στο κύκλωμα αυτοματισμού.

Μόλις ανοίξει η επαφή 95-96 θα διακοπεί η τροφοδοσία του πηνίου (Σχ.2.1.3.γ) και ο ηλεκτρονόμος θα απενεργοποιηθεί με αποτέλεσμα τη διακοπή τροφοδοσίας του κινητήρα και το σταμάτημα του.

Το μανδάλωμα του βραχίονα (δ) δεν επιτρέπει το αυτόματο κλείσιμο της επαφής 95-96. Το κλείσιμο της επαφής 95-96 επιτυγχάνεται με χειροκίνητη επαναφορά, αφού πρώτα ελεγχθεί και αποκατασταθεί η αιτία που προκάλεσε την υπερένταση στο κύκλωμα.

ii. Περιγραφή Θερμομαγνητικού

Το θερμομαγνητικό κάνει την ίδια δουλειά με το θερμικό αλλά δεν απαιτεί την ύπαρξη ρελέ για τον έλεγχο του μοτέρ η οποία γίνεται από τα πλήκτρα start και stop που διαθέτει.

Οι αντίστοιχες επαφές 95-96 και 97-98 δεν είναι στο κύριο σώμα του αλλά πωλούνται ξεχωριστά και κουμπώνουν στα πλάγια του θερμομαγνητικού.

Η κύρια διαφορά του με το θερμικό είναι η άμεση διακοπή της τροφοδοσίας του ρεύματος χωρίς να απαιτείται κύκλωμα αυτοματισμού.



Σχ.2.1.3.δ: Θερμομαγνητικό.

2.1.4. Μικροαυτόματοι Διακόπτες

Οι πιο συνηθισμένες καταστάσεις που καταπονούν τα ηλεκτρικά κυκλώματα μιας ηλεκτρολογικής εγκατάστασης είναι το βραχυκύκλωμα και η υπερφόρτιση. Βραχυκύκλωμα έχουμε στην περίπτωση της άμεσης επαφής δύο σημείων ενός κυκλώματος που έχουν μεταξύ τους διαφορετικά δυναμικά. Στην περίπτωση του βραχυκυκλώματος, το ρεύμα που διαρρέει το ηλεκτρικό κύκλωμα φτάνει σε πολύ υψηλές τιμές.

Στην υπερφόρτισης, το ρεύμα που διέρχεται από τα κυκλώματα αυτά έχει τιμή μεγαλύτερη από αυτήν για την οποία έχουν σχεδιαστεί. Για την προστασία των ηλεκτρικών γραμμών το πρότυπο ΕΛΟΤ HD 384 επιβάλλει την τοποθέτηση στα ηλεκτρικά κυκλώματα μιας ασφαλιστικής διάταξης, η οποία θα προστατεύσει τα ηλεκτρικά κυκλώματα σε περίπτωση που το ρεύμα ξεπεράσει ένα συγκεκριμένο όριο.

Η προστασία των αγωγών από υπερεντάσεις μπορεί να πραγματοποιηθεί με τη χρησιμοποίηση διατάξεων που προστατεύουν ταυτόχρονα από υπερφόρτιση και από βραχυκύκλωμα. Στην κατηγορία αυτή ανήκουν οι μικροαυτόματοι διακόπτες, οι οποίοι είναι εφοδιασμένοι τόσο με θερμικό στοιχείο για την προστασία από υπερφορτίσεις όσο και με μαγνητικό στοιχείο για την προστασία έναντι βραχυκυκλωμάτων. Έτσι, όταν το ρεύμα που διαρρέει το κύκλωμα είναι για κάποιο μικρό χρονικό διάστημα μεγαλύτερο από την ονομαστική ένταση του μικροαυτόματου, ενεργοποιείται το θερμικό στοιχείο και προκαλεί την απόζευξη του διακόπτη ενώ στην περίπτωση βραχυκυκλώματος ενεργοποιείται το μαγνητικό στοιχείο και έχουμε ακαριαία απόζευξη του μικροαυτόματου.

Τα βασικά μέρη ενός μικροαυτόματου διακόπτη είναι:

- η κινητή επαφή
- η σταθερή επαφή
- το ελατήριο
- το θερμικό στοιχείο
- το ηλεκτρομαγνητικό στοιχείο
- το θάλαμο σβέσης τόξου

Τα κυρία τεχνικά χαρακτηριστικά ενός μικροαυτόματου είναι η ονομαστική τιμή έντασης λειτουργίας του ρεύματος, η τάση λειτουργίας, η ένταση ρεύματος διακοπής και η χαρακτηριστική καμπύλη χρόνου-ρεύματος. Η ονομαστική τιμή έντασης του ρεύματος αφορά τη μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή που μέχρι τότε ο μικροαυτόματος δεν ενεργοποιείται. Οι τυποποιημένες τιμές της ονομαστικής έντασης των μικροαυτόματων είναι: 0.2, 0.3, 0.5, 0.75, 1, 1.6, 2, 3, 4, 6, 8, 10, 16, 20, 25, 32, 40, 50 και 63 A και οι κατηγορίες βάση των χαρακτηριστικών χρόνου-ρεύματος είναι: A, B, C, D.

Οι μικροαυτόματοι που η χαρακτηριστική τους καμπύλη είναι τύπου A τοποθετούνται σε κυκλώματα τηλεχειρισμών και για προστασία ημιαγωγών.

Οι μικροαυτόματοι που η χαρακτηριστική τους καμπύλη είναι τύπου B χρησιμοποιούνται σε κυκλώματα φωτισμού για την προστασία αγωγών και καλωδίων.

Οι μικροαυτόματοι που η χαρακτηριστική τους καμπύλη είναι τύπου C χρησιμοποιούνται για την προστασία αγωγών και καλωδίων και το πλεονέκτημα του είναι ότι χρησιμοποιείται σε συσκευές που χρειάζονται υψηλά ρεύματα εκκίνησης, όπως είναι οι κινητήρες.

Οι μικροαυτόματοι που η χαρακτηριστική τους καμπύλη είναι τύπου D χρησιμοποιούνται σε συσκευές που παράγουν ισχυρά μαγνητικά πεδία, όπως στους μετασχηματιστές.

Ακόμα αναφέρουμε ότι εκτός των κατηγοριών μικροαυτόματων που αναφέρθηκαν, υπάρχουν και μικροαυτόματοι οι οποίοι είναι εφοδιασμένοι με μόνιμο μαγνήτη, ο οποίος σκοπό έχει την ταχύτερη σβέση του τόξου που αναπτύσσεται κατά την ζεύξη ή την απόζευξη ενός φορτίου, σε αυτού του τύπου τους διακόπτες ισχύος, πρέπει να γίνεται σωστή σύνδεση όσον αφορά την πολικότητα και τη φορά ροής του ρεύματος.

Τέλος, οι σύγχρονοι μικροαυτόματοι έχουν τη δυνατότητα της παράλληλης λειτουργίας με άλλες διατάξεις που ενσωματώνονται στο πλάι τους, και τέτοιες διατάξεις είναι:

- Η διάταξη βοηθητικής επαφής.
- Η διάταξη επαφής σήμανσης.
- Η διάταξη πηνίου έλλειψης τάσης.
- Η διάταξη πηνίου εργασίας.

Στην ελληνική αγορά υπάρχουν πληθώρα εταιριών-αντιπροσώπων που προωθούν στο εμπόριο τους μικροαυτόματους διακόπτες.

Είναι σημαντικό, για την επιλογή και αγορά ενός μικροαυτόματου διακόπτη να γνωρίζουμε για πια χρήση των χρειάζομαστε.

Όλοι οι μικροαυτόματοι διακόπτες κατασκευάζονται βάσει προτύπων όπως VDE, KEMA KEUR, SEMKO, FIMKO, ΚΔΕΠ, CSA, CB, CE, ASTA, CPA, SIRIUM, SPRING, AENOR, SNI, EDD, κλπ.



Σχ.2.1.4.α: Μορφή μικροαυτόματων διακοπών.

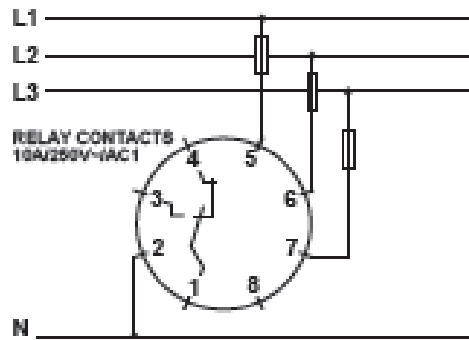
2.1.5. Επιτηρητής Ασυμμετρίας 3 Φάσεων

Χρησιμοποιείται για την προστασία ασύγχρονων τριφασικών κινητήρων από ανωμαλίες του δικτύου διανομής ηλεκτρικού ρεύματος. Χαρακτηριστική περίπτωση εφαρμογής του είναι η προστασία υποβρύχιων αντλιών. Επιτηρεί την τάση του τριφασικού δικτύου ως προς την απώλεια μίας ή περισσότερων φάσεων ή του ουδέτερου, την ασυμμετρία των τριών φάσεων (ρυθμιζόμενη 5 - 25%), την υπέρταση και υπόταση τους. Απαιτεί την χρήση ουδέτερου.

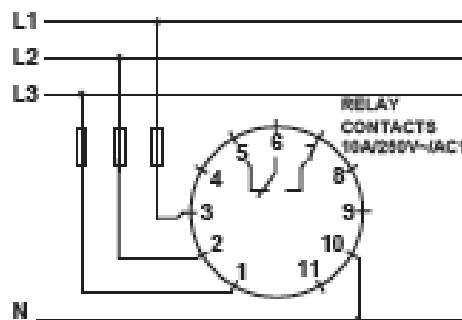
Το ρελέ του επιτηρητή ενεργοποιείται όταν και οι τρεις φάσεις του δικτύου δεν αποκλίνουν μεταξύ τους περισσότερο από την ρυθμιζόμενη τιμή και δεν ξεπερνούν προς τα πάνω τα 270V AC (φασική τάση). Σε κάθε διαφορετική περίπτωση, καθώς και σε περίπτωση ολικής απώλειας κάποιας φάσης (κάτω από 130V AC φασική τάση), το ρελέ απενεργοποιείται. Είναι ψηφιακός και λειτουργεί με μικροελεγκτή.



Σχ.2.1.5.α: Επιτηρητής ασυμμετρίας 3 φάσεων.



Σχ.2.1.5.β: Συνδεσμολογία επιτηρητή με ρελέ μονής επαφής (8p).



Σχ.2.1.5.γ: Συνδεσμολογία επιτηρητή με ρελέ διπλής επαφής (11p).

2.1.6. Καλώδια

i. Αγωγοί Καλωδίων

Οι αγωγοί κατασκευάζονται συνήθως από χαλκό και σπάνια από αλουμίνιο. Γίνεται χρήση του αλουμινίου σαν αγωγού, σε καλώδια διατομών συνήθως άνω των 35mm^2 . Πλεονέκτημα του αλουμινίου σε σχέση με το χαλκό είναι η χαμηλή τιμή του καλωδίου και το μικρότερο βάρος. Μειονέκτημα του αλουμινίου είναι ότι δεν συγκολλάται με μαλακή κόλληση χαμηλού σημείου τήξης, π.χ. κασσιτεροκόλληση, και ότι διαβρώνεται ευκολότερα λόγω ηλεκτροχημικών δράσεων. Ωστόσο, επειδή οι ακροδέκτες των καλωδίων συνήθως συμπίεζονται, ή πρέπει να συμπίεζονται, πάνω στους αγωγούς, η ικανότητα συγκόλλησης δεν παίζει σημαντικό ρόλο.

Η διατομή των αγωγών είναι στρογγυλή. Για πολυπολικά καλώδια μεγάλων διατομών ($>35\text{mm}^2$) χρησιμοποιούνται και διατομές κυκλικού τομέα (τριγωνικές, χαρακτηρίζονται με S). Όσον αφορά την ευκαμψία, έχουμε αγωγούς, οι οποίοι χαρακτηρίζονται κατά IEC 60 228 ως εξής (κωδικός σε παρένθεση):

- μονόκλωνους (U), πολύκλωνους (R),
- υψηλής ευκαμψίας πολύκλωνους (K), υπερυψηλής ευκαμψίας (F).

Αγωγούς υψηλής και υπερυψηλής ευκαμψίας χρησιμοποιούμε σε καλώδια για συγκολλήσεις, για κινητές συσκευές, γερανούς κ.λπ., εκεί ποτ το καλώδιο υπόκειται σε συνεχείς κάμψεις.

ii. Μονωτικά Καλωδίων

Το μονωτικό και το πάχος του προσδιορίζει την ηλεκτρική του αντοχή του καλωδίου σε τάση, αλλά και την επιτρεπόμενη ένταση του ρεύματος φόρτισης του αγωγού. Το μέγιστο επιτρεπόμενο ρεύμα είναι συνάρτηση της θερμοκρασίας στην οποία αντέχει το μονωτικό. Σε ειδικές συνθήκες περιβάλλοντος, π.χ. σε φούρνους και σε φωτιστικά, γίνεται χρήση ειδικών μονωτικών όπως ελαστικού σιλικόνης ή οξικού βινυλαιθυλίου (EVA), που αντέχουν συνεχώς σε υψηλές θερμοκρασίες (>90 °C).

Με μικρές εξαιρέσεις, σε εγκαταστάσεις γίνεται χρήση καλωδίων με τα μονωτικά του πιο κάτω πίνακα με τους κωδικούς τους κατά «HD 361 .S2» όπου μέσα σε παρένθεση αναφέρεται μια κατά VDE 0250 κωδική σημασία που ακολουθείται από πολλούς και στην Ελλάδα.

Στη χαμηλή τάση, σε παλιές εγκαταστάσεις ισχύος συναντά κανείς σπάνια καλώδια με μόνωση χαρτιού με παχύρρευστη μάζα.

Από αυτά τα μονωτικά του πίνακα το PVC χρησιμοποιείται σχεδόν αποκλειστικά για μόνιμες ή όχι εγκαταστάσεις κάτω από κανονικές συνθήκες.

Εκτός από την κύρια μόνωση, έχουμε και την εξωτερική μόνωση (ή μανδύα) που γίνεται συνήθως ή από PVC ή από πολυχλωροπρένιο (= νεοπρένιο) ή από πολυαιθυλένιο ή από χλωροπρένιο.

Μονωτικά καλωδίων χαμηλής τάσης		Συνεχώς/βραχέως επιτρεπόμενες θερμοκρασίες
Πολυβινυλοχλωρίδιο PVC, V	: (Y)	70°/170 °C
Ελαστικό σιλικόνης, S	: (2G)	180°/350 °C
Ελαστικό μύγμα, R	: (3G)	60°/200 °C
Ελαστικό οξικού βινυλαιθυλίου EVA, E	: (4G)	120°/250 °C
Ελαστικό αιθυλενίου-προπυλενίου EPR, B2	: (3G)	90°/250 °C
Δικτυωμένο πολυαιθυλένιο, XLPE	: (2X)	90°/250 °C

Πίνακας 2.1.6.α: Μονωτικά καλωδίων χαμηλής τάσης.

iii. Χρώμα Μόνωσης

Το χρώμα της μόνωσης των αγωγών είναι:

- αγωγοί φάσεων : οποιοδήποτε χρώμα εκτός από το κιτρινοπράσινο και ανοιχτό μπλε συνήθως χρησιμοποιούνται καφέ-μαύρο, ή μαύρο με αριθμούς,
- ουδέτερος αγωγός: ανοιχτό μπλε (ή παλιά γκριζο),
- αγωγός γείωσης : κιτρινοπράσινο.
- Απαγορεύεται η χρήση κιτρινοπράσινου αγωγού σε φάσεις.
- Το μπλε μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για φάση εφόσον δεν υπάρχει ουδέτερος.

Τα διαθέσιμα χρώματα σε καλώδια ΧΤ αναφέρονται στους κανονισμούς CENELEC, IEC, ΕΛΟΤ που αφορούν τα συγκεκριμένα καλώδια. Συνοπτικά για καλώδια ισχύος ΧΤ έχουμε τα εξής χρώματα για τους αγωγούς καλωδίων PVC ανάλογα με τον αριθμό των αγωγών:

- Ø Καλώδια ισχύος τύπου από PVC (ΕΛΟΤ 843, IEC 60502, VDE 271) για μόνιμες εγκαταστάσεις με αγωγούς προστασίας.
 - 2-πολικά : μαύρο/ανοιχτό-μπλε
 - 3-πολικά : πράσινο-κίτρινο/μαύρο/ανοιχτό-μπλε
 - 4-πολικά : πράσινο-κίτρινο/μαύρο ανοιχτό-μπλε/καφέ
 - 5-πολικά : πράσινο-κίτρινο/μαύρο/ανοιχτό-μπλε/καφέ/μαύρο
 - 6-πολικά και άνω: κίτρινο-πράσινο, λοιποί πόλοι μαύροι αριθμημένοι 1,2,3,...
- Ø Καλώδια εύκαμπτα για μη μόνιμες συνδέσεις (ΕΛΟΤ 563, HD 21).
 - 2-πολικά: καφέ/ανοιχτό-μπλε
 - 3-πολικά: κίτρινο-πράσινο/καφέ/ή ανοιχτό-μπλε/καφέ
 - 4-πολικά: κίτρινο-πράσινο/μαύρο/ανοιχτό-μπλε/καφέ/μαύρο
 - 5-πολικά: κίτρινο-πράσινο/μαύρο/ανοιχτό-μπλε/καφέ/μαύρο
 - 6-πολικά και άνω: κίτρινο-πράσινο, λοιποί πόλοι μαύροι αριθμημένοι,1,2,3,4 κ.ο.κ.

Υπάρχουν και καλώδια ισχύος χωρίς γείωση, δηλαδή ο πράσινο-κίτρινος αγωγός λείπει. Εκεί τα χρώματα είναι όπως πιο πάνω με τη διαφορά ότι, το πράσινο-κίτρινο αντικαθίσταται με μαύρο. Έτσι ένα 5-πολικό καλώδιο μπορεί να έχει καφέ, ανοιχτό-μπλε και 3 μαύρους αγωγούς.

Η χρήση των χρωμάτων στις διάφορες φάσεις (L1, L2, L3) είναι ελεύθερη. Είναι προφανές ότι, δύο φάσεις μπορεί να έχουν μαύρο χρώμα. Η διάκριση μπορεί όμως να γίνει (κάπως δύσκολα) σε 5-πολικά καλώδια διότι οι δύο μαύροι αγωγοί βρίσκονται σε διαφορετικές στρώσεις.

iv. Μηχανική Καταπόνηση Των Καλωδίων

Σε ειδικές περιπτώσεις, τα καλώδια μπορεί να καταπονούνται μηχανικά και να καταστραφούν αν δεν έχουν κατάλληλη μηχανική ενίσχυση.

Οι καταπονήσεις εμφανίζονται κυρίως κατά την εγκατάσταση και λειτουργία:

- όταν τραβιέται το καλώδιο από μηχανές έλξης μέσα σε σωλήνες ή χαντάκια σε μεγάλα μήκη (>20m),
- όταν το καλώδιο κινείται συνεχώς ή φέρει δυνάμεις και το ίδιο βάρος του, π.χ. καλώδια ανελκυστήρων, γερανών συγκολλήσεων, κ.λπ.
- όταν ποντίζεται στη θάλασσα σε μεγάλα βάθη,
- όταν αναρτάται σε μεγάλες αποστάσεις,
- όταν εγκαθίσταται σε έδαφος υπό κλίση.

Σε όλες τις περιπτώσεις πρέπει να εξασφαλιστεί από τον κατασκευαστή ότι, το καλώδιο είναι κατάλληλο για τέτοιες καταπονήσεις.

Συνήθως, για καλώδια μόνιμης εγκατάστασης επιτυγχάνεται μηχανική προστασία, με χαλύβδινες ταινίες ή, σε καλώδια που ποντίζονται με χαλύβδινα σύρματα. Τα καλώδια με πλαστική μόνωση, σε αντιδιαστολή προς τα καλώδια με μόνωση χαρτιού, είναι συνήθως ανθεκτικά και ενισχύονται μόνο για την περίπτωση υψηλών καταπονήσεων. Τα καλώδια με

εναλλασσόμενες καταπονήσεις κατασκευάζονται από αγωγούς με υψηλή ευκαμψία και φέρουν ένα χαλύβδινο συρματόσχοινο που παραλαμβάνει το μηχανικό φορτίο (π.χ. σε ανελκυστήρες).

Αν χρειαστεί σε μόνιμη εγκατάσταση να κρεμαστεί ένα καλώδιο με μεγάλο άνοιγμα, π.χ. 8m, τότε πρέπει να ελεγχθεί η μηχανική καταπόνηση. Αν δεν αρκεί η ίδια αντοχή του καλωδίου, θα πρέπει αυτό ν' αναρτηθεί επάνω σε άλλο συρματόσχοινο από χάλυβα.

Σε καλώδια χωρίς μηχανική ενίσχυση η επιτρεπόμενη μηχανική καταπόνηση εξαρτάται κυρίως από τη διατομή του αγωγού, διότι η μόνωση, λόγω ελαστικότητας της, δε φέρει μηχανικά φορτία. Έτσι, για να υπολογίσει κανείς με προσέγγιση το επιτρεπόμενο φορτίο, μπορεί να δεχθεί μια μέγιστη επιτρεπόμενη μηχανική τάση εφελκυσμού ίση προς 50N/mm². Προκύπτουν για τις διάφορες διατομές τα εξής:

Διατομή (mm²)	3×2,5	3×6	3×16	5×2,5	5×6	5×16
Δύναμη (N)	375	900	2400	625	1500	4000

Πίνακας 2.1.6.β: Δύναμη (N) ανά Διατομή (mm²).

Αυτές οι τιμές καλό είναι να υποδιπλασιασθούν λαμβάνοντας υπόψη ένα συντελεστή ασφαλείας ίσον προς 2.

ν. Επιλογής Διατομής Αγωγών Και Ασφάλειας Από Την Επιτρεπόμενη Ένταση Αγωγού

Ονομαστική διατομή καλωδίων (mm ²)	Μέγιστη επιτρεπόμενη ένταση αγωγού / Ένταση ασφάλειας για την προστασία του αγωγού					
	ΟΜΑΔΑ I Ένας ή περισσότεροι αγωγοί στο ίδιο καλώδιο ή σωλήνα π.χ. H05V-U (NYA)		ΟΜΑΔΑ II Πολυπολικά, πεπλατυσμένα εύκαμπτα καλώδια		ΟΜΑΔΑ III Μονοπολικά καλώδια στον αέρα, με ελάχιστη απόσταση τη διάμετρο τους	
	Επιτρεπόμενη ένταση αγωγού [A]	Ασφάλεια [A]	Επιτρεπόμενη ένταση αγωγού [A]	Ασφάλεια [A]	Επιτρεπόμενη ένταση αγωγού [A]	Ασφάλεια [A]
0,75	-	-	13	-	16	
1	12	-	16	15	20	20
1,5	16	10	20	20	25	25
2,5	21	16	27	25	34	35
4	27	20	36	35	45	50
6	35	25	47	50	57	60
10	48	35	65	60	78	90
16	65	53	87	80	104	100
25	88	80	115	100	137	125
35	110	100	143	125	168	160
50	140	125	178	160	210	200
70	175	160	220	225	260	260
95	210	200	265	260	310	300
120	250	300	310		365	
150			355		415	
185			405		475	
240			480		560	
300			555		645	
400			-		770	
500			-		880	

Πίνακας 2.1.6.γ: Επιλογή αγωγών και ασφαλειών.

2.2. Περιγραφή Εξοπλισμού Βοηθητικού Κυκλώματος

2.2.1. Χρονικά

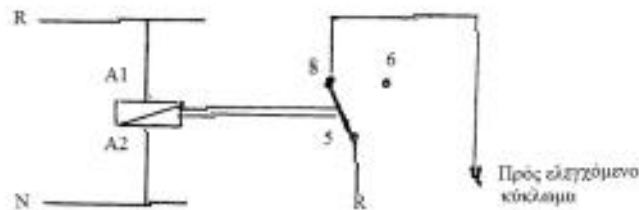
Σε πολλές περιπτώσεις όταν σχεδιάζουμε ένα κύκλωμα αυτοματισμού είναι απαραίτητο να εξασφαλίσουμε την δυνατότητα ελέγχου της τροφοδοσίας ενός ή περισσότερων στοιχείων του κυκλώματος ύστερα από ένα ορισμένο ελεγχόμενο χρόνο ή αντίθετα της διακοπής τροφοδοσίας ενός ή περισσότερων στοιχείων του κυκλώματος ύστερα από ένα ορισμένο ελεγχόμενο χρόνο.

Την δυνατότητα αυτή μας την προσφέρουν ειδικοί μηχανισμοί, οι οποίοι ονομάζονται χρονικά. Τα χρονικά αποτελούνται από ένα πηνίο, το οποίο όταν βρεθεί υπό τάση, ελέγχει μέσω ενός ελατηρίου ή πνευματικού μηχανισμού, την λειτουργία μίας μεταγωγικής επαφής, η οποία συνδέεται κατάλληλα στο κύκλωμα αυτοματισμού.

Τα χρονικά διακρίνονται σε δύο είδη:

i. Χρονικά με καθυστέρηση κατά την λειτουργία.

Στα χρονικά αυτά ο επιθυμητός χρόνος αρχίζει να μετρά από την στιγμή της τροφοδοσίας του πηνίου τους και μετά. Μόλις περάσει αυτός ο χρόνος, τότε θέτουν σε λειτουργία την μεταγωγική επαφή τους, η οποία συνδεδεμένη κατάλληλα στο κύκλωμα αυτοματισμού ενεργεί στο ελεγχόμενο κύκλωμα. Ο επιθυμητός χρόνος ρυθμίζεται με ένα ρυθμιστικό κουμπί που υπάρχει στα χρονικά.



Σχ.2.2.1.α: Λειτουργικό διάγραμμα χρονικού.

Το παραπάνω σχήμα δείχνει την συνδεσμολογία ενός χρονικού. Μόλις τροφοδοτηθεί το πηνίο του Α1-Α2 η μεταγωγική επαφή, που κλείνει κύκλωμα μεταξύ των σημείων 5-8 εξακολουθεί να παραμένει στην ίδια θέση. Μόλις περάσει ο επιθυμητός χρόνος, τον οποίο έχουμε ρυθμίσει με το ρυθμιστικό κουμπί του χρονικού, και ενώ το πηνίο συνεχίζει να βρίσκεται υπό τάση, η μεταγωγική επαφή λειτουργεί και συνδέει αγωγίμα τους ακροδέκτες 5-6 και τροφοδοτεί το κύκλωμα.

Αν διακοπεί η τροφοδοσία του πηνίου του χρονικού, πριν περάσει ο χρόνος που έχουμε ρυθμίσει, τότε ο χρόνος θα μετρά από την αρχή σε κάθε επόμενη διέγερση του πηνίου του χρονικού.

ii. Χρονικά με καθυστέρηση κατά την διακοπή.

Στα χρονικά αυτά ο επιθυμητός χρόνος αρχίζει να μετρά από την στιγμή που διακόπτεται η τροφοδοσία του πηνίου του χρονικού. Αμέσως μόλις τροφοδοτηθεί το πηνίο

A1-A2, η μεταγωγική επαφή, που κλείνει κύκλωμα μεταξύ των σημείων 5-8, αλλάζει θέση και συνδέει αγωγή τα σημεία 5-6. Από την στιγμή που διακοπεί η τροφοδοσία τον πηνίου A1-A2, αρχίζει να μετρά ο επιθυμητός χρόνος, μετά την παρέλευση του οποίου, η μεταγωγική επαφή αλλάζει θέση και επανέρχεται στην αρχική θέση της μεταξύ των σημείων 5-8. Παρατηρούμε δηλ. ότι η μεταγωγική επαφή παραμένει στη θέση της μεταξύ των σημείων 5-6, παρά το γεγονός, ότι έχει διακοπεί η τροφοδοσία του πηνίου, μέχρι να περάσει ο χρόνος που έχουμε ορίσει, και κατόπιν αλλάζει θέση και πηγαίνει μεταξύ των σημείων 5-8 καθυστερώντας να διακόψει το κύκλωμα, το οποίο λειτουργεί μέσω των ακροδεκτών 5-6.

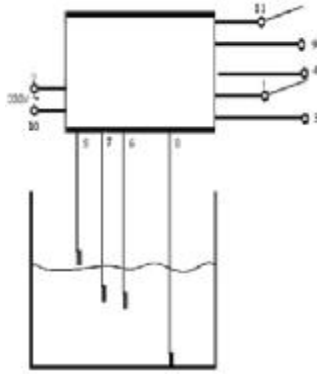
2.2.2. Επιτηρητής Στάθμης

Για τον έλεγχο της στάθμης του υγρού μέσα στις δεξαμενές χρησιμοποιούνται οι επιτηρητές στάθμης. Ο επιτηρητής μας κάνει διπλό έλεγχο δηλαδή μπορούμε να έχουμε ανεξάρτητη επιτήρηση ελάχιστης και μέγιστης στάθμης. Χρησιμοποιείται κυρίως σε αντλιακά συγκροτήματα, ατμολέβητες και στη βιομηχανία τροφίμων.

Η θέση του ηλεκτροδίου που συνδέεται στο pin 5 καθορίζει το μέγιστο όριο της στάθμης του υγρού, η θέση του ηλεκτροδίου που συνδέεται στο pin 6 την ελάχιστη και του ηλεκτροδίου 8 την στάθμη αναφοράς. Αν το υλικό του δοχείου είναι μεταλλικό (αγώγιμο) τότε αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως αναφορά συνδέοντας το με την γείωση (pin 8). Στο ηλεκτρόδιο αναφοράς εφαρμόζεται εναλλασσόμενη τάση 24Vac, 50Hz η οποία όταν η στάθμη του νερού φτάσει να καλύψει το ηλεκτρόδιο που συνδέεται στο pin 5 κλείνει κύκλωμα με συνέπεια η επαφή 1-3 να κλείσει ενώ η 1-4 ανοίξει. Όσο η στάθμη παραμένει πάνω από το όριο που ορίζει το ηλεκτρόδιο που συνδέεται στο pin 5 η κατάσταση των εξόδων δεν αλλάζει. Όταν η στάθμη πέσει κάτω από το όριο που ορίζει το ηλεκτρόδιο που συνδέεται στο pin 6 η επαφή 1-3 ανοίγει και η 1-4 κλείνει.



Σχ.2.2.2.α: Επιτηρητής στάθμης.



Σχ.2.2.2.β: Λειτουργικό διάγραμμα, απεικόνιση αισθητηρίων-επαφών.

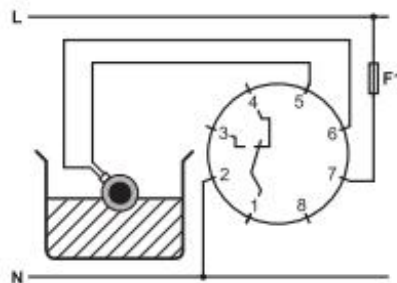
2.2.3. Επιτηρητής Φλοτέρ Δεξαμενής

Χρησιμοποιείται για τον έλεγχο της στάθμης δεξαμενής σε περιπτώσεις που αυτή έχει πολύ μεγάλη απόσταση από τον πίνακα της αντλίας. Συνδέεται με το φλοτέρ που είναι τύπου μπίλιας.

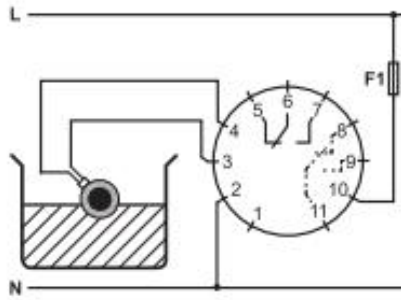
Η επαφή του ρελέ οπλίζει όταν η στάθμη της δεξαμενής είναι χαμηλή και η επαφή του φλοτέρ βραχυκυκλωμένη. Αντίθετα το ρελέ αποπλίζεται όταν η δεξαμενή είναι γεμάτη και η επαφή του φλοτέρ είναι ανοικτή.



Σχ.2.2.3.α: Επιτηρητής φλοτέρ δεξαμενής.



Σχ.2.2.3.β: Συνδεσμολογία επιτηρητή φλοτέρ δεξαμενής μονής επαφής (8p).



Σχ.2.2.3.γ: Συνδεσμολογία επιτηρητή φλωτέρ δεξαμενής διπλής επαφής (11p).

2.3. Υπολογισμός Ηλεκτρικής Εγκατάστασης

Από τα τεχνικά χαρακτηριστικά η ονομαστική ισχύς του κινητήρα είναι 10,1 hp δηλαδή 7,43 kW και το ονομαστικό ρεύμα που είναι 16,5 A.

Από τους υπολογισμούς το ρεύμα εκκίνησης είναι:

$$I_{εκκ}=16,5 \times 1,25=20,63 \text{ A.}$$

Από το Πίνακα 2.3.α έχουμε, για 2 καλώδια τα οποία είναι σε απλή στρώση σε επαφή με δάπεδο ή πάνω σε συμπαγή φορέα καλωδίων, $f_n=0,85$.

Αριθμός συρματόπλεξης αποτελούμενη από μονοφασικά σπινιακιά	Αριθμός καλωδίων ή πηνίων ή φασών καλωδίων											
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	14	16
1 - Εξωτερικά στον αέρα ή κάτω στην επιφάνεια δομικού υλικού ή - επιτοίχια γυμνά ή σε σιλόγια ή σε αεριζόμενα γυμνά ή σε πιάτνια	1,00	0,80	0,70	0,64	0,60	0,57	0,54	0,52	0,50	0,45	0,41	0,38
2 - Σε απλή στρώση, σε επαφή με τοίχο ή με δά- πεδο ή πάνω σε συμπαγή φορέα καλωδίων	1,00	0,85	0,79	0,75	0,73	0,72	0,71	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70
3 - Σε απλή στρώση, στε- ραυμένη υαλοθώρακάτω από οροφή	0,95	0,81	0,72	0,68	0,66	0,64	0,63	0,62	0,61	0,61	0,61	0,61

Πίνακας 2.3.α: Συντελεστές διόρθωσης f_n για την ομαδοποίηση περισσότερων από ένα κυκλωμάτων ή περισσότερων από ένα πολυπολικών καλωδίων σε επαφή ή σε μικρή απόσταση μεταξύ τους.

Για το συντελεστή θερμοκρασίας δεν παίρνουμε κάποια τιμή γιατί βρίσκεται σε χώρο όπου δεν ξεπερνά τους 30 °C. Άρα:

$$I=I_{\text{εκκ}}/f_n=20,63/0,85=24,27 \text{ A.}$$

Το καλώδιο που χρησιμοποιείται, σύμφωνα με τον Πίνακα 2.3.β, είναι NYΥ 4×4mm² για να αντέχει ρεύμα I=24,27 A.

ΠΙΝΑΚΑΣ 52-K3
Μέγιστα επιτρεπόμενα ρεύματα (σε Α) καλωδίων τοποθετημένων στο έδαφος
Μόνωση από PVC ή EPR ή XLPE

Αγωγός	mm ²	Μόνωση			
		PVC		EPR ή XLPE	
		Πλήθος φορτιζόμενων αγωγών			
		2	3	2	3
Χαλκός	1,5	22	18	26	22
	2,5	29	24	34	29
	4	38	31	44	37
	6	47	39	56	46
	10	63	52	73	61
	16	81	67	95	79
	25	104	86	121	101
	35	125	103	146	122
	50	148	122	173	144
	70	183	151	213	178
	95	216	179	252	211
	120	246	203	287	240
	150	278	230	324	271
	185	312	258	363	304
	240	361	297	419	351
300	406	336	474	396	
Αλουμίνιο	16	62	52	73	61
	25	80	66	93	78
	35	96	80	112	94
	50	113	94	132	112
	70	140	117	163	138
	95	166	138	193	164
	120	189	157	220	186
	150	213	178	249	210
	185	240	200	279	236
	240	277	230	322	272
300	313	260	364	308	

Πίνακας 2.3.β: Μέγιστη επιτρεπόμενη φόρτιση I₀ καλωδίων Χ.Τ.

Στη συνέχεια γίνεται έλεγχος για τη διατομή του καλωδίου που χρησιμοποιείται από το Υ-Δ έως το κινητήρα. Τα καλώδια είναι μέσα στο νερό άρα δεν υπάρχει συντελεστής θερμοκρασίας. Το πλήθος των καλωδίων είναι 2 άρα f_n=0,85. Επομένως:

$$I_{Y-\Delta}=16,5/\sqrt{3}=9,53 \text{ A.}$$

Άρα το ρεύμα μεταξύ του Υ-Δ και του κινητήρα είναι:

$$I' = I_{Y-\Delta}/f_n=9,53/0,85=11,21 \text{ A.}$$

Από Πίνακα 2.3.β έχουμε ότι για I'=11,21 A μπορεί να χρησιμοποιηθεί καλώδιο 1,5mm² αλλά από τους κανονισμούς βάζω 2,5 mm². Οπότε από το Υ-Δ προς το κινητήρα χρησιμοποιείται καλώδιο NYΥ 4×2,5mm² και από το κινητήρα στο Υ-Δ για τη σύνδεση των τυλιγμάτων χρησιμοποιείται καλώδιο NYΥ 3×2,5 mm².

Για τις ασφάλειες που χρησιμοποιούνται, έχουμε από τον Πίνακα 2.3.γ ότι για την προστασία των κινητήρων μπαίνουν μικροαντόμετοι 16A αΜ. Για την προστασία από υπερφόρτιση έχουμε το θερμικό το οποίο πρέπει να ρυθμιστεί σε ρεύμα I_{Y-Δ}=9,53 A.

Πλάτος συστήματος mm	Μήκος καλωδίου mm	Μήκος καλωδίου m	Απόσταση από τον αγωγό (mm)								
			20	30	40	50	60	70	80	90	100
1,5	9	30	242	240	237	234	231	228	225	222	
1,5	10	50	144	143	140	137	134	131	128	125	
1,5	16	80	80	88	85	82	79	76	73	70	
2,5	10	50	236	233	229	224	219	214	209	204	
2,5	16	80	146	144	139	134	129	124	119	114	
2,5	20	100	128	131	129	124	119	114	109	104	
4	16	80	228	224	220	215	210	205	199	195	
4	20	100	190	188	183	178	173	168	163	158	
4	25	125	151	147	143	138	133	128	123	118	
6	20	100	285	279	273	267	261	255	249	243	
6	25	125	227	221	215	209	203	197	191	185	
6	32	160	176	170	164	158	152	146	140	134	
6	40	200	139	133	127	121	115	109	103	97	
10	25	125	380	370	360	350	340	330	320	310	
10	35	175	295	284	274	263	252	241	230	220	
10	40	200	234	223	213	202	192	181	170	160	
10	50	250	185	173	163	152	141	130	119	108	
16	32	160	467	451	438	425	411	397	382	367	
16	40	200	370	354	341	328	313	299	284	269	
16	50	250	292	277	263	249	234	219	204	189	
16	63	315	229	213	199	185	170	155	140	125	

Πίνακας 2.3.γ: Μέγιστο επιτρεπόμενο μήκος καλωδίων χαλκού με μόνωση PVC ή ελαστικό ή ΧΡΕ για να έχουμε απόζευξη σε 0,1 sec. Οι τιμές είναι ίδιες για 0,4 sec και 5 sec. Τάση συστήματος 400 V, 50 Hz. Προστασία με μικροαυτόματο χαρακτηριστικής B.

Στη συνέχεια γίνεται υπολογισμός της Φαινόμενης Ισχύς της εγκατάστασης:

$$S = \sqrt{3} \times V_{\pi} \times I_{\gamma\rho} = \sqrt{3} \times 400 \times 16,5 = 11,43 \text{ kVA.}$$

Επειδή όμως λειτουργούν δύο κινητήρες μαζί, οι οποίοι είναι ίδιοι, η συνολική Φαινόμενη Ισχύς είναι:

$$S_{\text{ολ}} = 2 \times S = 2 \times 11,43 = 22,86 \text{ kVA.}$$

Για το ρεύμα της εγκατάστασης είναι:

$$I_{\text{ολ}} = S_{\text{ολ}} / (\sqrt{3} \times V_{\pi}) = 22,86 / (\sqrt{3} \times 400) = 32,99 \text{ A.}$$

Τη στιγμή όμως που σταματά ο ένας μετά από λίγα δευτερόλεπτα εκκινεί ο τρίτος κινητήρας άρα το ρεύμα εκείνη τη στιγμή είναι:

$$I_{\text{ολ}}' = 16,5 + I_{\text{εκκ}} = 16,5 + 20,63 = 37,13 \text{ A.}$$

Άρα το καλώδιο πρέπει να αντέχει ρεύμα $I_{\text{ολ}}' = 37,13 \text{ A}$. Από Πίνακα 2.3.β έχουμε ότι χρησιμοποιείται καλώδιο $5 \times 6 \text{ mm}^2$.

Τα ρελέ είναι AC-3 όπως φαίνεται και στον Πίνακα 2.3.δ.

Κατηγορία	Αριθμός Χρηστών	Απόδοσιμη Ισχύς (kVA)	Σύνολο			Σπάνια, καταπονήσεις		
			Ν ₀	Ν ₁	Ν ₂	Ν ₀	Ν ₁	Ν ₂
επιπέδου	AC-1	αποιοδήποτε	1	1	0,95	1	1	0,95
	AC-2	αποιοδήποτε	2,5	1	0,65	2,5	-	0,65
	AC-4	$I_b \leq 17$	6	1	0,65	1	0,17	0,65
	AC-4	$I_b < 17$	6	1	0,35	1	0,17	0,35
		$I_b \leq 17$	6	1	0,65	6	1	0,65
AC-4	$I_b \leq 17$	6	1	0,35	6	1	0,35	
	DC-1	αποιοδήποτε	1	1	1	1	1	1
επιπέδου	DC-2	αποιοδήποτε	2,5	1	2	1	0,10	7,5
	DC-3	αποιοδήποτε	2,5	1	2	2,5	1	2
	DC-4	αποιοδήποτε	2,5	1	7,5	1	0,30	10
	DC-5	αποιοδήποτε	7,5	1	7,5	2,5	1	7,5
		αποιοδήποτε	7,5	1	7,5	2,5	1	7,5
Σπάνια, καταπονήσεις								
Κατηγορία	Αριθμός Χρηστών	Απόδοσιμη Ισχύς (kVA)	Σύνολο			Σπάνια, καταπονήσεις		
			Ν ₀	Ν ₁	Ν ₂	Ν ₀	Ν ₁	Ν ₂
επιπέδου	AC-1	αποιοδήποτε	1,5	1,1	0,95	1,5	1,1	0,95
	AC-2	αποιοδήποτε	4	1,1	0,65	4	1,1	0,65
	AC-5	$I_b \leq 17$	10	1,1	0,65	8	1,1	0,65
		$17 \leq I_b \leq 100$	10	1,1	0,35	8	1,1	0,35
		$I_b > 100$	8	1,1	0,35	6	1,1	0,35
	AC-4	$I_b \leq 17$	12	1,1	0,65	10	1,1	0,65
		$17 \leq I_b \leq 100$	12	1,1	0,35	10	1,1	0,35
		$I_b > 100$	10	1,1	0,35	8	1,1	0,35
επιπέδου	DC-1	αποιοδήποτε	3	1,1	1	1,5	1,1	1
	DC-2	αποιοδήποτε	4	1,1	2,5	4	0,1	2,5
	DC-3	αποιοδήποτε	4	1,1	2,5	4	1,1	2,5
	DC-4	αποιοδήποτε	4	1,1	15	4	0,1	15
	DC-5	αποιοδήποτε	4	1,1	15	4	1,1	15

Πίνακας 2.3.δ: Κατηγορίες χρήσης επαφών ρελαί και καταπονήσεις που προβλέπονται συνεχώς και σε σπάνιες περιπτώσεις (0,1%). Συνεχής καταπόνηση σε όλη τη διάρκεια ζωής, κατά VDE 660 και IEC 408.

Η παροχή που χρησιμοποιείται στην εγκατάσταση είναι N₀2.

Μέγιστη Ισχύς παροχής (kVA)= 25 kVA

Ισχύς Εγκατάστασης (kVA)= 25 kVA

Γενική Ασφάλεια (A)= 3×35 A

Γραμμή Μετρητή Πίνακα (mm²)= 3×10 mm²+1×10 mm²+1×10 mm²

Παροχή	Μέγιστη ισχύς παροχής (kVA)	Ισχύς εγκατάστασης (kVA)	Γενική ασφάλεια (A)	Γραμμή μετρητή πίνακα (mm ²)
1	16	16	3x25	3x6
2	25	16 25	3x25 3x35	3x6 3x10
3	35	35	3x50	3x16
4	55	45 55	3x63 3x80	3x25 3x25
5	85	65 85	3x100 3x125	3x50 3x50
6	135	105 135	3x160 3x200	3x95 3x120
7	250	165 210 250	3x250 3x315 3x400	3x185 3x240 3x150

Πίνακας 2.3.ε: Διάφοροι τύποι παροχών.

Κεφάλαιο 3

Προγραμματισμός Λογικού Ελεγκτή PLC

3.1. Εισαγωγή Στους Προγραμματιζόμενους Λογικούς Ελεγκτές PLC

Τα PLC (Programmable Logic Controllers) έκαναν την εμφάνιση τους στο τέλος της δεκαετίας του 1960 για τις ανάγκες αυτοματοποίησης της αμερικάνικης βιομηχανίας αυτοκινήτων. Από εκείνη την εποχή μέχρι σήμερα έχουν αναπτυχθεί τόσο πολύ, έτσι ώστε να αποτελούν αναπόσπαστο κομμάτι κάθε μορφής βιομηχανίας και να χρησιμοποιούνται στον ευρύτερο και πολυσύνθετο χώρο της.

Αν θελήσουμε να δώσουμε έναν ορισμό σε έναν προγραμματιζόμενο λογικό ελεγκτή θα μπορούσαμε να πούμε ότι είναι: μία ψηφιακή ηλεκτρονική συσκευή η οποία χρησιμοποιεί μια προγραμματιζόμενη μνήμη για την αποθήκευση οδηγιών και ειδικές λειτουργίες όπως είναι η λογική, η ακολουθία, ο χρόνος, η αρίθμηση κ.λπ. για να ελέγξει τις μηχανές και την διαδικασία.



Εικ.3.1.α: Απλοϊκή σχεδίαση τρόπου λειτουργίας του ελεγκτή.

3.2. Πλεονεκτήματα PLC Συγκριτικά Με Τον Κλασικό Αυτοματισμό

Ένας προγραμματιζόμενος λογικός ελεγκτής μπορεί να εκτελεί εργασίες ελέγχου, υπολογισμού, επικοινωνίας και εποπτείας που απέχουν πολύ από τις δυνατότητες των κλασικών παραδοσιακών συστημάτων. Ένα σύστημα ελέγχου το οποίο βασίζεται σε προγραμματιζόμενο λογικό ελεγκτή είναι ευέλικτο, αξιόπιστο, ισχυρό, συμπαγές και μπορεί να συναρμολογηθεί με σχετικά μικρό κόστος.

Η κύρια διαφορά μεταξύ των δύο συστημάτων, προγραμματιζόμενων λογικών ελεγκτών και συμβατικών αυτοματισμών, είναι ο τρόπος με τον οποίο υλοποιούνται οι εντολές ή κανόνες. Στα συστήματα τα οποία χρησιμοποιούν προγραμματιζόμενους ελεγκτές, ένα πρόγραμμα είναι ικανό να αντικαταστήσει ολόκληρη την καλωδίωση που απαιτείται στα συστήματα συμβατικών αυτοματισμών.

Τα σημαντικά χαρακτηριστικά που οδήγησαν στην ταχεία ανάπτυξη αυτού του συστήματος και στην αντικατάσταση των κλασικών αυτοματισμών είναι τα εξής:

- ✓ Ο επαναπρογραμματισμός ή διαφορετικά, αλλαγή κανόνων. Αν κάποια στιγμή σε ένα σύστημα που λειτουργεί με τον συμβατικό τρόπο, πρέπει να αλλάξουν οι κανόνες και οι προδιαγραφές, τότε αυτό απαιτεί την αλλαγή της καλωδίωσης εξ' ολοκλήρου. Πράγμα που μπορεί να πάρει χρόνο, να είναι επίπονο και ακριβό. Αντιθέτως, ένας

προγραμματιζόμενος λογικός ελεγκτής μπορεί να επαναπρογραμματιστεί για να εξυπηρετήσει μια ενδεχόμενη αλλαγή κανόνων χωρίς να απαιτείται να ξαναγίνει η καλωδίωση.

✓ Οι επιπρόσθετες λειτουργίες. Σε περίπτωση που χρειαστεί κάποια στιγμή να προστεθούν κάποιες λειτουργίες, ένα κλασικό συμβατικό σύστημα θα πρέπει να εφοδιαστεί με επιπλέον συσκευές, αν βέβαια υπάρχει χώρος. Ένας προγραμματιζόμενος λογικός ελεγκτής αποτελείται από μια πληθώρα ενσωματωμένων λειτουργιών, όπως ρελέ, χρονικά και πολλά άλλα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν χωρίς να απαιτείται επιπρόσθετος χώρος στον πίνακα.

✓ Οι κινητές επαφές και τα κινητά μέρη. Όσον αφορά τα κλασικά συμβατικά συστήματα, τα κινητά μέρη και οι επαφές τους είναι πιθανό να υποστούν μηχανικές βλάβες κάποια στιγμή. Τέτοιες βλάβες μπορούν να θέσουν ένα σημαντικό μέρος ή ακόμα και ολόκληρο το σύστημα εκτός λειτουργίας και συνεπώς το σταμάτημα της παραγωγής. Ένας προγραμματιζόμενος λογικός ελεγκτής αποτελείται από ελάχιστα έως καθόλου κινητά μέρη. Εκτός αυτού, υπόκειται σε εκτενείς διαδικασίες αυτόματου ελέγχου κατά την παραγωγή του με σκοπό να εντοπιστούν τα ελαττωματικά εξαρτήματα και να απομονωθούν, με συνέπεια την αξιοπιστία του.

✓ Δυνατότητα σύνδεσης με άλλα συστήματα. Ένας προγραμματιζόμενος λογικός ελεγκτής έχει την δυνατότητα να συνδεθεί με άλλα συστήματα με σκοπό την εποπτεία και τον έλεγχο τους ή ακόμα και την εμφάνιση κάποιας αναφοράς. Υπάρχει η δυνατότητα σύνδεσης με βιομηχανικά δίκτυα, πράγμα που διευκολύνει την ανταλλαγή πληροφοριών. Τα συμβατικά συστήματα αυτοματισμού δεν έχουν την δυνατότητα μιας τέτοιας εφαρμογής.

✓ Ένα σύστημα αυτοματισμού που χρησιμοποιεί κλασικούς συμβατικούς αυτοματισμούς μειονεκτεί σε πολλά σημεία. Σε ένα τέτοιο σύστημα ελέγχου απαιτείται μεγάλος χώρος για την τοποθέτηση των στοιχείων. Όταν μάλιστα το σύστημα αυτό αποτελείται από πολλά στοιχεία και βοηθητικά εξαρτήματα, τότε το κόστος αγοράς και συντήρησης είναι μεγάλο. Η αξιοπιστία που παρέχεται είναι μικρή διότι τέτοιου είδους εξαρτήματα αποτελούνται από κινητά μέρη και είναι πιθανό κάποια στιγμή να υποστούν μηχανική βλάβη και να θέσουν ολόκληρο το σύστημα εκτός λειτουργίας. Εκτός αυτού, τα μηχανικής μορφής στοιχεία χρειάζονται χρόνο για να περάσουν από την μία κατάσταση στην άλλη. Σε αντίθεση με έναν προγραμματιζόμενο λογικό ελεγκτή όπου χαρακτηρίζεται από υψηλή ταχύτητα ελέγχου.

3.3. Εσωτερική Δομή Προγραμματιζόμενων Λογικών Ελεγκτών

Οι προγραμματιζόμενοι λογικοί ελεγκτές λειτουργούν με την μέθοδο της επεξεργασίας πληροφοριών. Η δομή τους βασίζεται σε αυτήν των ηλεκτρονικών υπολογιστών αφού η καρδιά ενός προγραμματιζόμενου ελεγκτή είναι ο επεξεργαστής. Είναι ικανοί να λαμβάνουν δεδομένα μέσω των εισόδων που διαθέτουν και να δίνουν εντολές μέσω των εξόδων τους.

i. Μονάδα Εισόδου

Σκοπός αυτής της μονάδας είναι να λαμβάνει σήματα από τις διάφορες συσκευές εισόδου και να τα προσαρμόζει σε σήματα που αναγνωρίζει ο επεξεργαστής. Κάθε ακροδέκτης εισόδου έχει ένα μοναδικό αριθμό ή όνομα, την ταυτότητα του, η οποία κάνει κάθε είσοδο μοναδική ώστε να μην συγχέεται με άλλο στοιχείο. Η ταυτότητα αναγνώρισης

ονομάζεται διεύθυνση και καθορίζεται από τον κατασκευαστή. Έχει επικρατήσει οι εισόδοι να συμβολίζονται με το γράμμα I (Input). Τα νούμερα τα οποία πάντα ακολουθούν αμέσως μετά δείχνουν τον αριθμό της μονάδας βάσης (base unit) ή της μονάδας προέκτασης (extension unit) και τον αριθμό της εισόδου αντίστοιχα.

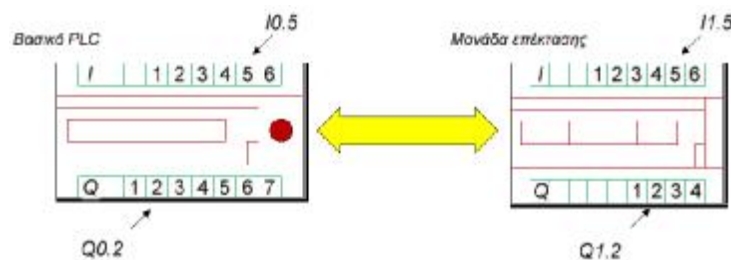
Σε έναν ακροδέκτη εισόδου μπορούν να συνδεθούν μπουτόν, αισθητήρες και γενικά διακόπτες που αλλάζουν κατάσταση λόγω εξωτερικών γεγονότων ή φυσικών μεγεθών.

ii. Μονάδα Εξόδου

Σκοπός αυτής τη μονάδας είναι να μεταφέρει τα σήματα εξόδου από τον επεξεργαστή στους ακροδέκτες εξόδου όπου συνδέονται τα διάφορα υπό έλεγχο φορτία. Κάθε ακροδέκτης εξόδου έχει ένα μοναδικό όνομα, την διεύθυνση του, το οποίο καθορίζεται από τον κατασκευαστή και δεν μπορεί να αλλάξει. Η διεύθυνση είναι το μέσο που χρησιμοποιεί ο ελεγκτής για να στείλει κάποιο σήμα σε μια από τις συσκευές εξόδου.

Οι έξοδοι είναι το αποτέλεσμα των λογικών καταστάσεων των εισόδων σε συνδυασμό με τις εντολές του προγράμματος. Στους ακροδέκτες εξόδου συνδέονται τα ηλεκτρικά κυκλώματα που επιθυμούμε να ελέγξουμε. Έχει επικρατήσει ο συμβολισμός των εξόδων να γίνεται με το γράμμα Q. Το νούμερο αμέσως μετά που ακολουθεί δείχνει τον αριθμό της βάσης ή προέκτασης και το τελευταίο νούμερο, τον αριθμό της εξόδου.

Από το Σχ.3.3.α μπορεί να γίνει εύκολα κατανοητή η διευθυνσιοδότηση τόσο των εισόδων, όσο και των εξόδων.



Σχ.3.3.α: Η έννοια και η χρήση των διευθύνσεων.

iii. Μονάδα Ελέγχου

Είναι η κεντρική μονάδα επεξεργασίας του P.L.C. Περιέχει μικροεπεξεργαστή με τη μορφή ολοκληρωμένου κυκλώματος. Αυτό συνεπάγεται μεγάλη αξιοπιστία, μικρό όγκο και χαμηλό κόστος. Ο επεξεργαστής είναι αυτός που παίρνει τις αποφάσεις "διαβάζοντας" τη λογική κατάσταση των εισόδων από την μνήμη και στη συνέχεια, συναρτίζει του προγράμματος, θέτει τις εξόδους σε αντίστοιχη λογική κατάσταση.

Μπορεί να αναπρογραμματίζεται ανά πάσα ώρα και στιγμή ώστε κάθε φορά να εκτελεί και μια διαφορετική ποικιλία από εντολές, ανάλογα βέβαια με τη φύση του προβλήματος που χρειάζεται να αντιμετωπίσει. Αυτή η ιδιότητα του, ο επαναπρογραμματισμός, τον χαρακτηρίζει με την ονομασία "προγραμματιζόμενος" (programmable).

iv. Μονάδα Επικοινωνίας

Σκοπός της μονάδας επικοινωνίας είναι η σύνδεση μεταξύ του ελεγκτή και της συσκευής προγραμματισμού. Η συγκεκριμένη μονάδα είναι επίσης υπεύθυνη για την

μεταφορά του προγράμματος στον ελεγκτή ώστε να συμβεί η εκτέλεση του. Μέσω της ίδιας μονάδας πραγματοποιείται και η μεταφορά δεδομένων από τον ελεγκτή στη συσκευή προγραμματισμού.

Σε όλους τους προγραμματιζόμενους λογικούς ελεγκτές, το μόνο εμφανές σημείο της μονάδας επικοινωνίας είναι η ενσωματωμένη θύρα πάνω στην οποία συνδέεται το καλώδιο δεδομένων. Η θύρα αυτή βρίσκεται συνήθως στην πρόσοψη του ελεγκτή.

v. Μνήμες

Ένας προγραμματιζόμενος λογικός ελεγκτής περιέχει περισσότερες από μία μνήμες. Είναι τα τμήματα εκείνα που σκοπό έχουν την αποθήκευση δεδομένων. Κάποιες από αυτές χρησιμοποιούνται για να συγκρατούν την μνήμη του συστήματος και κάποιες την μνήμη του χρήστη. Το κριτήριο διαχωρισμού των μνημών σε δύο κατηγορίες είναι η δυνατότητα συγκράτησης των δεδομένων τους με την απώλεια της τροφοδοσίας τους.

vi. Μη Πτητικές Μνήμες

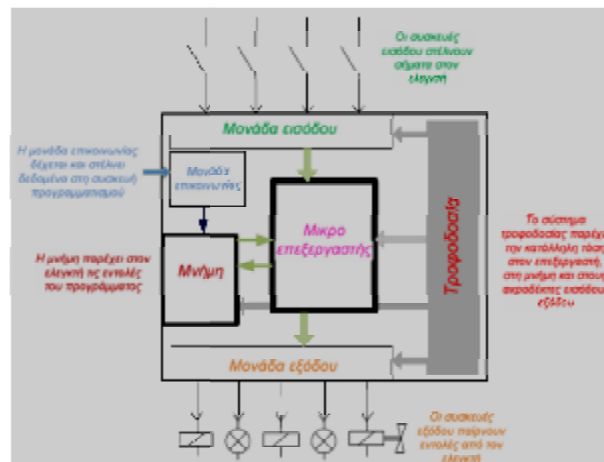
Οι μη πτητικές μνήμες έχουν την ικανότητα να διατηρήσουν τις αποθηκευμένες πληροφορίες τους σε περίπτωση που η τροφοδοσία τους διακοπεί τυχαία ή σκόπιμα. Αν και οι μη πτητικές μνήμες είναι αμετάβλητες, υπάρχουν κάποιοι ειδικοί τύποι που προτιμώνται από τους κατασκευαστές και στους οποίους οι αποθηκευμένες πληροφορίες μπορούν να αλλάξουν. Αυτές είναι οι ακόλουθες:

- Μνήμη ROM (Read Only Memory). Η μνήμη ROM είναι σχεδιασμένη ώστε οι πληροφορίες που περιέχει να είναι μόνο για ανάγνωση. Τα δεδομένα της μνήμης αυτής είναι τοποθετημένα από τον κατασκευαστή για εσωτερική χρήση και λειτουργία του P.L.C. Οι μόνοι για ανάγνωση μνήμες είναι αμετάβλητες και χρησιμοποιούνται από τον ελεγκτή ως λειτουργικό σύστημα. Το λειτουργικό σύστημα εισάγεται στη μνήμη ROM από τον κατασκευαστή του ελεγκτή και ελέγχει το λογισμικό που χρησιμοποιεί ο χρήστης για τον προγραμματισμό.
- Μνήμη PROM (Programmable Read Only Memory). Πρόκειται για έναν ειδικό τύπο μνήμης ROM η οποία είναι επίσης αμετάβλητη και είναι μόνο για ανάγνωση. Η μνήμη PROM μπορεί να δεχτεί γραφή μόνο μία φορά και αυτή από τον κατασκευαστή.
- Μνήμη EPROM (Erasable Programmable Read Only Memory). Η μνήμη EPROM είναι μία προγραμματιζόμενη μνήμη μόνο για ανάγνωση η οποία μπορεί να σβηστεί. Πρόκειται για μία ειδική τύπου μνήμη PROM η οποία έχει την δυνατότητα επαναπρογραμματισμού, αφού διαγραφεί εντελώς με τη χρήση υπεριώδους φωτός. Η μνήμη EPROM χρησιμοποιείται για να αποθηκεύσει ή να μεταφέρει προγράμματα.
- Μνήμη EEPROM (Electrically Erasable Programmable Read Only Memory). Ηλεκτρικά Διαγραφόμενη Μνήμη Μόνο Ανάγνωσης. Η μνήμη EEPROM είναι μια μνήμη όπου μπορεί να προσφέρει την ίδια ελαστικότητα με μία μνήμη RAM, μπορεί να σβηστεί και να γραφούν πάνω της νέα δεδομένα και πληροφορίες. Η διαγραφή τέτοιου είδους μνημών γίνεται μόνο ηλεκτρικά και όχι με τη χρήση υπεριώδους φωτός. Έχει την δυνατότητα μόνιμης αποθήκευσης του προγράμματος, ένα πρόγραμμα το οποίο μπορεί εύκολα να αλλάξει. Οι μνήμες EEPROM χρησιμοποιούνται για αποθήκευση, εκτέλεση και μεταφορά προγραμμάτων.

vii. Πτητικές Μνήμες

Οι πτητικές μνήμες είναι οι μνήμες που δεν έχουν την δυνατότητα να διατηρήσουν τα δεδομένα τους σε περίπτωση διακοπής της τροφοδοσίας τους. Σε αυτήν την κατηγορία ανήκει η μνήμη RAM. Οι μνήμες τυχαίας προσπέλασης (RAM) είναι σχεδιασμένες έτσι ώστε οι πληροφορίες να μπορούν να γράφονται σε αυτήν και να διαβάζονται από αυτή. Η μνήμη RAM χρησιμοποιείται για την μνήμη του χρήστη. Το πρόγραμμα του χρήστη, οι τιμές των μετρητών και των χρονιστών, οι καταστάσεις των εισόδων και εξόδων αποθηκεύονται σε αυτήν την μνήμη. Κατά τη λειτουργία του προγραμματιζόμενου ελεγκτή, το περιεχόμενο της μνήμης RAM μπορεί να μεταβληθεί αρκετές φορές.

Η μνήμη RAM δεν έχει την ικανότητα διατήρησης των δεδομένων της σε περίπτωση διακοπής της τροφοδοσίας της. Για αυτόν τον λόγο, προστατεύεται από μια μπαταρία. Αυτές οι μνήμες έχουν χαμηλή κατανάλωση ρεύματος και μπορούν να διατηρηθούν για μεγάλο χρονικό διάστημα υπό την τροφοδοσία μιας μπαταρίας.



Σχ.3.3.β: Βασική δομή ενός P.L.C.

3.4. Σχεδιασμός Μνήμης

Οι πληροφορίες που αποθηκεύονται στη μνήμη έχουν να κάνουν με την επεξεργασία των δεδομένων εισόδου και εξόδου. Το ποσό της μνήμης που απαιτείται ορίζεται από την πολυπλοκότητα και το μέγεθος του προγράμματος. Τα στοιχεία της μνήμης τα οποία είναι υπεύθυνα για την αποθήκευση των δεδομένων, αποθηκεύουν ξεχωριστά τμήματα πληροφοριών που ονομάζονται bits.

Το πρόγραμμα λοιπόν αποθηκεύεται στη μνήμη σε δυαδική μορφή όπου και μετατρέπεται στη μορφή λέξεων γνωστές για τον ελεγκτή. Το μέγεθος της μνήμης εκφράζεται σε χιλιάδες λέξεις που μπορούν να αποθηκευθούν στο σύστημα.

Η θέση μνήμης (memory location) αναφέρεται σε μία διεύθυνση στη μνήμη όπου μια λέξη δυαδικής μορφής μπορεί να αποθηκευτεί. Μια λέξη αποτελείται συνήθως από 8 ή 16

bits. Ο συνολικός αριθμός των bits που μπορεί να αποθηκευτεί στη μνήμη ονομάζεται χωρητικότητα μνήμης και εκφράζεται συχνότερα σε ομάδες των 8 bits(=1 byte). Το πλάτος κάθε λέξης μπορεί να φτάσει το 1, 2 ή 4 bytes. Μια απλή επαφή μπορεί να χρησιμοποιήσει μία θέση στη μνήμη του ελεγκτή. Μνήμη χωρητικότητας 1kbytes έχει την δυνατότητα αποθήκευσης προγράμματος που περιέχει θεωρητικά 1000 εξόδους και επαφές ή 512 χρονικά εφόσον κάθε χρονιστής απαιτεί μνήμη 2 bytes.

Η μνήμη ενός προγραμματιζόμενου ελεγκτή χωρίζεται σε τομείς οι οποίοι έχουν συγκεκριμένες λειτουργίες. Οι τομείς της μνήμης που χρησιμοποιούνται για να αποθηκευθούν οι καταστάσεις των εισόδων και των εξόδων, ονομάζονται πίνακες εισόδων και πίνακες εξόδων. Μια ανοιχτή ή κλειστή επαφή περιέχει ένα '0' ή ένα '1' αντίστοιχα στην ανάλογη θέση στον πίνακα εισόδου. Μια λυχνία η οποία βρίσκεται σε κατάσταση ON, θα έχει ένα '1' αποθηκευμένο στην αντίστοιχη θέση στον πίνακα εξόδου, ενώ μια λυχνία η οποία βρίσκεται σε κατάσταση OFF, θα έχει αποθηκευμένο ένα λογικό '0' στην αντίστοιχη θέση στον πίνακα εξόδου. Οι προγραμματιζόμενοι ελεγκτές, περισσότερο για λόγους ασφαλείας, εκτελούν προγράμματα ελέγχου της μνήμης. Σε περίπτωση φθοράς της μνήμης, εξασφαλίζεται ότι δεν θα εκτελεστεί καμία εντολή.

3.5. Μηχανική Σχεδίαση

Οι ανάγκες της αγοράς οδήγησαν στην ανάπτυξη μιας ποικιλίας από μηχανικούς σχεδιασμούς. Με την πάροδο του χρόνου, η εξέλιξη της τεχνολογίας απέφερε τον διαχωρισμό των προγραμματιζόμενων ελεγκτών σε δύο μεγάλες κατηγορίες.

i. Μη Επεκτάσιμοι Ελεγκτές

Πρόκειται για ελεγκτές μικρών δυνατοτήτων και διατίθεται σε ενιαία, συμπαγή συσκευασία. Η συσκευασία αυτή περιλαμβάνει τον επεξεργαστή, την μνήμη, το τροφοδοτικό και ένα συγκεκριμένο αριθμό εισόδων και εξόδων. Αποτελείται από επιπρόσθετες λειτουργίες, όπως συγκριτές, μαθηματικές και λογικές συναρτήσεις κ.α., ενώ πλεονεκτεί εκεί όπου υπάρχει έλλειψη χώρου.

Οι περισσότεροι προγραμματιζόμενοι ελεγκτές τύπου compact έχουν την δυνατότητα να συνδεθούν με μονάδες επεκτάσεων. Ουσιαστικά πρόκειται για μονάδες οι οποίες αποτελούνται από επιπλέον εισόδους και εξόδους και σκοπό έχουν την αύξηση δυνατοτήτων σε εφαρμογές υψηλότερων απαιτήσεων. Χαρακτηριστικό αυτού του τύπου P.L.C. είναι το μικρό κόστος ενώ σε περίπτωση βλάβης μιας από εσωτερικές μονάδες του, χρειάζεται αντικατάσταση ολόκληρο το σύστημα.

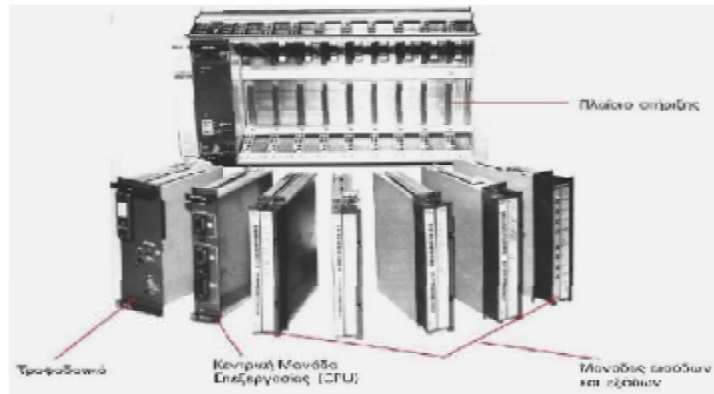
ii. Επεκτάσιμους Ελεγκτές

Πρόκειται για ελεγκτές όπου οι διάφορες λειτουργικές μονάδες, όπως ο επεξεργαστής, το τροφοδοτικό και είσοδοι/εξοδοί, είναι τοποθετημένες σε ανεξάρτητες υπομονάδες. Οι υπομονάδες αυτές έχουν την δυνατότητα βυσμάτωσης πάνω σε μία βάση, (πλαίσιο στήριξης-rack). Όταν μια μονάδα τοποθετείται ("κουμπώνει") στη βάση, δημιουργείται μια ηλεκτρική σύνδεση πάνω σε μια πλακέτα τυπωμένου κυκλώματος (μονάδα συρταρωτής σύνδεσης). Ο επεξεργαστής του P.L.C. συνδέεται επίσης στην πλακέτα του κυκλώματος (πλαίσιο στήριξης) και μπορεί να επικοινωνεί με όλες τις μονάδες στη βάση.

Η αύξηση των επιμέρους μονάδων έχει σαν αποτέλεσμα να πολλαπλασιάζονται οι δυνατότητες τους και να καθίστανται ικανοί να καλύψουν πιο απαιτητικές εφαρμογές. Πλεονεκτούν εκεί που χρειάζεται μεγάλος αριθμός εισόδων και εξόδων. Σε περίπτωση

βλάβης σε μία από τις υπομονάδες, γίνεται αντικατάσταση της χωρίς να πειραχτούν οι υπόλοιπες.

Στην Εικ.3.5.α δείχνονται αναλυτικά όλες οι βασικές υπομονάδες ενός επεκτάσιμου P.L.C. Στις Εικ.3.5.β-3.5.γ φαίνονται επεκτάσιμοι προγραμματιζόμενοι λογικοί ελεγκτές (modular P.L.C.) διάφορων κατασκευαστών ενώ στην Εικ.3.5.δ φαίνεται ένας τύπος υπομονάδας.



Εικ.3.5.α: Βασικές υπομονάδες επεκτάσιμων P.L.C.



Εικ.3.5.β: Επεκτάσιμος προγραμματιζόμενος ελεγκτής.



Εικ.3.5.γ: Επεκτάσιμος προγραμματιζόμενος ελεγκτής.

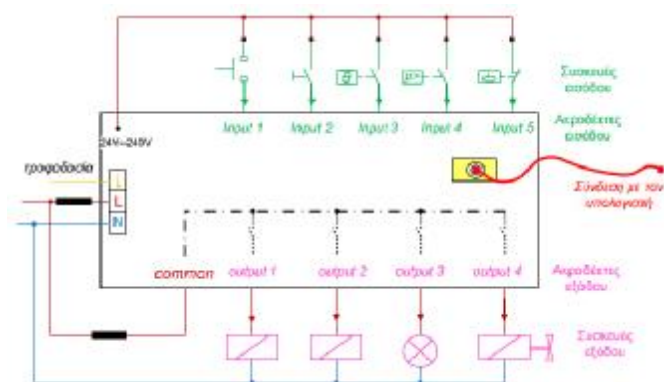


Εικ.3.5.δ: Υπομονάδα.

3.6. Εξωτερικές Συνδέσεις

Προκειμένου να τεθεί σε λειτουργία ένας προγραμματιζόμενος λογικός ελεγκτής και να εκτελέσει κάποιες εντολές, απαιτούνται τέσσερις εξωτερικές συνδέσεις. Οι συνδέσεις αυτές γίνονται με τα ανάλογα καλώδια και μάλιστα πρέπει να τηρούνται όλοι οι κανονισμοί ασφαλείας. Αυτές, όπως δείχνονται και στο Σχ.3.6, είναι οι εξής:

- Σύνδεση του P.L.C. με ηλεκτρονικό υπολογιστή. Κάθε προγραμματιζόμενος ελεγκτής διαθέτει μια θύρα, η οποία χρησιμοποιείται για την σύνδεση με τον υπολογιστή ή μια ειδική μονάδα προγραμματισμού. Σκοπός της θύρας είναι να μεταφερθεί το πρόγραμμα στη μνήμη του P.L.C., να παρακολουθείται η σωστή εκτέλεση του και να εντοπίζονται τυχόν βλάβες στις εισόδους και στις εξόδους. Στη θύρα αυτή συνδέεται ένα καλώδιο με ειδικό βύσμα, από την μεριά του προγραμματιζόμενου ελεγκτή, ενώ στην άλλη μεριά συνήθως συνδέεται σε μία σειριακή θύρα ή θύρα USB του Η/Υ. Το καλώδιο αυτό μεταφέρει δεδομένα και για αυτό το λόγο ενώ είναι μοναδικό για κάθε τύπο προγραμματιζόμενου ελεγκτή.
- Σύνδεση των ακροδεκτών εισόδου. Στους ακροδέκτες εισόδου συνδέονται, όπως προαναφέρθηκε, μπουτόν, αισθητήρες, διακόπτες κ.α. Είναι οι παράμετροι που με την αλλαγή των καταστάσεων τους και σε συνδυασμό με το πρόγραμμα, προκαλούν την αλλαγή των καταστάσεων στις εξόδους. Οι αγωγοί που απαιτούνται για την σύνδεση των συσκευών εισόδου διαρρέονται από ρεύμα και πρέπει να ασφαλιζονται, εκτός και αν έχει γίνει πρόβλεψη από τον κατασκευαστή. Οι διαφορές των προγραμματιζόμενων λογικών ελεγκτών ανάμεσα στους ακροδέκτες εισόδου είναι το επίπεδο τάσης που αναγνωρίζεται σαν λογικό "1" και "0".
- Σύνδεση των ακροδεκτών εξόδου. Οι έξοδοι είναι το αποτέλεσμα των λογικών καταστάσεων των εισόδων σε συνδυασμό με τις εντολές του προγράμματος. Στους ακροδέκτες εξόδου ενός προγραμματιζόμενου ελεγκτή συνδέονται τα προς έλεγχο ηλεκτρικά κυκλώματα αυτοματισμού μιας παραγωγικής διαδικασίας. Συνήθως, οι έξοδοι ενός P.L.C. είναι μία επαφή ON/OFF η οποία οδηγεί το υπό έλεγχο κύκλωμα. Σε μια τέτοια περίπτωση, θα πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή στην τιμή του ρεύματος που διαρρέει την επαφή ώστε να μην υπερβαίνει την τιμή που ορίζει ο κατασκευαστής και καταστραφεί.
- Τροφοδοσία του ελεγκτή. Όπως κάθε συσκευή, έτσι και κάθε προγραμματιζόμενος ελεγκτής απαιτεί τροφοδοσία. Αυτή μπορεί να γίνει κάνοντας χρήση της τάσης του δικτύου ή ενός χαμηλότερου επιπέδου τάσης κάποιου τροφοδοτικού. Σκοπός της τροφοδοσίας είναι όχι μόνο η παροχή των κατάλληλων τιμών τάσεων για τη λειτουργία των εσωτερικών λειτουργιών, αλλά και η διατήρηση των περιεχομένων της μνήμης.



Σχ.3.6: Εξωτερικές Συνδέσεις.

Οι συνδέσεις του Σχ.3.6, που αφορούν τις εξόδους του ελεγκτή, μπορούν να πραγματοποιηθούν μόνο στην περίπτωση που οι εξόδοι του P.L.C. είναι επαφές ρελαί.

3.7. Εσωτερική Λειτουργία Προγραμματιζόμενου Λογικού Ελεγκτή

Ένας προγραμματιζόμενος λογικός ελεγκτής μπορεί να βρεθεί σε δύο καταστάσεις, την κατάσταση παύσης, STOP mode και την κατάσταση εκτέλεσης, RUN mode. Στην κατάσταση παύσης, ο ελεγκτής τροφοδοτείται αλλά δεν εκτελεί λειτουργίες ελέγχου. Σε αυτή την κατάσταση, ο επεξεργαστής εμποδίζεται να ανιχνεύσει ή να εκτελέσει το πρόγραμμα και οι εξόδοι απενεργοποιούνται, ανεξαρτήτου κατάστασης των εισόδων. Για να μεταφερθεί το πρόγραμμα από τη συσκευή προγραμματισμού στον προγραμματιζόμενο ελεγκτή, πρέπει αυτός να βρίσκεται σε κατάσταση παύσης.

Όταν ο ελεγκτής βρεθεί σε κατάσταση εκτέλεσης, τότε εκτελούνται όλες οι λειτουργίες και οι εντολές που είναι αποθηκευμένες στη μνήμη του P.L.C. Ξεκινάει η διαδικασία εκτέλεσης του προγράμματος και ενεργοποίησης των εξόδων. Σε αυτή την κατάσταση, ο επεξεργαστής εμποδίζει την διόρθωση ή αλλαγή του προγράμματος. Για να επιτευχθεί αυτό πρέπει ο ελεγκτής να περάσει σε κατάσταση STOP.

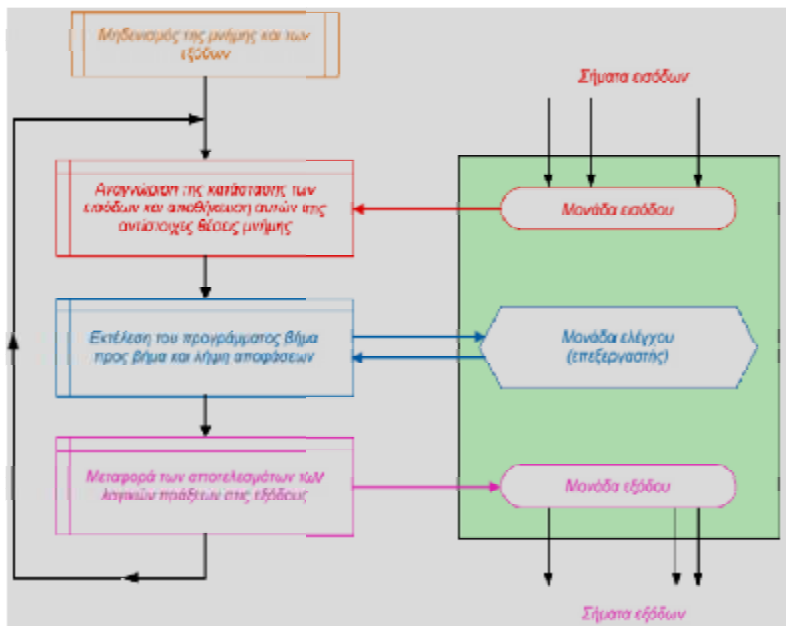
Κατά την διαδικασία της κατάστασης RUN, εκτελείται μια κυκλική διαδικασία αποτελούμενη από κάποια στάδια. Κάποια από αυτά τα στάδια σχετίζονται άμεσα με το πρόγραμμα, επηρεάζοντας το αποτέλεσμα και κάποια άλλα είναι ανεξάρτητα, όπως τα στάδια που είναι υπεύθυνα για τον αυτοέλεγχο του P.L.C., ή το ρολόι πραγματικού χρόνου κ.α.

Τα βασικά στάδια που αποτελούν μια κυκλική διαδικασία, όσο ο προγραμματιζόμενος λογικός ελεγκτής βρίσκεται σε κατάσταση εκτέλεσης, είναι τρία.

- i. Αναγνώριση των λογικών καταστάσεων των εισόδων. Σε αυτό το στάδιο, ο P.L.C. αναγνωρίζει τη λογική κατάσταση των εισόδων. Μια κλειστή επαφή ισοδυναμεί με λογικό "1", ενώ μια ανοιχτή επαφή ισοδυναμεί με λογικό "0". Αμέσως μετά καταγράφονται οι λογικές αυτές καταστάσεις όλων των εισόδων στην μνήμη.
- ii. Εκτέλεση του προγράμματος. Σε αυτό το στάδιο, ο P.L.C. εκτελεί το πρόγραμμα που έχει ήδη αποθηκευτεί στη μνήμη με τη μορφή προτάσεων (εντολή- διεύθυνση). Κάθε πρόταση έχει το δικό της χώρο στη μνήμη που ονομάζεται βήμα. Κάθε βήμα εκτελείται με τη σειρά που είναι τοποθετημένο στο πρόγραμμα και σε συνδυασμό με τη λογική κατάσταση κάθε εισόδου, καταγράφεται προσωρινά η τρέχουσα κατάσταση της ανάλογης εξόδου στη μνήμη.

- iii. Ενημέρωση των εξόδων. Στο τελικό πλέον στάδιο, ο P.L.C. διαβάζει την κατάσταση κάθε εξόδου από την μνήμη, που έχουν διαμορφωθεί βάση του πρώτου και δεύτερου σταδίου και ενεργοποιεί ή απενεργοποιεί τις εξόδους αυτές. Το λογικό "1" για μια έξοδο ισοδυναμεί με βραχυκύκλωμα των ακροδεκτών της, ενώ το λογικό '0' για μια έξοδο ισοδυναμεί με ανοιχτοκύκλωμα των ακροδεκτών της.

Η εσωτερική λειτουργία του προγραμματιζόμενου ελεγκτή καθώς και τα βήματα που ακολουθούνται φαίνονται στο Σχ.3.7.



Σχ.3.7: Εσωτερική λειτουργία P.L.C.

Αμέσως μετά το τρίτο στάδιο, ο P.L.C. ξανακάνει την ίδια κυκλική διαδικασία επαναλαμβάνοντας διαδοχικά όλα τα βήματα. Ο χρόνος που απαιτείται για να εκτελεστούν τα τρία αυτά στάδια ονομάζεται χρόνος σάρωσης ή κύκλος και εξαρτάται από την ταχύτητα του μικροεπεξεργαστή αλλά και από τον αριθμό και το είδος των εντολών του προγράμματος. Το πρόγραμμα δηλαδή, είναι αυτό που καθορίζει τον χρόνο σάρωσης ο οποίος είναι της τάξης των milliseconds.

Ο χρόνος σάρωσης παρακολουθείται από ειδικό εσωτερικό κύκλωμα, γνωστό ως watchdog timer ή επιτηρητή χρόνου. Σε περίπτωση υπέρβασης του χρόνου αυτού, ο προγραμματιζόμενος λογικός ελεγκτής, για λόγους ασφαλείας, βγαίνει εκτός λειτουργίας, οι εξόδοι απενεργοποιούνται και συνήθως, ανάλογα με το μοντέλο του P.L.C., ενεργοποιείται μια προειδοποιητική κόκκινη λυχνία στην πρόσοψη του ελεγκτή.

Το πρόβλημα με έναν αργό κύκλο είναι η μη αναγνώριση ενός γρήγορου σήματος. Στην περίπτωση ενός σύντομου σήματος στην είσοδο το οποίο θα εμφανιζόταν σε μια ακατάλληλη στιγμή και σε συνδυασμό με έναν αργό κύκλο, θα μπορούσε να μη γίνει αντιληπτό από τον επεξεργαστή με αποτέλεσμα αυτός να οδηγηθεί σε εσφαλμένη λειτουργία.

3.8. Γλώσσες Προγραμματισμού

Με την έννοια προγραμματισμός ενός P.L.C. εννοείται η διαδικασία της δημιουργίας μιας σειράς εντολών οι οποίες λύνουν ένα συγκεκριμένο πρόβλημα αυτοματισμού. Η υλοποίηση του αντίστοιχου αλγορίθμου επίλυσης του προβλήματος αποτελεί το πρόγραμμα. Πρόγραμμα λοιπόν είναι ένα "σύνολο από κανόνες ή εντολές" σύμφωνα με τις οποίες συμπεριφέρεται ο προγραμματιζόμενος λογικός ελεγκτής. Οι κανόνες αυτοί καθορίζουν τις λειτουργίες ελέγχου του ελεγκτή. Σκοπός του προγράμματος είναι να καθορίσει τις ακριβείς συνθήκες για την ενεργοποίηση κάθε εξόδου του P.L.C. Χωρίς το πρόγραμμα, ο ελεγκτής δεν μπορεί να κάνει τίποτα απολύτως.

Ο προγραμματισμός του P.L.C. μπορεί να γίνει με διάφορους τρόπους. Οι τρόποι αυτοί έχουν καθοριστεί και τυποποιηθεί από το πρότυπο IEC 1131-3 και ονομάζονται γλώσσες προγραμματισμού. Οι γλώσσες προγραμματισμού, ανάλογα με το είδος των στοιχείων και των εντολών που χρησιμοποιούν, ταξινομούνται σε δύο είδη.

i. Μη Γραφικές

Οι μη γραφικές γλώσσες προγραμματισμού χρησιμοποιούν εντολές αντίστοιχες της γλώσσας μηχανής. Τέτοιες εντολές θα έκαναν τον προγραμματισμό ενός P.L.C. αφενός χρονοβόρο και αφετέρου, εφικτό μόνο από χρήστες με αρκετές γνώσεις στη δομή και λειτουργία μικροεπεξεργαστών. Παρ' όλα αυτά όμως χρησιμοποιούνται, αν και δεν είναι τόσο διαδεδομένες.

ii. Λίστα Εντολών

Αναφέρεται συνήθως και ως Statement List (STL). Η λίστα εντολών πρόκειται για μία μη γραφική γλώσσα προγραμματισμού με τη μορφή κειμένου. Έχει την ικανότητα βέλτιστης χρήσης της μνήμης και εκτέλεσης του προγράμματος. Αποτελείται από μία σειρά εντολών διάφορων τύπων, τοποθετημένες ή μία κάτω από την άλλη σε γραμμές, οι οποίες καταχωρούνται με συντομογραφικό τρόπο. Κάθε γραμμή του προγράμματος περιέχει δύο στοιχεία. Το ένα στοιχείο είναι η εντολή. Αυτή αναγράφεται με λατινικούς χαρακτήρες και θα είναι είτε εντολή φόρτωσης, Load (LD), είτε κάποια εντολή από τις εκφράσεις της άλγεβρας του Boole. Μπορεί επίσης να είναι μια έτοιμη ρουτίνα του ελεγκτή, όπως κάποιος χρονιστής ή κάτι άλλο. Το άλλο στοιχείο είναι η μεταβλητή, η οποία συνήθως περιέχει την διεύθυνση κάποιας εισόδου ή εξόδου. Κάποιοι κατασκευαστές προσθέτουν και ένα τρίτο στοιχείο σε κάθε γραμμή, τον αριθμό της γραμμής, ο οποίος τοποθετείται αυτόματα κάθε φορά που επιλέγεται αλλαγή γραμμής.

Στον Πίνακα φαίνεται ένα πρόγραμμα σε γλώσσα STL το οποίο αντικαθιστά πλήρως τον απλό αυτόματο διακόπτη.

LD I0.0	φόρτιση της εισόδου I0.0 (normally open)
OR Q0.0	τοποθέτηση μιας ανοιχτής επαφής της εξόδου παράλληλα με την είσοδο I0.0
LDN I0.1	φόρτιση της εισόδου I0.1 (normally closed)
AN I0.2	τοποθέτηση της επαφής I0.2 (normally closed) σειρά με την I0.1
A LD =Q0.0	τοποθέτηση των δύο παραπάνω κλάδων σε σειρά έξοδος
I0.0: START I0.1: STOP I0.2: θερμικό Q0.0: έξοδος (ρελέ)	

Πίνακας 3.8.α: Απλός αυτόματος διακόπτης σε γλώσσα STL.

iii. Γλώσσα Δομημένου Κειμένου

Πρόκειται για μία γλώσσα προγραμματισμού η οποία έχει πολλές ομοιότητες με τη γλώσσα C και ως προς την δομή, αλλά και ως προς τις εντολές. Η γλώσσα δομημένου κειμένου απαιτεί ειδικές γνώσεις προγραμματισμού και για αυτό τον λόγο τείνει να εξαφανιστεί, μιας και δεν χρησιμοποιείται πολύ.

iv. Γραφικές

Οι γραφικές γλώσσες προγραμματισμού χρησιμοποιούν εντολές και στοιχεία αρκετά όμοια με τα σύμβολα που χρησιμοποιούνται στα συμβατικά, κλασικά συστήματα αυτοματισμού καθώς επίσης και σύμβολα λογικών πυλών. Είναι πιο προσιτές και πλεονεκτούν ως προς την καλύτερη και ευκολότερη εποπτεία του προγράμματος.

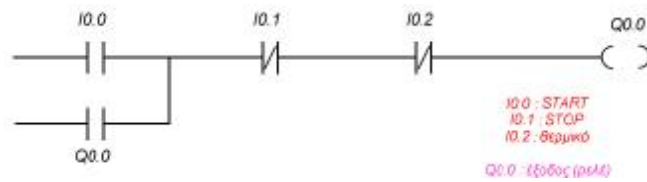
v. Σχέδιο Επαφών

Το σχέδιο επαφών, ή αλλιώς Ladder diagram, είναι μία γραφική γλώσσα προγραμματισμού η οποία θυμίζει το διάγραμμα κυκλώματος κλασικού αυτοματισμού. Σε αυτήν την γλώσσα παρακολουθείται εύκολα η ροή του σήματος για αυτό και προτιμάται από αυτούς που είναι εξοικειωμένοι με το ηλεκτρολογικό σχέδιο. Αυτός είναι και ο λόγος που είναι η πιο ευρέως χρησιμοποιούμενη γλώσσα για τον προγραμματισμό τέτοιου είδους ελεγκτών.

Με τη χρήση γραφικών εργαλείων δομείται ένα λογικό πρόγραμμα, ικανό να ακολουθήσει τη λογική της συνδεσμολογίας ενός κυκλώματος κλασικού, συμβατικού αυτοματισμού. Οι δυνατότητες της βέβαια είναι πολύ περισσότερες καθώς εκτελούνται λειτουργίες σύγκρισης, μεταφοράς και μαθηματικής επεξεργασίας δεδομένων. Όλοι οι είσοδοι εισάγονται με τη μορφή συμβολικών επαφών και όλοι οι έξοδοι εισάγονται με τη μορφή συμβολικών πηνίων. Στο σχεδιασμό επαφών έχει επικρατήσει η αμερικάνικη τυποποίηση.

Μια κανονικά ανοιχτή επαφή συμβολίζεται ως εξής, $-| |-$, ενώ μια κανονικά κλειστή επαφή συμβολίζεται με το εξής σύμβολο, $-|/|-$. Το σύμβολο που απεικονίζει μια έξοδο είναι το ακόλουθο, $-()-$.

Στο Σχ.3.8.β, φαίνεται ένα πρόγραμμα σε γλώσσα Ladder. Πρόκειται για τον απλό αυτόματο διακόπτη.



Σχ.3.8.β: Απλός αυτόματος διακόπτης σε γλώσσα Ladder.

Κάθε οριζόντια γραμμή, αποτελούμενη από τουλάχιστον μία επαφή, ονομάζεται rung (βαθμίδα). Ο ελεγκτής εκτελεί κάθε rung ξεχωριστά και με τη σειρά που είναι τοποθετημένα στο πρόγραμμα, από πάνω προς τα κάτω. Οι εντολές που υπάρχουν σε κάθε rung εκτελούνται πάντα από τα αριστερά προς τα δεξιά και ποτέ το ανάποδο. (Το πρόγραμμα του Σχ.3.8.β αποτελείται από ένα rung).

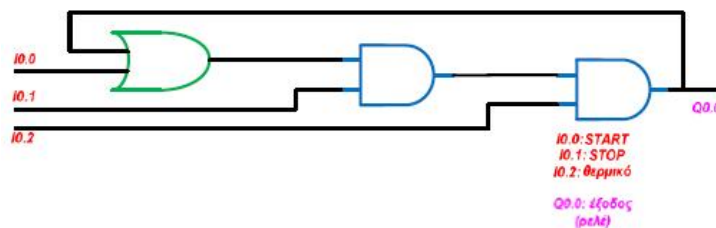
Όπως φαίνεται και στο Σχ.3.8.β, η γλώσσα Ladder έχει αρκετές ομοιότητες με το κλασικό, συμβατικό σχέδιο επαφών.

Αρκετοί P.L.C. έχουν την δυνατότητα, με ειδικό λογισμικό, να μετατρέπουν κάποιο πρόγραμμα που είναι γραμμένο σε λίστα εντολών, σε γλώσσα Ladder ή και το ανάποδο. Μάλιστα, η μετατροπή αυτή μπορεί να υλοποιηθεί όχι μόνο σε ολόκληρο το πρόγραμμα, αλλά και σε μεμονωμένα τμήματα εντολών.

vi. Διάγραμμα Λογικών Πυλών

Ο κώδικας της συγκεκριμένης γλώσσας προγραμματισμού περιέχει εντολές οι οποίες αναπαρίστανται με blocks λογικών πυλών. Τα διαγράμματα λογικών πυλών, Function block diagrams, θυμίζουν περισσότερο τη λογική των ψηφιακών ηλεκτρονικών, για αυτό και σαν γλώσσα προγραμματισμού προτιμάται περισσότερο από εκείνους οι οποίοι είναι εξοικειωμένοι με την ψηφιακή σχεδίαση.

Ένα πρόγραμμα σε γλώσσα FBD έχει την μορφή του Σχ.3.8.γ.



Σχ.3.8.γ: Απλός αυτόματος διακόπτης σε γλώσσα FBD.

vii. Διάγραμμα Διαδοχικών Λειτουργιών

Πρόκειται για μία γλώσσα προγραμματισμού η οποία αποτελεί εξέλιξη της γλώσσας Grafset. Η γλώσσα προγραμματισμού των διαδοχικών λειτουργιών, Sequential Function Chart, χρησιμοποιεί ένα λειτουργικό διάγραμμα για να περιγράψει γραφικά τη συμπεριφορά ενός συστήματος αυτοματισμού. Ουσιαστικά, αντιπροσωπεύει τη λειτουργία μιας διαδοχικής αυτοματοποιημένης διεργασίας σε μία δομημένη και γραφική μορφή. Ένα πρόγραμμα

Βασισμένο σε γλώσσα SFC αποτελείται από ένα σύνολο διαδοχικών ενεργειών και βημάτων τα οποία επιτρέπουν σε μια σύνθετη δράση να χωριστεί σε μικρότερες και πιο απλές καθορίζοντας τη σειρά εκτέλεσης. Ταυτόχρονα, το διάγραμμα διαδοχικών λειτουργιών καθορίζεται από κανόνες προγραμματισμού και γραφικά στοιχεία.

Πρέπει να σημειωθεί ότι, αν και επίσημα, η γλώσσα προγραμματισμού SFC είναι αναγνωρισμένη σαν μία από τις γλώσσες που υπακούουν στις προδιαγραφές τυποποίησης του προτύπου IEC 1131-3, για τη χρήση της όμως είναι απαραίτητη η εισαγωγή εντολών και δεύτερης γλώσσας. Αυτό κάνει τα διαγράμματα διαδοχικών λειτουργιών να θεωρούνται από πολλούς προγραμματιστές περισσότερο σαν μια μέθοδος διευκόλυνσης στην κατανόηση και ανάλυση πολύπλοκων εφαρμογών παρά σαν μια αυτόνομη γλώσσα προγραμματισμού.

Κάθε πρόγραμμα το οποίο περιέχει συναρτήσεις και εντολές της γλώσσας SFC, αποτελείται από βήματα και μεταβάσεις. Τα βήματα είναι τοποθετημένα διαδοχικά και ελέγχονται από τις μεταβάσεις. Μόλις ενεργοποιηθεί κάποιο βήμα, αμέσως εκτελείται η συνθήκη της αντίστοιχης μετάβασης. Η ενεργοποίηση του επόμενου βήματος συμβαίνει μόνο με το τέλος της μετάβασης. Με αυτόν τον τρόπο ακολουθείται μια διαδοχική ενεργοποίηση όλων των βημάτων του προγράμματος και ταυτόχρονα και των αντίστοιχων συνθηκών. Κατά την διάρκεια μετάβασης από το ένα βήμα στο επόμενο μπορούν να ελεγχθούν είσοδοι, έξοδοι, χρονικά και πολλές άλλες λειτουργίες.

Ένα πρόγραμμα γραμμένο σε κώδικα SFC φαίνεται στο Σχ.3.8.δ. Κάθε βήμα μπορεί να ελέγχει διάφορες ενέργειες, όπως το άνοιγμα ή το κλείσιμο επαφών. Τα βήματα του συγκεκριμένου παραδείγματος ελέγχουν τα φώτα ενός τρίχρωμου φωτεινού σηματοδότη. Για να ανάψει ένας λαμπτήρας, πρέπει το αντίστοιχο βήμα να είναι ενεργό. Το βήμα με το διπλό τετράγωνο κουτί αποτελεί το πρώτο προς εκτέλεση βήμα αμέσως μετά την έναρξη του προγράμματος ή αμέσως μετά την επανάκτηση της τροφοδοσίας, για αυτό και λέγεται αρχικό βήμα (1). Τα υπόλοιπα βήματα αποκαλούνται απλά βήματα (2...) καθώς αποτελούν την συνέχεια του προγράμματος.



Σχ.3.8.δ: Έλεγχος τρίχρωμου φωτεινού σηματοδότη σε γλώσσα SFC.

3.9. Άλλες Λειτουργίες και Στοιχεία των PLC

Εκτός από τα πηνία και τις επαφές που μπορούν να εισαχθούν σε κάποιο πρόγραμμα, ένας προγραμματιζόμενος λογικός ελεγκτής μπορεί να χειριστεί και άλλα επιπλέον στοιχεία μέσω του ειδικού λογισμικού του. Πρόκειται για λειτουργίες και έτοιμες ρουτίνες που βρίσκονται ήδη στη μνήμη του προγραμματιζόμενου ελεγκτή και αποτελούν στοιχεία του προγράμματος. Όλοι οι κατασκευαστές πλέον προσθέτουν μια ποικιλία λειτουργιών οι οποίες προσφέρουν ακόμα περισσότερες δυνατότητες και ευκολίες για την λύση κάποιου προβλήματος.

i. Εσωτερικές Έξοδοι

Ένα εσωτερικό ρελέ είναι το ίδιο με μία έξοδο. Η διαφορά είναι ότι σε μία εσωτερική έξοδο δεν υπάρχει φυσική πρόσβαση. Ένας προγραμματιζόμενος ελεγκτής έχει δεκάδες τέτοιες εξόδους. Χρησιμοποιούνται για την αποθήκευση ενδιάμεσων λογικών καταστάσεων και αποτελεσμάτων για αυτό και αποκαλούνται και ενδιάμεσοι έξοδοι.

ii. Χρονιστές

Οι λειτουργίες του χρονισμού που χρησιμοποιούνται πιο πολύ είναι δύο, καθυστέρηση κατά την ζεύξη (delay on) και καθυστέρηση κατά την απόζευξη (delay off). Ένας χρονιστής delay on εισάγει μια χρονική καθυστέρηση μεταξύ της ενεργοποίησης μιας λειτουργίας και την ενεργοποίηση μιας άλλης λειτουργίας. Ένας χρονιστής delay off εισάγει μία χρονική καθυστέρηση μεταξύ της απενεργοποίησης μιας λειτουργίας και την απενεργοποίηση μιας άλλης λειτουργίας. Ουσιαστικά, αυτό που κάνει ένας χρονιστής είναι να αλλάζει κατάσταση σε μία επαφή αφού μετρήσει τον χρόνο που του έχει ρυθμιστεί.

Πλέον, πολλοί κατασκευαστές εισάγουν στον ελεγκτή έτοιμες ρουτίνες με χρονιστές ειδικών εφαρμογών, διευκολύνοντας κατά πολύ, αρκετές λειτουργίες. Μια τέτοια ρουτίνα μπορεί να αποτελεί έναν χρονιστή του οποίου η έξοδος να μεταβαίνει σε μια περιοδική αλλαγή της κατάστασης του δημιουργώντας έναν τετραγωνικό παλμό.

iii. Flip-Flop

Ένα flip-flop είναι μία λειτουργία δύο καταστάσεων, "0" ή "1" η οποία μπορεί να εφαρμοστεί σε μία έξοδο ή σε ένα εσωτερικό ρελέ. Οι καταστάσεις "0" και "1" είναι ανεξάρτητες και λειτουργούν με την λογική της αυτοσυγκράτησης, όταν δηλαδή ένα σύντομο σήμα ενεργοποιήσει την κατάσταση "1", τότε αυτοσυγκρατείται η κατάσταση αυτή μέχρι ένα άλλο μικρό σήμα να δώσει εντολή για κατάσταση "0" όπου και πάλι παραμένει η κατάσταση αυτή έως ότου ένα σήμα μικρής διάρκειας δώσει πάλι εντολή για κατάσταση "1" κ.ο.κ. Το πέρασμα σε κατάσταση ON είναι γνωστό ως SET, ενώ το πέρασμα σε κατάσταση OFF, είναι γνωστό ως RESET. Χρησιμοποιώντας μία μόνο ρουτίνα μπορεί εύκολα και γρήγορα να υλοποιηθεί το κύκλωμα του απλού αυτόματου διακόπτη με μπουτόν START και STOP.

iv. Απαριθμητές

Ένας απαριθμητής, ή διαφορετικά μετρητής, έχει την δυνατότητα καταγραφής του αριθμού γεγονότων. Δηλαδή, μπορεί να καταγράψει πόσες φορές συνέβη κάποιο γεγονός, όπως για παράδειγμα τον αριθμό των μπουκαλιών κινούμενα πάνω σε μια μεταφορική ταινία, τον αριθμό των ατόμων που εισήχθησαν σε ένα μαγαζί ακόμα και τον αριθμό περιστροφών ενός άξονα. Οι μετρητές είναι ικανοί να μετρήσουν προς τα κάτω, προς πάνω ή ακόμα και τα δύο μαζί. Μια είσοδος μέτρησης προς τα πάνω αυξάνει την τρέχουσα τιμή, ενώ μια είσοδος

μέτρησης προς τα κάτω μειώνει την τρέχουσα τιμή. Όπως ακριβώς με τους χρονιστές, έτσι και με τους μετρητές, σκοπός τους είναι να αλλάξουν την κατάσταση μιας επαφής όταν μετρήσουν έναν αριθμό ίσο με τα γεγονότα που έχουν ρυθμιστεί από τον χειριστή-χρήστη.

v. Λειτουργία Μιας Κρούσης (one shot)

Η δράση της λειτουργίας μιας κρούσης μοιάζει με εκείνη του ηλεκτρομηχανικού ρελέ σύντομης επαφής. Κάθε φορά που δίνεται εντολή σε αυτόν, ο αυτόματος διακόπτης ενεργοποιείται για ένα μικρό διάστημα, γνωστό ως scan time. Η λειτουργία μιας κρούσης μπορεί να υλοποιηθεί με μία έτοιμη ρουτίνα. Σε όσους όμως ελεγκτές δεν υπάρχει αυτή η δυνατότητα, μπορεί να επιτευχθεί με βασικά λογικά στοιχεία, όπως κάποιο χρονιστή. Ένα τέτοιο σήμα με τόση μικρή διάρκεια δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον έλεγχο κάποιας εξόδου εκτός και αν προστεθεί και ένα επιπλέον κύκλωμα αυτοσυγκράτησης (flip-flop). Περισσότερο εφαρμόζεται για την ενεργοποίηση μιας εσωτερικής εισόδου ή σε εφαρμογή που απαιτεί είσοδο ανερχόμενου παλμού. Η συγκεκριμένη λειτουργία μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί και για τον μηδενισμό μετρητών και απαριθμητών όπου απαιτείται μέτρηση ξανά από την αρχή.

vi. Διαχείριση Αρχείων

Οι εντολές διαχείρισης δεδομένων και αρχείων επιτρέπουν στον προγραμματιζόμενο λογικό ελεγκτή να αποκτήσει κάποιες από τις ιδιότητες ενός υπολογιστικού συστήματος. Οι περισσότεροι προγραμματιζόμενοι ελεγκτές έχουν πλέον την δυνατότητα διαχείρισης των δεδομένων που βρίσκονται στη μνήμη. Οι εντολές αυτές είναι ικανές να συγκρίνουν, να χειριστούν και να μεταφέρουν δεδομένα από μια περιοχή μνήμης σε μια άλλη. Κάτι τέτοιο είναι αδύνατο να πραγματοποιηθεί με τους κλασικούς συμβατικούς αυτοματισμούς.

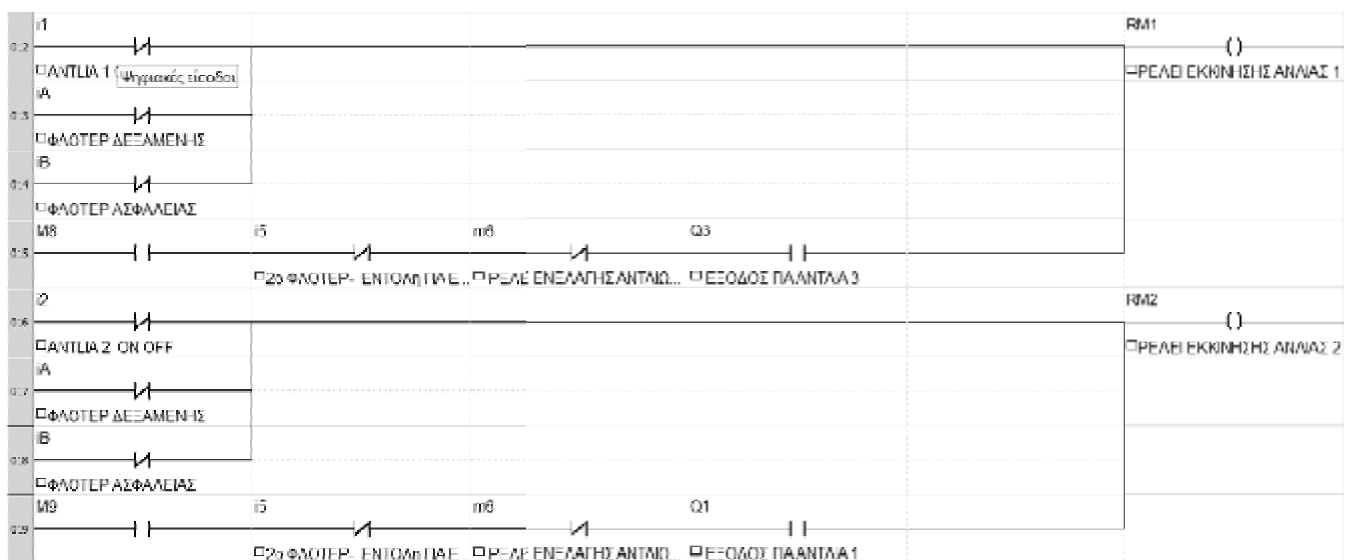
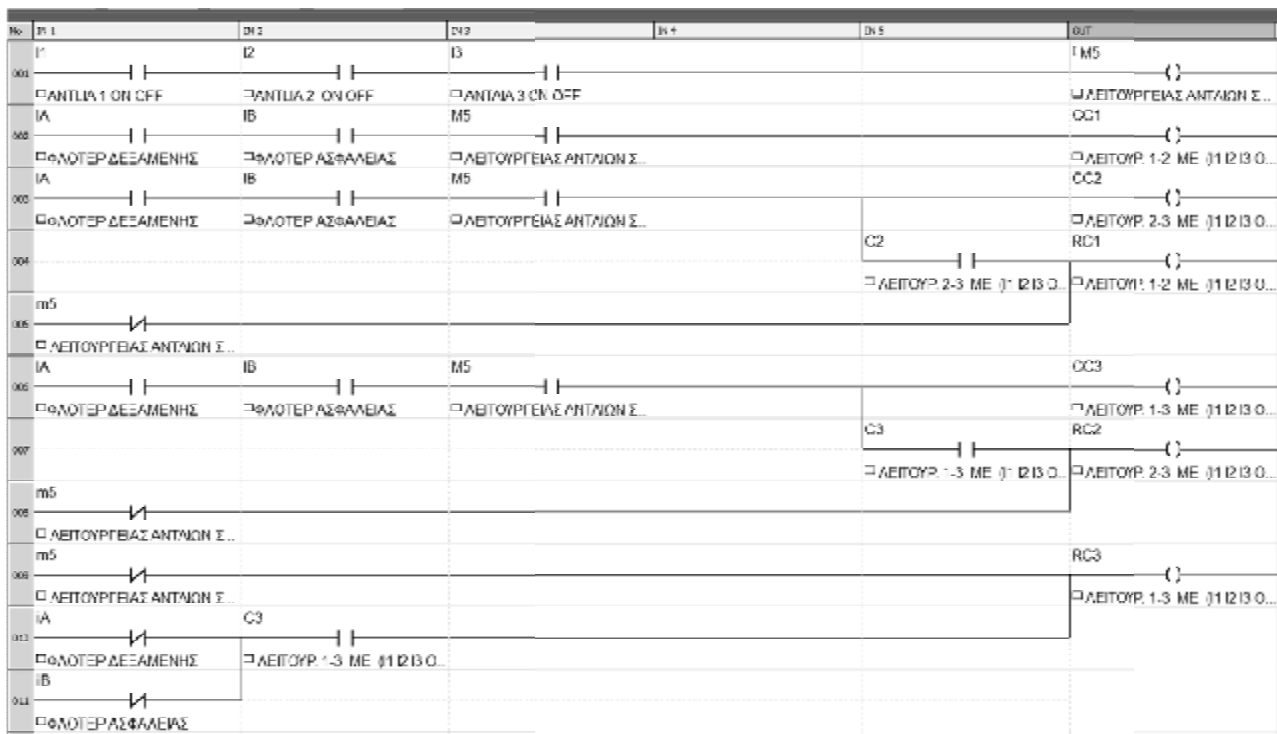
Η χρήση τέτοιου είδους εντολών σε εφαρμογές που απαιτούν την παραγωγή και διαχείριση μεγάλων ποσοτήτων δεδομένων, ελαττώνει κατά πολύ την πολυπλοκότητα και το μέγεθος του προγράμματος.

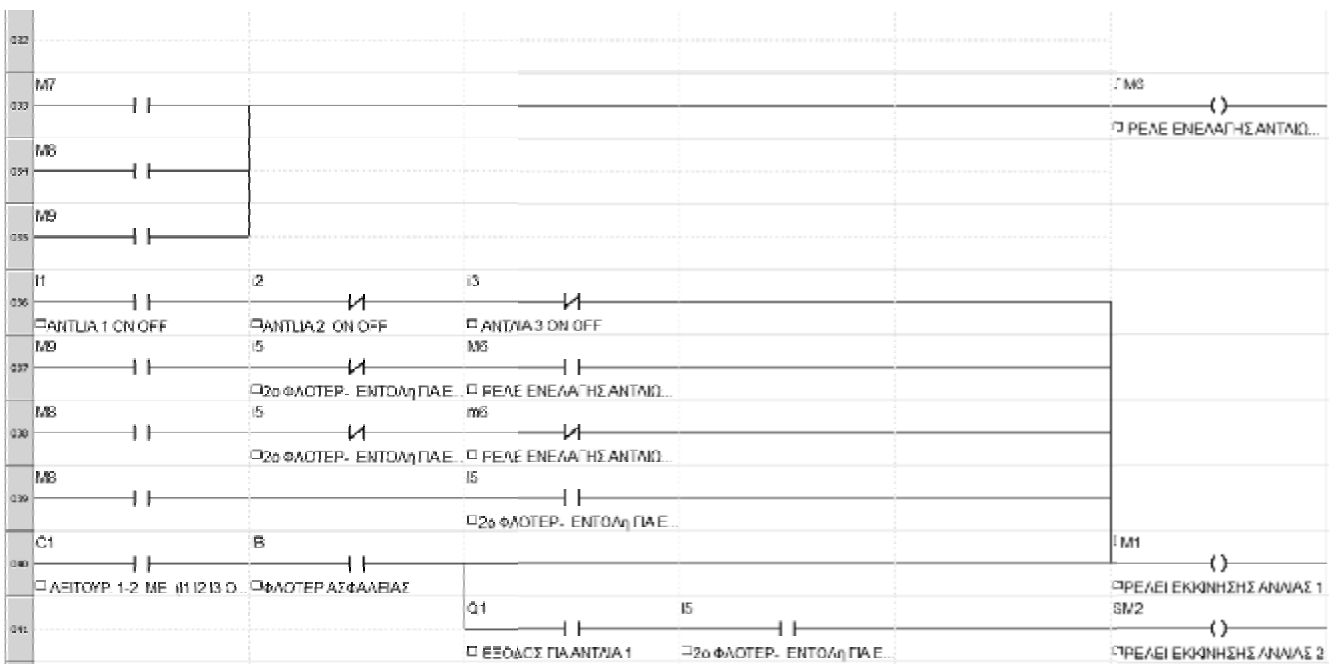
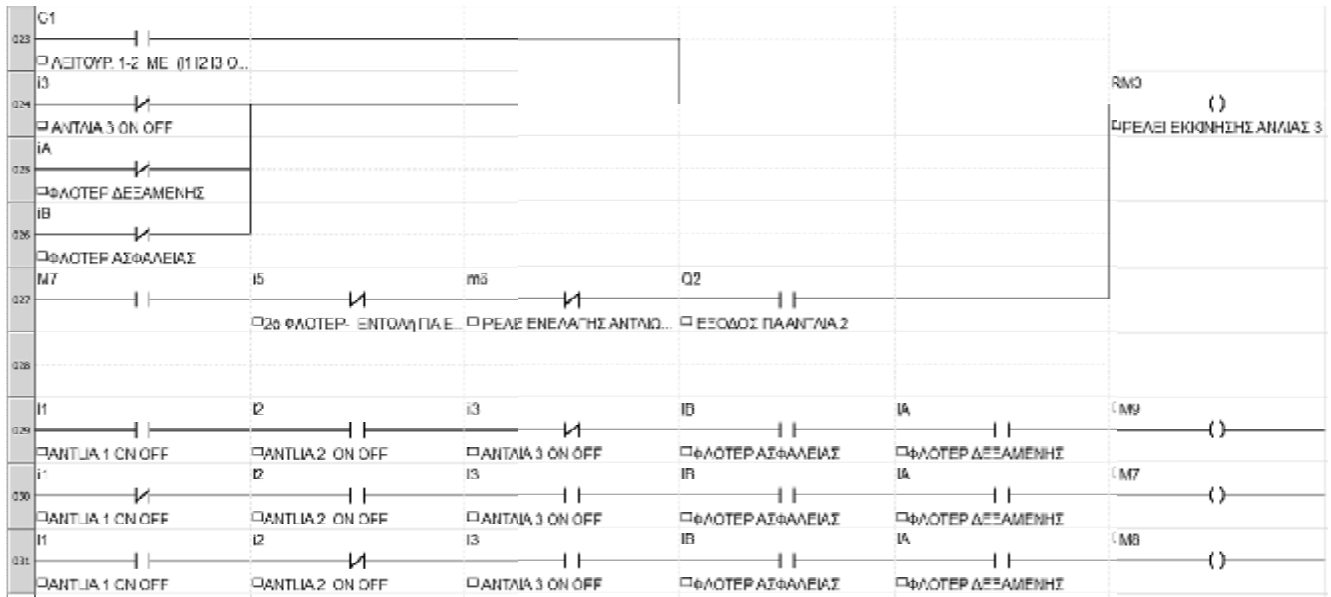
vii. Μαθηματικές Εντολές

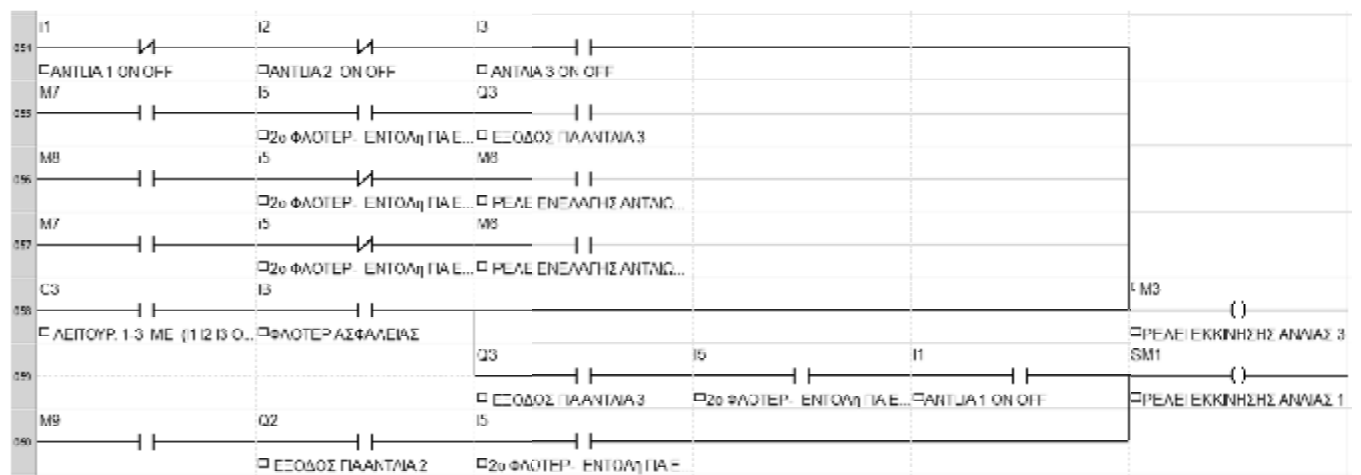
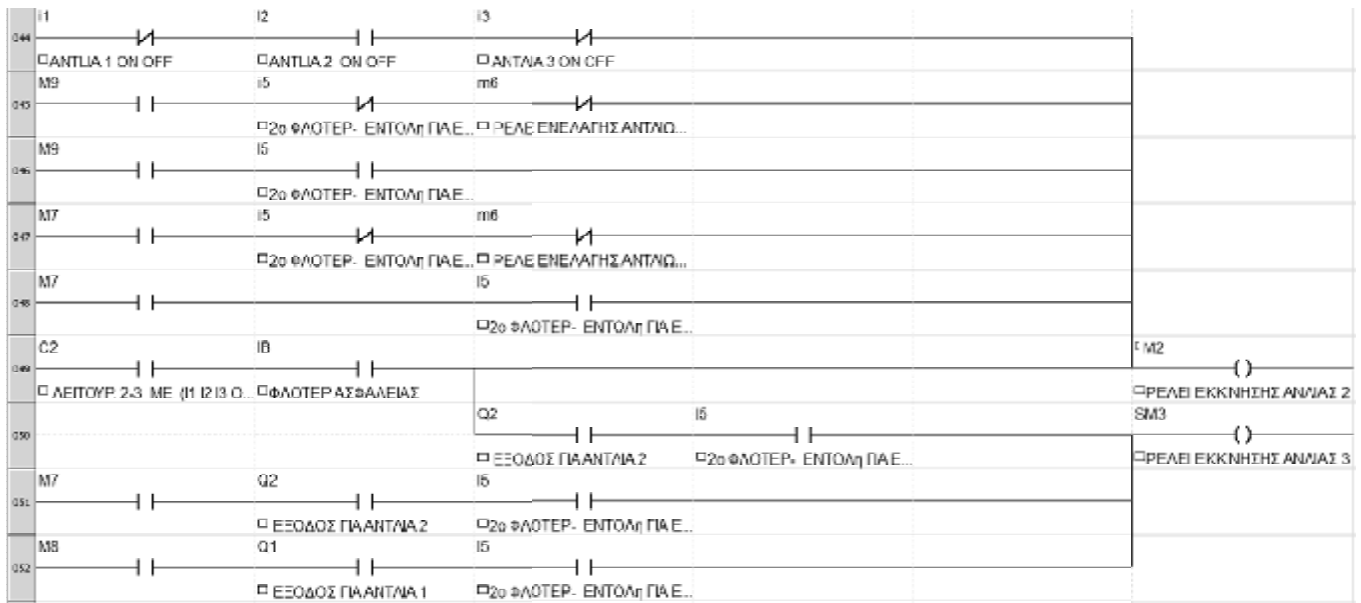
Η χρήση των μαθηματικών εντολών σε έναν προγραμματιζόμενο λογικό ελεγκτή έχει σαν σκοπό την εκτέλεση μαθηματικών λειτουργιών μεταξύ τιμών που είναι αποθηκευμένες στη μνήμη.

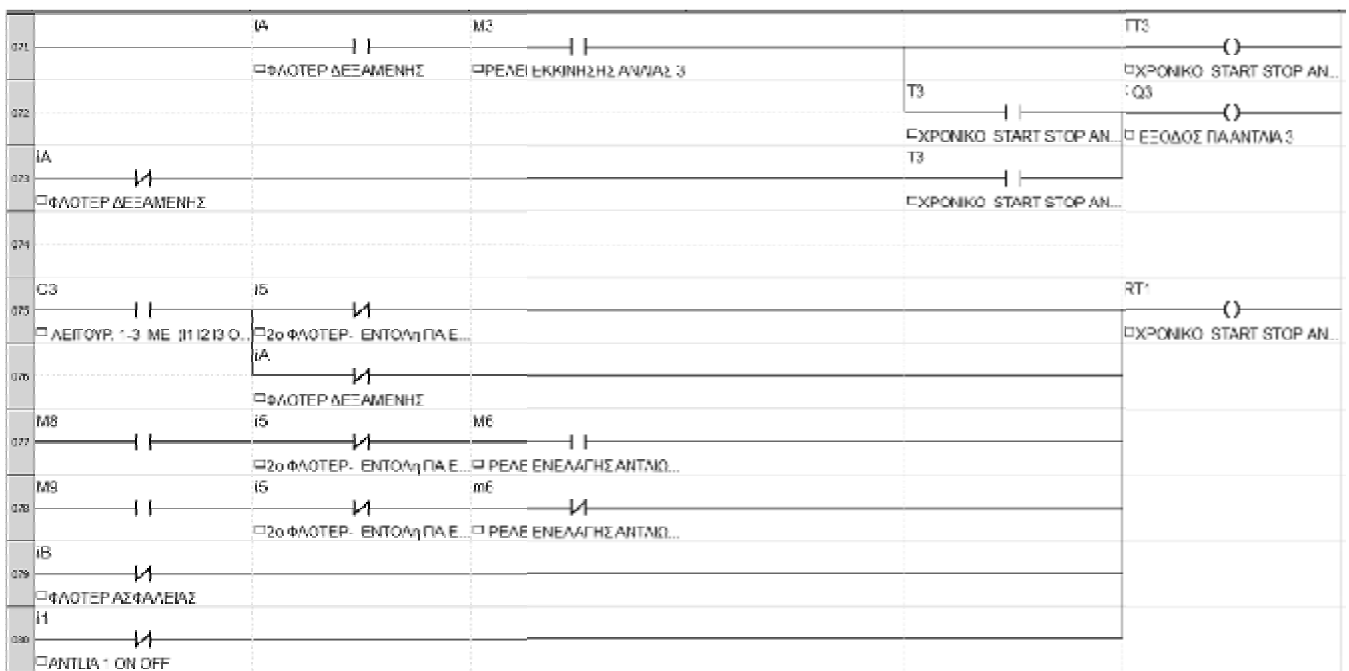
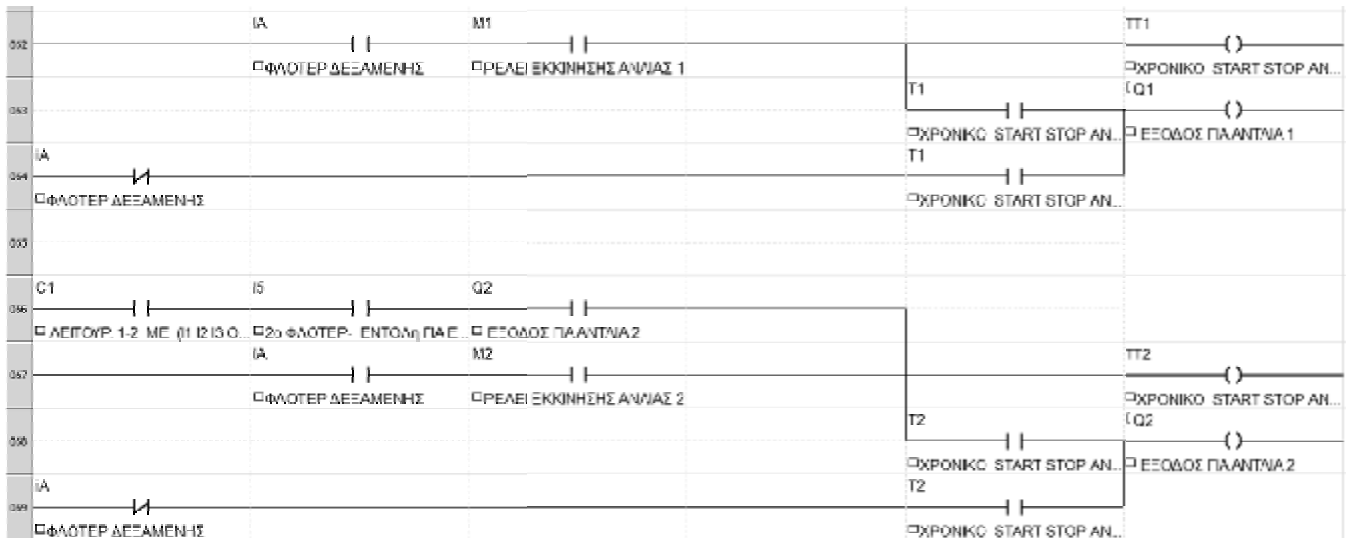
Οι βασικές μαθηματικές εντολές είναι οι τέσσερις πράξεις, πρόσθεση, αφαίρεση, πολλαπλασιασμός και διαίρεση. Πολλοί κατασκευαστές προσθέτουν και άλλες μαθηματικές πράξεις, όπως την τετραγωνική ρίζα κ.α.

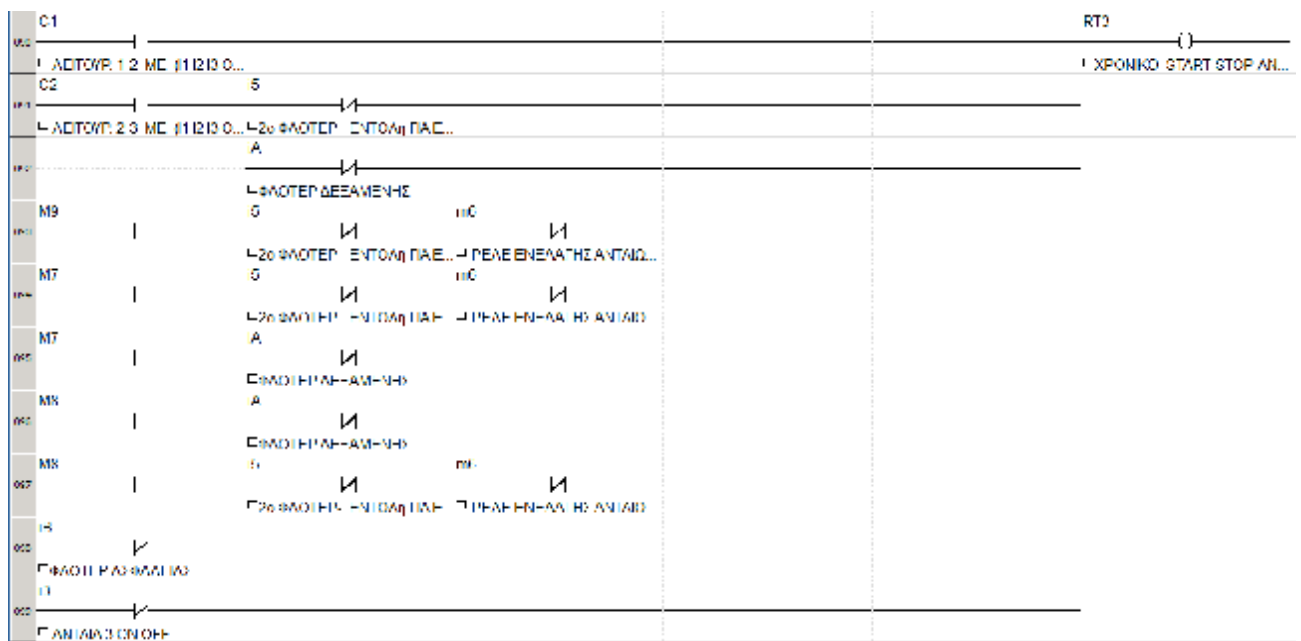
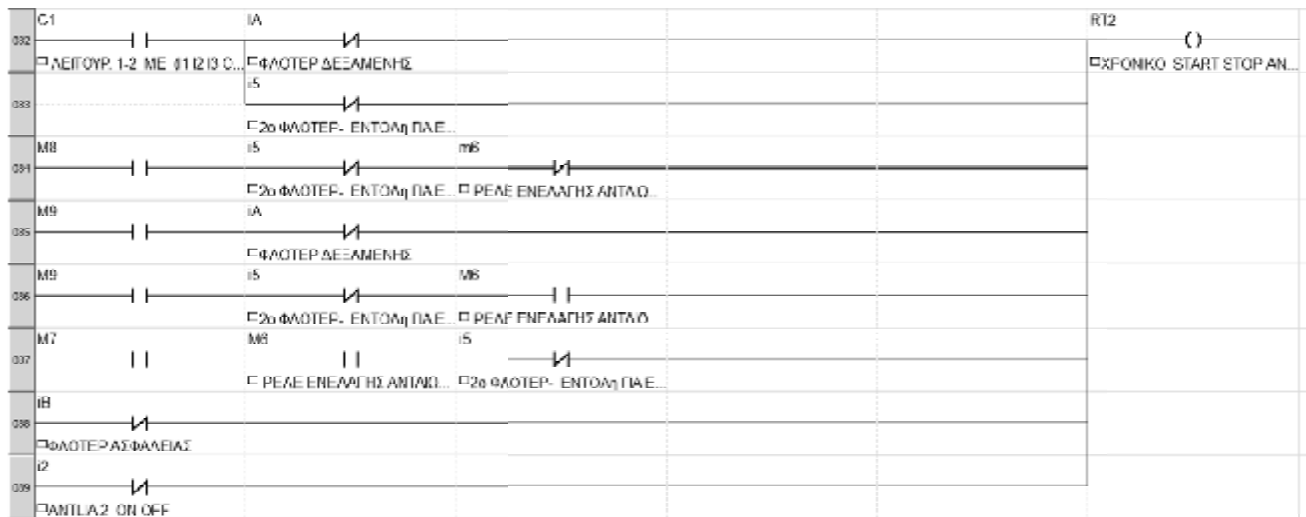
3.10 Πρόγραμμα με τη Λειτουργία της Εγκατάστασης
















Είσοδοι

Αριθμός	Συμβολο	Λειτουργία	Κατάσταση	Παράμετροι	Location of (L,C)	Σχόλια
I1		Ψηφιακός είσοδος	---	Χωρίς παραμέτρους	(1/1) (14/1) (29/1) (30/1) (31/1) (36/1) (44/1) (54/1) (59/5) (80/1)	ΑΝΤΛΙΑ 1 ON OFF
I2		Ψηφιακός είσοδος	---	Χωρίς παραμέτρους	(1/2) (19/1) (29/2) (30/2) (31/2) (36/2) (44/2) (54/2) (59/1)	ΑΝΤΛΙΑ 2 ON OFF
I3		Ψηφιακός είσοδος	---	Χωρίς παραμέτρους	(1/3) (24/1) (29/3) (30/3) (31/3) (36/3) (44/3) (54/3) (59/1)	ΑΝΤΛΙΑ 3 ON OFF
I5		Ψηφιακός είσοδος	---	Χωρίς παραμέτρους	(17/2) (22/2) (27/2) (37/2) (38/2) (39/3) (41/4) (45/2) (46/2) (47/2) (48/3) (50/4) (51/3) (52/3) (55/2) (58/2) (57/2) (59/4) (60/3) (66/2) (75/2) (77/2) (78/2) (83/2) (84/2) (86/2) (87/3) (91/2) (93/2) (94/2) (97/2)	2ο ΦΛΟΤΕΡ- ΕΝΤΟΛΗ ΓΙΑ ΕΚΚΙΝΗΣΗ 2ης ΑΝΤΛΙΑΣ ΑΝΕΞΑΡΤΗΤΟΥΣ ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΥ ΖΕΥΓΟΥΣ
IA		Ψηφιακός είσοδος	---	Χωρίς παραμέτρους	(3/1) (4/1) (7/1) (11/1) (16/1) (20/1) (25/1) (25/5) (30/5) (31/5) (82/2) (84/1) (87/2) (89/1) (71/2) (73/1) (76/2) (80/2) (85/2) (92/2) (95/2) (96/2)	ΦΛΟΤΕΡ ΔΕΣΙΑΜΕΝΗΣ
IB		Ψηφιακός είσοδος	---	Χωρίς παραμέτρους	(3/2) (4/2) (7/2) (12/1) (16/1) (21/1) (26/1) (29/4) (30/4) (31/4) (40/2) (49/2) (58/2) (79/1) (88/1) (98/1)	ΦΛΟΤΕΡ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ

Εξοδοι

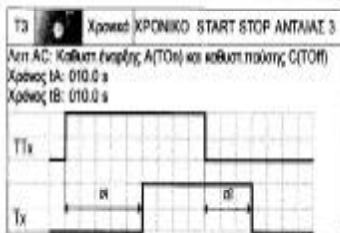
Αριθμός	Συμβολο	Λειτουργία	Μηνια	Location of (L,C)	Σχόλια
O1		Ψηφιακός έξοδος	Όχι	(22/4) (41/3) (52/2) (63/6)	ΕΞΟΔΟΣ ΠΑ ΑΝΤΛΙΑ 1
O2		Ψηφιακός έξοδος	Όχι	(27/4) (50/3) (51/2) (60/2) (65/3) (68/6)	ΕΞΟΔΟΣ ΠΑ ΑΝΤΛΙΑ 2
O3		Ψηφιακός έξοδος	Όχι	(17/4) (55/3) (58/3) (72/6)	ΕΞΟΔΟΣ ΠΑ ΑΝΤΛΙΑ 3

Προγραμματιζόμενες Λειτουργίες

Αριθμός	Συμβολο	Λειτουργία	Κατάσταση	Μηνια	Παράμετροι	Location of (L,C)	Σχόλια
C1		Μετρητής	Όχι	Όχι	Επιθυμητή τιμή 1 Παλμοί Έξοδος ενεργή (ON) στην προγραμ. τιμή	(3/8) (5/8) (23/1) (40/1) (66/1) (82/1) (90/1)	ΛΕΙΤΟΥΡΓ. 1-2 ΜΕ (11 12 13 ON)
C2		Μετρητής	Όχι	Όχι	Επιθυμητή τιμή 2 Παλμοί	(4/8) (5/8) (8/8)	ΛΕΙΤΟΥΡΓ. 2-3 ΜΕ (11 12 13 ON)

Αριθμός	Συμβολή	Λειτουργία	Κλιμάκιο	Μηνύμ	Προσυντομία	Location of I/O	Τύπος
T1		Χρονικό	0g	0g	Αετομάτρως ακολουθούν παροδική	(82g) (83g) (84g) (75g)	ΧΡΟΝΙΚΟ START STOP ΑΝΤΛΙΑΣ 1
T2		Χρονικό	0g	0g	Αετομάτρως ακολουθούν παροδική	(87g) (88g) (89g) (82g)	ΧΡΟΝΙΚΟ START STOP ΑΝΤΛΙΑΣ 2
T3		Χρονικό	0g	0g	Αετομάτρως ακολουθούν παροδική	(71g) (72g) (73g) (90g)	ΧΡΟΝΙΚΟ START STOP ΑΝΤΛΙΑΣ 3

Χρονικό



Επεξήγηση Προγράμματος

Λειτουργία χωρίς πρόβλημα βλάβης

Αρχικά το πρόγραμμα περιέχει τρεις ψηφιακές εισόδους I1, I2, I3 όπου αυτές είναι για τη λειτουργία των αντλιών, ακόμη υπάρχουν άλλες τρεις ψηφιακές εισοδοί IA, IB και I5 οι οποίες είναι για τη λειτουργία του φλοτέρ δεξαμενής και του φλοτέρ στάθμης αντίστοιχα ενώ το I5 είναι για την επιλογή λειτουργίας με μία αντλία ή με δύο μαζί. Τέλος υπάρχουν τρεις εξόδους Q1, Q2 και Q3 που αντιστοιχούν στις τρεις αντλίες.

Η λειτουργία του προγράμματος είναι η εξής: Όταν τα I1, I2 και I3 έχουν την τιμή 1 και τα IA, IB και I5 είναι και αυτά 1 τότε παίρνουν εντολή οι μετρητές C1, C2 και C3 όπου γίνονται 1 και μετράνε το πρώτο κύκλο στον οποίο λειτουργούν οι αντλίες 1-2. Ταυτόχρονα οπλίζει το βοηθητικό ρελέ M1 όπου είναι για την εκκίνηση της αντλίας 1, μόλις αυτό γίνει 1 τότε οπλίζει το χρονικό TT1 το οποίο μετράει χρόνο και ενεργοποιεί το Q1, όταν το Q1 πάρει την τιμή 1 τότε ενεργοποιεί το SM2 που είναι το βοηθητικό ρελέ για την εκκίνηση της αντλίας 2, μόλις αυτό γίνει 1 τότε οπλίζει το χρονικό TT2, μετράει χρόνο και οπλίζει τη Q2.

Όταν η δεξαμενή γεμίσει το IA γίνεται 0, τότε σταματά η αντλία 2 δηλαδή το Q2 γίνεται 0 και το χρονικό TT1 μετράει χρόνο με φθίνουσα μέτρηση ώστε να σταματήσει και η αντλία 1 δηλαδή το Q1 να γίνει κι αυτό 0.

Στον δεύτερο κύκλο, όταν το IA ξαναγίνει 1, δηλαδή η δεξαμενή ζητά νερό, οι μετρητές C2 και C3 παίρνουν τη τιμή 2 ενώ ο μετρητής C1 γίνεται 0 μέσω του RC1, τότε οπλίζει το βοηθητικό ρελέ M2 το οποίο είναι για την εκκίνηση της αντλίας 2, όταν αυτό γίνει 1 οπλίζει το χρονικό TT2 μετράει χρόνο και ενεργοποιεί την Q2. Όταν η Q2 γίνει 1 οπλίζει το βοηθητικό ρελέ SM3 που είναι για την εκκίνηση της αντλίας 3, μόλις αυτό γίνει 1 τότε ενεργοποιείται το χρονικό TT3 μετράει χρόνο και οπλίζει το Q3 και έτσι θα λειτουργούν οι αντλίες 2-3 που αποτελούν το ζευγάρι 2.

Όταν η δεξαμενή γεμίσει το IA γίνεται 0, τότε σταματάει η αντλία 3 δηλαδή το Q3 γίνεται 0 και το χρονικό TT2 μετράει χρόνο με φθίνουσα μέτρηση ώστε να σταματήσει και η αντλία 2 δηλαδή το Q2 να γίνει κι αυτό 0.

Όταν το IA γίνει ξανά 1 είναι στον κύκλο 3. Εδώ ο μετρητής C3 παίρνει την τιμή 3 ενώ ο μετρητής C2 γίνεται 0 μέσω του RC2 και ο C1 παραμένει 0, τότε οπλίζει το βοηθητικό ρελέ M3 το οποίο είναι για την εκκίνηση της αντλίας 3, όταν αυτό γίνει 1 οπλίζει το χρονικό TT3 μετράει χρόνο και ενεργοποιείται την Q3. Όταν η Q3 γίνει 1 οπλίζει το βοηθητικό ρελέ SM1 που είναι για την εκκίνηση της αντλίας 1, μόλις αυτό γίνει 1 τότε ενεργοποιείται το χρονικό TT1 μετράει χρόνο και οπλίζει το Q1 και έτσι θα λειτουργούν οι αντλίες 3-1 που αποτελούν το ζευγάρι 3.

Όταν η δεξαμενή γεμίσει το IA γίνεται 0, τότε σταματάει η αντλία 1 δηλαδή το Q1 γίνεται 0 και το χρονικό TT3 μετράει χρόνο με φθίνουσα μέτρηση ώστε να σταματήσει και η αντλία 3 δηλαδή το Q3 να γίνει κι αυτό 0.

Αν για κάποιο λόγο χρειασθεί το αντλιοστάσιο να δουλέψει με μια αντλία σε κάθε κύκλο τότε πρέπει η ψηφιακή είσοδος I5 να γίνει 0. Σ' αυτή τη περίπτωση στον πρώτο κύκλο λειτουργεί η αντλία 1 ως εξής: Όταν το IA γίνει 1 τότε οι μετρητές C1, C2 και C3 παίρνουν τη τιμή 1, τότε οπλίζει το βοηθητικό ρελέ M1 το οποίο είναι για την εκκίνηση της αντλίας 1 στη συνέχεια οπλίζει το χρονικό TT1 το οποίο μετράει χρόνο και ενεργοποιεί τη Q1.

Μόλις η δεξαμενή γεμίσει το IA γίνεται 0 τότε το χρονικό TT1 μετράει χρόνο με φθίνουσα μέτρηση και κάνει τη Q1, 0 δηλαδή σταματάει την αντλία 1.

Όταν το IA ξαναγίνει 1 τότε οι μετρητές C2, C3 παίρνουν τη τιμή 2 και ο μετρητής C1 γίνεται 0 μέσω του RC1, τότε οπλίζει το βοηθητικό ρελέ M2 το οποίο είναι για την εκκίνηση της αντλίας 2. Στη συνέχεια οπλίζει το χρονικό TT2 το οποίο μετράει χρόνο και ενεργοποιεί τη Q2. Μόλις η δεξαμενή γεμίσει το IA γίνεται 0 τότε το χρονικό TT2 μετράει χρόνο με φθίνουσα μέτρηση και κάνει τη Q2 0, δηλαδή σταματάει την αντλία 2.

Το ίδιο γίνεται και στον τρίτο κύκλο μόλις το IA γίνει 1 ο μετρητής C3 παίρνει τη τιμή 3 ενώ ο μετρητής C2 γίνεται 0 μέσω του RM2 και το C1 παραμένει 0 τότε οπλίζει το βοηθητικό ρελέ M3 το οποίο είναι για την εκκίνηση της αντλίας 3. Στη συνέχεια οπλίζει το χρονικό TT3 το οποίο μετράει χρόνο και ενεργοποιεί τη Q3. Μόλις η δεξαμενή γεμίσει το IA γίνεται 0 τότε το χρονικό TT3 μετράει χρόνο με φθίνουσα μέτρηση και κάνει τη Q3 0, δηλαδή σταματάει την αντλία 3.

Λειτουργία σε περίπτωση βλάβης

Έστω ότι το σύστημα δουλεύει με δύο αντλίες και είναι σε λειτουργία το ζευγάρι 1-2 εάν για κάποιο λόγο δημιουργηθεί πρόβλημα στην αντλία 1 τότε βγαίνει η αντλία 1 εκτός και στη θέση της μπαίνει η αντλία 3. Ο τρόπος που γίνεται είναι ο εξής: Όταν ψηφιακή είσοδος II γίνει 0 τότε όλοι οι μετρητές γίνονται 0 μέσω των RC1, RC2, RC3 και το βοηθητικό ρελέ M1 γίνεται 0 μέσω του RM1 ενώ ενεργοποιείται το άλλο βοηθητικό ρελέ M7, εάν τα I2, I3, IB και IA είναι 1, μόλις αυτό γίνει 1 οπλίζει το ρελέ M6, το οποίο είναι για την εναλλαγή αντλιών, το M2 παραμένει οπλισμένο και αφού είναι και αυτό 1 ενεργοποιείται το SM3, που είναι για την ενεργοποίηση της αντλίας 3, έτσι ενεργοποιείται το χρονικό TT3 μετράει χρόνο και οπλίζει τη Q3. Εάν η βλάβη διορθωθεί και το σύστημα μπορεί να λειτουργήσει, δηλαδή το II γίνει ξανά 1 τότε οι μετρητές C1, C2, C3 θα πάρουν τη τιμή 1 μόλις γίνει αυτό θα αποπλιστεί το βοηθητικό ρελέ M3 μέσω του RM3 και το RT3 μετράει χρόνο για να γίνει η Q3 0. Αντίθετα όταν το C1 είναι 1 και το φλοτέρ ασφαλείας IB είναι κι αυτό 1 τότε οπλίζει το M1 που είναι το βοηθητικό ρελέ της αντλίας 1 και το ρελέ της αντλίας 2 παραμένει ενεργό αφού λοιπόν το M1 είναι 1 και το φλοτέρ δεξαμενής IA είναι κι αυτό 1 οπλίζει το χρονικό TT1 μετράει χρόνο και ενεργοποιεί την αντλία 1 δηλαδή κάνει την Q1 1.

Η λογική είναι η ίδια και στην περίπτωση που πάθει βλάβη η αντλία 2 δηλαδή το I2 γίνει 0. Οι μετρητές γίνονται 0 μέσω των RC1, RC2, RC3 και το βοηθητικό ρελέ M2 γίνεται 0 μέσω του RM2 ενώ ενεργοποιείται το άλλο βοηθητικό ρελέ M8, εάν τα I1, I3, IB και IA είναι 1, μόλις αυτό γίνει 1 οπλίζει το ρελέ M6, το οποίο είναι για την εναλλαγή αντλιών, το M1 παραμένει οπλισμένο και αφού είναι και αυτό 1 ενεργοποιεί το SM3, που είναι για την ενεργοποίηση της αντλίας 3, έτσι ενεργοποιείται το χρονικό TT3 μετράει χρόνο και οπλίζει τη Q3. Εάν η βλάβη διορθωθεί και το σύστημα μπορεί να λειτουργήσει, δηλαδή το II γίνει ξανά 1 τότε οι μετρητές C1, C2, C3 παίρνουν τη τιμή 1 μόλις γίνει αυτό αποπλίζεται το βοηθητικό ρελέ M3 μέσω του RM3 και το RT3 μετράει χρόνο για να γίνει η Q3 0. Αφού το C1 είναι 1 και το φλοτέρ ασφαλείας IB είναι κι αυτό 1 τότε παραμένει 1 το M1 που είναι το βοηθητικό ρελέ της αντλίας 1 και SM2 γίνεται κι αυτό 1 αν και το φλοτέρ δεξαμενής είναι 1 τότε το SM2 οπλίζει το χρονικό TT2 μετράει χρόνο και ενεργοποιεί την αντλία 2 δηλαδή κάνει την Q2 1.

Το ίδιο ισχύει και στην περίπτωση που πάθει βλάβη η αντλία 3 δηλαδή το I3 γίνει 0. Έστω ότι είναι στο κύκλο 2 όπου δουλεύει το ζευγάρι 2-3. Οι μετρητές γίνονται 0 μέσω των RC1, RC2, RC3 και το βοηθητικό ρελέ M3 γίνεται 0 μέσω του RM3 ενώ ενεργοποιείται το

άλλο βοηθητικό ρελέ M9, εάν τα I1, I2, IB και IA είναι 1, μόλις αυτό γίνει 1 οπλίζει το ρελέ M6, το οποίο είναι για την εναλλαγή αντλιών, το M2 παραμένει οπλισμένο και αφού είναι και αυτό 1 ενεργοποιείται το SM1, που είναι για την ενεργοποίηση της αντλίας 1, έτσι ενεργοποιείται το χρονικό TT1 μετράει χρόνο και οπλίζει τη Q1. Όταν διορθωθεί η βλάβη και το IA ξανά ενεργοποιηθεί βγάζει την αντλία 1 μέσω του RM1 και RT1 και ενεργοποιεί την αντλία 3.

Αν τώρα είναι στη λειτουργία με μία αντλία και δουλεύει η αντλία 1 εάν πάθει βλάβη, δηλαδή η ψηφιακή είσοδος I1 γίνει 0 τότε οι μετρητές γίνονται όλοι 0 μέσω των RC1, RC2 και RC3. Το βοηθητικό ρελέ M1 αποπλίζει μέσω του RM1 και τότε ενεργοποιείται το χρονικό RT1 μετράει χρόνο και κάνει τη Q1 0. Ταυτόχρονα οπλίζει το βοηθητικό ρελέ M7, εάν τα I2, I3, IB, IA είναι 1, και μετά οπλίζει το M6 για την εναλλαγή των αντλιών και αφού το M7 και το M6 είναι 1 οπλίζει και το M3 στη συνέχεια οπλίζει το χρονικό TT3, αν το φλοτέρ δεξαμενής είναι 1, μετρήσει χρόνο και ενεργοποιεί την Q3. Αν επανέλθει από τη βλάβη τότε οι μετρητές ξαναπαίρνουν τη τιμή 1 και οπλίζει το RM3 και το RT3 για να βγει η αντλία 3 εκτός. Αφού λοιπόν ο C1 είναι 1 και το φλοτέρ ασφαλείας είναι 1 οπλίζει το ρελέ εκκίνησης της αντλίας 1, αν και το φλοτέρ δεξαμενής είναι και αυτό 1, τότε οπλίζει το χρονικό TT1 μετράει χρόνο και ενεργοποιεί τη Q1.

Εάν είναι στο κύκλο 2 στον οποίο δουλεύει η αντλία 2 και πάθει βλάβη οι μετρητές γίνονται όλοι 0 μέσω των RC1, RC2 και RC3. Το βοηθητικό ρελέ M2 αποπλίζει μέσω του RM2 και τότε ενεργοποιείται το χρονικό RT2 μετράει χρόνο και κάνει τη Q2 0. Ταυτόχρονα οπλίζει το βοηθητικό ρελέ M8, εάν τα I2, I3, IB, IA είναι 1, και μετά οπλίζει το M6 για την εναλλαγή των αντλιών και αφού το M8 και το M6 είναι 1 οπλίζει και το M1 στη συνέχεια αν το IA είναι 1 οπλίζει το χρονικό TT1, μετράει χρόνο και ενεργοποιεί την Q1. Αν επανέλθει από τη βλάβη τότε οι μετρητές ξαναπαίρνουν τη τιμή 1 και ξαναπάνε από το κύκλο 1. Για να ξαναβάλει την αντλία 2 πρέπει το IA να γίνει 0 και μετά ξανά 1 δηλαδή να πάει στον κύκλο 2.

Τέλος στο κύκλο 3 στον οποίο δουλεύει η αντλία 3 και πάθει βλάβη οι μετρητές γίνονται όλοι 0 μέσω των RC1, RC2 και RC3. Το βοηθητικό ρελέ M3 αποπλίζει μέσω του RM3 και τότε ενεργοποιείται το χρονικό RT3 μετράει χρόνο και κάνει τη Q3 0. Ταυτόχρονα οπλίζει το βοηθητικό ρελέ M9, εάν τα I2, I3, IB, IA είναι 1, και μετά οπλίζει το M6 για την εναλλαγή των αντλιών και αφού το M9 και το M6 είναι 1 οπλίζει και το M1 στη συνέχεια αν το IA είναι 1 οπλίζει το χρονικό TT1, μετράει χρόνο και ενεργοποιεί την Q1. Αν επανέλθει από τη βλάβη τότε οι μετρητές ξαναπαίρνουν τη τιμή 1 και ξαναπάνε από το κύκλο 1. Για να ξαναβάλει την αντλία 3 πρέπει το IA να γίνει 1 και να πάει στον κύκλο 3.

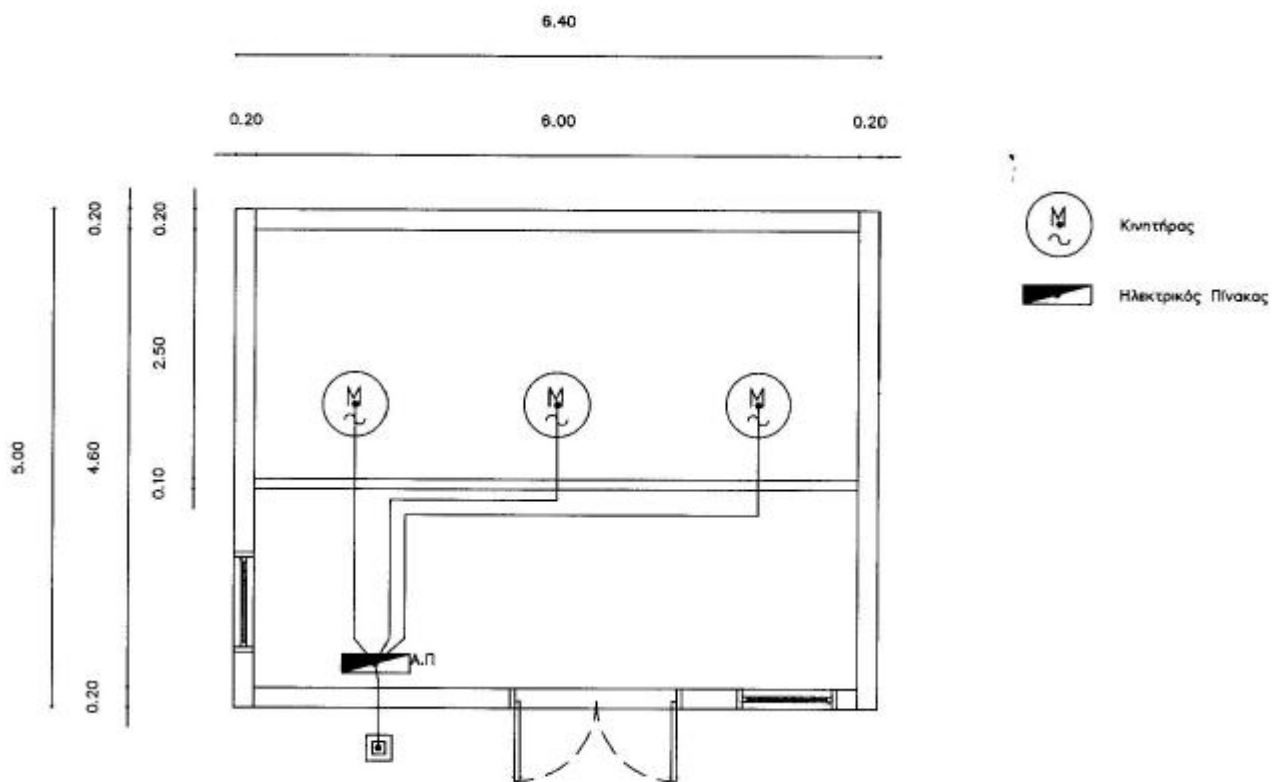
Υπόμνημα Συμβόλων

ΣΥΜΒΟΛΑ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ
I1	Αντλία 1 ON-OFF
I2	Αντλία 2 ON-OFF
I3	Αντλία 3 ON-OFF
I5	2ο Φλοτέρ- Εντολή για εκκίνηση 2ης αντλίας ανεξαρτήτου συνδυασμού ζεύγους
IA	Φλοτέρ δεξαμενής
IB	Φλοτέρ ασφαλείας
Q1	Έξοδος για αντλία 1
Q2	Έξοδος για αντλία 2
Q3	Έξοδος για αντλία 3
C1	Μετρητής κύκλου 1. Λειτουργία ζεύγους 1-2
C2	Μετρητής κύκλου 2. Λειτουργία ζεύγους 2-3
C3	Μετρητής κύκλου 3. Λειτουργία ζεύγους 3-1
M1	Βοηθητικό ρελέ εκκίνησης αντλίας 1
M2	Βοηθητικό ρελέ εκκίνησης αντλίας 2
M3	Βοηθητικό ρελέ εκκίνησης αντλίας 3
M5	Βοηθητικό ρελέ λειτουργίας αντλιών σε ζεύγη 1-2, 2-3, 3-1 όταν είναι και οι τρεις αντλίες ON, δηλαδή I1, I2, I3 ON
M6	Βοηθητικό ρελέ εναλλαγής αντλιών με δύο αντλίες ON
M7	Βοηθητικό ρελέ αλλαγής αντλίας σε περίπτωση βλάβης
M8	Βοηθητικό ρελέ αλλαγής αντλίας σε περίπτωση βλάβης
M9	Βοηθητικό ρελέ αλλαγής αντλίας σε περίπτωση βλάβης
T1	Χρονικό start-stop αντλίας 1
T2	Χρονικό start-stop αντλίας 2
T3	Χρονικό start-stop αντλίας 3

Κεφάλαιο 4

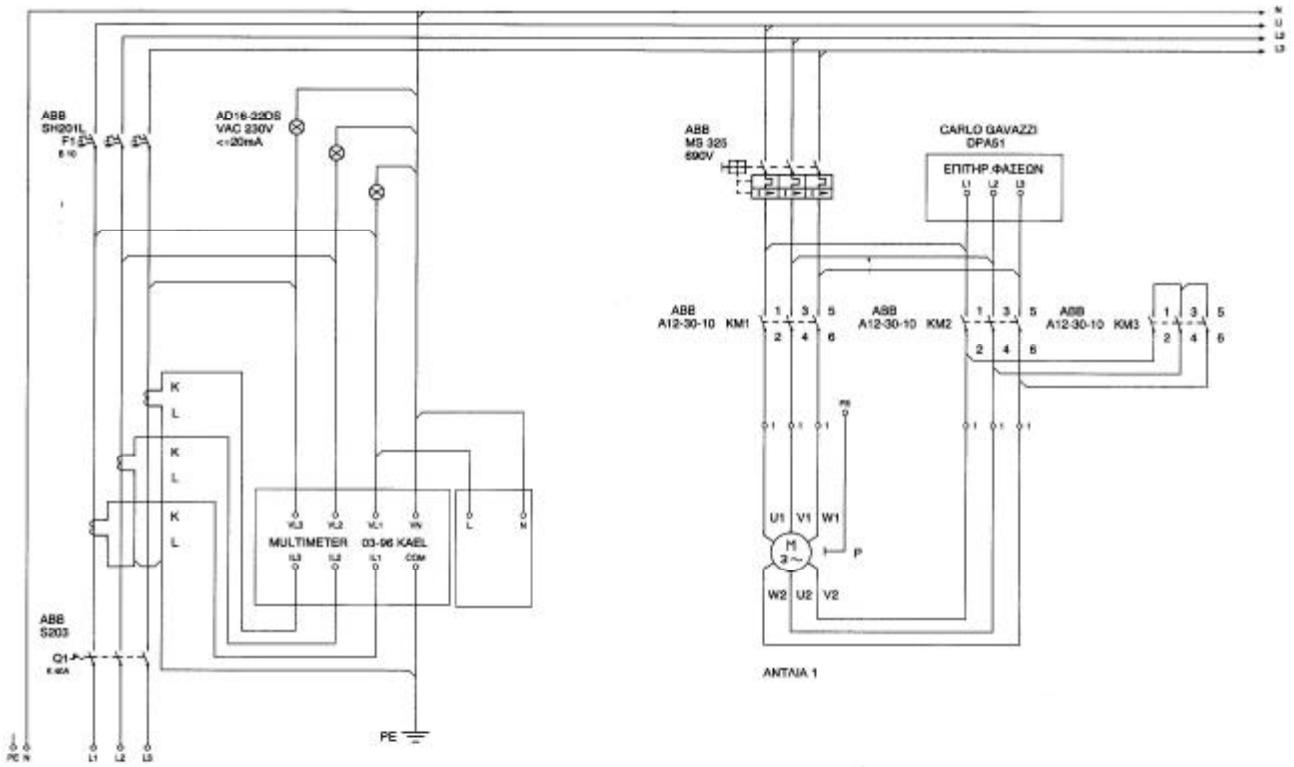
Σχέδια της Εγκατάστασης

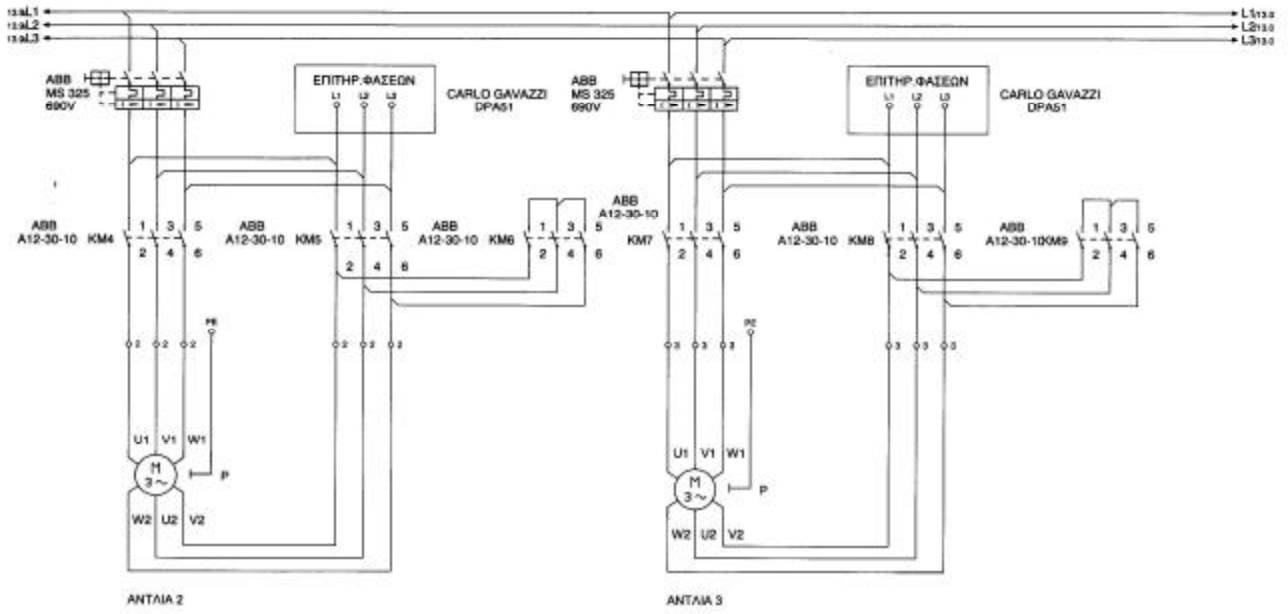
4.1. Κάτοψη της Εγκατάστασης



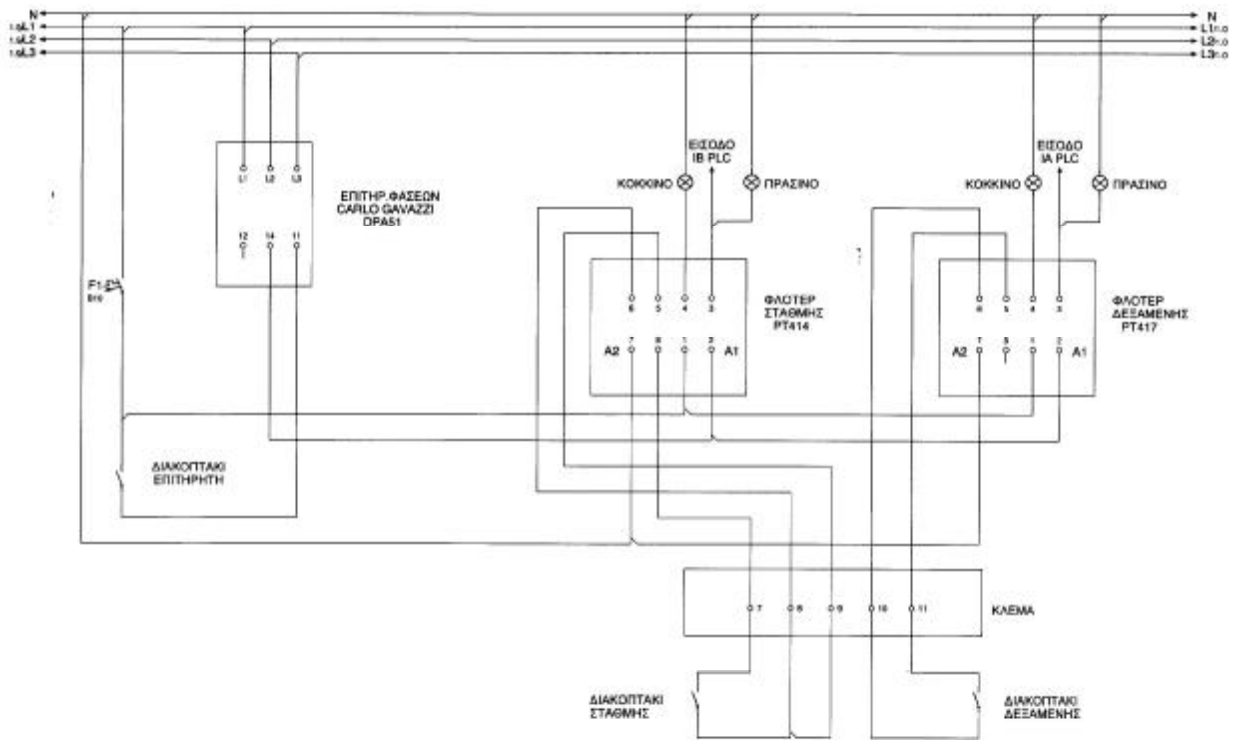
4.2. Μονογραμμικά Σχέδια του Πίνακα

ι. Κύκλωμα Ισχύος

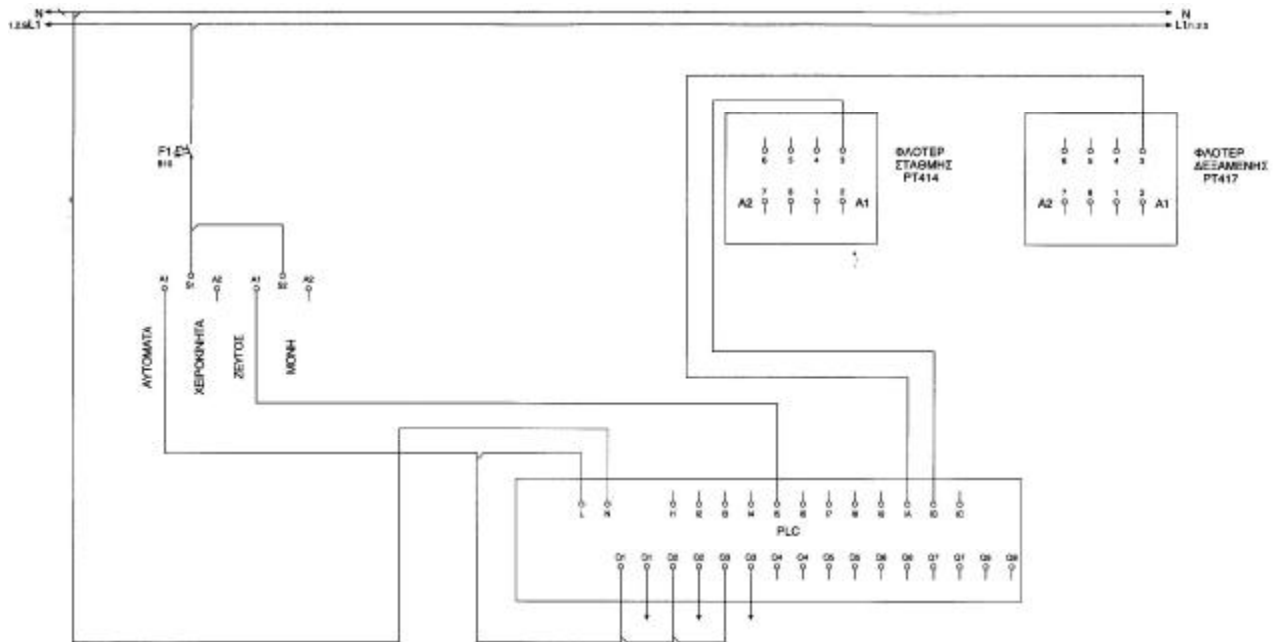


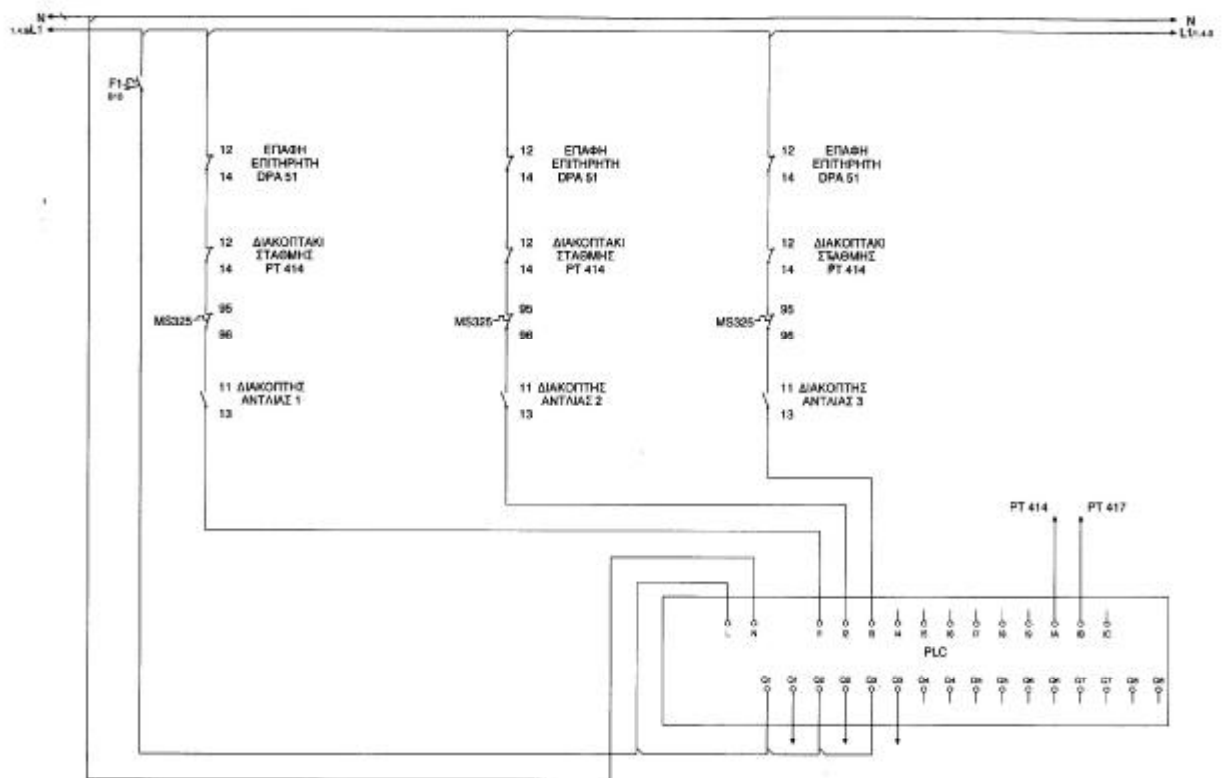


ii. Βοηθητικό Κύκλωμα Με Τις Προστασίες

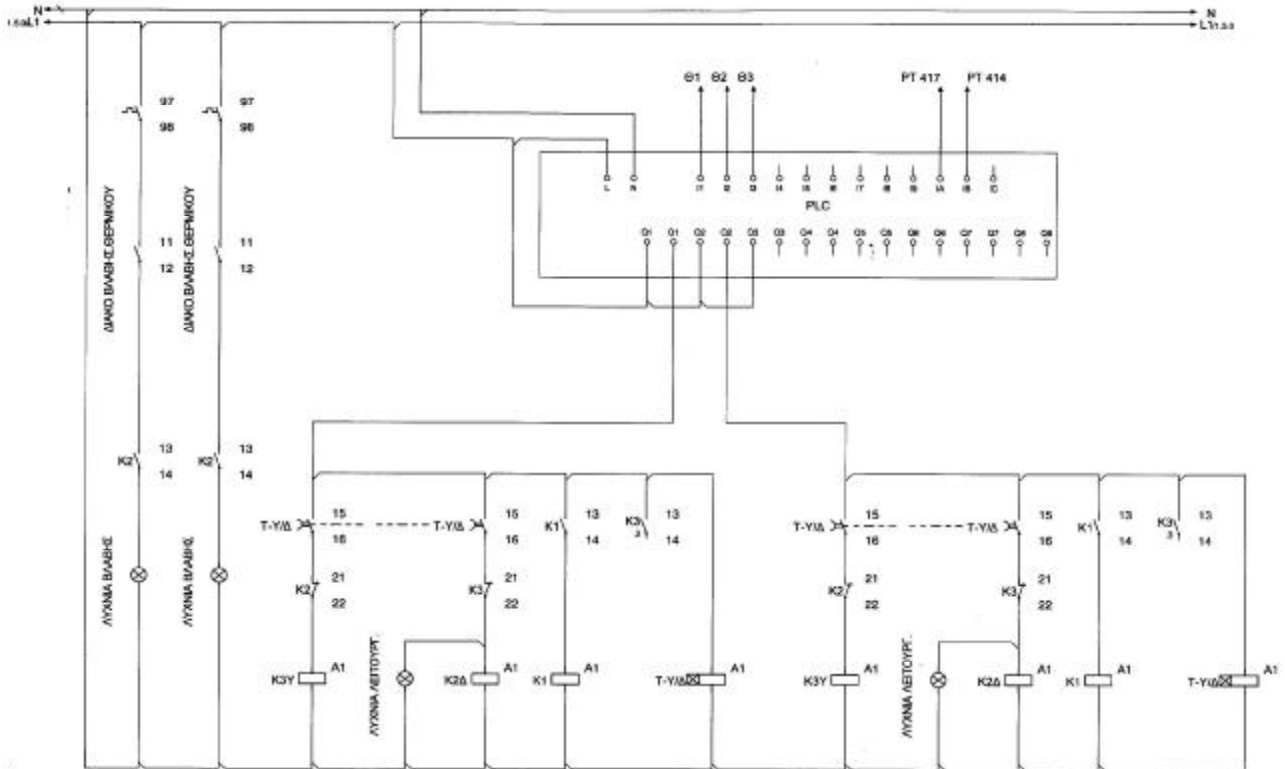


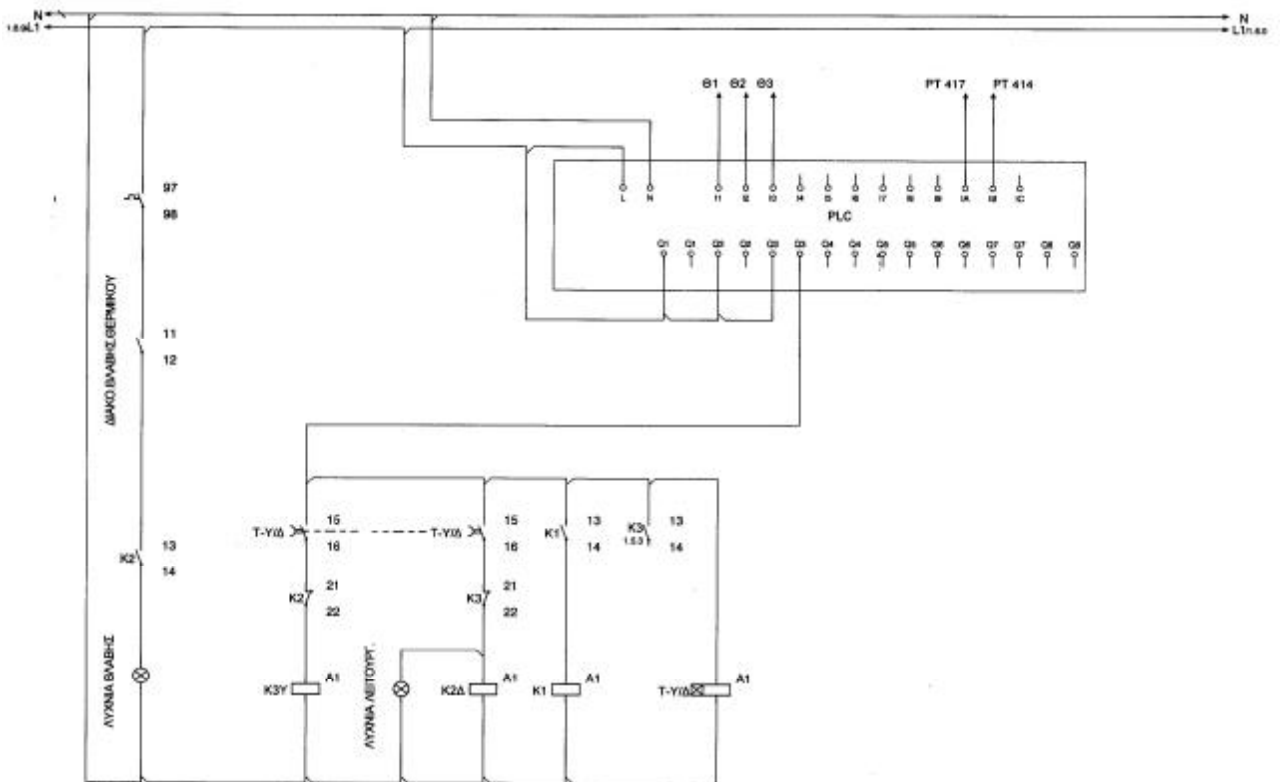
iii. Βοηθητικό Κύκλωμα Με Τις Εισόδους Του PLC



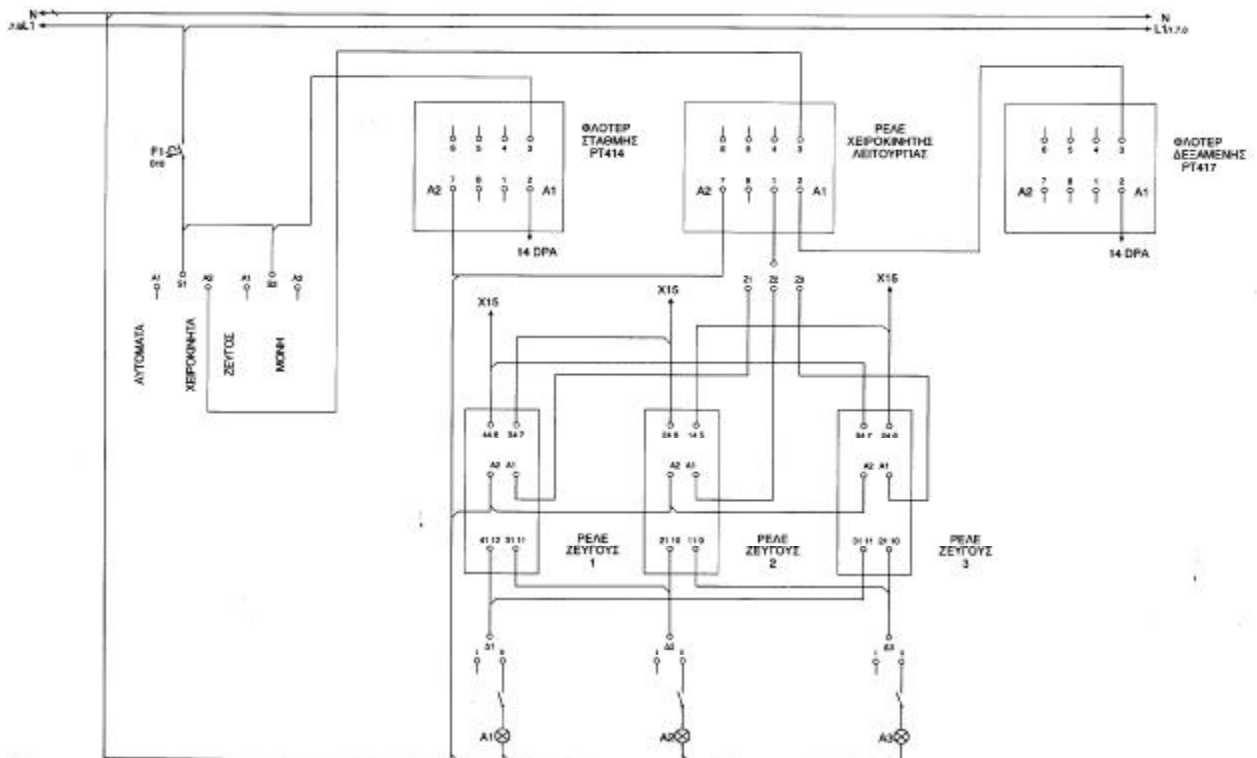


iv. Βοηθητικό Κύκλωμα Με Τις Εξόδους Του PLC





ν. Κύκλωμα Χειροκίνητης Λειτουργίας



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

Κατασκευή Του Πίνακα

5.1. Υπόμνημα Υλικών

A/A	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΥΛΙΚΩΝ	ΕΤΑΙΡΙΑ	ΚΩΔΙΚΟΣ
1	Στεγανός μεταλλικός πίνακας (ερμάριο) IP54 500×600×200 mm	ΒΗΜΕΠΠ ABE	
1	Διακόπτης περιστροφικός emergency τριφασικός 0-1 3×63A	ERGO-TEL	005.010.B1063E
3	Μετασχηματιστές έντασης Kn 60/5A	Carlo Gavazzi	CTV1X
1	Τριπολικός ραγοδιακόπτης φορτίου	ABB	S 203 K40A
3	Αυτόματος θερμομαγνητικός διακόπτης	ABB	MS 325 690V
9	Τριπολικός τηλεχειριζόμενος διακόπτης αέρος	ABB	A 12-30-10
3	Χρονικό	Carlo Gavazzi	DAC 51
3	Βοηθητικές επαφές NO	ABB	CA 5-10
3	Βοηθητικές επαφές NC	ABB	CA 5-01
1	Τριφασικοί επιτηρητές τάσης, διαδοχής φάσεων, ασυμμετρίας	Carlo Gavazzi	DPA 51
1	Ελεγκτής στάθμης	Power Electronics Control	PT 414
1	Ενισχυτής φλοτέρ	Power Electronics Control	PT 417
4	Μικροαυτόματος διακόπτης	ABB	SH2011 B10
1	Πολυμετρητής	KAEL	MULTIMET-03-96

5	Διακόπτης περιστροφικός εντολής 1-0-2 Φ22	ESSEN	SDL16-ED33
3	Ενδεικτική λυχνία LED 230V Φ22 κόκκινη	ERGO-TEL	022-011230100
3	Ενδεικτική λυχνία LED 230V Φ22 λευκή	ERGO-TEL	022-015230100
6	Διακόπτης ON/ON	G&JA ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΑ	KN3C-223A-A3 LZ
6	Λαμπτήρες ένδειξης πλαστικοί με κορνίζα χρώμιο στεγανή (πράσινο)	MARATSINOS	
6	Λαμπτήρες ένδειξης πλαστικοί με κορνίζα χρώμιο στεγανή (κόκκινο)	MARATSINOS	
1	PLC	SCHNEIDER ELECTRIC	SR2 B201FU 12 INPUT 8 OUTPUT

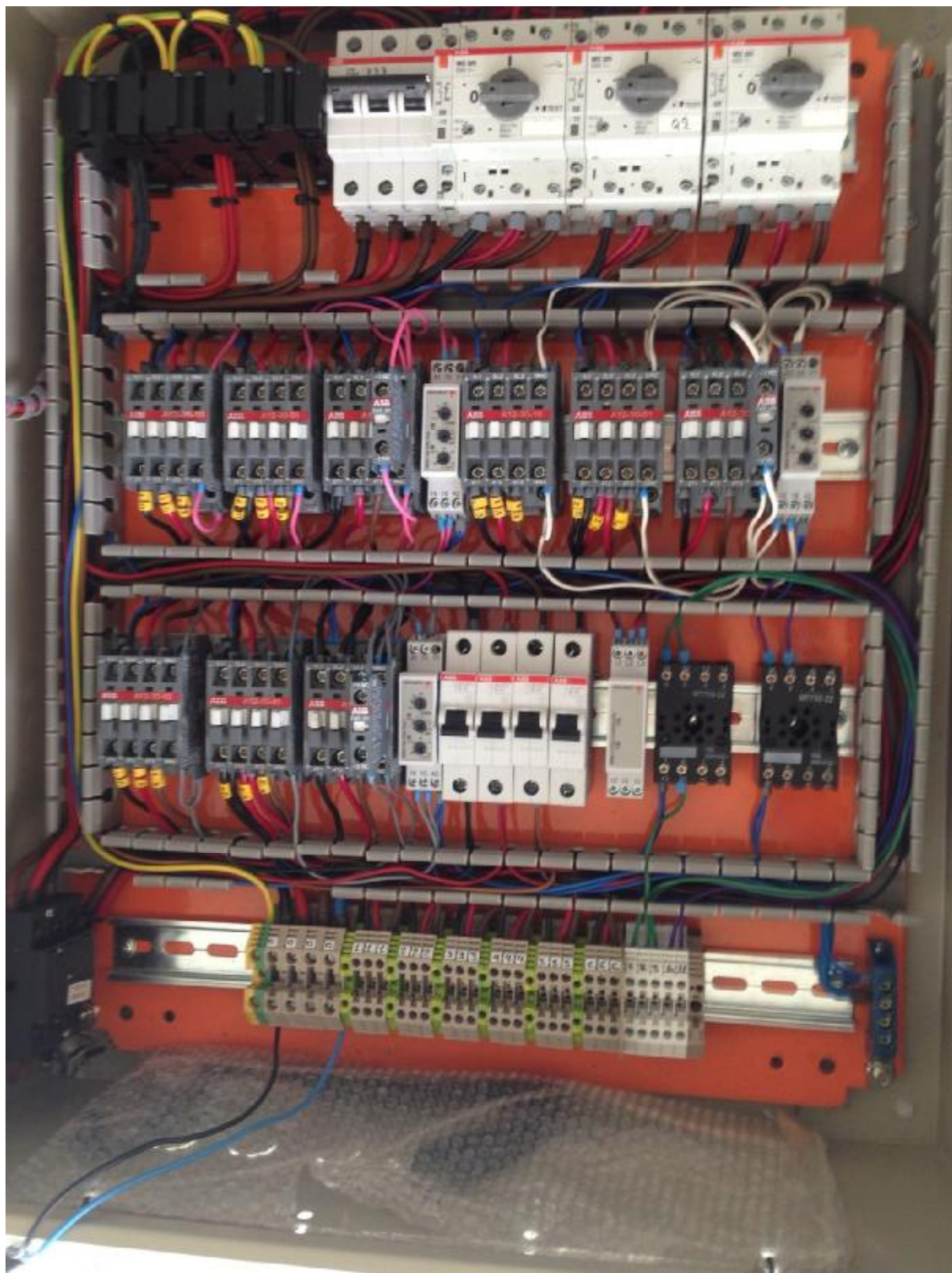
5.2. Φωτογραφίες κατά τη Κατασκευή



Εικ.5.2.1: Τοποθέτηση ηλεκτρονόμων, ασφαλειών, θερμομαγνητικών, επιτηρητή, φλοτέρ δεξαμενής και φλοτέρ ασφαλείας.



Εικ.5.2.2: Εδώ έγινε η καλωδίωση του κύριου κυκλώματος.



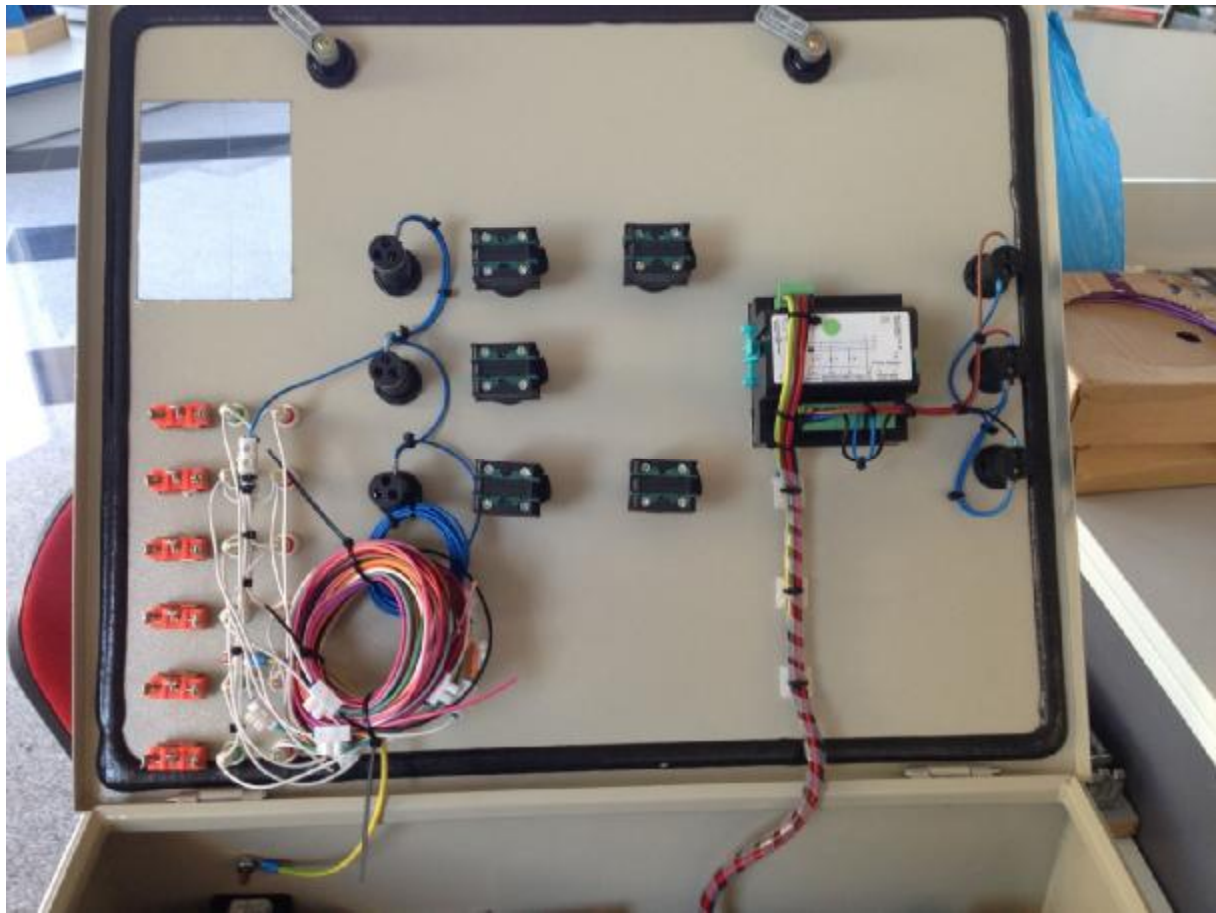
Εικ.5.2.3: Στο στάδιο αυτό έγινε η καλωδίωση στο βοηθητικό κύκλωμα.



Εικ.5.2.4: Τοποθέτηση του PLC.



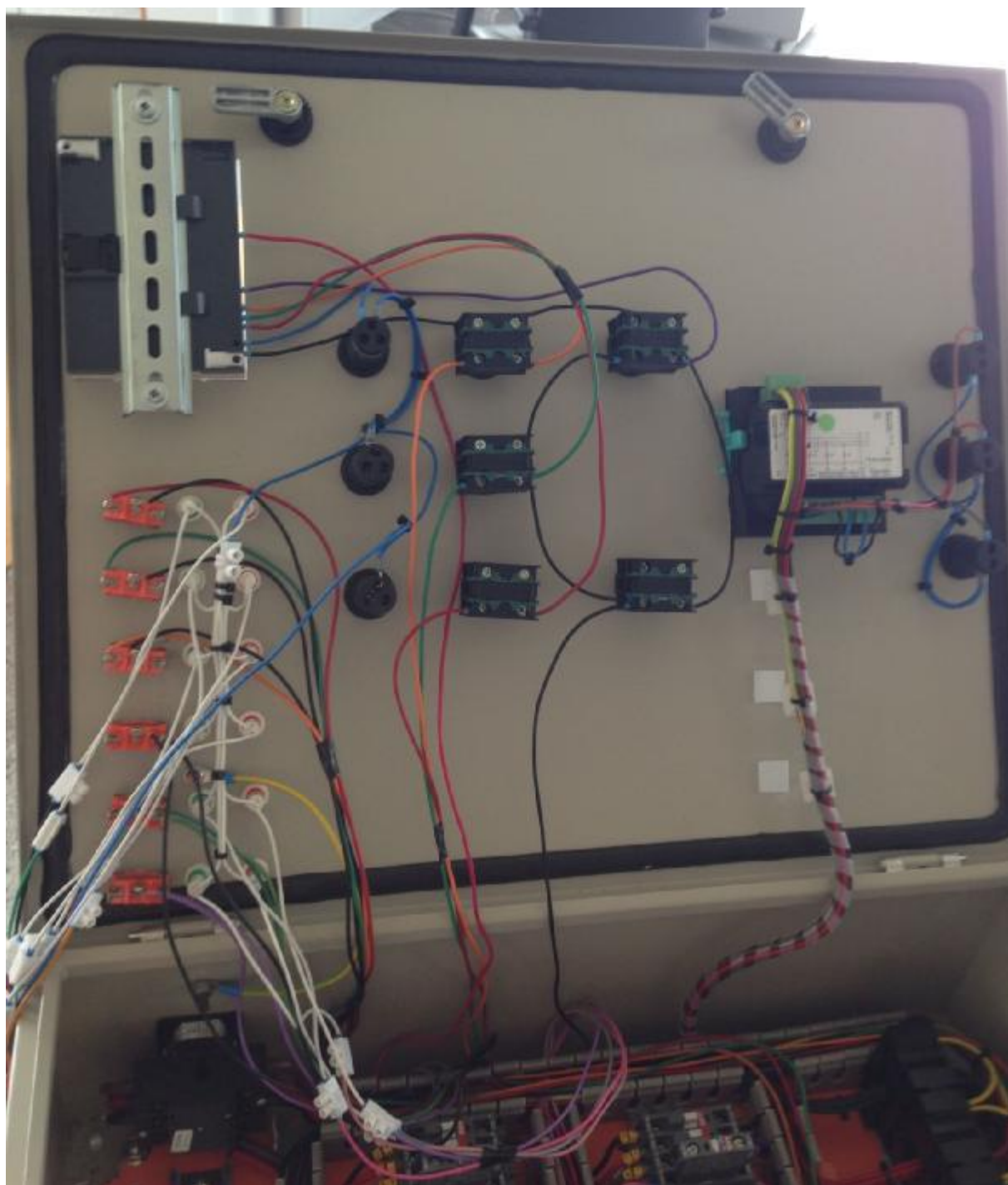
Εικ.5.2.5: Έχουν τοποθετηθεί τα διακοπτάκια για το χειρισμό και οι λυχνίες για την ένδειξη λειτουργίας.



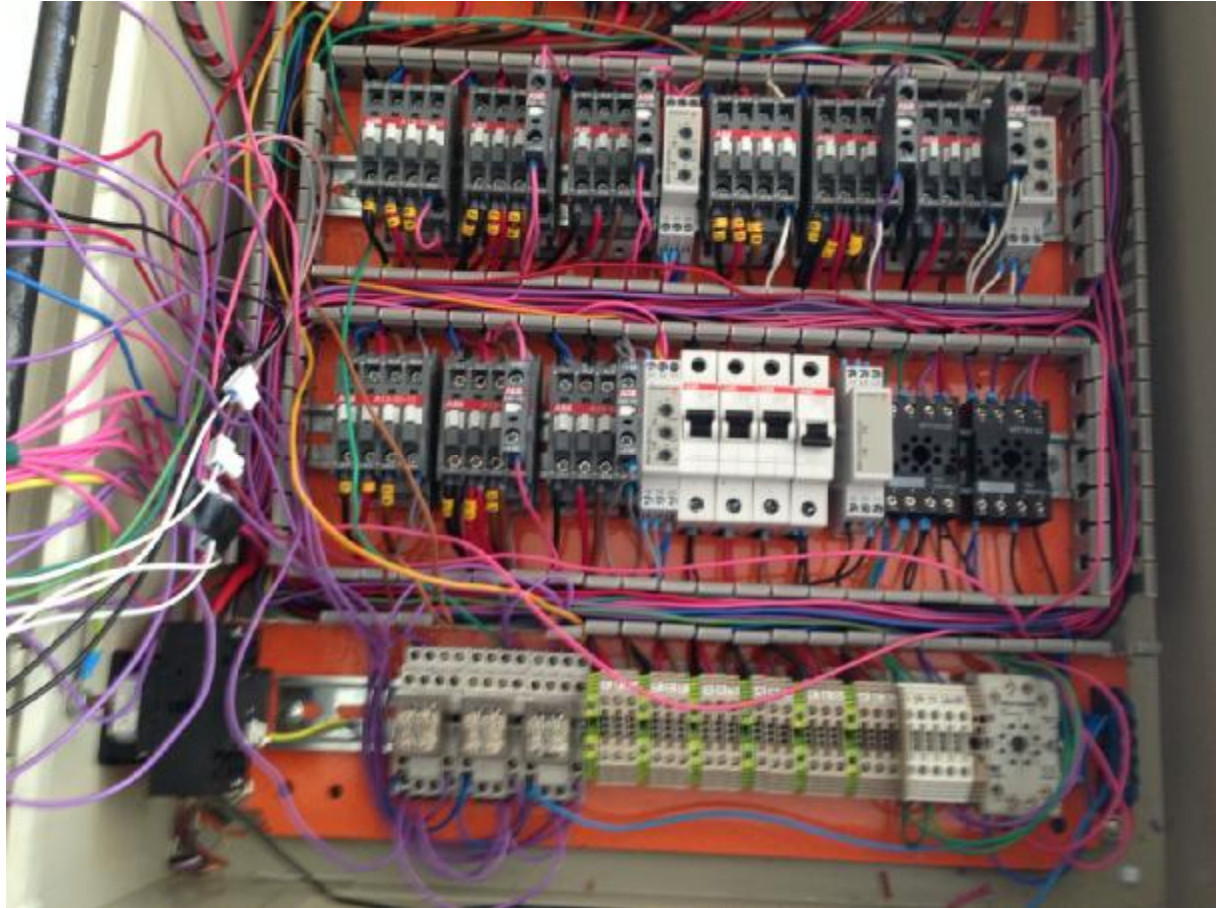
Εικ.5.2.6: Αρχή για τη καλωδίωση του κυκλώματος χειρισμού.



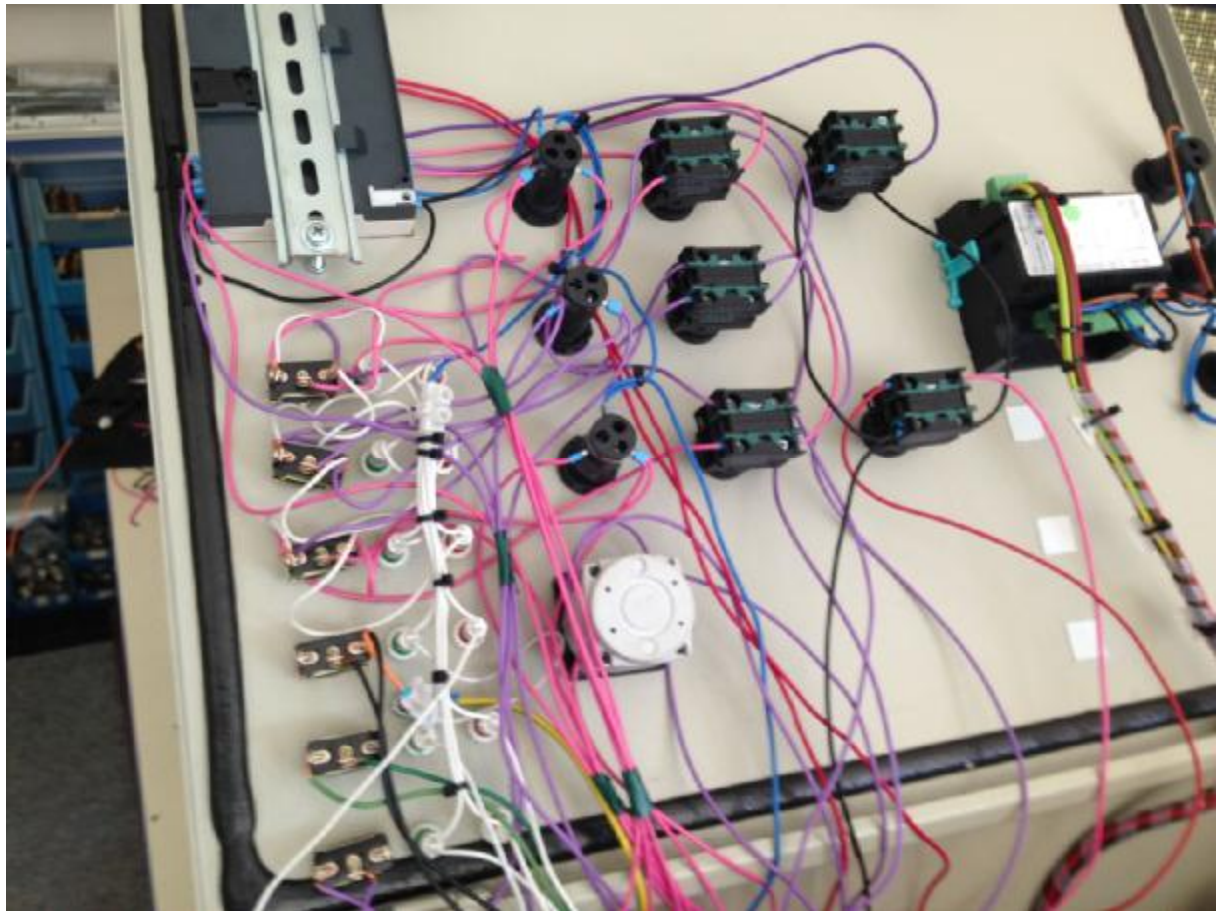
Εικ5.2.7: Τοποθέτηση του PLC.



Εικ.5.2.8: Καλωδίωση του PLC, διακοπών χειρισμού και λυχνιών ενδείξεων.



Εικ.5.2.9: Ολοκληρωμένο κύκλωμα κύριου και βοηθητικού.



Εικ.5.2.10: Κύκλωμα χειρισμού.

Κεφάλαιο 6

Συμπεράσματα

Στην πτυχιακή εργασία αρχικά μελετήθηκε αντλιοστάσιο με τρία αντλιτικά συγκροτήματα. Έγινε υπολογισμός του υδραυλικού μέρους από το οποίο προκύπτουν οι ισχύεις των ηλεκτροκινητήρων των αντλιτικών.

Με βάση τα στοιχεία που προέκυψαν και των τεχνικών χαρακτηριστικών των αντλιών και των κινητήρων πραγματοποιήθηκε η ηλεκτρολογική μελέτη για την κατασκευή του ηλεκτρολογικού πίνακα.

Στη συνέχεια έγινε ο προγραμματισμός του PLC στον οποίο βασικός σκοπός είναι η λειτουργία δύο εκ των τριών αντλιών ακόμη και σε περίπτωση σφάλματος σε αντλία που είναι εν λειτουργία. Ακόμη κατά την κατασκευή προβλέφθηκαν όλες οι πιθανές περιπτώσεις βλαβών που μπορούν να εμφανιστούν.

Κατασκευάστηκε ο ηλεκτρολογικός πίνακας στον οποίο προστέθηκαν διατάξεις σφαλμάτων λειτουργίας για εκπαιδευτική χρήση.

Τέλος έγιναν δοκιμές με όλα τα πιθανά σενάρια λειτουργίας και σφαλμάτων και ο ηλεκτρικός πίνακας ανταποκρίθηκε όπως είχε μελετηθεί.

Βιβλιογραφία

1. ΜΙΛΤ. Μ. ΚΑΠΟΥ, *Άντληση Ύδρευση Άρδευση.*
2. ΠΕΤΡΟΣ ΝΤΟΚΟΠΟΥΛΟΣ, *Ηλεκτρικές Εγκαταστάσεις Καταναλωτών.*
3. ΔΑΡΑΚΗΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ, *Πτυχιακή Εργασία: Μελέτη και εφαρμογές με τον προγραμματιζόμενο λογικό ελεγκτή Zelio Logic SR2 B121FU της Telemecanique.*
4. Εργασία: *Μελέτη Βιομηχανικής Ηλεκτρικής Εγκατάστασης.*
5. ΜΠΙΡΖΑΜΑΝΗΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ, *Διπλωματική Εργασία: Διερεύνηση και Ανάλυση Βιομηχανικού Τομέα Κατασκευής Φυγοκεντρικών Αντλιών στην Ελλάδα.*
6. ΜΠΕΚΙΑΡΗΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ, *Διπλωματική Εργασία: Κατασκευή Εκπαιδευτικού Μοντέλου Ελέγχου Στάθμης Δεξαμενών.*
7. <http://www.tm.teiher.gr>
8. <http://www.buildnet.gr>