



ΤΕΙ Κρήτης
Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Κρήτης

Σχολή Εφαρμοσμένων Επιστημών

Τμήμα Ηλεκτρονικών Μηχανικών

Πτυχιακή Εργασία

με θέμα:

Βιομηχανικοί Αυτοματισμοί

Νικολόπουλος Σωτήριος / Α.Μ:4824

Επιβλέπων Καθηγητής: Φραγκιαδάκης Νικόλαος

-Χανιά 2015-

Πίνακας Περιεχομένων

- **Κεφάλαιο 1^ο: Εισαγωγή στον Αυτοματισμό.**

Περιεχόμενα.....	2-3
1.1. Αυτόματος.....	4
- Ρελέ.....	4-9
- Συμβολισμός επαφών ρελέ.....	9
- Θερμικό.....	9-11
- Μπουτόνς.....	11-12
1.2 Αυτόματος διακόπτης αστέρα-τριγώνου (Υ-Δ) τριφασικών ηλεκτροκινητήρων βραχυκυκλωμένου δρομεα.....	13-22

- **Κεφάλαιο 2^ο: Οι μικροελεγκτές στη βιομηχανία, δυνατότητες και εφαρμογές.**

.....	23-26
-------	-------

- **Κεφάλαιο 3^ο: Η εξέλιξη των αυτοματισμών και οι προγραμματιζόμενοι λογικοί ελεγκτές (PLC).**

3.1. Τι είναι ο προγραμματιζόμενος λογικός ελεγκτής.....	28-33
3.2. Πλεονεκτήματα των προγραμματιζόμενων λογικών ελεγκτών.....	33-34
3.3 Οι προγραμματιζόμενοι λογικοί ελεγκτές της αγοράς.....	35
3.4. Αρχή λειτουργίας ενός προγραμματιζόμενου λογικού ελεγκτή.....	36-41

- **Κεφάλαιο 4^ο: Προγραμματισμός ενός προγραμματιζόμενου λογικού ελεγκτή.**

4.1. Γλώσσες προγραμματισμού και προγραμματιζόμενων λογικών ελεγκτών.....	41-42
4.2 Συσκευές προγραμματισμού των προγραμματισμένων λογικών ελεγκτών.....	43-46

- **Κεφάλαιο 5^ο: Ανάπτυξη προγράμματος σε προγραμματιζόμενο λογικό ελεγκτή.**

5.1. Γενικά.....	47-48
5.2 Προγραμματιστικά χαρακτηριστικά και ονοματολογία των στοιχείων ενός προγραμματιζόμενου λογικού ελεγκτή.....	48-51

- **Κεφάλαιο 6^ο: Ανάπτυξη προγράμματος σε γλώσσα Λίστα Εντολών.**

6.1 Βασικές εντολές προγραμματισμού στη γλώσσα λίστα εντολών.....	51-54
6.2. Αναπτύσσοντας τα πρώτα προγράμματα στη γλώσσα λίστα εντολών.....	54-57

6.3. Παρουσίαση λοιπών εντολών στη γλώσσα λίστα εντολών.....	57-60
• Κεφάλαιο 7^ο: Ανάπτυξη προγράμματος σε γλώσσα LADDER(LAD).	
7.1 Γενικά.....	61
7.2 Δομή προγράμματος στη γλώσσα LADDER.....	61-62
• Κεφάλαιο 8^ο: Ανάπτυξη προγράμματος στη γλώσσα λογικών γραφικών	
8.1 Γενικά.....	63-65
• Κεφάλαιο 9^ο: Ανάπτυξη προγραμμάτων σε ακολουθιακά κυκλώματα αυτοματισμού.	
9.1 Γενικά.....	66-67
• Κεφάλαιο 10^ο: Άλλες δυνατότητες των προγραμματιζόμενων λογικών ελεγκτών.....	68-69
• Κεφάλαιο 11^ο: Εφαρμογή των προγραμματιζόμενων λογικών ελεγκτών στον έλεγχο λειτουργίας ηλεκτροκινητήρων.....	69-77
• Κεφάλαιο 12^ο: Ανακεφαλαίωση.....	78-79
Βιβλιογραφία.....	80

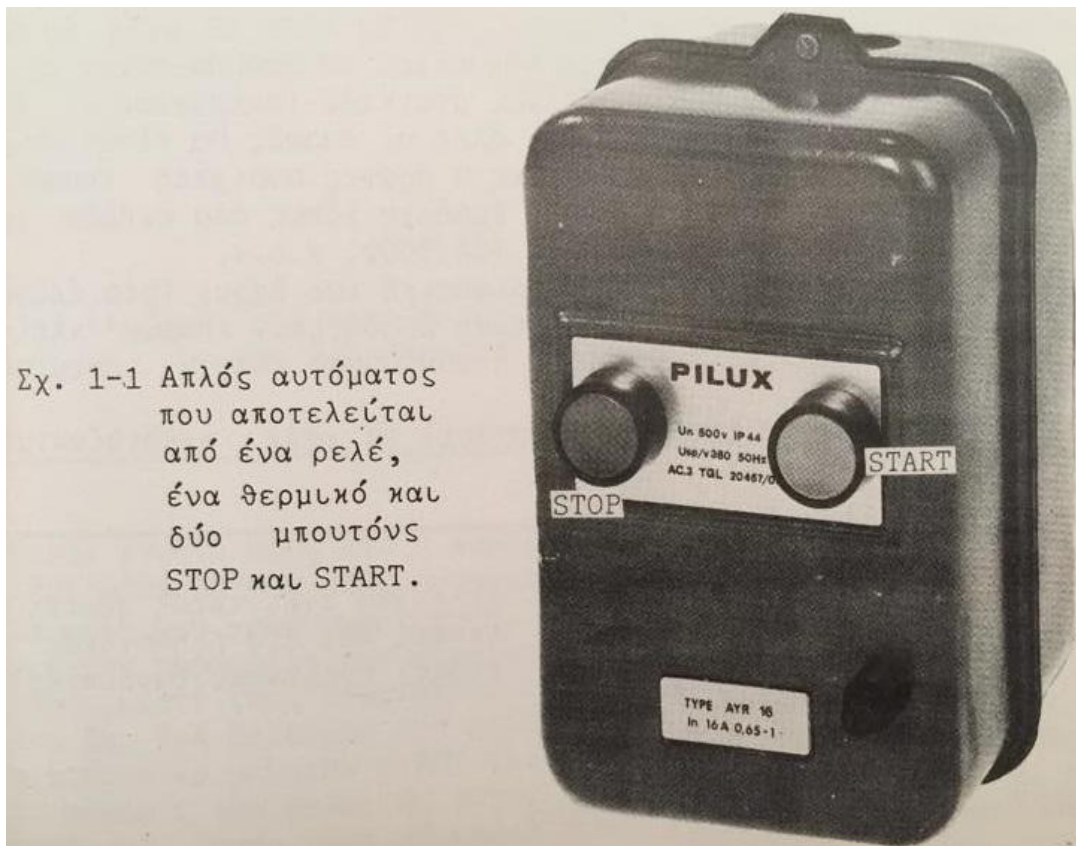
1.Εισαγωγή στον Αυτοματισμό

1.1. Αυτόματος(Γενικά)

Καλό θα ήταν πριν αρχίσουμε να μιλάμε για τους αυτοματισμούς που χρησιμοποιούμε στην Βιομηχανία, για τα κύρια και βοηθητικά κυκλώματα, για την μεταφορά του βοηθητικού κυκλώματος στο κύριο και γενικότερα για τη λειτουργία, να αναφέρουμε από τι αποτελείται ένας αυτόματος. Στο σχήμα 1-1 βλέπουμε έναν απλό αυτόματο. Αν τον ανοίξουμε διαπιστώνουμε ότι αποτελείται από ένα ρελέ, ένα θερμικό και δύο μπουτόνς START – STOP.

-Ρελέ

Το ρελέ σχήμα 1-3 αποτελείται από δύο σκέλη. Στο ένα σκέλος(που είναι η βάση στήριξης) βρίσκεται το πηνίο που συνήθως λειτουργεί στα 200V ή 380V. Το πηνίο αυτό είναι τοποθετημένο μέσα στο ρελέ σ'ένα σιδηροπυρήνα. Αυτό το σκέλος του ρελέ έχει τρεις κύριες και μία ή περισσότερες βοηθητικές επαφές, που είναι σταθερά προσαρμοσμένες και δεν μετακινούνται.

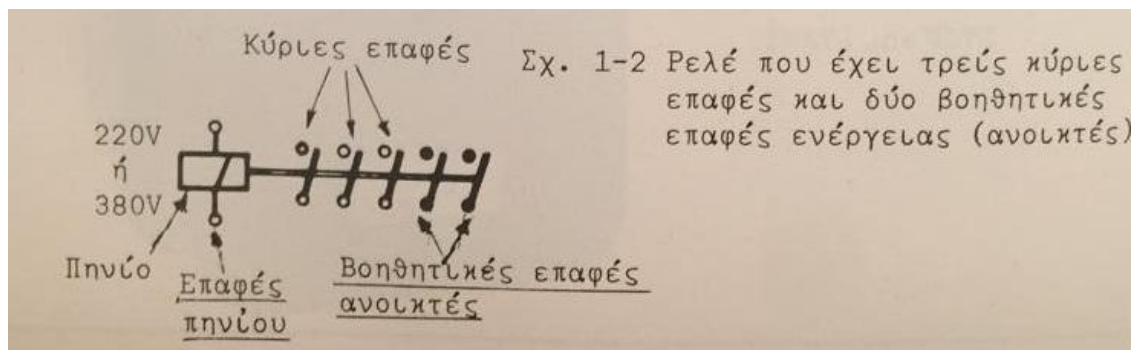


Το άλλο σκέλος αποτελείται και αυτό από ένα σιδηροπυρήνα που φέρει επίσης τις αντίστοιχες επαφές που έχει το σκέλος της βάσης στήριξης, ώστε να σχηματίζονται ζεύγη επαφών. Η διαφορά του είναι ότι ο σιδηροπυρήνας αυτός είναι κινητός. Αυτός κινείται προς την βάση όταν έλκεται από τον ηλεκτρομαγνήτη και παρασύρει μαζί του τις επαφές με αποτέλεσμα αυτές να κλείνουν ή να ανοίγουν το κύκλωμα. Όταν τώρα σταματήσει να κυκλοφορεί ρεύμα από το πηνίο, αυτό παύει να είναι ηλεκτρομαγνήτης, με αποτέλεσμα να ελευθερώνεται ο σιδηροπυρήνας του πάνω σκέλους και με την βοήθεια δύο ελατηρίων να επανέρχεται στην αρχική του θέση και έτσι να ανοίγουν ή να κλείνουν οι επαφές και να διακόπτεται το κύκλωμα. Στη θέση ηρεμίας του ρελέ, όταν δηλαδή δεν περνάει ρεύμα μέσα από το πηνίο, οι τρεις κύριες επαφές είναι ανοιχτές πάντοτε, οι δε βοηθητικές επαφές του είναι ανάλογα κλειστές ή ανοικτές. Αν δηλαδή πάρουμε ένα ρελέ που θα έχει τρία ζεύγη κυρίων επαφών, ένα ζεύγος βοηθητικών επαφών ηρεμίας (κλειστών) και ένα άλλο ζεύγος βοηθητικών επαφών ενέργειας (ανοικτών), τότε σε θέση ηρεμίας του ρελέ θα πρέπει να είναι οι τρεις κύριες επαφές ανοικτές, η κλειστή βοηθητική επαφή κλειστή και η ανοικτή βοηθητική επαφή ανοικτή. Αυτό μπορούμε να το διαπιστώσουμε με ένα πολύμετρο.

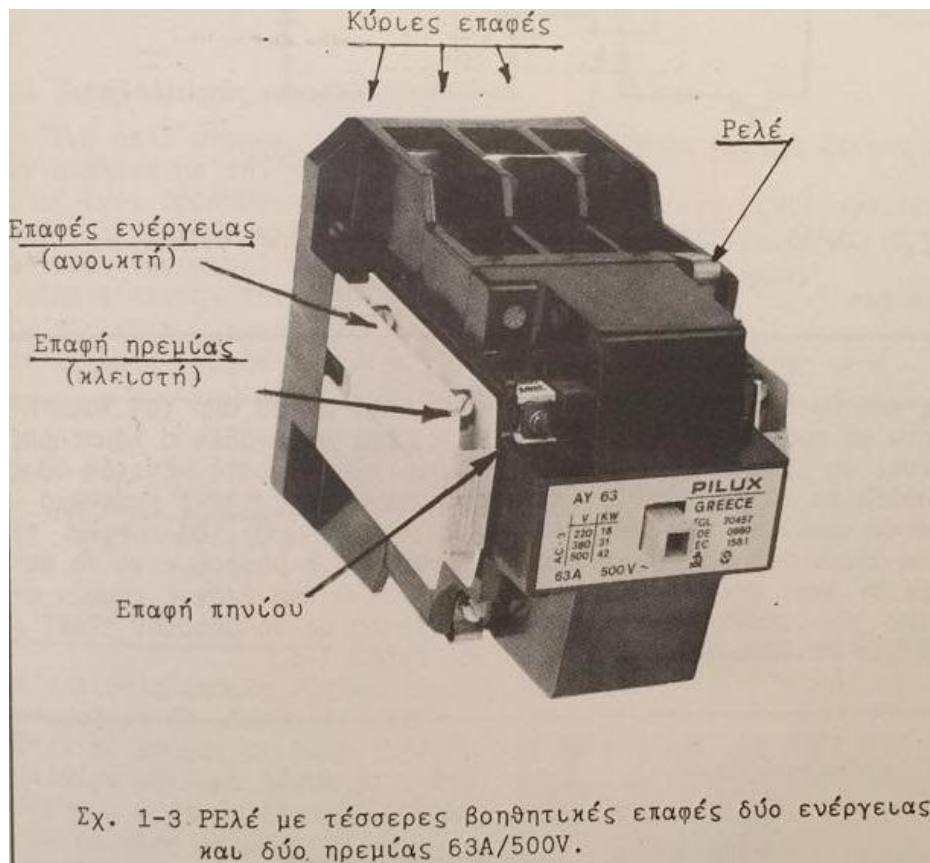
Αν το ρελέ είναι μεγάλης ισχύος τότε μπορούμε να διακρίνουμε τα ζεύγη των τριών κυρίων επαφών που είναι μεγαλύτερων διαστάσεων από ότι οι βοηθητικές και αυτό συμβαίνει γιατί μέσα από αυτές θα περάσει όλο το ρεύμα που τραβάει ο κινητήρας. Οι υπόλοιπες μία, δύο ή περισσότερες μικρότερες επαφές (ζεύγη) που θα έχει το ρελέ θα είναι βοηθητικές και μπορούμε με ένα πολύμετρο να βρούμε ποιές είναι κλειστές (ηρεμίας) και ποιές είναι ανοικτές (ενέργειας). Αν τώρα έχουμε ρελέ μικρής ισχύος, τότε όλες οι επαφές θα είναι ίδιες σε μέγεθος και σαν κύριες παίρνουμε τις 3 πρώτες ανοικτές επαφές. Τα ρελέ βρίσκονται τυποποιημένα στο εμπόριο (όπως όλα σχεδόν τα ηλεκτρονικά υλικά).

Όλα τα βιομηχανικά ρελέ είναι τριφασικά και έχουν τρία ζεύγη κυρίων επαφών με ένα ή περισσότερα ζεύγη βοηθητικών επαφών κλειστών (ηρεμίας) ή ανοικτών (ενέργειας) ή συνδυασμό επαφών ηρεμίας και ενέργειας.

Στα κύρια κυκλώματα (κυκλώματα ισχύος) τα ρελέ σχεδιάζονται όπως φαίνεται στο σχήμα 1-2.



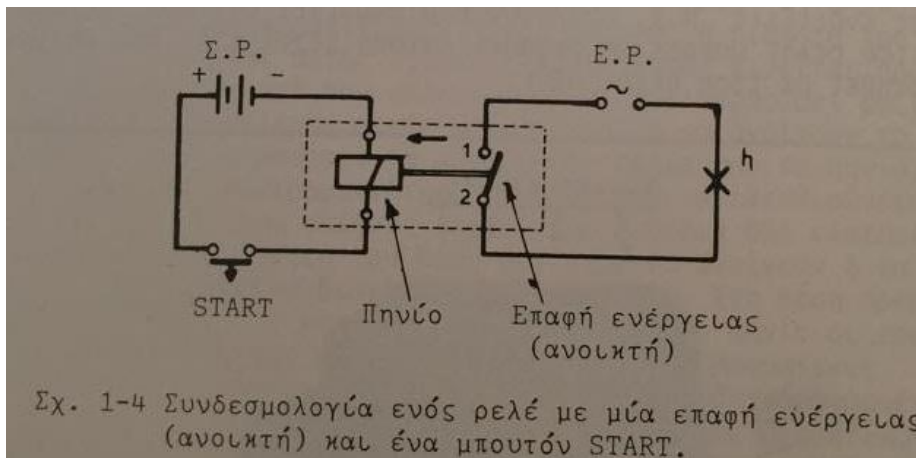
Όπως βλέπουμε στο επάνω μέρος του ρελέ (σχήμα 1-3) υπάρχουν διάφορες ενδείξεις π.χ. 63A/500V που σημαίνει ότι από τις κύριες επαφές του ρελέ μπορεί να περάσει ένταση μέχρι 63A και μπορεί να τροφοδοτηθεί με τάση μέχρι 500V.



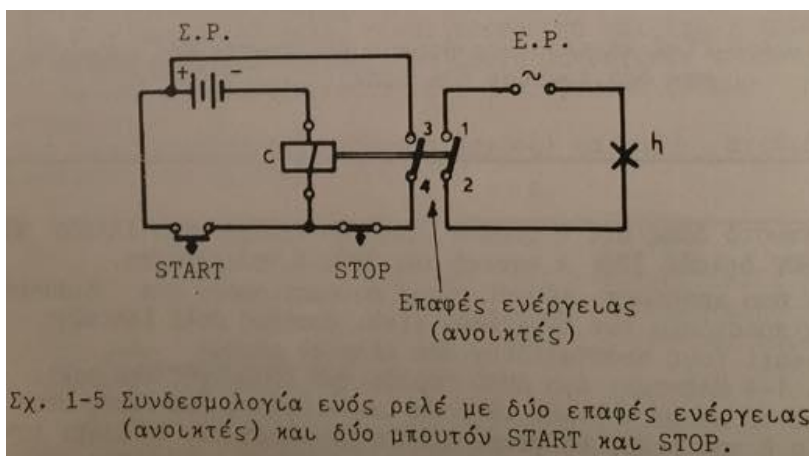
Είναι γνωστό όμως ότι η χαμηλή τάση που έχουμε στην Ελλάδα είναι 220V/380V δηλαδή 220V η φασική και 380V η πολική τάση.

Τα ρελέ που χρησιμοποιούνται στους αυτοματισμούς στην Βιομηχανία για την προστασία των κινητήρων είναι συνήθως ρελέ έλλειψης της τάσης, γιατί τους προστατεύουν από έλλειψη τάσης.

Στο σχήμα 1-4 βλέπουμε ένα απλό παράδειγμα εφαρμογής του ρελέ. Αν πιέσουμε το μπουτόν START τότε θα κυκλοφορήσει ένα ρεύμα μέσα από το πηνίο C του ρελέ, θα γίνει ηλεκτρομαγνήτης και θα έλξει την επαφή 1-2.



Όταν τώρα κλείσει η επαφή ενέργειας 1-2 γίνεται επαφή ηρεμίας που θα επιτρέψει να κυκλοφορήσει ένα ρεύμα από τον λαμπτήρα h που θα ανάψει. Για να εξακολουθεί όμως να ανάβει ο λαμπτήρας θα πρέπει να έχουμε το μπουτόν START συνεχώς κλειστό. Επειδή όμως στην πράξη τα χρησιμοποιούμενα μπουτόνς εκκίνησης START επανέρχονται στην κανονική τους θέση (ανοίγουν το κύκλωμα), θα πρέπει το ρελέ να αυτοσυγκρατείται με κάποιο τρόπο. Αυτό μπορούμε να το πετύχουμε αν στον σπλισμό του προσθέσουμε άλλο ένα ζεύγος επαφών ενέργειας (ανοικτών) 3-4, συνδεδεμένο παράλληλα με το μπουτόν START. Μια τέτοια συνδεσμολογία φαίνεται στο σχήμα 1-5.



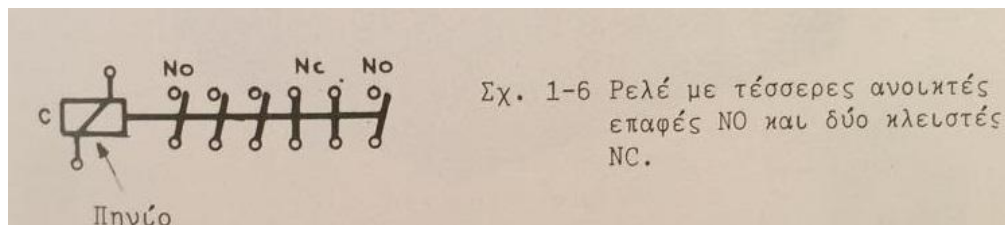
Αν τώρα πατήσουμε το START περνάει ρεύμα μέσα από το πηνίο του ρελέ, διεγείρεται και κλείνει τις επαφές του 1÷2 και 3÷4. Ο λαμπτήρας ανάβει. Αφήνοντας όμως το START το πηνίο του ρελέ δεν αποδιεγείρεται, γιατί το ρεύμα περνάει από το πηνίο μέσω του

κλειστού μπουτόν STOP και της επαφής ενέργειας 3÷4 που τώρα είναι επαφή ηρεμίας (κλειστή). Αν θελήσουμε να το αποδιεγείρουμε πατάμε το μπουτόν STOP.

-Συμβολισμός επαφών ρελέ

Ένα ρελέ μπορεί να έχει ένα αρκετά μεγάλο αριθμό ζευγών επαφών ανάλογα με την χρήση του.

Όπως έχει προαναφερθεί, άλλες επαφές μπορεί να είναι ανοικτές (ενέργειας) και να κλείνουν όταν οπλίζει το ρελέ και άλλες να είναι κλειστές (ηρεμίας) και να ανοίγουν όταν οπλίζει. Η εκλογή λοιπόν του ρελέ γίνεται πάντοτε με βάση τις απαιτήσεις του ηλεκτρικού κυκλώματος. Στο σχήμα 1-6 βλέπουμε τον συμβολισμό των επαφών ενός ρελέ.



Οι κλειστές επαφές συμβολίζονται με NC (Normally Closed) και οι ανοικτές με NO (Normally Open). Όταν οι επαφές σε θέση ηρεμίας του ρελέ είναι ανοικτές και δεν κλείνουν κύκλωμα λέγονται επαφές ζεύξης ή επαφές ενέργειας. Όταν κλείνουν κύκλωμα λέγονται επαφές απόζευξης ή επαφές ηρεμίας, πάντοτε σε θέση ηρεμίας του ρελέ. Εμείς θα τις ονομάζουμε απλά βοηθητικές ανοικτές επαφές και βοηθητικές κλειστές, στα βοηθητικά κυκλώματα που θα ακολουθήσουν. Αυτό που θα πρέπει να γνωρίζουμε είναι ότι οι επαφές ζεύξης με το κλείσιμο του ρελέ γίνονται επαφές απόζευξης, οι δε επαφές απόζευξης ή επαφές ηρεμίας γίνονται

επαφές ζεύξης.

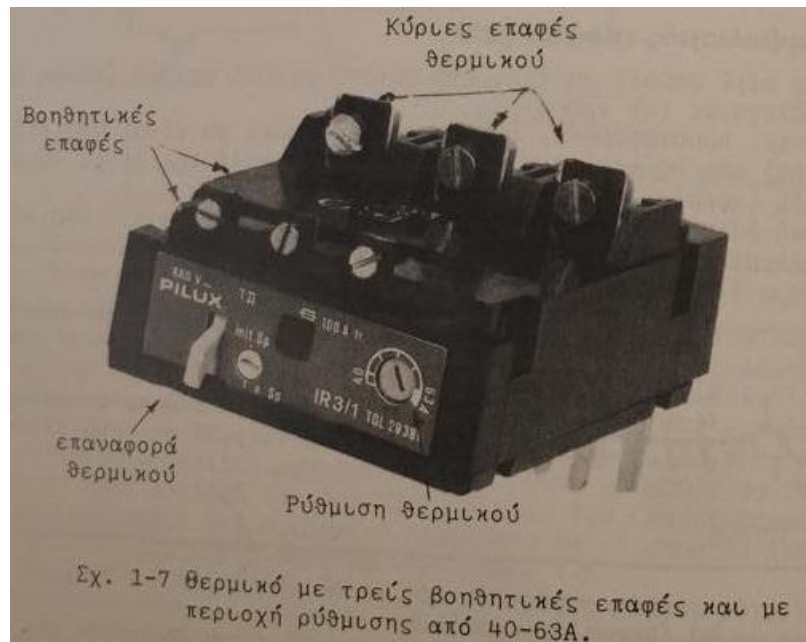
- Θερμικό

Άλλο ένα υλικό που θα συναντήσουμε όταν ανοίξουμε τον αυτόματο είναι το θερμικό. Το θερμικό αποτελείται από τρία ζεύγη κυρίων επαφών. Οι τρεις επαφές συνδέονται αντίστοιχα με τις τρεις κύριες επαφές του ρελέ και οι άλλες τρεις που βρίσκονται από την αντίθετη πλευρά του θερμικού με τον κινητήρα. Επίσης το θερμικό έχει και δύο ή τρεις βοηθητικές

επαφές (τρεις επαφές έχει όταν είναι διπλής ενέργειας), που συνδέονται στο βοηθητικό κύκλωμα του αυτόματου.

Οι επαφές του θερμικού τόσο οι κύριες όσο και οι βοηθητικές είναι πάντοτε κλειστές (κλείνουν το κύκλωμα).

Στο σχήμα 1-7 βλέπουμε την μορφή ενός θερμικού.



Το θερμικό προστατεύει τον κινητήρα από υπερεντάσεις και διακόπτει το κύκλωμα σε περίπτωση υπερφόρτωσης του κινητήρα.

Όταν ανοίξουμε ένα θερμικό βλέπουμε ότι έχει τρία διαμεταλλικά που είναι ρυθμισμένα να επιτρέπουν να περνά από μέσα τους μια ορισμένη ένταση, το κανονικό του κινητήρα. Όταν ο κινητήρας υπερφορτωθεί τραβάει περισσότερο ρεύμα, με αποτέλεσμα να επενεργούν τα διμεταλλικά και να διακόπτουν με μηχανικό τρόπο το βοηθητικό κύκλωμα. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να διακόπτεται και το κύριο κύκλωμα και έτσι να προστατεύεται ο κινητήρας από επικίνδυνες υπερεντάσεις. Εξωτερικά όπως βλέπουμε το θερμικό, εκτός από τις κύριες και βοηθητικές του επαφές έχει ένα μικρό μπουτόν που πιέζοντας το αποκαθιστά το κύκλωμα των βοηθητικών επαφών, όταν αυτό διακοπεί από κάποια υπερένταση του κινητήρα. Επίσης έχει και ένα κουμπί (Σχ. 1-7), με το οποίο μπορούμε να ρυθμίσουμε την

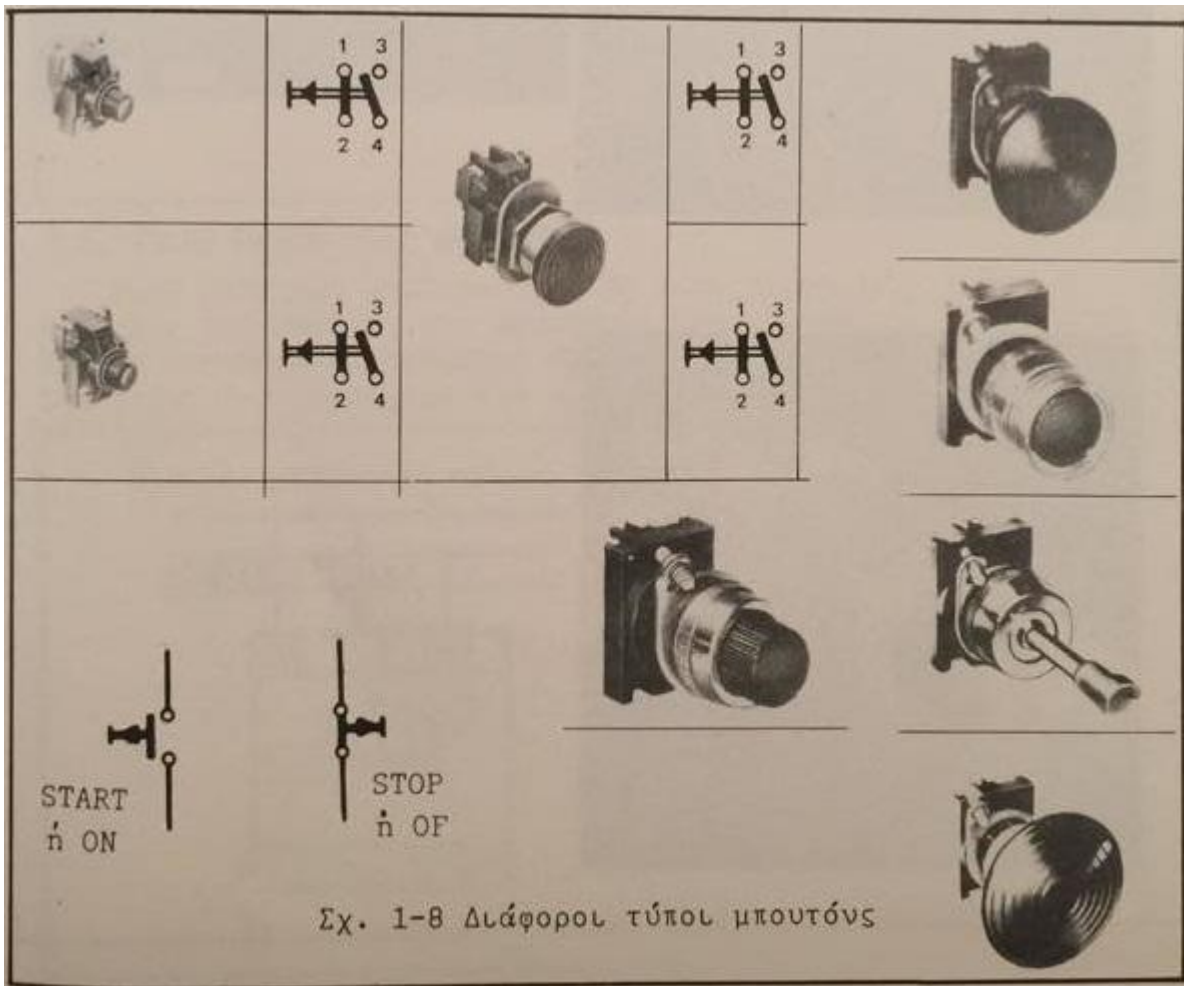
ένταση που επιτρέπει το θερμικό να περάσει προς τον κινητήρα χωρίς να τον διακόψει. Τα θερμικά δεν είναι τυποποιημένα όπως τα ρελέ και μπορούμε να τα βρούμε στο εμπόριο σε όσα Αμπέρ θέλουμε σε συγκεκριμένες φυσικά περιοχές (5-9A, 8-18A κ.ο.κ).

- Μπουτόνς

Εκτός από το ρελέ και το θερμικό ο απλός αυτόματος που αναφέραμε περιλαμβάνει και δύο μπουτόνς, ένα START και ένα STOP. Η διαφορά των μπουτόνς από ένα διακόπτη είναι ότι αυτά ανοίγουν ή κλείνουν ένα κύκλωμα στιγμιαία, ενώ ο διακόπτης το ανοίγει ή το κλείνει μόνιμα. Το μπουτόν START έχει μια επαφή ενέργειας (ανοικτή) και όταν το πατάμε βάζουμε σε λειτουργία το βοηθητικό κύκλωμα.

Το μπουτόν STOP έχει μια επαφή ηρεμίας (κλειστή) και όταν το πατάμε βγάζουμε εκτός λειτουργίας το βοηθητικό κύκλωμα.

Αυτό που θα πρέπει να τονίσουμε είναι ότι και τα δύο μπουτόνς και το START και το STOP συνδέονται στο βοηθητικό κύκλωμα του αυτόματου. Τα είδη που υπάρχουν στο εμπόριο είναι πάρα πολλά. Στο Σχήμα 1-8 βλέπουμε τον συμβολισμό και τις μορφές διαφόρων μπουτόνς (απλής και διπλής ενέργειας).



1.2 Αυτόματος διακόπτης αστέρα-τριγώνου (Υ-Δ) τριφασικών ηλεκτροκινητήρων βραχυκυκλωμένου δρομέα.

Γενικά - χρήση του αυτόματου διακόπτη.

Ο αυτόματος διακόπτης αστέρα-τριγώνου (Υ-Δ) χρησιμοποιείται για τον έλεγχο της λειτουργίας (ξεκίνημα, σταμάτημα) και την προστασία τριφασικών ηλεκτροκινητήρων βραχυκυκλωμένου δρομέα σημαντικής ισχύος. Σκοπός της χρησιμοποίησης αυτού του αυτόματου διακόπτη είναι να περιορισθεί το μεγάλο ρεύμα κατά την εκκίνηση των ηλεκτροκινητήρων. Χρησιμοποιείται σε κινητήρες ισχύος συνήθως πάνω από 3PS, **που μπορούν να δεχθούν την πολική τάση του δικτύου σε σύνδεση των τυλιγμάτων τους κατά τρίγωνο.**

Για να καταλάβουμε την λειτουργία του αυτόματου διακόπτη Υ-Δ, ας δούμε τι θέλουμε να πραγματοποιείται με αυτόν.

Στην αρχή της εκκίνησης του κινητήρα τα τρία τυλίγματα του U_1-U_2 , V_1-V_2 και W_1-W_2 πρέπει να συνδεθούν

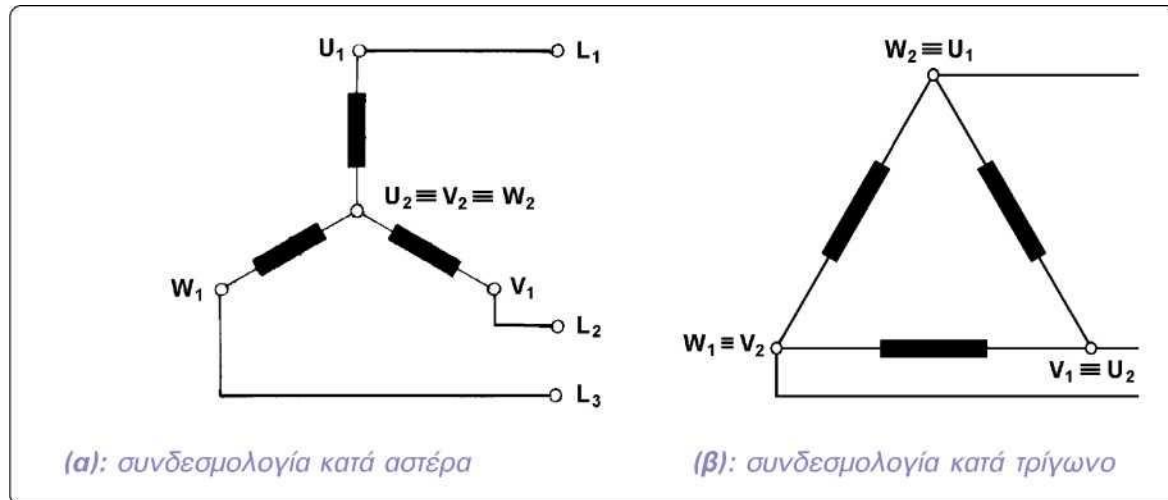
κατά αστέρα και να τροφοδοτηθούν από το δίκτυο προκειμένου να ξεκινήσει ο κινητήρας, όπως φαίνεται στο

σχήμα 7.1.α. Δηλαδή, πρέπει να γεφυρωθούν τα άκρα U_2 , V_2 και W_2 των τυλιγμάτων, και τα άκρα

U_1 , V_1 και W_1 να τροφοδοτηθούν από τις φάσεις L_1 , L_2 και L_3 του δικτύου αντίστοιχα. Ο κινητήρας

πρέπει να λειτουργήσει σε συνδεσμολογία αστέρα ένα χρονικό διάστημα μέχρις ότου αποκτήσει μια ταχύτητα

που δεν μπορεί να αυξηθεί περισσότερο. Η ταχύτητα αυτή είναι κοντά στην ονομαστική ταχύτητα του κινητήρα.

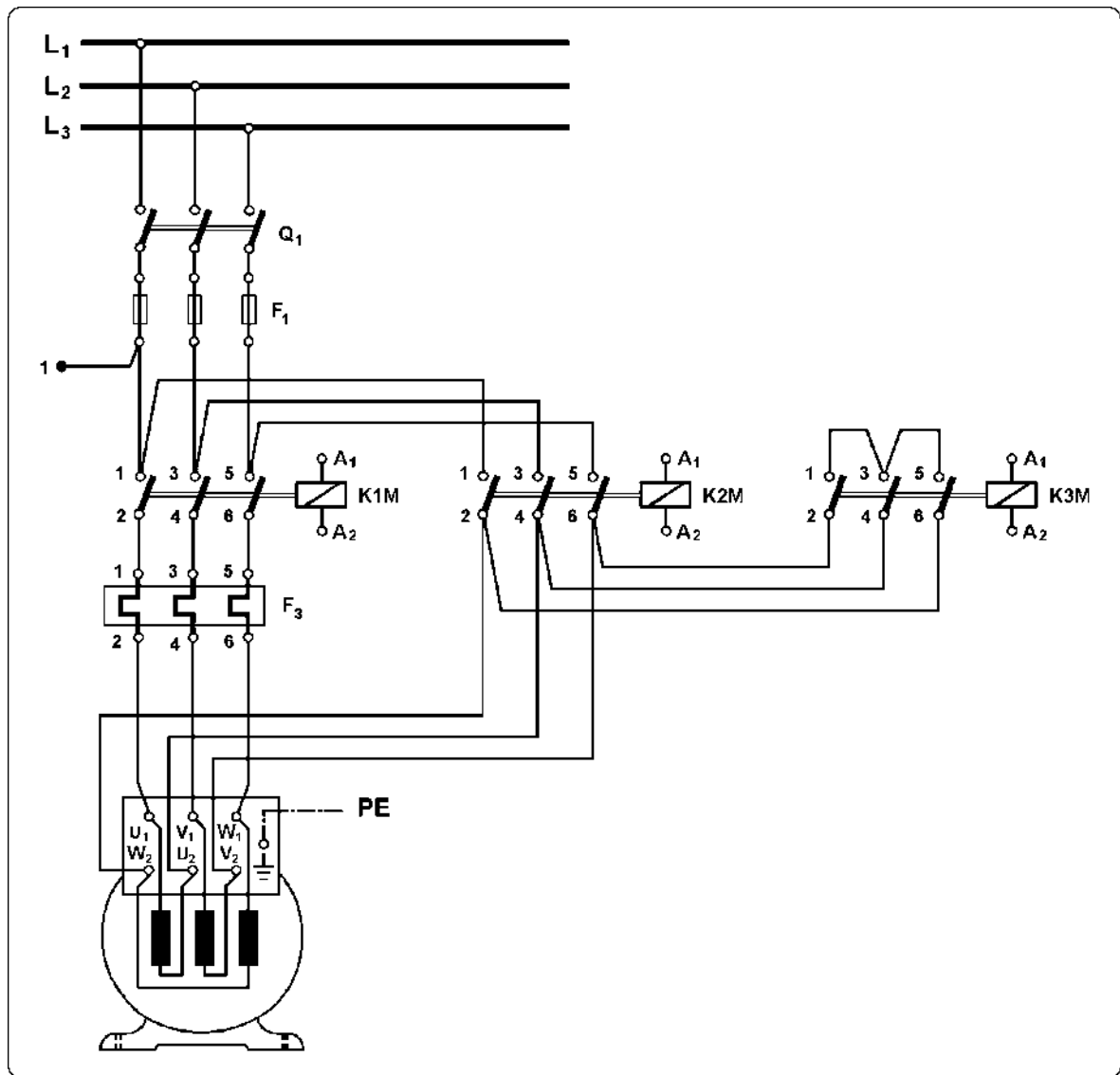


Σχήμα 7.1: Συνδεσμολογίες των τυλιγμάτων και τροφοδοσία ενός τριφασικού ηλεκτροκινητήρα βραχυκυκλωμένου δρομέα από το δίκτυο στη διάρκεια εκκίνησής του κατά Υ-Δ.

Στη συνέχεια πρέπει τα τυλιγμάτων του κινητήρα να συνδεθούν κατά τρίγωνο και να τροφοδοτηθούν από το δίκτυο, ώστε ο κινητήρας να συνεχίσει τη λειτουργία του σε συνδεσμολογία τριγώνου, όπως φαίνεται στο σχήμα 7.1.β. Δηλαδή, αφού εξαλειφθεί το γεφύρωμα μεταξύ των άκρων U_2, V_2 και W_2 των τυλιγμάτων, πρέπει το άκρο U_2 να γεφυρωθεί με το άκρο V_1 και να τροφοδοτηθούν από τη φάση L_2 του δικτύου, το άκρο V_2 να γεφυρωθεί με το άκρο W_1 και να τροφοδοτηθούν από τη φάση L_3 , και άκρο W_2 να γεφυρωθεί με το άκρο U_1 και να τροφοδοτηθούν από τη φάση L_1 . Συμπερασματικά, για να λειτουργήσει ο κινητήρας σε συνδεσμολογία τριγώνου, τα άκρα U_1, V_1 και W_1 των τυλιγμάτων συνεχίζουν να τροφοδοτούνται από τις φάσεις L_1, L_2 και L_3 του δικτύου αντίστοιχα και, αφού εξαλειφθεί το γεφύρωμα μεταξύ των άκρων U_2, V_2 και W_2 των τυλιγμάτων, τα άκρα W_2, U_2 και V_2 θα πρέπει να τροφοδοτηθούν από τις φάσεις L_1, L_2 και L_3 του δικτύου αντίστοιχα.

Υλικά που περιλαμβάνει ένας αυτόματος διακόπτης Υ-Δ.

Ανάλογα με την ισχύ του τριφασικού κινητήρα, που ελέγχει ο αυτόματος διακόπτης, και τα χαρακτηριστικά του φορτίου, που κινεί ο κινητήρας, υπάρχουν διάφορες παραλλαγές του ηλεκτρικού κυκλώματος του αυτόματου διακόπτη, ώστε να επιτευχθεί με αξιόπιστο τρόπο ο έλεγχος της λειτουργίας του κινητήρα και του φορτίου που κινεί. Το ηλεκτρικό κύκλωμα που θα αναπτυχθεί στη συνέχεια, αναφέρεται σε κινητήρες μικρής και μέσης ισχύος (μέχρι 15PS).



Σχήμα 7.2: Συνδεσμολογία του κυκλώματος ισχύος αυτόματου διακόπτη Υ-Δ για τη λειτουργία τριφασικού ηλεκτροκινητήρα βραχυκυκλωμένου δρομέα.

Στο σχήμα 7.2 δίνεται το κύκλωμα ισχύος του αυτόματου διακόπτη Υ-Δ, δηλαδή το κύκλωμα μέσα από το οποίο μεταφέρεται η ηλεκτρική ισχύς στον τριφασικό κινητήρα. Στο σχήμα 7.3 δίνεται το κύκλωμα ελέγχου (βοηθητικό κύκλωμα ή κύκλωμα αυτοματισμού) του αυτόματου διακόπτη Υ-Δ με χειροκίνητες εντολές εκκίνησης και σταματήματος με μπουτόνς.

Ένας αυτόματος διακόπτης Υ-Δ, του οποίου ο χειρισμός γίνεται χειροκίνητα με μπουτόνς, αποτελείται από ένα τριπολικό διακόπτη φορτίου (Q_f), τρεις ασφάλειες τήξεως κατηγορίας αΜ (πρώην βραδείας τήξεως) (F_1) για την προστασία του κινητήρα από βραχυκύκλωμα, μια ασφάλεια τήξεως κατηγορίας gL (πρώην ταχείας τήξεως) (F_2) για την προστασία του κυκλώματος ελέγχου του αυτόματου διακόπτη, τρεις ηλεκτρονόμους ισχύος (K1M, K2M, K3M), ένα θερμικό (F_3), ένα χρονικό (K1T) με καθυστέρηση στην ενεργοποίηση της επαφής (delay on), ένα μπουτόν (S_1) για το ξεκίνημα του κινητήρα (μπουτόν START) και ένα μπουτόν (S_2) για το σταμάτημα του κινητήρα (μπουτόν STOP). Όταν θέλουμε να έχουμε οπτική

ένδειξη στον ηλεκτρικό πίνακα του αυτόματου διακόπτη για την κατάσταση λειτουργίας του κινητήρα, ο αυτόματος διακόπτης Υ-Δ περιλαμβάνει και δυο ενδεικτικές λυχνίες. Η μια ενδεικτική λυχνία (h_1) ανάβει, όταν λειτουργεί ο κινητήρας (ενδεικτική λυχνία λειτουργίας). Η άλλη ενδεικτική λυχνία (h_2) ανάβει, όταν διακοπεί η λειτουργία του κινητήρα με ενεργοποίηση του θερμικού F_3 (ενδεικτική λυχνία βλάβης).

Συνδεσμολογία και εξήγηση της λειτουργίας του αυτόματου διακόπτη.

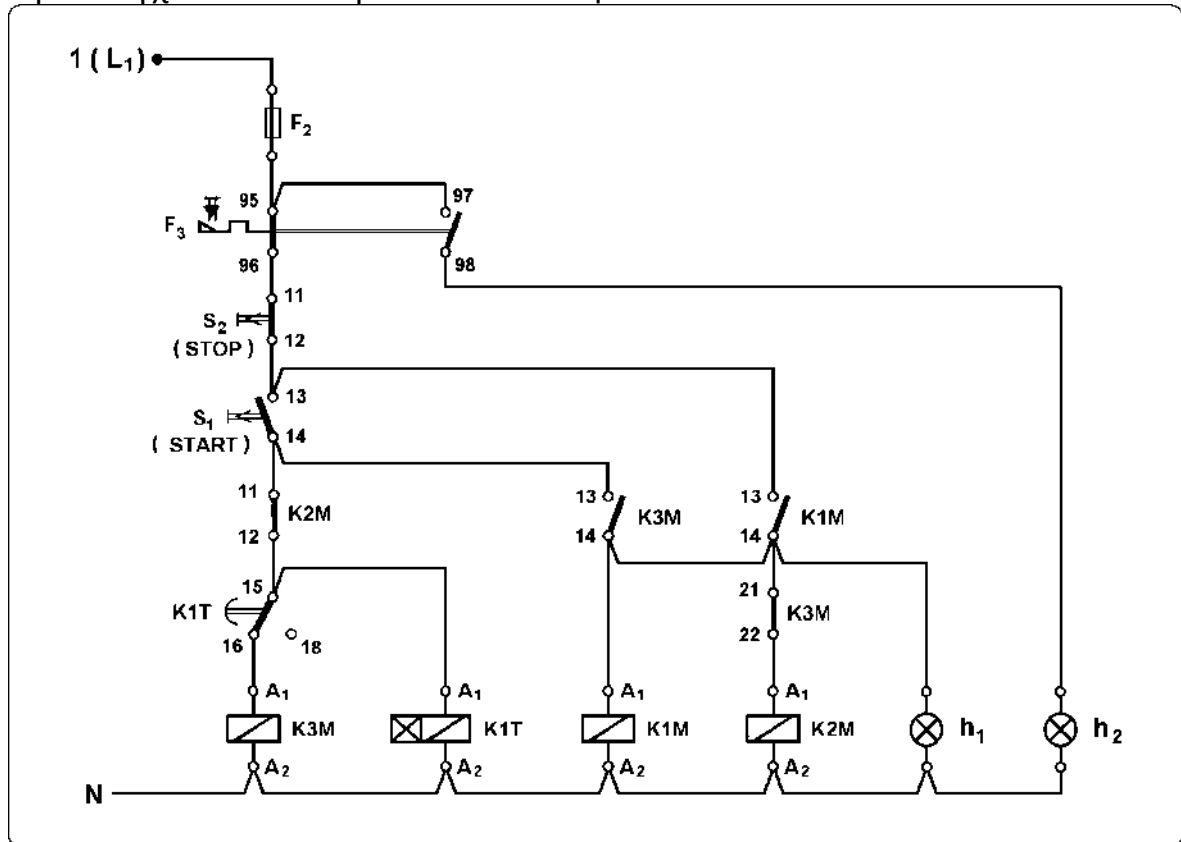
Στο κύκλωμα ισχύος του σχήματος 7.2 οι τρεις φάσεις L_1 , L_2 και L_3 του δικτύου συνδέονται στον διακόπτη φορτίου Q_1 , στη συνέχεια στις ασφάλειες τήξεως F_1 και καταλήγουν στις κύριες επαφές των ηλεκτρονόμων $K1M$ και $K2M$. Ο ηλεκτρονόμος $K1M$ ονομάζεται **ηλεκτρονόμος δικτύου** και τροφοδοτεί τους ακροδέκτες U_1 , V_1 και W_1 των τυλιγμάτων του κινητήρα με τις φάσεις L_1 , L_2 και L_3 του δικτύου αντίστοιχα μέσω του κυκλώματος ισχύος του θερμικού υπερφόρτισης F_3 . Ο ηλεκτρονόμος $K2M$ ονομάζεται **ηλεκτρονόμος τριγώνου** και τροφοδοτεί τους ακροδέκτες W_2 , U_2 και V_2 των τυλιγμάτων του κινητήρα με τις φάσεις L_1 , L_2 και L_3 του δικτύου αντίστοιχα. Ο ηλεκτρονόμος $K3M$ ονομάζεται **ηλεκτρονόμος αστέρα** και γεφυρώνει τα άκρα U_2 , V_2 και W_2 των τυλιγμάτων του κινητήρα συνδέοντάς τα τυλίγματα κατά αστέρα.

Κατά την εκκίνηση του κινητήρα, ο ηλεκτρονόμος $K3M$ είναι ο πρώτος που ενεργοποιείται συνδέοντάς τα τυλίγματα του κινητήρα κατά αστέρα. Ο ηλεκτρονόμος αυτός παραμένει ενεργοποιημένος μόνο στη διάρκεια της συνδεσμολογίας των τυλιγμάτων κατά αστέρα. Ο ηλεκτρονόμος $K1M$ είναι αυτός που ενεργοποιείται στη συνέχεια και μέσω του κυκλώματος ισχύος του θερμικού υπερφόρτισης F_3 τροφοδοτεί τους ακροδέκτες U_1 , V_1 και W_1 των τυλιγμάτων του κινητήρα με τις φάσεις L_1 , L_2 και L_3 του δικτύου αντίστοιχα. Ο κινητήρας έχει τα τυλίγματά του συνδεδεμένα κατά αστέρα και τροφοδοτείται από το δίκτυο, άρα ξεκινά σε συνδεσμολογία κατά αστέρα. Ο ηλεκτρονόμος $K1M$ στη συνέχεια παραμένει ενεργοποιημένος μέχρι να σταματήσει να λειτουργεί ο κινητήρας.

Όταν ο κινητήρας αναπτύξει τις απαιτούμενες στροφές, απενεργοποιείται ο ηλεκτρονόμος $K3M$, οπότε παύει να υπάρχει το γεφύρωμα των άκρων U_2 , V_2 και W_2 των τυλιγμάτων. Στην συνέχεια ενεργοποιείται ο ηλεκτρονόμος $K2M$. Με την ενεργοποίησή του τα άκρα W_2 , U_2 και V_2 των τυλιγμάτων του κινητήρα τροφοδοτούνται αντίστοιχα με τις φάσεις L_1 , L_2 και L_3 του δικτύου. Στην κατάσταση αυτή, οι ακροδέκτες U_1 , W_2 των τυλιγμάτων του κινητήρα τροφοδοτούνται από την φάση L_1 του δικτύου μέσω των ηλεκτρονόμων $K1M$ και $K2M$ και του θερμικού, άρα είναι γεφυρωμένοι μέσω των παραπάνω εξαρτημάτων (τα στοιχεία των εξαρτημάτων που συμμετέχουν στο κύκλωμα πρακτικά έχουν μηδενική ηλεκτρική αντίσταση). Οι ακροδέκτες V_1 , U_2 των τυλιγμάτων του κινητήρα τροφοδοτούνται από την φάση L_2 του δικτύου μέσω των ηλεκτρονόμων $K1M$ και $K2M$ και του θερμικού, άρα είναι επίσης γεφυρωμένοι. Οι ακροδέκτες W_1 , V_2 των τυλιγμάτων του κινητήρα τροφοδοτούνται από την φάση L_3 του δικτύου μέσω των ηλεκτρονόμων $K1M$ και $K2M$ και του θερμικού, άρα και αυτοί είναι γεφυρωμένοι. Από τα παραπάνω προκύπτει ότι, στην κατάσταση αυτή του κυκλώματος τα τυλίγματα του κινητήρα είναι συνδεδεμένα κατά τρίγωνο και τροφοδοτούνται από το δίκτυο. Επομένως, ο κινητήρας λειτουργεί τώρα σε συνδεσμολογία τριγώνου.

Πρέπει να σημειωθεί εδώ, ότι οι ηλεκτρονόμοι $K2M$ και $K3M$ δεν θα πρέπει ποτέ να ενεργοποιηθούν ταυτόχρονα, γιατί προκαλείται βραχυκύκλωμα μεταξύ των τριών φάσεων του δικτύου (τριφασικό βραχυκύκλωμα) στη θέση των ακροδεκτών 1, 3, 5 του ηλεκτρονόμου $K3M$. Πρέπει, επομένως, να υπάρχει ηλεκτρική μανδάλωση των ηλεκτρονόμων $K2M$ και $K3M$

στο κύκλωμα ελέγχου του αυτόματου διακόπτη Υ-Δ.



Σχήμα 7.3: Συνδεσμολογία ενός κυκλώματος ελέγχου αυτόματου διακόπτη Υ-Δ τριφασικού ηλεκτροκινητήρα βραχυκυκλωμένου δρομέα.

Για να ξεκινήσει ο κινητήρας, αφού κλείσουμε το γενικό διακόπτη Q_1 , πιέζουμε το μπουτόν εκκίνησης S_1 (START). Με την πίεση του S_1 ενεργοποιείται ο ηλεκτρονόμος $K3M$, αφού στο κύκλωμα ελέγχου του σχήματος 7.3 το πηνίο του $K3M$ τροφοδοτείται από το κλειστό κύκλωμα: Φάση L_1 - διακόπτης φορτίου Q_1 - ασφάλεια τήξεως F_1 του κυκλώματος ισχύος - ασφάλεια τήξεως F_2 του κυκλώματος ελέγχου - επαφή 95-96 του θερμικού F_3 - μπουτόν STOP - μπουτόν START - επαφή 11-12 του ηλεκτρονόμου $K2M$ (κλειστή γιατί ο ηλεκτρονόμος $K2M$ είναι σε ηρεμία) - επαφή 15-16 του χρονικού $K1T$ (κλειστή γιατί το χρονικό είναι σε ηρεμία) - πηνίο του $K3M$ - ουδέτερος N . Συγχρόνως τροφοδοτείται και το κύκλωμα λειτουργίας A_1 - A_2 του χρονικού $K1T$ και αρχίζει η μέτρηση του χρόνου. Με την ενεργοποίηση του $K3M$, στο κύκλωμα ισχύος γεφυρώνονται τα άκρα U_2 , V_2 και W_2 των τυλιγμάτων του κινητήρα και επομένως συνδέονται κατά αστέρα. Επίσης, στο κύκλωμα ελέγχου ανοίγει η επαφή 21-22 του ηλεκτρονόμου $K3M$ και κλείνει η επαφή του 13-14.

Με το άνοιγμα της επαφής 21-22 του $K3M$ αποκλείεται η ενεργοποίηση του ηλεκτρονόμου του τριγώνου $K2M$, όσο χρονικό διάστημα είναι ενεργοποιημένος ο $K3M$ (επαφή ηλεκτρικής μανδάλωσης του $K2M$). Με το κλείσιμο της επαφής 13-14 του $K3M$ ενεργοποιείται ο ηλεκτρονόμος δικτύου $K1M$, αφού το πηνίο του τροφοδοτείται από το κλειστό κύκλωμα: Φάση L_1 - διακόπτης φορτίου Q_1 - ασφάλεια τήξεως F_1 του κυκλώματος ισχύος - ασφάλεια τήξεως F_2 του κυκλώματος ελέγχου - επαφή 95-96 του θερμικού F_3 - μπουτόν STOP - μπουτόν START (πιεσμένο) - επαφή 13-14 του $K3M$ (κλειστή) - πηνίο του $K1M$ -

ουδέτερος N. Με την ενεργοποίηση του K1M, στο κύκλωμα ισχύος τροφοδοτούνται οι ακροδέκτες U_1 , V_1 , W_1 των τυλιγμάτων του κινητήρα από τις φάσεις L_1 , L_2 , L_3 του δικτύου αντίστοιχα. Ο κινητήρας ξεκινά να λειτουργεί σε συνδεσμολογία κατά αστέρα (ο K3M είναι ενεργοποιημένος). Με την ενεργοποίηση του K1M στο κύκλωμα ελέγχου κλείνει η επαφή του 13-14.

Όταν αφήσουμε το μπουτόν START, ο K1M παραμένει ενεργοποιημένος, αφού το πηνίο του εξακολουθεί να τροφοδοτείται από το κλειστό κύκλωμα: Φάση L_1 - διακόπτης φορτίου Q_1 - ασφάλεια τήξεως F_1 του κυκλώματος ισχύος - ασφάλεια τήξεως F_2 του κυκλώματος ελέγχου - επαφή 95-96 του θερμικού F_3 - μπουτόν STOP - επαφή 13-14 του K1M - πηνίο του K1M - ουδέτερος N. Η επαφή 13-14 του K1M είναι επαφή αυτοσυγκράτησής του. Επίσης, ο K3M παραμένει ενεργοποιημένος, αφού το πηνίο του εξακολουθεί να τροφοδοτείται από το κλειστό κύκλωμα: Φάση L_1 - διακόπτης φορτίου Q_1 - ασφάλεια τήξεως F_1 του κυκλώματος ισχύος - ασφάλεια τήξεως F_2 του κυκλώματος ελέγχου - επαφή 95-96 του θερμικού F_3 - μπουτόν STOP - επαφή 13-14 του K1M (κλειστή) - επαφή 13-14 του K3M (κλειστή) - επαφή 11-12 του K2M (κλειστή) - επαφή 15-16 του χρονικού K1T (κλειστή) - πηνίο του K3M - ουδέτερος N. Επομένως, αφήνοντας το μπουτόν START ο κινητήρας συνεχίζει να λειτουργεί κατά αστέρα (οι ηλεκτρονόμοι K1M και K3M παραμένουν ενεργοποιημένοι). Επίσης, το χρονικό K1T εξακολουθεί να τροφοδοτείται και συνεχίζει να μετρά το χρόνο. Με την ενεργοποίηση του K1M ανάβει και η ενδεικτική λυχνία h_1 , που συνδέεται παράλληλα με το πηνίο του, και έχουμε φωτεινή ένδειξη ότι ο κινητήρας λειτουργεί.

Όταν περάσει ο χρόνος στον οποίο έχει ρυθμιστεί το χρονικό, η επαφή του 15-16/18 έρχεται στη θέση ενεργοποίησης 15-18. Λόγω της νέας θέσης της επαφής του K1T, διακόπτεται η τροφοδοσία του πηνίου του K3M και αυτός απενεργοποιείται. Με την απενεργοποίηση του K3M, στο κύκλωμα ισχύος εξαλείφεται το γεφύρωμα των άκρων W_2 , U_2 και V_2 των τυλιγμάτων του κινητήρα. Επίσης στο κύκλωμα ελέγχου κλείνει η επαφή 21-22 του K3M και ενεργοποιείται ο ηλεκτρονόμος τριγώνου K2M (το πηνίο του τροφοδοτείται μέσω των κλειστών τώρα επαφών 13-14 του K1M και 21-22 του K3M). Με την ενεργοποίηση του K2M στο κύκλωμα ισχύος οι ακροδέκτες W_2 , U_2 και V_2 των τυλιγμάτων του κινητήρα τροφοδοτούνται αντίστοιχα από τις φάσεις L_{17} , L_2 και L_3 του δικτύου. Ο K1M εξακολουθεί να είναι ενεργοποιημένος (το πηνίο του τροφοδοτείται μέσω της επαφής του 13-14) και οι ακροδέκτες U_{17} , V_1 και W_1 των τυλιγμάτων του κινητήρα εξακολουθούν να τροφοδοτούνται από τις φάσεις L_1 , L_2 και L_3 του δικτύου αντίστοιχα. Ο κινητήρας συνεχίζει τη λειτουργία του, τώρα σε συνδεσμολογία κατά τρίγωνο (είναι ενεργοποιημένοι οι ηλεκτρονόμοι K1M και K2M).

Με την απενεργοποίηση του ηλεκτρονόμου K3M και το άνοιγμα της επαφής του 13-14 παύει να τροφοδοτείται και το κύκλωμα του χρονικού K1T. Το χρονικό έρχεται στην κατάσταση ηρεμίας και η επαφή του 15-16/18 επανέρχεται στη θέση ηρεμίας 15-16. Η νέα θέση της επαφής του χρονικού δεν έχει κανένα αποτέλεσμα για το κύκλωμα αφού στη θέση της επαφής αυτής δεν υπάρχει τώρα τάση.

Για να σταματήσουμε τη λειτουργία του κινητήρα, πιέζουμε το μπουτόν σταματήματος S_2 (STOP), οπότε διακόπτεται η τροφοδοσία σ' όλο το κύκλωμα ελέγχου μετά τη θέση που βρίσκεται το S_2 . Έχουμε κατά συνέπεια απενεργοποίηση των ηλεκτρονόμων K1M και K2M και διακοπή της τροφοδοσίας των τυλιγμάτων του κινητήρα από το δίκτυο στο κύκλωμα ισχύος. Ο κινητήρας σταματά και δεν ξεκινά, όταν αφήσουμε το μπουτόν STOP, γιατί λόγω της ανοιχτής επαφής του μπουτόν START (δεν είναι πιεσμένο) και της ανοιχτής τώρα επαφής 13-14 του K1M δεν μπορεί να ενεργοποιηθεί κανένας ηλεκτρονόμος από τους K1M, K2M και K3M. Με την πίεση του μπουτόν STOP διακόπτεται η τροφοδοσία και στην ενδεικτική λυχνία

λειτουργίας h_1 , η οποία σβήνει.

Αν κατά τη διάρκεια λειτουργίας του κινητήρα αυτός υπερφορτισθεί από κάποια αιτία, τότε ενεργοποιείται το θερμικό F_3 και οι επαφές του στο κύκλωμα ελέγχου αλλάζουν κατάσταση. Η επαφή 95-96 ανοίγει και η επαφή 97-98 κλείνει. Στη θέση αυτή παραμένουν λόγω της μανδάλωσης του θερμικού. Εξ αιτίας της αλλαγής της επαφής 95-96 διακόπτεται η τροφοδοσία του κυκλώματος ελέγχου και απενεργοποιούνται οι ηλεκτρονόμοι που ήταν ενεργοποιημένοι. Τα τυλίγματα του κινητήρα δεν τροφοδοτούνται πια, και αυτός σταματά. Σβήνει, επίσης, και η ενδεικτική λυχνία λειτουργίας h_1 . Μέσω της επαφής 97-98 του θερμικού τροφοδοτείται, τώρα, η ενδεικτική λυχνία βλάβης h_2 και δείχνει την υπερφόρτιση.

Σημειώνουμε ότι, για να μπορεί να λειτουργήσει ξανά ο κινητήρας μετά την εξάλειψη της αιτίας, που προκάλεσε την υπερφόρτισή του, πρέπει να επαναφέρουμε το θερμικό στη κατάσταση ηρεμίας πιέζοντας το μπουτόν επαναφοράς του.

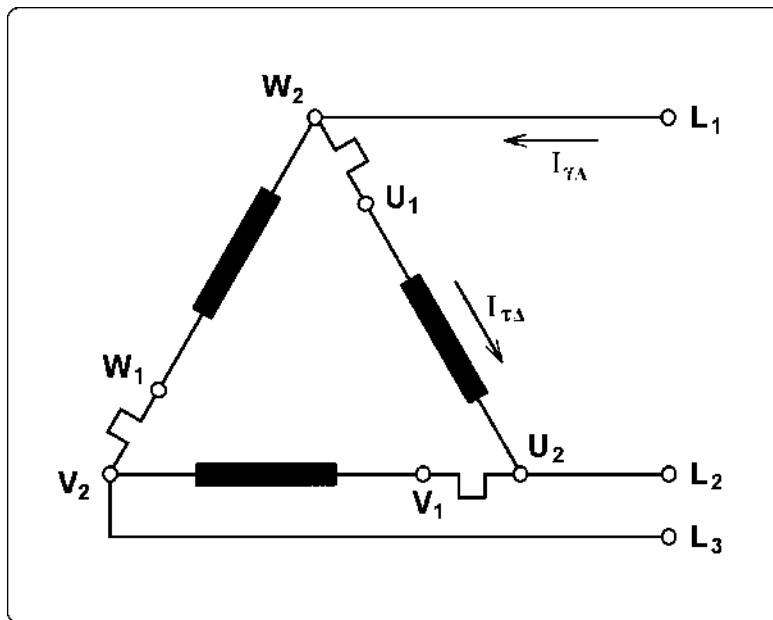
Θέση και ρύθμιση του θερμικού του αυτόματου διακόπτη Υ-Δ.

Όπως φαίνεται στο κύκλωμα ισχύος του αυτόματου διακόπτη Υ-Δ στο σχήμα 7.2, το θερμικό τοποθετείται μεταξύ του ηλεκτρονόμου του δικτύου K1M και των ακροδεκτών U_1 , V_1 και W_1 των τυλιγμάτων του κινητήρα. Στο σχήμα 7.4 δίνεται η θέση των τριών τμημάτων του κυκλώματος ισχύος του θερμικού στη συνδεσμολογία των τυλιγμάτων του κινητήρα κατά τρίγωνο, όπως πραγματοποιείται με τον αυτόματο διακόπτη Υ-Δ. Το κύκλωμα ισχύος του θερμικού τοποθετείται σε σειρά με τα τυλίγματα του κινητήρα και διαρρέεται από το ρεύμα των τυλιγμάτων $I_{\tau\Delta}$ και όχι από το ρεύμα γραμμής $I_{\gamma\Delta}$, που είναι το ονομαστικό ρεύμα του κινητήρα (I_{ov}). Άρα, το θερμικό πρέπει να ρυθμισθεί στο ρεύμα που διαρρέει τα τυλίγματα του κινητήρα.

Είναι γνωστό ότι:

$$I_{\tau\Delta} = (1/\sqrt{3}) I_{\gamma\Delta} = 0,58 I_{\gamma\Delta}, \text{ δηλαδή } I_{\tau\Delta} = \mathbf{0,58 I_{ov}}.$$

Επομένως, το θερμικό του αυτόματου διακόπτη Υ-Δ ρυθμίζεται στο 0,58 του ονομαστικού ρεύματος του κινητήρα (0,58 I_{ov}).



Σχήμα 7.4: Θέση των τριών τμημάτων του κυκλώματος ισχύος του θερμικού στη συνδεσμολογία των τυλιγμάτων του κινητήρα κατά τρίγωνο, όπως πραγματοποιείται με τον αυτόματο διακόπτη Υ-Δ.

Θα μπορούσαμε να τροποποιήσουμε το κύκλωμα ισχύος του αυτόματου διακόπτη Υ-Δ, ώστε το θερμικό να διαρρέεται από το ρεύμα γραμμής του κινητήρα, δηλαδή το ονομαστικό του ρεύμα (αρκεί οι ακροδέκτες 1, 3 και 5 των κυρίων επαφών του K2M να τροφοδοτηθούν από τους ακροδέκτες εξόδου του κυκλώματος ισχύος του θερμικού). Όμως, η τοποθέτηση του θερμικού σε σειρά με τα τυλίγματα του κινητήρα είναι αυτή που επιλέγεται, γιατί είναι και οικονομικότερη λύση και καλύτερη προστασία στον κινητήρα εξασφαλίζει σε περίπτωση υπερφόρτισης του ή διακοπής της μιας των τριών φάσεων τροφοδοσίας του. Είναι λύση οικονομικότερη, γιατί χρειαζόμαστε θερμικό με μικρότερη περιοχή ρύθμισης. Εξασφαλίζεται καλύτερη προστασία στον κινητήρα, γιατί το θερμικό ελέγχει ακριβώς το ρεύμα, που διαρρέει τα τυλίγματα και είναι αυτό που θα τα υπερθερμάνει ή θα τα καταστρέψει σε ενδεχόμενη υπερφόρτιση.

Ρύθμιση του χρόνου μεταγωγής της συνδεσμολογίας των τυλιγμάτων του κινητήρα από συνδεσμολογία κατά αστέρα σε συνδεσμολογία κατά τρίγωνο.

Ιδιαίτερη προσοχή χρειάζεται στη ρύθμιση του χρονικού του αυτόματου διακόπτη Υ-Δ. Εάν η μεταγωγή από αστέρα σε τρίγωνο γίνει πιο σύντομα, απ' ό,τι πρέπει, αφ' ενός δεν εκμεταλλευόμαστε πλήρως τα πλεονεκτήματα του τρόπου εκκίνησης κατά Υ-Δ, αφ' ετέρου είναι σχεδόν σίγουρο ότι θα "καίγονται" οι ασφάλειες τήξεως του κυκλώματος ισχύος κατά την εκκίνηση και μετά από μερικές εκκινήσεις θα καταστραφούν οι κύριες επαφές του ηλεκτρονόμου του τριγώνου. Αυτό γιατί οι ασφάλειες και ο ηλεκτρονόμος K2M έχουν επιλεγεί για μικρότερο ρεύμα εκκίνησης κατά τη μεταγωγή από αστέρα σε τρίγωνο. Εάν η μεταγωγή γίνει καθυστερημένα, έχουμε μείωση της ισχύος και της ροπής στρέψης του κινητήρα στο χρονικό διάστημα της καθυστέρησης με αποτέλεσμα όχι σωστή λειτουργία του κινητήρα που μπορεί να δημιουργήσει προβλήματα.

Όπως αναφέρθηκε, η μεταγωγή πρέπει να γίνει, όταν ο κινητήρας αποκτήσει μια ταχύτητα που δεν μπορεί να αυξηθεί περισσότερο. Ο χρόνος μεταγωγής μπορεί να υπολογισθεί εμπειρικά από το θόρυβο του κινητήρα καθώς επιταχύνεται. Ακριβέστερα ο χρόνος μεταγωγής υπολογίζεται από την ένταση του ρεύματος που απορροφά ο κινητήρας από το δίκτυο κατά την εκκίνηση. Η μεταγωγή από αστέρα σε τρίγωνο πρέπει να γίνει τη χρονική στιγμή κατά την οποία το ρεύμα που απορροφά ο κινητήρας αμέσως μετά τη μεταγωγή σε τρίγωνο (η αιχμή του ρεύματος) φθάνει περίπου 2 φορές το ονομαστικό ρεύμα του κινητήρα. Μετρώντας με ένα αμπερόμετρο το ρεύμα εκκίνησης του κινητήρα υπολογίζουμε το χρόνο που θα πρέπει να ρυθμίσουμε το χρονικό.

Σημείωση: Για την καλύτερη δυνατή εκκίνηση ενός τριφασικού ηλεκτροκινητήρα βραχυκυκλωμένου δρομέα με αυτόματο διακόπτη αστέρα-τριγώνου, ορισμένες εταιρείες παραγωγής βιομηχανικού ηλεκτρολογικού υλικού έχουν κατασκευάσει ειδικά χρονικά που χρησιμοποιούνται με ηλεκτρονόμους ισχύος (και άλλα υλικά) της ίδιας εταιρείας στην κατασκευή αυτόματων διακοπών αστέρα - τριγώνου. Αυτά τα χρονικά ονομάζονται **χρονικά για εκκίνηση αστέρα - τριγώνου**. Οι συνδεσμολογίες των κυκλωμάτων ελέγχου των αυτόματων διακοπών αστέρα - τριγώνου στους οποίους χρησιμοποιούνται τα παραπάνω χρονικά είναι ειδικές και δίνονται από την κάθε εταιρεία (είναι συνάρτηση της χρονικής λειτουργίας που πραγματοποιεί το συγκεκριμένο χρονικό για εκκίνηση αστέρα - τριγώνου της εταιρείας.)

Επιλογή των υλικών ενός αυτόματου διακόπτη Υ-Δ.

Στο σχήμα 7.5 δίνεται πίνακας για την επιλογή των βασικών υλικών ενός αυτόματου διακόπτη Υ-Δ σε συνάρτηση με την ισχύ του τριφασικού ηλεκτροκινητήρα βραχυκυκλωμένου δρομέα που θα ελέγχει.

Ηλεκτροκινητήρας			Αυτόματος διακόπτης Υ-Δ				
Ισχύς		Όνομ. ρεύμα (A)	Γενικός διακόπτης (A)	Ασφαλ. βραδ. τήξεως (A)	Ηλεκτρονόμοι (KW/380V, AC-3)	Αγωγοί τροφοδ. αυτοματ. (mm ²)	Ρύθμιση θερμικού (A)
(KW)	(PS)						
2,2	3	5,4	16	6	4	2,5	3,1
3	4	7,1	16	10	4	2,5	4
4	5,5	8,8	16	10	4	2,5	5
5,5	7,5	11,7	25	16	5,5	4	6,7
7,5	10	15,6	25	20	5,5	4	9
9	12,5	19	25	25	5,5	6	11
11	15	21,5	40	25	7,5	6	12,4
15	20	29	40	35	11	10	16,7
18,5	25	37,5	63	50	15	16	21,5
22	30	43,4	63	50	15	16	25
26	35	52	63	63	18,5	25	30
30	40	58	63	63	18,5	25	33,5
37	50	70	100	80	22	35	40,5
45	60	85	160	100	30	50	49
55	75	104	160	125	37	70	60
75	100	140	200	160	45	70	80,8
90	125	168	250	200	55	95	97

Σχήμα 7.5: Πίνακας επιλογής των βασικών υλικών ενός αυτόματου διακόπτη Υ-Δ σε συνάρτηση με την ισχύ του τριφασικού ηλεκτροκινητήρα βραχυκυκλωμένου δρομέα (380V,50Hz, 1.500RPM) που ελέγχει.

2. Οι μικροελεγκτές στη βιομηχανία, δυνατότητες και εφαρμογές.

Οι μικροελεγκτές αποτελούν μέρος ενός εντυπωσιακού αριθμού προϊόντων τα οποία βρίσκονται γύρω μας. Το αυτοκίνητό μας, τα τηλεχειριστήριά μας, η τηλεόρασή μας, οι ψηφιακές κάμερες, τα κινητά τηλέφωνα, τα πλυντήριά μας είναι μερικά από αυτά. Στην ουσία δεν θα ήταν υπερβολή να πούμε ότι η χρήση μικροελεγκτών στις μέρες μας είναι καθολική και γενικά κάθε προϊόν το οποίο αλληλεπιδρά με ένα χρήστη περιλαμβάνει ένα μικροελεγκτή, ο οποίος παίζει το ρόλο του «εγκεφάλου» των ηλεκτρονικών κυκλωμάτων. Δεν είναι τυχαίο πλέον, ότι πολλές βιομηχανίες προσανατολίζονται σε εφαρμογές όπου αποτελούνται από ηλεκτρικά κυκλώματα τα οποία ελέγχονται από μικροελεγκτή σε αντίθεση με την πρακτική του παρελθόντος όπου χρησιμοποιούσαν ογκώδεις ηλεκτρονικούς υπολογιστές (PC) ή ηλεκτρονόμους και σύνθετη αλλά μόνιμη λογική. Η χρήση μικροελεγκτών ξεκίνησε πριν από περίπου τριάντα πέντε χρόνια. Το πρώτο μοντέρνο ενσωματωμένο σύστημα (embedded system) ήταν ο υπολογιστής του διαστημοπλοίου Apollo, ο οποίος αναπτύχθηκε από τον Charles Stark Draper στο Εργαστήριο Instrumentation Laboratory του MIT. Λόγω της ραγδαίας ανάπτυξης της ηλεκτρονικής έγινε δυνατή η βιομηχανική παραγωγή τους με μικρό κόστος.

Τι είναι ένας μικροελεγκτής - Ποικιλία - Σύγκριση

Όμως τι είναι ένας μικροελεγκτής; Ένας μικροελεγκτής είναι στην ουσία ένας υπολογιστής σε μια πιο συμπαγή μορφή. Έχει δηλαδή μία μονάδα μνήμης (CPU) στην οποία εκτελούνται τα προγράμματα, μία μνήμη στην οποία αποθηκεύονται και ανανεώνονται κατά την εκτέλεση του προγράμματος οι διάφορες μεταβλητές καθώς και θύρες εισόδων – εξόδων (I/O ports) με τις οποίες μπορεί να επικοινωνήσει διαδραστικά και αμφίδρομα με τους χρήστες. Η κύρια διαφορά τους από τους σύγχρονους υπολογιστές έγκειται στο γεγονός ότι οι μικροελεγκτές έχουν περιορισμένη μνήμη (της τάξης μερικών Kbytes, τα οποία αρκούν για τις περισσότερες εφαρμογές, ακόμα και τις πιο απαιτητικές) ενώ δεν έχουν σκληρό δίσκο. Επιπλέον λειτουργούν με χαμηλή ισχύ (της τάξεως των 50mW σε σύγκριση με τα 50 W των ηλεκτρονικών υπολογιστών) και έχουν μικρότερη ταχύτητα επεξεργασίας δεδομένων (η οποία όμως σε μερικές περιπτώσεις φθάνει και τα 100 MIPS*, ταχύτητα αρκετά ικανοποιητική για τις περισσότερες απαιτητικές εφαρμογές). Ο λόγος για τον οποίο οι μικροελεγκτές έχουν αντικαταστήσει τους ηλεκτρονικούς υπολογιστές είναι το αρκετά μικρό κόστος τους, το μεγάλο πεδίο περιβαλλοντικών συνθηκών στις οποίες μπορούν να αντεπεξέλθουν, πράγμα που τους καθιστά ιδανικούς για χρήση τους στο απαιτητικό βιομηχανικό περιβάλλον, καθώς και η απόκριση πραγματικού χρόνου (real time processing). Το τελευταίο χαρακτηριστικό εξασφαλίζει στους μικροελεγκτές τη δυνατότητα να αντιλαμβάνονται και να αποκρίνονται στον επιθυμητό για μας χρόνο με μεγάλη ακρίβεια. Μία από τις πρώτες εταιρείες, η οποία σχεδίασε μικροελεγκτές με πολλά περιφερειακά ενσωματωμένα σε ένα μόνο chip, ήταν η

Intel με τη σειρά 8051 που χρησιμοποιείται ακόμα και σήμερα στο σχεδιασμό νέων προϊόντων. Άλλες εταιρείες που ακολούθησαν και τροφοδοτούν σήμερα την παγκόσμια αγορά με μικροελεγκτές είναι κυρίως οι: Atmel, Microchip, Motorola, Hitachi, Toshiba, AMD, Zilog, National Semiconductor, Philips/Signetics. Από αυτές το μεγαλύτερο μερίδιο της αγοράς έχουν οι τρεις πρώτες μαζί με την Intel. Από αυτές η Atmel φαίνεται να έχει επικρατήσει στη βιομηχανία λόγω της ύπαρξης δωρεάν εργαλείων και της γρήγορης υιοθέτησης μιας ειδικού τύπου μνήμης που ονομάζεται Flash. Η Microchip έχει επικρατήσει ανάμεσα στους «χομπίστες» με τους φθηνούς μικροελεγκτές PIC και μετά το 2004, με τη διάθεσή της στην αγορά των μικροελεγκτών 16-bit dspic, έχει κερδίσει ένα μεγάλο κομμάτι της αγοράς. Αρκετά γνωστοί και αξιόπιστοι είναι και οι μικροελεγκτές της εταιρείας Motorola, όπως τα μοντέλα MC68HC11 και M68HC12. Παρ' όλο που οι μικροελεγκτές άλλων εταιρειών δεν υστερούν σε τίποτα, δεν είναι ευρέως γνωστοί καθώς χρησιμοποιούνται σε πιο εξειδικευμένες εφαρμογές.

Απαιτήσεις

Για να μπορέσει κάποιος να αναπτύξει μία βιομηχανική εφαρμογή (π.χ. οδήγηση ενός βηματικού κινητήρα) δεν χρειάζονται πολλά. Κατ' αρχήν απαιτείται η αγορά μικροελεγκτών με τις επιθυμητές ιδιότητες σύνδεσης και επεξεργασίας (συνήθως φθηνότεροι από 20 ευρώ) καθώς και μερικών ηλεκτρονικών μικροεξαρτημάτων αμελητέου κόστους (πυκνωτές, μπαταρίες 9V, LED κ.λπ.). Απαιτείται επίσης ένα ολοκληρωμένο περιβάλλον (IDE και μεταγλωττιστής) για τον προγραμματισμό τους. Σήμερα υποστηρίζονται γλώσσες προγραμματισμού όπως η C, η Basic, η Pascal κ.λπ. Αν και υπάρχουν πολλά εμπορικά πακέτα, μπορεί κανείς να βρει στο Internet δωρεάν ολοκληρωμένα περιβάλλοντα όπως ο `avr-gcc` για προγραμματισμό σε C των μικροελεγκτών της Atmel και το `Mplab` για τους μικροελεγκτές της εταιρείας Microchip. Επιπλέον απαραίτητη είναι η ύπαρξη ενός προγραμματιστή (με τη μορφή ηλεκτρονικής πλακέτας), έτσι ώστε να μπορούμε να κατεβάσουμε στους μικροελεγκτές μας τα προγράμματα που φτιάχνουμε στο ολοκληρωμένο περιβάλλον. Πάλι το διαδίκτυο μας δίνει τη λύση. Σε αυτό υπάρχουν τόσο σχεδιαγράμματα πλακετών προγραμματιστών για να μπορέσουμε να τους φτιάξουμε μόνοι μας, όσο και έτοιμοι τους οποίους μπορούμε να παραγγείλουμε (όπως π.χ. ο EPIC για τους PIC με ενδεικτικό κόστος 50 ευρώ). Τα ηλεκτρονικά κυκλώματα τα οποία θα φτιάχνουμε μπορούμε να τα υλοποιήσουμε είτε πάνω σε PCB (printed circuit boards) είτε σε breadboard (κόστος κάτω των 30 ευρώ).

Τέλος, το πιο σημαντικό στις υλοποιήσεις έργων με τη βοήθεια μικροελεγκτών είναι η ύπαρξη του ανθρώπινου παράγοντα ο οποίος θα πρέπει να έχει στοιχειώδεις γνώσεις ηλεκτρονικής και προγραμματισμού. Με τον απεριόριστο όμως πλούτο γνώσεων που διατίθεται στο διαδίκτυο και την πολύ μεγάλη βιβλιογραφία που υπάρχει, δεν απαιτούνται ιδιαίτερα εξειδικευμένες δεξιότητες [1], [2]. Γενικά συνοψίζοντας θα μπορούσαμε να πούμε ότι για την υλοποίηση εφαρμογών με μικροελεγκτές απαιτείται ένα αρχικό κόστος της τάξης των 50-300 ευρώ (ιδιοκατασκευή ή αγορά προγραμματιστή, χρησιμοποίηση δωρεάν

ή αγορά ολοκληρωμένου περιβάλλοντος, αγορά μικροελεγκτών, ηλεκτρονικών εξαρτημάτων) για να δημιουργηθεί μία αρχική υποδομή και στη συνέχεια το μόνο κόστος θα είναι η σχεδόν αμελητέα αντικατάσταση των χρησιμοποιούμενων ηλεκτρονικών εξαρτημάτων. Η δε απόσβεση της επένδυσης είναι άμεση από την πρώτη κιάλας εφαρμογή!

Δυνατότητες – Πλεονεκτήματα

Οι δυνατότητες των σύγχρονων μικροελεγκτών καλύπτουν το μεγαλύτερο μέρος των εφαρμογών της βιομηχανίας. Πιο αναλυτικά, οι περισσότεροι μικροελεγκτές έχουν δυνατότητες πολλαπλών αναλογικοψηφιακών μετατροπών (ADC είσοδοι) για λήψη μετρήσεων από όλων των ειδών αισθητήρων που υπάρχουν στην αγορά, έλεγχο κινητήρων (συνεχούς και εναλλασσόμενου ρεύματος, βηματικούς κ.λπ.) με χρήση διαμόρφωσης εύρους παλμού (Pulse- Width Modulation PWM) και δυνατότητα προγραμματισμού κατευθυντών PID. Επιπλέον μπορούν να συνδεθούν με υπολογιστές μέσω σειριακής θύρας (RS-232), παράλληλης θύρας (IEEE 1284), καθώς και των βιομηχανικών πρωτοκόλλων RS-422 και RS-485. Επιπλέον, οι συνηθισμένοι μικροελεγκτές μπορούν να συνδεθούν με όλους τους αισθητήρες και υπολογιστές οι οποίοι είναι συμβατοί και όχι μόνο, με χρήση διαδεδομένων πρωτοκόλλων επικοινωνίας όπως τα I2C, CAN, SPI, RF κ.λπ. Εξειδικευμένοι μικροελεγκτές επιτρέπουν τη σύνδεσή τους μέσω Bluetooth, USB, ακόμα και σύνδεση με το διαδίκτυο μέσω Ethernet. Για ένα μέσο μικροελεγκτή, η ταχύτητά τους ξεκινά από το 1 MIPS* και μπορεί να φτάσει και τα 100 MIPS*, ταχύτητα αρκετά ικανοποιητική για απαιτητικές εφαρμογές όπως η μετάδοση βίντεο συνεχούς ροής (video streaming), η επεξεργασία εικόνας (image processing) και η ψηφιακή επεξεργασία σήματος (DSP). Ένας μέσος μικροελεγκτής έχει σχεδίαση 8-bit, ενώ υπάρχουν και μικροελεγκτές με αρχιτεκτονική 32-bit, γεγονός που τους δίνει την ικανότητα να εκτελούν γρήγορα πράξεις σε πραγματικό χρόνο. Με λίγα λόγια οι σύγχρονοι μικροελεγκτές μπορούν επάξια να αντικαταστήσουν σε ένα μεγάλο ποσοστό εργασιών τους υπολογιστές, τις ακριβές κάρτες οδήγησης-συλλογής δεδομένων και τα PLC. Είναι σαφώς φθηνότεροι, επομένως εάν καταστραφούν δεν δημιουργούν πρόβλημα, καταλαμβάνουν μικρότερο όγκο, δεν απαιτούν εξειδικευμένες γνώσεις (όπως π.χ. προγραμματισμό σε διαγράμματα ladder στα PLC), αλλά μόνο γενικές γνώσεις προγραμματισμού. Επιπλέον με τη χρήση μικροελεγκτών δεν έχουμε κανένα περιορισμό όσον αφορά το είδος του προγράμματος, σε αντίθεση με τα PLC ή με ακριβές κάρτες οδήγησης που έχουν συγκεκριμένες προ-πληρωμένες δυνατότητες (π.χ. μορφές ελέγχου από τις οποίες ο χρήστης επιλέγει). Για την επίτευξη ελέγχου ή μετρήσεων σε πραγματικό χρόνο, οι ηλεκτρονικοί υπολογιστές πρέπει να τρέχουν λειτουργικά συστήματα πραγματικού χρόνου (όπως RT-Linux, QNX κ.ά.), ενώ οι μικροελεγκτές δεν απαιτούν επιπλέον λογισμικό. Τέλος, ένα άλλο πλεονέκτημα των μικροελεγκτών είναι η πολλή μικρή κατανάλωση ισχύος. Τόσο οι υπολογιστές όσο και τα PLC έχουν μικρή ενεργειακή αυτονομία σε σχέση με τους μικροελεγκτές. Έτσι για παράδειγμα ένα laptop μπορεί να εργαστεί για 2 ώρες χωρίς ρεύμα από το δίκτυο, ενώ ένας μέσος

μικροελεγκτής μπορεί να εργάζεται για μέρες. Υπάρχουν δε και μικροελεγκτές χαμηλής κατανάλωσης οι οποίοι λειτουργούν με τάση κάτω των 2V!

3. Η εξέλιξη των αυτοματισμών και οι προγραμματιζόμενοι λογικοί ελεγκτές (PLC).

Η εξέλιξη των αυτοματισμών, όπως ήταν φυσικό, ακολούθησε την πορεία εξέλιξης της τεχνολογίας. Οι πρώτοι αυτοματισμοί ήταν καθαρά μηχανικοί, όλοι οι έλεγχοι δηλαδή καθοριζόταν από την κίνηση γραναζιών και μοχλών. Το μεγάλο άλμα στους αυτοματισμούς έγινε με τη χρήση του ηλεκτρισμού. Το κύριο εξάρτημα των ηλεκτρολογικών αυτοματισμών είναι ο ηλεκτρονόμος.

Μετά τον δεύτερο παγκόσμιο πόλεμο αρχίζει η ηλεκτρονική εποχή. Ήδη από τις αρχές του 20^{ου} αιώνα έχουμε τις πρώτες ηλεκτρονικές συσκευές, το ραδιόφωνο και, αργότερα, την τηλεόραση, τους ασύρματους και τα ραντάρ. Το κύριο εξάρτημα αυτών των συσκευών ήταν η ηλεκτρονική λυχνία. Η ανακάλυψη του τρανζίστορ το 1950 ήταν η αρχή της ηλεκτρονικής επανάστασης των ημιαγωγών. Το θαυματοργό αυτό στοιχείο αντικατέστησε την ακριβή, ογκώδη και ενεργειοβόρα ηλεκτρονική λυχνία και έκανε τις ηλεκτρονικές συσκευές μικρότερες, εύκολες στην κατασκευή και απείρως πιο φθηνές.

Το 1945 κατασκευάστηκε ο πρώτος ηλεκτρονικός υπολογιστής, ο ENIAC, ο οποίος χρησιμοποιούσε λυχνίες. Ο ENIAC δεν θύμιζε σε τίποτα τους σημερινούς υπολογιστές, ήταν ένα ολόκληρο εργοστάσιο το οποίο έλυε μαθηματικές εξισώσεις. Μετά το 1950 και με τη χρήση των τρανζίστορ έχουμε τους πρώτους πραγματικούς υπολογιστές, οι οποίοι χρησιμοποιούνται κυρίως στο θέμα της μηχανογράφησης, δηλαδή στην αποθήκευση και διαχείριση μεγάλων αρχείων δεδομένων.

Από τη δεκαετία του '60 ήδη οι μηχανικοί άρχισαν να σκέφτονται τρόπους για να αξιοποιήσουν τις καταπληκτικές δυνατότητες των υπολογιστών στη βιομηχανία. Από τις πρώτες εφαρμογές των υπολογιστών στη βιομηχανία ήταν οι αυτόματες εργαλειομηχανές (τόρνοι, φρέζες κ.λπ.), οι οποίες μέχρι τότε χρησιμοποιούσαν κυρίως μηχανολογικούς και λιγότερο ηλεκτρολογικούς αυτοματισμούς. Η επιτυχημένη αυτή εφαρμογή οδήγησε τους μηχανικούς να αρχίσουν να σκέφτονται την αντικατάσταση όλων των αυτοματισμών ενός εργοστασίου από ένα υπολογιστή. Μέχρι όμως την δεκαετία του '80 αυτό ήταν αδύνατο, διότι ο υπολογιστής ήταν μια πανάκριβη και δύσκολη στην χρήση της συσκευή.

Η επανάσταση της πληροφορικής ξεκινά το 1975 με την κατασκευή του πρώτου μικροϋπολογιστή. Πολλά από όλα όσα σήμερα θεωρούμε αυτονόητα δημιουργήθηκαν μετά το 1980. Η τεχνολογία άλλαξε πορεία, αλλάζοντας πορεία σε όλους τους τομείς της καθημερινής ζωής. Ο μικροϋπολογιστής "τρύπωσε" παντού, σε οποιοδήποτε τομέα, σε οποιαδήποτε εφαρμογή.

Η βιομηχανία μέχρι και τη δεκαετία του '80 μπορούμε να πούμε ότι χρησιμοποιούσε ελάχιστα τα ηλεκτρονικά. Το 90% και πλέον των αυτοματισμών καταλάμβαναν οι αυτοματισμοί με ηλεκτρονόμους. Τα ηλεκτρονικά χρησιμοποιούνταν κυρίως για κάποιες "ευφυείς" εργασίες, και οι πλακέτες αυτές τοποθετούνταν μέσα στους πίνακες των ηλεκτρονόμων.

Στις αρχές της δεκαετίας του '80 οι εταιρείες παραγωγής ηλεκτρολογικού υλικού εμφανίζουν στους μηχανικούς και τεχνικούς της βιομηχανίας ένα νέο προϊόν αυτοματισμού, το οποίο ονόμασαν PLC. Η πλήρης ονομασία αυτής της νέας συσκευής είναι Programmable Logic Controller (Προγραμματιζόμενος Λογικός Ελεγκτής). Οι εταιρείες δεν χρησιμοποίησαν αρχικά στην αγορά την πλήρη ονομασία, μιλώντας απλά για PLC, πράγμα που ίσως έγινε έντεχνα για να μην τρομάξουν το τεχνικό κατεστημένο της Βιομηχανίας.

Το PLC δεν είναι τίποτα άλλο παρά ένας μικροϋπολογιστής, κατάλληλα προσαρμοσμένος ώστε να χρησιμοποιείται για τη λειτουργία αυτοματισμών. Τα PLC προορίζονταν να αντικαταστήσουν τον κλασικό πίνακα αυτοματισμού με τους ηλεκτρονόμους. Όπως γίνεται εύκολα κατανοητό μιλάμε για μια τεράστια αλλαγή στον τρόπο που μέχρι τότε δούλευε η βιομηχανία, δηλαδή έπρεπε να περάσει κατευθείαν από τους ηλεκτρονόμους στους υπολογιστές! Εδώ ήταν που οι εταιρείες παραγωγής PLC έπαιξαν ένα σπουδαίο "παιχνίδι" μάρκετινγκ. Προσάρμοσαν τον τρόπο χρήσης του PLC στον τρόπο που δούλευε μέχρι τότε η βιομηχανία, δηλαδή:

- Έντεχνα απέφυγαν να χρησιμοποιήσουν λέξεις που θα "τρόμαζαν" το τεχνικό κατεστημένο της βιομηχανίας, όπως για παράδειγμα υπολογιστής, προγραμματισμός κ.λπ. Ακόμη και το όνομα του νέου προϊόντος απέφευγαν να το χρησιμοποιήσουν ολοκληρωμένο και προτιμούσαν να αναφέρουν τη συσκευή σαν PLC.

- Προσπάθησαν να μην αλλάξουν τον μέχρι τότε τρόπο εργασίας στον τομέα των αυτοματισμών. Δεν άλλαξαν δηλαδή τίποτα σε σχέση με τον σχεδιασμό ενός αυτοματισμού. Απλά είπαν, στους τεχνικούς: *"αυτό το σχέδιο αντί να το δώσετε στον ηλεκτρολόγο για να το κατασκευάσει, θα το φτιάξετε με τον τρόπο που θα σας δείξουμε"*, και στην ουσία τους μάθαιναν προγραμματισμό.
- Οι πρώτες γλώσσες προγραμματισμού δεν έκαναν τίποτα παραπάνω από το να αντιγράφουν με πλήκτρα σε μία ειδική συσκευή προγραμματισμού το σχέδιο του ηλεκτρολογικού αυτοματισμού.

Με τον τρόπο αυτό η είσοδος του PLC στην βιομηχανία υπήρξε επιτυχής και ομαλή. Σήμερα, ο κλασικός αυτοματισμός με ηλεκτρονόμους τείνει να εκλείψει. Όλες οι καινούργιες εγκαταστάσεις χρησιμοποιούν PLC. Μετά από λίγα χρόνια ελάχιστες εγκαταστάσεις θα χρησιμοποιούν πίνακες κλασικού αυτοματισμού.

Σήμερα, τα PLC έχουν εξελιχτεί πάρα πολύ σε σχέση με τα πρώτα μοντέλα της δεκαετίας του '80. Και βέβαια το προσωπικό της βιομηχανίας έχει εκπαιδευτεί κατάλληλα στον χειρισμό και προγραμματισμό τους. Σήμερα ένας ηλεκτρολόγος πρέπει να γνωρίζει στοιχειώδη πράγματα από τα ηλεκτρονικά και τις βασικές αρχές των υπολογιστών, αλλιώς θα είναι πολύ δύσκολο να διαβάσει και να καταλάβει ακόμη και το πιο απλό εγχειρίδιο ενός PLC.

Η χρήση των PLC παρέχει πάρα πολλά πλεονεκτήματα σε σχέση με τον κλασικό αυτοματισμό. Η καθολική όμως γενίκευση της χρήσης τους δεν οφείλεται μόνο στα πλεονεκτήματα που παρέχουν στον τελικό χρήστη.

Η χρήση των PLC σε σχέση με τον κλασικό αυτοματισμό συμφέρει πρώτιστα στις εταιρείες που παράγουν είδη αυτοματισμού. Φανταστείτε μόνο πόσο κοστίζει σε μια εταιρεία παραγωγής ηλεκτρολογικού εξοπλισμού η παραγωγή ενός τεράστιου αριθμού βοηθητικών ηλεκτρονόμων και ενός μεγάλου αριθμού χρονικών και απαριθμητών. Σε αντίθεση με τα

υλικά αυτά αυτοματισμού, όσον αφορά τα PLC η εταιρεία τι παράγει; Η απάντηση είναι: "Μια και μοναδική συσκευή!"

Ναι! Η ψηφιοποίηση σε όλους τους τομείς (και όχι μόνο στον τομέα των αυτοματισμών) οδηγεί σε τρομακτική μείωση του κόστους παραγωγής των αντίστοιχων συσκευών. Γι' αυτό μην απορείτε που οι τιμές στα ηλεκτρονικά πέφτουν! Να είστε σίγουροι ότι τα κέρδη των εταιρειών ανεβαίνουν.

Πάντως θα μπορούσαμε να πούμε ότι, ενώ σε όλους τους τομείς της παραγωγής περάσαμε από τις ηλεκτρολογικές συσκευές, στις ηλεκτρονικές με λυχνίες, μετά στις ηλεκτρονικές με ημιαγωγούς (τρανζίστορ) και τέλος φθάσαμε στις συσκευές με μικροϋπολογιστές, στις ψηφιακές συσκευές δηλαδή, στον τομέα των αυτοματισμών περάσαμε σχεδόν κατευθείαν από τους ηλεκτρολογικούς αυτοματισμούς στους αυτοματισμούς με PLC. Αν θέλουμε να αναζητήσουμε την αιτία γι' αυτό, θα λέγαμε ότι μάλλον δεν προλάβουμε! Οι εξελίξεις στην ηλεκτρονική ήταν ραγδαίες, ενώ αντίθετα η βιομηχανική τεχνολογία αλλάζει με πολύ πιο αργούς ρυθμούς.

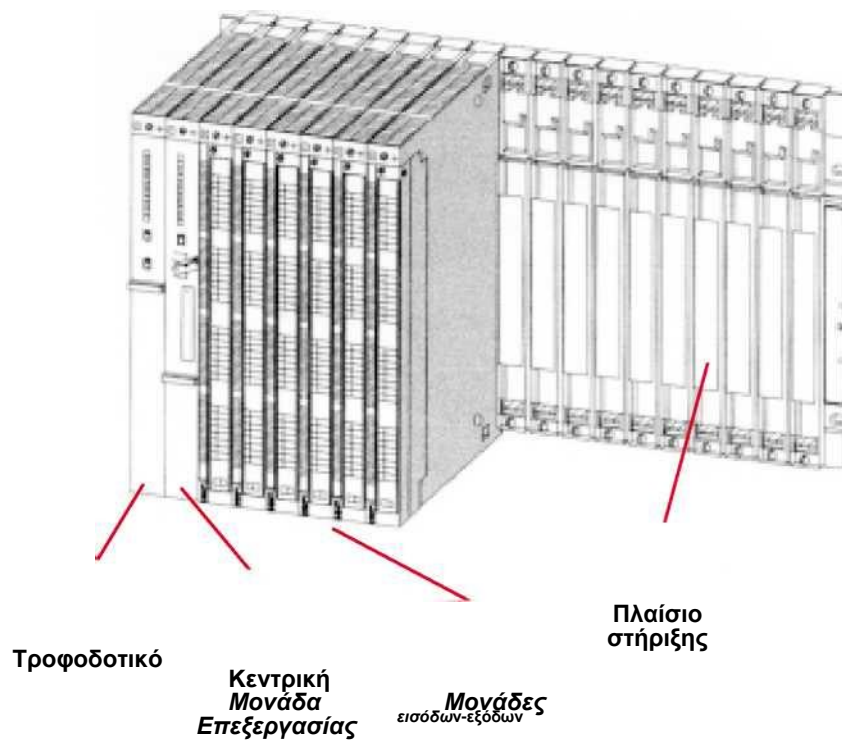
3.1 Τι είναι ο προγραμματιζόμενος λογικός ελεγκτής.

Ο Προγραμματιζόμενος Λογικός Ελεγκτής (PLC) είναι μια ειδική συσκευή, η οποία έρχεται να αντικαταστήσει στον πίνακα του κλασικού αυτοματισμού όλους τους βοηθητικούς ηλεκτρονόμους, τα χρονικά και τους απαριθμητές. Αντί για την κατασκευή ενός πίνακα με πολύπλοκες συνδεσμολογίες μεταξύ των παραπάνω υλικών, που έχουμε στον κλασικό αυτοματισμό, με την χρήση του PLC η λειτουργία του αυτοματισμού "προγραμματίζεται" μέσω μιας ειδικής συσκευής (προγραμματιστή) ή μέσω ενός ηλεκτρονικού υπολογιστή με τη βοήθεια ειδικού λογισμικού. Τα στάδια εργασίας για το σχεδιασμό και την κατασκευή ενός αυτοματισμού στην προγραμματιζόμενη λογική είναι τα εξής:

1. Περιγραφή του αυτοματισμού.
2. Ανάπτυξη του σχεδίου εφαρμογής του πίνακα (σχέδιο καλωδίωσης).
3. Κατασκευή του πίνακα της εγκατάστασης.
4. Ανάπτυξη του προγράμματος λειτουργίας του αυτοματισμού και εισαγωγή του προγράμματος στο PLC μέσω του προγραμματιστή.
5. Εγκατάσταση και σύνδεση στους ακροδέκτες (κλέμες) του πίνακα των αισθητήρων που δίνουν τις πληροφορίες (είσοδοι) και των συσκευών (αποδεκτών) που εκτελούν τις εργασίες (έξοδοι).
6. Δοκιμή λειτουργίας της εγκατάστασης.
7. Πλήρης λειτουργία του αυτοματισμού.

Ο προγραμματιστής είναι μια συσκευή τελείως ξεχωριστή από την μονάδα αυτοματισμού. Χρησιμοποιείται για την εισαγωγή του προγράμματος στο PLC και την παρακολούθηση της εξέλιξης του αυτοματισμού μέσα από την οθόνη, που διαθέτει. Με ένα μόνο προγραμματιστή μπορούμε να χειριζόμαστε όλες τις μονάδες PLC μιας αυτοματοποιημένης εγκατάστασης (της ίδιας εταιρείας εννοείται).

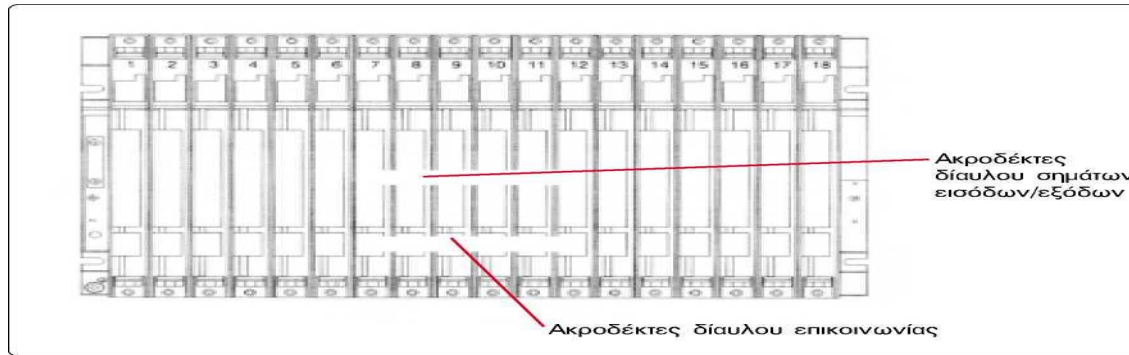
Σχήμα 1: Δομή ενός PLC.



Στη συνέχεια θα δούμε με λεπτομέρεια τις μονάδες ενός PLC. Πλαίσιο τοποθέτησης μονάδων.

Οι μονάδες ενός μεγάλου PLC τοποθετούνται σε ένα κεντρικό πλαίσιο. Στο πλαίσιο αυτό είναι ενσωματωμένο ένα σύστημα αγωγών (σύστημα ζυγών) μέσω των οποίων επικοινωνούν οι διάφορες μονάδες με την Κεντρική Μονάδα Επεξεργασίας.

Αν οι θέσεις του κεντρικού πλαισίου, που διατίθεται, δεν επαρκούν για να τοποθετηθούν οι μονάδες εισόδων και εξόδων που απαιτούνται σε μια συγκεκριμένη εφαρμογή, τότε χρησιμοποιούνται ένα ή περισσότερα πλαίσια επέκτασης για την τοποθέτηση των πρόσθετων



Σχήμα 2: Πλαίσιο στήριξης PLC.

μονάδων. Κάθε πλαίσιο επέκτασης διασυνδέεται με το κεντρικό πλαίσιο ή με τα άλλα πλαίσια επέκτασης μέσω ειδικής μονάδας διασύνδεσης και καλωδίου. Κάθε εταιρεία και το κάθε μοντέλο έχει το δικό του σύστημα πλαισίου. Στο σχήμα 2 δείχνεται ένα πλαίσιο στήριξης PLC.

Μονάδα τροφοδοσίας.

Η μονάδα τροφοδοσίας ενός PLC έχει σκοπό να δημιουργήσει από την τάση του δικτύου τροφοδοσίας τις απαραίτητες εσωτερικές τάσεις, που απαιτούνται για την τροφοδοσία των ηλεκτρονικών στοιχείων (τρανζίστορ, ολοκληρωμένα κυκλώματα κ.λπ.) του PLC. Οι τυπικές εσωτερικές τάσεις των PLC είναι συνήθως: DC5 V, DC 9 V, DC 24 V.

Σε ορισμένα μοντέλα PLC, όταν το PLC δεν τροφοδοτείται από το δίκτυο, η μονάδα τροφοδοσίας διατηρεί το περιεχόμενο της μνήμης του PLC με την βοήθεια μιας μπαταρίας (συνήθως λιθίου), που διαθέτει. Σε άλλα μοντέλα PLC η παραπάνω μπαταρία βρίσκεται στην Κεντρική Μονάδα Επεξεργασίας.

Χρειάζεται προσοχή ώστε να μην προκαλέσουμε υπερφόρτιση της μονάδας τροφοδοσίας. Για τον σκοπό αυτό συμβουλευόμαστε τα τεχνικά φυλλάδια της εταιρείας κατασκευής του PLC.

Κεντρική Μονάδα Επεξεργασίας.

Είναι η βασική μονάδα του PLC, η οποία είναι υπεύθυνη για τη λειτουργία του αυτοματισμού. Η κεντρική μονάδα επεξεργασίας είναι στην ουσία ένας μικροϋπολογιστής και διακρίνουμε σ' αυτήν όλα τα κύρια μέρη ενός μικροϋπολογιστή, δηλαδή τον μικροεπεξεργαστή και τη μνήμη.

Ο μικροεπεξεργαστής είναι ένα ολοκληρωμένο κύκλωμα, το οποίο αποτελεί τον "εγκέφαλο" κάθε μικροϋπολογιστή. Οι μικροεπεξεργαστές εξελίσσονται με ταχύτερους ρυθ-

μούς, το όνομά τους δίνει συνήθως και το όνομα στο μοντέλο του μικροϋπολογιστή (π.χ λέμε PC 386, 486, Pentium κ.λπ.). Στα PLC πολύ λίγο μας ενδιαφέρει να ξέρουμε ποιον μικροεπεξεργαστή χρησιμοποιεί η κεντρική μονάδα, αν και πολλές φορές μπορούμε να το διαβάσουμε στα χαρακτηριστικά που δίνουν οι εταιρείες. Ο μικροεπεξεργαστής για το PLC είναι ο κύριος υπεύθυνος για όλες τις λειτουργίες του (τη λειτουργία του PLC περιγράφουμε στην επόμενη ενότητα).

Η μνήμη της κεντρικής μονάδας διακρίνεται σε μνήμη RAM, ROM και EEPROM.

Μνήμη RAM. Η μνήμη RAM (Random Access Memory, μνήμη τυχαίας προσπέλασης) είναι εκείνη στην οποία μπορούμε να γράφουμε και να σβήνουμε, και η οποία σβήνει μόλις λείψει η ηλεκτρική τροφοδοσία της. Στη μνήμη RAM η κεντρική μονάδα αποθηκεύει μια σειρά από πληροφορίες σε ξεχωριστές περιοχές εργασίας. Μπορούμε να διακρίνουμε τις εξής περιοχές:

- Περιοχή μνήμης όπου αποθηκεύονται οι καταστάσεις των εισόδων και των εξόδων. Η περιοχή αυτή ονομάζεται για τις εισόδους "εικόνα εισόδων" και για τις εξόδους "εικόνα εξόδων".
- Περιοχή μνήμης όπου αποθηκεύονται οι ενδιάμεσες πληροφορίες, που αφορούν τη λειτουργία του αυτοματισμού.
- Περιοχή μνήμης των χρονικών.
- Περιοχή μνήμης των απαριθμητών.
- Περιοχή μνήμης όπου αποθηκεύονται τα προγράμματα του χρήστη, δηλαδή τα προγράμματα που λειτουργούν ένα συγκεκριμένο αυτοματισμό.

ΠΡΟΣΟΧΗ! Η μνήμη RAM σβήνει μόλις σταματήσει η τροφοδοσία της. Όμως το πρόγραμμα που λειτουργεί τον αυτοματισμό πρέπει να παραμένει αναλλοίωτο στη μνήμη και αφού κλείσουμε την τροφοδοσία του PLC. Γι' αυτό το λόγο η μνήμη RAM παραμένει πάντα σε τροφοδοσία μέσω μιας μπαταρίας (συνήθως λιθίου).

Μνήμη EEPROM. Τα διάφορα PLC δεν χρησιμοποιούν μόνο τον παραπάνω τρόπο, της "πάντα τροφοδοτούμενης μνήμης RAM", για να διατηρήσουν το πρόγραμμα στη μνήμη. Ένας πιο ασφαλής τρόπος είναι η χρήση της μνήμης EEPROM (Electrically Erasable Programmable Read Only Memory), μνήμης η οποία προγραμματίζεται και σβήνει ηλεκτρικά. Πρόκειται για μνήμη που δε σβήνει, όταν μείνει χωρίς τροφοδοσία, στην οποία μπορούμε να γράφουμε, να σβήνουμε και να ξαναγράφουμε μέσω ειδικού μηχανήματος. Σε πολλά PLC η EEPROM χρησιμοποιείται σαν "κασέτα" για την εύκολη αλλαγή του τρόπου λειτουργίας του αυτοματισμού από ένα απλό χειριστή. Δηλαδή έχουμε "γραμμένο" το εναλλακτικό πρόγραμμα σε ένα "τσιπάκι" EEPROM και απλά αλλάζουμε την ηλεκτρονική πλακέτα του PLC, όταν θέλουμε να αλλάξουμε το πρόγραμμα λειτουργίας του αυτοματισμού.

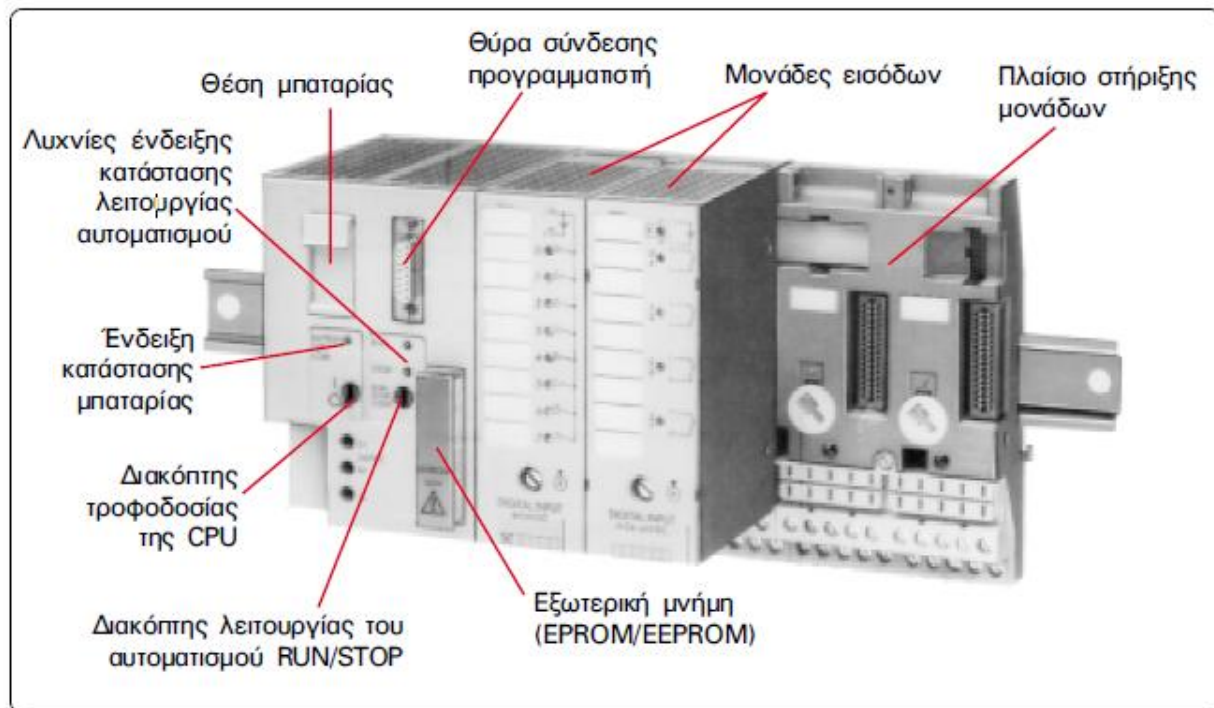
Μνήμη ROM. Στη μνήμη ROM ο κατασκευαστής του PLC αποθηκεύει το λειτουργικό σύστημα του PLC, δηλαδή τις οδηγίες (το πρόγραμμα) για όλες τις

Βασικές λειτουργίες που είναι απαραίτητες για να δουλέψει το PLC.

Εξωτερικά σε μια κεντρική μονάδα επεξεργασίας συνήθως υπάρχουν (σχήμα 3):

- Θέση σύνδεσης (ειδικός κονέκτορας) της συσκευής προγραμματισμού.
- Θέση σύνδεσης επεκτάσεων.
- Διακόπτης δύο θέσεων (συνήθως) ο οποίος θέτει το PLC σε κατάσταση RUN ή STOP, δηλαδή σε κατάσταση λειτουργίας του αυτοματισμού (RUN) ή όχι (STOP).

Λυχνίες ένδειξης, όπως: λυχνία ένδειξης ότι το PLC είναι σε τροφοδοσία, λυχνία ένδειξης ότι το PLC είναι σε κατάσταση RUN (λειτουργεί ο αυτοματισμός), λυχνία ένδειξης ότι το PLC είναι σε κατάσταση STOP (δεν λειτουργεί ο αυτοματισμός) και λυχνία που δείχνει, εάν έχει πρόβλημα η μπαταρία του PLC.



Σχήμα 3: Κεντρική μονάδα επεξεργασίας και μονάδες εισόδων ενός PLC.

Μονάδες εισόδων - εξόδων.

Οι μονάδες των εισόδων και των εξόδων αποτελούν τις μονάδες επικοινωνίας της κεντρικής μονάδας με τον έξω κόσμο, δηλαδή με τους αισθητήρες, τους διακόπτες και τα μπουτόν, που δίνουν τις πληροφορίες (εντολές), καθώς και με τους ηλεκτρονόμους ισχύος των κινητήρων, ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες, ενδεικτικές λυχνίες και γενικά τους αποδέκτες που εκτελούν τις εντολές του αυτοματισμού.

Η κεντρική μονάδα μπορεί να δεχτεί ψηφιακά σήματα εισόδου και εξόδου χαμηλής τάσης και πολύ μικρού ρεύματος. Η τάση που δέχεται η κεντρική μονάδα είναι συνήθως 0Volt για το λογικό "0" και 5Volt για το λογικό "1". Το ρεύμα εισόδου καθώς και το ρεύμα εξόδου δεν μπορεί να περάσει τα μερικά mA. Οι μονάδες εισόδων και εξόδων αναλαμβάνουν να

προσαρμόσουν τα σήματα εισόδου και εξόδου, που έχουμε στον αυτοματισμό, με τα σήματα που μπορεί να δεχτεί η κεντρική μονάδα, τόσο από άποψη τάσεων όσο και από άποψη ρευμάτων.

Η προσαρμογή αυτή γίνεται με τη χρήση ηλεκτρονικών στοιχείων ισχύος, δηλαδή τρανζίστορ ισχύος, θυρίστορ και triac, είτε ακόμη με τη χρήση κατάλληλων μικροηλεκτρονικών.

Κάθε σύστημα PLC καταλήγει πάντα σε ακροδέκτες (κλέμες). Οι ακροδέκτες αυτοί ανήκουν στις μονάδες εισόδων και εξόδων του PLC. Στους ακροδέκτες εισόδων καταλήγουν οι αγωγοί που έρχονται από αισθητήρες (τερματικούς διακόπτες κ.λπ.), διακόπτες, μπουτόνς κ.λπ. Στους ακροδέκτες εξόδων καταλήγουν οι αγωγοί που τροφοδοτούν πηνία ηλεκτρονόμων ισχύος, ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες, λυχνίες ένδειξης και λοιπούς αποδέκτες.

Στους διαφόρους τύπους των PLC οι μονάδες εισόδων και εξόδων αντιμετωπίζονται με διαφορετικό τρόπο. Γενικά ισχύουν τα παρακάτω:

- Μία μονάδα εισόδων ή εξόδων μπορεί να λειτουργεί με συνεχή τάση ή με εναλλασσόμενη τάση. Τυπικές τάσεις που συναντούμε στα PLC είναι: DC 24V, 48V, 60V και AC 24V, 48V, 115V, 230V, με συνηθέστερες τις DC 24V και AC 115V και 230V.
- Η τάση αυτή δεν παρέχεται συνήθως από τη μονάδα τροφοδοσίας του PLC. Πρέπει να τη δημιουργήσουμε εμείς με άλλη τροφοδοτική μονάδα.
- Τα κυκλώματα και οι τάσεις των εισόδων είναι τελείως ανεξάρτητα από τα κυκλώματα και τις τάσεις των εξόδων. Επομένως η τάση για τις εισόδους μπορεί να είναι διαφορετική από την τάση για τις εξόδους. Αν η τάση εξόδων είναι η ίδια με την τάση των εισόδων μπορεί να χρησιμοποιηθεί το ίδιο τροφοδοτικό (για τάσεις DC), ή μετασχηματιστής χειρισμού (για τάσεις AC) για τις εισόδους και τις εξόδους.
- Η τάση εισόδων (δηλαδή η τάση που θα φθάσει σε μια είσοδο, όταν ενεργοποιηθεί ο αντίστοιχος αισθητήρας) διαχωρίζεται συνήθως γαλβανικά από το υπόλοιπο εσωτερικό κύκλωμα του PLC. Τα ίδια ισχύουν και για τις εξόδους. Αν σε κάποιες μονάδες εισόδων ή εξόδων δεν έχουμε γαλβανική απομόνωση πρέπει να προσέξουμε ιδιαίτερα το θέμα των γειώσεων.

3.2 Πλεονεκτήματα των προγραμματιζόμενων λογικών ελεγκτών.

Τα πρώτα μεγάλα πλεονεκτήματα των PLC αφορούν τους κατασκευαστές εξοπλισμού αυτοματισμών και πινάκων αυτοματισμού και ήδη τα έχουμε αναφέρει:

1. Το κόστος κατασκευής ενός PLC είναι σημαντικά μικρότερο από το κόστος παραγωγής ενός μεγάλου αριθμού βοηθητικών ηλεκτρονόμων, χρονικών και απαριθμητών.
2. Ο χρόνος κατασκευής του αυτοματισμού είναι μηδαμινός σε σχέση με την κατασκευή ενός κλασικού πίνακα αυτοματισμού.

Υπάρχουν όμως πολλά πλεονεκτήματα που έχουν σχέση με τον τελικό χρήστη, τις βιομηχανίες δηλαδή που εφαρμόζουν τους αυτοματισμούς, και είναι αυτά που μας ενδιαφέρουν περισσότερο. Κατά σειρά σπουδαιότητας αναφέρουμε:

- Τα PLC ελαχιστοποιούν το κόστος συντήρησης του πίνακα αυτοματισμού. Το κόστος αυτό αναλύεται ως εξής: Συχνότητα βλαβών, χρόνος εντοπισμού μιας βλάβης και

αποκατάστασής της. Δηλαδή, όταν υπάρχει μια βλάβη στον πίνακα μιας εγκατάστασης κλασικού αυτοματισμού, υπάρχει καθυστέρηση στην παραγωγή μέχρι να εντοπιστεί η βλάβη. Αφού εντοπιστεί, πρέπει να έχουμε διαθέσιμο το κατάλληλο ανταλλακτικό στην αποθήκη, γιατί διαφορετικά θα υπάρξει σημαντική καθυστέρηση, αφού θα χρειαστεί να γίνει η σχετική παραγγελία και η προμήθεια. Στον αυτοματισμό με PLC δεν υπάρχει

ουσιαστικό θέμα βλάβης εσωτερικά στον πίνακα της εγκατάστασης. Θα πείτε, δεν "χαλά" το PLC; Αυτό συμβαίνει σπάνια και οι εννυήσεις είναι πάρα πολύ μενάλες.

- *Τα PLC είναι ευέλικτα στην τροποποίηση της λειτουργίας του αυτοματισμού.* Δηλαδή, αν υποθέσουμε ότι θέλουμε να κάνουμε μια αλλαγή στον αυτοματισμό, αυτή μπορεί να γίνει μέσα σε λίγα λεπτά, αρκεί μόνο να αλλάξουμε το πρόγραμμα. Σε ένα πίνακα κλασικού αυτοματισμού, τέτοιου είδους αλλαγές είναι πράγμα πολύ δύσκολο και χρονοβόρο.
- *Ο αυτοματισμός με PLC επεκτείνεται πολύ εύκολα.* Αυτό γίνεται είτε απλά αλλάζοντας το πρόγραμμα, είτε με την τοποθέτηση νέων μονάδων εισόδων και εξόδων. Κάθε επέκταση στον κλασικό αυτοματισμό είναι πολύ δύσκολη.
- *Ο αυτοματισμός με PLC μας παρέχει καταπληκτικές δυνατότητες.* Μπορούμε να δημιουργούμε πολύ εύκολα πολύπλοκες και έξυπνες επεξεργασίες, οι οποίες στον κλασικό αυτοματισμό είναι εξαιρετικά δύσκολο να υλοποιηθούν.

- Σε μια εγκατάσταση, που χρησιμοποιεί αυτοματισμούς με PLC, σήμερα παρέχονται δυνατότητες σύνδεσης με κεντρικό ηλεκτρονικό υπολογιστή, σύνδεσης με το σύστημα αποθήκης, λογιστηρίου κ.λπ.
- Το PLC καταλαμβάνει ελάχιστο χώρο σε σχέση με τον αντίστοιχο πίνακα κλασικού αυτοματισμού.

Βλέπουμε ότι από τη χρήση των PLC προκύπτουν μόνο πλεονεκτήματα. Υπάρχουν άραγε μειονεκτήματα; Θα μπορούσαμε ίσως να θεωρήσουμε μειονέκτημα την έλλειψη επαρκούς ενημέρωσης των τεχνικών όλων των βαθμίδων, ειδικά στην Ελλάδα, πράγμα το οποίο δυσκολεύει και δημιουργεί προβλήματα στην εφαρμογή των PLC.

Η τελική ερώτηση, που προκύπτει, είναι: Πόσο κοστίζουν τελικά τα PLC; συμφέρει να χρησιμοποιούμε σε κάθε εγκατάσταση PLC; Η απάντηση είναι ότι οι τιμές "πέφτουν" καθημερινά και οι εταιρείες βγάζουν συνεχώς νέα μοντέλα που κάνουν για όλων των επιπέδων τις εφαρμογές. Παρ' όλα αυτά δεν συμφέρει ακόμη η χρήση του PLC, όταν έχουμε πολλούς κινητήρες (πολλούς ηλεκτρονόμους ισχύος) και απλό αυτοματισμό (λίγους βοηθητικούς ηλεκτρονόμους, χρονικά και απαριθμητές). Όμως είναι σίγουρο ότι η χρήση βοηθητικών ηλεκτρονόμων και άλλων κλασικών υλικών αυτοματισμού έχει περιορισθεί και θα περιορίζεται συνεχώς.

3.3 Οι προγραμματιζόμενοι λογικοί ελεγκτές της αγοράς.

Η κατάσταση που έχει διαμορφωθεί σήμερα στην αγορά από τις εταιρείες, που κατασκευάζουν PLC, είναι η εξής:

Περίπτωση 1 - τα **Modular PLC** (συνήθως τα μεγάλα PLC, σχήμα 4)

Σ' 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. Π.χ. το PLC SIMATIC S7-300 (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). Μ' 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.

Περίπτωση 2 - **Συμπαγή PLC** (μικρά συνήθως, σχήμα 5)

Όλες οι εταιρείες διαθέτουν και μικρά PLC, στα οποία όλες οι μονάδες τους (τροφοδοσίας, κεντρική μονάδα και μονάδες εισόδων - εξόδων) είναι ενσωματωμένες σε μια συσκευή. Σ' αυτού του είδους τα PLC είσοδοι και έξοδοι είναι συνήθως μέχρι 20 και όλες οι είσοδοι (ή έξοδοι) έχουν τα ίδια τεχνικά χαρακτηριστικά.

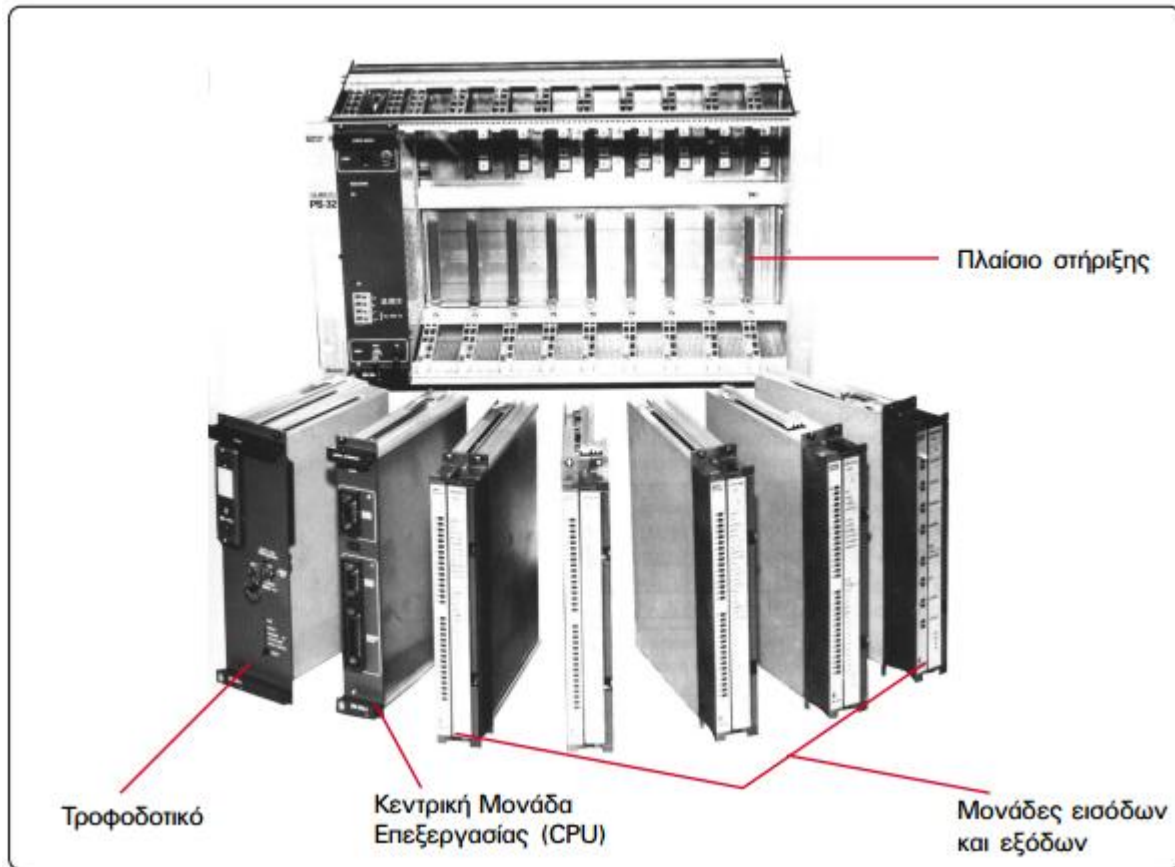
Το σημείο που πρέπει κάποιος να προσέξει σχετικά με τις εισόδους και εξόδους είναι ότι κάθε είσοδος ή έξοδος είναι για το PLC ακριβώς καθορισμένη, δηλαδή έχει καθορισμένο όνομα με το οποίο αναφέρεται και στο πρόγραμμα. Στα συμπαγή PLC σε κάθε ακροδέκτη αναγράφεται το όνομα της εισόδου ή της εξόδου. Στα modular PLC υπάρχει σαφές σύστημα με το οποίο αναγνωρίζουμε το όνομα της εισόδου (ή εξόδου) σε κάθε ακροδέκτη μιας μονάδας εισόδων (ή εξόδων).

3.4 Αρχή λειτουργίας ενός προγραμματιζόμενου λογικού ελεγκτή.

Ας υποθέσουμε ότι ένα PLC βρίσκεται σε κατάσταση λειτουργίας του αυτοματισμού (RUN). Τα βήματα που ακολουθεί κατά τη λειτουργία του είναι τα εξής:

Βήμα 1ο. Στην αρχή ο μικροεπεξεργαστής "διαβάζει" τις εισόδους. Αυτό σημαίνει ότι για κάθε είσοδο ελέγχει αν έχει "υψηλή" τάση (λογικό "1") ή "χαμηλή" τάση (λογικό "0"). Η τιμή "0" ή "1" για κάθε είσοδο αποθηκεύεται σε μια ειδική περιοχή μνήμης η οποία ονομάζεται **εικόνα εισόδων**. Την εικόνα εισόδων μπορείτε να τη φανταστείτε σαν ένα πίνακα, όπου ο μικροεπεξεργαστής "σημειώνει" τις τιμές, που διάβασε. Π.χ. είσοδος I1="1", I2="0", I3="0" κ.ο.κ.

Βήμα 2ο. Στη συνέχεια ο μικροεπεξεργαστής χρησιμοποιώντας σαν δεδομένα τις τιμές των εισόδων, που διάβασε, εκτελεί τις εντολές του προγράμματος, το οποίο λειτουργεί τον αυτοματισμό. Το πρόγραμμα αυτό στην ουσία περιέχει μια σειρά από λογικές πράξεις.



Σχήμα 4: Modular PLC. Αποτελείται από ανεξάρτητες μονάδες οι οποίες προσαρμόζονται στο πλαίσιο στήριξης.

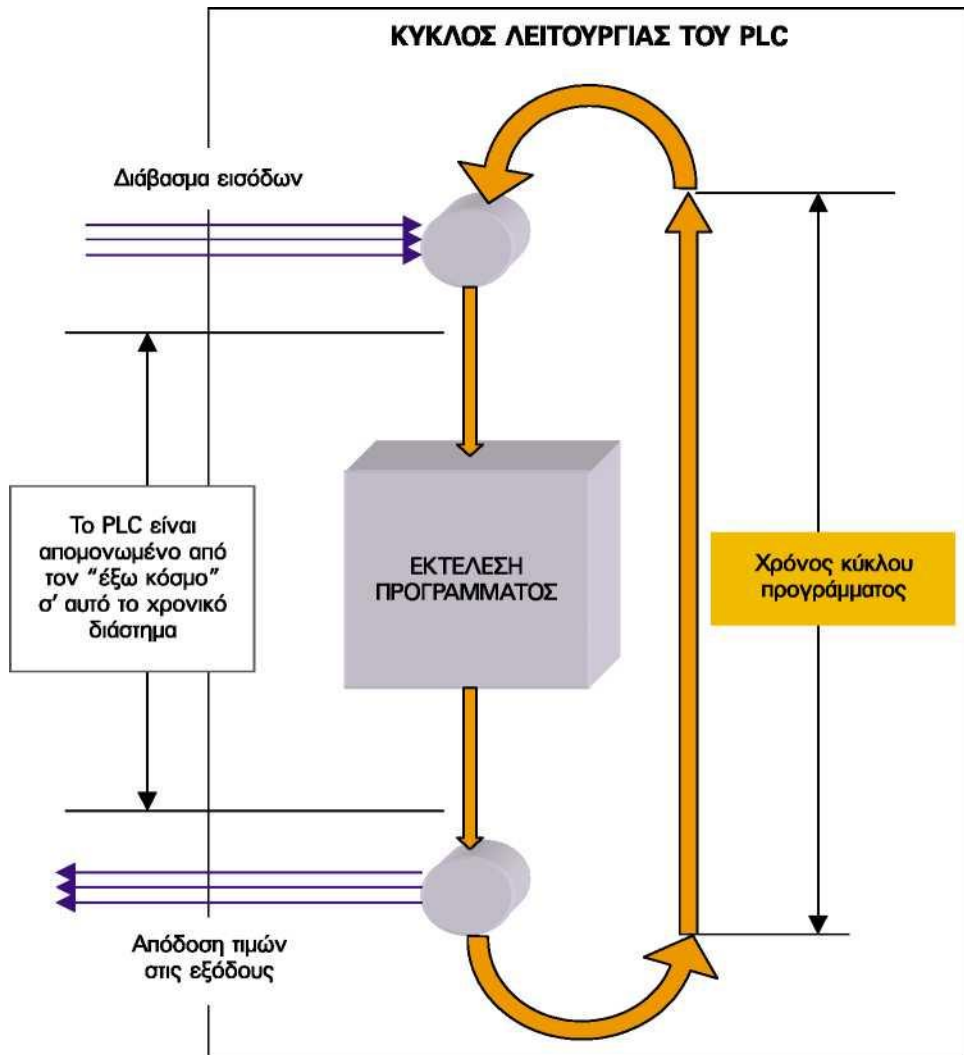


Σχήμα 5: Συμπαγές PLC. Περιλαμβάνει τροφοδοτικό, κεντρική μονάδα επεξεργασίας, εισόδους και εξόδους, όλα ενσωματωμένα σε μια ενιαία συσκευή.

Η εκτέλεση του προγράμματος θα δώσει αποτελέσματα για τις εξόδους. Τα αποτελέσματα αυτά αποθηκεύονται στην ειδική περιοχή της μνήμης που ονομάζεται **εικόνα εξόδων**. Όπως η εικόνα εισόδων, η εικόνα εξόδων περιέχει την τιμή ("0" ή "1") για κάθε έξοδο, π.χ. Q1="1", Q2="1", Q3="0" κ.ο.κ. Σημειώνουμε ότι οι τιμές αυτές προκύπτουν από την εκτέλεση των λογικών πράξεων του προγράμματος.

Βήμα 3ο. Στη συνέχεια ο μικροεπεξεργαστής αποδίδει τις τιμές της εικόνας εξόδων στις εξόδους. Αυτό σημαίνει ότι θα δοθεί "υψηλή" τάση σε όποια έξοδο έχει "1" και θα δοθεί "χαμηλή" τάση σε όποια έξοδο έχει "0".

Με τη συμπλήρωση του 3^{ου} βήματος συμπληρώνεται ένας πλήρης κύκλος λειτουργίας και η διαδικασία ξαναρχίζει από την αρχή. Ο κύκλος λειτουργίας εκτελείται συνεχώς όσο το PLC βρίσκεται σε κατάσταση RUN. Δηλαδή ένα PLC εκτελεί συνεχώς τα βήματα του κύκλου λειτουργίας.



Σχήμα 6: Κύκλος λειτουργίας PLC.

Ο χρόνος που χρειάζεται για να εκτελέσει το PLC ένα πλήρη κύκλο λειτουργίας ονομάζεται **χρόνος κύκλου** και εξαρτάται από τη "ταχύτητα" του μικροεπεξεργαστή του PLC, αλλά και από τον αριθμό και το είδος των εντολών του προγράμματος. Δηλαδή στο ίδιο PLC για ένα μεγαλύτερο πρόγραμμα έχουμε μεγαλύτερο χρόνο κύκλου. Ο χρόνος κύκλου αποτελεί και ένα μέτρο σύγκρισης μεταξύ των PLC. Για να μπορούν να συγκριθούν τα PLC ως προς τη ταχύτητα εκτέλεσης ενός προγράμματος, ορίζουμε το **μέσο χρόνο κύκλου**, σαν το χρόνο κύκλου ενός προγράμματος που περιλαμβάνει 1 Kbyte δυαδικές εντολές. Πάντως στη χειρότερη περίπτωση και σε ένα αργό PLC, ο χρόνος κύκλου δεν ξεπερνά μερικές εκατοντάδες χιλιοστά του δευτερολέπτου.

Θα θέλαμε στο σημείο αυτό να τονίσουμε την ουσιαστική διαφορά στη λειτουργία ενός αυτοματισμού με PLC από ένα κλασικό αυτοματισμό με ηλεκτρονόμους.

Στην περίπτωση του κλασικού αυτοματισμού, όταν έχουμε αλλαγή της κατάστασης ενός διακόπτη εισόδου, η αλλαγή αυτή προκαλεί εκείνη τη στιγμή διαδοχικές αλλαγές στα στοιχεία του κυκλώματος που τροφοδοτούνται από το συγκεκριμένο διακόπτη. Έχουμε δηλαδή διαδικασία που συμβαίνει σε πραγματικό χρόνο.

Αν μελετήσουμε τον κύκλο λειτουργία του PLC, θα δούμε ότι το PLC "δεν βλέπει" συνεχώς τον "έξω κόσμο" (την εξωτερική εγκατάσταση), παρά μόνο κατά τα χρονικά διαστήματα που διαβάζει τις εισόδους και αποδίδει τιμές στις εξόδους. Στον υπόλοιπο χρόνο του κύκλου, το PLC είναι ένας υπολογιστής ο οποίος εκτελεί πράξεις (λογικές βέβαια ή και αριθμητικές) απομονωμένο από τον έξω κόσμο. Για να γίνει αυτό κατανοητό υποθέστε ότι αλλάζει η κατάσταση μιας εισόδου, κατά την διάρκεια του χρόνου κατά τον οποίον εκτελούνται οι εντολές προγράμματος. Στην περίπτωση αυτή στο τέλος του κύκλου το PLC θα δώσει αποτελέσματα στις εξόδους, στα οποία δεν θα έχει ληφθεί υπ' όψη η αλλαγή στην κατάσταση της συγκεκριμένης εισόδου. Αυτό γιατί το PLC θα ενημερώσει την εικόνα των εισόδων για την αλλαγή στην κατάσταση της συγκεκριμένης εισόδου στην αρχή του επόμενου κύκλου επεξεργασίας του προγράμματος. Το PLC θα δώσει αποτελέσματα στις εξόδους, στα οποία θα έχει ληφθεί υπ' όψη η αλλαγή στην κατάσταση της παραπάνω εισόδου στο τέλος του επόμενου κύκλου επεξεργασίας του προγράμματος. Λαμβάνοντας τα παραπάνω υπ' όψη θα έλεγε κάποιος ότι τελικά το PLC ανταποκρίνεται πολύ καθυστερημένα στις αλλαγές μιας αυτοματοποιημένης διαδικασίας. Όμως, αυτό δεν είναι η πραγματικότητα, αφού ο χρόνος πραγματοποίησης ενός κύκλου προγράμματος από ένα PLC είναι πάρα πολύ μικρός, το πολύ 300ms σε πολύπλοκες εγκαταστάσεις αυτοματισμού.

4. Προγραμματισμός ενός προγραμματιζόμενου λογικού ελεγκτή.

Το βασικότερο κομμάτι σε ένα σύστημα αυτοματισμού με PLC δεν είναι το υλικό μέρος αλλά το λογισμικό, δηλαδή το πρόγραμμα που υλοποιεί τον επιθυμητό αυτοματισμό. Το

πρόγραμμα αναπτύσσεται σε μια γλώσσα προγραμματισμού. Δυστυχώς στα PLC δεν υπήρξε τυποποίηση σε κανέναν τομέα, λόγω του ανταγωνισμού των εταιρειών, ούτε βέβαια στο θέμα των γλωσσών προγραμματισμού. Δηλαδή δεν υπάρχουν γλώσσες προγραμματισμού για PLC που να ισχύουν ανεξάρτητα από εταιρεία, όπως για παράδειγμα συμβαίνει στον προγραμματισμό των ηλεκτρονικών υπολογιστών. Παρ' όλα αυτά οι γλώσσες των PLC των διαφόρων εταιρειών μοιάζουν πολύ μεταξύ τους, έτσι που να μπορούμε να μιλάμε σήμερα για μια "τυποποίηση της αγοράς".

4.1 Γλώσσες προγραμματισμού των προγραμματισμένων λογικών ελεγκτών.

Τρεις είναι σήμερα οι κυριότερες κατηγορίες γλωσσών προγραμματισμού για PLC, τις οποίες συναντούμε με μικρές διαφορές στα PLC όλων των εταιρειών:

1. Γλώσσα LADDER ή γλώσσα ηλεκτρολογικών γραφικών (σχήμα 7).

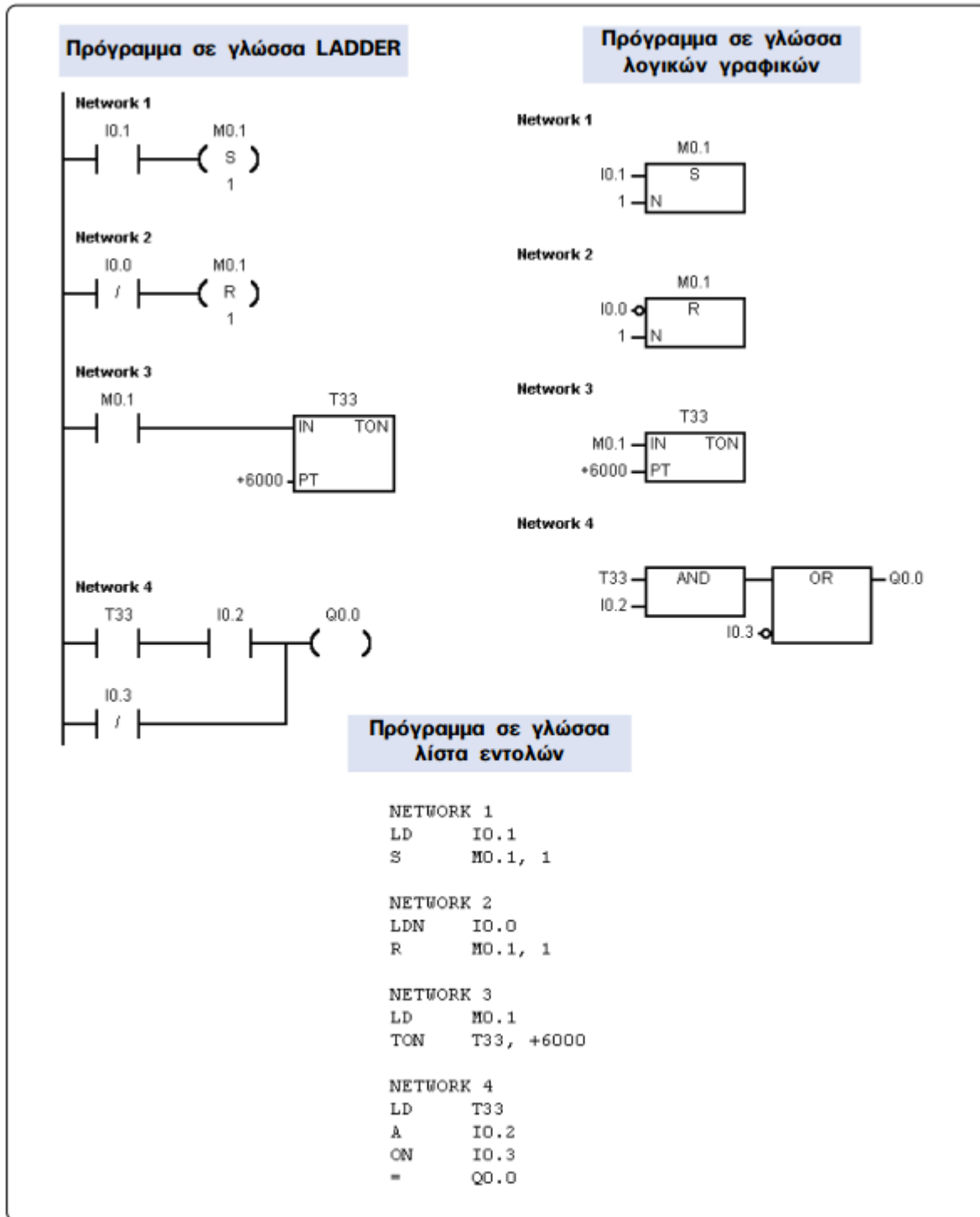
Είναι η πρώτη γλώσσα που αναπτύχθηκε ιστορικά. Η γλώσσα Ladder στην ουσία επιτρέπει τη μεταφορά του ηλεκτρολογικού σχεδίου, μέσω της συσκευής προγραμματισμού στο PLC. Με τη γλώσσα αυτή η εκπαίδευση των τεχνικών, που ήταν συνηθισμένοι στον κλασικό αυτοματισμό, γινόταν εύκολα και γρήγορα, αφού δεν άλλαζε ουσιαστικά την εργασία σχεδιασμού του αυτοματισμού. Η γλώσσα LADDER χρησιμοποιεί όχι την Ευρωπαϊκή προτυποποίηση στο σχεδιασμό των ηλεκτρικών επαφών, αλλά την Αμερικάνικη. Αυτό ίσως οφείλεται στο γεγονός ότι τα πρώτα PLC αναπτύχθηκαν στην Αμερική. Όμως στη συνέχεια ο τρόπος αυτός σχεδιασμού "βόλεψε" και έτσι διατηρήθηκε και από τις Ευρωπαϊκές εταιρείες, με αποτέλεσμα σήμερα να είναι πλέον καθιερωμένος.

2. Γλώσσα λίστα εντολών (Statement List, STL) ή γλώσσα λογικών εντολών (σχήμα 7).

Η γλώσσα αυτή αναπτύχθηκε σχεδόν ταυτόχρονα με τη γλώσσα LADDER, αν και οι εταιρείες έδειξαν στην αρχή δισταγμό στο να την "προωθήσουν", φοβούμενες μην τρομάξουν το τεχνικό κατεστημένο της βιομηχανίας. Η γλώσσα αυτή δημιουργεί λίστα προγράμματος με εντολές, οι οποίες αντιστοιχούν στις λογικές πύλες (AND, OR, NOT κ.λπ.). 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. Ο προγραμματισμός σε λίστα εντολών απαιτεί από τον ηλεκτρολόγο να έχει έστω στοιχειώδεις γνώσεις προγραμματισμού.

3. Γλώσσα λογικών γραφικών ή λογικού διαγράμματος (σχήμα 7).

Η γλώσσα αυτή είναι επίσης γραφική, αλλά αντί του ηλεκτρολογικού σχεδίου του αυτοματισμού, χρησιμοποιεί το αντίστοιχο λογικό κύκλωμα. Η γλώσσα αυτή είναι νεότερη και δεν χρησιμοποιείται από όλες τις εταιρείες.



Σχήμα 7: Γλώσσες προγραμματισμού PLC

4.2 Συσκευές προγραμματισμού των προγραμματισμένων λογικών ελεγκτών.

Αφού συντάξουμε το πρόγραμμα στο "χαρτί" σε οποιαδήποτε γλώσσα προγραμματισμού, πρέπει να το εισάγουμε στο PLC. Αυτό συνήθως γίνεται μέσω μιας συσκευής προγραμματισμού, ενός "προγραμματιστή", που συνδέεται με το PLC. Ορισμένα μικρά PLC προγραμματίζονται με τη βοήθεια ενός αριθμού πλήκτρων που είναι ενσωματωμένα επάνω στη συσκευή του PLC και δε χρειάζονται συσκευή προγραμματισμού (βλέπε σχήματα 52 και 53 στη σελίδα 64).

Μια συσκευή προγραμματισμού μπορεί να είναι μιας από τις παρακάτω μορφές:

1) 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 της 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 τελείως 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.



Σχήμα 8: Προγραμματιστής χειρός PLC.

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 (PC) με όσα πλεονεκτήματα μπορεί αυτό να έχει, π.χ. μπορούμε να αποθηκεύσουμε σε δισκέτα το πρόγραμμα, να κάνουμε εκτύπωση του προγράμματος κ.λπ.
- 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.



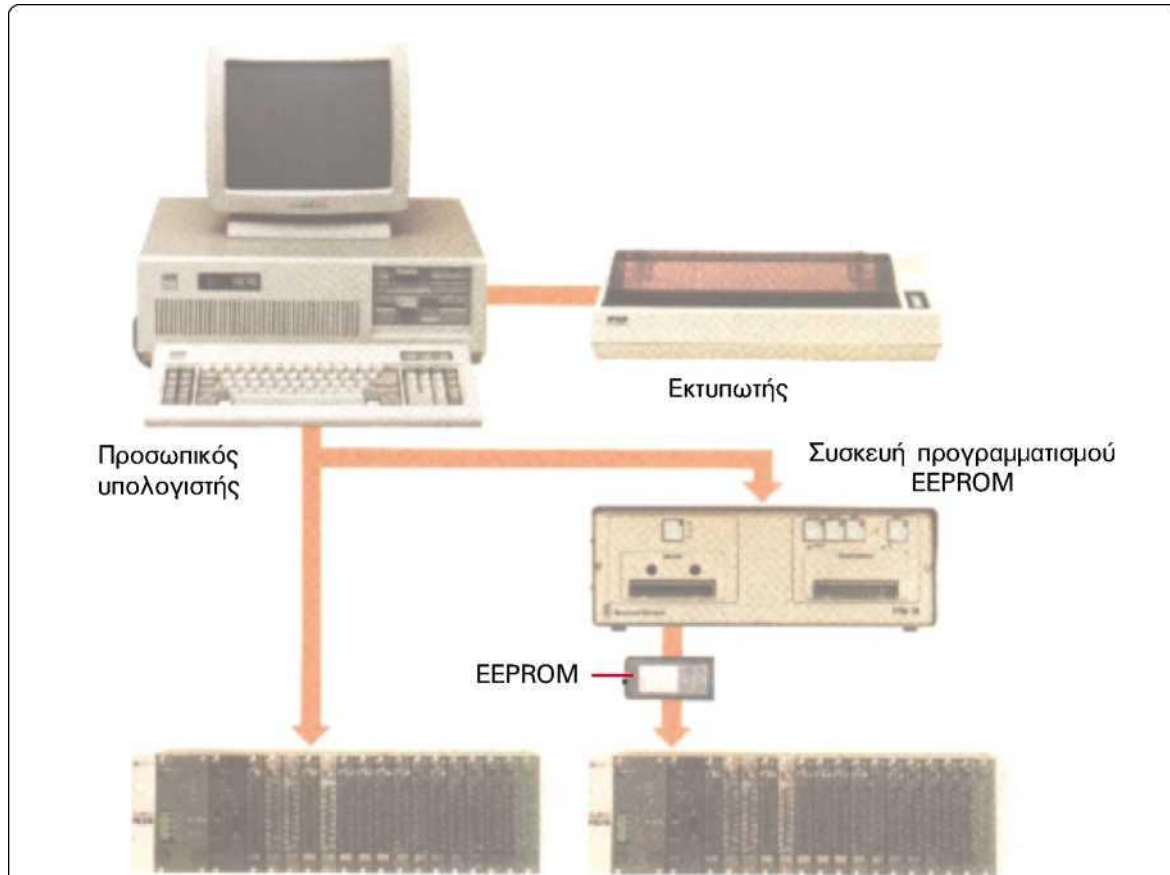
Σχήμα 9: Έλεγχος βλαβών σε εγκατάσταση αυτοματισμού με PLC.

2) Προσωπικός υπολογιστής (PC) και χρήση ειδικού λογισμικού.

Ο πιο εύκολος τρόπος προγραμματισμού ενός PLC σήμερα είναι μέσω ενός προσωπικού υπολογιστή (PC). 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 EEPROM χρειάζεται ειδική κάρτα σύνδεσης (interface), η οποία τοποθετείται στο PC. 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. Ο προγραμματισμός στις γραφικές γλώσσες γίνεται με τρόπο ιδανικό στην οθόνη του PC.

Τα υπόλοιπα πλεονεκτήματα νομίζουμε είναι προφανή, δηλαδή:

- Μπορούμε να αποθηκεύουμε και να αρχειοθετούμε τα προγράμματά μας.
- Μπορούμε να τυπώνουμε τα προγράμματα.

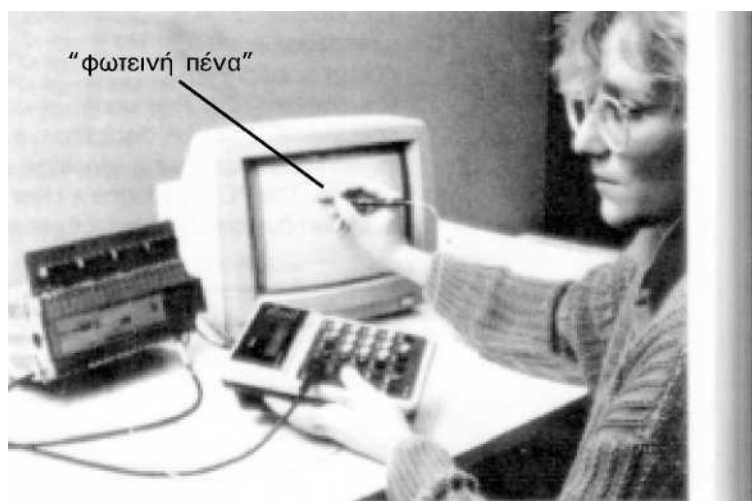


PLC (Απευθείας προγραμματισμός) PLC (Προγραμματισμός μέσω EEPROM)

Σχήμα 10: Προγραμματισμός PLC με την βοήθεια προσωπικού υπολογιστή.

3) Ειδικές συσκευές προγραμματισμού.

Εκτός από τις δύο μορφές που προαναφέραμε, υπάρχουν κάποιες ειδικές συσκευές με τις οποίες ο προγραμματισμός, κυρίως στις γραφικές γλώσσες γίνεται πολύ εύκολα. Μία τέτοια συσκευή είναι η "φωτεινή πένα" (light pen). Πρόκειται για μια συσκευή η οποία περιλαμβάνει μια οθόνη, επάνω στην οποία σχεδιάζουμε με μια ειδική "φωτεινή πένα" (σχήμα 11).



Σχήμα 11: Προγραμματισμός PLC με "φωτεινή πένα" (Light Pen).

4.3 Τρόπος ανάπτυξης ενός συστήματος αυτοματισμού με τη χρήση προγραμματισμένου λογικού ελεγκτή.

Είδαμε ότι αρχικά οι εταιρείες παραγωγής PLC προσπάθησαν να μη διαταράξουν τον τρόπο σχεδιασμού των αυτοματισμών, δηλαδή όλες οι γλώσσες προγραμματισμού στηρίχθηκαν στην ανάπτυξη του προγράμματος από το υπάρχον σχέδιο του κλασικού αυτοματισμού της καλωδιωμένης λογικής. Αντί να προχωρήσουμε στην κατασκευή της πολύπλοκης καλωδίωσης του πίνακα, προχωρούσαμε στον προγραμματισμό του PLC, μετατρέποντας στην ουσία το κλασικό σχέδιο σε πρόγραμμα. Όλες οι γλώσσες προγραμματισμού, είτε επρόκειτο για τη γλώσσα λίστα εντολών είτε για τις γραφικές, είχαν προσαρμοστεί σε αυτό το μοντέλο. Με την πάροδο του χρόνου οι γλώσσες προγραμματισμού εξελίχθηκαν, απομακρύνονται όλο και περισσότερο από το μοντέλο του ηλεκτρολογικού σχεδίου και πλησιάζουν τις ανώτερες γλώσσες προγραμματισμού. Για παράδειγμα οι εντολές ελέγχου και διακλάδωσης (π.χ. IF..., GO TO...) και υποπρογραμμάτων (π.χ. GO SUB..., CALL... κ.λπ.) είναι από τις σημαντικότερες εντολές στις ανώτερες γλώσσες προγραμματισμού. Τέτοιου είδους εντολές δεν υπήρχαν αρχικά στις γλώσσες των PLC. Σιγά-σιγά όμως αρχίζουν να εμφανίζονται πολλές τέτοιες εντολές στις νεότερες εκδόσεις όλων των γλωσσών. Η εξέλιξη αυτή έχει αρχίσει να αλλάζει τον τρόπο σχεδιασμού και ανάπτυξης των αυτοματισμών με PLC. Ήδη υπάρχει μια κατηγορία νέων σχεδιαστών αυτοματισμού, οι οποίοι δουλεύουν περισσότερο σαν προγραμματιστές.

5. Ανάπτυξη προγράμματος σε προγραμματιζόμενο λογικό ελεγκτή.

5.1 Γενικά.

Στις ενότητες που ακολουθούν θα δούμε, πως προγραμματίζουμε ένα PLC. Για τις απαιτήσεις του μαθήματος αυτού θα θεωρήσουμε ότι διαθέτουμε το ηλεκτρολογικό σχέδιο του αυτοματισμού, για τον οποίο θέλουμε να αναπτύξουμε πρόγραμμα σε PLC. Πρέπει να σημειώσουμε εδώ ότι το ηλεκτρολογικό σχέδιο ενός αυτοματισμού δεν είναι απαραίτητο προκειμένου να αναπτυχθεί πρόγραμμα σε PLC για τον αυτοματισμό. Ένας σχετικά έμπειρος στον προγραμματισμό τεχνικός δεν "περνά" από το ηλεκτρολογικό σχέδιο του αυτοματισμού, προκειμένου να αναπτύξει το πρόγραμμα. Σε σύνθετους (πολύπλοκους) αυτοματισμούς η ανάπτυξη του ηλεκτρολογικού σχεδίου του αυτοματισμού είναι πολύ δυσκολότερη από την ανάπτυξη του προγράμματος. Μάλιστα, σε ορισμένες περιπτώσεις είναι πιο εύκολο να αναπτυχθεί το πρόγραμμα άμεσα από τα δεδομένα του αυτοματισμού παρά χρησιμοποιώντας ένα έτοιμο ηλεκτρολογικό σχέδιο του αυτοματισμού.

Το πρόβλημα που υπάρχει σχετικά με τον προγραμματισμό των PLC είναι αυτό στο οποίο έχουμε ήδη αναφερθεί, δηλαδή το γεγονός ότι οι γλώσσες προγραμματισμού των PLC δεν είναι τυποποιημένες, αλλά διαφέρουν από εταιρεία σε εταιρεία. Διαφέρουν ακόμη και μεταξύ των μοντέλων της ίδιας εταιρείας. Βέβαια η λογική όλων των γλωσσών προγραμματισμού σε όλα τα PLC είναι ίδια. Αλλά και οι εντολές προγραμματισμού στις διάφορες γλώσσες μοιάζουν μεταξύ τους σε ένα σημαντικό ποσοστό. Έτσι, όποιος μάθει να χρησιμοποιεί πολύ καλά τις γλώσσες προγραμματισμού ενός μοντέλου PLC, αρκετά εύκολα μαθαίνει τις γλώσσες προγραμματισμού ενός άλλου μοντέλου, εντοπίζοντας πολύ γρήγορα τις διαφορές.

Θα παρουσιάσουμε τον προγραμματισμό των PLC σε δύο ενότητες. Στην πρώτη ενότητα θα δούμε πως προγραμματίζουμε σε ένα PLC συνδυαστικούς αυτοματισμούς και στη δεύτερη ενότητα πως προγραμματίζουμε ακολουθιακούς αυτοματισμούς. Αυτό το κάνουμε, γιατί οι βασικές διαφορές στον προγραμματισμό των PLC εμφανίζονται, όταν έχουμε χρήση χρονικών, απαριθμητών και των λοιπών ειδικών συναρτήσεων των ακολουθιακών αυτοματισμών.

Τα διάφορα προγράμματα θα αναπτυχθούν και στις τρεις βασικές γλώσσες προγραμματισμού, που αναφέραμε προηγούμενα.

Συνδυαστικοί και ακολουθιακοί αυτοματισμοί

Υιοθετώντας την ορολογία από τα λογικά κυκλώματα, ονομάζουμε:

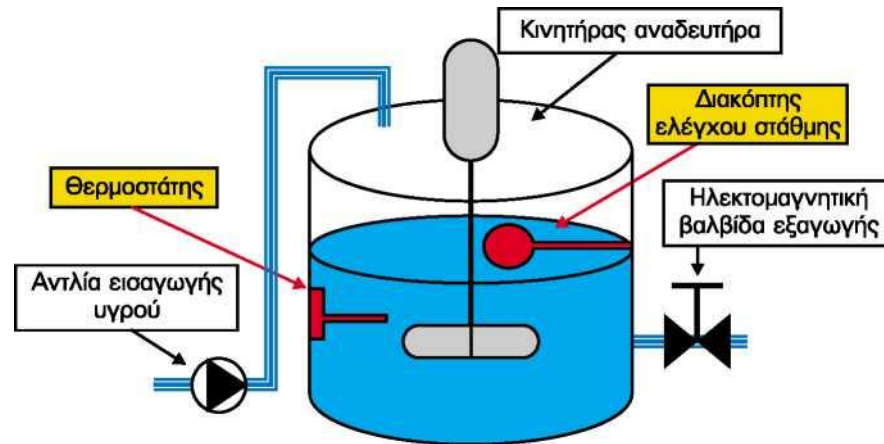
Συνδυαστικό αυτοματισμό, τον αυτοματισμό εκείνο στον οποίον οι έξοδοι εξαρτώνται μόνο από τις εισόδους. Αυτό σημαίνει ότι οι κινητήρες, βαλβίδες και οι λοιποί αποδέκτες του αυτοματισμού λαμβάνουν εντολές μόνο από τους αισθητήρες και τους διακόπτες εισόδου και δεν εξαρτώνται από το χρόνο ή από προηγούμενες καταστάσεις των εξόδων.

Ακολουθιακό αυτοματισμό, τον αυτοματισμό εκείνο, στον οποίον οι έξοδοι εξαρτώνται όχι

μόνο από τις εισόδους, αλλά και από το χρόνο ή και από προηγούμενες καταστάσεις των εξόδων.

Παράδειγμα συνδυαστικού και ακολουθιακού αυτοματισμού.

Ο αυτοματισμός του σχήματος είναι συνδυαστικός αυτοματισμός, γιατί οι καταστάσεις των εξόδων (της αντλίας, του αναδευτήρα και της βαλβίδας εξαγωγής) εξαρτώνται μόνο από τις καταστάσεις των εισόδων (του πλωτήρα και του θερμοστάτη).



Σχήμα 13

Ο αυτοματισμός θα ήταν ακολουθιακός, αν θεωρήσουμε ότι ο αναδευτήρας θα λειτουργήσει για κάποιο σταθερό χρόνο T , ανεξάρτητα από την κατάσταση του θερμοστάτη.

5.2 Προγραμματιστικά χαρακτηριστικά και ονοματολογία των στοιχείων ενός προγραμματιζόμενου λογικού ελεγκτή.

Όταν ξεκινάμε να μελετάμε, πως θα προγραμματίσουμε ένα PLC, πρέπει να γνωρίζουμε:

- Πόσες εισόδους έχει, πως τις ονομάζουμε και πως τις αναγνωρίζουμε.
- Οι εισοδοι σχεδόν σε όλα τα PLC χαρακτηρίζονται με το γράμμα I (Input). Στα μικρά συμπαγή PLC το γράμμα I ακολουθεί ένας απλός αύξοντας αριθμός, ξεκινώντας από το 1 (ή το 0) και φθάνοντας στο πλήθος των εισόδων π.χ. I1, I2, I3, κ.λπ. Στα modular PLC, όπου οι εισοδοι βρίσκονται σε μονάδες εισόδων, το γράμμα I ακολουθούν δύο αριθμοί, που χωρίζονται με μια τελεία. Ο πρώτος αριθμός χαρακτηρίζει συνήθως τη θέση (τη σειρά) της μονάδας, που βρίσκεται η είσοδος, και ο δεύτερος αριθμός χαρακτηρίζει την είσοδο πάνω στην μονάδα (σχήμα 14). Π.χ. έχουμε εισόδους I 0.0, I 0.1, I 0.2, ..., I 1.1, I 1.2, κ.λπ.
- Πόσες εξόδους έχει, πως τις ονομάζουμε και πως τις αναγνωρίζουμε.

Τα ίδια, που ισχύουν για τις εισόδους, ισχύουν και για τις εξόδους. Το γράμμα με το οποίο χαρακτηρίζονται οι έξοδοι στα διάφορα PLC είναι συνήθως το Q ή το O (Output). Για τους αριθμούς, που ακολουθούν το γράμμα, ισχύει ότι και για τις εισόδους.

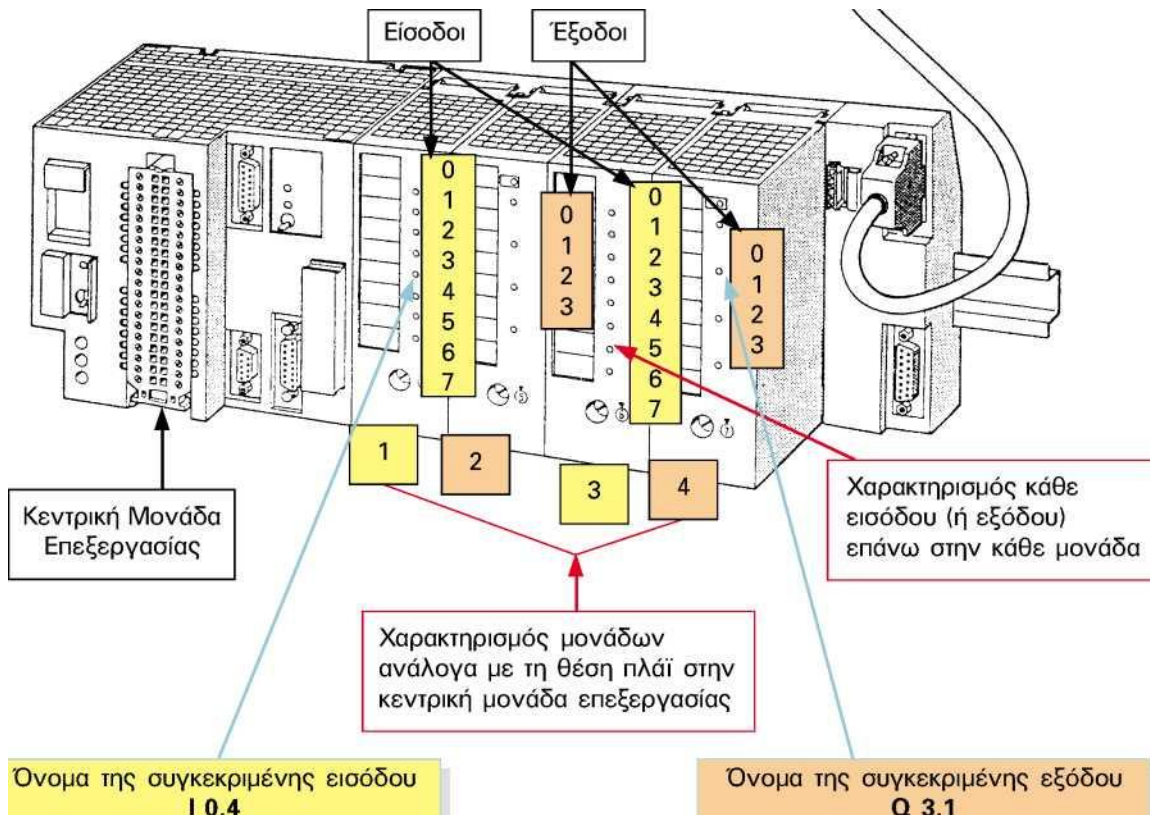
- Πόσες βοηθητικές μνήμες έχει και πως τις ονομάζουμε.

Στα διάφορα PLC θα τις συναντήσουμε με το όνομα Markers ή Flags. Πρόκειται για θέσεις μνήμης, στις οποίες αποθηκεύονται ενδιάμεσες λογικές καταστάσεις και πληροφορίες. Όπως ισχύει για τις εισόδους και τις εξόδους, χαρακτηρίζονται με ένα γράμμα ακολουθούμενο από έναν αριθμό ή δύο αριθμούς, που χωρίζονται με τελεία. Το γράμμα στα διάφορα PLC είναι το M (Marker) ή το F (Flag). Συνήθως οι βοηθητικές μνήμες σε ένα PLC δεν είναι λιγότερες από 255. Έτσι, έχουμε βοηθητικές μνήμες:

M 0.1 έως M 0.15
 M 1.0 έως M 1.15 M 31.0 έως M 31.15

Ο λόγος, για τον οποίον εξελίσσονται οι αριθμοί της ονοματολογίας με αυτό τον τρόπο, δεν είναι αντικείμενο του παρόντος να το εξηγήσουμε.

Σχήμα 14: Ονοματολογία σε modular PLC.



- Τις ειδικές συναρτήσεις του PLC

Πρέπει να γνωρίζουμε ποιές είναι, πως ονομάζονται, πως τις χειρίζεται το συγκεκριμένο PLC και πόσες από την κάθε μία διαθέτει. Οι ειδικές συναρτήσεις κατά σειρά σπουδαιότητας είναι:

^ Τα χρονικά.

^ Οι απαριθμητές.

^ Οι συγκριτές.

^ Οι γεννήτριες παλμοσειρών.

^ Ο μετρητής πραγματικού χρόνου.

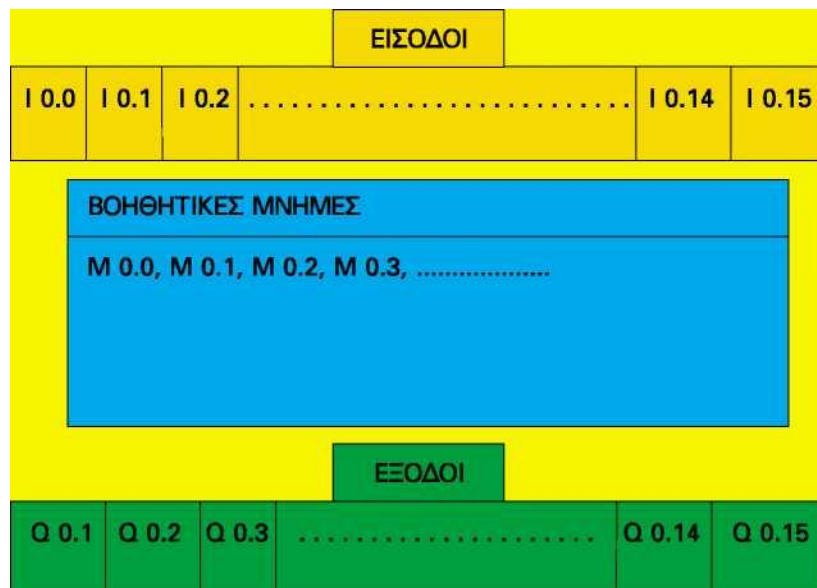
Όλα τα παραπάνω στοιχεία λέμε ότι αποτελούν το προγραμματιστικό μοντέλο ενός PLC. Για να ξεκινήσουμε τον προγραμματισμό πρέπει να γνωρίζουμε το προγραμματιστικό μοντέλο του συγκεκριμένου PLC, που διαθέτουμε.

Στη συνέχεια θα χρησιμοποιήσουμε το υποθετικό μοντέλο PLC του σχήματος 16, του οποίου τα χαρακτηριστικά μοιάζουν αρκετά με τα χαρακτηριστικά των PLC της αγοράς. Για το υποθετικό μοντέλο PLC θεωρούμε:

Είσοδοι: I 0.1, I 0.2, έως I 0.15

Έξοδοι: Q 0.1, Q 0.2, έως Q 0.15

Βοηθητικές Μνήμες: 0.0, M 0.1, M 0.2, M 0.3, ..., M 0.15, M 1.0, M 1.1, ..., M 15.14, M 15.15



Σχήμα 16: Προγραμματιστικό μοντέλο του PLC που θα χρησιμοποιήσουμε στον προγραμματισμό.

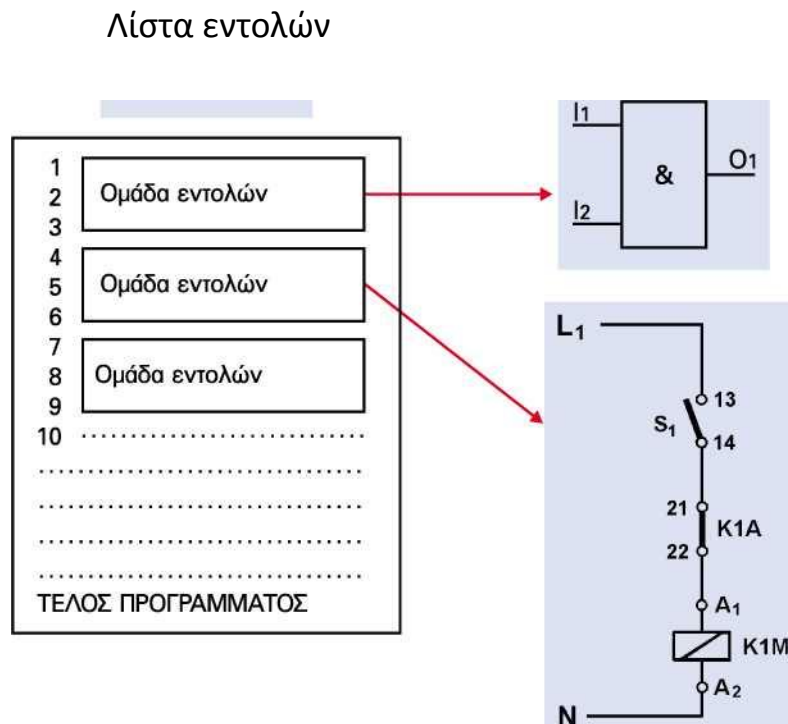
Τις ειδικές συναρτήσεις του υποθετικού μοντέλου θα τις δούμε αργότερα, όταν θα μελετήσουμε παραδείγματα ακολουθιακών αυτοματισμών.

6. Ανάπτυξη προγράμματος σε γλώσσα λίστα εντολών.

6.1 Βασικές εντολές προγραμματισμού στη γλώσσα λίστα εντολών.

Μορφή του προγράμματος.

Το πρόγραμμα αποτελείται από μια σειρά εντολών. Κάθε εντολή αποτελεί μια γραμμή προγράμματος. Οι εντολές κατανέμονται σε ομάδες εντολών. Κάθε ομάδα εντολών αντιστοιχεί σε μία λογική πύλη, ή αλλιώς σε ένα κλάδο του ηλεκτρολογικού κυκλώματος αυτοματισμού (σχήμα 17).



Σχήμα 17: Μορφή προγράμματος στη γλώσσα λίστα εντολών.

Μορφή εντολής.

Κάθε εντολή του προγράμματος αποτελείται από δύο μέρη (σχήμα 18). Το πρώτο μέρος καθορίζει την *ενέργεια* την οποία θα εκτελέσει το PLC, δηλαδή χαρακτηρίζει την ίδια την εντολή. Το δεύτερο μέρος καθορίζει την *παράμετρο*, δηλαδή καθορίζει σε ποια είσοδο, έξοδο, βοηθητική μνήμη κ.λπ. αναφέρεται η ενέργεια της εντολής.



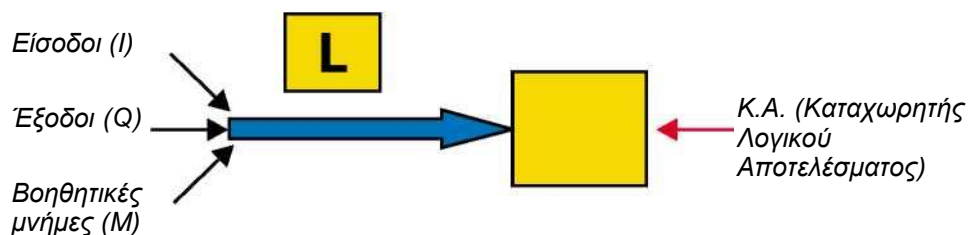
Σχήμα 18: Μορφή εντολής στη γλώσσα λίστα εντολών.

Παρουσίαση εντολών.

Η εντολή L (Load)

Το πρόγραμμα το οποίο αντιστοιχεί σε μια πύλη λογικού κυκλώματος (ή κλάδο ηλεκτρολογικού κυκλώματος αυτοματισμού) ξεκινά με την εντολή L (Load, "φόρτωσε"). Το PLC με την εντολή Load διαβάζει τη λογική κατάσταση ("0" ή "1") μιας εισόδου, εξόδου, βοηθητικής μνήμης, χρονικού κ.λπ., και τη "φορτώνει" σε ένα "καταχωρητή" (μια ειδική θέση μνήμης) τον οποίο θα ονομάζουμε Καταχωρητή Λογικού Αποτελέσματος (Κ.Α.).

Η εντολή L μπορεί να αναφέρεται σε εισόδους, εξόδους, βοηθητικές μνήμες, χρονικά, κ.λπ. Π.χ. L I 0.1, L Q 0.2, L M 0.1.



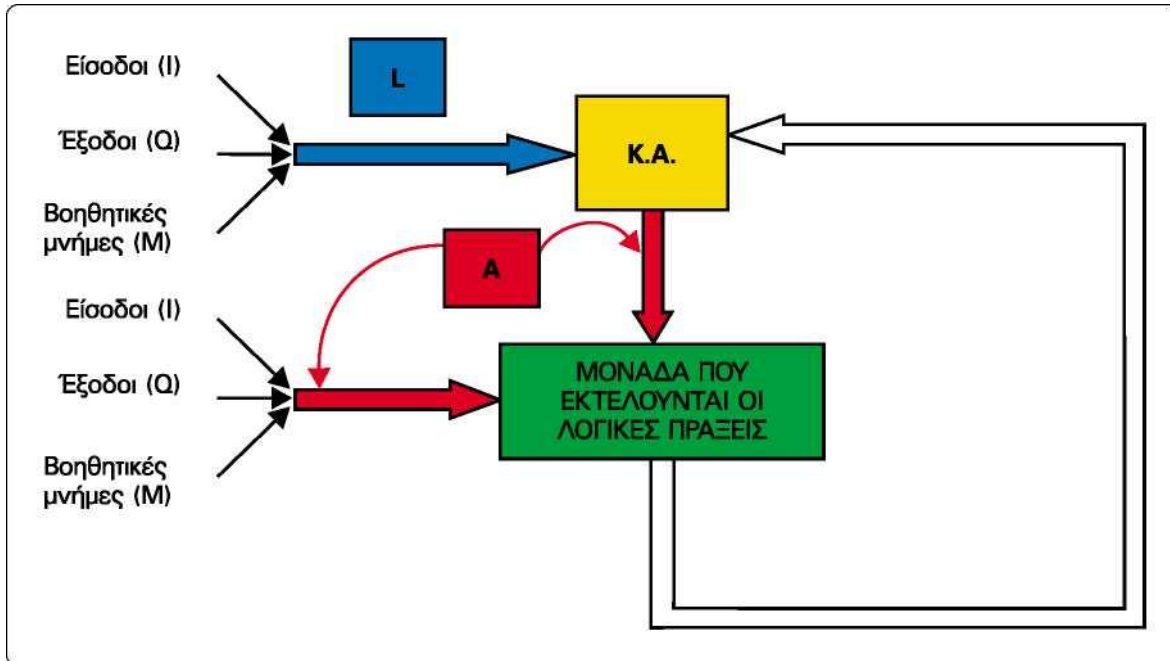
Σχήμα 19: Σχηματική παράσταση της εντολής Load.

Η εντολή = (ίσον)

Το πρόγραμμα που αντιστοιχεί σε μια πύλη λογικού κυκλώματος (ή κλάδο ηλεκτρολογικού κυκλώματος αυτοματισμού) καταλήγει πάντα με την εντολή = (ίσον). Η εντολή αναφέρεται σε εξόδους και βοηθητικές μνήμες. Το PLC με την εντολή = μεταφέρει στις εξόδους ή στις βοηθητικές μνήμες το περιεχόμενο του Καταχωρητή Λογικού Αποτελέσματος. Π.χ. = Q 1.2, = M 0.1

Η εντολή A (AND)

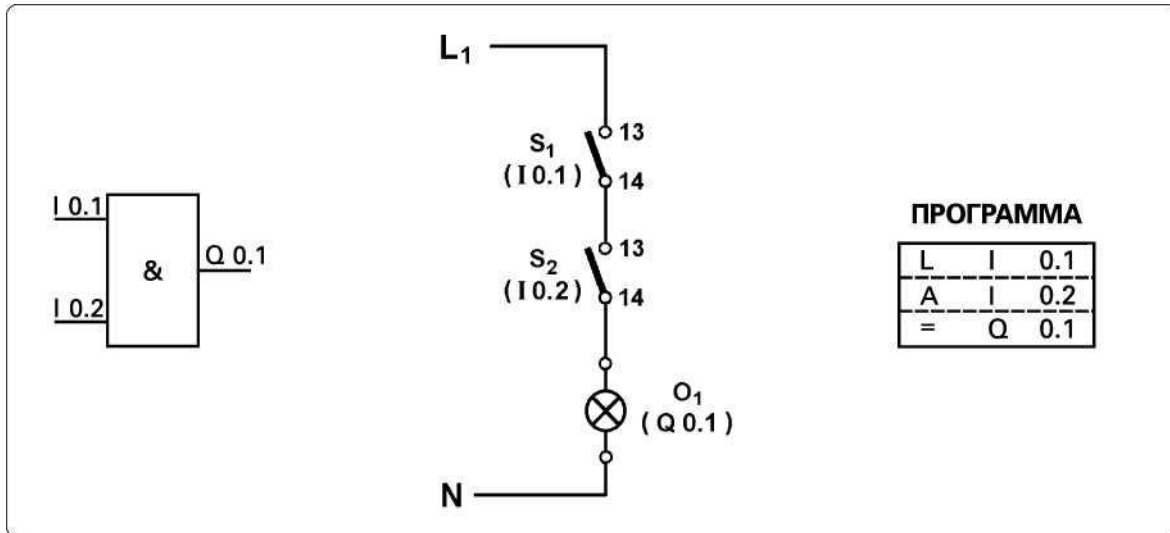
Η εντολή **A** υπαγορεύει στο PLC να εκτελέσει τη λογική πράξη AND. Η εντολή AND αναφέρεται σε εισόδους, εξόδους, βοηθητικές μνήμες, χρονικά κ.λπ. Η λογική πράξη γίνεται μεταξύ της λογικής κατάστασης της εισόδου, εξόδου, βοηθητικής μνήμης, χρονικού, κ.λπ. το οποίο αναφέρεται στην εντολή και του περιεχομένου του Κ.Α. Το αποτέλεσμα επιστρέφει στον Κ.Α. Προσέξτε το σχήμα 21, το οποίο αποδίδει πολύ καλά τον τρόπο που το PLC εκτελεί τη λογική πράξη AND.



Σχήμα 27: Σχηματική παράσταση της εντολής AND.

6.2 Αναπτύσσοντας τα πρώτα προγράμματα στη γλώσσα λίστα εντολών.

Με τις τρεις εντολές, που μάθαμε, είμαστε σε θέση να φτιάξουμε το πρώτο πρόγραμμα, που αντιστοιχεί σε μια πύλη AND (η τον αντίστοιχο κλάδο ηλεκτρολογικού κυκλώματος αυτοματισμού). Αν παρατηρήσουμε στο σχήμα 21 τον τρόπο με τον οποίο εκτελεί την εντολή AND το PLC, εύκολα καταλαβαίνουμε πώς να γράψουμε το πρόγραμμα. Δηλαδή:



Σχήμα 22

Επεξήγηση:

Γραμμή 1: Η εντολή Load φέρνει στον Κ.Α. τη λογική κατάσταση (λογική τιμή "0" ή "1") της εισόδου I 0.1.

Γραμμή 2: Η εντολή AND εκτελεί τη λογική πράξη μεταξύ της λογικής κατάστασης της εισόδου I 0.2 και του περιεχομένου του Κ.Α. (δηλαδή της λογικής κατάστασης της εισόδου I 0.1), και το λογικό αποτέλεσμα επιστρέφει στον Κ.Α.

Γραμμή 3: Η εντολή = οδηγεί το περιεχόμενο του Κ.Α. (που είναι το λογικό αποτέλεσμα της πράξης AND) στην έξοδο Q 0.1.

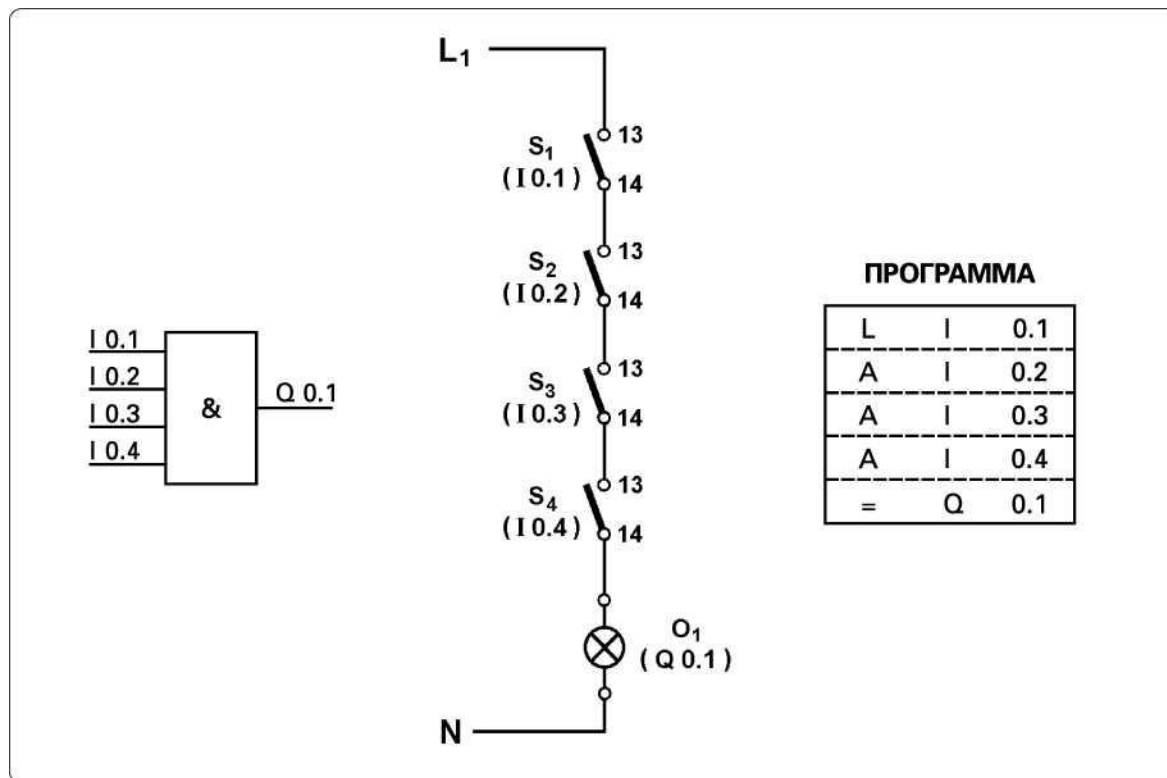
ΠΡΟΣΟΧΗ

Το πρόγραμμα που αντιστοιχεί σε μία πύλη αποτελεί μια ομάδα εντολών.

Μπορούμε να πούμε ότι στο πρόγραμμα αυτό, που αντιστοιχεί σε μια πύλη, διακρίνουμε δύο μέρη. Το πρώτο μέρος αποτελούν όλες οι εντολές πριν την εντολή =. Οι εντολές αυτές θέτουν τις προϋποθέσεις, τις ερωτήσεις. Το δεύτερο μέρος αποτελεί η εντολή =. Η εντολή αυτή δίνει το αποτέλεσμα, τη διέγερση. Το πρόγραμμα επομένως διαβάζεται ως εξής:

Πύλη AND πολλών εισόδων.

Το πρόγραμμα για μια πύλη AND πολλών εισόδων είναι σχεδόν το ίδιο με το πρόγραμμα της πύλης δύο εισόδων.



Σχήμα 24

Επεξήγηση:

Αφού γνωρίζουμε ότι στον Κ.Α. βρίσκεται πάντα το αποτέλεσμα της προηγούμενης λογικής πράξης, εύκολα μπορούμε να καταλάβουμε τη διαδικασία.

Γραμμή 1: Η εντολή Load φέρνει στον Κ.Α. τη λογική τιμή της εισόδου I 0.1.

Γραμμή 2: Η εντολή AND εκτελεί τη λογική πράξη μεταξύ της λογικής τιμής της εισόδου I 0.2 και του περιεχομένου του Κ.Α. (δηλαδή της λογικής τιμής της εισόδου I 0.1) και το αποτέλεσμα επιστρέφει στον Κ.Α.

Γραμμή 3: Η εντολή AND εκτελεί τη λογική πράξη AND μεταξύ του προηγούμενου λογικού αποτελέσματος (που βρίσκεται στον Κ.Α.) και της λογικής τιμής της εισόδου I 0.3. Το αποτέλεσμα επιστρέφει και πάλι στον Κ.Α.

Γραμμή 4: Επαναλαμβάνεται η διαδικασία της εντολής της γραμμής 3, δηλαδή εκτελείται η λογική πράξη AND μεταξύ του νέου περιεχομένου του Κ.Α. και της λογικής τιμής της εισόδου I 0.4.

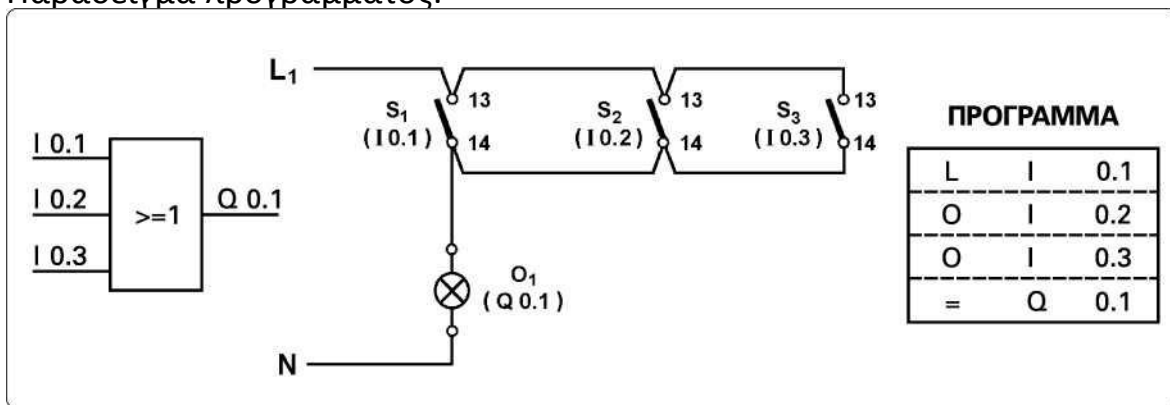
Γραμμή 5: Το περιεχόμενο του Κ.Α., δηλαδή η λογική τιμή, που είναι το τελικό λογικό αποτέλεσμα της προηγούμενης ομάδας εντολών, μεταφέρεται στην έξοδο Q 0.1.

6.3 Παρουσίαση λοιπών εντολών στη γλώσσα λίστα εντολών.

Η εντολή O (OR)

Η εντολή OR υπαγορεύει στο PLC να εκτελέσει τη λογική πράξη OR. Η εντολή OR αναφέρεται σε εισόδους, εξόδους, βοηθητικές μνήμες, χρονικά, κ.λπ. Εκτελείται με ανάλογο τρόπο, με αυτόν που εκτελείται η εντολή AND.

Παράδειγμα προγράμματος:



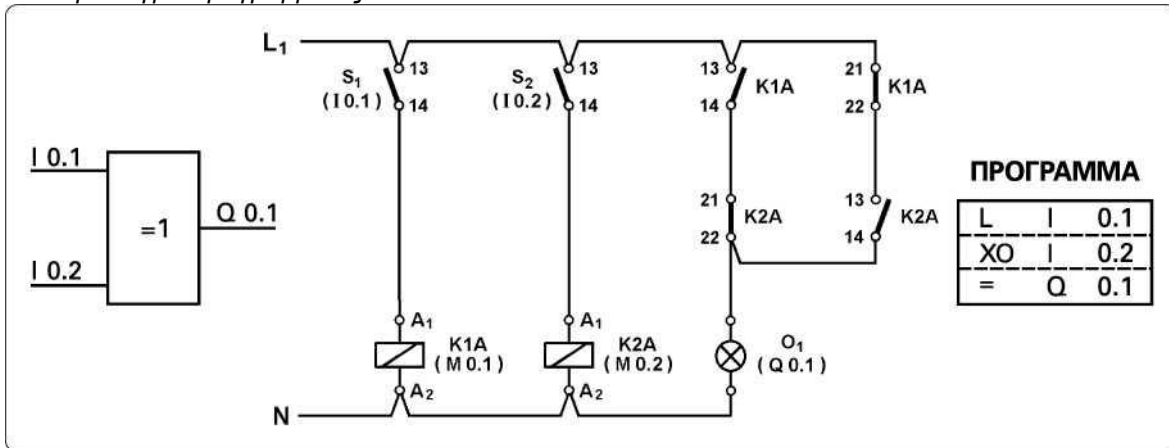
Σχήμα 25

Η εντολή XO (EXOR)

Η εντολή EXOR υπαγορεύει στο PLC να εκτελέσει τη λογική πράξη EXOR. Η

εντολή EXOR αναφέρεται σε εισόδους, εξόδους, βοηθητικές μνήμες, χρονικά, κ.λπ. Εκτελείται με ανάλογο τρόπο, με αυτόν που εκτελούνται οι εντολές AND και OR. Υπενθυμίζουμε ότι η λογική πύλη EXOR αποτελεί σύνθετο λογικό κύκλωμα και όχι βασική πύλη.

Παράδειγμα προγράμματος:



Σχήμα 26

Αντιστοιχία συμβολισμών των ηλεκτρολογικών κυκλωμάτων αυτοματισμού με τους συμβολισμούς των PLC.

Όπως ήδη έχουμε δει, στα PLC διακρίνουμε τις εισόδους, στις οποίες δίνουμε τις ονομασίες I 0.0, I 0.1, I 0.2, I 0.3, ..., τις βοηθητικές μνήμες, τις οποίες ονομάζουμε M 0.0, M 0.1, M 0.2, M 0.3, ..., και τις εξόδους, τις οποίες ονομάζουμε Q 0.0, Q 0.1, Q 0.2, Q 0.3, Είναι επίσης γνωστοί οι συμβολισμοί που χρησιμοποιούμε στα ηλεκτρολογικά κυκλώματα αυτοματισμού (S₁, S₂,... για διακόπτες, μπουτόνς και αισθητήρες, K1M, K2M,... για ηλεκτρονόμους ισχύος, K1A, K2A,... για βοηθητικούς ηλεκτρονόμους κ.λπ.). Στα παραδείγματα που θα ακολουθήσουν, όταν αναφερόμαστε σε ηλεκτρολογικά κυκλώματα αυτοματισμού θα υπάρχουν στα σχέδια των κυκλωμάτων και οι ονομασίες των αντίστοιχων στοιχείων του PLC.

Υπενθυμίζουμε ότι οι διακόπτες, τα μπουτόνς και οι αισθητήρες είναι είσοδοι σε ένα PLC, οι ηλεκτρονόμοι ισχύος είναι έξοδοι του PLC και οι βοηθητικοί ηλεκτρονόμοι είναι βοηθητικές μνήμες του PLC.

Η εντολή N (NOT)

Δεν πρόκειται για ανεξάρτητη λογική εντολή όπως οι τρεις εντολές λογικών πράξεων AND, OR, EXOR. Η εντολή **N** είναι συμπλήρωμα όλων των εντολών που είδαμε προηγουμένως. Μπορούμε επομένως να πούμε ότι έχουμε όχι μια εντολή NOT, αλλά πέντε εντολές:

LN - ► LOAD NOT

AN - ► AND NOT

ON - ► OR NOT

XON - ► XOR NOT

= N - ► = NOT

Η εντολή NOT χρησιμοποιείται ως εξής:

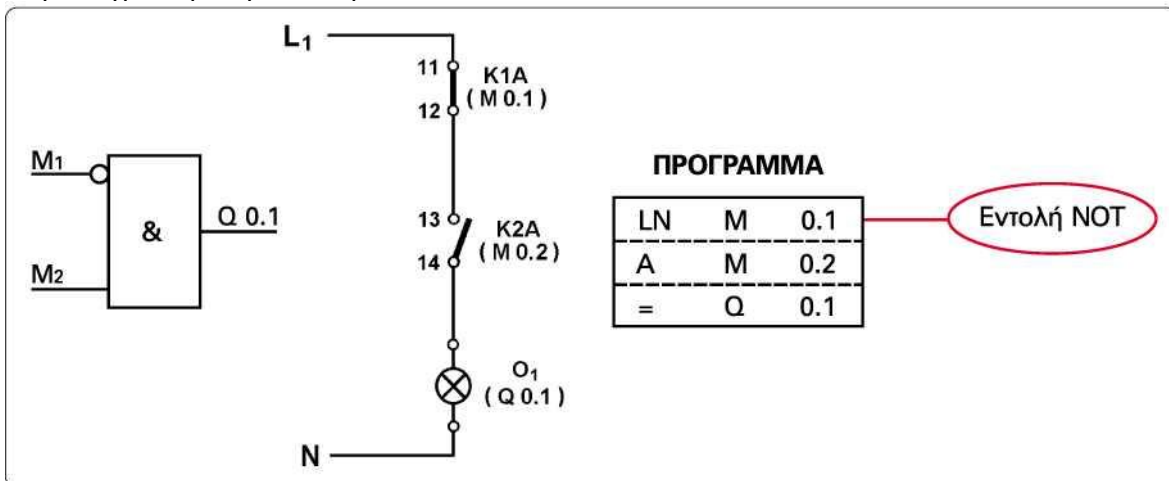
- Όταν έχουμε το σχέδιο λογικού κυκλώματος του αυτοματισμού.

Όταν στο λογικό κύκλωμα έχουμε πύλη NOT, στην εντολή που θα είχαμε αν δεν υπήρχε η πύλη NOT (A, O, XO, L, =) προσθέτουμε το N.

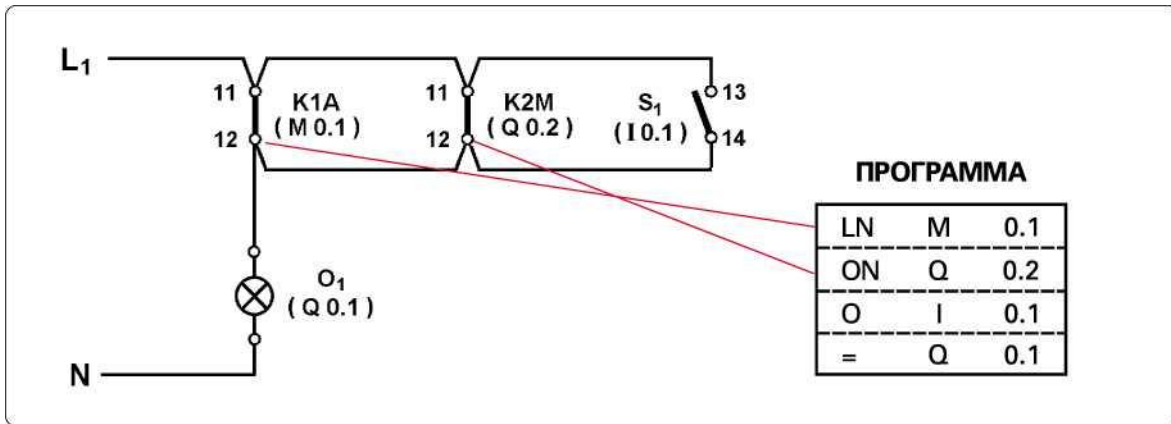
- Όταν έχουμε το ηλεκτρολογικό σχέδιο του αυτοματισμού.

Όταν στο ηλεκτρολογικό σχέδιο έχουμε "κανονική κλειστή" επαφή ηλεκτρονόμου, στην εντολή που θα είχαμε αν η επαφή του ηλεκτρονόμου ήταν "κανονικά ανοιχτή" (A, O, L) προσθέτουμε το N. **ΠΡΟΣΟΧΗ! Αυτό δεν ισχύει όταν έχουμε "κανονική κλειστή" επαφή εξωτερικού διακόπτη, μπουτόν ή αισθητήρα.**

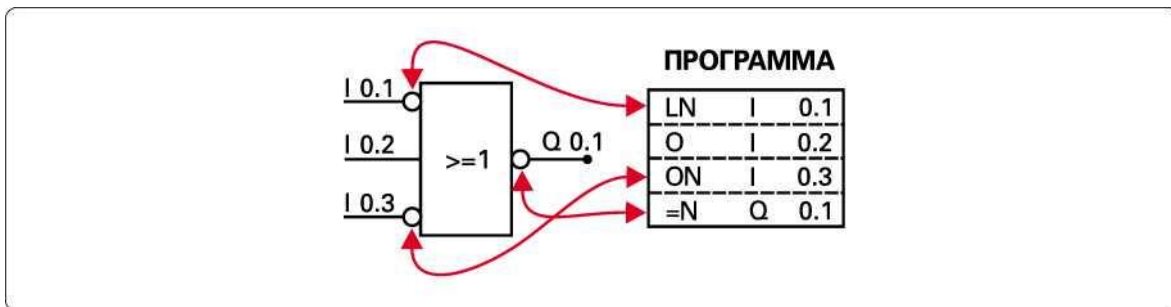
Παραδείγματα με την εντολή NOT:



Σχήμα 27



Σχήμα 28



Σχήμα 29

7. Ανάπτυξη προγράμματος σε γλώσσα LADDER (LAD).

7.1 Γενικά.

Η γλώσσα Ladder (LAD) είναι γλώσσα που χρησιμοποιεί τα ηλεκτρολογικά γραφικά. Το πρόγραμμα σε γλώσσα LADDER μοιάζει με το ηλεκτρολογικό σχέδιο του αυτοματισμού. Οι ιδιαιτερότητες που έχουμε να αντιμετωπίσουμε στη γλώσσα αυτή είναι:

- Χρησιμοποιούνται σύμβολα από την Αμερικάνικη τυποποίηση και όχι από την Ευρωπαϊκή με την οποία είμαστε εξοικειωμένοι.
- Το "σχέδιο-πρόγραμμα" είναι τυποποιημένο, δεν έχουμε δηλαδή την ελευθερία που έχουμε κατά τη σχεδίαση. Για παράδειγμα σε κάθε κλάδο μπορούμε να έχουμε περιορισμένο αριθμό στοιχείων προγράμματος (διακόπτες και επαφές). Επίσης, δεν μπορούμε να κάνουμε οποιασδήποτε μορφής διακλάδωση.

Αρα η δουλειά που έχει να κάνει ο προγραμματιστής στη γλώσσα LADDER είναι να προσαρμόσει το σχέδιο του αυτοματισμού, στα δεδομένα που απαιτεί η γλώσσα.

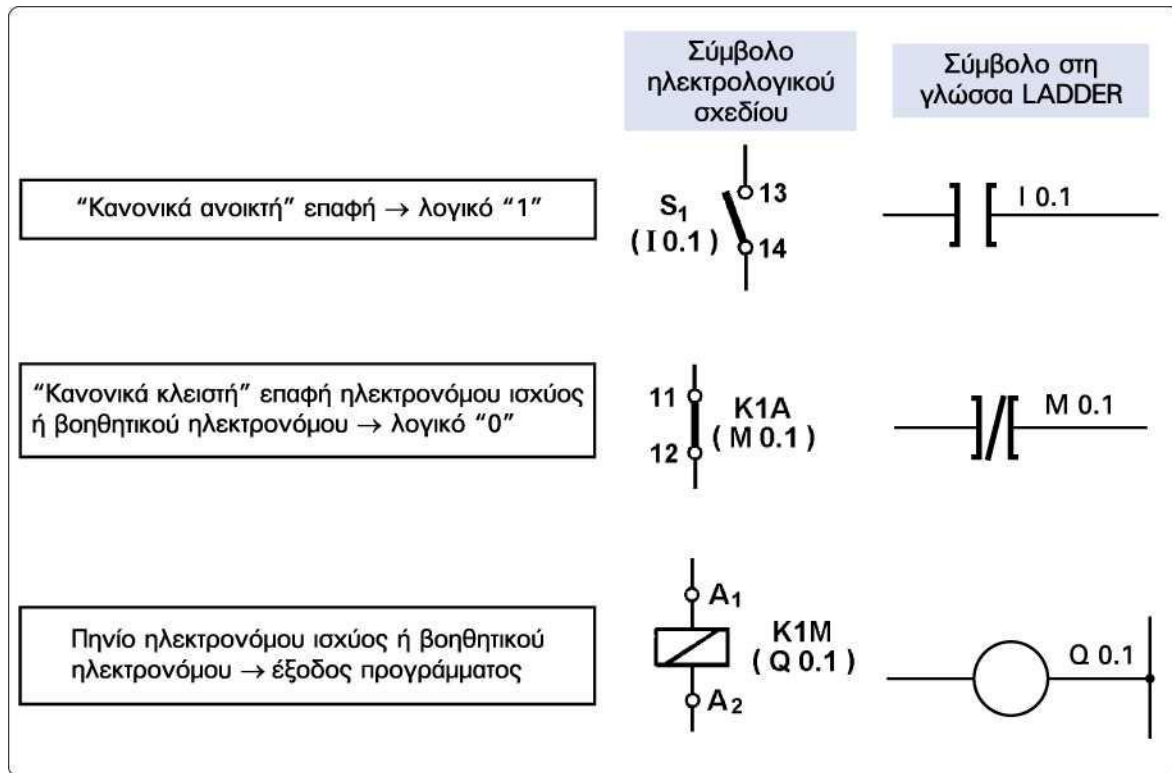
7.2 Δομή προγράμματος στη γλώσσα LADDER.

Το πρόγραμμα σε γλώσσα LADDER είναι ένα "σχέδιο", "ένα διάγραμμα επαφών", δηλαδή σχεδόν το ηλεκτρολογικό σχέδιο του αυτοματισμού.

Το διάγραμμα επαφών της γλώσσας LADDER σχεδιάζεται όχι "κατακόρυφα" αλλά "οριζόντια". Δηλαδή σε ένα πρόγραμμα LADDER έχουμε δύο παράλληλες κατακόρυφες γραμμές (μπάρες), η αριστερή γραμμή παριστάνει τη μπάρα τροφοδοσίας με το υψηλό δυναμικό (+) και η δεξιά γραμμή τη μπάρα τροφοδοσίας με το χαμηλό δυναμικό (-). Μεταξύ των δύο γραμμών σχεδιάζουμε οριζόντια τους κλάδους του "κυκλώματος".

Κάθε κλάδος του διαγράμματος Ladder, που ξεκινά από την αριστερή μπάρα και καταλήγει στη δεξιά μπάρα, αποτελεί μια "γραμμή προγράμματος", η οποία αντιστοιχεί στην ομάδα εντολών της γλώσσας λίστα εντολών.

Τα σύμβολα που χρησιμοποιούνται είναι σύμβολα από την Αμερικανική τυποποίηση του ηλεκτρολογικού σχεδίου (ANSI). Τα βασικά σύμβολα δίνονται σε σχήμα 45. Δίπλα σε κάθε σύμβολο γράφεται το στοιχείο (η παράμετρος) στο οποίο αναφέρεται το σύμβολο.



Σχήμα 45

8. Ανάπτυξη προγράμματος στη γλώσσα λογικών γραφικών.

8.1 Γενικά.

Η γλώσσα λογικών γραφικών (ή λογικών διαγραμμάτων) δεν παρουσιάζει καμία δυσκολία για κάποιον, που γνωρίζει να μετατρέπει ηλεκτρολογικά σχέδια αυτοματισμού σε σχέδια με λογικές πύλες. Το πρόγραμμα είναι αυτό το ίδιο το λογικό κύκλωμα.

Είναι αλήθεια ότι οι εταιρείες κατασκευής PLC απέφευγαν στην αρχή να υιοθετήσουν αυτή τη γλώσσα, γιατί το τεχνικό κατεστημένο της βιομηχανίας δεν είχε γνώσεις πάνω στα λογικά κυκλώματα. Σήμερα η κατάσταση αυτή έχει αρχίσει να αλλάζει. Οι τεχνικοί είναι πλέον γνώστες των λογικών διαγραμμάτων και έτσι οι εταιρείες έχουν αρχίσει τελευταία να χρησιμοποιούν τη γλώσσα των λογικών γραφικών.

Τα PLC Millenium me Crouzet και LOGO me SIEMENS.

Σε γλώσσα λογικών γραφικών και μόνο σ' αυτήν προγραμματίζονται δύο μικρά PLC, το Millenium me Crouzet και το LOGO me SIEMENS. Πρόκειται για μικρά και χαμηλού κόστους συμπαγή PLC τα οποία έχουν:

- 6 ψηφιακές εισόδους και 4 ψηφιακές εξόδους (ή 12 εισόδους και 8 εξόδους).
- Ενσωματωμένο τροφοδοτικό.
- Ενσωματωμένο προγραμματιστή. Ο προγραμματιστής αποτελείται από μια οθόνη υγρών κρυστάλλων και από 6 πλήκτρα. Με αυτά μπορούμε να προγραμματίσουμε σχεδιάζοντας το λογικό διάγραμμα.
- Ρολόι πραγματικού χρόνου. Μπορούν να προγραμματιστούν σ' αυτά ενέργειες σε ένα βάθος χρόνου από 1 μέχρι 4 έτη περίπου, ανάλογα με το μοντέλο.

Επίσης:

- Μπορούν να συνδεθούν με PC όποτε ο προγραμματισμός γίνεται πολύ πιο εύκολος.
 - Μπορούν να επικοινωνούν και να ανταλλάσσουν σήματα και πληροφορίες με άλλες μεγαλύτερες συσκευές ελέγχου.
 - Η γλώσσα προγραμματισμού τους είναι αρκετά πλούσια. Διαθέτουν αρκετές από αε εντολές και συναρτήσεις, που διαθέτει και ένα μεγάλο PLC.
 - Στο Millenium της Crouzet οι 6 είσοδοι μπορούν να χρησιμοποιηθούν και ως είσοδοι αναλογικών σημάτων (στο μοντέλο με τροφοδοσία 24V DC).
- Όσον αφορά τα ηλεκτρικά τους χαρακτηριστικά κυκλοφορούν σε διαφορετικά μοντέλα. Ενδεικτικά αναφέρουμε:

- Τροφοδοσία: 115V/230V AC ή 24V DC.
- Έξοδοι: μικροηλεκτρονόμεοι με μέγιστο ρεύμα 8-10A για ωμικό φορτίο ή τρανζίστορ με μέγιστο ρεύμα 0,3A (στο LOGO της SIEMENS).



Σχήμα 52: PLC Millenium της Crouzet.



Σχήμα 53: PLC LOGO της SIEMENS.

9. Ανάπτυξη προγραμμάτων σε ακολουθιακά κυκλώματα αυτοματισμού.

9.1 Γενικά.

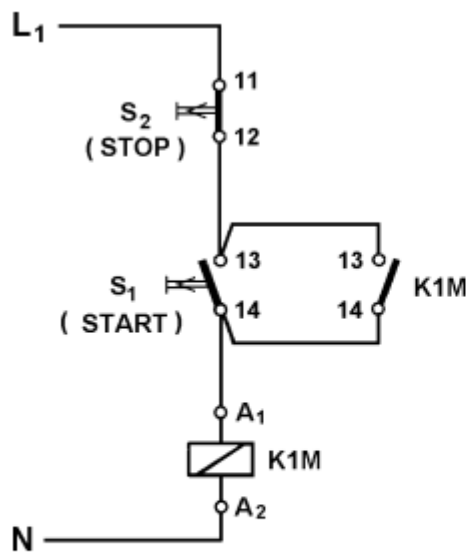
Υπενθυμίζουμε ότι ακολουθιακό κύκλωμα αυτοματισμού ονομάζουμε εκείνο, στο οποίο έχουμε εξάρτηση των καταστάσεων κάποιων εξόδων του κυκλώματος από το χρόνο ή από προηγούμενες καταστάσεις στοιχείων του κυκλώματος. Στην περίπτωση που οι καταστάσεις κάποιων εξόδων του κυκλώματος εξαρτώνται από προηγούμενες καταστάσεις στοιχείων του κυκλώματος, λέμε ότι το κύκλωμα αυτοματισμού έχει μνήμη, θυμάται δηλαδή τις προηγούμενες καταστάσεις.

Ηλεκτρομηχανική μνήμη και PLC.

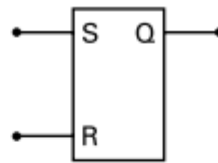
Ένα κύκλωμα αυτοσυγκράτησης με ηλεκτρονόμους, είναι μια ηλεκτρομηχανική μνήμη. Πιέζοντας το μπουτόν S_1 , (START) ο ηλεκτρονόμος $K1M$ ενεργοποιείται και δεν αλλάζει κατάσταση παρά μόνο αν πιέσουμε το μπουτόν S_2 (STOP). Δηλαδή, το κύκλωμα "θυμάται", διατηρεί την κατάσταση που είχε, μέχρι εμείς να την αλλάξουμε, οπότε διατηρεί την νέα κατάσταση μέχρι και πάλι να την αλλάξουμε κ.ο.κ.

Στα λογικά κυκλώματα την ηλεκτρονική μνήμη αποτελεί το κύκλωμα, που ονομάζουμε S-R flip-flop και λειτουργεί ακριβώς με τον ίδιο τρόπο. Δηλαδή, αν θέσουμε "1" στην είσοδο S,

τότε η έξοδος Q γίνεται "1". Η έξοδος παραμένει σε "1" έστω και αν η είσοδος S έρθει σε "0". Για να επαναφέρουμε την έξοδο σε "0", πρέπει να θέσουμε "1" στην είσοδο R.



Κύκλωμα αυτοσυγκράτησης = Ηλεκτρομηχανική μνήμη



S-R flip-flop = Ηλεκτρονική μνήμη

ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΛΗΘΕΙΑΣ ΤΟΥ S-R flip-flop στα PLC

S	R	Q
0	1	0
1	0	1
0	0	Προηγούμενη κατάσταση
1	1	0

Σχήμα 56

10. Άλλες δυνατότητες των προγραμματιζόμενων λογικών ελεγκτών.

Τα PLC σήμερα έχουν και πολλές άλλες δυνατότητες. Οι δυνατότητες αυτές συνεχώς αυξάνουν, καθώς τα PLC εξελίσσονται με ταχύτατους ρυθμούς. Αναφέρουμε ενδεικτικά τις σημαντικότερες από αυτές τις δυνατότητες.

- *Λειτουργία απαριθμητών.* Οι απαριθμητές αποτελούν ακόμη ένα πολύ σημαντικό στοιχείο των PLC. Οι απαριθμητές μπορούν να απαριθμούν εξωτερικούς ή εσωτερικούς παλμούς. Η απαρίθμηση μπορεί να είναι προς τα πάνω (count up) ή προς τα κάτω (count down). Η λειτουργία των απαριθμητών δεν είναι ίδια σε όλα τα PLC και το γραφικό σύμβολο και οι εντολές ποικίλουν όπως ακριβώς και στα χρονικά.

- *Δυνατότητες πραγματικών ωρολογίων* μέσω των οποίων μπορούμε να προγραμματίσουμε κάποιες εξόδους σε πραγματικό χρόνο, ημερομηνία και ώρα.

- *Αριθμητικές επεξεργασίες.* Τα σύγχρονα PLC έχουν προσεγγίσει πάρα πολύ τις δυνατότητες των ηλεκτρονικών υπολογιστών. Σχεδόν όλα τα PLC έχουν σήμερα τη δυνατότητα να επεξεργάζονται αριθμητικές πράξεις. Για να μπορέσει κάποιος να καταλάβει και να αξιοποιήσει τις δυνατότητες αυτές πρέπει να έχει γνώσεις ψηφιακών ηλεκτρονικών και μικροϋπολογιστών.

- *Αναλογικές εισοδοί-εξοδοί.* Τα PLC ενώ αρχικά ήρθαν για να αντικαταστήσουν τους αυτοματισμούς καλωδιωμένης λογικής (αυτοματισμούς με ηλεκτρονόμους), οι δυνατότητές τους έχουν εξαπλωθεί με προοπτική να καλύψουν πλήρως και τα συστήματα αυτομάτου ελέγχου, όπως είναι αναλογικοί έλεγχοι θερμοκρασίας, πίεσης, στάθμης, στροφών κινητήρων κ.λπ. Αυτό γίνεται δυνατό με την δυνατότητα των PLC να δέχονται και να επεξεργάζονται αναλογικές εισόδους, όπως και να παρέχουν αναλογικές εξόδους. Το PLC μετατρέπει τις αναλογικές τιμές των εισόδων σε ψηφιακές τιμές και στη συνέχεια επεξεργάζεται τις τιμές αυτές αξιοποιώντας τις δυνατότητες για επεξεργασία ψηφιακών αριθμών όπως ήδη προαναφέραμε. Η δυνατότητα επεξεργασίας αναλογικών σημάτων έχει δώσει άλλη προοπτική εξέλιξης στα PLC.

ΠΡΟΣΟΧΗ! Στο ηλεκτρονικό στοιχείο S-R flip-flop η κατάσταση των εισόδων $S = "1"$,

$R = "1"$ συνεπάγεται ασταθή έξοδο.

Στα PLC και στο S-R flip-flop η κατάσταση $S = "1"$, $R = "1"$ οδηγεί την έξοδο σε λογική κατάσταση "0", όταν έχουμε προτεραιότητα στην είσοδο R, που είναι η συνηθισμένη περίπτωση.

- *Δικτύωση PLC - Συνεργασία μεταξύ τους και με ηλεκτρονικούς υπολογιστές.* Η εξέλιξη των PLC σήμερα αλλάζει τη μορφή της βιομηχανίας. Τα PLC μπορούν να συνδέονται μεταξύ των ανταλλάσσοντας πληροφορίες, όπως και να συνεργάζονται με ηλεκτρονικούς υπολογιστές, οι οποίοι ασχολούνται με τον έλεγχο όλης της παραγωγής και ακόμη με τον έλεγχο της αποθήκης και του λογιστηρίου του εργοστασίου. Όλα αυτά μαζί αποτελούν ένα Βιομηχανικό Δίκτυο Αυτοματισμού (Computer Automatic Network, CAN). Τα PLC βρίσκονται στη βάση κάθε βιομηχανικού δικτύου αυτοματισμού.

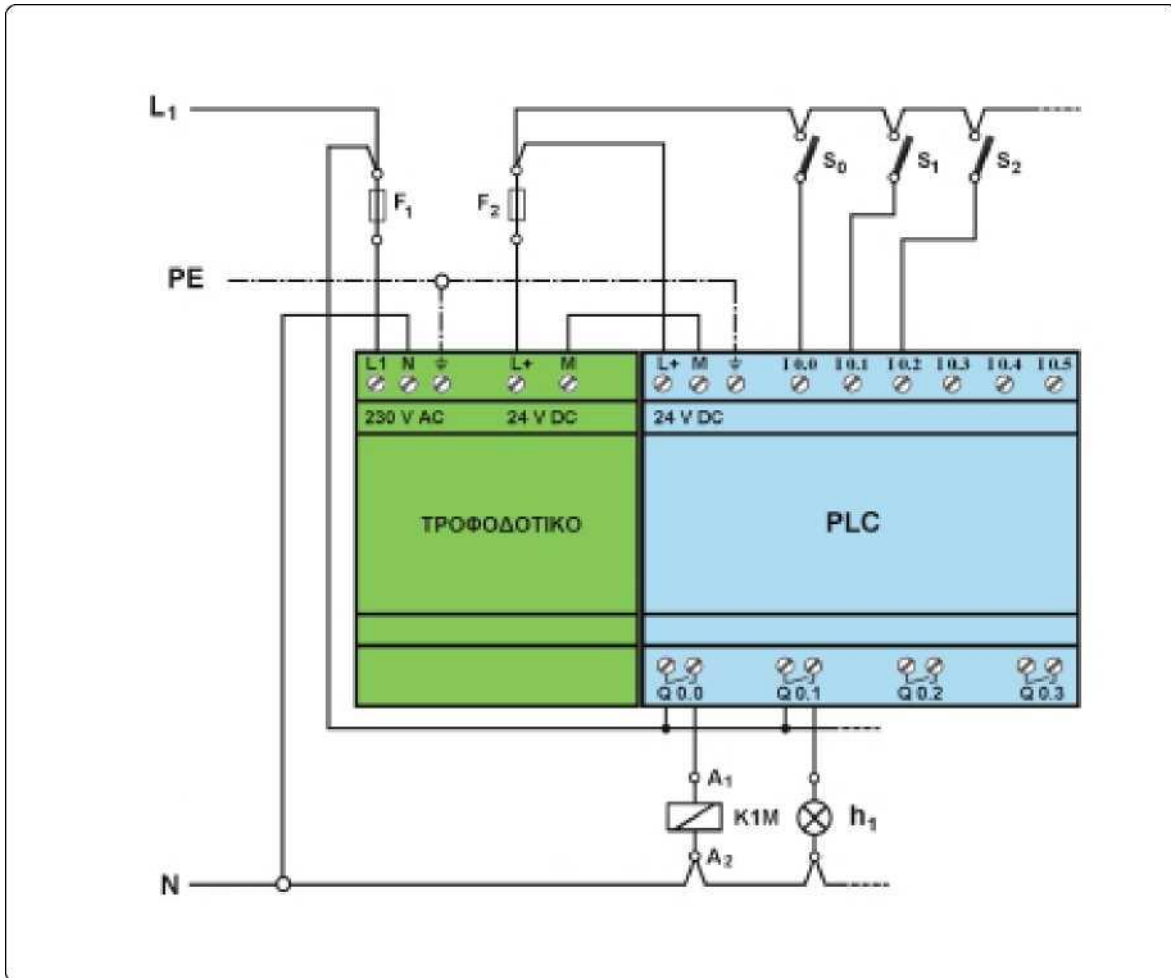
11. Εφαρμογή των προγραμματιζόμενων λογικών ελεγκτών στον έλεγχο λειτουργίας ηλεκτροκινητήρων.

Είμαστε έτοιμοι τώρα να δούμε μια πρώτη εφαρμογή στον έλεγχο λειτουργίας ηλεκτροκινητήρων με χρήση PLC. Πριν προχωρήσουμε στην εφαρμογή θα δούμε λίγα πράγματα για την καλωδίωση των PLC.

Καλωδίωση ενός PLC.

Η καλωδίωση ενός PLC εξαρτάται από το συγκεκριμένο μοντέλο του PLC, αλλά σε γενικές γραμμές ισχύουν τα εξής:

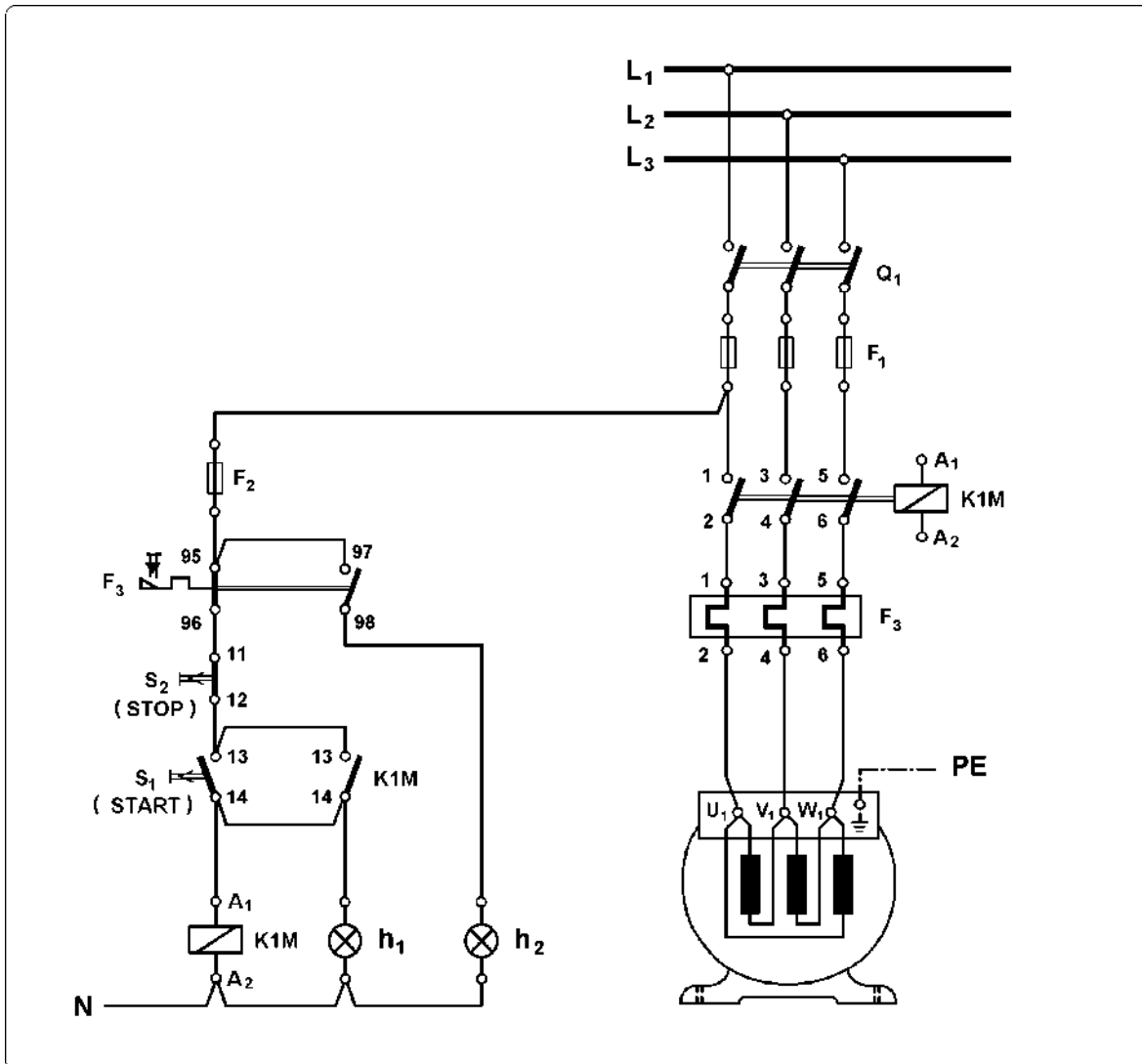
- Οι είσοδοι τροφοδοτούνται συνήθως με τάση 24V DC. Η τάση αυτή παρέχεται από το ίδιο το τροφοδοτικό του PLC.
- Για τις εξόδους συνηθέστερο είναι να επιλέγονται μονάδες εξόδου με τάση 220V AC. Στην περίπτωση αυτή οι έξοδοι λαμβάνουν τροφοδοσία εξωτερική.



Σχήμα 85: Παράδειγμα καλωδίωσης ενός PLC.

Εφαρμογή: Έλεγχος της λειτουργίας τριφασικού ηλεκτροκινητήρα βραχυκυκλωμένου δρομέα με απ' ευθείας εκκίνηση.

Πρόκειται για την απλή εκκίνηση τριφασικού ηλεκτροκινητήρα βραχυκυκλωμένου δρομέα με μπουτόνς START, STOP. Το πλήρες ηλεκτρολογικό σχέδιο του αυτοματισμού δίνεται στο σχήμα 86.



Σχήμα 86: Απλός αυτόματος διακόπτης για τη λειτουργία τριφασικού ηλεκτροκινητήρα βραχυκυκλωμένου δρομέα.

Στο σχήμα 87 δίνεται ο πίνακας των εισόδων και των εξόδων του PLC. Η μη χρησιμοποίηση της εισόδου I 0.0 και της εξόδου Q 0.0 του PLC δεν έγινε για κάποιο συγκεκριμένο λόγο.

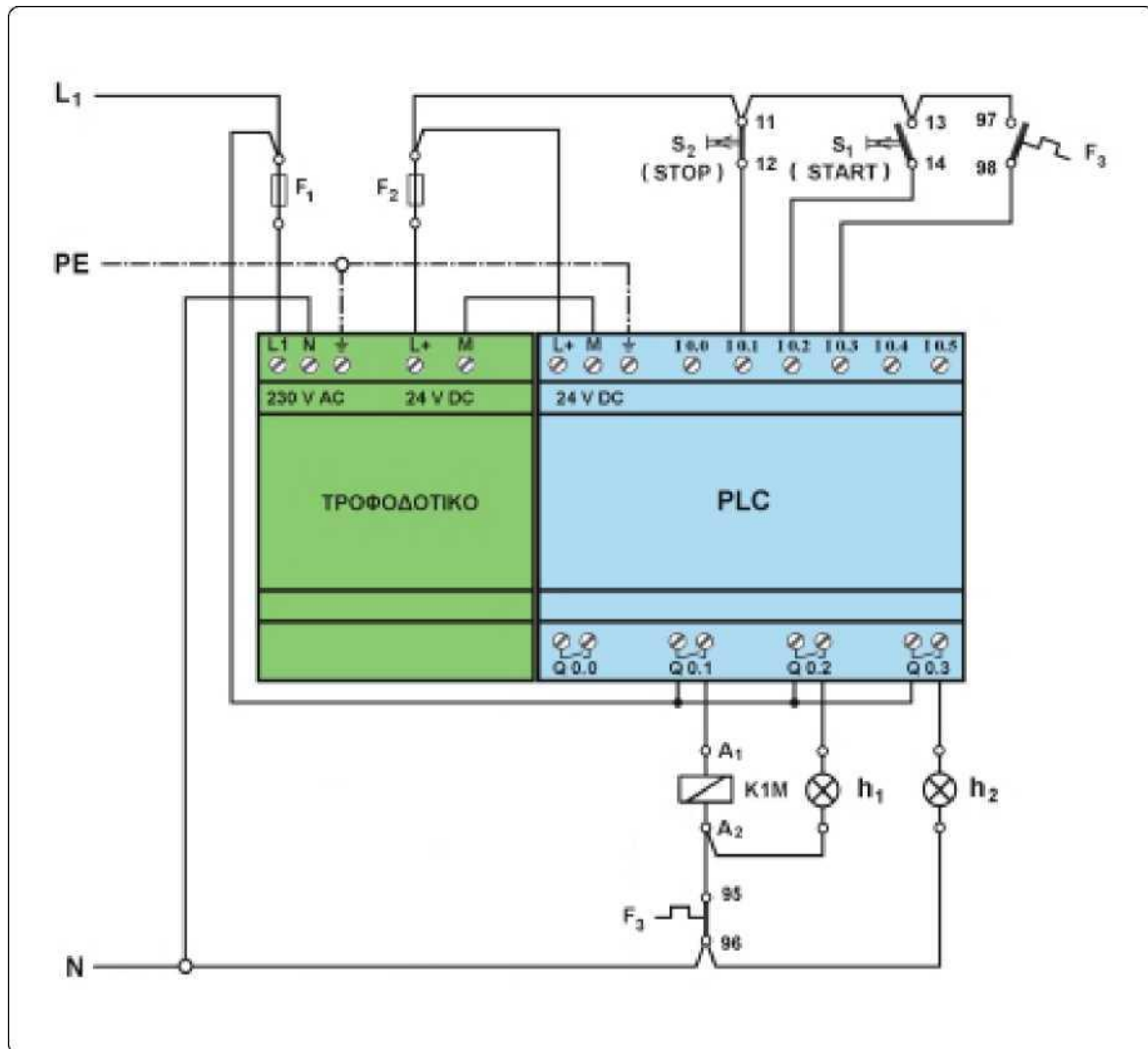
Είσοδοι		Έξοδοι	
Μπουτόν STOP	I 0.1	Πηνίο ηλεκτρονόμου ισχύος (K1M)	Q 0.1
Μπουτόν START	I 0.2	Λυχνία ένδειξης λειτουργίας h1	Q 0.2
Επαφή 97-98 του θερμικού	I 0.3	Λυχνία ένδειξης βλάβης h2	Q 0.3

Σχήμα 87: Πίνακας των εισόδων και των εξόδων του PLC.

Στο σχήμα 88 δίνεται η καλωδίωση του PLC της εφαρμογής. Όπως φαίνεται σ' αυτό το σχήμα, στο εξωτερικό κύκλωμα των εξόδων του PLC έχει συνδεθεί η "κανονικά κλειστή" επαφή 95-96 του θερμικού που προστατεύει τον ηλεκτροκινητήρα από υπερφόρτιση. Η συνδεσμολογία αυτή της επαφής 95-96 του θερμικού είναι υποχρεωτική και γίνεται για να εξασφαλισθεί καλύτερη προστασία στον ηλεκτροκινητήρα. Με τη συνδεσμολογία αυτή, όταν ενεργοποιηθεί το θερμικό ύστερα από υπερφόρτιση του ηλεκτροκινητήρα, θα διακοπεί η τροφοδοσία του πηνίου του ηλεκτρονόμου ισχύος K1M και θα διακοπεί η τροφοδοσία του ηλεκτροκινητήρα έστω και αν υπάρχει πρόβλημα στο υλικό (hardware) του PLC (π.χ. να έχει βραχυκυκλωθεί η έξοδος Q 0.1 του PLC και να έχει συνεχώς τάση ο ακροδέκτης της εξόδου Q 0.1).

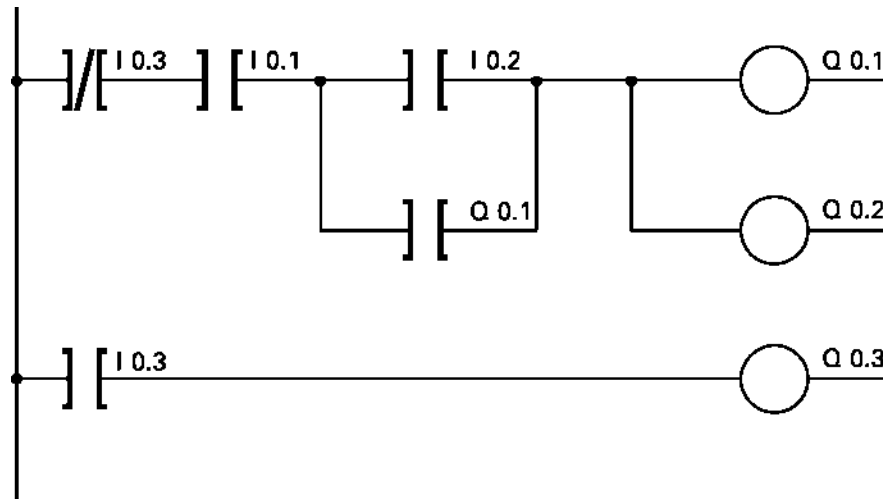
Στα σχήματα 89, 90 και 91 δίνεται το πρόγραμμα που ελέγχει τη λειτουργία

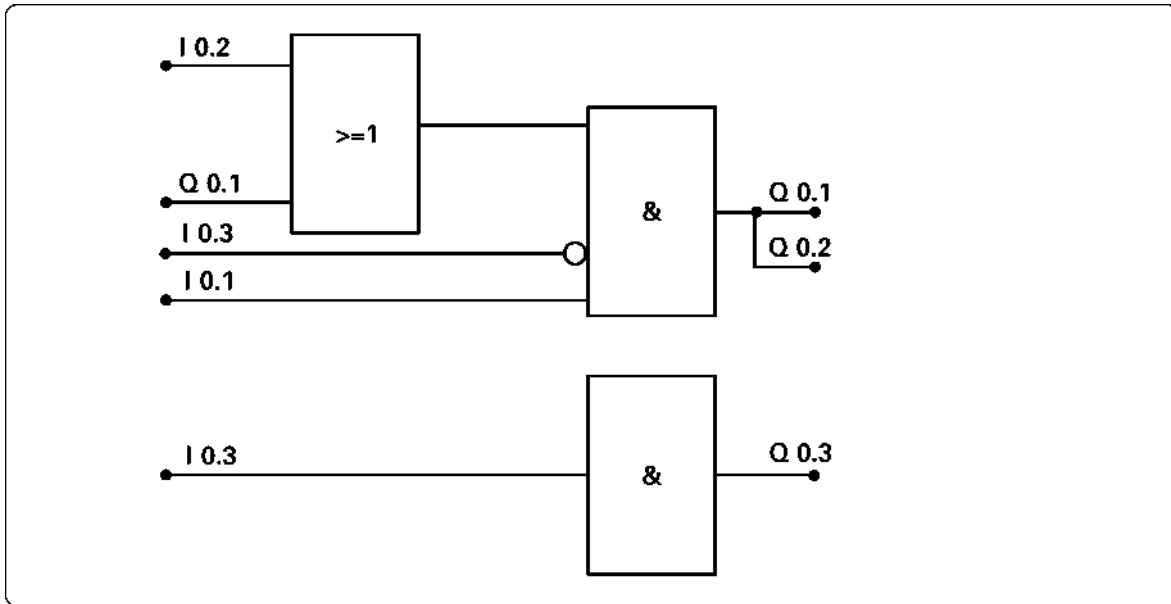
του ηλεκτροκινητήρα στις γλώσσες Ladder, λογικά γραφικά και λίστα εντολών αντίστοιχα.



Σχήμα 88: Καλωδίωση του PLC της εφαρμογής.

Σχήμα 89: Το πρόγραμμα σε γλώσσα Ladder.



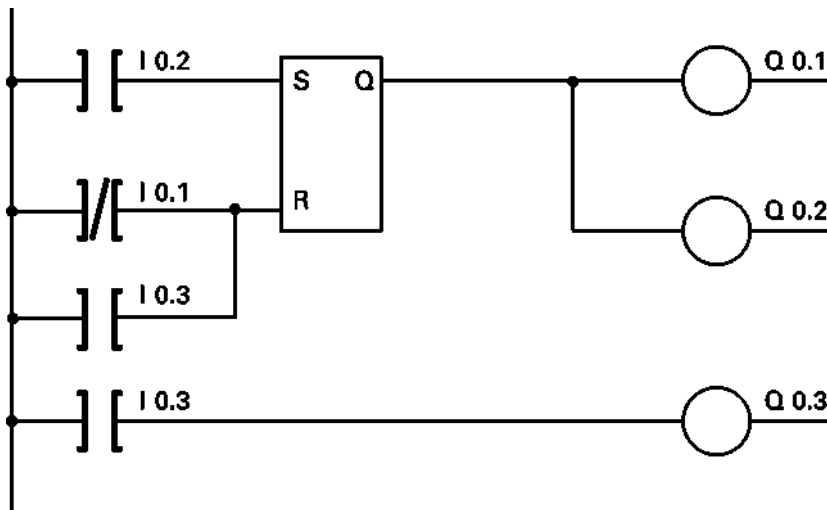


Σχήμα 90: Το πρόγραμμα σε γλώσσα λογικών γραφικών.

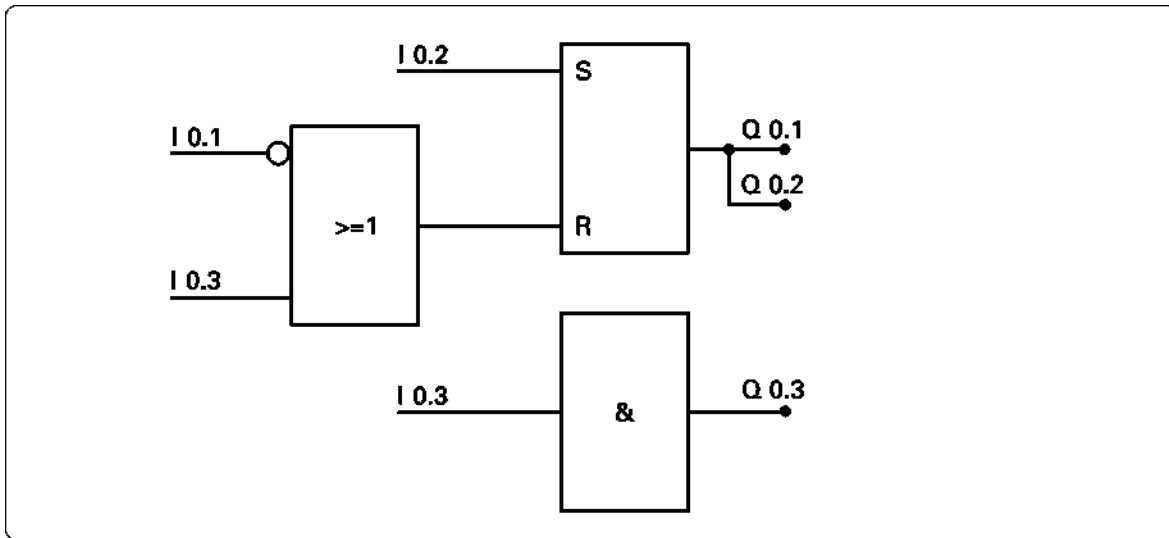
L	I	0.2
O	Q	0.1
AN	I	0.3
A	I	0.1
=	Q	0.1
=	Q	0.2
A	I	0.3
=	Q	0.3

Σχήμα 91: Το πρόγραμμα σε γλώσσα λίστα εντολών.

Το πρόγραμμα της εφαρμογής με χρήση των εντολών SET και RESET στις γλώσσες Ladder, λογικά γραφικά και λίστα εντολών δίνεται στα σχήματα 92, 93 και 94 αντίστοιχα.



Σχήμα 92: Το πρόγραμμα σε Ladder με χρήση των εντολών SET και RESET (S-R flip-flop).



Σχήμα 93: Το πρόγραμμα σε γλώσσα λογικών γραφικών με χρήση των εντολών SET και RESET (S-R flip-flop).

L	1	0.2
S	Q	0.1
LN	1	0.1
O	1	0.3
R	Q	0.1
L	Q	0.1
=	Q	0.2
A	1	0.3
=	Q	0.3

Σχήμα 94: Το πρόγραμμα σε λίστα εντολών με χρήση των εντολών SET και RESET.

12. Ανακεφαλαίωση.

- Τα PLC είναι ειδικές συσκευές, οι οποίες αντικαθιστούν τον κλασικό αυτοματισμό της καλωδιωμένης λογικής. Τα πλεονεκτήματά τους είναι πολλά. Τα σπουδαιότερα είναι ότι είναι ευέλικτα, επεκτάσιμα και έχουν μικρό κόστος.
- Ένα PLC αποτελείται από τη κεντρική μονάδα επεξεργασίας, τη μονάδα τροφοδοσίας, τις μονάδες εισόδων / εξόδων και τα πλαίσια στήριξης των μονάδων. Στην αγορά τα PLC κυκλοφορούν κυρίως στις μορφές modular PLC και συμπαγή. Στα συμπαγή PLC όλα τα παραπάνω στοιχεία βρίσκονται ενσωματωμένα σε μία ενιαία συσκευή.
- Η κεντρική μονάδα επεξεργασίας ενός PLC περιέχει το μικροεπεξεργαστή, τις μνήμες RAM, ROM και EEPROM. Η λειτουργία του στηρίζεται στη συνεχή εκτέλεση του προγράμματος σε μια ατέρμονα διαδικασία. Ο χρόνος, που διαρκεί ένας κύκλος λειτουργίας, αποτελεί ένδειξη της ταχύτητας ενός PLC και ονομάζεται χρόνος κύκλου.
- Οι γλώσσες προγραμματισμού των PLC δεν είναι τυποποιημένες, παρ' όλα αυτά τρεις κατηγορίες γλωσσών έχουν επικρατήσει στην αγορά. Αυτές είναι η γλώσσα Ladder, η γλώσσα λίστα εντολών και η γλώσσα λογικών διαγραμμάτων.
- Για να προχωρήσουμε στον προγραμματισμό ενός PLC χρειάζεται να γνωρίζουμε ποια είναι τα προγραμματιστικά στοιχεία του PLC και πως ονομάζονται στο συγκεκριμένο PLC. Αυτά τα στοιχεία είναι οι είσοδοι, οι έξοδοι, οι βοηθητικές μνήμες, και επιπλέον τα χρονικά, οι απαριθμητές και οι ειδικές συναρτήσεις.
- Το πρόγραμμα σε γλώσσα λίστα εντολών αποτελείται από μια σειρά εντολών. Κάθε εντολή αποτελεί μια γραμμή προγράμματος. Οι εντολές κατανέμονται σε ομάδες εντολών. Κάθε ομάδα εντολών αντιστοιχεί σε μια λογική πύλη. Κάθε εντολή αποτελείται από δύο μέρη. Το πρώτο μέρος καθορίζει την ενέργεια την οποία θα εκτελέσει το PLC, ενώ το δεύτερο μέρος καθορίζει την παράμετρο, στην οποία αναφέρεται (είσοδο, έξοδο,

βοηθητική μνήμη κ.λπ.). Βασικές εντολές της γλώσσας λίστα εντολών είναι:

- > L (Load)
- > = (ίσον)
- > A (AND)
- > O (OR)
- > N (NOT)
- > S (Set)
- > R (Reset)

- Η γλώσσα Ladder είναι μια γραφική γλώσσα. Στην ουσία ένα πρόγραμμα ladder είναι περίπου το ίδιο το ηλεκτρολογικό σχέδιο αυτοματισμού. Στη γλώσσα Ladder χρησιμοποιείται ο αμερικανικός συμβολισμός των στοιχείων των ηλεκτρονόμων και οι κλάδοι του ηλεκτρολογικού σχεδίου σχεδιάζονται οριζόντια και όχι κατακόρυφα.

- Η γλώσσα λογικών γραφικών είναι επίσης γραφική. Στη γλώσσα αυτή το πρόγραμμα είναι ίδιο με το λογικό κύκλωμα που αντιστοιχεί στο ηλεκτρολογικό σχέδιο του αυτοματισμού.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- 1) Βιομηχανικοί αυτοματισμοί & Προγραμματιζόμενοι Λογικοί Ελεγκτές PLC
“Εκδόσεις ΙΩΝ”
- 2) Σύγχρονοι Βιομηχανικοί Αυτοματισμοί “Ελληνικές Τεχνολογικές Εκδόσεις”
- 3) Αυτοματισμοί με PLC “Εκδόσεις Α.Σταμούλης”
- 4) www.wikipedia.gr
- 5) J.P. Hasebrink, R. Kobler. Fundamentals of Pneumatic Control Engineering.
Festo Didactic,
Esslingen,1978
- 6) F.S.G. Van Dijen. Pneumatic Mechanization. Kemperman Technical
Publishers. Culemborg, 1975.
- 7) Colombo,G. Automazione Industriale. Vol.4. Dott. Giorgio Torino.1986.
- 8) D. Scholz , A. Zimmermann . Servopneumatic Positioning Festo Didactic KG,
Esslingen
(1996) Germany.