



ΑΝΩΤΑΤΗ ΣΧΟΛΗ ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ

**ΤΜΗΜΑ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ
ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΕΚΚΙΝΗΣΗ 3ΦΑΣΙΚΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΚΙΝΗΤΗΡΑ ΚΑΙ ΑΛΛΑΓΗ ΦΟΡΑΣ
ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΗΣ ΜΕ ΤΗΝ ΧΡΗΣΗ PLC (JAZZ,UNITRONICS)**

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: Δρίτσας Λεωνίδας

ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ: Κατέβας Γεώργιος

ΑΡΙΘΜΟΣ ΜΗΤΡΩΟΥ:201100817

ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ: Κολοκυθιάς Χαράλαμπος

ΑΡΙΘΜΟΣ ΜΗΤΡΩΟΥ:201100822

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η συγκεκριμένη πτυχιακή εργασία έχει ως σκοπό να παρουσιάσει τη διαδικασία κατασκευής ενός ηλεκτρολογικού πίνακα για την εκκίνηση ενός τριφασικού ασύγχρονου κινητήρα και την αλλαγή φοράς περιστροφής μέσω της χρήσης PLC. Πιο συγκεκριμένα, το πρώτο μέρος της εργασίας αποτελεί μία βιβλιογραφική ανασκόπηση μέσω της οποίας παρουσιάζονται βασικές πληροφορίες για τα PLC και τους κινητήρες. Στο δεύτερο μέρος περιγράφονται με λεπτομέρειες τα χαρακτηριστικά του PLC που χρησιμοποιήθηκε για τη συγκεκριμένη εργασία όπως επίσης και η διαδικασία με την οποία κατασκευάστηκε βήμα βήμα ο ηλεκτρολογικός πίνακας. Τέλος, στην εργασία αναφέρονται και οι διάφορες διατάξεις εκκίνησης των κινητήρων δίνοντας έμφαση στην εκκίνηση με διακόπτη αστέρα τριγώνου, η οποία αποτελεί και τον τρόπο εκκίνησης του κινητήρα της συγκεκριμένης εργασίας.

ABSTRACT

This thesis aims to present the process of a switchboard construction, which is going to be used for starting a three-phase motor. In particular, the first part of this paper consists of a literature review on PLCs and motors. In the second part of this thesis, you can find specific information about the PLC, which was used, and a detailed description of the switchboard construction. Furthermore, the different engine starting conditions are mentioned, including starting an engine with a triangle star switch, which is the way we chose to start the engine used in our experimental stage of this paper.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Κεφάλαιο 1

Εισαγωγή

1.1 Ορισμός της έννοιας του αυτοματισμού.....	6
1.2 Πλεονεκτήματα.....	6
1.3 Μειονεκτήματα.....	7
1.4 Αυτοματισμοί στην Αρχαιότητα	7
1.5 Είδη Αυτοματισμού	8
1.5.1 Πνευματικοί.....	8
1.5.2 Υδραυλικοί.....	9
1.5.3 Ηλεκτρικοί.....	10

Κεφάλαιο 2

PLC

2.1 Ορισμός PLC.....	11
2.2 Εξέλιξη.....	11
2.3 Δομή.....	12
2.3.1 Κεντρική Μονάδα (CPU).....	13
2.3.2 Μονάδες εισόδου.....	14
2.3.3 Μονάδες εξόδου.....	15
2.4 Πεδίο Εφαρμογής.....	15
2.5 Πλεονεκτήματα PLC.....	15
2.6 Προγραμματισμός PLC.....	16
2.6.1 Γλώσσα LADDER.....	16
2.6.2 Γλώσσα STL.....	16
2.6.3 Γλώσσα FBD.....	17
2.7 Συσκευές προγραμματισμού των PLC.....	17
2.8 Οι PLC της αγοράς.....	19

Κεφάλαιο 3

Κινητήρες

3.1 Ιστορική Αναδρομή.....	21
3.2 Κινητήρες συνεχούς ρεύματος.....	21
3.2.1 Κατηγορίες κινητήρων συνεχούς ρεύματος.....	22
3.3 Πέδηση κινητήρων συνεχούς ρεύματος.....	23
3.4 Κινητήρες εναλλασσόμενου ρεύματος.....	23
3.5 Τριφασικός Ασύγχρονος Κινητήρας.....	24
3.5.1 Δομή.....	24
3.5.2 Μηχανές με δακτυλιοφόρο δρομέα (wound rotor).....	25
3.5.3 Μηχανές με δρομέα χωρίς αυλακώσεις	26
3.5.4 Μηχανές με βραχυκυκλωμένο δρομέα (squirrel cage rotor) ή μηχανές με κλωβό.....	26
3.6 Πολικά και Φασικά Μεγέθη	27
3.7 Ένταση ρεύματος ενός ασύγχρονου τριφασικού κινητήρα.....	28
3.8 Διατάξεις Εκκίνησης ενός Ασύγχρονου Τριφασικού Κινητήρα.....	29

Κεφάλαιο 4

PLC Jazz

4.1 Περιγραφή.....	33
4.2 Τροφοδοσία.....	33
4.3 Ψηφιακοί Είσοδοι.....	33
4.4 Ψηφιακοί Έξοδοι.....	34

4.5 Περιφερειακά Μέρη.....	34
4.6 Προγραμματιστικό Περιβάλλον.....	34
Κεφάλαιο 5	
A. Πειραματικό Μέρος	
5.1 Υλικά.....	35
5.2 Περιγραφή.....	36
ΚΥΚΛΩΜΑ ΙΣΧΥΟΣ.....	39
ΒΟΗΘΗΤΙΚΟ ΚΥΚΛΩΜΑ.....	39
B. Κατασκευή Πίνακα Αυτοματισμού.....	40
5.3 Φωτογραφίες.....	40
Βιβλιογραφία.....	49

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

Εισαγωγή

1.1 Ορισμός της έννοιας του αυτοματισμού

Η λέξη αυτοματισμός ορίζει την διαδικασία εύρεσης ορισμένων βημάτων προκειμένου να παραχθεί κάποιο επιθυμητό αποτέλεσμα. Με άλλα λόγια ο αυτοματισμός είναι η εύρεση ενός αλγορίθμου που εκτελείται από έναν αυτόνομο μηχανισμό με σκοπό την επίλυση ενός προβλήματος χωρίς να παρεμβαίνει ο άνθρωπος(Βικιπαίδεια). Επιπλέον, η έννοια του αυτοματισμού έχει άμεση σχέση με τη θεωρία ελέγχου γι' αυτό ονομάζεται και Επιστήμη του ελέγχου.

1.2 Πλεονεκτήματα

Το αντικείμενο του αυτοματισμού είναι γενικό και πολύπλευρο γι αυτό και χρησιμοποιείται σε πολλούς τομείς της καθημερινότητας μας. Σε κάποιους απ' αυτούς η χρήση του θεωρείται ακόμη και αναγκαία. Όπως για παράδειγμα σε εργασίες όπου το ανθρώπινο λάθος μπορεί να έχει σοβαρές συνέπειες. Σε ένα τέτοιο λάθος είναι πιθανό να οδηγήσει η υπερφόρτωση του ανθρώπινου νου με πληροφορίες. Αντιθέτως, ένας μηχανισμός μπορεί να επεξεργαστεί και να φέρει εις πέρας έναν μεγάλο αριθμό πληροφοριών με μηδαμινό περιθώριο λάθους. (Bretton and Bosse,2003). Επίσης, τα αυτοματοποιημένα συστήματα παρέχουν σταθερότητα κατά την εκτέλεση μιας εργασίας και μειώνουν τον παράγοντα του άγχους, που μπορεί να προκαλέσει μια κατάσταση (Bretton and Bosse,2003). Ένα ακόμη πλεονέκτημα του αυτοματισμού εντοπίζεται στα τεράστια κέρδη που έχουν σημειωθεί τα τελευταία πενήντα χρόνια στον τομέα της παραγωγής, η οποία έχει αυξηθεί σε μεγάλο βαθμό λόγω των δυνατοτήτων που προσφέρουν τα αυτόματα συστήματα(Hancock, 2013). Τέλος, η χρήση αυτόματων μηχανισμών εξασφαλίζει μεγαλύτερη ασφάλεια στους εργαζομένους και αυξάνει το ενδιαφέρον τους για το χειρισμό των μηχανημάτων(Flemisch, Kelsch, Löper, Schieben & Schindler,2008).

1.3 Μειονεκτήματα

Η είσοδος του αυτοματισμού στην ζωή μας έχει προσφέρει πολλά, ωστόσο υπάρχουν και κάποια μειονεκτήματα που προκύπτουν από την κακή χρήση του. Για παράδειγμα, ο χειριστής των αυτόματων συστημάτων είναι αυτός που τα ρυθμίζει.

Υπάρχει, λοιπόν, η πιθανότητα να τα κακομεταχειρίζεται για το προσωπικό του συμφέρον. (D'Addona, Bracco, Bettoni, Nishino, Carpanzano & Bruzzone, 2018). Επιπρόσθετα, οι χειριστές επαναπαύονται στην αυτόματη λειτουργία των μηχανημάτων και μειώνεται η ετοιμότητά τους σε περίπτωση που πρέπει να αναλάβουν αυτοί τον χειρισμό των μηχανημάτων, με αποτέλεσμα να γίνονται πολλά λάθη (Wiener, 1988). Επίσης, οι επιχειρήσεις εμπιστεύονται τυφλά τα αποτελέσματα που προκύπτουν από τις εργασίες των αυτόματων συστημάτων και κάποιες φορές τους διαφεύγουν κάποια πράγματα. Τέλος, ο ρόλος του ανθρώπου είναι πολύ μικρός, έτσι είναι πιθανόν να μην νιώθει αρκετή ικανοποίηση μέσω αυτής της δουλειάς (Wiener, 1988).

1.4 Αυτοματισμοί στην Αρχαιότητα

Μπορεί όταν ακούμε την λέξη αυτοματισμός το μυαλό μας να πάει σε ένα μηχάνημα τελευταίας τεχνολογίας, ωστόσο υπάρχουν στοιχεία που αποδεικνύουν ότι ακόμη και στην αρχαιότητα είχαν εφευρεθεί τέτοιου είδους κατασκευές. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι οι αυτόματες πόρτες, τις οποίες συναντούσε κανείς στους ναούς. Κάθε φορά που ένας πιστός έκανε μία προσφορά σε ένα θεό, οι πόρτες άνοιγαν και τον καλωσόριζαν. Λέγεται, επίσης, ότι ο Ήρωνας και ο Κτησίβιος είχαν κατασκευάσει συσκευές, με την βοήθεια των οποίων κάθε φορά που άναβαν οι βωμοί ηχούσε αυτόματα και μία σάλπιγγα (Λάζος, 1993).

Ενδιαφέρον είναι επίσης το γεγονός ότι υπήρχαν από την αρχαιότητα πιεστήρια λαδιού υποβοηθούμενα από υδραυλική πρέσα. Εφεύρεση που αποδόθηκε και πάλι στον Ήωνα. Ο Κτησίβιος από την άλλη πλευρά είναι υπεύθυνος για την κατασκευή των πρώτων αντλιών νερού και του πρώτου ηλεκτροφόρου μουσικού οργάνου που λειτουργούσε με πίεση που του παρείχαν μία αντλία αέρα και υδραυλικός μηχανισμός. Τέλος, οι αντλίες αέρος του Κτησίβιου αποτέλεσαν την έμπνευση για την κατασκευή

κινητήρων εσωτερικής καύσης, οι οποίοι χρησιμοποιούνται σήμερα σε εκατομμύρια αυτοκίνητα (Λάζος, 1993).

1.5 Είδη αυτοματισμών

Υπάρχουν διαφορετικά είδη αυτοματισμών ανάλογα με τον τρόπο λειτουργίας του. Τα πιο χαρακτηριστικά παραδείγματα είναι οι πνευματικοί, οι υδραυλικοί και οι ηλεκτρικοί.

1.5.1 Πνευματικοί

Τα πνευματικά συστήματα αποτελούν συστήματα αυτοματισμού κίνησης, τα οποία χρησιμοποιούν τον πεπιεσμένο αέρα και έχουν ως αποτέλεσμα την παλινδρομική κίνηση εμβόλων ή μερικές φορές την περιστροφή των κινητήρων (Ρούτουλας, 2008).

Τα βασικά στοιχεία των αυτόματων πνευματικών συστημάτων είναι η γρήγορη και η εύκολη μεταφορά και αποθήκευση ενέργειας, η εφαρμογή αντιακρηκτικών στοιχείων, που δεν παρουσιάζουν τον κίνδυνο υπερφόρτωσης, η δημιουργία απλής γραμμικής κίνησης με ταχύτητα γύρω στα 1 – 2 m/sec, με απόσταση 2m και δύναμη γύρω στα 3.000 kp, η εύκολη συντήρηση και η εύκολη προσαρμογή τους στην εκάστοτε ταχύτητα και δύναμη (Πανταζής, 1992).

Τα παραπάνω συστήματα εφαρμόζονται τόσο στον βιομηχανικό τομέα όσο και στην καθημερινή ζωή. Οι πιο χαρακτηριστικές χρήσεις των πνευματικών συστημάτων είναι στη συσκευασία προϊόντος σε μορφή σκόνης, στο σύστημα συγκράτησης και κοπής ξύλινων δοκών και η αυτόματη διάτρηση δοκών (Ρούτουλας, 2008).



Πνευματικό σύστημα Αυτοματισμού

1.5.2 Υδραυλικοί

Τα υδραυλικά συστήματα είναι αυτά που μεταφέρουν ισχύ και αποτελούνται από υδραυλικές αντλίες, σωληνώσεις, κινητήρες και έμβολα και έχουν σκοπό την παραγωγή δύναμης (Parambath, 2016). Η διαδικασία της μετάδοσης της ενέργειας που παρέχεται στο σύστημα, εκτελείται με την υποβοήθηση διάφορων ασυμπίεστων υγρών (Κωστόπουλος, 2009).

Τα βασικά χαρακτηριστικά των συστημάτων αυτών είναι η μεγάλη ακρίβεια της θέσης, η πιθανότητα εμφάνισης ευαισθησίας στις αλλαγές της θερμοκρασίας, η πιθανή τοξικότητα του υδραυλικού ρευστού που υπάρχει στο σύστημα και η εισχώρηση έντονων δυνάμεων (Πανταζής, 2015). Επιπλέον, έχουν την ικανότητα να αντιστρέφουν τη φορά της περιστροφής που πραγματοποιείται και μπορούν να αλλάζουν τη χρήσιμη ροπή στρέψης σε μεταβολή της πίεσης της λειτουργίας του εκάστοτε συστήματος (Πανταζής, 1992).

Οι εφαρμογές των υδραυλικών συστημάτων αυτοματισμού αφορούν πολλούς τομείς της καθημερινότητας και της βιομηχανίας και συναντώνται κυρίως στους συσσωρευτές και τις δεξαμενές τους (Ρούτουλας, 2008).



Υδραυλικό σύστημα αυτοματισμού

1.5.3 Ηλεκτρικοί

Τα ηλεκτρικά συστήματα αυτοματισμού χρησιμοποιούν σαν κύρια πηγή ενέργειας το ηλεκτρικό ρεύμα για να εκτελέσουν μια σειρά από εργασίες. Κάποια απ' αυτά έχουν μια μονάδα που λειτουργεί ως κέντρο ελέγχου της μηχανής και αποτελείται από τροφοδοσία DC, διακόπτη Ethernet, μονάδα πύλης δικτύου και ένα χειριστήριο (Mazur, Day, Venne 2019).

Τα συστήματα αυτά είναι τα πιο διαδεδομένα και τα συναντάμε σχεδόν σε όλους τους τομείς. Τα χαρακτηριστικά τους ποικίλουν ανάλογα με τη χρήση τους. Ηλεκτρικά αυτόματα συστήματα συναντάμε στις οικιακές συσκευές, στα αυτοκίνητα, σε μηχανές παραγωγής και σε όλα τα μέσα μεταφοράς.



Ηλεκτρικός Πίνακας

Κεφάλαιο 2

PLC

2.1 Ορισμός PLC

Τα αρχικά PLC προέρχονται από την αγγλική φράση *Programmable Logic Controller* και πρόκειται για ένα ψηφιακό ηλεκτρονικό σύστημα σχεδιασμένο για χρήση σε βιομηχανικό περιβάλλον, το οποίο χρησιμοποιεί μια προγραμματιζόμενη μνήμη για την αποθήκευση εντολών, ώστε να επιτελούνται διάφορες λειτουργίες, όπως λογικές, χρονικές, μετρητικές και αριθμητικές πράξεις και να ελέγχονται μέσω αναλογικών/ψηφιακών μονάδων, διάφορες μηχανές ή διαδικασίες (Χριστόπουλος, 2010).

Έχει εισόδους και εξόδους που συνδέονται με τα στοιχεία μίας εγκατάστασης και βέβαια έναν αλγόριθμο που καθορίζει ότι κάποιος συνδυασμός εισόδων παράγει ένα αποτέλεσμα στις εξόδους. Χρησιμοποιείται σε κάθε βιομηχανία ή εφαρμογή που υπάρχει αυτοματισμός. Πλέον το κόστος αγοράς του έχει μειωθεί τόσο που μπορεί να χρησιμοποιηθεί ακόμα και για οικιακές εφαρμογές (Λουκάκος, 2010) .

Μερικές από τις εφαρμογές που χρησιμοποιούνται τα PLC είναι : ασανσέρ , διυλιστήρια , καράβια , υδροηλεκτρικά φράγματα , συστήματα γεννητριών , ανεμογεννήτριες, βιολογικοί καθαρισμοί , αντλιοστάσια , φανάρια σε διασταυρώσεις δρόμων , κυλιόμενες σκάλες, τούνελ κυκλοφορίας αυτοκινήτων, «έξυπνα» σπίτια, συναγερμοί, γραμμές παραγωγής στην 7 βιομηχανία, αυτόματες μηχανές συσκευασίας – εφύαλωσης, γκαραζόπορτες, κυλιόμενες διαφημιστικές πινακίδες(Ακρίδας, 2014).

2.2 Εξέλιξη

Πρώτη φορά συναντάμε τα PLCs στη δεκαετία του '60. Χρησιμοποιήθηκαν ως μία πιο οικονομική λύση για τα πολύπλοκα συστήματα ελέγχου που βασίζονταν μέχρι τότε σε ηλεκτρομηχανικούς ηλεκτρονόμους (relays). Οι μικρές διαστάσεις των PLCs, η ταχύτητα και η ευκολία στον προγραμματισμό τους, αλλά και η μεγάλη διάρκεια ζωής τους, αποτέλεσαν τις αιτίες για να διαδοθούν ταχύτατα και να παράγονται από μεγάλο αριθμό εταιρειών (Χριστόπουλος Κ, 2010).

Στις αρχές της δεκαετίας του '70, άρχισαν να αναπτύσσονται συστήματα επικοινωνίας και δικτύωσης των PLCs μεταξύ τους. Το πρώτο σύστημα επικοινωνίας PLC ήταν το Modbus της Modicon, με το οποίο απομακρυσμένα PLCs μπορούσαν να επικοινωνούν με το ελεγχόμενο σύστημα. Ανάλογα πρωτόκολλα επικοινωνίας (proprietary), αναπτύχθηκαν και από άλλες εταιρίες, ήταν όμως ασύμβατα μεταξύ τους(Χριστόπουλος,2010).

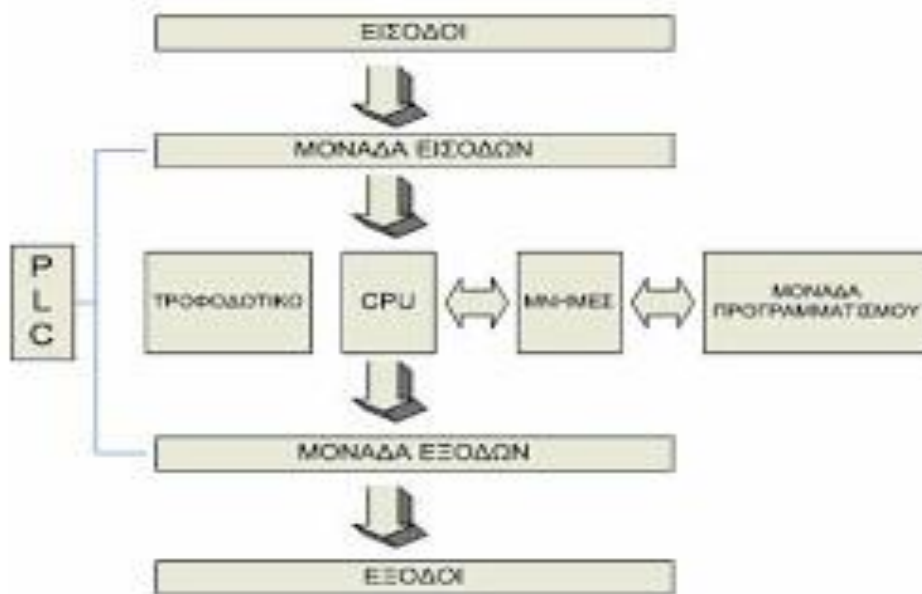
Τη δεκαετία του '80, έγινε μια προσπάθεια να χρησιμοποιηθούν κάποια κοινά πρότυπα (standards) για τα πρωτόκολλα επικοινωνίας των δικτύων PLC, τα οποία θα εξασφάλιζαν τη μεταξύ τους συμβατότητα. Εκείνη την εποχή, έγινε επίσης προσπάθεια να μειωθεί το μέγεθος των PLCs και να αναπτυχθεί το λογισμικό που θα έκανε εφικτό τον προγραμματισμό τους από προσωπικό υπολογιστή και όχι από τερματικά σχεδιασμένα αποκλειστικά για τον προγραμματισμό των PLCs(Χριστόπουλος,2010).

Πιο συγκεκριμένα, στις αρχές της δεκαετίας του 80 οι εταιρίες παραγωγής ηλεκτρολογικού υλικού εμφανίζουν στους μηχανικούς και τεχνικούς της βιομηχανίας ένα νέο προϊόν αυτοματισμού, το PLC. Με τον τρόπο αυτό η είσοδος του PLC στην βιομηχανία υπήρξε επιτυχής και ομαλή. Σήμερα, ο κλασικός αυτοματισμός με ηλεκτρονόμους τείνει να εκλείπει. Όλες οι καινούργιες εγκαταστάσεις χρησιμοποιούν PLC. Μετά από λίγα χρόνια ελάχιστες εγκαταστάσεις θα χρησιμοποιούν πίνακες κλασικού αυτοματισμού (Αναστασίου, Μισαηλίδης,2017).

2.3 Δομή

Ένα PLC αποτελείται από μία μονάδα εισόδου (Input Module), μία μονάδα εξόδου (Output Module) και την κεντρική μονάδα επεξεργασίας (Central Processing Unit, CPU) (Ακρίδας,2014).

Τα βασικά τεχνικά χαρακτηριστικά ενός PLC είναι ο αριθμός των εισόδων, ο αριθμός των εξόδων, η τάση εισόδου (συνήθως 24v DC), ο τύπος των εξόδων (Relay Transistor, Triac), ο αριθμός των αναλογικών εισόδων και εξόδων και η τάση τροφοδοσίας.(συνήθως κυμαίνεται από 100 μέχρι 240v AC) (Ακρίδας,2014).



Δομή του PLC

2.3.1 Κεντρική μονάδα (CPU)

Η κεντρική μονάδα επεξεργασίας (Central Processing Unit)-CPU, έχει ακριβώς την ίδια δομή με τη CPU ενός ψηφιακού Ηλεκτρονικού Υπολογιστή και πραγματοποιεί πολλαπλές βασικές λειτουργίες, όπως:

Διάβασμα, ερμηνεία και εκτέλεση, με τη σωστή διαδοχή, των οδηγιών, που περιέχονται στην μνήμη.

Έλεγχο του πρωτοκόλλου επικοινωνίας που έχουμε καθορίσει στο σύστημα μας.

Αποθήκευση των πληροφοριών

Εκτέλεση αριθμητικών πράξεων κ.τ.λ.

Τα δεδομένα εισόδου που επεξεργάζεται μια CPU ενός PLC είναι δυαδικής μορφής και για το λόγο αυτό λέμε συνήθως ότι τα PLCs είναι 1 bit Boolean Processors (επεξεργαστές του 1 bit). Υπάρχουν βέβαια και επεξεργαστές με δυνατότητα επεξεργασίας πολλαπλών bits.

Η κεντρική μονάδα διαβάζει τη μνήμη βήμα προς βήμα με σταθερή ταχύτητα.

Ανάλογα με τον αριθμό των καταχωρημένων (στη μνήμη) οδηγιών, χρειάζονται 1020 χιλιοστά του δευτερολέπτου (ms) για να διαβασθεί ολόκληρη η μνήμη. Έτσι, όταν ο κύκλος ανάγνωσης του προγράμματος (κύκλος προγράμματος) είναι 20 ms, μια οδηγία σ' ένα συγκεκριμένο σημείο του προγράμματος επεξεργάζεται (διαβάζεται και προωθείται ανάλογα) 50 φορές το δευτερόλεπτο. Υπάρχει επομένως ένας μέγιστος ενδιάμεσος χρόνος 0.02 sec (δευτερολέπτων) που μεσολαβεί πριν ένα γεγονός, π.χ. ένα σήμα από κάποιο δείκτη θερμοκρασίας ή ορίου, εντοπισθεί από την κεντρική μονάδα (Ακρίδας, 2014).



Κεντρική Μονάδα CPU

2.3.2 Μονάδες Εισόδου

Οι συσκευές εισόδου μπορεί να είναι:

Διακόπτες

Αισθητήρες

Ανιχνευτές κ.τ.λ

Συνδέονται στην είσοδο μέσω του κυκλώματος εισόδου το οποίο παρέχει ηλεκτρική απομόνωση και εξισορρόπηση των τάσεων. Ο επεξεργαστής μπορεί με αυτόν τον τρόπο να διαβάζει τα σήματα εισόδου χωρίς να έρχεται σε επαφή με τις υψηλές τάσεις της εγκατάστασης(Λουκάκος,2010).

2.3.3 Μονάδες εξόδου

Οι συσκευές εξόδου μπορεί να είναι:

Ρελέ

Βαλβίδες

Λυχνίες κ.τ.λ

Και συνδέονται στο κύκλωμα εξόδου όπου και λαμβάνουν σήματα από τον ελεγκτή. Τα κυκλώματα εξόδου βρίσκονται εκεί για να παρέχουν ηλεκτρική απομόνωση και να ρυθμίζουν τις διαφορές των τάσεως(Λουκάκος,2010).

2.4 Πεδίο Εφαρμογής

Οι χρήσεις των PLCs είναι ποικίλες. Αρχικά, σχεδιάστηκαν για να αντικαταστήσουν τους κλασικούς πίνακες με ηλεκτρονόμους, για τον έλεγχο διαφόρων μηχανημάτων και συστημάτων. Αργότερα, λόγω των δυνατοτήτων προγραμματισμού τους και της μεγάλης ποικιλίας εξωτερικών συμπληρωματικών μονάδων (π.χ. εισόδων/εξόδων), η χρήση τους εξαπλώθηκε σε πολύ πιο σύνθετες εφαρμογές, όπως ο έλεγχος και η παρακολούθηση παραγωγικών διαδικασιών σε πραγματικό χρόνο, ενώ χρησιμοποιήθηκαν και ως ελεγκτές κλειστού βρόχου PID, PD ή PI. Με τη χρήση των PLCs το ηλεκτρικό κύκλωμα ελέγχου των μηχανών απλοποιείται, γίνεται πιο έξυπνο, πιο ευέλικτο σε μετατροπές, πιο αξιόπιστο στη λειτουργία. Η καλωδίωση του κυκλώματος ελέγχου μπαίνει όλη σχεδόν στο πρόγραμμα του PLC (Χριστόπουλος,2010).

2.5 Πλεονεκτήματα PLC

Μερικά από τα πλεονεκτήματα των PLC είναι τα εξής (Χριστόπουλος,2010):

1. Είναι συσκευές γενικής χρήσης
2. Το κόστος τους είναι χαμηλό

3. Ο προγραμματισμός του είναι σχετικά εύκολος. Μπορούμε να αλλάξουμε τις λειτουργίες του χωρίς να αντικαταστήσουμε την καλωδίωση
4. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για οποιοδήποτε μηχάνημα
5. Η χρήση του PLC στο κύκλωμα επιφέρει πιο χαμηλή κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας
6. Η παραγωγικότητα των μηχανημάτων αυξάνεται και η αυτοματοποίηση γίνεται πιο εύκολη
7. Μπορούν να προγραμματιστούν εξ' αποστάσεως
8. Ο χρόνος κατασκευής του αυτοματισμού είναι μηδαμινός σε σχέση με την κατασκευή ενός κλασικού πίνακα αυτοματισμού.
9. Το PLC καταλαμβάνει ελάχιστο χώρο σε σχέση με τον αντίστοιχο πίνακα κλασικού αυτοματισμού.
10. Ο αυτοματισμός με PLC επεκτείνεται πολύ εύκολα

2.6 Προγραμματισμός PLC

Το σημαντικότερο κομμάτι σε ένα σύστημα αυτοματισμού με PLC είναι το λογισμικό, το οποίο πραγματοποιεί τον επιθυμητό αυτοματισμό. Το πρόγραμμα αναπτύσσεται σε μία γλώσσα προγραμματισμού, η οποία ποικίλει ανάλογα την εταιρεία κατασκευής του PLC. Οι βασικότερες γλώσσες που συναντάμε είναι τρεις: η γλώσσα LADDER, η STL και η γλώσσα λογικού διαγράμματος(Αναστασίου, Μισαηλίδης,2017).

2.6.1 Γλώσσα LADDER ή γλώσσα ηλεκτρολογικών γραφικών

Η γλώσσα LADDER είναι η πρώτη γλώσσα που αναπτύχθηκε και κάνει δυνατή την μεταφορά του ηλεκτρολογικού σχεδίου, μέσω της συσκευής αυτοματισμού, στο PLC. Οι τεχνικοί προσαρμόστηκαν εύκολα στα νέα δεδομένα αφού η γλώσσα αυτή δεν αλλάζει ουσιαστικά την εργασία σχεδιασμού του αυτοματισμού. Τα σύμβολα που χρησιμοποιούνται συνήθως είναι της αμερικάνικης τυποποίησης(Αναστασίου, Μισαηλίδης,2017).

2.6.2 Γλώσσα λίστα εντολών (STL) ή γλώσσα λογικών εντολών.

Η γλώσσα αυτή αναπτύχθηκε σχεδόν ταυτόχρονα με τη γλώσσα LADDER, αν και οι εταιρείες έδειξαν στην αρχή δισταγμό στο να τη χρησιμοποιήσουν. Η γλώσσα αυτή δημιουργεί λίστα προγράμματος με εντολές, οι οποίες αντιστοιχούν στις λογικές πύλες (AND,OR,NOT κλπ).

Στην αρχή η γλώσσα λίστα εντολών ήταν πολύ φτωχή και περιοριζόταν μόνο στις βασικές λογικές εντολές, οι οποίες αντιστοιχούσαν αμέσως στις γραφικές εντολές της γλώσσας LADDER. Σήμερα οι γλώσσες αυτές έχουν εξελιχθεί πάρα πολύ και συναντά κανείς σε αυτές στοιχεία από τις γλώσσες των υπολογιστών και κυρίως των γλωσσών Assembly (Αναστασίου, Μισαηλίδης,2017). Οι εντολές της STL στην πλειοψηφία τους είναι τα ακρωνύμια των λογικών πράξεων, έτσι όπως ορίζονται στην Άλγεβρα Boole και περιγράφουν τη λογική λειτουργία ενός ηλεκτρομηχανολογικού κυκλώματος-αυτοματισμού(Αρβανίτης,2015). Ο προγραμματισμός σε λίστα εντολών απαιτεί από τον ηλεκτρολόγο να έχει έστω στοιχειώδεις γνώσεις προγραμματισμού (Αναστασίου, Μισαηλίδης,2017).

2.6.3 Γλώσσα λογικών γραφικών ή λογικού διαγράμματος(FBD).

Στη λίστα λογικών διαγραμμάτων (FBD) περιγράφεται ένας αυτοματισμός με λογικά διαγράμματα βαθμίδων (Block diagrams) (Αρβανίτης,2015). Η γλώσσα αυτή είναι νεότερη και δεν χρησιμοποιείται από όλες τις εταιρείες (Αναστασίου, Μισαηλίδης,2017).

2.7 Συσκευές προγραμματισμού των PLC

Για να προγραμματίσουμε έναν PLC εκτός από τη γλώσσα προγραμματισμού χρειαζόμαστε και μία συσκευή, για να την μεταφέρει σ' αυτόν. Ορισμένα μικρά PLC, ωστόσο, προγραμματίζονται με τη βοήθεια ενός αριθμού πλήκτρων που είναι ενσωματωμένα επάνω στη συσκευή του PLC και δε χρειάζονται συσκευή προγραμματισμού. Μια συσκευή προγραμματισμού μπορεί να είναι μιας από τις παρακάτω μορφές(Αναστασίου, Μισαηλίδης,2017):

Ειδικός προγραμματιστής χειρός

Κάθε PLC συνοδεύεται από μια ειδική συσκευή προγραμματιστή, η οποία είναι συνήθως “χειρός”, δηλαδή φορητή. Αυτές οι συσκευές προγραμματισμού διαθέτουν μια μικρή οθόνη υγρών κρυστάλλων και τυποποιημένα πλήκτρα προγραμματισμού. Συνήθως οι ειδικοί “προγραμματιστές” μπορούν να προγραμματίσουν τα PLC μόνο σε γλώσσα λίστα εντολών. Υπάρχουν όμως και “προγραμματιστές” με τους οποίους μπορούμε να προγραμματίσουμε και σε κάποια από τις γραφικές γλώσσες. Για να προγραμματίσουμε το PLC πρέπει να το συνδέσουμε με τον προγραμματιστή. Η σύνδεση πραγματοποιείται μέσω ειδικής θύρας που υπάρχει στην κεντρική μονάδα επεξεργασίας του PLC. Αφού πληκτρολογήσουμε το πρόγραμμα, το μεταφέρουμε στη μνήμη του PLC. Όταν ολοκληρώσουμε τη διαδικασία αυτή, ο προγραμματιστής μπορεί να αποσυνδεθεί. Ο τρόπος χειρισμού του προγραμματιστή είναι ειδικός για κάθε PLC. Οι προγραμματιστές των διαφόρων εταιριών δεν μοιάζουν πολύ μεταξύ τους και αυτό είναι μια δυσκολία στην εκμάθηση του προγραμματισμού ενός νέου PLC (Αναστασίου, Μισαηλίδης,2017).

Οι προγραμματιστές χειρός σήμερα διαθέτουν και άλλες δυνατότητες όπως για παράδειγμα:

- ✚ Μπορούν να συνδεθούν με εκτυπωτή, για να εκτυπώσουμε το πρόγραμμα.
- ✚ Μπορούν να συνδεθούν με προσωπικό υπολογιστή με όσα πλεονεκτήματα μπορεί αυτό να έχει, πχ. μπορούμε να αποθηκεύσουμε σε δισκέτα το πρόγραμμα, να κάνουμε εκτύπωση του προγράμματος κλπ
- ✚ Μπορούν να συνδεθούν με ειδική συσκευή προγραμματισμού EEPROM, με την οποία μπορούμε να θέτουμε το πρόγραμμα σε πλακέτες EEPROM.
- ✚ Ακόμη με τον προγραμματιστή μπορούμε να ελέγχουμε την λειτουργία του προγράμματος αυτοματισμού και να κάνουμε ανίχνευση βλαβών. Αυτή η δυνατότητα είναι ίσως το σημαντικότερο πλεονέκτημα του προγραμματιστή χειρός, γιατί μπορεί να μεταφερθεί σε οποιαδήποτε εγκατάσταση PLC να συνδεθεί στο PLC και να ψάξουμε για βλάβες στη λειτουργία του αυτοματισμού (Αναστασίου, Μισαηλίδης,2017).

Υπολογιστής και χρήση ειδικού λογισμικού.

Ο πιο εύκολος τρόπος προγραμματισμού ενός PLC σήμερα είναι μέσω ενός υπολογιστή. Με την χρήση ειδικού λογισμικού το οποίο δίνεται από την εταιρεία, το PC μετατρέπεται σε προγραμματιστή. Για τη σύνδεση του PC με το PLC ή με την συσκευή προγραμματισμού χρειάζεται ειδική κάρτα σύνδεσης (πλέον γίνεται και απευθείας σύνδεση μέσω Ethernet ή και USB), η οποία τοποθετείται στο PC (Αναστασίου, Μισαηλίδης,2017).

Ο προγραμματισμός μέσω PC είναι πολύ ευκολότερος από τον προγραμματισμό με τον ειδικό προγραμματιστή χειρός, ειδικά για κάποιον που είναι εξοικειωμένος με την χρήση του PC.

2.8 Οι προγραμματιζόμενοι λογικοί ελεγκτές της αγοράς

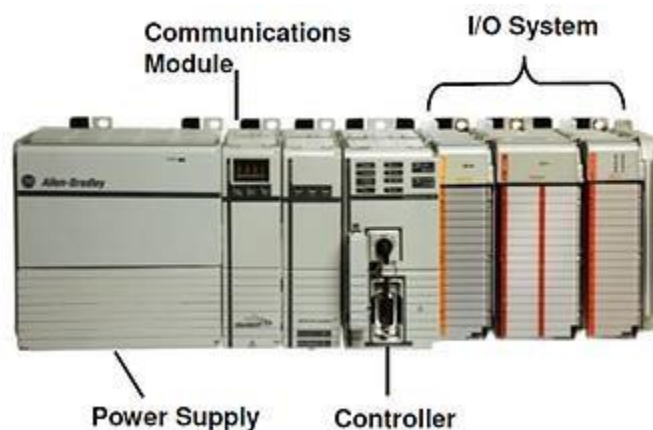
Υπάρχουν δύο είδη προγραμματιζόμενων λογικών ελεγκτών στην αγορά: οι Modular και οι συμπαγείς.

Modular PLC

Σε αυτή την περίπτωση το PLC πωλείται σε modular μορφή δηλαδή κομμάτι-κομμάτι.

Τα βασικά κομμάτια ενός τέτοιου PLC είναι:

- ✦ Η μονάδα τροφοδοσίας.
- ✦ Η κεντρική μονάδα επεξεργασίας, η οποία έχει τη δυνατότητα να οδηγήσει ένα ανώτατο αριθμό εισόδων και εξόδων πχ. το PLC SIMATIC S7300(CPU 316) της Siemens μπορεί να οδηγήσει μέχρι 1024 ψηφιακές εισόδους και εξόδους (συνολικά).
- ✦ Οι μονάδες εισόδων και εξόδων. Στα modular PLC πωλούνται και αυτές σε κομμάτια-μονάδες. Κάθε μονάδα εισόδων (ή εξόδων) μπορεί να έχει 4, 8, 16 ή 32 εισόδους (ή εξόδους). Με αυτό τον τρόπο μπορούμε να επιλέγουμε μία μονάδα εισόδων ή εξόδων η οποία να έχει τα τεχνικά χαρακτηριστικά που επιθυμούμε. Γίνεται κατανοητό ότι σε ένα modular PLC μπορούμε να έχουμε μονάδες εισόδων ή εξόδων που να λειτουργούν σε διαφορετικές τάσεις τροφοδοσίας (Αναστασίου, Μισαηλίδης,2017).



Συμπαγή PLC

Όλες οι εταιρείες διαθέτουν και μικρά PLC, στα οποία όλες οι μονάδες τους (τροφοδοσία, κεντρική μονάδα και μονάδες εισόδων – εξόδων) είναι ενσωματωμένες σε μια συσκευή. Σε αυτού του είδους τα PLC είσοδοι και έξοδοι είναι συνήθως μέχρι 20 και όλες οι εισοδοι(ή έξοδοι) έχουν τα ίδια τεχνικά χαρακτηριστικά. Το σημείο που πρέπει κάποιος να προσέξει σχετικά με τις εισόδους και εξόδους είναι ότι κάθε είσοδος ή έξοδος είναι για το PLC ακριβώς καθορισμένη, δηλαδή έχει καθορισμένο όνομα με το οποίο αναφέρεται και στο πρόγραμμα.

Στα συμπαγή PLC σε κάθε ακροδέκτη αναγράφεται το όνομα της εισόδου ή της εξόδου. Στα modular PLC υπάρχει σαφές σύστημα με το οποίο αναγνωρίζουμε το όνομα της εισόδου (ή εξόδου) σε κάθε ακροδέκτη μιας μονάδας εισόδων (εξόδων).



Κεφάλαιο 3

Κινητήρες

3.1 Ιστορική Αναδρομή

Οι πρώτοι ηλεκτρικοί κινητήρες κατασκευάστηκαν το 1888 με βάση τις αρχές του ηλεκτρομαγνητισμού, οι οποίες θεμελιώθηκαν από τους Michael Faraday και Joseph Henry το 1833(Χαρίσκου, 2011). Πιο συγκεκριμένα, έκαναν την εμφάνισή τους δύο είδη ηλεκτρικών κινητήρων: ο κινητήρας συνεχούς και ο κινητήρας εναλλασσόμενου ρεύματος, με τον πρώτο να προηγείται χρονικά και τον δεύτερο τελικά να επικρατεί. Η αμέσως επόμενη εξέλιξη στον τομέα των κινητήρων ήταν η δυνατότητα αυτόματου ελέγχου τους, με στόχο την επίτευξη του επιθυμητού αποτελέσματος. Αρχικά, για τον έλεγχο τους χρησιμοποιήθηκαν απλά μηχανικά ή ηλεκτρικά συστήματα, τα οποία όμως είχαν εξαιρετικά χαμηλή απόδοση (Χαρίσκου, 2011).

Με τη πάροδο του χρόνου όμως έκανε την εμφάνισή του το τρανζίστορ, μια εφεύρεση των William Shockley, John Bardeen και Walter Brattain, η οποία παρουσιάστηκε τον Ιανουάριο του 1947. Η εξέλιξη του τρανζίστορ, και η δημιουργία μεταγενέστερων εφαρμογών όπως το θυρίστορ (1957), το MOSFET (1969), το SCR, το GTO, και το IGBT έδωσαν τη δυνατότητα διαχείρισης μεγάλων ηλεκτρικών ισχύων και οδήγησαν στη δημιουργία ενός νέου και γρήγορα εξελισσόμενου τομέα της Μηχανικής, τα Ηλεκτρονικά Ισχύος (Χαρίσκου, 2011).

Συμπεραίνουμε, λοιπόν, ότι οι ηλεκτρικοί κινητήρες είναι μία από τις σημαντικότερες ανακαλύψεις, διότι αποτελούν από τις κυριότερες διατάξεις για τη μεταφορά και την αξιοποίηση της ηλεκτρικής ενέργειας (Καββαδάς, 2019).

3.2 Κινητήρες συνεχούς ρεύματος

Στις ΗΠΑ κατασκευάστηκαν τα πρώτα συστήματα ισχύος συνεχούς ρεύματος, τα οποία και κατείχαν μεγάλο ποσοστό στις ετήσιες πωλήσεις μέχρι το 1960 (Charman,2003). Σύμφωνα με τους Γατζούδη, Λαγουδάκο και Μπινιάρo (2004), στις βιομηχανικές χώρες οι κινητήρες καταναλώνουν το 65% του συνόλου της

ενέργειας. Από αυτό το ποσοστό το 8% αφορά κινητήρες συνεχούς ρεύματος, που συνήθως χρησιμοποιούνται σε συστήματα ελεγχόμενης λειτουργίας. Το ποσοστό αυτό έχει μειωθεί τα τελευταία χρόνια, ωστόσο, οι κινητήρες συνεχούς ρεύματος παραμένουν αναντικατάστατοι όσον αφορά τα συστήματα συνεχούς ρεύματος που υπάρχουν στα αυτοκίνητα, στα φορτηγά και τα αεροπλάνα (Καββαδάς, 2019). Επιπλέον, οι κινητήρες αυτοί ενδείκνυνται για τη χρήση τους σε εφαρμογές στις οποίες απαιτούνται μεγάλες μεταβολές στην ταχύτητα περιβολής (Βέννης, 2018). Αξίζει να σημειωθεί ότι όλες οι μηχανές συνεχούς ρεύματος μπορούν να αξιοποιηθούν ως κινητήρες συνεχούς ρεύματος, παρέχοντας μια μεγάλη ποικιλία χαρακτηριστικών στροφών χωρίς να απαιτείται η χρήση πολύπλοκων και δαπανηρών μετατροπέων ελέγχου (Καββαδάς, 2019).

Η λειτουργία των κινητήρων συνεχούς ρεύματος βασίζονται στην αλληλεπίδραση δύο μαγνητικών πεδίων. Το πρώτο πεδίο δημιουργείται από μαγνήτες που είναι μόνιμα προσαρμοσμένοι στον στάτη της μηχανής και το δεύτερο δημιουργείται από το περιστρεφόμενο τύλιγμα τυμπάνου του ηλεκτρομαγνήτη στον δρομέα της μηχανής (Χαρίσκου, 2011).

3.2.1 Κατηγορίες Κινητήρων Συνεχούς Ρεύματος

Οι κινητήρες συνεχούς ρεύματος, διακρίνονται σε τέσσερις κατηγορίες με βάση τα τύλιγματα διέγερσης τα οποία διαθέτουν και με τον τρόπο που αυτά συνδέονται: (Καββαδάς, 2019).

- 1) **Κινητήρας Παράλληλης Διέγερσης:** Στους κινητήρες αυτούς το τύλιγμα διεγέρσεως συνδέεται παράλληλα με το τύλιγμα του επαγωγικού τυμπάνου, ακριβώς όπως στις αντίστοιχες γεννήτριες.
- 2) **Κινητήρας Διέγερσης Σειράς:** Το τύλιγμα διεγέρσεως S1-S2 είναι συνδεδεμένο σε σειρά με το τύλιγμα του επαγωγικού τυμπάνου της μηχανής. Επίσης σε σειρά με αυτά συνδέεται και ο εκκινητής.
- 3) **Κινητήρας Ξένης Διέγερσης:** Οι κινητήρες με ξένη διέγερση κατασκευάζονται για ειδικές χρήσεις και έχουν περίπου τις ιδιότητες με τους κινητήρες παράλληλης διέγερσης. Πιο συγκεκριμένα, οι περιπτώσεις όπου

χρησιμοποιούνται κινητήρες με ξένη διέγερση είναι κυρίως εκείνες κατά τις οποίες γίνεται ρύθμιση της ταχύτητας περιστροφής του κινητήρα σε μεγάλα όρια.

- 4) **Κινητήρας Σύνθετης Διέγερσης:** Στους κινητήρες με σύνθετη διέγερση, κάθε κύριος μαγνητικός πόλος έχει δύο τυλίγματα, το παράλληλο τύλιγμα και το τύλιγμα σειράς. Επίσης, όπως και στις γεννήτριες έχουμε κινητήρες με αθροιστική σύνθετη διέγερση και κινητήρες με διαφορική σύνθετη διέγερση, αντίστοιχα με το αν το τύλιγμα σειράς ενισχύει ή εξασθενίζει το μαγνητικό πεδίο που δημιουργεί το παράλληλο τύλιγμα.

3.3 Πέδηση Κινητήρων συνεχούς ρεύματος

Η μετατροπή της μηχανικής ενέργειας σε ηλεκτρική ενέργεια είναι αποτέλεσμα της ηλεκτρικής πέδησης. Ο χρονικός ρυθμός της μετατροπής της ενέργειας ορίζει και τον χρόνο πέδησης.

Στη διαδικασία της ηλεκτρικής πέδησης, ο κινητήρας μετατρέπεται σε γεννήτρια και παράγει ηλεκτρική ενέργεια σε βάρος της αποθηκευμένης μηχανικής ενέργειας. Η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται, είτε επιστρέφει στο ηλεκτρικό δίκτυο, ή καταναλώνεται ως θερμότητα σε μια εξωτερική ωμική αντίσταση, που ονομάζεται αντίσταση πέδησης.

Υπάρχουν τριών ειδών πέδησης σε ένα κινητήρα συνεχούς ρεύματος:

1. Η Δυναμική Πέδηση
2. Η Αναγεννητική Πέδηση και
3. Η Ακραία Πέδηση (Plugging)

Η ηλεκτρική πέδηση είναι πολύ σημαντική για τις ηλεκτρικές μηχανές συνεχούς ρεύματος (Μαλατέστας, 2015).

3.4 Κινητήρες εναλλασσόμενου ρεύματος

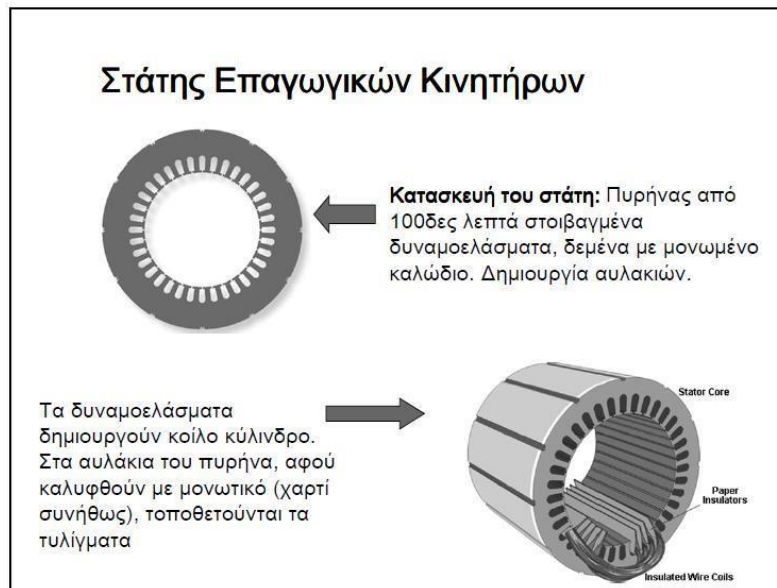
Οι ηλεκτρικοί κινητήρες/μηχανές εναλλασσόμενου ρεύματος διακρίνονται σε δύο βασικές κατηγορίες: τις σύγχρονες μηχανές και τις ασύγχρονες ή επαγωγικές μηχανές (Τριάντης, 2016). Στις σύγχρονες μηχανές το ρεύμα παράγεται από ανεξάρτητες πηγές συνεχούς ρεύματος, ενώ στις ασύγχρονες παράγεται επαγωγικά στους αγωγούς του δρομέα. Οι ασύγχρονες μηχανές βρίσκουν ευρεία εφαρμογή στον τομέα των ηλεκτρικών κινήσεων, αφού συναντώνται κυρίως ως ασύγχρονοι κινητήρες (Τριάντης, 2016). Η υπό μελέτη μηχανή ανήκει στην κατηγορία των ασύγχρονων ή επαγωγικών μηχανών.

3.5 Τριφασικός Ασύγχρονος Κινητήρας

3.5.1 Δομή

Ο επαγωγικός κινητήρας αποτελείται από: ένα ακίνητο μέρος, τον στάτη και από ένα περιστρεφόμενο μέρος, το δρομέα. Επαγωγικοί κινητήρες με μορφή αντίστοιχη της σημερινής ήταν εμπορικά διαθέσιμοι από το 1896 (Φραγκάκης, 2016).

Ο πυρήνας του στάτη αποτελείται από λεπτά ελάσματα με επένδυση από φύλλα χάλυβα κράματος πυριτίου. Η χρήση φύλλων χάλυβα για το μαγνητικό υλικό ελαχιστοποιεί τις απώλειες υστέρησης. Τα ελάσματα επικαλύπτονται με οξείδιο ή βερνίκι για να ελαχιστοποιούνται τα δινορεύματα. Μονωμένα πηνία τοποθετούνται σε αυλακώσεις μέσα στον πυρήνα του στάτη. Τα αλληλεπικαλυπτόμενα πηνία συνδέονται εν σειρά ή παράλληλα ώστε να διαμορφώνουν ομάδες φάσης, οι οποίες συνδέονται είτε σε αστέρα είτε σε τρίγωνο. Οι συνδέσεις, αστέρα ή τρίγωνου, εν σειρά ή παράλληλα, υπαγορεύονται από τις ανάγκες για τάση και ρεύμα. Κάθε πηνίο του στάτη ενός επαγωγικού κινητήρα διατρέχει ένα τμήμα της περιφέρειας του στάτη ίσο ή ελάχιστα μικρότερο από την απόσταση μεταξύ δύο πόλων, όπου η απόσταση μεταξύ δύο πόλων ισούται με την περιφέρεια του στάτη προς τον αριθμό των πόλων του στάτη. Η μορφή του στάτη μια επαγωγικής μηχανής απεικονίζεται στη παρακάτω εικόνα.



Ο δρομέας τοποθετείται στο εσωτερικό του στάτη και επί του άξονα της μηχανής. Η μορφή του τυλίγματος του δρομέα καθορίζει τον τύπο της ασύγχρονης μηχανής. Πιο αναλυτικά μπορούμε να έχουμε:

3.5.2 Μηχανές με δακτυλιοφόρο δρομέα (wound rotor)

Στις αυλακώσεις του δρομέα τοποθετείται τριφασικό τύλιγμα με τέτοιο τρόπο ώστε να αποτελεί το κατοπτρικό είδωλο του τυλίγματος του στάτη. Οι τρεις φάσεις του τυλίγματος συνδέονται συνήθως σε αστέρα και τα τρία άκρα τους συνδέονται σε δακτυλίους. Οι αγωγοί του δρομέα βραχυκυκλώνονται μέσω ψηκτρών που εφάπτονται στους δακτυλίους. Έτσι είναι εφικτό να μετρηθούν τα ρεύματα του δρομέα ενώ επιπρόσθετα καθίσταται εφικτή και η σύνδεση εξωτερικών αντιστάσεων. Πλεονέκτημα της μηχανής αυτής είναι ότι μέσω του εξωτερικού κυκλώματος δίνεται η δυνατότητα επεξεργασίας της χαρακτηριστικής ροπής-στροφών της μηχανής.

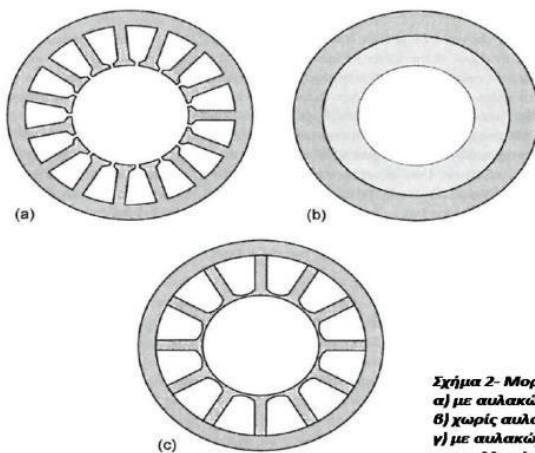
Δακτυλιοφόρος Δρομέας

- Εδώ ο δρομέας έχει 3φ τυλίγματα περίπου όπως ο στάτης.
- Σύνδεση σε Υ
- Τα 3 άκρα καταλήγουν σε «δακτυλίδια»
- Το κύκλωμα δηλαδή είναι ανοικτό και συνδέσεις μπορούν να γίνουν μέσω συλλεκτών πάνω στα δακτυλίδια



3.5.3 Μηχανές με δρομέα χωρίς αυλακώσεις

Ο δρομέας αποτελείται από σίδηρο χωρίς αυλακώσεις. Εντός αυτού δημιουργούνται δινορεύματα, τα οποία μαζί με το μαγνητικό πεδίο προκαλούν ροπή. Μηχανές τέτοιες χρησιμοποιούνται για μεγάλο αριθμό στροφών (π.χ. 1000 rpm), επειδή παρουσιάζουν μεγάλη αντοχή κατά των φυγοκεντρικών δυνάμεων.

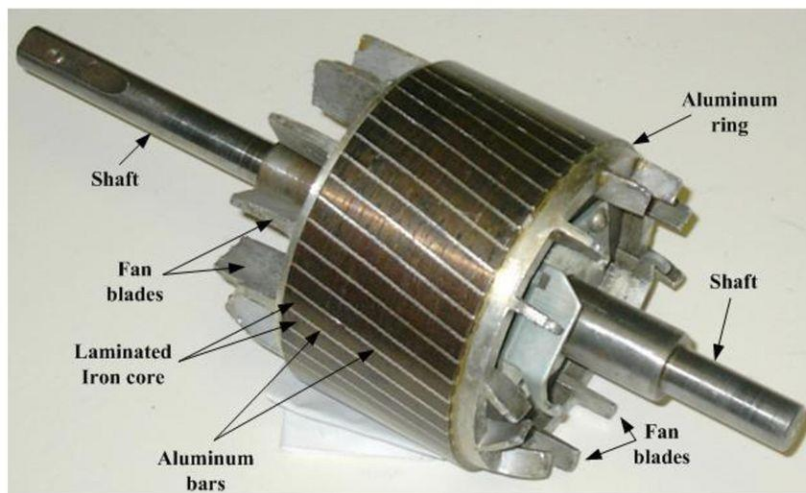


Σχήμα 2- Μορφολογίες στάτη
α) με αυλακώσεις
β) χωρίς αυλακώσεις
γ) με αυλακώσεις και συγκολλημένα πέγματα

3.5.4 Μηχανές με βραχυκυκλωμένο δρομέα (squirrel cage rotor) ή μηχανές με κλωβό

Η επιφάνεια του δρομέα έχει αυλακώσεις στις οποίες τοποθετούνται αγωγίμες ράβδοι. Κάθε ράβδος αποτελεί μια φάση, ενώ όλες οι ράβδοι βραχυκυκλώνονται στα δύο άκρα τους μέσω δακτυλίων βραχυκυκλώσεως. Στις μικρές μηχανές κλωβού χρησιμοποιείται πυρήνας με αυλακώσεις από ελάσματα χάλυβα μέσα στις οποίες προστίθεται αλουμίνιο με χύτευση, ώστε να αποτελέσει τους αγωγούς και τους δακτυλίους άκρων. Στις μεγαλύτερες μηχανές κλωβού χρησιμοποιούνται μπάρες ορείχαλκου και δακτύλιοι άκρων από ορείχαλκο, τα οποία συγκολλούνται μαζί για να αποτελέσουν τον κλωβό. Δεν υπάρχει και ούτε χρειάζεται κάποια μόνωση μεταξύ του σιδηροπυρήνα και των αγωγών. Το ρεύμα που επάγεται στο δρομέα διαρρέει το κύκλωμα που διαμορφώνεται από τους αγωγούς και τους δακτυλίους βραχυκύκλωσης.

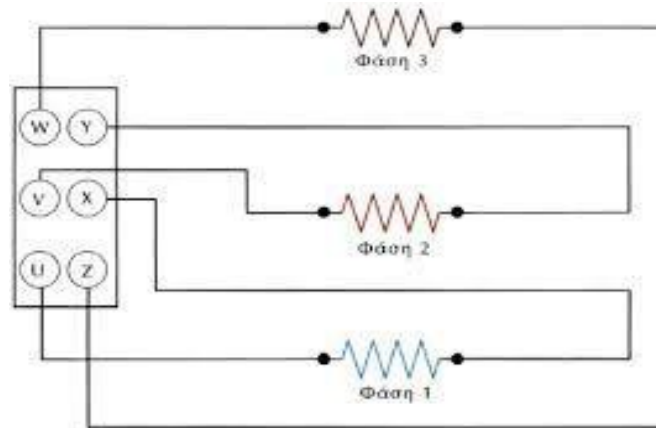
Δρομέας κλωβού (squirrel cage rotor) (συν.)



Δρομέας κλωβού (squirrel cage rotor) [2]

3.6 Πολικά και Φασικά Μεγέθη

Κάθε τριφασική μηχανή έχει τρεις φάσεις (τυλίγματα) που φαίνονται στο σχήμα.



Τα άκρα U,V,W χρησιμοποιούνται για να συνδέονται στο τριφασικό δίκτυο τροφοδοσίας R, S, T, Μρ και να δίνουν ή να παίρνουν ισχύ (γεννήτρια, κινητήρας) 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) .
- 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).

3.7 Ένταση ρεύματος ενός ασύγχρονου τριφασικού κινητήρα

Σε ένα ασύγχρονο τριφασικό κινητήρα η ένταση του ρεύματος διακρίνεται σε (Κώστας, Βιέστα, 2018) :

1. Ονομαστική ή κανονικής λειτουργίας (I)
2. Εκκίνησης (I_{εκκ})

Η ονομαστική ένταση του ρεύματος (I) είναι εκείνη που διαρρέει την ένταση της, όταν εργάζεται με πλήρες φορτίο, που απορροφά από το δίκτυο ηλεκτροδότησης του.

Ο τρόπος σύνδεσης του κάθε ένα από τα τυλίγματα ενός Ασύγχρονου Τριφασικού Κινητήρα ορίζει τη ένταση του ρεύματος (I_φ) που τα διαρρέει.

Η ένταση του ρεύματος εκκίνησης (I_{εκκ}) που απορροφά ένας Ασύγχρονος Τριφασικός Κινητήρας κατά την στιγμή της εκκίνησης του, ενώ ακόμα δεν έχει αρχίσει να περιστρέφεται ο δρομέας του δηλαδή η=0 είναι 5-8 φορές μεγαλύτερη από την ένταση του ρεύματος I_{ον} που απορροφά ο ίδιος κινητήρας στην κανονική του λειτουργία.

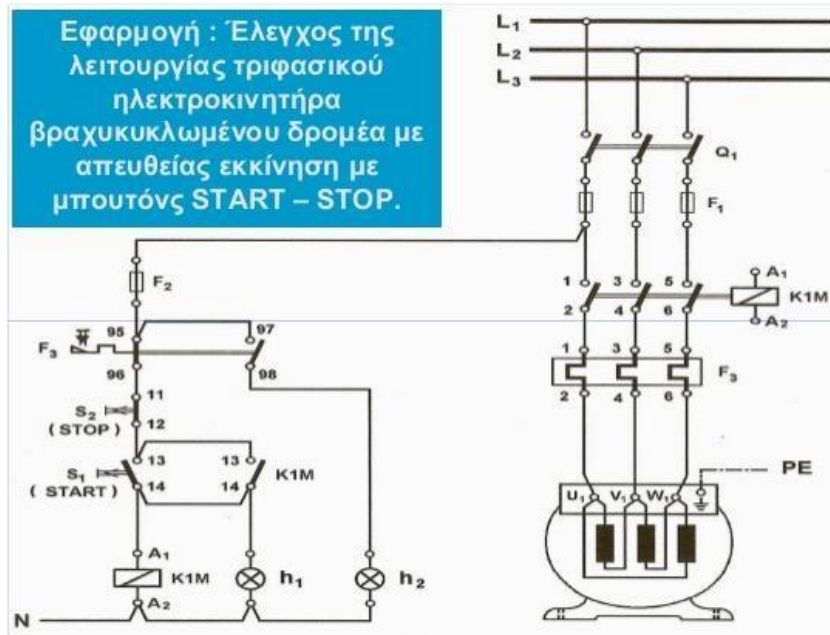
$$I_{εκκ} = (5-8) * I_{ον}$$

Με την έναρξη της περιστροφής του δρομέα του Ασύγχρονου τριφασικού Κινητήρα η ένταση του ρεύματος που απορροφά αυτός από το δίκτυο ηλεκτροδότησης του μειώνεται και όταν αποκτήσει την ασύγχρονη ταχύτητα περιστροφής του απορροφά από το δίκτυο την ονομαστική του ένταση I_{ον}.

3.8 Διατάξεις Εκκίνησης ενός Ασύγχρονου Τριφασικού Κινητήρα

1. Απευθείας εκκίνηση

Ο πιο απλός τρόπος εκκίνησης ενός τριφασικού κινητήρα είναι η απευθείας εκκίνηση με τη χρήση ενός απλού τριπολικού διακόπτη. Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται συχνά από βιομηχανίες, αφού έρθουν σε συνεννόηση με τον πάροχο ηλεκτροδότησης αφού απαιτείται η παροχή πολύ μεγάλης έντασης ρεύματος. Η υψηλή ένταση κατά την εκκίνηση έχει συχνά ως αποτέλεσμα την πτώση της τάσης, η οποία ονομάζεται βύθιση τάσεως (Επαμεινώνδας, 2017)



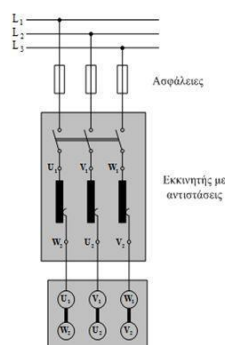
Πλεονεκτήματα: Αποτελεί μία απλή μέθοδο και παρέχει υψηλή ροπή εκκίνησης.

Μειονεκτήματα: Το μεγάλο ρεύμα εκκίνησης είναι πιθανό να κάψει τον κινητήρα ή κάτι άλλο στο δίκτυο.

2. Εκκίνηση με αντιστάσεις στον στάτη

Για αυτόν τον τρόπο εκκίνησης χρησιμοποιούμε τρεις αντιστάσεις που περιλαμβάνονται στο κύκλωμα της τροφοδότησης του στάτη του κινητήρα. Ο κινητήρας με αυτόν τον τρόπο ξεκινάει με μειωμένη τάση και όσο αυξάνεται η ταχύτητα του βγαίνουν εκτός λειτουργίας οι αντιστάσεις.

Εκκίνηση Τριφασικών Ασύγχρονων Κινητήρων - 5

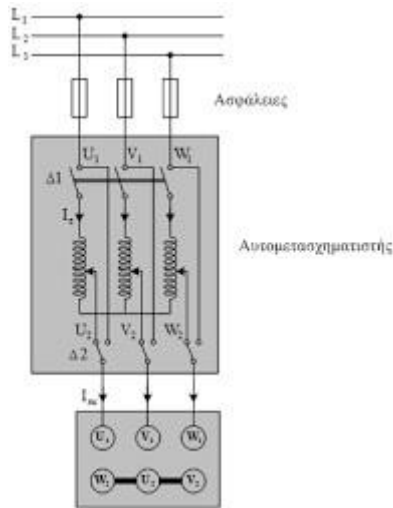


Σχήμα 1.2: Συνδεσμολογία εκκίνησης με αντιστάσεις στο στάτη

10

3. Εκκίνηση με αυτοσχηματιστή

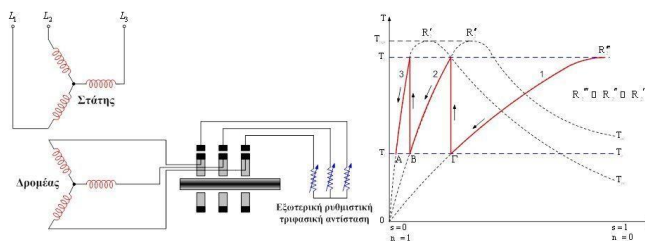
Σε αυτή την περίπτωση χρησιμοποιούμε τριφασικό μετασχηματιστή για την εκκίνηση του κινητήρα. Κατά την εκκίνηση συνδέουμε τον κινητήρα με τον διακόπτη διπλής ενέργειας $\Delta 2$ όπως περιγράφει το παρακάτω σχήμα με τις φάσεις του αυτομετασχηματιστή. Κλείνουμε τον διακόπτη $\Delta 1$ που τροφοδοτεί τον αυτομετασχηματιστή και έτσι ο κινητήρας ξεκινάει με ελαττωμένη τάση πολύ μικρότερη από αυτή του δικτύου. Αφού ξεκινήσει ο κινητήρας κλείνουμε τον $\Delta 2$ ώστε να πάρει την πλήρη τάση του δικτύου και να λειτουργήσει κανονικά και ανοίγουμε τον διακόπτη $\Delta 1$ ώστε να βγει εκτός λειτουργίας ο αυτομετασχηματιστής που τροφοδοτεί τον κινητήρα με χαμηλή τάση στο ξεκίνημά του (Επαμεινώνδας,2017)



4. Εκκίνηση με μεταβολή της αντίστασης του δρομέα

Στη μέθοδο αυτή συνδέουμε εξωτερικές ωμικές αντιστάσεις (R) στο τύλιγμα του δρομέα. Όσο αυξάνει η αντίσταση R τότε: Πρώτον, μεγαλώνει η ροπή εκκίνησης, δεύτερον η μέγιστη ροπή της οποίας το μέγεθος δεν εξαρτάται από την ολική αντίσταση του δρομέα, μετατοπίζεται σε μικρότερο αριθμό στροφών και τρίτον η ολίσθηση του κινητήρα για το κανονικό φορτίο αυξάνεται, δηλαδή μειώνεται η ταχύτητα.

Εκκίνηση με Αντιστάσεις στο Δρομέα - 1



Αυτή μέθοδος εκκίνησης, είναι εφαρμόσιμη μόνο σε δακτυλιοφόρους κινητήρες και είναι κατάλληλη για φορτία που παρουσιάζουν υψηλή στατική ροπή είτε μεγάλη αδράνεια.

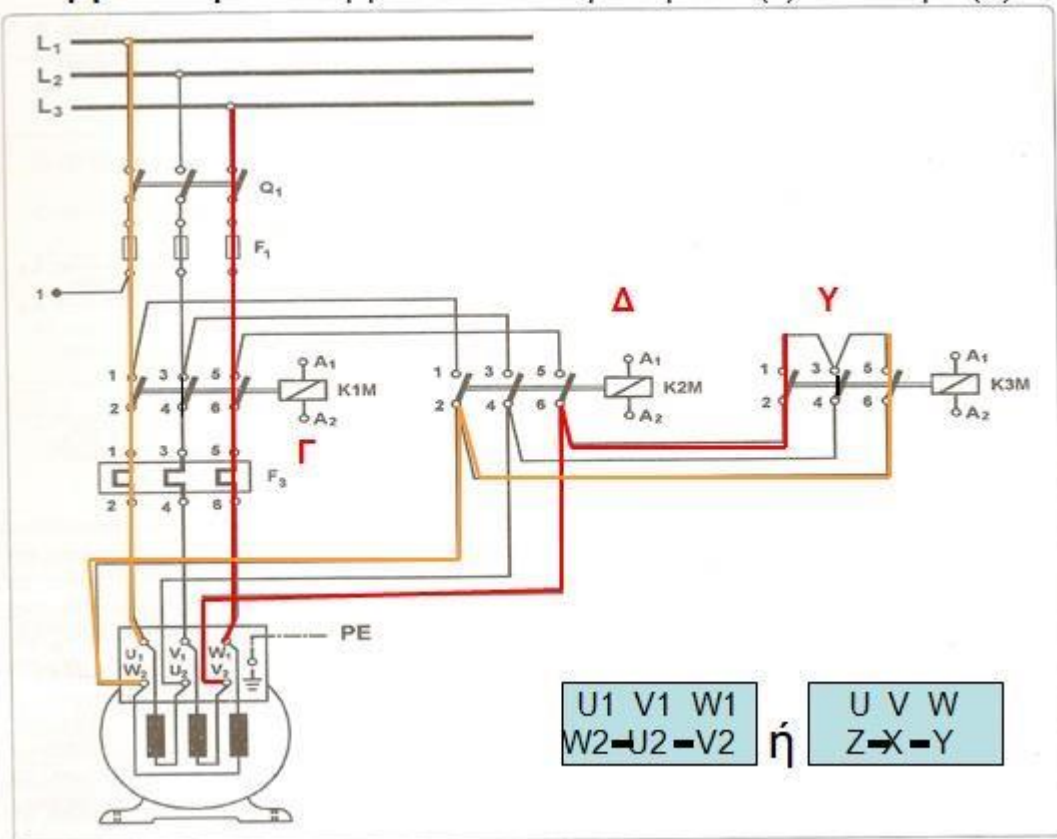
16

5. Εκκίνηση με διακόπτη αστέρα – τριγώνου

Η διάταξη εκκίνησης που θα χρησιμοποιηθεί στη συγκεκριμένη πτυχιακή εργασία είναι η εκκίνηση του ασύγχρονου τριφασικού κινητήρα με διακόπτη αστέρα-τριγώνου. Κατά την μέθοδο αυτή μέσω κατάλληλου διακόπτη που ονομάζεται αστέρας- τρίγωνο,

το τύλιγμα του στάτη δουλεύει με ζεύξη τριγώνου όμως κατά την εκκίνηση συνδεσμοποιείται κατά αστέρα. Όταν ο διακόπτης βρίσκεται στη θέση 0 τότε δεν υπάρχει καμία τροφοδότηση. Όταν ο διακόπτης βρίσκεται στη θέση Y τότε οι τρεις φάσεις του τυλίγματος του στάτη συνδέονται κατ' αστέρα. Επομένως το τύλιγμα τίθεται σε τάση και ξεκινάει ο κινητήρας. Εφόσον ξεκινήσει ο κινητήρας και οι στροφές του δεν αυξάνονται περισσότερο τότε θέτουμε το διακόπτη στη θέση Δ δηλαδή τρίγωνο και οι τρεις φάσεις του τυλίγματος του στάτη συνδέονται κατά τρίγωνο. Μετά από αυτή την ζεύξη το τύλιγμα τίθεται στην τάση του δικτύου και ο κινητήρας εργάζεται με κανονικό φορτίο. Η ένταση που απορροφά ο κινητήρας κατά την εκκίνηση με αστέρα είναι τρεις φορές μικρότερη από αυτή της κανονικής λειτουργίας του με τρίγωνο (το ίδιο ισχύει και για την ροπή) (Επαμεινώνδας, 2017).

Λειτουργία αστέρα Y--ενεργοποιούνται τα ρελέ γενικό (Γ) και αστέρα (Y)



Κεφάλαιο 4 PLC Jazz

4.1 Περιγραφή

Η μονάδα του plc που θα χρησιμοποιηθεί στη συγκεκριμένη εργασία ανήκει στην εταιρία Unitronics. Πιο συγκεκριμένα πρόκειται για το μοντέλο Jazz JZ10-11R10. Το συγκεκριμένο μοντέλο διαθέτει 6 ψηφιακές εισόδους 24Vdc και 4 εξόδους ρελέ. Η τροφοδοσία της μονάδας είναι 24Vdc.



PLC Jazz JZ20-J-R10

4.2 Τροφοδοσία

Το αποδεκτό εύρος της τροφοδοσίας της μονάδας κυμένεται απο 20.4Vdc έως 28.8Vdc με διακύμανση μικρότερη απο 10%. Για τον υπολογισμό της ακριβούς κατανάλωσης ρεύματος αφαιρούμε το ρεύμα απο κάθε ρελέ εξόδου το οποίο δεν χρησιμοποιείται καθώς επίσης και το ρεύμα που καταναλώνει το φωτάκι της θόνης από τη μεγαλύτερη δυνατή κατανάλωση η οποία είναι 120mA για τάση 24Vdc.

4.3 Ψηφιακοί Είσοδοι

Αποτελείται απο 6 ψηφιακές εισόδους τάσης 24Vdc οι οποίες ταξινομούνται σε μια ομάδα. Επίσης,είναι απαραίτητο να σημειθεί ότι δεν διαθέτει τη δυνατότητα της γαλβανικής απομόνωσης στις εισόδους της μονάδας. Ο χρόνος αντίδρασης ανέρχεται στα 10mSec και το μήκος της καλωδίωσης μπορεί να φτάσει έως τα 100 μέτρα. Τέλος, το συγκεκριμένο plc μπορεί να λειτουργήσει σαν ένας επεξεργαστής πληροφοριών υψηλής ταχύτητας φτάνοντας τα 5kHz.

4.4 Ψηφιακοί Έξοδοι

Συμπεριλαμβάνει 4 ρελέ εξόδου τύπου SPST-NO με μέγιστο ρεύμα 5 A, και τάσης από 0-250Vac, 0-30Vdc. Εκτιμάται ότι η διάρκεια ζωής της μονάδος ανέρχεται σε 50000 κύκλους λειτουργίας φέροντας το μέγιστο φορτίο. Απαιτείται η τήρηση κανόνων ασφαλείας για την καλωδίωση των εξόδων.

4.5 Περιφερειακά Μέρη

Το PLC αποτελείται από μια οθόνη STN LCD 16 χαρακτήρων με φωτισμό LED η οποία καθιστά δυνατή την ανάγνωση των πληροφοριών στο σκοτάδι. Επίσης, φέρει ένα πληκτρολόγιο χειρισμού αποτελούμενο από 16 πλήκτρα.

4.6 Προγραμματιστικό Περιβάλλον

Ο προγραμματισμός της μονάδας του PLC γίνεται μέσω της γλώσσας Ladder με χρόνο εκτέλεσης 1.5ms και 256 memory bits. Επίσης διαθέτει 64 timers. Ακόμη, το λογισμικό το οποίο χρειάζεται για να προγραμματιστεί η μονάδα είναι το U90Ladder της εταιρίας Unitronics και παρέχεται δωρεάν. Η σύνδεση της μονάδας με τον Η/Υ γίνεται μέσω ενός καλωδίου USB 2.0 διαμέτρου έως 3mm.

Κεφάλαιο 5

Πειραματικό Μέρος

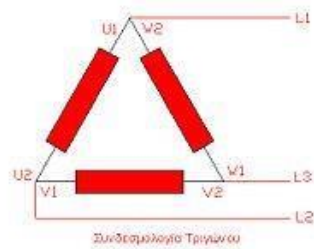
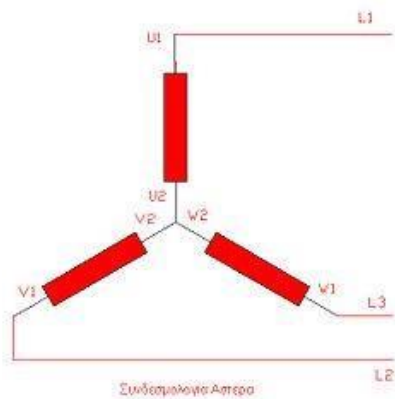
5.1 Υλικά

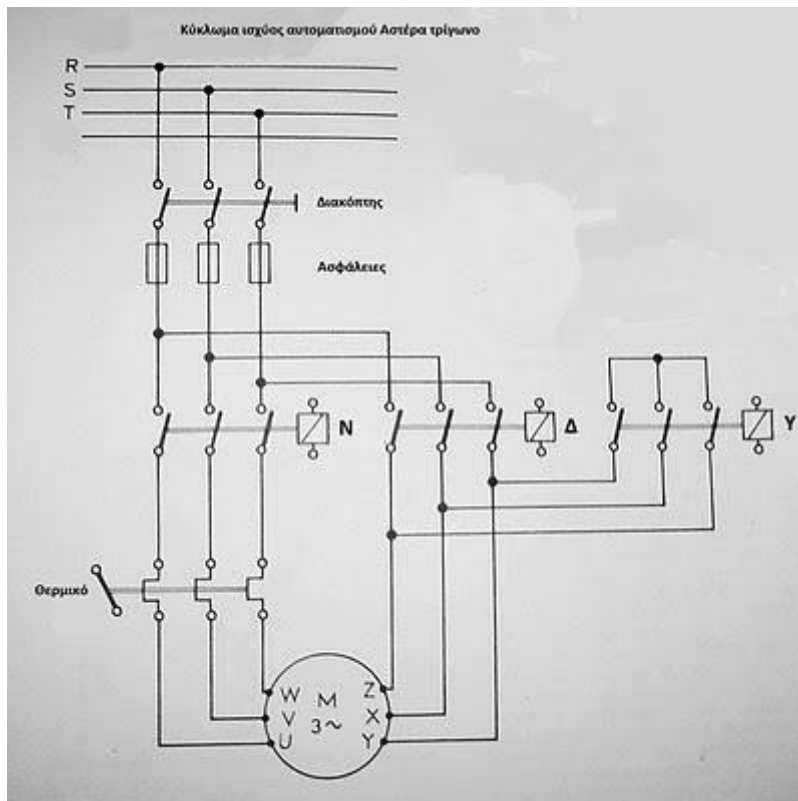
- Πλαστικός Πίνακας 400x500 1τμχ.
- Λυχνίες λευκού χρώματος τάσης 230V 3 τμχ
- Λυχνία πράσινου χρώματος τάσης 230V 1τμχ
- Λυχνία κόκκινου χρώματος τάσης 230V 1τμχ
- Λυχνία πορτοκαλί χρώματος τάσης 230V 1τμχ
- Μπουτόν (NC) κόκκινου χρώματος 1τμχ
- Μπουτόν (NO) λευκού χρώματος 2τμχ
- Ρελέ ισχύος τύπου K 4τμχ
- Τριπολικό διακόπτη ράγας τύπου K 1τμχ
- Ασφάλεια 6A 1τμχ
- Θερμικό ράγας 1τμχ
- Πολύκλωνο καλώδιο 2.5 mm
- Πολύκλωνο καλώδιο 1.0 mm
- Ράγα αλουμινίου
- Τροφοδοτικό ράγας 24Vdc 1τμχ
- Plc JZ20-J-R10 1τμχ
- Ανατροπές Ράγας 2τμχ

5.2 Περιγραφή

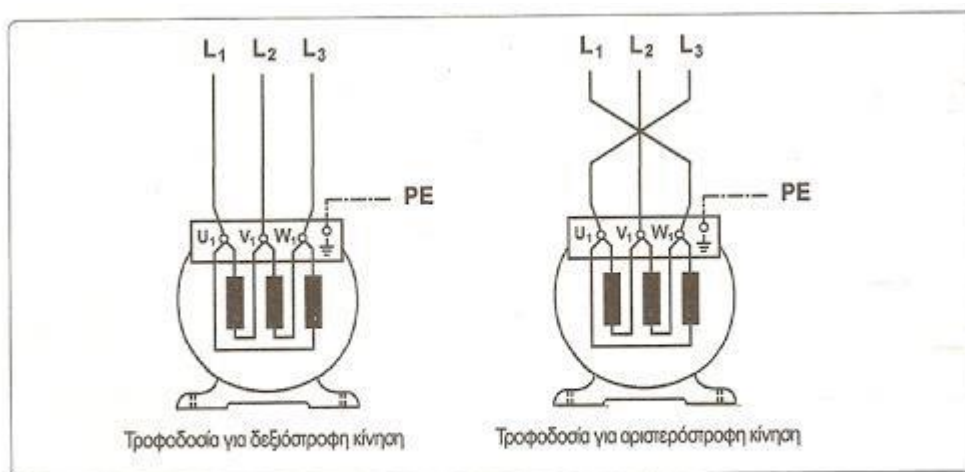
Η συγκεκριμένη εργασία πραγματώνεται την διάταξη εκκίνησης μέσω αυτόματου διακόπτη αστέρος-τριγώνου ενός τριφασικού κινητήρα καθώς και την αλλαγή φοράς περιστροφής του, χρησιμοποιώντας μια μονάδα PLC(JZ20-J-R10). Σε τριφασικούς κινητήρες άνω των 2KW χρησιμοποιούμε συνήθως τη διάταξη εκκίνησης μέσω αυτόματου διακόπτη αστέρος-τριγώνου για την προστασία τους, διότι το ρεύμα εκκίνησης είναι 4 έως 8 φορές μεγαλύτερο από το ρεύμα κανονικής λειτουργίας. Οι τριφασικοί κινητήρες έχουν τρία τυλίγματα τα άκρα των οποίων ονομάζονται

συνήθως $U1-U2, V1-V2, W1-W2$. Στην εκκίνηση του κινητήρα τα τρία τυλίγματα θα πρέπει να συνδεθούν σε συνδεσμολογία αστέρα. Έτσι οι τρεις φάσεις $L1, L2, L3$ συνδέονται με τα άκρα $U1, V1, W1$ ενώ μεταξύ τους συνδέονται τα άκρα $U2, V2, W2$. Όταν ο κινητήρας λειτουργήσει για ένα ικανό χρονικό διάστημα, ώστε ο αριθμός των στροφών του να είναι ο ονομαστικός, τότε μέσω του αυτόματου διακόπτη αλλάζει η συνδεσμολογία του κινητήρα και από αστέρα συνδέεται σε τρίγωνο. Αυτό γίνεται γεφυρώνοντας τα άκρα $U1-W2, V1-U2, W1-V2$. Στις παρακάτω εικόνες διακρίνονται οι συνδεσμολογίες καθώς και το κύκλωμα ισχύος του αυτοματισμού. Τέλος, αξίζει επίσης να σημειωθεί ότι το ρεύμα εκκίνησης ενός κινητήρα είναι 3 φορές μικρότερο από το ρεύμα εκκίνησης σε συνδεσμολογία τριγώνου.



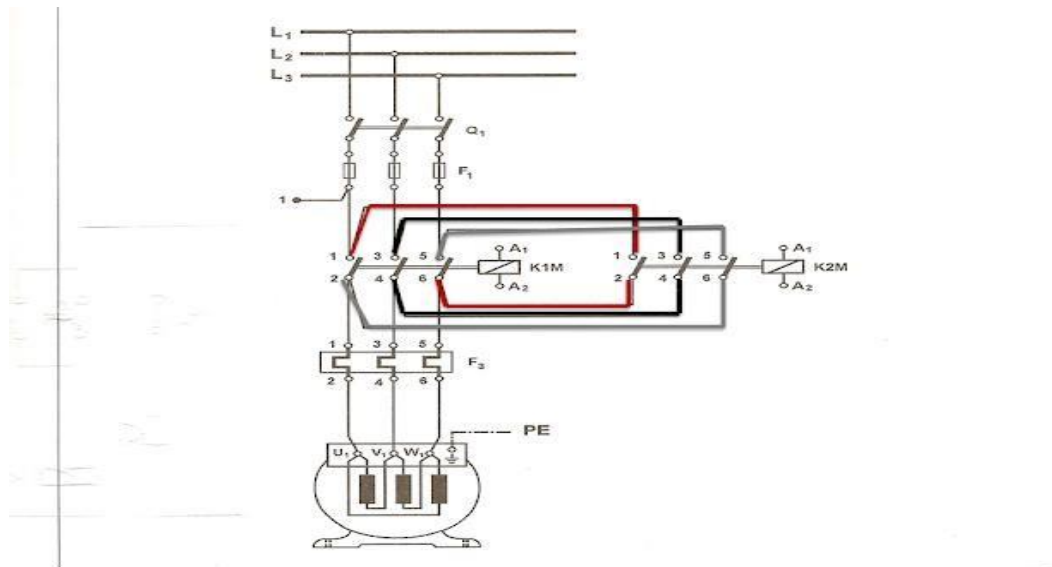


Στους τριφασικούς κινητήρες επίσης είναι αναγκαία η αλλαγή φοράς περιστροφής για ένα μεγάλο εύρος εφαρμογών (ανελκυστήρες, γερανογέφυρες, γερανοί, γκαραζόπορτες κλπ.). Η αλλαγή φοράς περιστροφής ενός τριφασικού κινητήρα γίνεται με την αντιμετάθεση των δύο εκ των τριών φάσεων. Αυτό διακρίνεται και στην παρακάτω εικόνα.



Τροφοδοσίες τριφασικού ηλεκτροκινητήρα βραχυκυκλωμένου δρομέα για δεξιόστροφη και αριστερόστροφη κίνηση.

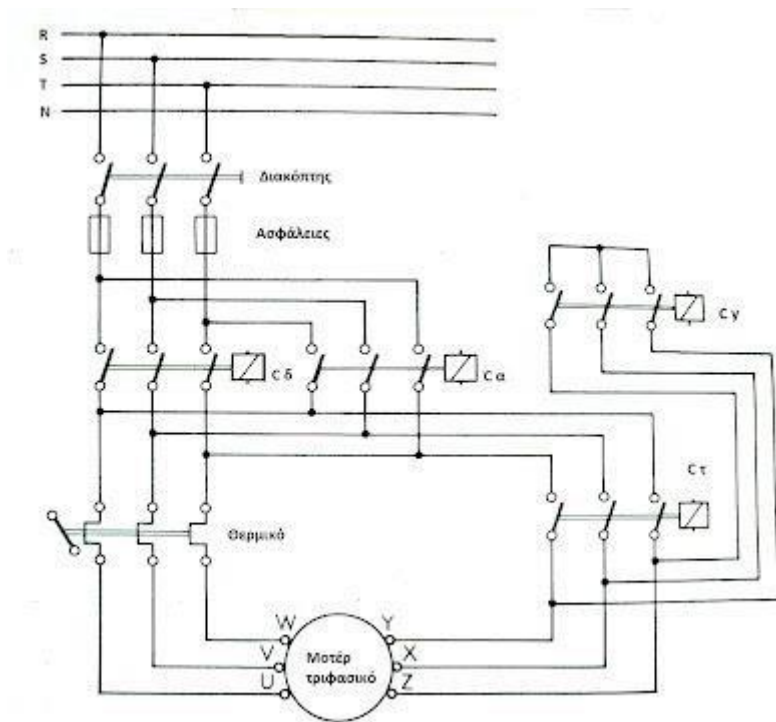
Για μεγαλύτερη ευκολία όμως στον χειρισμό, η αναστροφή γίνεται με την χρήση ενός αυτόματου διακόπτη. Παρακάτω διακρίνεται το κύκλωμα ισχύος αναστροφής ενός τριφασικού ηλεκτροκινητήρα.



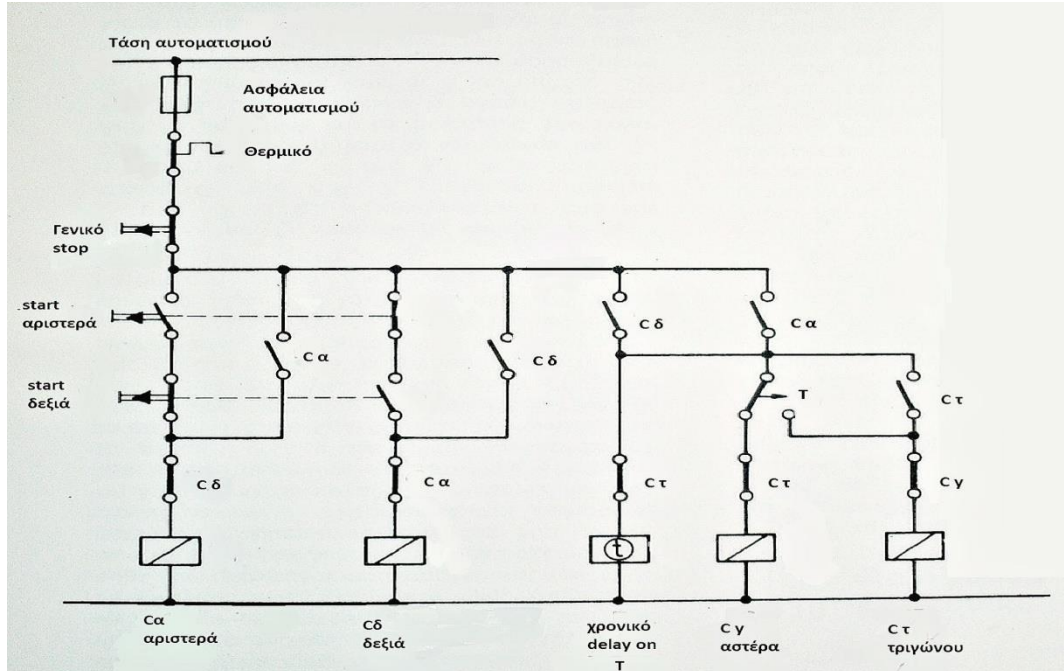
Συνδεσμολογία του κυκλώματος ισχύος απλού αυτόματου διακόπτη αναστροφής για τη λειτουργία τριφασικού ηλεκτροκινητήρα βραχυκυκλωμένου άστρα.

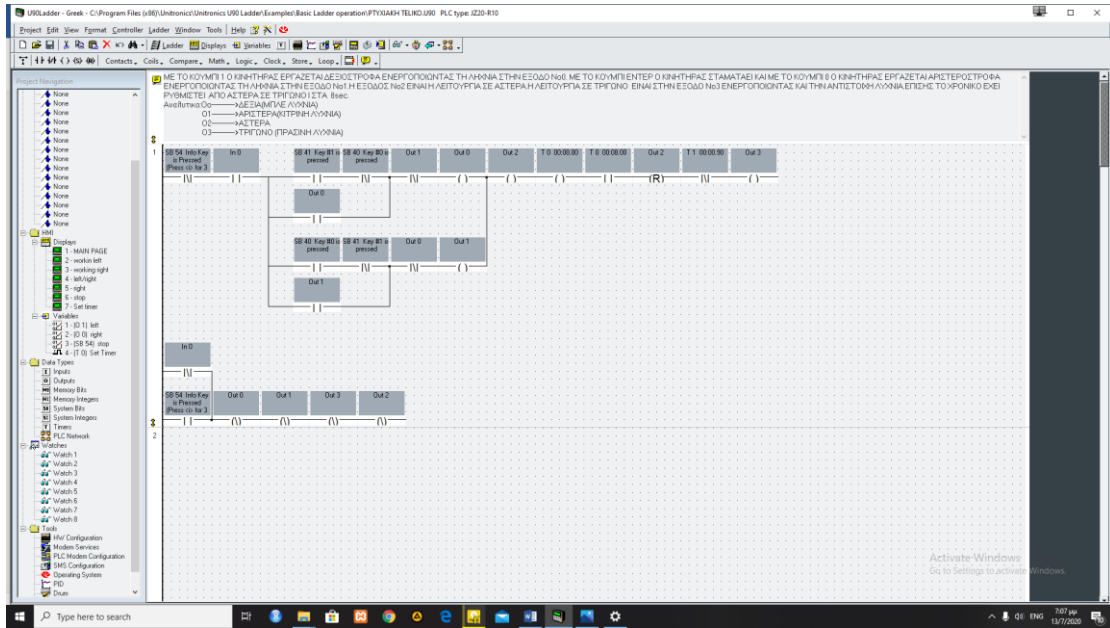
Στην συγκεκριμένη περίπτωση αναγκαίο είναι ο κινητήρας να εκκινήσει μέσω αυτόματου διακόπτη αστέρος-τριγώνου καθώς και να έχουμε την επιλογή δεξιάς ή αριστερής περιστροφής. Για να συμβεί αυτό θα πρέπει να ακολουθήσουμε την παρακάτω συνδεσμολογία του κυκλώματος ισχύος καθώς επίσης και την συνδεσμολογία του βοηθητικού κυκλώματος την οποία όμως αποφεύγουμε διότι χρησιμοποιούμε την μονάδα του PLC κάνοντας έτσι το συγκεκριμένο εγχείρημα περισσότερο εύκολο.

ΚΥΚΛΩΜΑ ΙΣΧΥΟΣ



ΒΟΗΘΗΤΙΚΟ ΚΥΚΛΩΜΑ



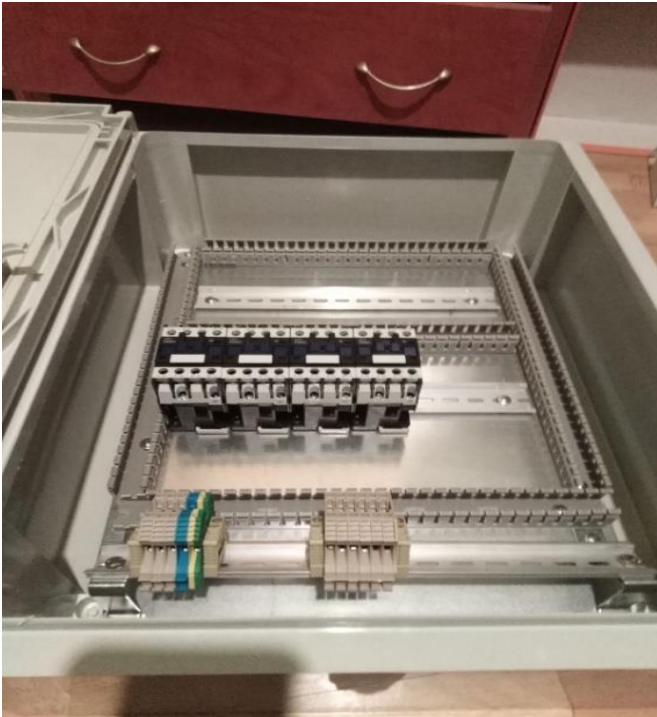


5.3 Κατασκευή Πίνακα Αυτοματισμού

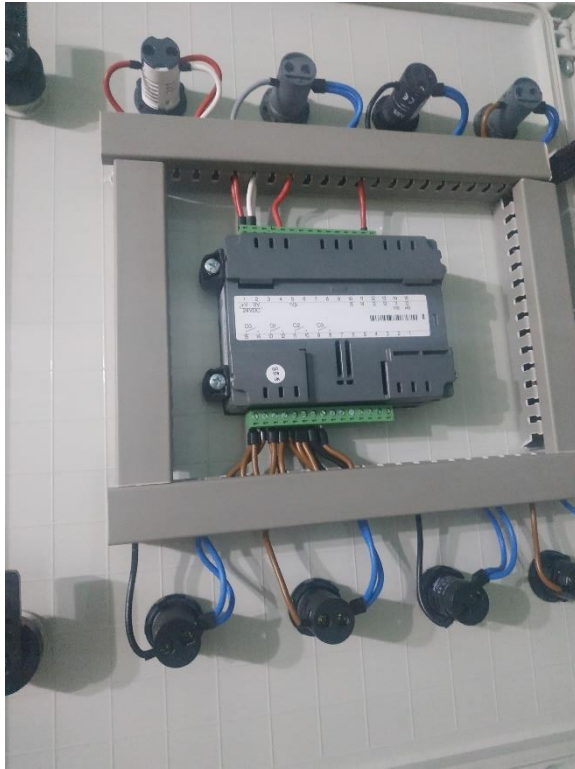
Φωτογραφίες





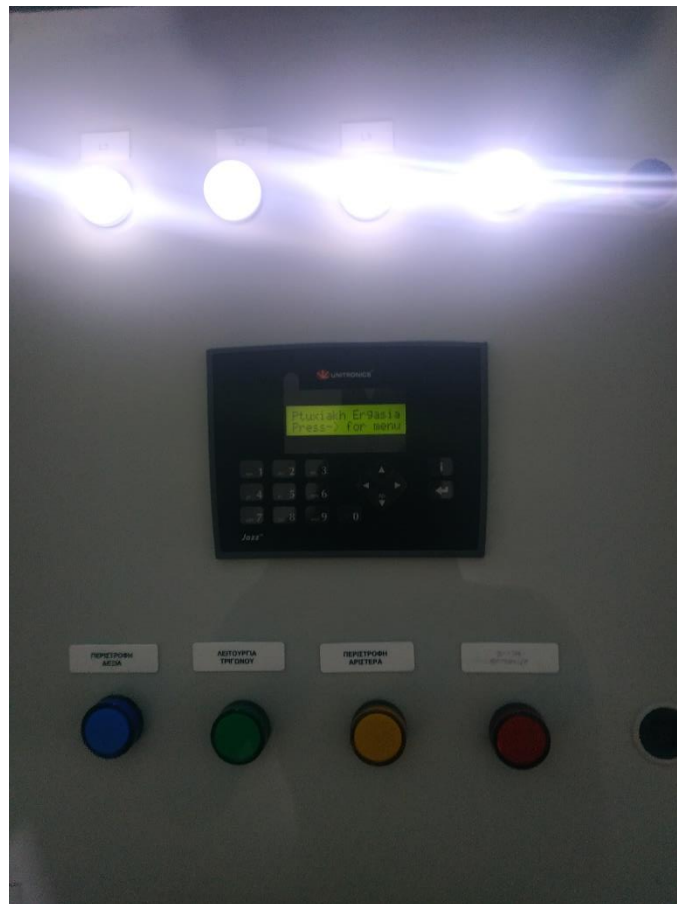
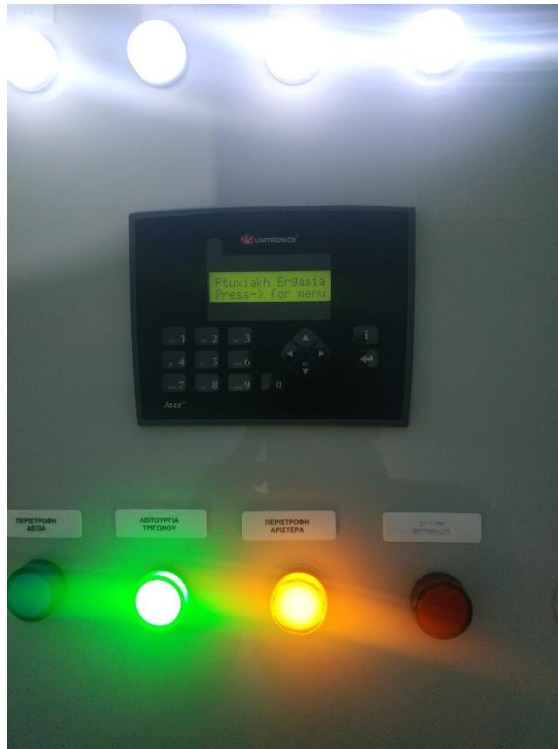












Βιβλιογραφία

Ακρίδας, Α., (2014) - okeanis.lib2.uniwa.gr

Αναστασίου, Μισαηλίδης (2017) - okeanis.lib2.uniwa.gr

Αρβανίτης, Α.,(2015) - 83.212.168.57

Βασιλακόπουλου, Σ., (2006). *Ηλεκτρικές Μηχανές*, Εκδόσεις Ιδρύματος Ευγενίδου, Αθήνα.

Βέννης, Α., (2018). *Μελέτη για την κατασκευή κινητήρα συνεχούς ρεύματος παράλληλης διέγερσης*. Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής όπως αναρτήθηκε

<http://okeanis.lib.teipir.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/4434/%ce%a0%cf%84%cf%85%cf%87%ce%b9%ce%b1%ce%ba%ce%ae%20%ce%92%ce%ad%ce%bd%ce%bd%ce%b7%cf%82%20%ce%91%ce%b8%ce%b1%ce%bd%ce%ac%cf%83%ce%b9%ce%bf%cf%82.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Breton, É Bossé The cognitive costs and benefits of automation, 2003 - apps.dtic.mil
Automation: how much is too much? P.A. Hancock* MIT2 Laboratory, Department of Psychology, University of Central Florida, 4000 Central Florida Boulevard, Suite 301D, Orlando, FL 32816, USA (Received 9 January 2013; final version received 2 June 2013)

Γαντζούδης, Σ., Λαγουδάκος, Μ. & Μπινιάρος, Μ., (2004), *Ηλεκτρικές Μηχανές*, Έκδοση 5η, Εκδόσεις ΟΕΔΒ, Αθήνα.

Chapman, J.C., (2003), *Ηλεκτρικές Μηχανές AC-DC*, Έκδοση 3η, Εκδόσεις Τζιόλα, Θεσσαλονίκη

D'Addona, D. M., Bracco, F., Bettoni, A., Nishino, N., Carpanzano, E., & Bruzzone, A. A. (2018). *Adaptive automation and human factors in manufacturing: An experimental assessment for a cognitive approach*. *CIRP Annals*, 67(1), 455–458.

David C. Mazur Scott D. Day Bruce K., (2019). *Apparatus to interface process automation and electrical automation systems* Venne US Patent App. 10/303,127

Επαμεινώνδας, Α., (2017) Ηλεκτρικές μηχανές όπως αναρτήθηκε
https://elearning.teicm.gr/file.php/410/Induction_Motor_01.pdf

Flemisch, Kelsch, Löper, Schieben, & Schindler, (2008). *Automation spectrum, inner / outer compatibility and other potentially useful human factors concepts for assistance and*

automation. DLR German Aerospace Centre Braunschweig, Germany
Καββαδάς,(2019).Μοντελοποίηση και δυναμική ανάλυση κινητήρα συνεχούς ρεύματος
ξένης διέγερση. όπως αναρτήθηκε
<http://oceanis.lib2.uniwa.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/4767/%ce%94%ce%b9%cf%80%ce%bb%cf%89%ce%bc%ce%b1%cf%84%ce%b9%ce%ba%ce%ae-%ce%9a%ce%91%ce%b2%ce%b2%ce%b1%ce%b4%ce%ac%cf%82-%ce%93%ce%b5%cf%8e%cf%81%ce%b3%ce%b9%ce%bf%cf%82%ce%91.%ce%9c.74.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Κώστας, Χ., Βιέστα, Π. 2018. Πτυχιακή εργασία με τίτλο Ασύγχρονος τριφασικός κινητήρας βραχυκυκλωμένου Δρομέα, Πανεπιστήμιο Δυτική Αττικής όπως αναρτήθηκε
[http://oceanis.lib.puas.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/4372/%20%20%20%20%20%20%20-%20%20%20-%20%20%20%20%20%20%20%20-%20.%20.-1-%20%20%20%20%20%20%20%20\(1\).pdf?sequence=3](http://oceanis.lib.puas.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/4372/%20%20%20%20%20%20%20-%20%20%20-%20%20%20%20%20%20%20%20-%20.%20.-1-%20%20%20%20%20%20%20%20(1).pdf?sequence=3)

Κωστόπουλος Ν. Θεόδωρος (2009)., Υδραυλικά και πνευματικά συστήματα., Εκδόσεις: Συμείων
Λάζου, Χ. "Μηχανική και Τεχνολογία στην Αρχαία Ελλάδα", εκδόσεις Αίολος.1993

Λουκάκος, Π.,(2009) - nemertes.lis.upatras.gr

Μαλατέστας, Π., (2015). *Ηλεκτρικές Μηχανές*, Έκδοση 3η, Εκδόσεις Τζιόλα, Θεσσαλονίκη

Πανταζής Ν. (2015)., Συστήματα αυτόματου ελέγχου και αυτοματισμού., Εκδόσεις: Σταμούλη.

Πανταζής Νικόλαος (1992)., Πνευματικά συστήματα αυτόματου ελέγχου., Εκδόσεις: Ίων., Αθήνα

Πτυχιακή Εργασία Θέμα: «Δομή και λειτουργία των PLC Παπουτσιδάκης
(http://oceanis.lib2.uniwa.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/2066/aut_201400651.pdf?sequence=1)

Parambath Joji (2016)., Industrial Hydraulic Systems: Theory and Practice.

Ρούτουλας Εκδόσεις: Σύγχρονη Εκδοτική Έτος: 2008

Υδραυλικά

πνευματικά συστήματα.

Τριάντης, Ν.,(2016). *Σχεδιασμός και βελτίωση λειτουργικών χαρακτηριστικών τριφασικού ασύγχρονου κινητήρα 15Kw*. ΤΕΙ Πάτρας όπως αναρτήθηκε

<http://repository.library.teiwest.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/5175/%CE%A3%CE%A7%CE%95%CE%94%CE%99%CE%91%CE%A3%CE%9C%CE%9F%CE%A3%20%CE%9A%CE%91%CE%99%20%CE%92%CE%95%CE%9B%CE%A4%CE%99%CE%A9%CE%A3%CE%97%20%CE%9B%CE%95%CE%99%CE%A4%CE%9F%CE%A5%CE%A1%CE%93%CE%99%CE%9A%CE%A9%CE%9D%20%CE%A7%CE%91%CE%A1%CE%91%CE%9A%CE%A4%CE%97%CE%A1%CE%99%CE%A3%CE%A4%CE%99%CE%9A%CE%A9%CE%9D%20%CE%A4%CE%A1%CE%99%CE%A6%CE%91%CE%A3%CE%99%CE%9A%CE%9F%CE%A5%20%CE%91%CE%A3%CE%A5%CE%93%CE%A7%CE%A1%CE%9F%CE%9D%CE%9F%CE%A5%20%CE%9A%CE%99%CE%9D%CE%97%CE%A4%CE%97%CE%A1%CE%91%2015%CE%9AW.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Φραγκάκης, Κ., (2016). Έλεγχος Κινητήρα Εναλλασσόμενου Ρεύματος για Εξοικονόμηση Ενέργειας σε ηλεκτροκίνητα οχήματα. Πολυτεχνική Σχολή Πανεπιστημίου Πατρών

Χαρίσκου, (2011) Νικόλαος, *Βηματικοί κινητήρες και εφαρμογές*. Τει Καβάλας όπως αναρτήθηκε <http://83.212.168.57/jspui/bitstream/123456789/948/1/012011074.pdf>

Wiener, E. L. (1988). *Cockpit Automation. Human Factors in Aviation*, 433–461

<https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%91%CF%85%CF%84%CE%BF%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B9%CF%83%CE%BC%CF%8C%CF%82>

