



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ  
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

"Εκσυγχρονισμός Αντλιοστασίου Α3 του ΤΟΕΒ Αργινίου"

ΤΟΛΗΣ ΤΑΞΙΑΡΧΗΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: ΧΑΡΑΛΑΜΠΑΚΟΣ ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ, ΕΠΙΚΟΥΡΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

ΠΑΤΡΑ, 2021

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή  
Πάτρα

#### ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ

1. ΧΑΡΑΛΑΜΠΑΚΟΣ ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ, ΕΠΙΚΟΥΡΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ
2. ΣΧΟΙΝΑΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ, ΕΠΙΚΟΥΡΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ
3. ΓΕΩΡΓΑΚΑΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ, ΕΠΙΚΟΥΡΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

#### **Υπεύθυνη Δήλωση Φοιτητή**

Βεβαιώνω ότι είμαι συγγραφέας αυτής της εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης έχω αναφέρει τις όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε αυτές αναφέρονται ακριβώς είτε παραφρασμένες. Επίσης βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία προετοιμάστηκε από εμένα προσωπικά ειδικά για τη συγκεκριμένη εργασία. Η έγκριση της διπλωματικής εργασίας από το Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών του Πανεπιστημίου Πελοποννήσου δεν υποδηλώνει απαραίτητα και αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα εκ μέρους του Τμήματος. Η παρούσα εργασία αποτελεί πνευματική ιδιοκτησία του φοιτητή Τόλη Ταξιάρχη που την εκπόνησε. Στο πλαίσιο της πολιτικής ανοικτής πρόσβασης ο συγγραφέας/δημιουργός εκχωρεί στο Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου, μη αποκλειστική άδεια χρήσης του δικαιώματος αναπαραγωγής, προσαρμογής, δημόσιου δανεισμού, παρουσίας στο κοινό και ψηφιακής διάχυσής τους διεθνώς, σε ηλεκτρονική μορφή και σε οποιοδήποτε μέσο, για διδακτικούς και ερευνητικούς σκοπούς, άνευ ανταλλάγματος και για όλο το χρόνο διάρκειας των δικαιωμάτων πνευματικής ιδιοκτησίας. Η ανοικτή πρόσβαση στο πλήρες κείμενο για μελέτη και ανάγνωση δεν σημαίνει καθ' οιονδήποτε τρόπο παραχώρηση δικαιωμάτων διανοητικής ιδιοκτησίας του συγγραφέα/δημιουργού ούτε επιτρέπει την αναπαραγωγή, αναδημοσίευση, αντιγραφή, αποθήκευση, πώληση, εμπορική χρήση, μετάδοση, διανομή, έκδοση, εκτέλεση, «μεταφόρτωση» (downloading), «ανάρτηση» (uploading), μετάφραση, τροποποίηση με οποιονδήποτε τρόπο, τμηματικά ή περιληπτικά της εργασίας, χωρίς τη ρητή προηγούμενη έγγραφη συναίνεση του συγγραφέα/δημιουργού. Ο συγγραφέας/δημιουργός διατηρεί το σύνολο των ηθικών και περιουσιακών του δικαιωμάτων.

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ.....	v
ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	1
1. ΠΕΡΙΛΗΨΗ ΕΡΓΑΣΙΑΣ .....	2
2. ΑΝΤΛΙΟΣΤΑΣΙΟ.....	3
3. ΑΣΥΓΧΡΟΝΟΣ ΤΡΙΦΑΣΙΚΟΣ ΚΙΝΗΤΗΡΑΣ .....	3
4. ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ .....	4
5. ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΔΡΟΜΕΑ.....	5
6. ΙΣΧΥΣ ΚΑΙ ΡΟΠΗ ΣΤΟΥΣ ΕΠΑΓΩΓΙΚΟΥΣ ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ.....	5
I. ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΚΑΙ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΡΟΗΣ ΙΣΧΥΟΣ .....	5
7. ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΗ ΡΟΠΗΣ – ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ .....	7
I. ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΗ ΡΟΠΗΣ – ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ ΜΕ ΤΙΣ ΔΙΕΥΡΥΜΕΝΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ (ΠΕΡΙΟΧΗ ΠΕΔΗΣΗΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΟΧΗ ΕΠΑΓΩΓΙΚΗΣ ΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ.....	8
8. ΚΛΑΣΕΙΣ ΣΧΕΔΙΑΣΗΣ ΕΠΑΓΩΓΙΚΩΝ ΚΙΝΗΤΗΡΩΝ.....	10
II. ΕΚΚΙΝΗΣΗ ΕΠΑΓΩΓΙΚΩΝ ΚΙΝΗΤΗΤΗΡΩΝ .....	11
III. ΕΚΚΙΝΗΣΗ ΜΕ ΔΙΑΚΟΠΤΗ ΑΣΤΕΡΑ-ΤΡΙΓΩΝΟΥ .....	12
IV. ΕΚΚΙΝΗΣΗ ΜΕ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΑ ΙΣΧΥΟΣ.....	12
ΟΜΑΛΟΙ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟΙ ΕΚΚΙΝΗΤΕΣ (SOFT STARTER) .....	12
V. ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ .....	13
9. ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ .....	13
10. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ ΤΟΥ ΟΜΑΛΟΥ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟΥ ΕΚΚΙΝΗΤΗ .....	15
11. ΑΝΤΛΙΑ .....	15
12. ΣΥΝΗΘΕΣΤΕΡΟΙ ΦΥΣΙΚΟΙ ΟΡΙΣΜΟΙ ΓΙΑ ΤΗΝ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΗΣ ΑΝΤΛΙΑΣ .....	16
13. ΦΥΓΟΚΕΝΤΡΙΚΕΣ ΑΝΤΛΙΕΣ .....	16
14. ΑΝΤΛΙΕΣ ΜΕ ΟΡΙΖΟΝΤΙΟ ΑΞΟΝΑ ΓΙΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΕΣ ΑΝΤΛΗΣΕΙΣ .....	17
15. ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΚΙΝΗΣΗΣ.....	18
16. ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΤΙΚΟ ΔΟΚΙΜΗΣ ΑΝΤΛΙΩΝ.....	20
17. ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ ΑΝΤΛΙΟΣΤΑΣΙΟΥ .....	20
18. ΟΛΙΚΗ ΑΝΤΙΣΤΑΘΜΙΣΗ (Βελτίωση του συνφ της εγκατάστασης).....	22
19. ΚΕΝΤΡΙΚΗ ΑΝΤΙΣΤΑΘΜΙΣΗ.....	22
20. ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΤΗΣ ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΑΝΤΙΣΤΑΘΜΙΣΗΣ.....	22
ΨΗΦΙΑΚΟΣ ΡΥΘΜΙΣΤΗΣ ΑΕΡΓΟΥ ΙΣΧΥΟΣ.....	22

21.	ΑΝΤΛΙΟΣΤΑΣΙΟ Α3 ΣΤΟ ΤΟΕΒ ΑΓΡΙΝΙΟΥ .....	24
22.	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ ΑΝΤΛΙΟΣΤΑΣΙΟΥ.....	24
23.	ΜΕΘΟΔΟΣ ΕΚΚΙΝΗΣΗΣ .....	25
VI.	ΕΚΚΙΝΗΣΗ ΑΝΤΛΙΟΣΤΑΣΙΟΥ ΜΕ ΤΗΝ ΜΕΘΟΔΟ ΑΣΤΕΡΑ-ΤΡΙΓΩΝΟΥ (Υ/Δ).....	25
24.	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΥ.....	26
I.	ΕΚΚΙΝΗΣΗ ΚΙΝΗΤΗΡΑ ΣΕ ΑΣΤΕΡΑ.....	26
II.	ΑΛΛΑΓΗ ΤΟΥ ΑΣΤΕΡΑ ΣΕ ΤΡΙΓΩΝΟ.....	26
III.	ΔΙΑΚΟΠΗ ΚΙΝΗΤΗΡΑ.....	26
IV.	ΠΙΘΑΝΕΣ ΒΛΑΒΕΣ ΣΤΟ ΑΝΤΛΙΟΣΤΑΣΙΟ .....	26
25.	ΚΥΚΛΩΜΑ ΙΣΧΥΟΣ ΑΣΤΕΡΑ-ΤΡΙΓΩΝΟΥ .....	27
26.	ΕΚΚΙΝΗΣΗ ΑΝΤΛΙΟΣΤΑΣΙΟΥ ΜΕ ΟΜΑΛΟ ΕΚΚΙΝΗΤΗ (SOFT STARTER).....	28
	ΟΜΑΛΗ ΕΚΚΙΝΗΣΗ .....	28
	ΣΤΑΜΑΤΗΜΑ ΚΙΝΗΤΗΡΑ ΜΕ ΕΛΕΥΘΕΡΟ ΡΟΛΑΡΙΣΜΑ (FREE COASTING).....	32
	ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΜΕΤΑΞΥ ΤΩΝ ΔΥΟ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ ΕΚΚΙΝΗΣΗΣ.....	32
	ΣΥΣΤΗΜΑ SCADA .....	32
27.	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΠΙΚΩΝ ΣΤΑΘΜΩΝ ΕΛΕΓΧΟΥ ΑΝΤΛΙΟΣΤΑΣΙΟΥ Α3.....	33
28.	ΑΠΑΡΑΙΤΗΤΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ ΚΑΙ ΕΝΤΟΛΕΣ.....	34
I.	ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ ΣΤΑΘΜΩΝ ΕΛΕΓΧΟΥ .....	34
II.	Λογισμικό Εφαρμογής PLC.....	34
III.	ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ SCADA.....	35
IV.	ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΖΟΜΕΝΩΝ ΛΟΓΙΚΩΝ ΕΛΕΓΚΤΩΝ (P.L.C.).....	35
V.	ΜΟΝΑΔΑ DC/UPS.....	38
VI.	ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑ.....	38
VII.	ΜΕΤΡΗΤΗΣ ΠΙΕΣΗΣ .....	38
VIII.	ΜΕΤΡΗΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.....	38
IX.	ΜΕΤΡΗΤΗΣ ΣΤΑΘΜΗΣ.....	39
X.	ΔΙΑΚΟΠΤΗΣ ΡΟΗΣ.....	39
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΩΝ .....	40
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΣΧΕΔΙΩΝ .....	49
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....	65

# ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1: Διάγραμμα ισχύος κινητήρα .....	5
Εικόνα 2: Διάγραμμα καμπύλης ροπής-ταχύτητας .....	7
Εικόνα 3: Διάγραμμα ροπής κινητήρα .....	8
Εικόνα 4: Γραφική παράσταση της επαγόμενης ροπής και της μετατρεπόμενης ισχύος ως προς την ταχύτητα (r/min) ενός τετραπολικού κινητήρα .....	9
Εικόνα 5: τυπικές χαρακτηριστικές ροπής – ταχύτητας των τεσσάρων τυποποιημένων κλάσεων .	10
Εικόνα 6: Σχηματική διάταξη ομαλού εκκινητή .....	14
Εικόνα 7: ΑΠΟΨΗ ΦΥΓΟΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΑΝΤΛΙΑΣ .....	19
Εικόνα 8: ΣΧΕΔΙΟ ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΥ .....	25
Εικόνα 9: Κύκλωμα ισχύος αστέρα-τριγώνου .....	27
Εικόνα 10 Συμπεριφορά της τάσης του κινητήρα ,κατά τη διάρκεια εκκίνησης, με ομαλό εκκινητή , με τάση ράμπας. ....	28
Εικόνα 11 Συμπεριφορά του ρεύματος του κινητήρα, κατά τη διάρκεια εκκίνησης, με ομαλό εκκινητή. ....	29
Εικόνα 12: ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΤΗΣ ΤΑΣΗΣ ΚΑΙ ΤΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΤΟΥ ΚΙΝΗΤΗΡΑ, ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΕΚΚΙΝΗΣΗΣ ΜΕ SOFT-STARTER ΜΕ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΕΝΟ (ΜΕΙΩΜΕΝΟ) ΡΕΥΜΑ .....	30
Εικόνα 13: ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΤΗΣ ΤΑΣΗΣ ΚΑΙ ΤΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΤΟΥ ΚΙΝΗΤΗΡΑ ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΤΗΣ ΕΚΚΙΝΗΣΗΣ ΜΕ SOFT-STARTER ΜΕ ΤΑΣΗ ΡΑΜΠΑΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟ ΤΑΣΗΣ .....	30
Εικόνα 14: ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΤΗΣ ΤΑΣΗΣ ΚΑΙ ΤΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΤΟΥ ΚΙΝΗΤΗΡΑ ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΕΚΚΙΝΗΣΗΣ ΜΕ SOFT-STARTER ΜΕ ΑΠΟΤΟΜΗ ΩΘΗΣΗ ΚΑΙ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟ ΡΕΥΜΑΤΟΣ .....	31
Εικόνα 15:Εξωτερική άποψη του αντλιοστασίου .....	41
Εικόνα 16: Αρδευτικό κανάλι .....	41
Εικόνα 17: Άποψη του αγωγού αναρρόφησης και του αγωγού κατάθλιψης .....	42
Εικόνα 18 Άποψη των 4 αντλιών .....	42
Εικόνα 19: Άποψη του πλωτήρα .....	43
Εικόνα 20:Τεχνικά χαρακτηριστικά του ηλεκτρικού κινητήρα της αντλίας. ( Πινακίδα κινητήρα ) .....	43
Εικόνα 21: Άποψη του παλαιού γενικού πίνακα χαμηλής τάσης.....	44
Εικόνα 22: Άποψη του αγωγού κατάθλιψης .....	44
Εικόνα 23 .....	45
Εικόνα 24 .....	45
Εικόνα 25 .....	46
Εικόνα 26: Άποψη του νέου γενικού πίνακα χαμηλής τάσης .....	46
Εικόνα 27: Άποψη των ομαλών εκκινητών ( soft starter) .....	47
Εικόνα 28: Γενικός διακόπτης ισχύος της αντλίας. Υπάρχει ένας για κάθε αντλία. ....	47
Εικόνα 29: Άποψη πεδίου πυκνωτών αντιστάθμισης. ....	48
Εικόνα 30: ΣΧΕΔΙΟ ΑΝΤΛΙΟΣΤΑΣΙΟΥ .....	50
Εικόνα 31: Σχέδιο Κυκλώματος.....	51
Εικόνα 32:ΓΕΝΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ .....	52
Εικόνα 33: ΓΕΝΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ .....	52
Εικόνα 34: ΓΕΝΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ .....	53
Εικόνα 35:ΓΕΝΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ .....	53
Εικόνα 36:ΓΕΝΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ .....	54
Εικόνα 37: ΓΕΝΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ .....	55
Εικόνα 38: ΓΕΝΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ .....	56
Εικόνα 39:ΓΕΝΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ .....	56

Εικόνα 40:ΓΕΝΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ .....	<b>Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.</b>
Εικόνα 41:ΓΕΝΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ .....	57
Εικόνα 42: ΓΕΝΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ .....	58
Εικόνα 43: ΓΕΝΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ .....	58
Εικόνα 44: ΓΕΝΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ .....	59
Εικόνα 45: ΓΕΝΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ .....	59
Εικόνα 46: ΓΕΝΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ .....	60
Εικόνα 47: ΓΕΝΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ .....	<b>Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.</b>
Εικόνα 48:ΓΕΝΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ .....	61
Εικόνα 49:ΓΕΝΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ .....	61
Εικόνα 50: ΓΕΝΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ .....	62
Εικόνα 51:ΓΕΝΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ .....	62
Εικόνα 52: ΓΕΝΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ .....	63
Εικόνα 53: ΓΕΝΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ .....	63
Εικόνα 54: ΓΕΝΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ .....	64

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία εκπονήθηκε το ακαδημαϊκό έτος 2020-2021, στα πλαίσια του προγράμματος προπτυχιακών σπουδών του τμήματος Ηλεκτρολόγων Μηχανικών.

Η εργασία πραγματοποιήθηκε υπό την επίβλεψη του επίκουρου καθηγητή Χαραλαμπίκου Βασιλείου του τμήματος Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών του πανεπιστημίου Πελοποννήσου, με μέλη της τριμελούς επιτροπής να αποτελούν οι επίκουροι καθηγητές Σχοινάς Νικόλαο και Γεωργάκας Κωνσταντίνος.

Αντικείμενο της εργασίας αποτελεί ο εκσυγχρονισμός αντλιοστασίου και πιο συγκεκριμένα του αντλιοστασίου Α3 του ΤΟΕΒ Αγρινίου. Συγκεκριμένα, περιγράφεται ο τρόπος λειτουργίας πριν τον εκσυγχρονισμό, οι ενέργειες που έγιναν για την αναβάθμιση του αντλιοστασίου και ο τρόπος λειτουργίας μετά τον εκσυγχρονισμό.

Τέλος ευχαριστώ θερμά την οικογένεια και τους φίλους μου για την κατανόηση και στην συμπαράσταση που έδειξαν ολόκληρη την περίοδο αποπεράτωσης αυτής της εργασίας.

# 1. ΠΕΡΙΛΗΨΗ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η εργασία πραγματεύεται τον εκσυγχρονισμό αντλιοστασίου Α3 του ΤΟΕΒ Αγρινίου. Σκοπός αυτής την ανάλυσης είναι η παρουσίαση του τρόπου λειτουργίας του αντλιοστασίου πριν τον εκσυγχρονισμό και μετά καθώς και η παρουσίαση των διαφόρων τους.

Η παρούσα πτυχιακή χωρίζεται σε 3 μέρη. Στο πρώτο μέρος, το οποίο αποτελεί το γενικό μέρος της πτυχιακής και αναφέρεται στον ορισμό του αντλιοστασίου, τον τρόπο λειτουργίας των ηλεκτρικών κινητήρων και των τρόπο λειτουργίας των αντλιών.

Στο δεύτερο μέρος περιγράφεται ο τρόπος λειτουργίας του αντλιοστασίου πριν τον εκσυγχρονισμό. Αναλυτικότερα γίνεται εξειδίκευση στην εκκίνηση με διάταξη αστέρα – τριγώνου καθώς και στα προβλήματα που δημιουργούνται στο αντλιοστάσιο.

Στο τρίτο μέρος εξηγείται λεπτομερώς ο τρόπος λειτουργίας του αντλιοστασίου Α3 του ΤΟΕΒ Αγρινίου μετά τον εκσυγχρονισμό. Επιπλέον γίνεται ανάλυση στις σύγχρονες μεθόδους που χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο του αντλιοστασίου απομακρυσμένα, τον έλεγχο και την εκκίνηση των αντλιών. Επισυνάπτονται τα σχετικά σχέδια και οι φωτογραφίες.

Τέλος η εργασία περιλαμβάνει σύγκριση μεταξύ της παλαιάς μεθόδου λειτουργίας και της νέας. Με αυτό τον τρόπο εξάγονται συμπεράσματα για την πιο συμφέρουσα λύση τόσο οικονομικά όσο και τεχνικά.



## 2. ΑΝΤΛΙΟΣΤΑΣΙΟ

Αντλιοστάσιο είναι το σύνολο των οικοδομικών και ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων που χρησιμοποιούνται σε μόνιμη βάση για την άντληση ενός υγρού. Έτσι διακρίνονται διαφορές κατηγορίες αντλιοστασίων όπως αντλιοστάσια ύδρευσης, άρδευσης, αποχέτευσης, καυσίμων. Παρακάτω θα γίνει ανάλυση ενός αντλιοστασίου άρδευσης και πιο συγκεκριμένα του αντλιοστασίου Α3 που ανήκει στο ΤΟΕΒ Αγρινίου.

Ανεξάρτητα από τη θέση των αντλιών και τον τρόπο άντλησης απαιτείται η κατασκευή κτιρίου αντλιοστασίου. Το κτίριο πρέπει να έχει τις απαραίτητες διαστάσεις ώστε να περιλαμβάνει τις απαραίτητες ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις για τις οποίες απαιτείται στέγαση, στοιχειώδη ανταλλακτικά, τα απαραίτητα εργαλεία και επαρκή χώρο κυκλοφορίας. Από τον 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 οι συνθήκες το επιτρέπουν) να γίνεται η εγκατάσταση του αντλητικού συγκροτήματος μέσα στο κτίριο του αντλιοστασίου.

Ανεξάρτητα από τη θέση της αντλίας, η αντλία πρέπει να είναι προστατευμένη με τέτοιο τρόπο ώστε να αποφεύγεται η παρέμβαση τρίτων για την αποφυγή οποιουδήποτε ατυχήματος. Για αυτό το λόγο οι ηλεκτρικοί πίνακες, τα όργανα αυτοματισμού και οι βάνες πρέπει να κλειδώνονται κατά τρόπο που να μην δέχονται καμία παρέμβαση από τρίτα πρόσωπα. Τέλος πρέπει να διασφαλίζεται αρκετός αερισμός για την ψύξη του ηλεκτροκινητήρα.

## 3. ΑΣΥΓΧΡΟΝΟΣ ΤΡΙΦΑΣΙΚΟΣ ΚΙΝΗΤΗΡΑΣ

Ο ασύγχρονος τριφασικός κινητήρας αποτελείται από δυο τυλίγματα εναλλασσομένου ρεύματος, ένα στο στάτη και ένα στο δρομέα, σε αντίθεση με τις μηχανές συνεχούς ρεύματος και τις μηχανές εναλλασσομένου ρεύματος. Το συγκεκριμένο είδος κινητήρα παράγει μη μηδενική μέση ροπή σε οποιαδήποτε ταχύτητα εκτός από τη σύγχρονη ταχύτητα και για αυτό το λόγο προκύπτει η ονομασία του ως ασύγχρονος κινητήρας. Κατασκευαστικά το τύλιγμα του στάτη, σε αυτή την περίπτωση, αποτελείται από τρία όμοια διανεμημένα μονοφασικά τυλίγματα, μετατιθέμενα στο χώρο κατά 120 ηλεκτρικές μοίρες. Ο αριθμός των πόλων των τυλιγμάτων αυτών, για δεδομένη συχνότητα τροφοδοσίας, καθορίζει τις ονομαστικές στροφές του κινητήρα. Ανάλογα με τις τάσεις τροφοδοσίας και τον τύπο του κινητήρα, τα τυλίγματα του στάτη συνδέονται είτε σε αστέρα είτε σε τρίγωνο. Το τύλιγμα του δρομέα, είναι βραχυκυκλωμένο και τροφοδοτείται με εναλλασσόμενο ρεύμα έμμεσα από το στάτη λόγω επαγωγής. Για αυτό το λόγο ο ασύγχρονος κινητήρας ονομάζεται επαγωγικός κινητήρας. Το ρεύμα διέγερσης που απαιτείται για τη λειτουργία του το απορροφά από το δίκτυο εναλλασσομένου ρεύματος. Αυτό σημαίνει ότι, ο ασύγχρονος κινητήρας λειτουργεί πάντα με συντελεστή ισχύος μικρότερο από τη μονάδα, λόγω της απορρόφησης επαγωγικής άεργου ισχύος. Για το λόγο αυτό επιβάλλεται η χρήση τοπικών μονάδων αντιστάθμισης (με πυκνωτές) για την διόρθωση του συντελεστή ισχύος σε κινητήρες μεσαίας και μεγάλης ισχύος.

## 4. ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ

Το τύλιγμα του στάτη είναι τριφασικό διανεμημένο τύλιγμα, του οποίου οι μαγνητικοί άξονες των επιμέρους φάσεων είναι μετατιθέμενοι στο χώρο κατά 120 ηλεκτρικές μοίρες. Όταν τροφοδοτήσουμε το τύλιγμα του στάτη με ένα τριφασικό συμμετρικό σύστημα φάσεων, δημιουργείται στο διάκενο της μηχανής ένα στρεφόμενο μαγνητικό πεδίο. Η ταχύτητα περιστροφής του μαγνητικού πεδίου, είναι συνάρτηση της συχνότητας της τάσης τροφοδοσίας και του αριθμού των πόλων του τυλίγματος.

$$\text{Ισχύει ότι } ns=120(f1/P) \text{ και } \omega_s=(2\pi ns)/60=2\pi f1(2/P)=\omega_1(2/P)$$

Όπου

$ns$ = σύγχρονη ταχύτητα (rpm)

$\omega_s$ = σύγχρονη γωνιακή ταχύτητα (rad/sec)

$\omega_1= 2\pi f1$ = ηλεκτρική κυκλική συχνότητα των τυλιγμάτων του στάτη (rad/sec)

$P$ = αριθμός των πόλων της μηχανής

### ΟΛΙΣΘΗΣΗ ΤΟΥ ΔΡΟΜΕΑ

Η τάση που επάγεται σε κάποιον από τους αγωγούς του δρομέα ενός επαγωγικού κινητήρα εξαρτάται από τη σχετική κίνηση του δρομέα ως προς τα μαγνητικά πεδία. Όμως, επειδή η συμπεριφορά ενός επαγωγικού κινητήρα εξαρτάται από τις τάσεις και τα ρεύματα στο δρομέα, γίνεται συχνά λόγος για την παραπάνω σχετική ταχύτητα. Τα μεγέθη που περιγράφουν τη σχετική κίνηση του δρομέα ως προς τα μαγνητικά πεδία είναι δυο. Τα ο πρώτο μέγεθος είναι η ταχύτητα ολίσθησης (slip speed), που ορίζεται ως η διάφορα της ταχύτητας του δρομέα από τη σύγχρονη ταχύτητα.

$$n_{slip}=n_{sync}-n_m$$

όπου  $n_{slip}$ = η ταχύτητα ολίσθησης της μηχανής

$n_{sync}$  = η ταχύτητα των μαγνητικών πεδίων

$n_m$  = η μηχανική ταχύτητα του άξονα της μηχανής

Τα δεύτερο μέγεθος με το οποίο εκφράζεται η σχετική κίνηση είναι η ολίσθηση (slip) και ουσιαστικά πρόκειται για τη σχετική ταχύτητα ολίσθησης εκφρασμένη σε εκατοστιαία βάση, η ολίσθηση ορίζεται από τη σχέση:

$$S= n_{slip}/ n_{sync} (\times 100\%)$$

$$S= (n_{sync} - n_m)/ n_{sync} (\times 100\%)$$

Αν ο δρομέας της μηχανής περιστρέφεται με τη σύγχρονη ταχύτητα είναι  $s=0$ , ενώ αν ο δρομέας είναι ακίνητος είναι  $s=1$ . Σε οποιαδήποτε άλλη περίπτωση η τιμή της ολίσθησης μεταβάλλεται μεταξύ αυτών των δυο ορίων. Ακόμη, η ταχύτητα περιστροφής του άξονα της μηχανής μπορεί να εκφραστεί μέσω της ολίσθησης και της σύγχρονης ταχύτητας. Από τα παραπάνω προκύπτουν η σχέση:

$$N_m = (1 - s) n_{sync}$$

## 5. ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΔΡΟΜΕΑ

Ο επαγωγικός κινητήρας λειτουργεί με τάσεις και ρεύματα εξ επαγωγής στο δρομέα της και για αυτό το λόγο μπορεί να χαρακτηριστεί σαν στρεφόμενος μετασχηματιστής. Όπως σε ένα μετασχηματιστή, το πρωτεύον τύλιγμα (του στάτη) επάγει κάποια τάση στο δευτερεύον τύλιγμα (του δρομέα). Αντίθετα, όμως, απ' ότι συμβαίνει σ' ένα μετασχηματιστή, η συχνότητα του δευτερεύοντος δεν είναι απαραίτητα ίση μ' αυτή του πρωτεύοντος.

Αν ο δρομέας της μηχανής είναι ακίνητος, τότε η συχνότητα του είναι ίση με τη συχνότητα του στάτη. Όμως, αν ο δρομέας κινείται με τη σύγχρονη ταχύτητα, η συχνότητα της τάσης του δρομέα θα είναι μηδενική. Όταν  $n_m=0$  r/min, η συχνότητα στο δρομέα είναι  $f_r = f_e$  και η ολίσθηση  $s=1$ . Όταν  $n_m = n_{sync}$ , η συχνότητα στο δρομέα είναι  $f_r = 0$  Hz και η ολίσθηση  $s = 0$ . Για κάθε άλλη ενδιάμεση τιμή της ταχύτητας του δρομέα η συχνότητα στο δρομέα είναι ανάλογη της διαφοράς της ταχύτητας του πεδίου του στάτη  $n_{sync}$  με την ταχύτητα του δρομέα  $n_m$ . Επειδή, η ολίσθηση ορίζεται από την εξίσωση:

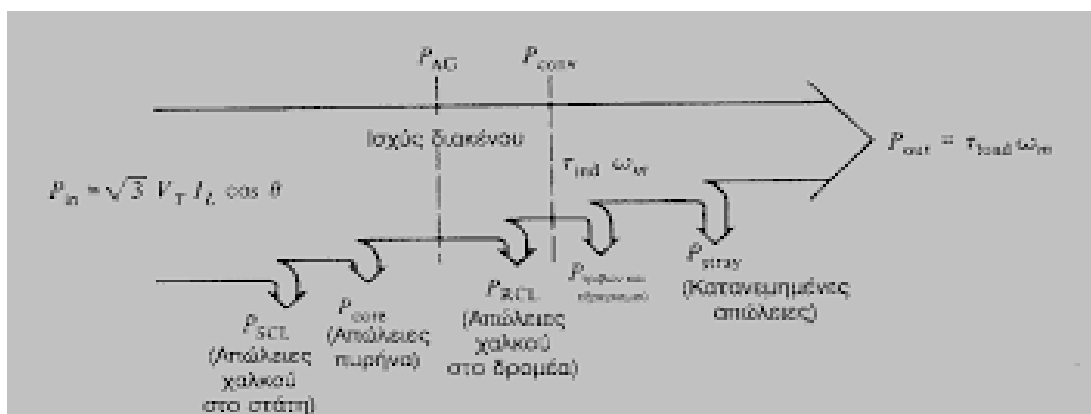
$$s = (n_{sync} - n_m) / n_{sync}$$

η συχνότητα στο δρομέα είναι δυνατό να γραφεί ως  $f_r = s f_e$ .

## 6. ΙΣΧΥΣ ΚΑΙ ΡΟΠΗ ΣΤΟΥΣ ΕΠΑΓΩΓΙΚΟΥΣ ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ

### Ι. ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΚΑΙ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΡΟΗΣ ΙΣΧΥΟΣ

Όπως αναφέρθηκε, ο επαγωγικός κινητήρας λειτουργεί ως στρεφόμενος μετασχηματιστής. Η είσοδος του είναι κάποιο τριφασικό σύστημα τάσεων και ρευμάτων. Σε ένα κανονικό μετασχηματιστή η ηλεκτρική ισχύς εξόδου είναι η ισχύς στο δευτερεύον τύλιγμα. Στον επαγωγικό κινητήρα το δευτερεύον τύλιγμα (ο δρομέας) είναι βραχυκυκλωμένο και έτσι δεν εμφανίζεται ηλεκτρική ισχύς στην έξοδο της μηχανής. Αντίθετα, η ισχύς εξόδου του κινητήρα είναι μηχανική. Η σχέση ανάμεσα στην ηλεκτρική ισχύ εισόδου και στη μηχανική ισχύ εξόδου ενός επαγωγικού κινητήρα παρουσιάζεται στο παρακάτω διάγραμμα ισχύος.



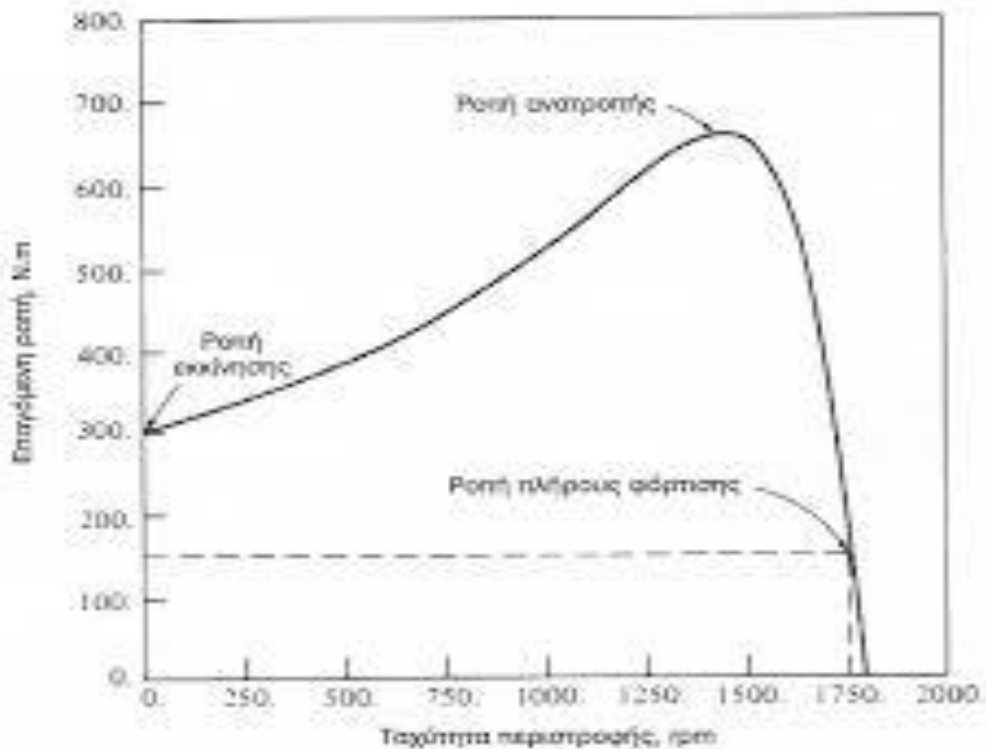
Εικόνα 1: Διάγραμμα ισχύος κινητήρα

Η ηλεκτρική ισχύς εισόδου στον κινητήρα  $P_{in}$  έχει τη μορφή τριφασικού συστήματος τάσεων και ρευμάτων. Το πρώτο είδος απωλειών που υπολογίζεται στον κινητήρα είναι οι ωμικές ( $I^2 R$ ) απώλειες στο τύλιγμα του στάτη (απώλειες χαλκού στο στάτη – PSCL). Κατόπιν κάποιο ποσό ισχύος χάνεται με τη μορφή απωλειών υστέρησης και απωλειών εξαιτίας των δινορευμάτων του στάτη (PCORE). Η ισχύς που απομένει, μεταφέρεται στο δρομέα της μηχανής περνώντας από το διάκενο που υπάρχει μεταξύ στατη και δρομέα. Αυτή η ισχύς ονομάζεται ισχύς διακένου (air-gap power)  $P_{AG}$  της μηχανής. Ένα μέρος της ισχύος που μεταφέρεται στο δρομέα χάνεται με τη μορφή ωμικών απωλειών στα τυλίγματα του δρομέα (απώλειες χαλκού στο δρομέα – PRCL), ενώ η ισχύς που απομένει μετατρέπεται από ηλεκτρική σε μηχανική μορφή (PCONV). Από αυτή την ισχύ αφαιρούνται τελικά οι απώλειες τριβής και εξαερισμού, καθώς και οι κατανεμημένες απώλειες. Το υπόλοιπο ποσό της μηχανικής ισχύος αποτελεί την ισχύ εξόδου  $P_{OUT}$  της μηχανής. Οι απώλειες πυρήνα δεν εμφανίζονται πάντα στο σημείο του διαγράμματος που φαίνεται πιο πάνω. Η φύση των απωλειών πυρήνα κάνει κάπως αυθαίρετη την επιλογή του σημείου στο οποίο πρόκειται να ληφθούν υπόψη. Στην πραγματικότητα οι απώλειες πυρήνα ενός επαγωγικού κινητήρα προέρχονται κατά ένα μέρος από το κύκλωμα του στατη και κατά ένα μέρος από το κύκλωμα του δρομέα. Επειδή ο κινητήρας συνήθως περιστρέφεται με ταχύτητα που είναι πολύ κοντά στη σύγχρονη, η σχετική ταχύτητα των μαγνητικών πεδίων είναι πολύ μικρή και έτσι οι απώλειες πυρήνα στο δρομέα είναι πολύ λίγες σε σχέση με τις αντίστοιχες απώλειες στο στατη. Έτσι, επειδή το μεγαλύτερο μέρος των απωλειών πυρήνα προέρχεται από το κύκλωμα του στατη, οι συνολικές απώλειες πυρήνα συνήθως προστίθενται στο σημείο του διαγράμματος που φαίνεται στο διάγραμμα ροής ισχύος. Όσο μεγαλύτερη είναι η ταχύτητα περιστροφής του κινητήρα, τόσο μεγαλύτερες είναι οι απώλειες τριβών, εξαερισμού και οι κατανεμημένες απώλειες. Από την άλλη όσο μεγαλύτερη (πιο κοντά στην nSYNC) είναι η ταχύτητα του κινητήρα, τόσο λιγότερες είναι οι απώλειες πυρήνα. Αυτές οι τρεις κατηγορίες απωλειών συνήθως προστίθενται μεταξύ τους και ονομάζονται απώλειες περιστροφής. Οι συνολικές απώλειες περιστροφής ενός επαγωγικού κινητήρα συνήθως θεωρούνται σταθερές καθώς μεταβάλλεται η ταχύτητα, αφού οι επιμέρους απώλειες μεταβάλλονται σε αντίθετη κατεύθυνση.

Ο βαθμός απόδοσης του κινητήρα αντιπροσωπεύει το λόγο της ωφέλιμης ισχύος προς την ισχύ εισόδου. Δίνεται από την σχέση:

$$\eta(\%) = (P_{out}/P_{in}) \times 100 = ((P_{in} - P_{cu,s} - P_{cu,r} - P_{w,c})/P_{in}) \times 100$$

## 7. ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΗ ΡΟΠΗΣ – ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ

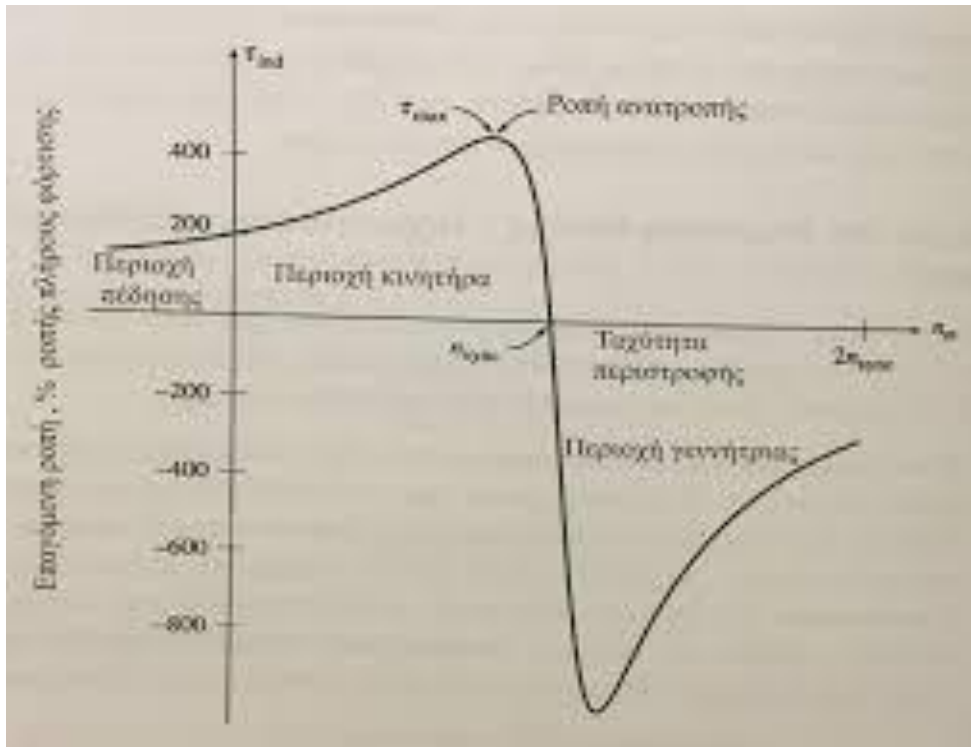


Εικόνα 2: Διάγραμμα καμπύλης ροπής-ταχύτητας

Από την καμπύλη ροπής – ταχύτητας του επαγωγικού κινητήρα, που φαίνεται στο παραπάνω σχήμα, εξαγονται μερικές σημαντικές πληροφορίες για τη λειτουργία των επαγωγικών κινητήρων.

- Η επαγόμενη ροπή του επαγωγικού κινητήρα είναι ίση με μηδέν στην σύγχρονη ταχύτητα.
- Μεταξύ των σημείων λειτουργίας χωρίς φορτίο και υπο πλήρες φορτίο η καμπύλη ροπής – ταχύτητας είναι σχεδόν γραμμική. Σ αυτή την περιοχή η αντίσταση του δρομέα είναι πολύ μεγαλύτερη από την αντίδραση του και έτσι το ρεύμα του δρομέα, το μαγνητικό πεδίο του δρομέα και η επαγόμενη ροπή αυξάνονται γραμμικά με την αύξηση της ολίσθισης.

## 1. ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΗ ΡΟΠΗΣ – ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ ΜΕ ΤΙΣ ΔΙΕΥΡΥΜΕΝΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ (ΠΕΡΙΟΧΗ ΠΕΔΗΣΗΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΟΧΗ ΕΠΑΓΩΓΙΚΗΣ ΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ)



Εικόνα 3: Διάγραμμα ροπής κινητήρα

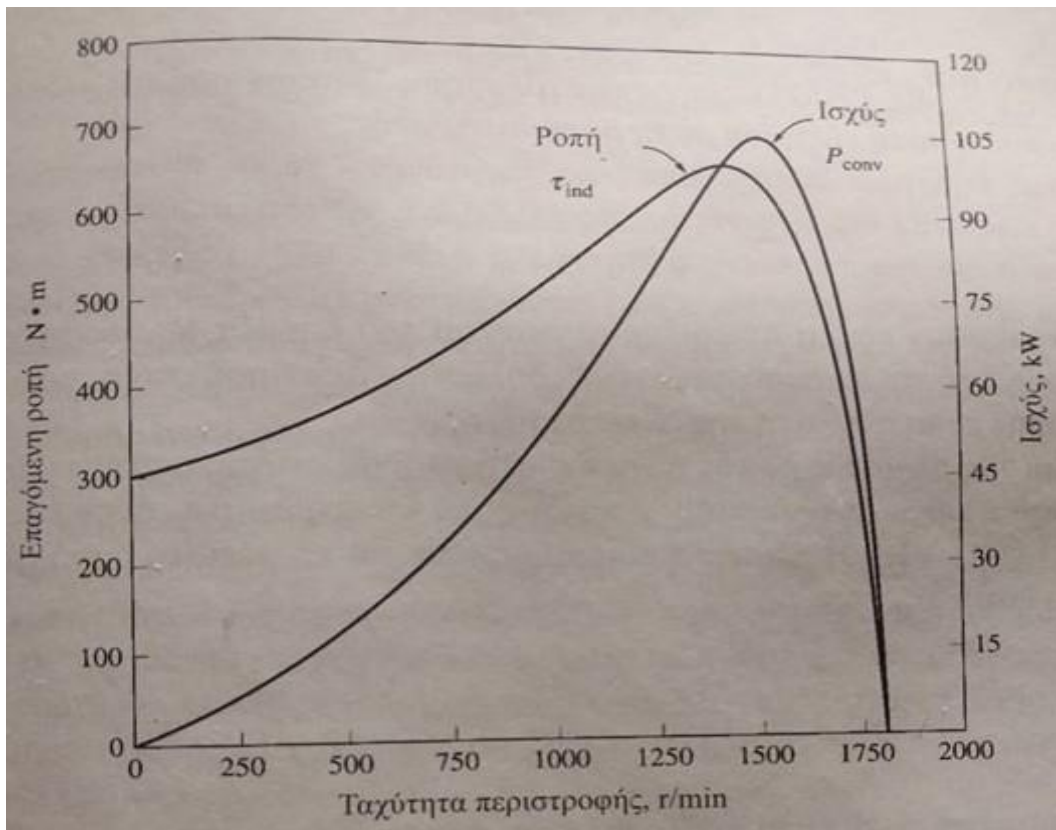
- Υπάρχει μια μέγιστη επιτρεπτή ροπή που είναι αδύνατο να ξεπεραστεί. Αυτή η ροπή ονομάζεται *ροπή ανατροπής* και είναι δυο έως τρεις φορές μεγαλύτερη από την ονομαστική ροπή στην πλήρη φόρτιση του κινήτρα.
- Η ροπή εκκίνησης του κινήτρα είναι λίγο μεγαλύτερη από τη ροπή κατά την πλήρη φόρτιση. Έτσι, ο επαγωγικός κινήτρας μπορεί να ξεκινήσει με οποιοδήποτε από τα φορτία που είναι ικανός να κινήσει στη λειτουργία υπό πλήρη ισχύ.
- Ας σημειωθεί ότι η ροπή του κινήτρα για μια δεδομένη ισχύ της ολίσθησης μεταβάλλεται με το τετράγωνο της τάσης εισόδου. Το γεγονός αυτό είναι πολύ χρήσιμο σε μια από τις τεχνικές έλεγχου της ταχύτητας του επαγωγικού κινήτρα.
- Αν ο δρομέας του επαγωγικού κινήτρα περιστρέφεται με ταχύτητα μεγαλύτερη από τη σύγχρονη ταχύτητα, η φορά περιστροφής της επαγόμενης ροπής αντιστρέφεται, με αποτέλεσμα η μηχανή να λειτουργεί ως γεννήτρια μετατρέποντας μηχανική ισχύ σε ηλεκτρική.

Αν η φορά περιστροφής του κινητήρα είναι αντίθετη από τη φορά περιστροφής των μαγνητικών πεδίων στο εσωτερικό του, η επαγόμενη ροπή θα σταματήσει τον κινητήρα και θα προσπαθήσει να τον περιστρέψει στην αντίθετη φορά. Όμως επειδή η φορά περιστροφής των μαγνητικών πεδίων στον επαγωγικό κινητήρα μπορεί να πραγματοποιηθεί με την αντιμετάθεση των συνδέσεων σε δυο από τις τρεις φάσεις του, η παραπάνω παρατήρηση είναι δυνατό να χρησιμοποιείται με σκοπό το απότομο σταμάτημα του κινητήρα. Η αντιμετάθεση των συνδέσεων σε δυο από τις τρεις φάσεις του κινητήρα με σκοπό το απότομο σταμάτημα του κινητήρα ονομάζεται ακαριαία πέδηση.

Η ισχύς που μετατρέπεται σε μηχανική στον επαγωγικό κινητήρα είναι ίση με:

$$P_{conv} = T_{ind} \omega_m$$

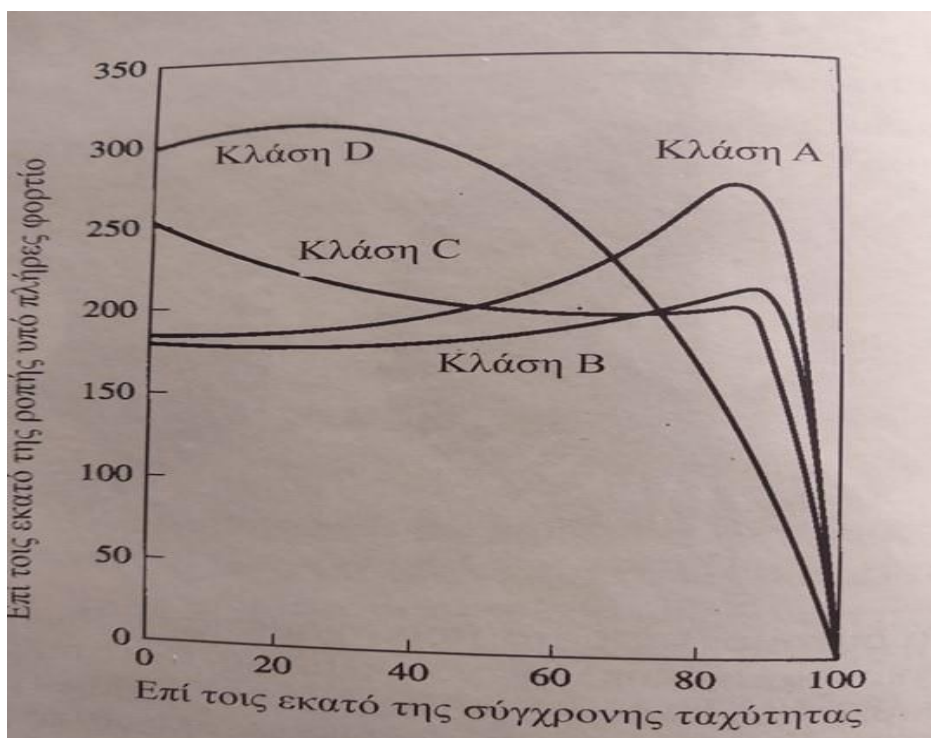
Όπως φαίνεται στο παρακάτω διάγραμμα, η μέγιστη τιμή της ισχύος που προσφέρει ο επαγωγικός κινητήρας εμφανίζεται σε διαφορετική ταχύτητα από ότι η μέγιστη ροπή. Επίσης, όπως είναι φυσικό, όταν η ταχύτητα του κινητήρα είναι μηδενική δεν υφίσταται καμιά μετατροπή από ηλεκτρική σε μηχανική ισχύ.



Εικόνα 4: Γραφική παράσταση της επαγόμενης ροπής και της μετατρεπόμενης ισχύος ως προς την ταχύτητα (r/min) ενός τετραπολικού κινητήρα

## 8. ΚΛΑΣΕΙΣ ΣΧΕΔΙΑΣΗΣ ΕΠΑΓΩΓΙΚΩΝ ΚΙΝΗΤΗΡΩΝ

Με τη μεταβολή των χαρακτηριστικών του δρομέα ενός επαγωγικού κινητήρα είναι δυνατή η υλοποίηση μεγάλης ποικιλίας χαρακτηριστικών ροπής – ταχύτητας. Με σκοπό να βοηθήσουν τη βιομηχανία στην επιλογή των κατάλληλων κινητήρων σε διαφορετικές εφαρμογές και για όλο το εύρος η NEMA στις ΗΠΑ και η (IEC) στην Ευρώπη έχουν θεσπίσει μια σειρά από τυποποιημένες σχεδιάσεις κινητήρων με διαφορετικές χαρακτηριστικές ροπής – ταχύτητας. Αυτές οι τυποποιημένες σχεδιάσεις ονομάζονται κλάσεις σχεδίασης και ένας συγκεκριμένος κινητήρας ονομάζεται ως κινητήρας κλάσης Χ. Στην παρακάτω γραφική έχουν σχεδιαστεί οι τυπικές χαρακτηριστικές ροπής – ταχύτητας των τεσσάρων τυποποιημένων κλάσεων



Εικόνα 5: τυπικές χαρακτηριστικές ροπής – ταχύτητας των τεσσάρων τυποποιημένων κλάσεων

### ΚΛΑΣΗ ΣΧΕΔΙΑΣΗΣ Α

Οι κινητήρες της κλάσης Α είναι κινητήρες με τυποποιημένη σχεδίαση που παρουσιάζουν κανονική ροπή εκκίνησης, κανονικό ρεύμα εκκίνησης και χαμηλή ολίσθηση. Το σημαντικότερο πρόβλημα αυτής της κλάσης σχεδίασης είναι το ιδιαίτερα υψηλό κρουστικό ρεύμα κατά την εκκίνηση. Τα τυπικά ρεύματα εκκίνησης για τέτοιους κινητήρες είναι 500% με 800% του ονομαστικού ρεύματος. Στους κινητήρες αυτού του είδους με ισχύ πάνω από 7,5 ίππων θα πρέπει να χρησιμοποιείται κάποια διάταξη μείωσης της τάσης κατά την εκκίνηση, με σκοπό το σύστημα ισχύος στο οποίο συνδέονται να προστατεύεται από μεγάλες πτώσεις τάσης. Τυπικές εφαρμογές αυτών



των κινητήρων είναι η οδήγηση ανεμιστήρων, φυσερών, αντλιών, τόνων και άλλων εργαλειομηχανών.

#### **ΚΛΑΣΗ ΣΧΕΔΙΑΣΗΣ Β**

Οι κινητήρες κλάσης Β έχουν κανονική ροπή εκκίνησης, μικρότερο ρεύμα εκκίνησης και χαμηλή ολίσθηση. Ένας τέτοιος κινητήρας παράγει σχεδόν ίδια ροπή με έναν κινητήρα κλάσης Α, ενώ το ρεύμα εκκίνησης είναι κατά 25% μικρότερο. Οι εφαρμογές αυτών των κινητήρων είναι παρόμοιες με αυτές των κινητήρων κλάσης Α. Στις σύγχρονες εφαρμογές οι κινητήρες κλάσης Β έχουν αντικαταστήσει σε μεγάλο βαθμό τους κινητήρες κλάσης Α λόγω του μικρότερου ρεύματος εκκίνησης που παρουσιάζουν.

#### **ΚΛΑΣΗ ΣΧΕΔΙΑΣΗΣ C**

Οι κινητήρες κλάσης C παρουσιάζουν μεγάλη ροπή εκκίνησης, μικρό ρεύμα εκκίνησης και χαμηλή ολίσθηση στη λειτουργία υπό πλήρες φορτίο. Οι κινητήρες αυτοί χρησιμοποιούνται σε φόρτια που απαιτούν υψηλή ροπή εκκίνησης, όπως φορτισμένες αντλίες, συμπιεστές και μεταφορείς.

#### **ΚΛΑΣΗ ΣΧΕΔΙΑΣΗΣ D**

Οι κινητήρες κλάσης D έχουν παρά πολύ μεγάλη ροπή εκκίνησης και μικρό ρεύμα εκκίνησης, αλλά παρουσιάζουν υψηλή ολίσθηση στη λειτουργία υπό πλήρες φορτίο. Αυτοί οι κινητήρες έχουν εφαρμογή στην επιτάχυνση φορτίων με εξαιρετικά μεγάλοι αδράνεια, όπως οι ιδιαίτερα μεγάλοι σφόνδυλοι που χρησιμοποιούνται σε διακριτικές πρέσες και ψαλιδιά.

## **II. ΕΚΚΙΝΗΣΗ ΕΠΑΓΩΓΙΚΩΝ ΚΙΝΗΤΗΤΗΡΩΝ**

Μια διάταξη εκκίνησης, έχει ως στόχο την εξασφάλιση ομαλής εκκίνησης, εξασφαλίζοντας την απαιτούμενη ροπή εκκίνησης του φορτίου, με όσο το δυνατόν μικρότερο ρεύμα. Στην περίπτωση που η αναπτυσσόμενη ροπή εκκίνησης είναι μικρότερη από την αντίστοιχη ροπή εκκίνησης του φορτίου, ο κινητήρας δεν θα αναπτύξει ταχύτητα. Επίσης, η ικανότητα του ηλεκτρικού δικτύου το οποίο τροφοδοτεί τον κινητήρα, καθορίζει και τη μέγιστη επιτρεπτή τιμή του ρεύματος εκκίνησης. Ο χρόνος επιτάχυνσης (ο οποίος εξαρτάται από τη μέθοδο εκκίνησης, αλλά και από τη φύση του φορτίου), παίζει αρκετά σημαντικό ρόλο σε θέματα θερμικής καταπόνησης του κινητήρα. Επίσης, αυξημένα ρεύματα εκκίνησης, μπορούν να προκαλέσουν και βύθιση τάσης του δικτύου (και προφανώς να επηρεάσουν δυσμενώς τη λειτουργία γειτονικών συσκευών), η ακόμη να προκαλέσουν μη αποδεκτές καταπονήσεις στα μηχανικά μέρη του συστήματος. Σύμφωνα με τους κανονισμούς της Δ.Ε.Η., η βύθιση της τάσης κατά την εκκίνηση στο σημείο τροφοδοσίας, δεν πρέπει να υπερβαίνει το 5%. Επιτρέπεται από την πλευρά της Δ.Ε.Η. και η απευθείας εκκίνηση, τόσο στη χαμηλή, όσο και στη μέση τάση (ανεξάρτητα της ισχύος), αρκεί να μην υπερβαίνει το μέγιστο όριο βύθισης και εφόσον βεβαία είναι εφικτό σε θέματα καταπόνησης του κινητήρα και του φορτίου. Η ρύθμιση του ρεύματος εκκίνησης στις διαφορές διατάξεις, πρακτικά γίνεται μέσω της τάσης τροφοδοσίας του κινητήρα. Μια ιδανική διάταξη εκκίνησης, θα πρέπει να εξασφαλίζει τη μέγιστη δυνατή ροπή εκκίνησης, με το μικρότερο δυνατό ρεύμα εκκίνησης. Οι επικρατέστερες διατάξεις εκκίνησης με ρύθμιση της τάσης τροφοδοσίας είναι:

- Με διακόπτη αστέρα-τριγώνου/Δ)
- Με αυτό μετασχηματιστή
- Με τριφασικό μετατροπέα AC/AC. (soft starter)

Όλες οι προαναφερθείσες μέθοδοι παρέχουν χαμηλές ροπές εκκίνησης και ως εκ τούτου, για ομαλή εκκίνηση, απαιτείται το αρχικό φορτίο στον άξονα του κινητήρα να είναι και αυτό κατάλληλα ελαττωμένο.

### **III. ΕΚΚΙΝΗΣΗ ΜΕ ΔΙΑΚΟΠΤΗ ΑΣΤΕΡΑ-ΤΡΙΓΩΝΟΥ**

Αρχικά ο κινητήρας είναι συνδεδεμένος σε αστέρα, με αποτέλεσμα η φασική τάση των τυλιγμάτων τυμπάνου να είναι μικρότερη σε μέγεθος από την αντίστοιχη πολική τάση κατά  $\sqrt{3}$  φορές. Ο κινητήρας αρχίζει να περιστρέφεται και μετά από σύντομο χρονικό διάστημα, όπου η ταχύτητα περιστροφής ( και κατ' επέκταση η επαγόμενη Α.Η.Ε.Δ.) έχει φτάσει σε ικανοποιητικά επίπεδα, γίνεται η μεταγωγή στο τρίγωνο όπου πλέον ο κινητήρας τροφοδοτείται με την ονομαστική τάση. Επίσης κατά την εκκίνηση σε συνδεσμολογία αστέρα, το ρεύμα εκκίνησης είναι μικρότερο κατά  $\sqrt{3}$  φορές από το αντίστοιχο ρεύμα εκκίνησης σε συνδεσμολογία τριγώνου. Δηλαδή:

$$I_Y = I_{\Delta}/\sqrt{3}$$

Το γεγονός αυτό έχει ως αποτέλεσμα, η ροπή εκκίνησης στη συνδεσμολογία αστέρα, να είναι ελαττωμένη κατά το  $1/3$  από την αντίστοιχη σε συνδεσμολογία τριγώνου. Δηλαδή:

$$T_Y = T_{\Delta}/3$$

### **IV. ΕΚΚΙΝΗΣΗ ΜΕ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΑ ΙΣΧΥΟΣ ΟΜΑΛΟΙ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟΙ ΕΚΚΙΝΗΤΕΣ (SOFT STARTER)**

Τα ηλεκτρονικά ισχύος (ομαλοί ηλεκτρονικοί εκκινήτες και ρυθμιστές στροφών) αρχίζουν να υιοθετούνται όλο και περισσότερο σε διάφορους τομείς της βιομηχανικής, της βιοτεχνικής και της αγροτικής παραγωγής. Οι ηλεκτρονικοί ομαλοί εκκινήτες είναι η πρωτοπορία της τεχνικής στον τομέα της εκκίνησης του κινητήρα βραχυκυκλωμένου δρομέα. Η χρήση τους ενδείκνυται όταν:

- Η εκκίνηση με πλήρη τάση (κλασικοί τρόποι εκκίνησης) δεν είναι δυνατή.
- Πρέπει να περιοριστεί η πτώση τάσης της γραμμής τροφοδοσίας, μέσα στα καθορισμένα και επιτρεπτά όρια.
- Πρέπει να αποφευχθούν γρήγορες και απότομες αλλαγές ταχύτητας κατά την εκκίνηση
- Πρέπει να μην υπάρξουν τα μεταβατικά φαινόμενα που δημιουργούνται στο δίκτυο και στον κινητήρα με τον κλασικό εκκινήτη.
- Πρέπει να αποφευχθεί η υπερβολική φθορά στα μηχανικά μέρη που μεταδίδουν την κίνηση όπως οι ηλεκτρομειωτήρες, οι αλυσίδες, οι ιμάντες κλπ.

Οι σπουδαιότερες λειτουργίες των ηλεκτρονικών ομαλών εκκινήτων είναι:

- Ομαλή εκκίνηση.
- Περιορισμός ρεύματος εκκίνησης.
- Εξοικονόμηση ενεργείας σε λειτουργία με μερικό φορτίο.
- Ομαλή στάση.
- Πέδηση με συνεχές ρεύμα.
- Ειδικό πρόγραμμα εκκίνησης και σταματήματος αντλιών για την αποφυγή υδραυλικών πληγμάτων.

## V. ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

Χάρη στις πολλαπλές τους δυνατότητες ρύθμισης και τις ενσωματωμένες τους λειτουργίες, μπορούν να τοποθετηθούν πρακτικά, σχεδόν παντού, όπως:

- Ανεμιστήρες.
- Αντλίες.
- Συμπιεστές.
- Μεταφορικές ταινίες.
- Μύλους, σπάστηκες.
- Μηχανές ακονίσματος.
- Πριόνια.
- Μηχανές κλωστοϋφαντουργίας.
- Αναδευτήρες.
- Πρέσες, κλπ.

## 9. ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ

Ο ηλεκτρονικός ομαλός εκκινήτης επιτρέπει τη σταδιακή επιτάχυνση του κινητήρα από τη στάση έως την ονομαστική ταχύτητα έχοντας σαν παράμετρο την αρχική τάση, που μπορεί να είναι μικρή, και το χρόνο εκκίνησης που μπορεί να φτάσει έως και μερικά λεπτά. Ο εκκινήτης έχει τη δυνατότητα και σταδιακής επιβράδυνσης του κινητήρα, που επιτρέπει ομαλή μείωση της ταχύτητας ως τη στάση. Η δυνατότητα αυτή προσδίδει ιδιαίτερη χρησιμότητα στις υδραυλικές εγκαταστάσεις, για την αποφυγή του πλήγματος, στις μεταφορικές ταινίες και σε όλες τις εγκαταστάσεις όπου η στάση του κινητήρα πρέπει να γίνεται ομαλά.

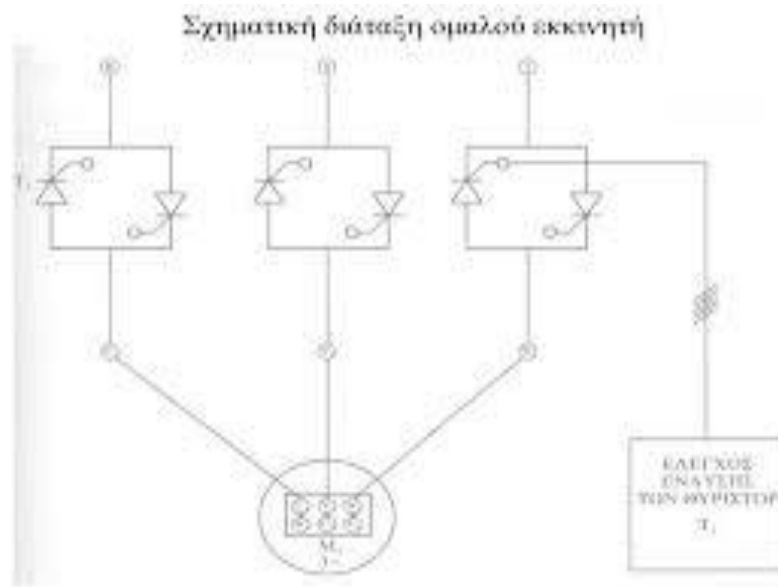
Στην επιβράδυνση το ρεύμα του κινητήρα είναι συνάρτηση της ροπής του φορτίου και του επιλεγόμενου χρόνου επιβράδυνσης. Οι ηλεκτρονικοί ομαλοί εκκινήτες, αποτελούνται:

- Από το κύκλωμα ισχύος με thyristor.
- Από το κύκλωμα έλεγχου έναυσης με thyristor.

Ο εκκινητής ψαλιδίζει την τάση του δικτύου ελέγχοντας τη γωνία έναυσης των thyristor. Με αυτό τον τρόπο ελέγχει το ύψος της τάσης που εφαρμόζεται στις άκρες του κινητήρα τη στιγμή της εκκίνησης. Η γωνία έναυσης των thyristor ελέγχεται από ένα μικρό-επεξεργαστή, ο οποίος παρακολουθεί και ελέγχει όλες τις παραμέτρους εκκίνησης του κινητήρα. Ο επεξεργαστής συνεχίζει να παρακολουθεί τον κινητήρα και μετά το στάδιο της εκκίνησης.

Κατά τη διάρκεια της κανονικής λειτουργίας ο μικρό-επεξεργαστής ελέγχει τη γωνία ανάμεσα στην τάση του δικτύου και την ένταση του ρεύματος που διαρρέει τον κινητήρα, δηλαδή ελέγχει το συντελεστή ισχύος ( $\cos\phi$ ) του κινητήρα. Όταν έχουμε μείωση του φορτίου, επομένως και μείωση  $\cos\phi$  του κινητήρα, ο μικροεπεξεργαστής επεμβαίνει στην τάση τροφοδοσίας του κινητήρα, διατηρώντας το  $\cos\phi$  περίπου στη μέγιστη τιμή, με αποτέλεσμα ο βαθμός απόδοσης να παραμένει υψηλός.

Όλα τα συστήματα που κάνουν ψαλιδισμό της τάσης του δικτύου, προκαλούν σ' αυτό αρμονικές. Τα soft starter είναι κατασκευασμένα έτσι ώστε, να μη δημιουργούνται ή να ελαχιστοποιούνται τα αρμονικά ρεύματα από την αρχή. Από μετρήσεις αποδεικνύεται ότι ο συντελεστής αρμονικών που προκαλούν είναι μικρός. Όταν θέλουμε να αποτρέψουμε την είσοδο των αρμονικών στο δίκτυο, όπου προκαλούν απώλειες ισχύος και αλληλεπίδραση με άλλες ηλεκτρονικές συσκευές, θα πρέπει να τοποθετούνται ειδικά φίλτρα.



Εικόνα 6: Σχηματική διάταξη ομαλού εκκινητή

T1 = Κύκλωμα ισχύος με thyristor.

T2 = Κύκλωμα ελέγχου έναυσης thyristor (μικροεπεξεργαστής)

M1 = Τριφασικός κινητήρας βραχυκυκλωμένου δρομέα σε σύνδεση των τυλιγμάτων σε τρίγωνο

## 10. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ ΤΟΥ ΟΜΑΛΟΥ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟΥ ΕΚΚΙΝΗΤΗ

Όπως προαναφέρθηκε ο soft starter περιλαμβάνει τον μικρό-επεξεργαστή για τον έλεγχο των thyristors των τριών φάσεων τροφοδοσίας του ασύγχρονου κινητήρα και της βασικής τάσης τροφοδοσίας, ώστε να παρέχει:

- Ομαλή εκκίνηση και σταμάτημα του κινητήρα ( soft starting, soft stopping)
- Άριστο ομαλό σταμάτημα (rump stop)
- Φρενάρισμα με συνεχές ρεύμα (DC braking)
- Εξοικονόμηση ενεργείας στις διακυμάνσεις φορτίου ( energy saving)

Κάθε μια από τις τρεις φάσεις τροφοδοσίας (L1,L2,L3) ελέγχεται από ένα συνδυασμό δυο thyristors για να έχουμε μια ολοκληρωμένη μεταβολή της τάσης. Όπως γνωρίζουμε η ροπή του κινητήρα είναι ανάλογη του τετραγώνου της τάσης που εφαρμόζουμε στους ακροδέκτες του, ενώ το ρεύμα που απορροφά ο κινητήρας, είναι ανάλογο της τάσης που εφαρμόζεται στους ακροδέκτες του. Το αρχικό ρεύμα εκκίνησης (και κατ' επέκταση η ροπή εκκίνησης) περιορίζεται ελέγχοντας αποτελεσματικά την τιμή της τάσης που εφαρμόζεται στους ακροδέκτες του κινητήρα. Με τον ομαλό ηλεκτρονικό εκκινητή γίνεται επέμβαση στην τάση τροφοδοσίας του κινητήρα διατηρώντας τη συχνότητα του ρεύματος σε σταθερή τιμή (ονομαστική τιμή συχνότητας δικτύου). Όταν ο κινητήρας αρχίζει να περιστρέφεται τα thyristors εργάζονται με έλεγχο της γωνίας έναυσης από τον μικρόεπεξεργαστή. Αν σταματήσει η λειτουργία του κινητήρα , οι εντολές έναυσης των thyristors, διακόπτονται με τέτοιο τρόπο που να μη δημιουργούνται σπινθήρες ρεύματος.

## 11. ΑΝΤΛΙΑ

Με τον όρο αντλία εννοείται μια μηχανολογική διάταξη η οποία παραλαμβάνει μια ποσότητα ρευστού και την μεταφέρει σε ένα ανώτερο επίπεδο. Ουσιαστικά η αντλία προκαλεί την δημιουργία κενού που απορροφά το νερό που το προωθεί προς το δίκτυο. Η έννοια του ανώτερου επιπέδου μπορεί να σημαίνει την απλή αύξηση του δυναμικού της που εκδηλώνεται με αύξηση της πίεσης σε ένα κλειστό αγωγό ή με την αύξηση της ταχύτητας του ρευστού. Χαρακτηριστικό επομένως της αντλίας είναι η ποσότητα του ρευστού που μετακινεί στη μονάδα του χρόνου δηλαδή η παροχή της και η αύξηση της δυναμικής ενέργειας δηλαδή της πίεσης. Οι κυριότερες κατηγορίες αντλιών είναι:

- Οι παλινδρομικές.
- Οι περιστροφικές.
- Οι αντλίες με κοχλία.
- Οι Φυγοκεντρικές.

Στην άρδευση κατά κανόνα χρησιμοποιούνται οι φυγοκεντρικές αντλίες. Παλαιότερα χρησιμοποιούταν οι παλινδρομικές αντλίες. Επίσης οι αντλίες με κοχλία έχουν χρησιμοποιηθεί για άντληση νερού από επιφανειακές πηγές νερού. Το κύριο μειονέκτημα τους είναι ότι δεν μπορούν να παράγουν υψηλές πιέσεις.

## 12. ΣΥΝΗΘΕΣΤΕΡΟΙ ΦΥΣΙΚΟΙ ΟΡΙΣΜΟΙ ΓΙΑ ΤΗΝ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΗΣ ΑΝΤΛΙΑΣ

**Παροχή της αντλίας:** είναι η ποσότητα του νερού που αποδίδει η αντλία στο δίκτυο στη μονάδα του χρόνου. Η μονάδα μέτρησης στο διεθνές σύστημα είναι ( $m^3/s$ ).

**Ύψος αναρρόφησης:** είναι το ύψος άντλησης του νερού, δηλαδή το ύψος από την επιφάνεια του υδροφορέα μέχρι το ύψος του επιπέδου της αντλίας. Η μονάδα μέτρησης είναι οι ατμόσφαιρες (atm).

**Ύψος κατάθλιψης:** είναι η συνολική πίεση που παράγεται στην έξοδο της αντλίας.

**Απώλειες τριβών στους σωλήνες:** είναι η απώλεια πίεσης κατά τη ροή του νερού σε ένα κλειστό αγωγό. Συνήθως δίνεται σε νομογραφήματα, δηλαδή διαγράμματα που δείχνουν την απώλεια πίεσης για διάφορες παροχές για κάθε σωλήνα. Εκφράζεται σε μονάδες πίεσης και είναι διαφορετική για κάθε υλικό κατασκευής του σωλήνα, παροχή και διατομή του σωλήνα.

**Απορροφημένη ισχύς:** είναι η ισχύς που πρέπει να δώσει ο κινητήρας στην αντλία για να κάνει το έργο της. Δεν είναι η ίδια με αυτή που αποδίδει ο κινητήρας γιατί η σύνδεση των δυο δημιουργεί κάποιες απώλειες. Εκφράζεται σε kw η σε ίππους (hp).

**Αποδιδόμενη υδραυλική ισχύς:** είναι η συνολική ισχύς που παράγει η αντλία. Είναι το γινόμενο της παροχής επί το ολικό μανομετρικό.

**Ολικό μανομετρικό:** είναι το σύνολο της πίεσης που παράγει η αντλία για κάθε παροχή δηλαδή το άθροισμα του ύψους αναρρόφησης, του ύψους κατάθλιψης, τη διάφορα ύψους των οργάνων που τα μετρούν και των απωλειών στους ενδιάμεσους των οργάνων σωλήνες.

**Βαθμός απόδοσης της αντλίας:** είναι το πηλίκο της αποδιδόμενης υδραυλικής ισχύος προς την απορροφημένη ισχύ. Εκφράζει την ποιότητα της αντλίας και είναι καθαρός αριθμός. Εκφράζεται ως δεκαδικός αριθμός ή ως ποσοστό επί τις εκατό.

## 13. ΦΥΓΟΚΕΝΤΡΙΚΕΣ ΑΝΤΛΙΕΣ

Οι φυγοκεντρικές αντλίες είναι αυτές που χρησιμοποιούνται κυρίως για άρδευση. Οι αντλίες αυτές αποτελούνται από ένα δίσκο με πτερύγια ή στην απλούστερη περίπτωση από άπλα ελάσματα που περιστρέφονται μαζί με έναν άξονα, ο οποίος περιστρέφεται μέσα σε ένα κέλυφος. Η αρχή λειτουργίας στηρίζεται στη φυγοκεντρική του νερού. Το νερό αναγκάζεται να περιστραφεί παρασυρόμενο από τις προεξοχές που περιστρέφονται με το δίσκο κινείται προς τα έξω δηλαδή προς το εξωτερικό μέρος του κελύφους. Εκεί συναντά τα τοιχώματα του κελύφους και αναγκάζεται να κινηθεί περιφερειακά μέχρι την έξοδο της αντλίας. Το σημείο εξόδου της αντλίας ονομάζεται κατάθλιψη. Η κίνηση του κενού προς την περιφέρεια προκαλεί την δημιουργία κενού προς το κέντρο. Το κενό αυτό δημιουργεί την αναρρόφηση του νερού. Για να δημιουργηθεί το κενό πρέπει η αντλία να εκδιώξει το νερό που περιέχεται στο κέλυφος. Αυτό σημαίνει ότι κατά την εκκίνηση θα πρέπει να υπάρχει νερό μέσα στην αντλία. Στο σωλήνα αναρρόφησης υπάρχει μια βαλβίδα αντεπιστροφής που εγκλωβίζει μια ποσότητα νερού μέσα στην αντλία.

Πολλές φορές είναι απαραίτητη η άντληση νερού από βαθύτερα στρώματα. Αυτό επιτυγχάνεται με αντλίες που κατεβαίνουν στο βάθος που βρίσκεται το νερό και δεν το αντλούν, απλά το ωθούν προς τα επάνω. Με βάση τη θέση της αντλίας μπορούν να χωριστούν σε αντλίες επιφανειακών υδάτων και αντλίες βαθέων υδάτων. Οι αντλίες επιφανειακών υδάτων κινούνται από οριζόντιο άξονα ενώ οι αντλίες βαθέων υδάτων κινούνται από κατακόρυφο άξονα. Οι αντλίες βαθέων υδάτων έχουν τον κινητήρα μέσα στο νερό μαζί με την αντλία και χαρακτηρίζονται και ως υποβρύχιες αντλίες.

Συμπερασματικά οι φυγοκεντρικές αντλίες χωρίζονται σε:

- Αντλίες με οριζόντιο άξονα για επιφανειακές αντλήσεις
- Αντλίες με κατακόρυφο άξονα και τον κινητήρα στην επιφάνεια
- Υποβρύχιες αντλίες με τον κινητήρα μέσα στο νερό

## 14. ΑΝΤΛΙΕΣ ΜΕ ΟΡΙΖΟΝΤΙΟ ΑΞΟΝΑ ΓΙΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΕΣ ΑΝΤΛΗΣΕΙΣ

Τα βασικά εξαρτήματα μιας φυγοκεντρικής αντλίας είναι τα εξής:

**Το σπειροειδές περίβλημα ή κέλυφος.** Είναι το εξωτερικό περίβλημα της αντλίας το οποίο είναι κατασκευασμένο από χυτοσίδηρο. Έχει σχήμα σπειροειδές με διατομή ολοένα αυξανόμενη μέχρι τη χοάνη εξόδου του νερού. Το κέλυφος φέρει από τη μια πλευρά το κώλυμα του θαλάμου που φέρει το άνοιγμα εισόδου του νερού στην αντλία. Στο επάνω μέρος έχει το άνοιγμα εξόδου του νερού (κατάθλιψη). Από την άλλη πλευρά στα πλάγια φέρει άνοιγμα από το οποίο περνά ο άξονας που κινεί την πτερωτή που περιστρέφεται στο εσωτερικό του όπως αναφέρθηκε. Η οπή αυτή έχει μικρότερη διάμετρο προς το εσωτερικό και μεγαλύτερη διάμετρο προς το εξωτερικό. Από την άλλη είναι ανοιχτή και κλείνει με το κάλυμμα του θαλάμου. Η οπή εξόδου του νερού συνεχίζεται με ένα μικρού μήκους σωλήνα (χοάνη κατάθλιψης) που καταλήγει σε ένα δίσκο με περιφερειακές οπές (φλάντζα) για να συνδεθούν στη συνέχεια οι σωλήνες μεταφοράς του νερού προς το δίκτυο.

**Ο δίσκος με τις προεξοχές (πτερωτή)** εδράζεται στο εσωτερικό του κελύφους και τα πτερύγια έχουν ελικοειδή μορφή. Είναι κατασκευασμένος ώστε το νερό που εκτινάσσεται από την φτερωτή να αναγκάζεται να κινηθεί περιφερειακά και τελικά προς τη χοάνη εξόδου έχοντας μια ταχύτητα και αντίστοιχα κινητική ενέργεια. Όταν η ροή του νερού μετά την έξοδο από την αντλία παρεμποδίζεται τότε μέρος της κινητικής ενέργειας που έχει αποκτήσει το νερό μετατρέπεται σε στατική πίεση. Είναι σαφές ότι μια αντλία πρέπει να παρέχει νερό σε μια απόσταση από το σημείο που το αντλεί, αλλά και συγχρόνως το νερό αυτό να έχει αρκετή πίεση ώστε να ανταπεξέλθει στις ανάγκες λειτουργίας κάποιου ακροδέκτη.

Υπάρχουν διάφοροι τύποι πτερωτών που καθορίζουν, σε μεγάλο βαθμό, την λειτουργία της αντλίας. Οι πτερωτές ανοικτού τύπου έχουν τις προεξοχές σε μορφή πτερυγίων σχήματος S χωρίς δίσκο, να περιστρέφονται τοποθετημένες σε ένα κεντρικό κυλινδρικό σώμα. Η περιστροφή τους προκαλεί τη φυγοκέντρωση του νερού. Οι αντλίες με πτερωτή ανοικτού τύπου έχουν τον μικρότερο βαθμό απόδοσης αφού υπάρχει μεγάλη διαρροή νερού από το περίβλημα προς την αναρρόφηση. Επίσης οι αντλίες αυτές δεν μπορούν να δώσουν στο εξερχόμενο νερό μεγάλη πίεση.

**Οι πτερωτές ημίκλειστου τύπου** έχουν ένα δίσκο με τις προεξοχές σε μορφή πτερυγίων σχήματος S. Τα πτερύγια είναι προς την πλευρά της οπής αναρρόφησης. Οι αντλίες με πτερωτές ημιανοικτού τύπου μπορούν να δώσουν ικανοποιητικό βαθμό απόδοσης εάν τα πτερύγια της πτερωτής αφήνουν μικρό χώρο από τα τοιχώματα του θαλάμου.

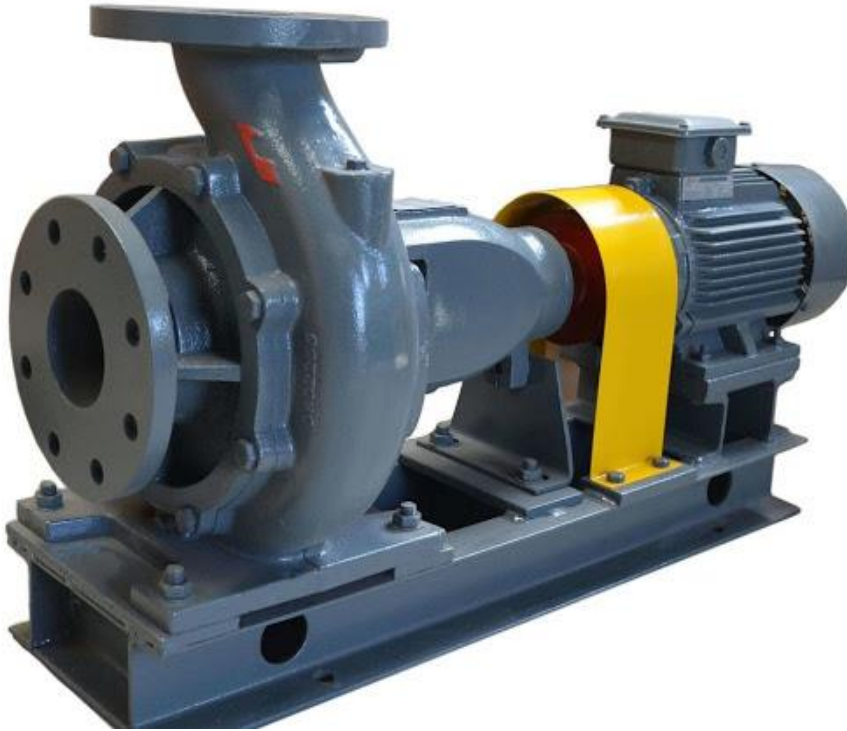
**Οι πτερωτές με κλειστά πτερύγια** αποτελούνται από δυο δίσκους οι όποιοι είναι ενωμένοι μεταξύ τους με τα πτερύγια. Οι αποστάσεις μεταξύ των δίσκων καθορίζουν και τα χαρακτηριστικά της αντλίας. Μεγάλη απόσταση μεταξύ των δίσκων αυξάνει την παροχή της αντλίας που έχει την αντίστοιχη πτερωτή και μειώνει την πίεση. Το αντίθετο συμβαίνει για πτερωτές με μικρή απόσταση μεταξύ των δίσκων. Το γεγονός αυτό κάνει τις δευτέρες κατάλληλες μονό για καθαρά νερά και άρδευση αφού υγρά με ξένες ύλες μπορούν να προκαλέσουν φραξίματα. Οι πτερωτές αντλιών έχουν στο κέντρο του ενός από τους δυο δίσκους οπή από όπου γίνεται η αναρρόφηση του νερού. Οι αντλίες με πτερύγια κλειστού τύπου έχουν τους μεγαλύτερους βαθμούς απόδοσης, δίνουν υψηλότερες πιέσεις και χρησιμοποιούνται κυρίως στις αρδεύσεις. Το κάλυμμα του θαλάμου μαζί με το στόμιο εισόδου, καλύπτει την ανοιχτή πλευρά του κελύφους και περικλείει την πτερωτή. Με μια σειρά από κοχλίες ασφαρίζεται στο έδαφος. Εκεί βρίσκεται το στόμιο αναρρόφησης της αντλίας και φέρει δίσκο με οπές (φλάντζα) όπου κοχλιώνεται ή συνδέεται με ταχυσύνδεσμο ο σωλήνας εισαγωγής του νερού.

## 15. ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΚΙΝΗΣΗΣ

Το σύστημα μετάδοσης της κίνησης και περιστροφής της φτερωτής αποτελείται από έναν άξονα ο οποίος περιστρεφόμενος δίνει κίνηση στη φτερωτή, με την οποία είναι σταθερά συνδεδεμένος με μια σφηνοειδή ασφάλεια. Ο άξονας της αντλίας είναι ένας συμπαγής μεταλλικός κύλινδρος που εδράζεται σε δύο σημεία. Στις αντλίες με οριζόντιο άξονα τα σημεία αυτά συνήθως βρίσκονται στην πίσω πλευρά της πτερωτής, δηλαδή στο αντίθετο σημείο από την αναρρόφηση. Η έδραση γίνεται σε δύο κυλινδρικούς (ρουλεμάν) με τις βάσεις τους (κουζινέτα) στους οποίους στηρίζεται ο άξονας της αντλίας. Η αποφυγή φθορών στα ρουλεμάν γίνεται με συνεχή λίπανση κατά τη διάρκεια λειτουργίας της αντλίας. Αυτό επιτυγχάνεται με ένα ελαιοδοχείο από όπου περνά ο άξονας. Τα ρουλεμάν κλείνουν τις δύο πλευρές του ελαιοδοχείου και λιπαίνονται συνεχώς. Η στεγανότητα του ελαιοδοχείου εξασφαλίζεται από δύο τσιμούχες που βρίσκονται εξωτερικά των ένσφαιρών τριβών. Όλο το σύστημα εδράζεται σε ένα χυτοσιδηρό σώμα που κοχλιώνεται πάνω στο θάλαμο ή σαλίγκαρο. Ο άξονας περνά μέσα από το θάλαμο ή σαλίγκαρο από μια οπή. Η στεγανοποίηση της οπής ώστε να μην υπάρχει διαρροή νερού επιτυγχάνεται με το στυπιοθλίπτη και το στυπείο. Το στυπείο ή σαλαμάστρα είναι ένα ειδικό σχοινί εμποτισμένο σε λίπος διαμέτρου ανάλογης με το κενό ανάμεση στον άξονα και την οπή του σαλίγκαρου. Ο στυπιοθλίπτης είναι ένα μεταλλικό στοιχείο που αποτελείται από ένα δακτυλίδι που είναι περασμένο στον άξονα με εξωτερική διάμετρο ίση με την οπή του σαλίγκαρου και μια πλάκα από την άλλη πλευρά με δύο σχισμές. Από τις σχισμές περνούν δύο κοχλίες που καθώς κοχλιώνονται ωθούν τα στυπεία προς την οπή και τα πιέζουν γύρω από το άξονα επιτυγχάνοντας τη μόνωση. Η πίεση δεν πρέπει να είναι πολύ μεγάλη γιατί το νερό λιπαίνει και ψύχει τα στυπεία και αν δεν περνά λίγο νερό δεν γίνεται λίπανση και τα στυπεία



υπερθερμαίνονται και καταστρέφονται. Πολύ μικρή πίεση του συσπείου δεν επιτρέπει τη στεγανοποίηση και το νερό τρέχει δημιουργώντας πρόβλημα στο αντλιοστάσια αλλά και απώλεια πίεσης και ενέργειας. Στο άλλο άκρο υπάρχει μια διάταξη για σύνδεση με τη μηχανή που παρέχει ισχύ στην αντλία. Αυτό παίρνει διάφορες μορφές ανάλογα με τον κινητήρα που χρησιμοποιείται. Συνήθως είναι άμεσης σύνδεσης με ένα κόμπλερ.



**Εικόνα 7: ΑΠΟΨΗ ΦΥΓΟΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΑΝΤΛΙΑΣ**

## 16. ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΤΙΚΟ ΔΟΚΙΜΗΣ ΑΝΤΛΙΩΝ

Μια αντλία μπορεί να δοκιμαστεί σε εξειδικευμένο εργαστήριο. Οι δόκιμες οδηγούν στη λήψη πραγματικών στοιχείων που είναι απαραίτητα για να διαπιστώσουμε την πραγματική ταυτότητα της αντλίας από πλευράς παροχής, μανομετρικού ύψους και απορροφημένης ισχύος για κάθε σημείο λειτουργίας της. Ανεξάρτητα όμως από τα στοιχεία που μπορούν να προκύψουν κατά τον έλεγχο στο εργαστήριο της βιομηχανίας παραγωγής αντλιών, υπάρχει και ο εξειδικευμένος **σταθμός δοκιμών** του υπουργείου γεωργίας που μετά από αίτηση του ιδιώτη κατασκευαστή δοκιμάζει την αντλία και δίνει το σχετικό πιστοποιητικό δοκιμής με όλα τα στοιχεία που προκύπτουν από τη δοκιμή της αντλίας

## 17. ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ ΑΝΤΛΙΟΣΤΑΣΙΟΥ

- Κατά την κατασκευή του μηχανολογικού μέρους ενός αντλιοστασίου πρέπει να γίνεται σωστή μελέτη τόσο από πλευράς εγκαταστάσεων όσο και από πλευράς δικτύου. Πρέπει να λαμβάνονται τα εξής πρόσθετα μέτρα:
- Οι σωληνώσεις να έχουν τέτοιες διαμέτρους ώστε να μην προκαλούν δυσανάλογα μεγάλη αύξηση του μανομετρικού ύψους από τις τριβές του υγρού μέσα σε αυτές, διότι μια δυσανάλογη αύξηση του μανομετρικού ύψους θα προκαλούσε μόνιμη αύξηση του κόστους λειτουργίας.
- Το δίκτυο σωληνώσεων πρέπει να αντέχει όχι μόνο την υψομετρική διάφορα, αλλά και το πρόσθετο ύψος που προκαλούν οι τριβές του υγρού στα τοιχώματα του σωλήνα.
- Πρέπει να αποφεύγονται οι πολλές και οι κλειστές καμπύλες στο δίκτυο, διότι αυτές αυξάνουν το μανομετρικό ύψος που τελικά αποβαίνει σε βάρος της κατανάλωσης ενεργείας.
- Το δίκτυο που βρίσκεται κοντά στο αντλητικό συγκρότημα και στις ηλεκτρικές εγκαταστάσεις πρέπει να κατασκευάζεται με ιδιαίτερη επιμέλεια ώστε να αποκλείεται κάποια φθορά του που θα μπορούσε να προκαλέσει επικίνδυνη διαβροχή των ηλεκτρολογικών εγκαταστάσεων και του ίδιου του κινητήρα.
- Η τοποθέτηση δικλίδων (βανών) και βαλβίδων αντεπιστροφής πρέπει να περιορίζονται στο ελάχιστο δυνατό. Οι βάνες πρέπει να υπερκαλύπτουν σε αντοχή το μέγιστο μανομετρικό ύψος της αντλίας έστω και αν αυτό δεν εξαντλείται από τις λειτουργικές μας ανάγκες.
- Το δίκτυο της κατάθλιψης ( μετά την αντλία) όταν είναι μόνιμο πρέπει να έχει κρουνό εκκένωσης για κάθε τμήμα που μπορεί να μείνει γεμάτο με νερό μετά την λήξη της άντλησης.
- Το όλο δίκτυο σωληνώσεων πρέπει να έχει τέτοια διάταξη ώστε να επιτρέπει την επιθεώρηση, τη συντήρηση, την επισκευή και την αντικατάσταση του αντλητικού συγκροτήματος.

- Οι οποιεσδήποτε μικροποσότητες νερού που φεύγουν από τις σαλαμάστρες των αντλιών πρέπει να αποχετεύονται με ελεύθερη ροή έξω από τον χώρο του αντλιοστασίου.
- Όταν το αντλιοστάσιο λειτουργεί αυτόματα, χωρίς επιτήρηση με τη βοήθεια διακόπτη στάθμης ή αλλού μέσου αυτοματισμού, πρέπει αμέσως μετά την αντλία να τοποθετείται διακόπτης ροής ικανός να ελέγχει τη ροή και να αποτρέπει ξηρή (χωρίς ροή) λειτουργία της αντλίας.
- Όταν το αντλιοστάσιο βρίσκεται σε περιοχές όπου οι χειμερινές θερμοκρασίες πέφτουν συχνά κάτω από το μηδέν, πρέπει να λαμβάνονται ιδιαίτερα μέτρα αντιπαγετικής προστασίας του δικτύου, όπως τοποθέτηση σε μεγάλο βάθος, μόνωση, αδιάκοπη ροή, σωλήνες μεγάλης διαμέτρου που δεν επιτρέπουν το πάγωμα του νερού.
- Στις χαμηλές θερμοκρασίες πρέπει να αποφεύγεται η χρήση σφαιρικών βανών, διότι το νερό που εγκλωβίζεται με το κλείσιμο της βάνας μέσα στο σφαιρικό τμήμα διαστελλόμενο από το πάγωμα δεν έχει τη δυνατότητα να εκτονωθεί στο υπόλοιπο δίκτυο, με αποτέλεσμα να λειτουργήσει σαν ισχυρό εμβολο κάθετα στον κορμό της βάνας και να προκαλέσει την καταστροφή της.
- Όλα τα όργανα χειρισμού πρέπει να προστατεύονται από την επέμβαση αναρμόδιων προσώπων.

## 18. ΟΛΙΚΗ ΑΝΤΙΣΤΑΘΜΙΣΗ (Βελτίωση του συνφ της εγκατάστασης)

Το συνφ στην πράξη είναι επαγωγικό. Οι καταναλωτές παρουσιάζουν συνήθως επαγωγική συμπεριφορά. Οι συχνότεροι καταναλωτές είναι:

- Οι κινητήρες Ε.Ρ.
- Οι μετασχηματιστές
- Όλα τα είδη λαμπτήρων φωτισμού
- Τα ηλεκτρονικά ισχύος

Το συνφ στους παραπάνω καταναλωτές κυμαίνεται από 0,7 έως 0,7 περίπου. Όσο πιο χαμηλό το συνφ, τόσο μεγαλύτερη είναι και η επιβάρυνση των δικτύων με άεργη ισχύ. Αποτέλεσμα της επιβάρυνσης, είναι η αύξηση του συνολικού ρεύματος και η επιφόρτιση των γραμμών μεταφοράς, χωρίς καμία αύξηση της πραγματικής ισχύος.

Για να περιορίσουμε την άεργη ισχύ, τοποθετούμε παράλληλα προς την κατανάλωση πυκνωτές. Η διαδικασία αυτή ονομάζεται αντιστάθμιση. Όταν οι πυκνωτές συνδέονται στην κεντρική παροχή της εγκατάστασης έχουμε βελτίωση του συνφ ολόκληρης της εγκατάστασης και όλη αυτή η διαδικασία ονομάζεται κεντρική αντιστάθμιση. Με την αντιστάθμιση έχουμε μείωση της άεργης ισχύος, ενώ η πραγματική ισχύς παραμένει αμετάβλητη. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα τη μείωση του συνολικού ρεύματος των γραμμών του δικτύου. Όταν μειώνεται η άεργη ισχύς, τα δίκτυα μπορούν να μεταφέρουν μεγαλύτερη πραγματική ισχύ, με την ίδια διατομή καλωδίων. Η αύξηση του συντελεστή ισχύος σε μηνιαία βάση επιβάλλεται για να έχουμε χαμηλό λογαριασμό κατανάλωσης. Η μείωση γίνεται αισθητή για τιμές  $\text{συνφ} > 0,85$ . Όταν η διόρθωση γίνεται για τιμές μεγαλύτερες του 0,95 θα πρέπει να γίνεται έλεγχος για το υπερβολικό κόστος που προκύπτει από τους πυκνωτές.

## 19. ΚΕΝΤΡΙΚΗ ΑΝΤΙΣΤΑΘΜΙΣΗ

Η κεντρική αντιστάθμιση αφορά τη βελτίωση του συνφ ολόκληρης της εγκατάστασης και γίνεται σε ξεχωριστό πεδίο στον γενικό ηλεκτρικό πίνακα. Με την βοήθεια των οργάνων παρακολούθησης και του προγραμματιστή, παρεμβάλλονται κάθε φορά τόσοι πυκνωτές, όσοι είναι απαραίτητοι για την βελτίωση του συνφ στην επιθυμητή τιμή.

## 20. ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΤΗΣ ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΑΝΤΙΣΤΑΘΜΙΣΗΣ

### ΨΗΦΙΑΚΟΣ ΡΥΘΜΙΣΤΗΣ ΑΕΡΓΟΥ ΙΣΧΥΟΣ

Ο ψηφιακός ρυθμιστής είναι σχεδιασμένος να εξασφαλίζει το βέλτιστο συντελεστή ισχύος στην εγκατάσταση και μια ίση χρήση των συστοιχιών πυκνωτών και των επαφών. Ο ψηφιακός ρυθμιστής πρέπει να περιλαμβάνει:

- Κύκλωμα έλεγχου με μικρό επεξεργαστή με υψηλή απόδοση
- Ακριβές σύστημα μέτρησης ακόμη και παρουσία αρμόνικων

- Εύκολη εγκατάσταση
- Εύκολο προγραμματισμό μέσω ηλεκτρολογίου
- Διπλή βοηθητική τάση τροφοδοσίας
- Είσοδο μέτρησης ρεύματος: οποιοσδήποτε σάνταρ Μ/Σ έντασης με δευτερεύον 5A
- Είσοδο μέτρησης τάσης: Οποιαδήποτε από 80 έως 500 V AC
- Μέτρηση ρεύματος RMS ακόμα και παρουσία αρμόνικων
- Αυτόματη 'έξυπνη' ρύθμιση
- Ρυθμιζόμενη ευαισθησία (χρονική ολοκλήρωση)
- Ίδιο βήμα καθυστέρησης αποσύνδεσης (ρυθμιζόμενο)
- Ίση χρησιμοποίηση των βημάτων (αυτόματη αποθήκευση του αριθμού χειρισμού των ρελέ και του χρόνου λειτουργίας κάθε συστοιχίας πυκνωτών )
- Γραμμή παρακολούθησης: συντελεστή ισχύος, ρεύμα και συχνότητα

### **ΠΥΚΝΩΤΕΣ**

Υπάρχουν σετ πυκνωτών με καθορισμένη χωρητικότητα και άεργη ισχύ. Τα τεχνικά χαρακτηριστικά τους είναι:

- Ονομαστική τάση: 230/400/415/440/550 V
- Ονομαστική συχνότητα: 50 Hz
- Περιοχή θερμοκρασίας: -25 °C / +25°C
- Ανοχή χωρητικότητας: - 5% +10%
- Μέγιστη τάση λειτουργίας: 1,10 Vn
- Μέγιστη ένταση λειτουργίας: 1,10 In
- Τύπος συνδεσμολογίας: τρίγωνο (Δ)
- Standards: CEI-EN60831 -1/2 IEC 831 -1/2
- Απώλεια: <= 0,2 W/KVAR

### **ΡΕΛΕ ΙΣΧΥΟΣ**

Τα ρελέ χρησιμοποιούνται για τη σύνδεση των πυκνωτών με την παροχή τροφοδοσίας της ηλεκτρικής εγκατάστασης, μέσω εντολών του ψηφιακού ρυθμιστή. Το μέγεθος των ρελέ καθορίζεται από την ισχύ και το ρεύμα των πυκνωτών που συνδέουν. Η κατηγορία χρήσης θα είναι AC4 (κατάλληλη για σύνδεση χωρητικών φορτίων).

## 21. ΑΝΤΛΙΟΣΤΑΣΙΟ Α3 ΣΤΟ ΤΟΕΒ ΑΓΡΙΝΙΟΥ

Το αντλιοστάσιο που μελετάται ανήκει στο ΤΟΕΒ Αγρινίου και βρίσκεται στην τοποθεσία Νεάπολη του δήμου Αγρινίου. Χρησιμοποιείται για την άρδευση της πεδιάδας της γύρω περιοχής και αντλεί νερό από κεντρικό κανάλι της τεχνητής λίμνης Στράτου. Αποτελείται από τέσσερις αντλίες ισχύος 75kw έκαστη, τις μηχανολογικές εγκαταστάσεις (σωληνώσεις), μια αντλία κενού, τα αισθητήρια έλεγχου της στάθμης στο κεντρικό κανάλι, τον πίνακα αντιστάθμισης και τον γενικό πίνακα χαμηλής τάσης. Σε αυτό το αντλιοστάσιο έγινε αποξήλωση και αντικατάσταση της παλιάς ηλεκτρικής εγκατάστασης με νέα. Πιο συγκεκριμένα αντικαταστάθηκε ο πίνακας αντιστάθμισης, ο γενικός πίνακας χαμηλής τάσης, τα αισθητήρια έλεγχου, η εσωτερική ηλεκτρική εγκατάσταση του αντλιοστασίου και ο τρόπος εκκίνησης των αντλιών. Επίσης τοποθετήθηκε και σύστημα τηλεχειρισμού του αντλιοστασίου και συναγερμός.

## 22. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ ΑΝΤΛΙΟΣΤΑΣΙΟΥ

Στο αντλιοστάσιο υπάρχει η δεξαμενή η οποία φορτίζεται με νερό. Η υδροληψία της δεξαμενής γίνεται μέσω καναλιού από την τεχνητή λίμνη Στράτου. Αναλόγως με την στάθμη της δεξαμενής εκκινούν οι αντλίες. Αν η στάθμη βρίσκεται κάτω από το προκαθορισμένο όριο οι αντλίες δεν μπορούν να εκκινήσουν. Η στάθμη του νερού ελέγχεται μέσω των αισθητήρων στάθμης. Οι σημαντικότερες καταστάσεις του αντλιοστασίου είναι η αναρρόφηση, η κατάθλιψη και η διανομή του νερού οι οποίες θα αναλυθούν παρακάτω.

**Αναρρόφηση:** Στην αναρρόφηση των αντλιών τοποθετείται σωλήνας ο οποίος συνδέει την δεξαμενή με την είσοδο της αντλίας. Στον σωλήνα υπάρχει βαλβίδα αντεπιστροφής ώστε το κύκλωμα, με τη βοήθεια της αντλίας κενού, να βρίσκεται πάντα σε πλήρωση. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα τη σίγουρη παροχέτευση νερού στον αγωγό κατάθλιψης, κατά την εκκίνηση των αντλιών.

**Κατάθλιψη:** Ο σωλήνας κατάθλιψης βρίσκεται στην έξοδο της κάθε αντλίας και τερματίζει πάνω στο συλλέκτη του κεντρικού αγωγού. Ο κεντρικός αγωγός τροφοδοτεί την κυρίως δεξαμενή που βρίσκεται στο υψηλότερο σημείο της πεδιάδας Αγρινίου.

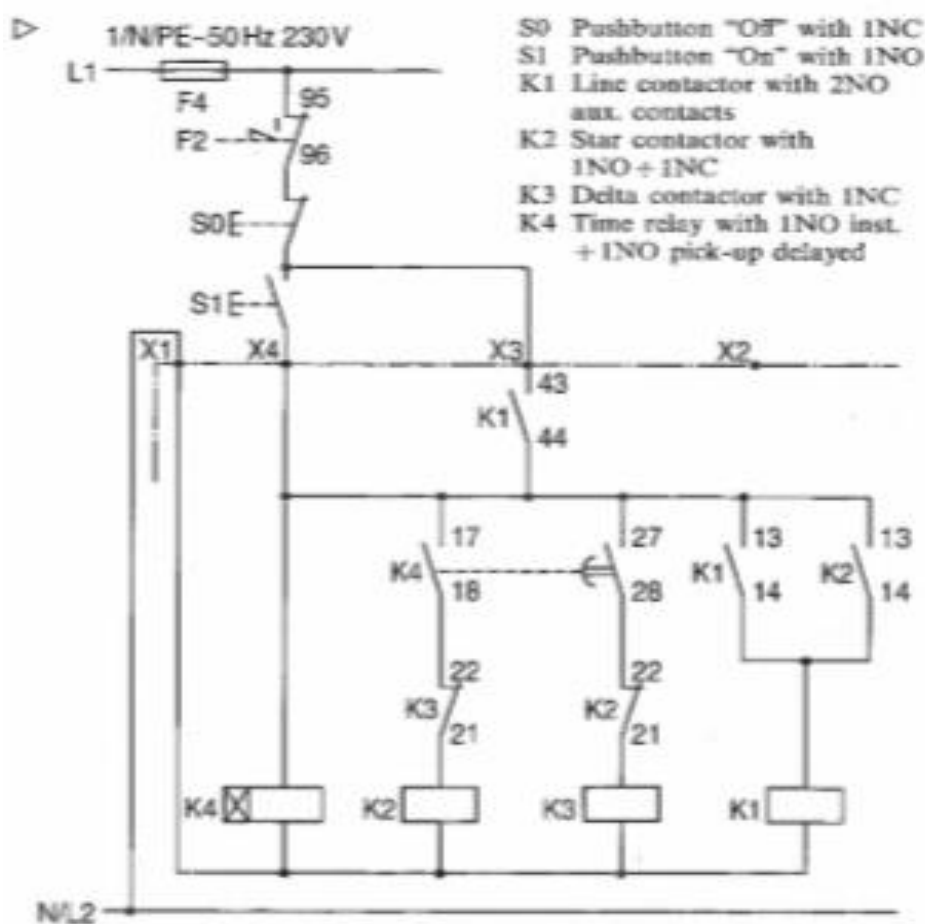
**Διανομή νερού:** Από την κεντρική δεξαμενή αναχωρεί αύλακας ανοικτού τύπου που στην διαδρομή του επιμερίζεται σε μικρότερα αρδευτικά κανάλια. Έτσι ολοκληρώνεται η διαδικασία της άρδευσης της πεδιάδας.

Για την εκκίνηση των αντλιών, απαραίτητη προϋπόθεση είναι η πλήρωση με νερό στον αγωγό αναρρόφησης. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω της αντλίας κενού. Η αντλία κενού είναι μια αντλία πολύ μικρότερης ισχύος συγκριτικά με τις κύριες αντλίες και εκκινεί πάντα πρώτη έτσι ώστε να απορροφηθεί ο αέρας που υπάρχει στο κύκλωμα. Το βασικό εξάρτημα το οποίο συνεργάζεται είναι ο πλωτήρας που ελέγχει την στάθμη του νερού στην είσοδο της αντλίας.

## 23. ΜΕΘΟΔΟΣ ΕΚΚΙΝΗΣΗΣ

Στην αρχική μορφή του αντλιοστασίου οι αντλίες εκκινούσαν με διακόπτη Αστέρα – Τριγώνου. Κατά την εκκίνηση δηλαδή, η συνδεσμολογίες των κινητήρων ήταν σε αστέρα, για να αποφεύγεται η μεγάλη βύθιση τάσης και η απορρόφηση μεγάλων ρευμάτων, για κάποιο χρονικό διάστημα. Αφού περάσει αυτό το χρονικό διάστημα και ο κινητήρας έχει ξεκινήσει γίνεται αλλαγή της συνδεσμολογίας σε τρίγωνο και ο κινητήρας λειτουργεί κανονικά. Σήμερα αυτός ο τρόπος εκκίνησης έχει αντικατασταθεί από τα ηλεκτρονικά ισχύος και πιο συγκεκριμένα από μια διάταξη soft starter.

## VI. ΕΚΚΙΝΗΣΗ ΑΝΤΛΙΟΣΤΑΣΙΟΥ ΜΕ ΤΗΝ ΜΕΘΟΔΟ ΑΣΤΕΡΑ-ΤΡΙΓΩΝΟΥ (Υ/Δ)



Εικόνα 8: ΣΧΕΔΙΟ ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΥ

## 24. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΥ

### I. ΕΚΚΙΝΗΣΗ ΚΙΝΗΤΗΡΑ ΣΕ ΑΣΤΕΡΑ

Πιέζοντας τα μπουτόν S1, οπλίζει το χρονικό ρελέ K4 και κλείνει η επαφή του (17-18) και οπλίζει το K2 (ρελέ αστέρα), με συνέπεια:

- Γεφυρώνονται τα άκρα του μοτέρ, U2,V2,W2 και συνδέονται σε αστέρα
- Κλείνει η επαφή 13-14 του K2 και οπλίζει το ρελέ γραμμής K1
- Τα άκρα U1,V1,W1 του κινητήρα συνδέονται στο δίκτυο.
- Ο κινητήρας εκκινεί με αστέρα
- Ανοίγει η επαφή 21-22 του K2(21-22) (επαφή ηλεκτρικής μανδάλωσης), οπότε αποκλείεται η ταυτόχρονη λειτουργία του K3 (ρελε τριγώνου) όσο χρόνο είναι οπλισμένο το ρελέ αστέρα K2.

Ταυτόχρονα το χρονικό ρελέ K4 αρχίζει η μέτρηση του χρόνου εκκίνησης. Μόλις περάσει ο χρόνος εκκίνησης, το χρονικό ρελέ K4 κλίνει την επαφή του 27-28, και ανοίγει την επαφή 17-18.

### II. ΑΛΛΑΓΗ ΤΟΥ ΑΣΤΕΡΑ ΣΕ ΤΡΙΓΩΝΟ

Με το άνοιγμα της επαφής K4(17,18), του χρονικού ρελε K4, το ρελε αστέρα K2 απενεργοποιείται με συνέπεια:

- Αποσυνδέονται τα πηνία του στάτη του κινητήρα από τη σύνδεση αστέρα.
- Το ρελέ δικτύου K1 παραμένει οπλισμένο μέσω της επαφής αυτοσυγκράτησης K1(13-14)
- Οπλίζει το ρελέ τριγώνου KM3 μέσω των επαφών K4(27-28) του χρονικού, οπότε τα πηνία του στάτη συνδέονται με τις αντίστοιχες φάσεις του δικτύου L1,L2,L3 σε σύνδεση τριγώνου.

### III. ΔΙΑΚΟΠΗ ΚΙΝΗΤΗΡΑ

Διακοπή λειτουργίας του κινητήρα γίνεται

- Πιέζοντας το μπουτόν S0(off)
- Από τα θερμικά F2(σε περίπτωση υπερφόρτισης ανοίγουν οι επαφές τους F2(95-96)
- Από την τήξη των ασφαλειών
- Μεγάλη διακύμανση της τάσης
- Διακοπή μια φάσης
- Ασυμμετρία φάσεων
- Πτώση της στάθμης του νερού στην δεξαμενή

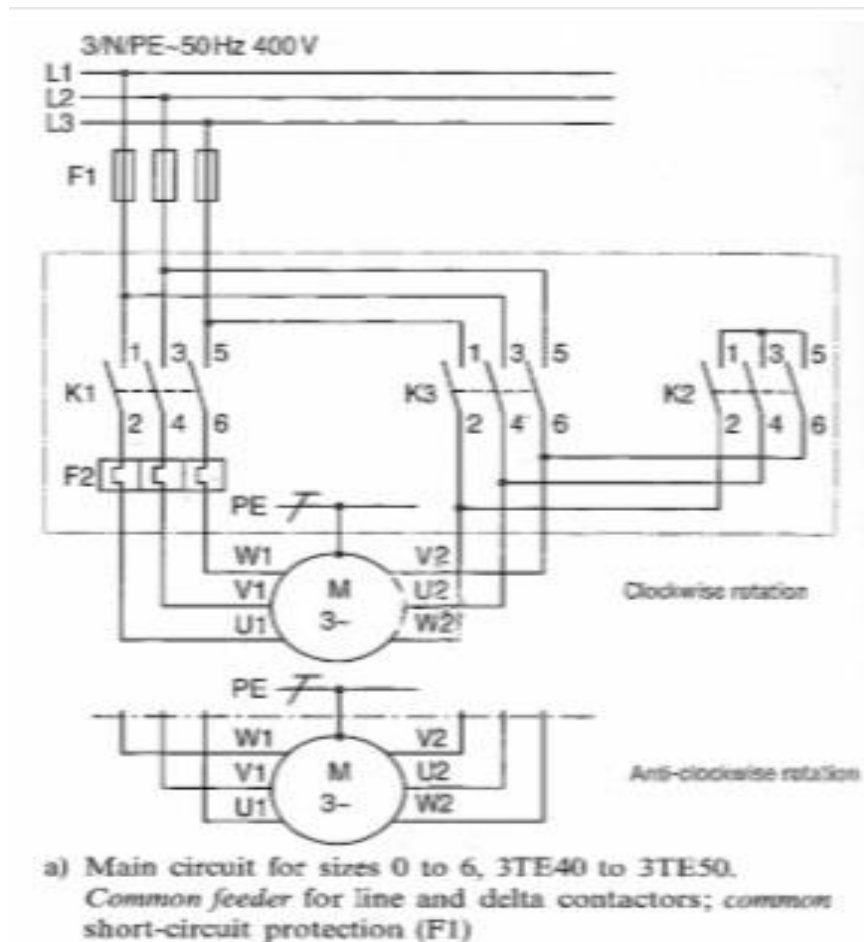
### IV. ΠΙΘΑΝΕΣ ΒΛΑΒΕΣ ΣΤΟ ΑΝΤΛΙΟΣΤΑΣΙΟ

- Κάποιο αντικείμενο που υπάρχει στην δεξαμενή (πχ ξύλο), εμποδίζει την εισροή νερού στον αγωγό αναρρόφησης
- Βλάβη στην βαλβίδα αντεπιστροφής που βρίσκεται στον αγωγό αναρρόφησης και αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να μην βρίσκεται σε πλήρωση νερού το κύκλωμα
- Διαρροή στον αγωγό κατάθλιψης ή αναρρόφησης
- Υπάρχει πιθανότητα να κολλήσει ο αισθητήρας στάθμης της δεξαμενής



- Επικάλυψη ενζυματων στον αισθητήρα στάθμης. Αυτό το πρόβλημα εμφανίζεται στους αισθητηρες ηλεκτρόδιων που υπήρχαν στο αντλιοστάσιο πριν τον εκσυγχρονισμό.
- Βλάβη στις ασφάλειες παροχής ή στις ασφάλειες του βοηθητικού κυκλώματος. Το αντλιοστάσιο βγαίνει εκτός λειτουργίας.

## 25. ΚΥΚΛΩΜΑ ΙΣΧΥΟΣ ΑΣΤΕΡΑ-ΤΡΙΓΩΝΟΥ



Εικόνα 9: Κύκλωμα ισχύος αστέρα-τριγώνου

Συμβολίζονται με:

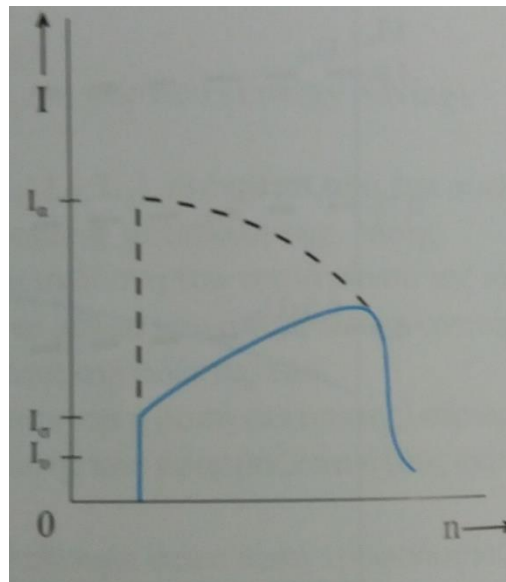
- F1 = κύριες ασφάλειες
- F2 = Θερμικό στοιχείο προστασίας
- F4 = ασφάλεια βοηθητικού κυκλώματος
- S1 = Το μπουτον start με μια NO επαφή
- S2 = Το μπουτον stop με μια NC επαφή
- K1 = Το ρελε γραμμής με μια NO επαφή
- K2 = Το ρελε Αστέρα 1NO + 1NC επαφή
- K3 = Το ρελε τριγώνου με μια NC επαφή
- K4 = Το χρονικό ρελε καθυστέρησης με 1 NO χωρίς καθυστέρηση και μια NO με ρυθμιζόμενη καθυστέρηση

## 26. ΕΚΚΙΝΗΣΗ ΑΝΤΛΙΟΣΤΑΣΙΟΥ ΜΕ ΟΜΑΛΟ ΕΚΚΙΝΗΤΗ (SOFT STARTER)

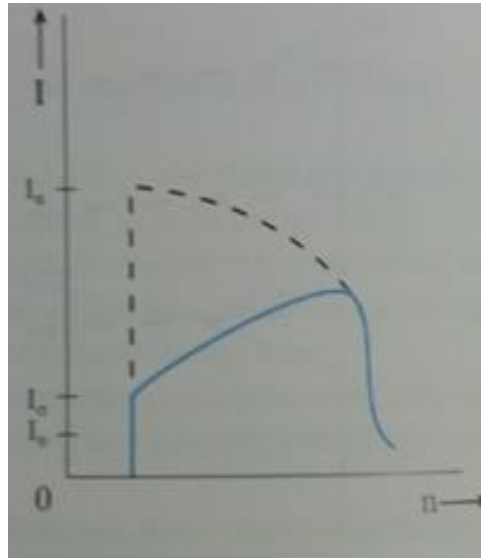
Όπως αναφέρθηκε πιο πάνω, έγινε αντικατάσταση του της διάταξης εκκίνησης των αντλιών, από την μέθοδο αστέρα-τριγώνου σε ομαλή εκκίνηση. Ο ομαλός εκκινητής είναι κατασκευής της εταιρίας Siemens και έχει πολλές λειτουργίες όσον αφορά την εκκίνηση του κινητήρα, τον έλεγχο και το σταμάτημα του κινητήρα. Στην περίπτωση όμως του αντλιοστασίου χρησιμοποιείται η πρώτη λειτουργία του ομαλού εκκινητή, η ομαλή εκκίνηση.

### ΟΜΑΛΗ ΕΚΚΙΝΗΣΗ

Στον ομαλό εκκινητή η αρχική τιμή της τάσης μπορεί να είναι ίση περίπου με το 20% της ονομαστικής τάσης λειτουργίας του κινητήρα και να καταλήγει στο 100% της ονομαστικής τιμής μέσα σε ορισμένο χρόνο (ρυθμιζόμενο) που συνήθως κυμαίνεται από 1 έως 180 sec.



Εικόνα 10 Συμπεριφορά της τάσης του κινητήρα ,κατά τη διάρκεια εκκίνησης, με ομαλό εκκινητή , με τάση ράμπας.



**Εικόνα 11** Συμπεριφορά του ρεύματος του κινητήρα, κατά τη διάρκεια εκκίνησης, με ομαλό εκκινητή.

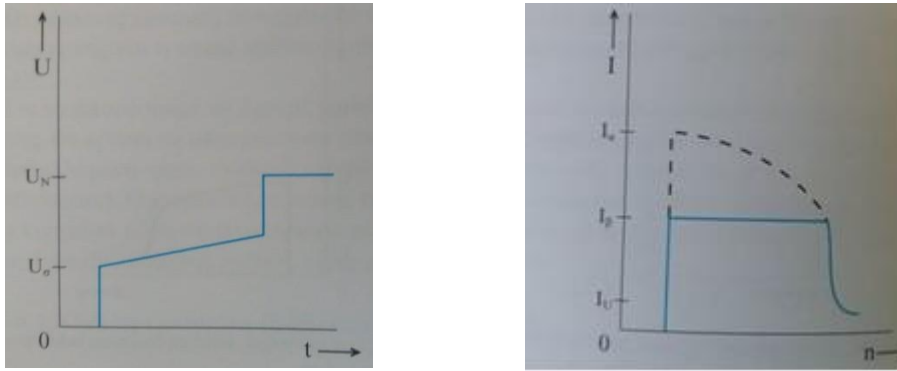
Το ρεύμα του κινητήρα τη στιγμή της εκκίνησης είναι  $I_0$ . Το ρεύμα αυτό αυξάνει κατά τη διάρκεια του χρόνου ράμπας  $t_r$  και τη στιγμή που εφαρμόζεται στους ακροδέκτες του κινητήρα η ονομαστική τιμή της τάσης  $V_n$  (τέλος του χρόνου ράμπας), το ρεύμα αρχίζει να μειώνεται και παίρνει την ονομαστική τιμή  $I_n$  (υπολογισμένο ρεύμα κινητήρα).

Στην πράξη ο soft starter μπορεί να προσαρμοστεί στις ιδιαίτερες απαιτήσεις του φορτίου και να μας δώσει κατά τη διάρκεια της εκκίνησης, μεταβολές της τάσης και του ρεύματος του κινητήρα, που να ανταποκρίνονται σε αυτές τις απαιτήσεις. Κατά τη χρονική διάρκεια  $t_\beta$  (ορισμένος χρόνος), η τάση στους ακροδέκτες του κινητήρα έχει μειωμένη τιμή  $U_\beta$ . Η τάση αυτή κατά τη χρονική διάρκεια  $t_\beta$  παραμένει σταθερή. Μετά το πέρας του χρόνου  $t_\beta$  η τάση παίρνει την ονομαστική τιμή  $U_n$ .

Το ρεύμα του κινητήρα τη στιγμή της εκκίνησης έχει τιμή  $I_\beta$  και κατά τη χρονική διάρκεια  $t_\beta$  μειώνεται συνεχώς. Τη στιγμή που στους ακροδέκτες του κινητήρα εφαρμόζεται η ονομαστική τιμή της τάσης  $U_n$  (τέλος χρόνου  $t_\beta$ ), το ρεύμα μειώνεται ακόμη περισσότερο και παίρνει την ονομαστική τιμή  $I_n$  ( υπολογισμένο ρεύμα του κινητήρα).

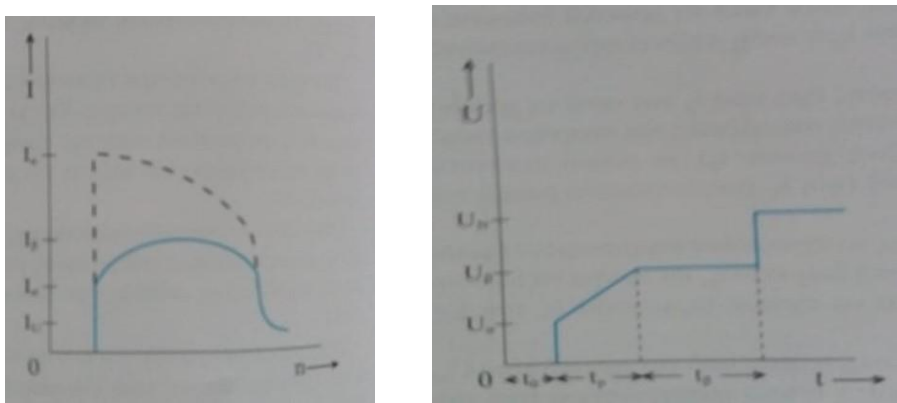
Όταν θέλουμε κατά τη διάρκεια της εκκίνησης να έχουμε ένα περιορισμένο ρεύμα, σταθερό όμως για τη χρονική διάρκεια  $t_r$ , θα πρέπει να δοθούν οι κατάλληλες εντολές στο soft starter, για να έχουμε τις κατάλληλες μεταβολές.

Στην περίπτωση αυτή, για ένα ορισμένο χρόνο  $t_r$ , η τάση από την αρχική τιμή  $U_s$ , μέχρι την ονομαστική τιμή  $U_n$ , μεταβάλλεται κατά τέτοιο τρόπο ώστε η τιμή του ρεύματος  $I_\beta$  (περιορισμένο ρεύμα εκκίνησης) να παραμένει σταθερή. Τη στιγμή που η τάση παίρνει την τιμή  $U_n$ , το ρεύμα μειώνεται απότομα και παίρνει την τιμή  $I_n$  ( ονομαστικό ρεύμα κινητήρα)



**Εικόνα 12: ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΤΗΣ ΤΑΣΗΣ ΚΑΙ ΤΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΤΟΥ ΚΙΝΗΤΗΡΑ, ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΕΚΚΙΝΗΣΗΣ ΜΕ SOFT-STARTER ΜΕ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΕΝΟ (ΜΕΙΩΜΕΝΟ) ΡΕΥΜΑ**

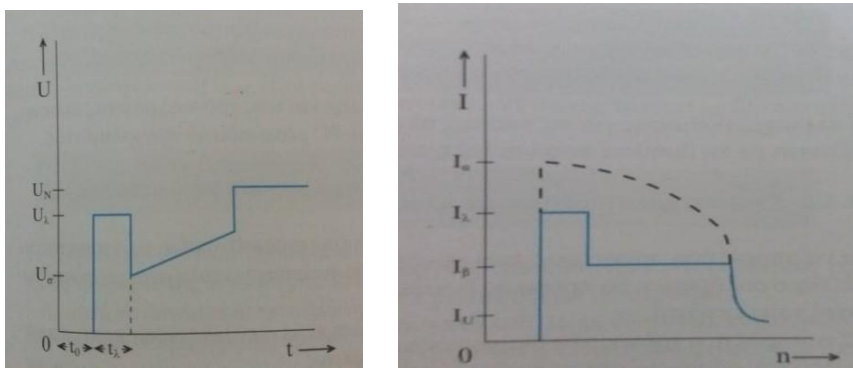
Για να έχουμε κατά τη διάρκεια της εκκίνησης τη μεταβολή του ρεύματος του κινητήρα όπως στο παρακάτω σχήμα, θα πρέπει να δώσουμε εντολές στον soft-starter για τάση ράμπας και περιορισμό τάσης. Στην περίπτωση αυτή, κατά τη χρονική διάρκεια  $t_r$  (χρόνος ράμπας), η τάση στους ακροδέκτες του κινητήρα μεταβάλλεται (τάση ράμπας) από την αρχική τιμή  $U_s$  στην περιορισμένη τιμή  $U_\beta$ .



**Εικόνα 13: ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΤΗΣ ΤΑΣΗΣ ΚΑΙ ΤΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΤΟΥ ΚΙΝΗΤΗΡΑ ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΤΗΣ ΕΚΚΙΝΗΣΗΣ ΜΕ SOFT-STARTER ΜΕ ΤΑΣΗ ΡΑΜΠΑΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟ ΤΑΣΗΣ**

Στη συνέχεια και για περιορισμένο χρόνο  $t_\beta$ , η τάση  $U_\beta$  παραμένει σταθερή. Μετά το τέλος του χρόνου  $t_\beta$  η τάση στους ακροδέκτες του κινητήρα παίρνει την ονομαστική τιμή  $U_N$ . Το ρεύμα του κινητήρα τη στιγμή της εκκίνησης έχει τιμή  $I_s$  και κατά τη χρονική διάρκεια  $t_r$  (χρόνος ράμπας) αυξάνεται μέχρι την τιμή  $I_\beta$  που αντιστοιχεί στο τέλος του χρόνου ράμπας. Στη συνέχεια και για τη χρονική διάρκεια  $t_\beta$  (περιορισμένος χρόνος), το ρεύμα μειώνεται συνεχώς μέχρι τη στιγμή που εφαρμόζεται στους ακροδέκτες του κινητήρα η τάση  $V_N$ . Τη στιγμή αυτή το ρεύμα μειώνεται απότομα και παίρνει την τιμή  $I_u$  (ονομαστικό ή υπολογισμένο ρεύμα κινητήρα).

Αν σε ένα κινητήρα χρειαζόμαστε απότομο ξεκίνημα (παλμό εκκίνησης), μπορούμε, όπως στο παρακάτω σχήμα, στην αρχή να έχουμε μια απότομη τάση (υψηλό παλμό τάσης) και επομένως και ένα απότομο ρεύμα (υψηλό παλμό ρεύματος), και κατ'επέκταση και μια υψηλή ροπή εκκίνησης. Στη συνέχεια η τάση ελέγχεται με τέτοιο τρόπο, ώστε το ρεύμα να παραμένει σταθερό, μέχρι τη στιγμή που ο κινητήρας θα αυξήσει την ταχύτητα του, η τάση του κινητήρα θα γίνει ίση με την ονομαστική ( $V_N$ ) και το ρεύμα του κινητήρα θα μειωθεί και θα πάρει την τιμή  $I_u$  (ονομαστικό ή υπολογισμένο ρεύμα).



**Εικόνα 14: ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΤΗΣ ΤΑΣΗΣ ΚΑΙ ΤΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΤΟΥ ΚΙΝΗΤΗΡΑ ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΕΚΚΙΝΗΣΗΣ ΜΕ SOFT-STARTER ΜΕ ΑΠΟΤΟΜΗ ΩΘΗΣΗ ΚΑΙ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟ ΡΕΥΜΑΤΟΣ**

ΕΠΕΞΗΓΗΣΗ ΣΥΜΒΟΛΩΝ:

- $I$  = ρεύμα
- $I_a$  = ρεύμα εκκίνησης σε απευθείας εκκίνηση
- $I_\beta$  = ρεύμα εκκίνησης ( υψηλός παλμός ρεύματος)
- $I_u$  = ονομαστικό ή υπολογισμένο ρεύμα κινητήρα
- $I_\beta$  = περιορισμένο ρεύμα
- $I_s$  = αρχικό ρεύμα με τάση ράμπας
- $V$  = τάση
- $V_\beta$  = περιορισμένη τάση
- $V_N$  = ονομαστική τάση
- $V_s$  = αρχική τάση ράμπας
- $V_\lambda$  = τάση εκκίνησης (υψηλός παλμός τάσης)
- $T_o$  = χρόνος καθυστέρησης
- $T$  = χρόνος
- $T_\beta$  = περιορισμός χρόνος

- $T_L$  = διάρκεια αρχικής εκκίνησης (υψηλού παλμού)
- $T_r$  = χρόνος ράμπας
- $N$  = ταχύτητα περιστροφής κινητήρα

## **ΣΤΑΜΑΤΗΜΑ ΚΙΝΗΤΗΡΑ ΜΕ ΕΛΕΥΘΕΡΟ ΡΟΛΑΡΙΣΜΑ (FREE COASTING)**

Για να μπορεί ένας κινητήρας, που συνδέεται μέσω ενός soft-starter, να σταματήσει με ελεύθερο ρολαρισμα, θα πρέπει να δώσουμε την αντίστοιχη εντολή στον μικροεπεξεργαστή του εκκινητή. Στην πράξη, ο χρόνος που διαρκεί ένα σταμάτημα με ελεύθερο ρολαρισμα, εξαρτάται από την αδράνεια και τις τριβές του συστήματος. Αυτή είναι και η παράμετρος που χρησιμοποιείται για το σταμάτημα των αντλιών στο αντλιοστάσιο.

## **ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΜΕΤΑΞΥ ΤΩΝ ΔΥΟ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ ΕΚΚΙΝΗΣΗΣ**

Ο ομαλός εκκινητής αποτελεί μια σύγχρονη μέθοδο εκκίνησης κινητήρων βραχυκυκλωμένου δρομέα συγκριτικά με την παραδοσιακή μέθοδο εκκίνησης με αστέρα-τρίγωνο. Ο ομαλός εκκινητής παρέχει περισσότερες λειτουργίες σε σχέση με τις παραδοσιακές μεθόδους εκκίνησης. Αναλυτικότερα δίνεται η δυνατότητα επιλογής της εκκίνησης ανάλογα με το είδος του φόρτου, όπως ομαλή εκκίνηση με παλμούς τάσης (ράμπα εκκινήσεως) και περιορισμός ρεύματος. Επιπλέον υπάρχει ποικιλία δυνατοτήτων σταματήματος, όπως ελεύθερο σταμάτημα, σταμάτημα με χρονική καθυστέρηση και πέδηση του κινητήρα με συνεχές ρεύμα. Σημαντικά πλεονεκτήματα αποτελούν επίσης, οι ενδείξεις καταστάσεων λειτουργίας και βλαβών, και η προστασία από υπερθέρμανση του κινητήρα που παρέχει ο soft starter. Επίσης υπάρχει η επιλογή της συνδεσιμότητας των soft starter με υπολογιστή, όπου μπορεί να γίνει έλεγχος και ακριβέστερη ρύθμιση της συσκευής απομακρυσμένα. Τελος με αυτό τον τρόπο εκκίνησης επιτυγχάνεται σημαντική εξοικονόμηση χώρου καθώς υπάρχουν μόνο 4 αγωγοί (3 αγωγοί φάσεων και 1 αγωγός γείωσης).

Στον αντίποδα βρίσκεται η παλαιότερη μέθοδος εκκίνησης κινητήρων κλωβού με συνδεσμολογία αστέρα-τριγώνου. Αυτός ο τρόπος εκκίνησης χρησιμοποιείται πλέον σε πιο απλές εφαρμογές και είναι πιο ελλιπής τεχνολογικά σε σχέση με τους soft starter. Επιτυγχάνεται μόνο η εκκίνηση με χαμηλότερη τάση και ρεύματα αποφεύγοντας έτσι τα προβλήματα που δημιουργούνται από τη βύθιση τάσης αλλά δεν μπορεί να ελεγχτεί το σταμάτημα του κινητήρα. Τα βασικά πλεονεκτήματα αυτής της μεθόδου είναι το χαμηλό κόστος κατασκευής σε σχέση με τον soft starter και η απλότητα κατασκευής καθώς δεν υπάρχει η δυνατότητα ρύθμισης ηλεκτρονικά.

Τελικά καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι η επιλογή του τρόπου εκκίνησης εξαρτάται άμεσα από την οικονομοτεχνική μελέτη του έργου και από τις απαιτήσεις της εφαρμογής.

## **ΣΥΣΤΗΜΑ SCADA**

Ο όρος SCADA (supervisory control and data acquisition) περιγράφει μια κατηγορία συστημάτων βιομηχανικού αυτόματου έλεγχου και τηλεμετρίας. Το χαρακτηριστικό των συστημάτων SCADA είναι ότι αποτελούνται από τοπικούς ελεγκτές, που ελέγχουν επιμέρους στοιχεία και μονάδες μιας εγκατάστασης, συνδεδεμένους σε ένα κύριο

σταθμό εργασίας. Ο κεντρικός σταθμός εργασίας μπορεί κατόπιν να επικοινωνεί τα δεδομένα που συλλέγει από την εγκατάσταση σε ένα πλήθος από σταθμούς εργασίας σε τοπικό LAN ή και να μεταδίδει τα δεδομένα της εγκατάστασης σε μακρινά σημεία μέσω κάποιου συστήματος τηλεπικοινωνίας. Αυτά τα συστήματα μπορεί να είναι κάποιο ενσύρματο τηλεφωνικό δίκτυο ή κάποιο ασύρματο δίκτυο. Επίσης είναι δυνατόν ο κάθε ένας τοπικός ελεγκτής να βρίσκεται σε απομακρυσμένη τοποθεσία και να μεταδίδει τα δεδομένα προς τον κύριο σταθμό εργασίας μέσω απλού καλωδίου ή ασύρματου πομποδέκτη.

## **27. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΠΙΚΩΝ ΣΤΑΘΜΩΝ ΕΛΕΓΧΟΥ ΑΝΤΛΙΟΣΤΑΣΙΟΥ A3**

Για κάθε αντλία εγκαταστάθηκε επιλογικός διακόπτης (αυτόματο – 0 – χειροκίνητο) για την επιλογή του τρόπου λειτουργίας της αντλίας. Η λειτουργία των αντλιών ελέγχεται από την πίεση του αγωγού στον οποίο καταθλίβουν, ένα απαραίτητη προϋπόθεση εκκίνησης των αντλιών είναι η στάθμη της δεξαμενής από την οποία αναρροφούν να είναι εντός επιτρεπτού ορίου και:

- Ο διακόπτης της συγκεκριμένης αντλίας να είναι στη θέση αυτο
- Να μην έχει σημειωθεί βλάβη ή άλλη δυσλειτουργία της αντλίας
- Να μην έχει τεθεί η αντλία εκτός λειτουργίας από εντολή του SCADA.

Η εντολή εκκίνησης των αντλιών, αν ισχύουν οι παραπάνω προϋποθέσεις δίνεται όταν η πίεση του αγωγού φτάσει στο κάτω επιτρεπτό όριο και διαρκεί ώσπου να κατέλθει στο πάνω όριο. Η εκκίνηση και η στάση των αντλιών γίνεται κλιμακωτά για την αποφυγή πληγμάτων με χρήση κατάλληλων inverter. Οι αντλίες εναλλάσσονται αυτόματα και κυκλικά για να έχουν ομοιόμορφη φθορά και ισοκατανομή χρόνου λειτουργίας. Τα σήματα από τους αισθητήρες καταλήγουν στον τοπικό ηλεκτρικό πίνακα.

Το ΤΣΕ Αντλιοστασίου επιτελεί τις ακόλουθες λειτουργίες:

### **A. Λειτουργία εγκατάστασης με τοπικούς χειρισμούς**

Ο διακόπτης επιλογέας REMOTE-OFF-LOCAL (R-O-L) του Πίνακα Αυτοματισμού τίθεται επιτοπίως στην θέση -L-, οπότε η εγκατάσταση στο σύνολό της τίθεται στην κατάσταση - ΧΕΙΡΟΚΙΝΗΤΗ - για επιτόπιους χειρισμούς. Ανεξάρτητα όμως από την θέση του επιλογέα (R-O-L) του Πίνακα Αυτοματισμού κάθε αντλία μπορεί να λειτουργήσει με τοπικούς χειρισμούς θέτοντας τον επιλογέα της AUTO-OFF-MANUAL (A-O-M) στην θέση -M-: ΧΕΙΡΟΚΙΝΗΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ.

### **B. Λειτουργία εγκατάστασης με τοπικό αυτοματισμό μέσω PLC**

Η εγκατάσταση βρίσκεται σε κατάσταση λειτουργίας με τοπικό αυτοματισμό στις ακόλουθες περιπτώσεις:

"Ο διακόπτης επιλογέας (R-O-L) του Βοηθητικού Πίνακα Αυτοματισμού τίθεται επιτοπίως "στην θέση -L-: ΤΟΠΙΚΟΣ ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΣ ή

"Ο διακόπτης επιλογέας (R-O-L) βρίσκεται στη θέση -R- και

α) δίνεται σχετική εντολή από τον ΚΣΕ ή

β) παρουσιάζεται βλάβη στον ΚΣΕ ή την γραμμή επικοινωνίας και ο υπ' όψη ΤΣΕ είναι αποδέκτης, οπότε η ετάπτωση γίνεται αυτόματα

### **Γ. Λειτουργία εγκατάστασης μέσω Τηλεχειρισμών SCADA**

Προϋπόθεση για την τηλεχειριζόμενη κατάσταση λειτουργίας με επιλογικό διακόπτη (R-O-L) στην θέση -R-. Ο χειριστής του SCADA δίνει τις προβλεπόμενες εντολές τηλεχειρισμών.

## **28. ΑΠΑΡΑΙΤΗΤΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ ΚΑΙ ΕΝΤΟΛΕΣ**

Οι πληροφορίες που πρέπει να συλλέγονται από την τοπική μονάδα αυτοματισμού (PLC) , αλλά και οι εντολές που πρέπει να δίνονται από αυτή είναι:

- Λειτουργική κατάσταση των αντλιτικών συγκροτημάτων και των κινητήρων γενικότερα (ON – OFF)
- Εντολή εκκίνησης – στάσης των αντλητικών συγκροτημάτων και των κινητήρων γενικότερα (START – STOP)
- Θέση του επιλογικού διακόπτη του τρόπου λειτουργίας των αντλητικών συγκροτημάτων, δηλαδή στάση – αυτόματη λειτουργία – χειροκίνητη λειτουργία (OFF – AUTO – MANUAL)

• Βλάβη των αντλητικών συγκροτημάτων και των κινητήρων γενικότερα (βοηθητική επαφή θερμικού)

Επίσης πρέπει να είναι διαθέσιμες , στο χρήστη , πληροφορίες για τις ώρες λειτουργίας των αντλιών, τις ημερομηνίες όποτε αυτός επιθυμεί.

### **I. ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ ΣΤΑΘΜΩΝ ΕΛΕΓΧΟΥ**

#### **II. Λογισμικό Εφαρμογής PLC**

Η μεθοδολογία ανάπτυξης του Λογισμικού Εφαρμογής των PLC εξασφαλίζει ότι το σύνολο των προγραμμάτων και ειδικά αυτά των επικοινωνιών στον ΚΣΕ είναι πλήρως παραμετροποιήσιμα .

Το πρόγραμμα των PLC πρέπει να έχει απαραίτητα τα παρακάτω χαρακτηριστικά:

>Θα καλύπτει το σύνολο των λειτουργικών απαιτήσεων με επεξεργασία πραγματικού χρόνου (REAL TIME).

>Θα είναι κατά το δυνατόν ενιαίο για όλα τα PLC με υψηλό βαθμό προτεραιότητας.

Οι τιμές των απαιτούμενων μεγεθών καθώς και τα προγράμματα εφαρμογής που εξειδικεύουν το πρόγραμμα σε κάθε PLC (CUSTOMIZATION) ορίζονται μέσω του ασύρματου δικτύου επικοινωνίας είτε από τον ΚΣΕ είτε τοπικά στην τελευταία περίπτωση θα γίνεται χρήση φορητού Η/Υ.

Η διαδικασία δημιουργίας, προσαρμογής, φόρτωσης και ενημέρωσης του προγράμματος πρέπει:

>να είναι απλούστατη, δεδομένου ότι δεν θα επιτελείται από προσωπικό η ειδικευμένο ή εκπαιδευμένο στην Πληροφορική.

> να μην απαιτεί σε καμία περίπτωση χειρισμό διακοπών καρτών ή άλλων DEEP SWITCHES ή γενικά επέμβαση στο HARDWARE του PLC.



Το πρόγραμμα και τα αρχεία παραμέτρων πρέπει να διαφυλάσσονται, ώστε να είναι διαθέσιμα σε περίπτωση επανεκκίνησης (RESTART ) χωρίς να απαιτείται επαναφόρτιση ή επανεισαγωγή τιμών.

Η προσθήκη ψηφιακών ή αναλογικών εισόδων, μνήμης RAM, ή άλλων στοιχείων HARDWARE πρέπει να αναγνωρίζεται αυτόματα και να ενεργοποιείται

Ο προγραμματισμός των PLC πρέπει να παρέχει την απαιτούμενη ευελιξία και πληρότητα ώστε να εξασφαλίζεται τόσο η παραμετρικότητα των σταθερών τιμών μέσω αρχείων, όσο και η δημιουργία σύνθετων προγραμμάτων τα οποία θα δίνουν την δυνατότητα στο PLC και σε περίπτωση απώλειας της επικοινωνίας με τον ΚΣΕ (STAND ALONE MODE) να καλύπτει τις δυνατές λειτουργικές απαιτήσεις και κατά περίπτωση να επιλέγει και να εκτελεί διαφορετικά, προκαθορισμένα υποπρογράμματα λειτουργίας (αυτόνομη λειτουργία).

### **III. ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ SCADA**

Τα προγράμματα εφαρμογής, μέσα από το περιβάλλον του λειτουργικού συστήματος και χρησιμοποιώντας με τον καλύτερο τρόπο τις δυνατότητές του και την σχεσιακή βάση δεδομένων, πρέπει να επιτελούν την λειτουργία Τηλεέγχου και Τηλεχειρισμού του Συστήματος καθώς και τις υπόλοιπες εφαρμογές. Το λογισμικό SCADA θα εγκατασταθεί σε κατάλληλο υπολογιστικό σύστημα είτε εντός του αντλιοστασίου, είτε σε απομακρυσμένη θέση που θα υποδειχθεί από την υπηρεσία.

### **IV. ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΖΟΜΕΝΩΝ ΛΟΓΙΚΩΝ ΕΛΕΓΚΤΩΝ (P.L.C.)**

Όλα τα PLC πρέπει να είναι όμοια και εναλλάξιμα ως προς τα τεχνικά χαρακτηριστικά, την επεκτασιμότητα, και τον μέγιστο αριθμό προσαρτώμενων καρτών. Θα διαφέρουν μόνο ως προς το πραγματικό πλήθος των αναλογικών και ψηφιακών εισόδων και εξόδων που απαιτείται ανάλογα με τις ανάγκες κάθε εγκατάστασης. Ο σημερινός αριθμός των εισόδων – εξόδων πρέπει να μπορεί να επαυξηθεί ώστε να καλύπτει τις απαιτήσεις των μελλοντικών φάσεων, με μόνη την προσθήκη επιπλέον καρτών. Τα PLC θα ακολουθούν τις προδιαγραφές που παρατίθενται παρακάτω .

Ο ελεγκτής είναι ελεύθερα προγραμματιζόμενη μονάδα αυτοματισμού (Προγραμματιζόμενος Λογικός Ελεγκτής, PLC). Πιο συγκεκριμένα, για την επικοινωνία – διασύνδεση με το περιβάλλον (συλλογή πληροφοριών και αποστολή εντολών), το PLC θα διαθέτει :

- \* Μονάδες Ψηφιακών εισόδων για την συλλογή πληροφοριών τύπου ON-OFF από επαφές RELAY ελεύθερης τάσης.
  - \* Μονάδες ψηφιακών εξόδων (DO) για την αποστολή εντολών.
  - \* Αναλογικών εισόδων (AI) για την συλλογή μετρήσεων από αισθητήρια όργανα που παρέχουν αναλογικό σήμα.
  - \* Αναλογικών εξόδων (AO) για την ρύθμιση ειδικών μονάδων.
- Η διάταξη του PLC σε κάθε ΤΣΕ πρέπει κατ' ελάχιστο να αποτελείται από :
- α) το τροφοδοτικό
  - β) την CPU (Κεντρική Μονάδα Επεξεργασίας)
  - γ) τις κάρτες Εισόδων και Εξόδων

δ) τις απαραίτητες για την επικοινωνία συσκευές

Τα παραπάνω πρέπει να είναι τοποθετημένα σε ράγα στήριξης μεγάλης μηχανικής αντοχής, πάνω στην οποία θα τοποθετηθούν όλες οι απαραίτητες κάρτες. Η διασύνδεση αυτών θα επιτυγχάνεται με την χρήση (backplane). Οι συνδέσεις των καλωδίων των Εισόδων και Εξόδων γίνονται σε κινούμενες (αρθρωτές) κλέμμες πάνω στη ράγα του PLC, τοποθετημένες στο εμπρόσθιο μέρος των καρτών, για εύκολη και γρήγορη σύνδεση και αποσύνδεση των I/O's από την κάρτα που τα εξυπηρετεί, για τις περιπτώσεις αλλαγών ή επιδιορθώσεων. Περισσότερα της μιας ράγας μπορούν να συνδεθούν μεταξύ τους για την δημιουργία ενός μεγαλύτερου συστήματος με την χρήση ενός απλού καλωδίου χωρίς τη χρήση ειδικών interface.

Ο ελεγκτής θα είναι κατασκευασμένος με τρόπο ώστε να μπορεί να επεκτείνεται και με πρόσθεση ανεξάρτητων μονάδων εισόδου/εξόδου που θα επικοινωνούν με τις γειτονικές μονάδες με Bus. Η επέκταση του ελεγκτή θα πρέπει να γίνεται με απλό τρόπο χωρίς να απαιτούνται ειδικά εργαλεία ή μεταφορά της συσκευής σε εργαστήριο.

Η CPU εμπεριέχει Leds κατάστασης και Leds σφαλμάτων. Επίσης με το πακέτο προγραμματισμού και με την δυνατότητα password protection ο χρήστης θα προστατεύεται αποτελεσματικά έναντι μη εξουσιοδοτημένων αλλαγών και αντιγραφή των προγραμμάτων του.

Η CPU περιλαμβάνει διαγνωστική μνήμη που δεν θα σβήνεται ούτε με την πτώση τάσης ούτε με το Reset της μνήμης και θα καταγράφονται με ώρα και ημερομηνία γεγονότα που συνδέονται με :

- > Σφάλματα της CPU
- > Σφάλματα συστήματος της CPU
- > Σφάλματα περιφερειακών modules.
- > Μεταγωγή από κατάσταση Stop - Εκτέλεση προγράμματος (RUN) - Stop.
- > Προγραμματιστικά λάθη στο πρόγραμμα εφαρμογής.

Ο τυπικός χρόνος σάρωσης πρέπει να είναι μικρότερος των 0,40 με εντολή.

Η μνήμη RAM του ελεγκτή (μνήμη αποθήκευσης προγράμματος και δεδομένων) πρέπει να έχει μέγεθος 24 kbytes τουλάχιστον.

Θα υπάρχει ενσωματωμένο ρολοί πραγματικού χρόνου

Θα υποστηρίζονται Γλώσσες προγραμματισμού όπως LAD (LADDER) είτε STL (λίστα εντολών) σύμφωνα με τα διεθνή Standards IEC 1131-3 Part 3

Ο ελεγκτής θα είναι 32 bit και θα πρέπει να υποστηρίζει υποχρεωτικά τις παρακάτω εντολές:

Λογικής bit BOOLEAN (AND, OR)

Λογικής Word Boolean (AND, OR) με 16 bit - Σταθερές.

Λογικής Double Boolean (AND, OR) με 32 bit - Σταθερές

Εντολές παλμού.

Set / Reset bit (πχ. Inputs, Outputs, Flags)

Εντολές ολίσθησης Δεξιά, αριστερά και κυκλικής ολίσθησης.

Set /Reset bit (π.χ. Inputs, Outputs, flags)

Εντολές ολίσθησης δεξιά, αριστερά και κυκλικής ολίσθησης

Εντολές χρονικών και απαριθμητών

Αποθήκευσης και μεταφοράς τιμών από και προς καταχωρητές byte, Word, Doubleword. Εντολές σύγκρισης (16bit, 32 bit ακέραιων αριθμών, 32 bit δεκαδικών αριθμών).

Αριθμητικές πράξεις όπως

α) Πρόσθεση / πολλαπλασιασμό 16 bit ακέραια

β) Πρόσθεση / πολλαπλασιασμό 32 bit ακέραια

γ) Πρόσθεση / πολλαπλασιασμό 32 bit δεκαδικών

Εύρεση τετραγωνικής ρίζας, Λογαριθμικές πράξεις, τριγωνομετρικές λειτουργίες. Εντολές αλλαγής ελέγχου του προγράμματος από μπλόκ σε μπλοκ και απο εντολή σε εντολή μέσα στο ίδιο μπλόκ .

Εντολές μετατροπής κώδικα (πχ BCD σε 16 bit Ακέραια)

Εντολές αλλαγής τρόπου εκτέλεσης του προγράμματος όπως κυκλικός, ελεγχόμενος από γεγονός ή από χρόνο

Ενδειξη μεγίστου - ελαχίστου - μέσου κύκλου εκτέλεσης προγράμματος

Υποστήριξη αναλογικού - ολοκληρωτικού - διαφορικού ελεγκτή κλειστού βρόχου (PID Controller) με την βοήθεια ενσωματωμένων στην CPU λειτουργιών ή με την χρήση επιπλέον πακέτου παραμετροποίησης.

Η συσκευή θα πρέπει να υποστηρίζει τουλάχιστον 256 απαριθμητές και 256 χρονικά.

Η συσκευή , σε πλήρη επέκταση , πρέπει να υποστηρίζει τουλάχιστον 128 ψηφιακές εισόδους / εξόδους.

Η συσκευή σε πλήρη επέκταση , πρέπει να υποστηρίζει τουλάχιστον 32 αναλογικές εισόδους / εξόδους.

Η συγκράτηση των αγωγών στις κλεμοσειρές των καρτών να είναι βιδωτή.

Ένδειξη κατάστασης κάθε ψηφιακής εισόδου / εξόδου με LED.

Δυνατότητα προσομείωσης (SIMULATION) κάθε ψηφιακής και αναλογικής εισόδου / εξόδου.

Γαλβανική απομόνωση ψηφιακών εισόδων / εξόδων.

Οι κάρτες ψηφιακών εισόδων πρέπει να έχουν:

α) τάση εισόδου 10 – 30 VDC

Κάθε κάρτα ψηφιακής εισόδου έχει LED, τα οποία δείχνουν την κατάσταση κάθε μίας εισόδου. Όταν ένα LED ανάβει, σημαίνει ότι υπάρχει τάση στο αντίστοιχο terminal. Το module παρέχει αυτήν την πληροφορία στο πίσω μέρος του πλαισίου (PLC motherboard ή backplane), για να διαβαστεί από τον επεξεργαστή.

Οι κάρτες αναλογικών εισόδων πρέπει να έχουν τα εξής χαρακτηριστικά:

α) Να υπάρχει η δυνατότητα, μέτρησης αναλογικών σημάτων είτε τάσης είτε ρεύματος.

β) Η διακριτική ικανότητα (RESOLUTION) πρέπει να είναι 11 bits.

γ) Να υπάρχει η δυνατότητα ανίχνευσης κομμένου καλωδίου.

Η θερμοκρασιακή περιοχή λειτουργίας του ελεγκτή είναι από 0C έως 55C σε συνθήκες υγρασίας μέχρι 95%.

Ο προγραμματιζόμενος ελεγκτής θα περιλαμβάνει δύο θύρες σειριακής επικοινωνίας (COMMUNICATION PROCCESSOR) RS 232 ή RS 485 με τα παρακάτω χαρακτηριστικά: Ελεύθερο πρωτόκολλο επικοινωνίας σε επίπεδο χαρακτήρα κατάλληλο για ασύρματη ή ενσύρματη επικοινωνία.

Ταχύτητα μετάδοσης τουλάχιστον 9.6 Kbit/s

Μηνύματα είτε σταθερού είτε μεταβλητού μήκους.

Ύπαρξη μεθόδου ελέγχου για την ορθή αποστολή και λήψη δεδομένων.

Ύπαρξη της δυνατότητας προγραμματισμού της προτεραιότητας κάθε συσκευής για την αποφυγή συγκρούσεων στη περίπτωση ταυτόχρονης εκπομπής.

## **V. ΜΟΝΑΔΑ DC/UPS**

Σε κάθε πίνακα αυτοματισμού και για την τροφοδοσία του PLC και των οργάνων θα τοποθετηθεί μονάδα DC/UPS με τα ακόλουθα χαρακτηριστικά

Τάση εισόδου ονομαστική : 24 VDC

Τάση εισόδου επιτρεπόμενη : 22-29 VDC

Επιτήρηση τάσης μπαταριών

Προστασία αναστροφής πολικότητας

LEDs και επαφές σηματοδότησης κανονικής ή μη λειτουργίας, έλεγχος μπαταρίας, alarm μπαταρίας (μπαταρία ή όχι φορτισμένη), μπαταρία φορτισμένη κάτω από 85%, μπαταρία φορτισμένη πάνω από 85%

## **VI. ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑ**

Η επικοινωνία μεταξύ SCADA και ΤΣΕ θα πραγματοποιείται μέσω διαδικτύου με χρήση VPN δικτύου ή εναλλακτικής μορφής επικοινωνίας με χρήση της υπάρχουσας τηλεφωνικής σύνδεσης που διατίθεται.

## **VII. ΜΕΤΡΗΤΗΣ ΠΙΕΣΗΣ**

Για την μέτρηση της πίεσης των αγωγών του δικτύου θα εγκατασταθούν αισθητήρες με τα ακόλουθα τεχνικά χαρακτηριστικά:

- > Εύρος μέτρησης 0-16 bar
- > Μέγιστη πίεση λειτουργίας 32 bar
- > Αναλογική έξοδος 0-10 Vdc, 4-20 mA
- > Σπείρωμα προσαρμογής σε αγωγό 1/2".

## **VIII. ΜΕΤΡΗΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ**

Ο μετρητής ενέργειας πρέπει να έχει τοπικές ενδείξεις για τον έλεγχο των τάσεων, ρευμάτων κ.λ.π.

Ο μετρητής ηλεκτρικών μεγεθών θα είναι ένας προγραμματιζόμενος μετρητής κατανάλωσης ενέργειας που μετρά τις ηλεκτρικές παραμέτρους των ισορροπημένων ή μη μονοφασικών και τριφασικών ηλεκτρικών δικτύων.

Τα μεγέθη που θα μετράει, είναι τα κάτωθι:

- > Πολική τάση
- > Φασική τάση
- > Ένταση ρεύματος
- > Συχνότητα
- > Ενεργό ισχύ
- > Άεργο ισχύ
- > Φαινόμενη ισχύ
- > Ενεργό ενέργεια
- > Άεργο ενέργεια

> Συνφ

Δύο έξοδοι παλμού για μέτρηση ενέργειας (π.χ. ενεργού, άεργης)

CAT III

Μέσω μετασχηματιστή έντασης /5A 400VAC (τριφασική)

\*1 (κατά IEC 688)

IP 54 (case)/IP 20 (terminals)

+55oC

Το όργανο θα πρέπει να διαθέτει κατάλληλη θύρα για την επικοινωνία με PLC και την αποστολή των δεδομένων στο κέντρο ελέγχου.

## **IX. ΜΕΤΡΗΤΗΣ ΣΤΑΘΜΗΣ**

Ο αισθητήρας μέτρησης στάθμης του συστήματος θα τηρεί κατ' ελάχιστο τα κάτωθι τεχνικά χαρακτηριστικά:

>Αισθητήρας μέτρησης πιεζοηλεκτρικού τύπου

>Εύρος μέτρησης 0-10 m

>Αναλογική έξοδος 4-20 mA.

>Ακρίβεια 0.35% της πλήρους κλίμακας.

>Θερμοκρασία λειτουργίας -10 έως +70o C

>Τροφοδοσία 24 Vdc

>Βαθμός προστασίας IP68

## **X. ΔΙΑΚΟΠΤΗΣ ΡΟΗΣ**

Στις εξόδους των αντλιών εγκαταστάθηκαν διακόπτες ροής βαθμού προστασίας IP67, με ελάχιστη ροή ενεργοποίησης τα 15 m<sup>3</sup>/h και μέγιστη πίεση ρευστού τα 14bar.

**ΕΛΕΓΧΟΣ ΕΙΣΟΔΟΥ ΣΤΟ ΧΩΡΟ**

Το σύστημα αποτελείται από μια μαγνητική επαφή, η οποία επιτηρεί τις πόρτες των αντλιοστασίων και των χώρων. Αυτή η επαφή τοποθετείται πάνω στη θύρα εισόδου του χώρου.

Η επαφή ενεργοποιείται κάθε φορά που ανοίγει η πόρτα για να μπει κάποιος στο χώρο.

## **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΩΝ**



**Εικόνα 15:** Εξωτερική άποψη του αντλιοστασίου



**Εικόνα 16:** Αρδευτικό κανάλι



**Εικόνα 18** Αποψη των 4 αντλιών



**Εικόνα 17:** Αποψη του αγωγού αναρρόφησης και του αγωγού κατάθλιξης





Εικόνα 19: Άποψη του πλωτήρα.



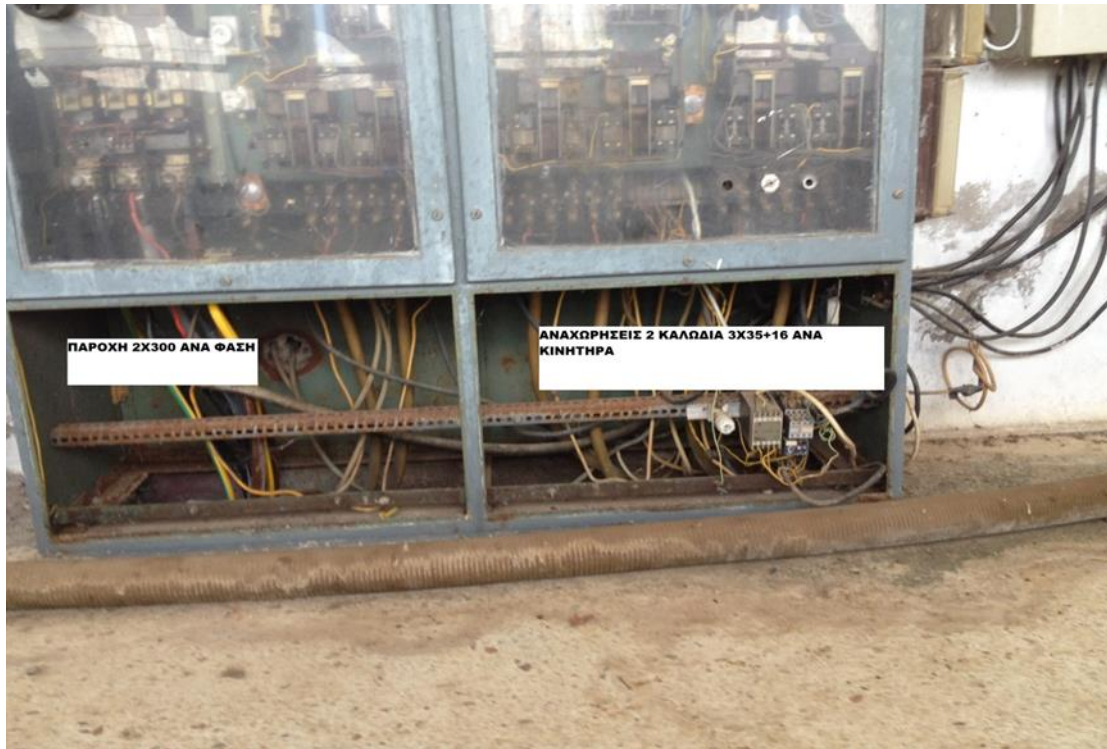
Εικόνα 20: Τεχνικά χαρακτηριστικά του ηλεκτρικού κινητήρα της αντλίας. ( Πινακίδα κινητήρα )



**Εικόνα 22:** Αποψη του αγωγού κατάθλιψης



**Εικόνα 21:** Αποψη του παλαιού γενικού πίνακα χαμηλής τάσης



Εικόνα 23



Εικόνα 24



**Εικόνα 25**



**Εικόνα 26: Άποψη του νέου γενικού πίνακα χαμηλής τάσης**



Εικόνα 27: Αποψη των ομαλών εκκινητών ( soft starter)

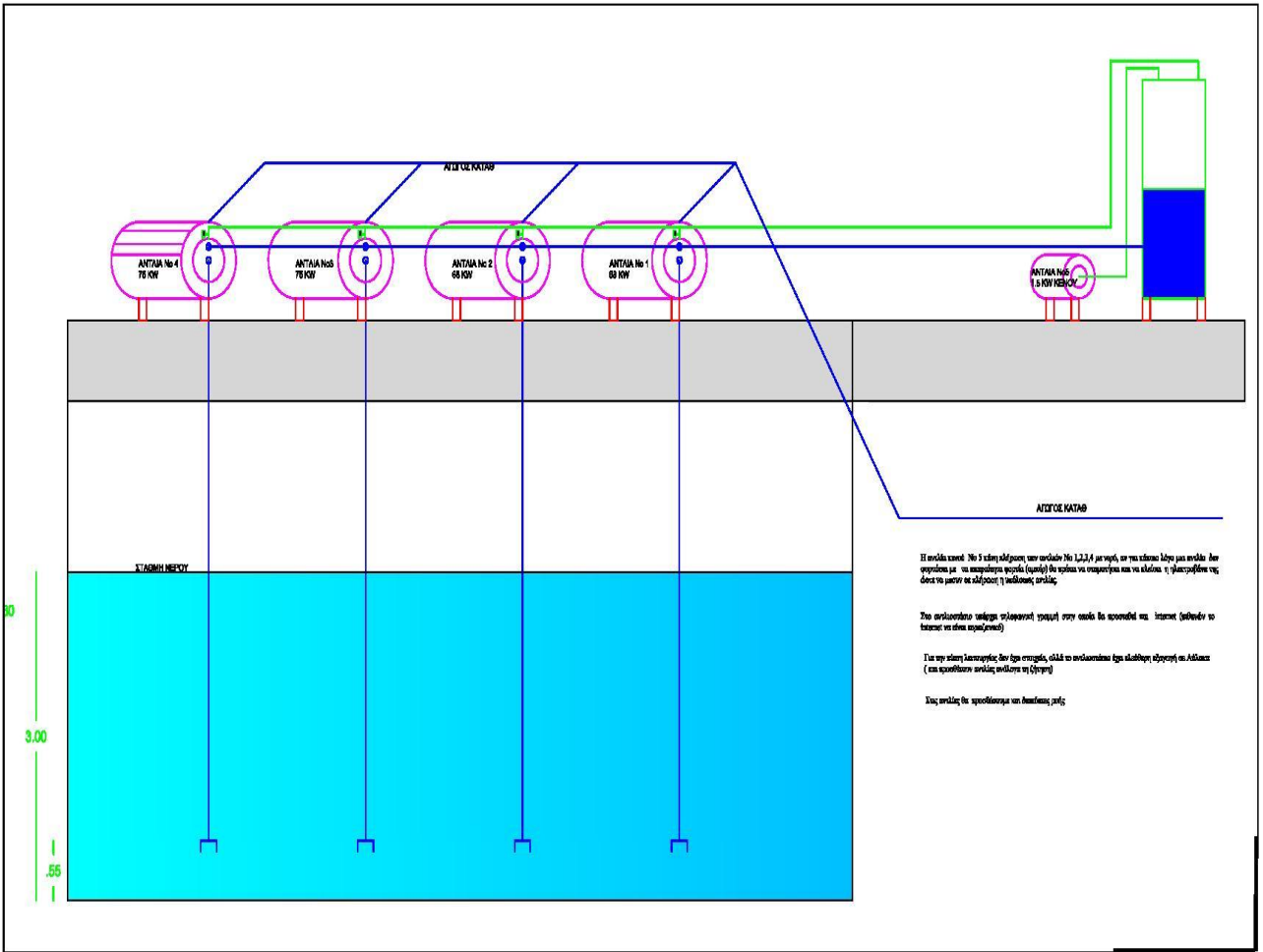


Εικόνα 28: Θερμομαγνητικός διακόπτης της αντλίας. Υπάρχει ένας για κάθε αντλία.



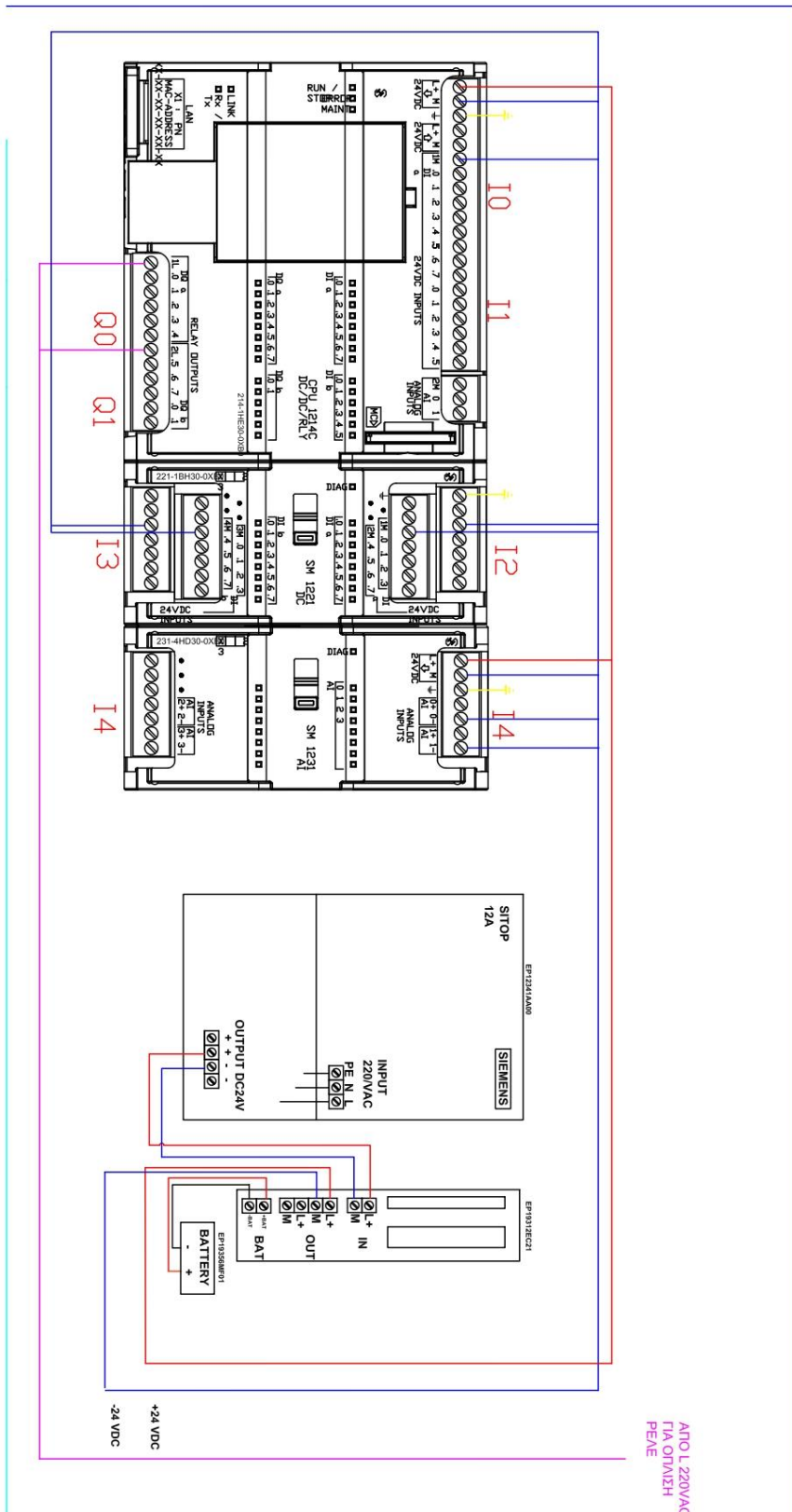
**Εικόνα 29: Άποψη πεδίου πυκνωτών αντιστάθμισης.**

## **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΣΧΕΔΙΩΝ**

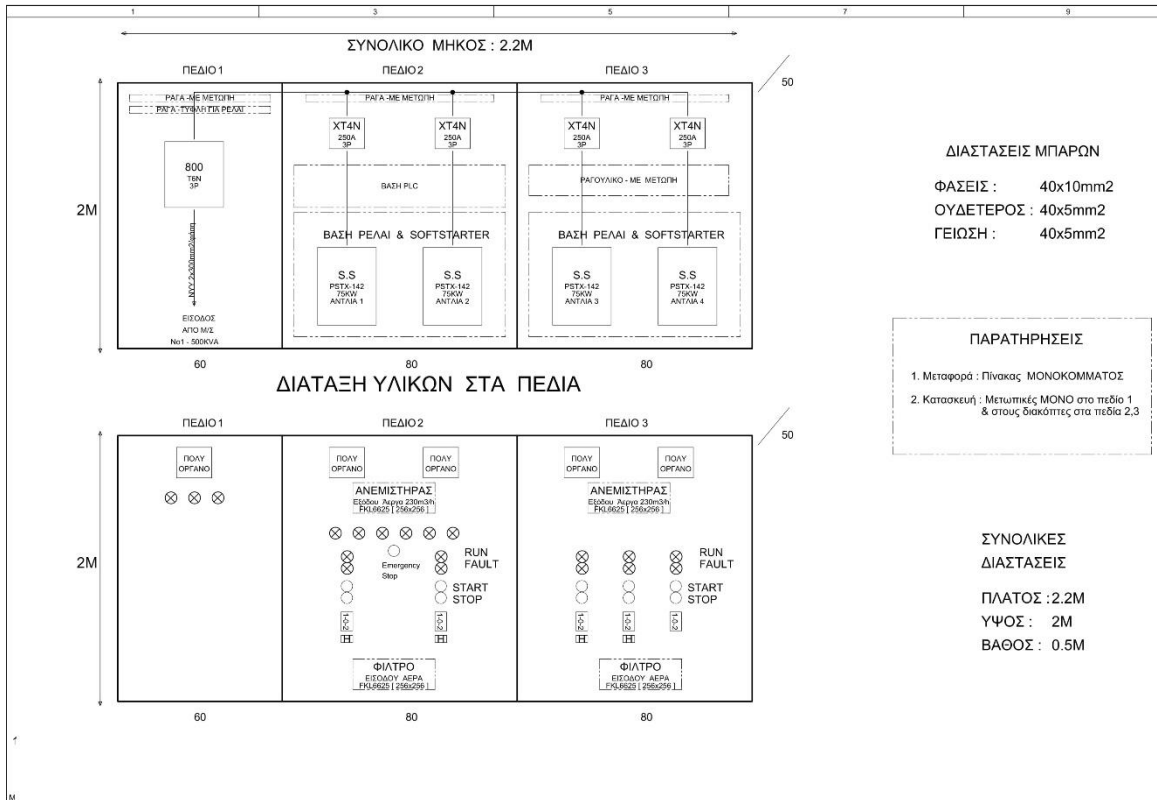


Εικόνα 30: ΣΧΕΔΙΟ ΑΝΤΑΙΟΣΤΑΣΙΟΥ

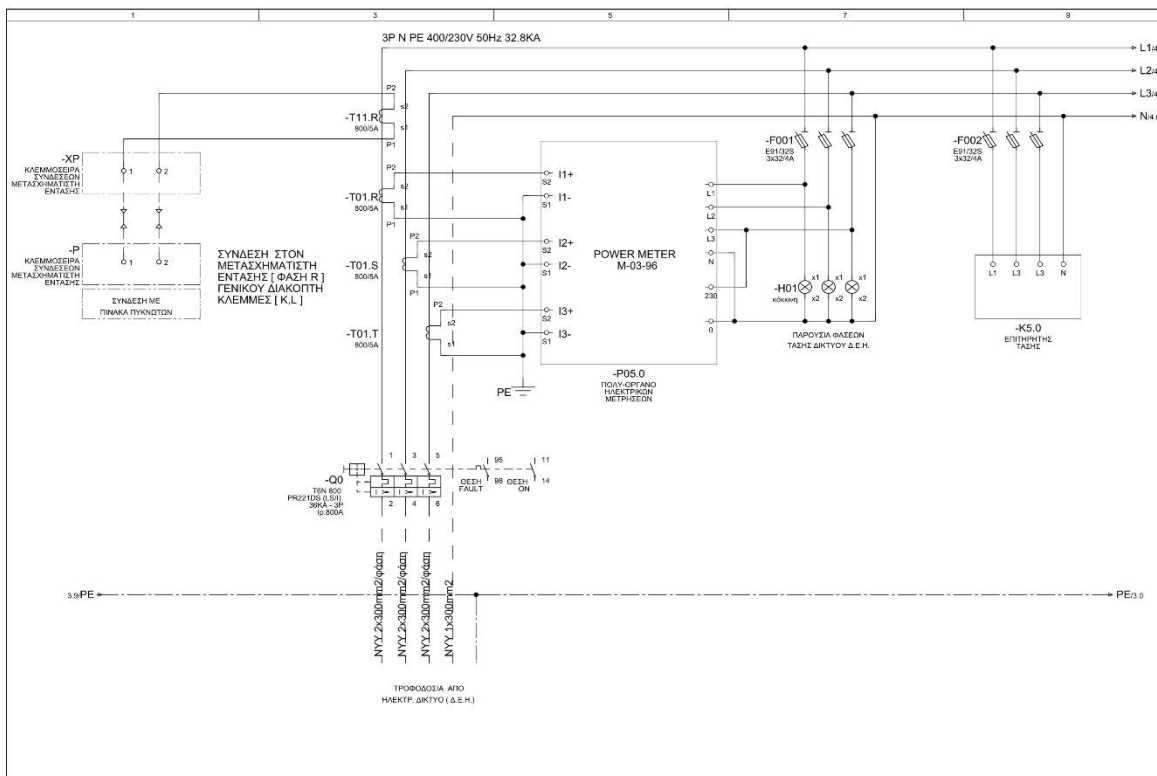




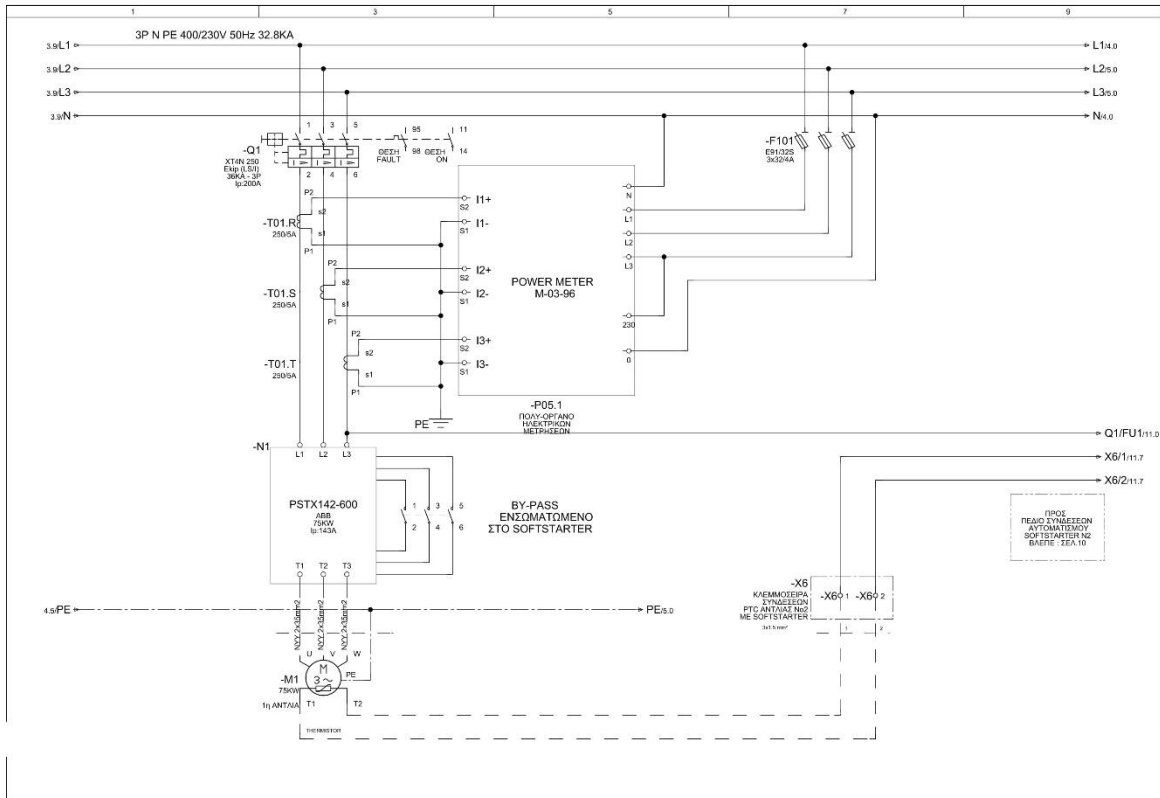
Εικόνα 31: Σχέδιο SCADA



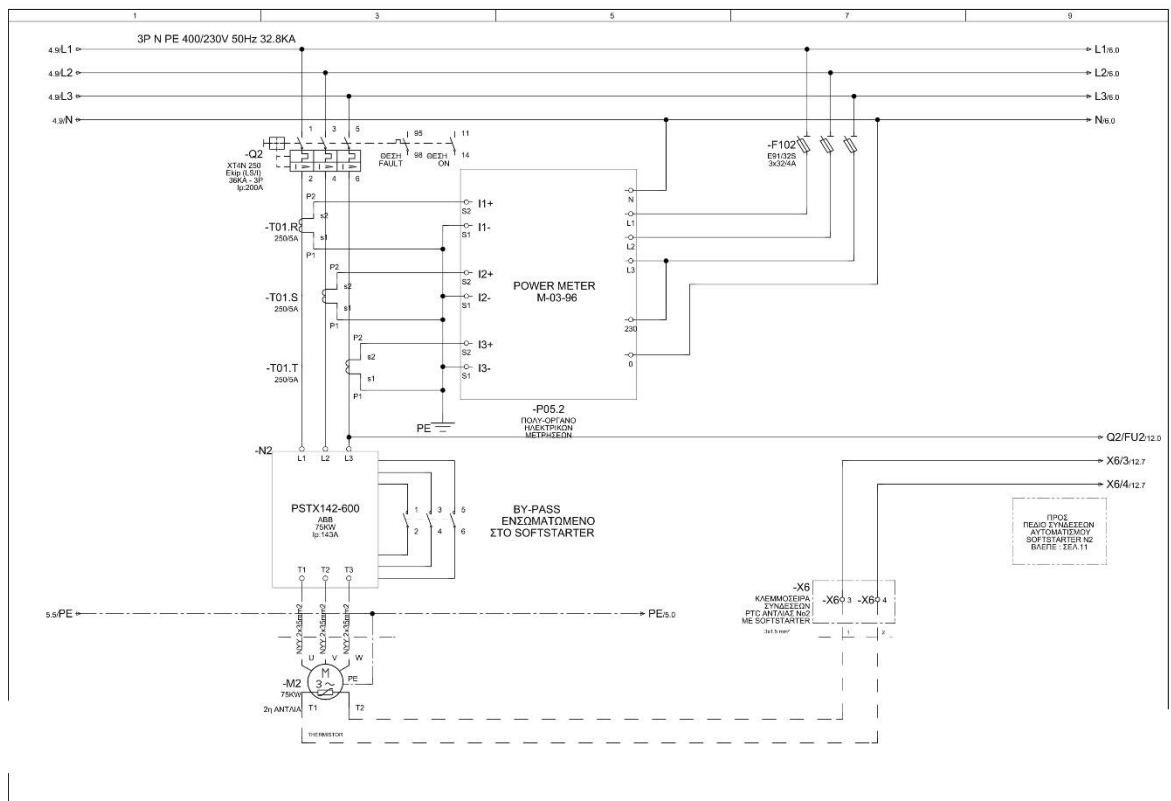
**Εικόνα 33: ΚΥΚΛΩΜΑ ΙΣΧΥΟΣ**



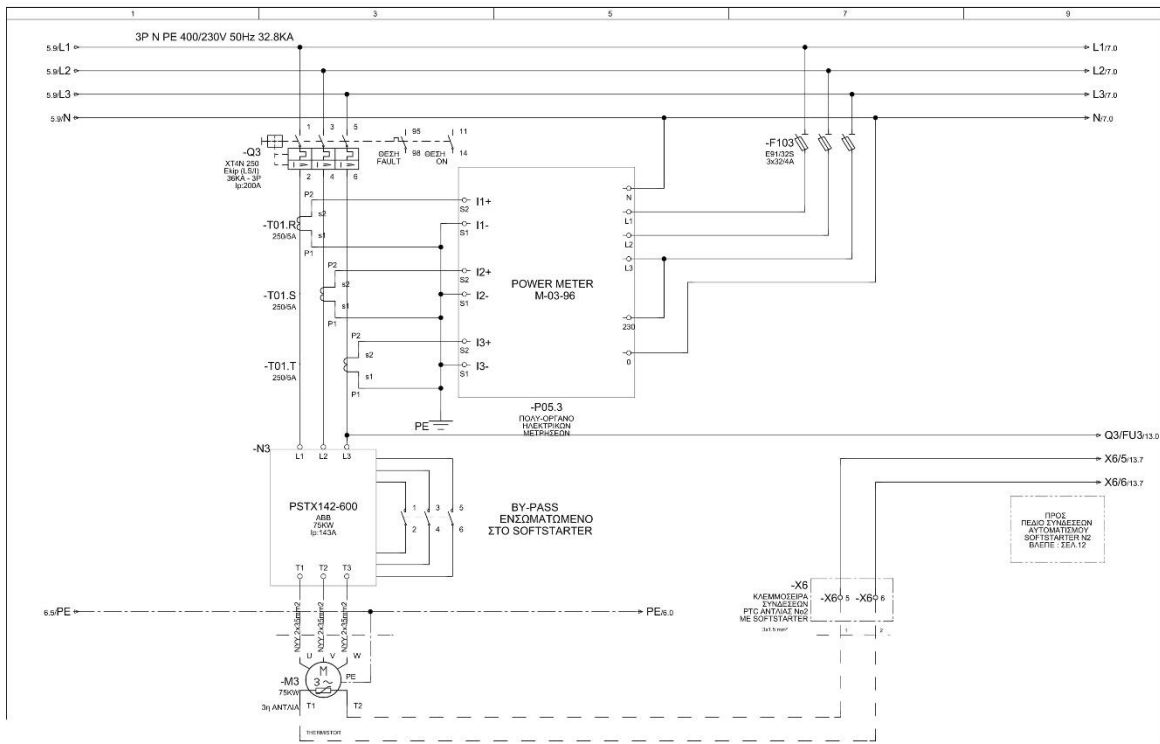
**Εικόνα 32: ΚΥΚΛΩΜΑ ΙΣΧΥΟΣ**



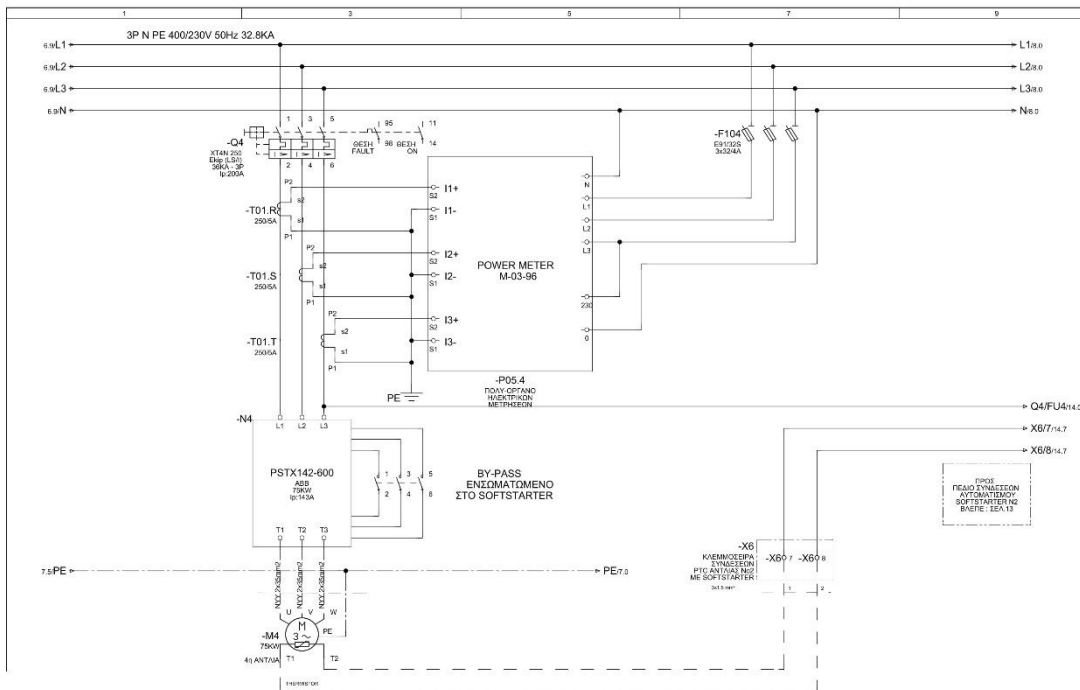
Εικόνα 35: ΚΥΚΛΩΜΑ ΙΣΧΥΟΣ



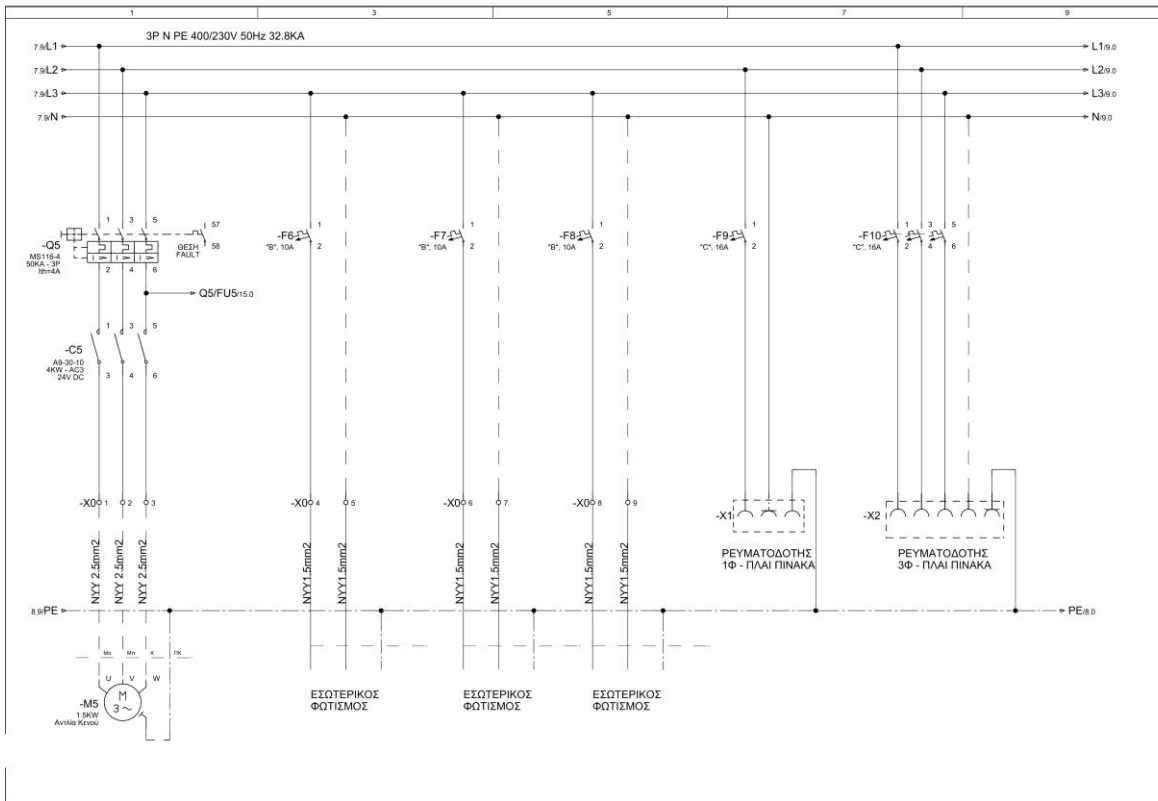
Εικόνα 34: ΚΥΚΛΩΜΑ ΙΣΧΥΟΣ



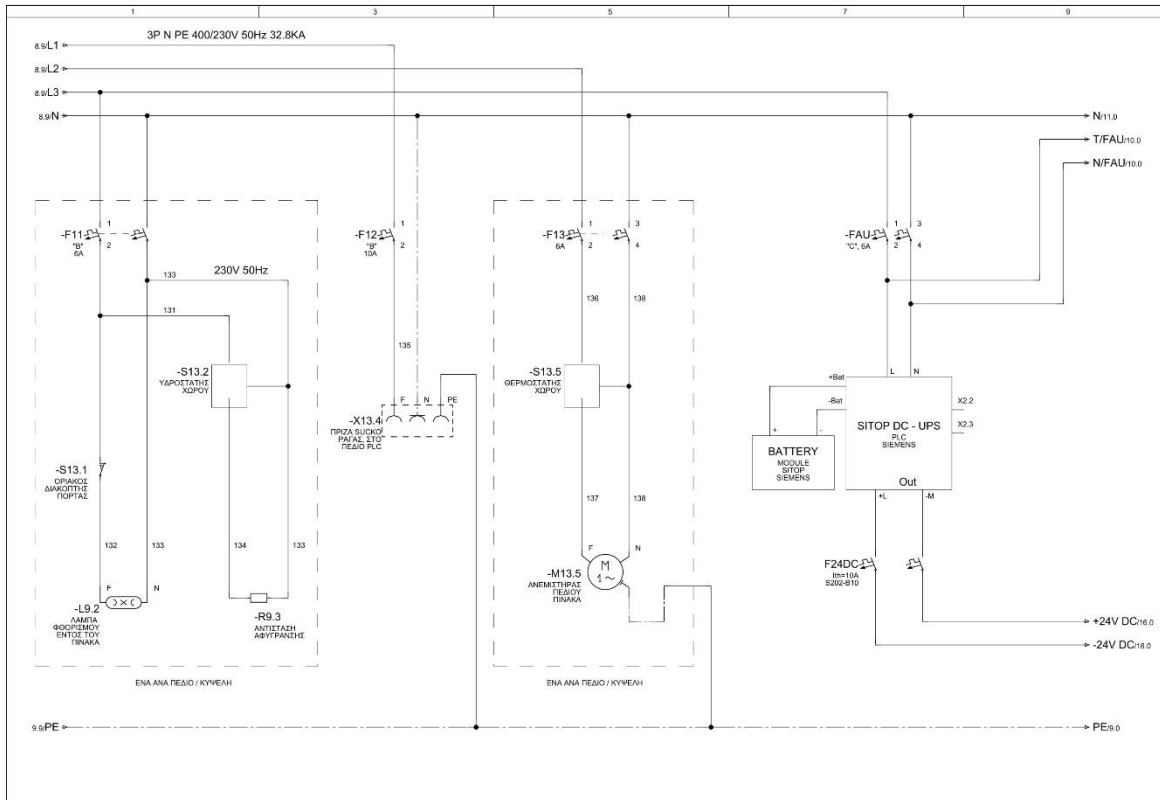
Εικόνα 36:ΚΥΚΛΩΜΑ ΙΣΧΥΟΣ



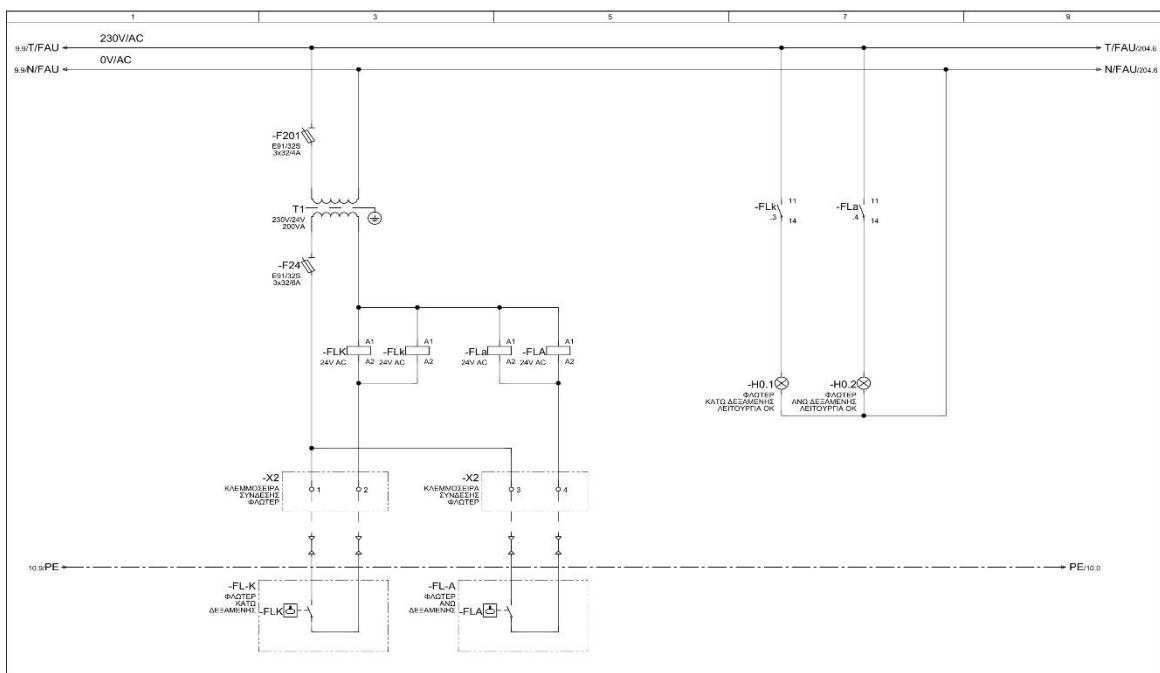
**Εικόνα 37: ΚΥΚΛΩΜΑ ΙΣΧΥΟΣ**



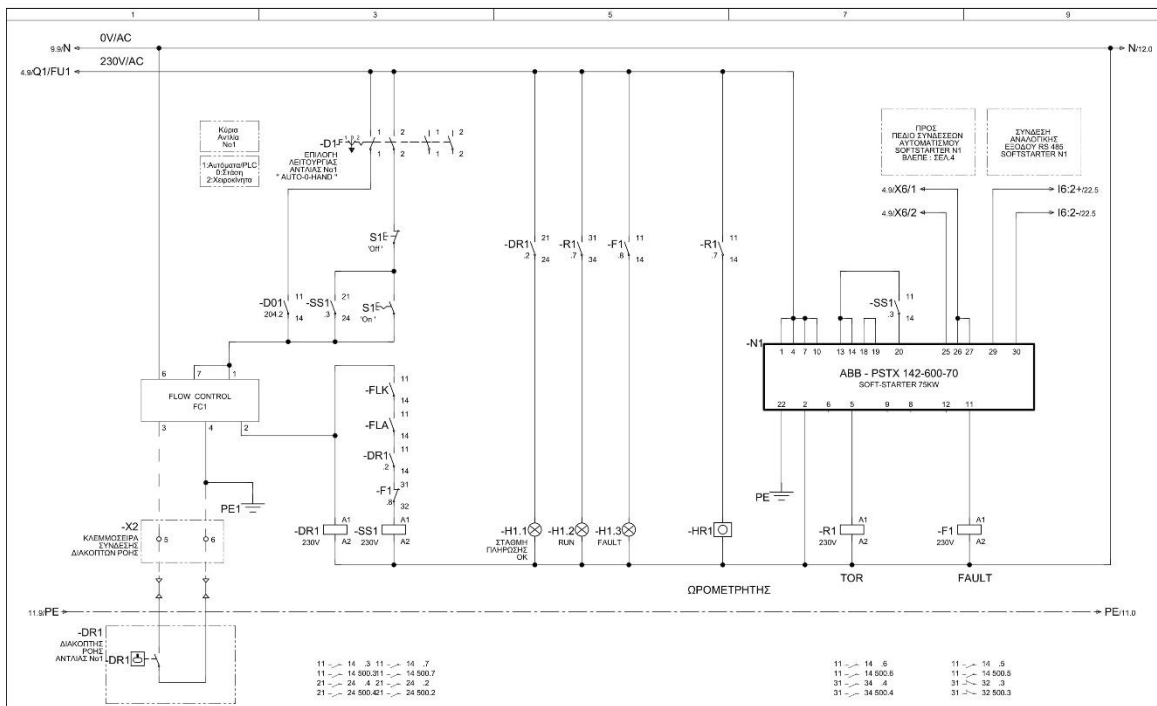
**Κυκλωμα ισχυος**



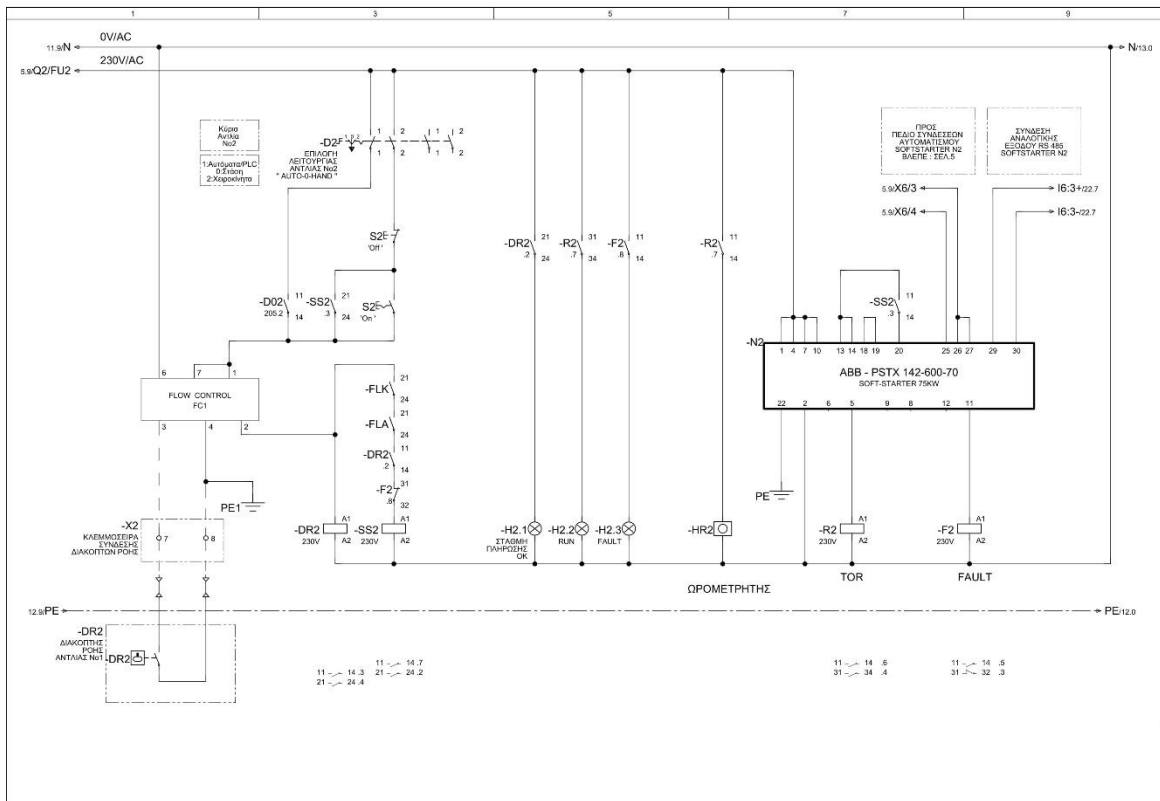
**Εικόνα 39: ΦΩΤΙΣΜΟΣ - ΕΞΑΕΡΙΣΜΟΣ**



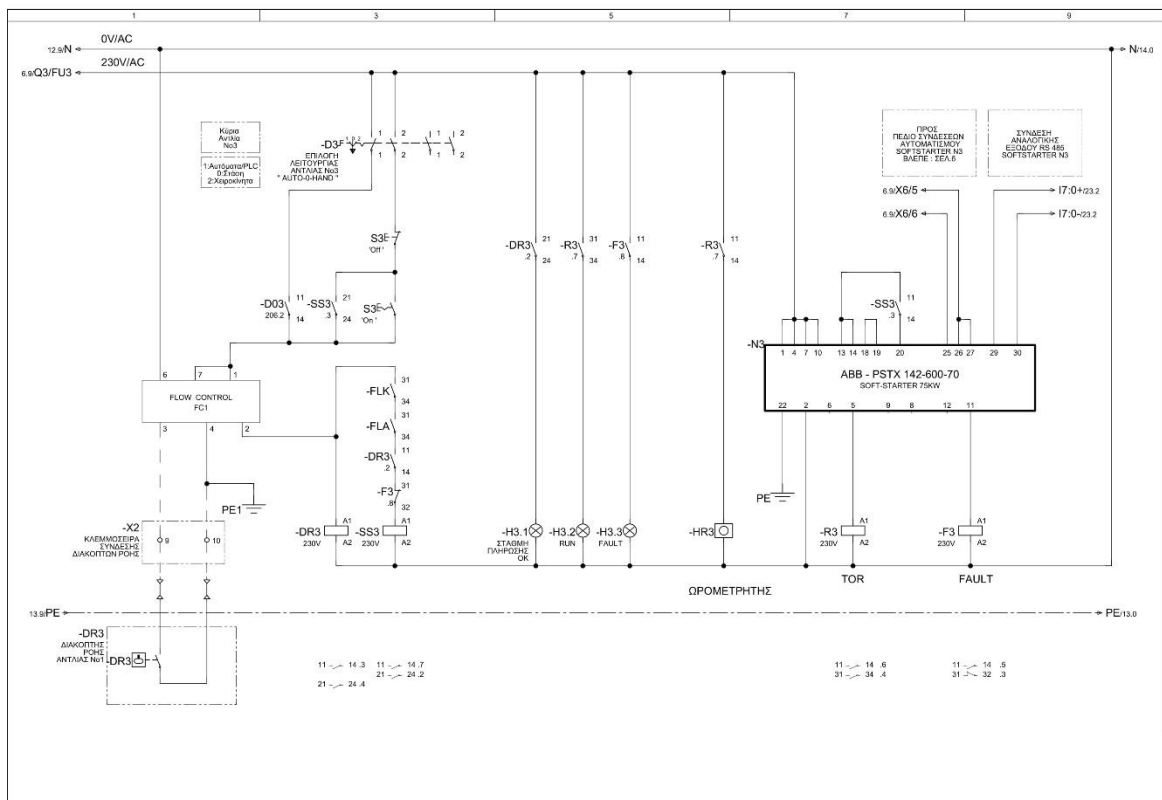
**Εικόνα 38: ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΣ ΦΛΩΤΕΡ**



**Εικόνα 40: ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΣ ΑΝΤΛΙΑΣ Νο1**

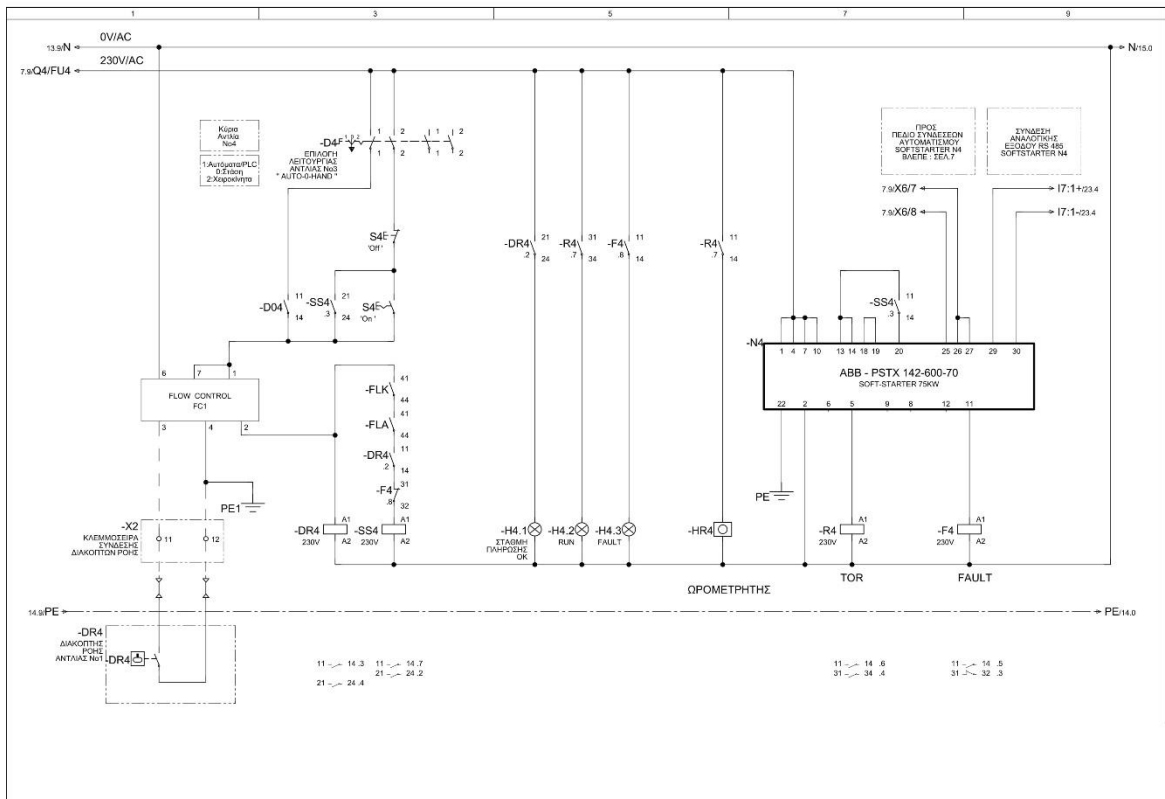


Εικόνα 41: ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΣ ΑΝΤΑΙΑΣ Νο2

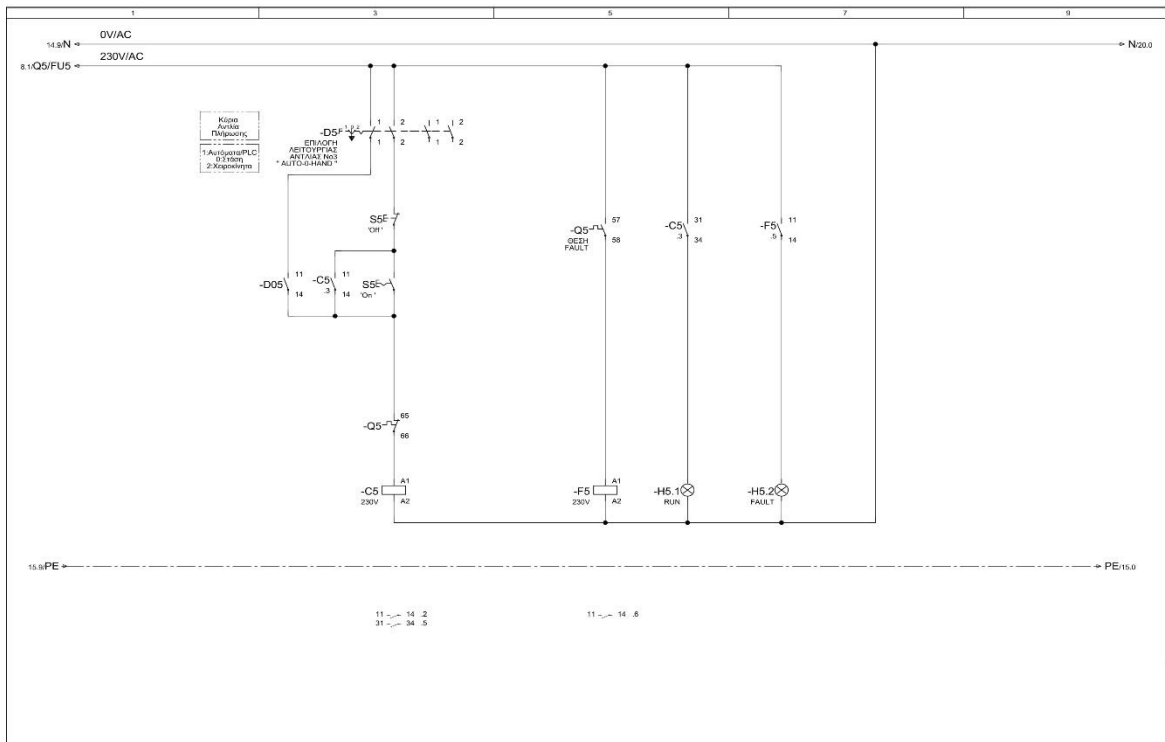


Εικόνα 42: ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΣ ΑΝΤΑΙΑΣ Νο3

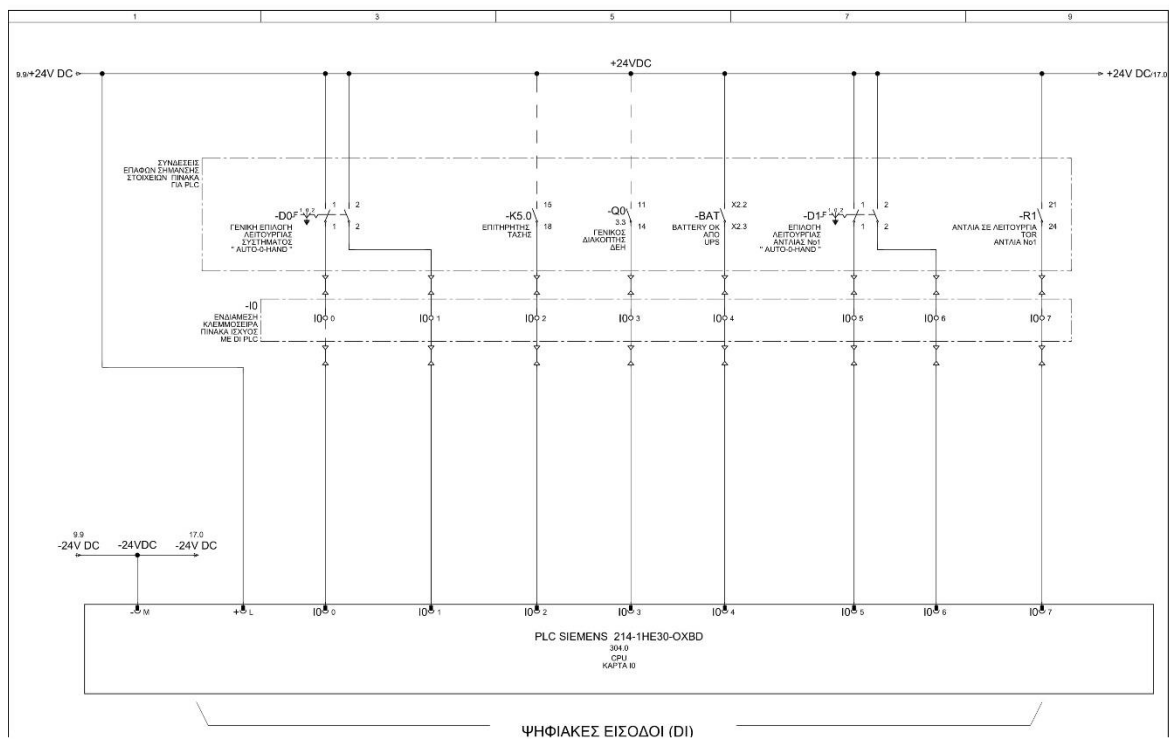




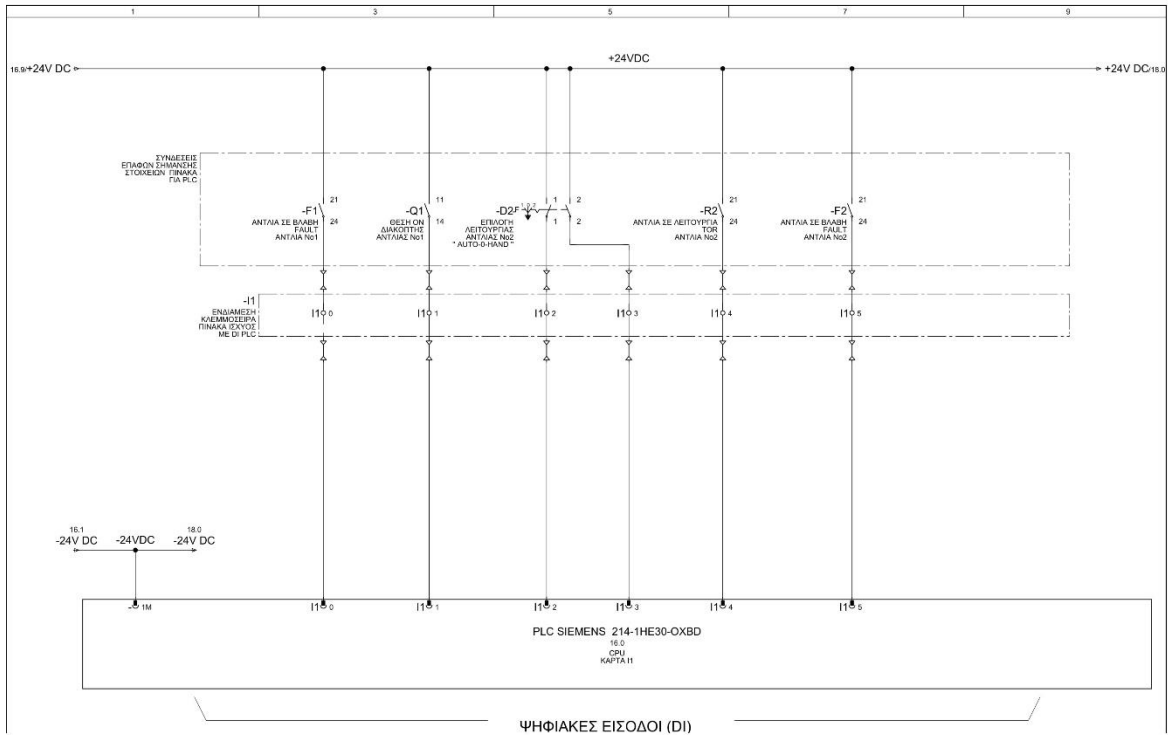
**Εικόνα 44: ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΣ ΑΝΤΙΑΙΑΣ Ν04**



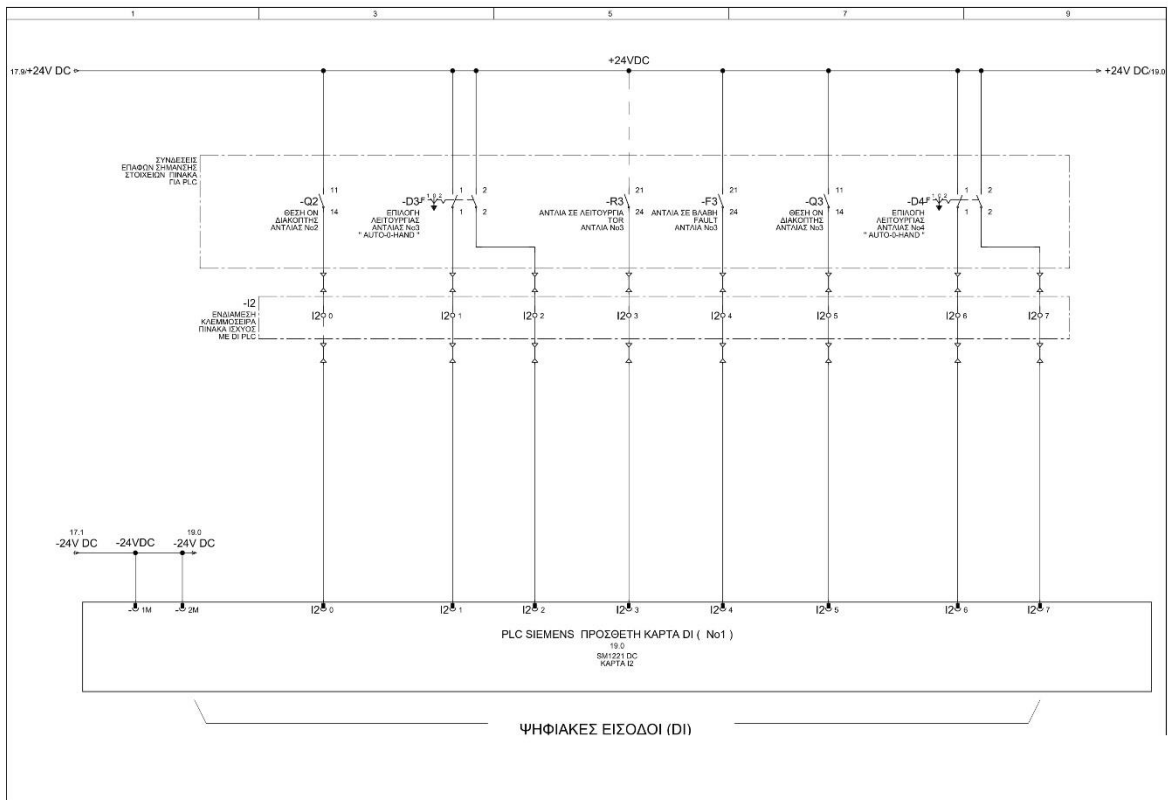
**Εικόνα 43: ΑΝΤΙΑΙΑ ΠΛΗΡΩΣΗΣ**



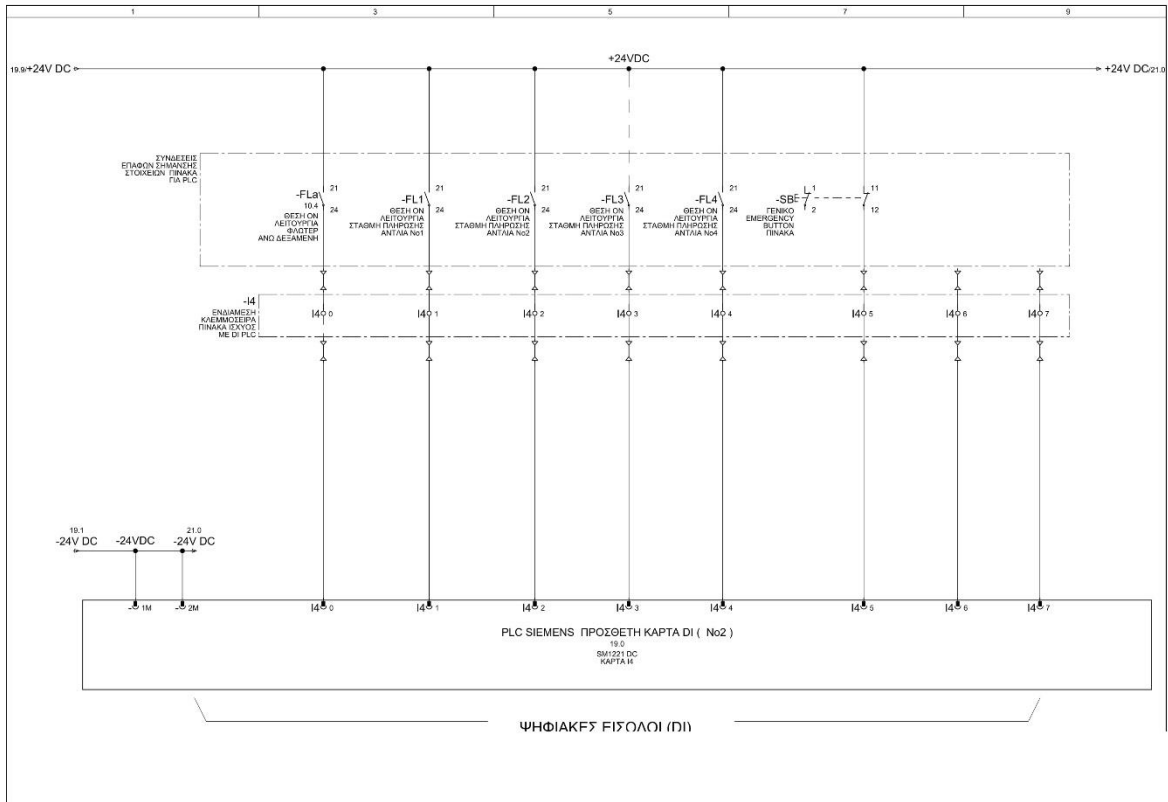
Εικόνα 45: PLC - DI



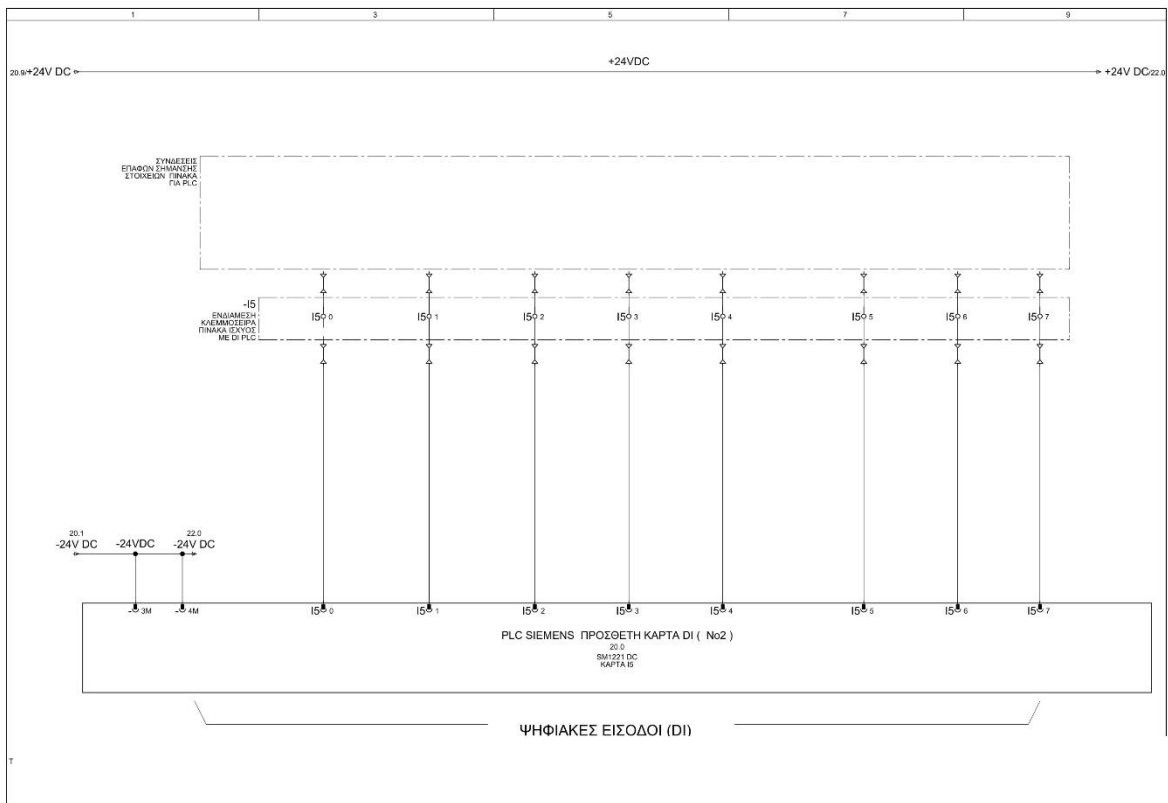
Εικόνα 46: PLC - DI



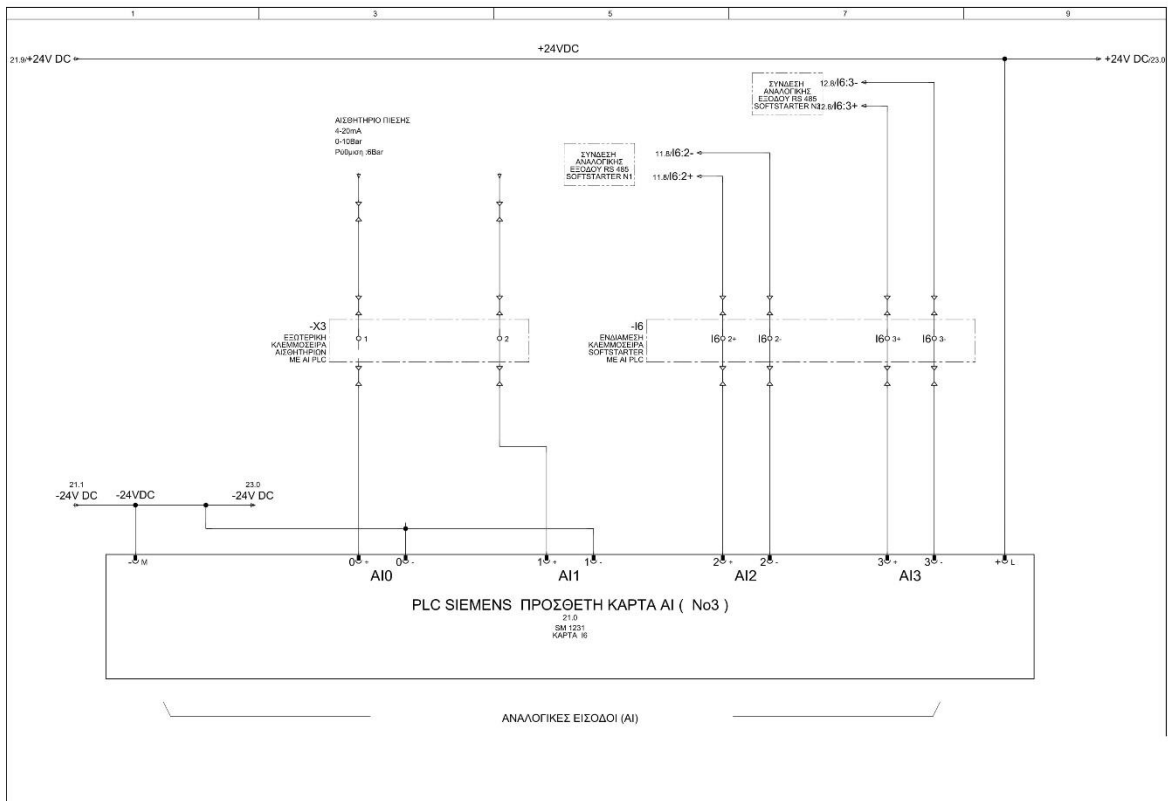
Εικόνα 47: PLC - DI



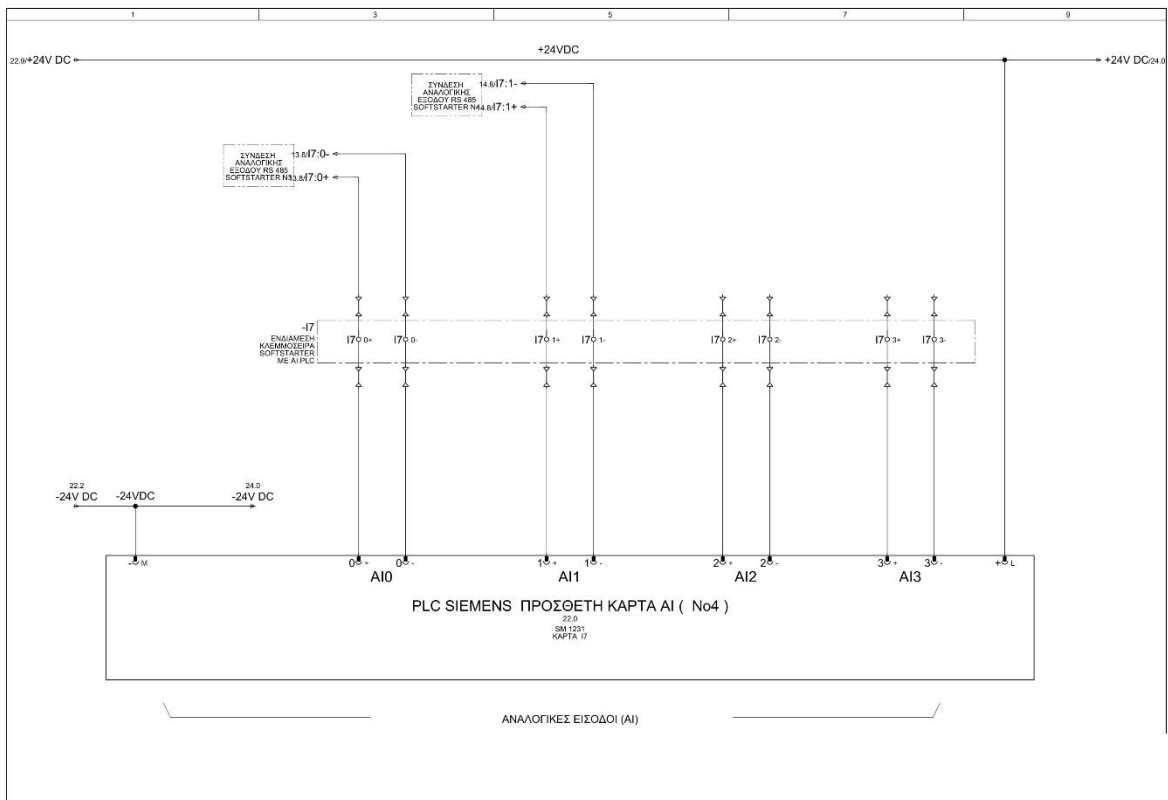
Εικόνα 48: PLC - DI



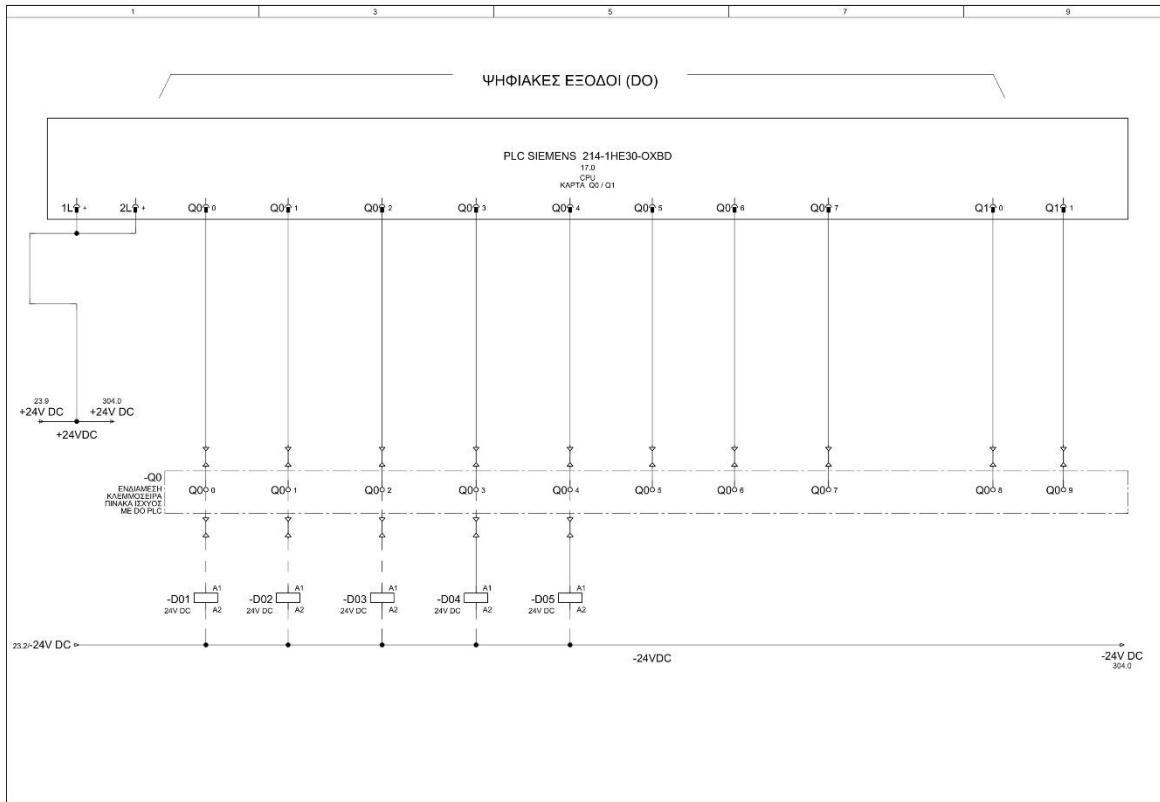
Εικόνα 49: PLC - DI



**Εικόνα 50: PLC - AI**



**Εικόνα 51: PLC - AI**



**Εικόνα 52: PLC - DO**

# **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΜΗΧΑΝΕΣ – STEPHEN J. SHARMAN

ΑΝΤΛΗΣΗ ΥΔΡΕΥΣΗ ΑΡΔΕΥΣΗ – ΜΙΛΤΙΑΔΗΣ Μ. ΚΑΠΟΣ

ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ – ΜΠΙΤΖΙΩΝΗΣ

ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΤΩΝ – ΠΕΤΡΟΣ ΝΤΟΚΟΠΟΥΛΟΣ

