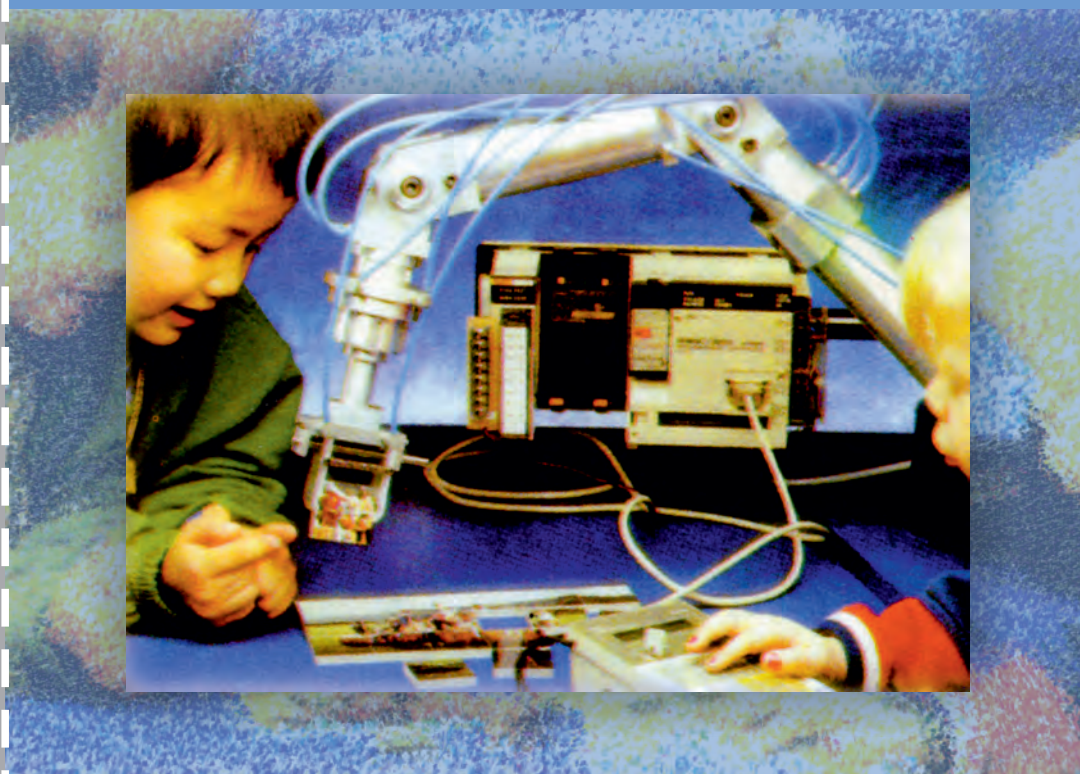


Δημήτριος Βέντζας Νικόλαος Γλώσσας Αλέξιος Νικολόπουλος

Αυτοματισμοί και Συστήματα Αυτομάτου Ελέγχου (Εργαστήριο)

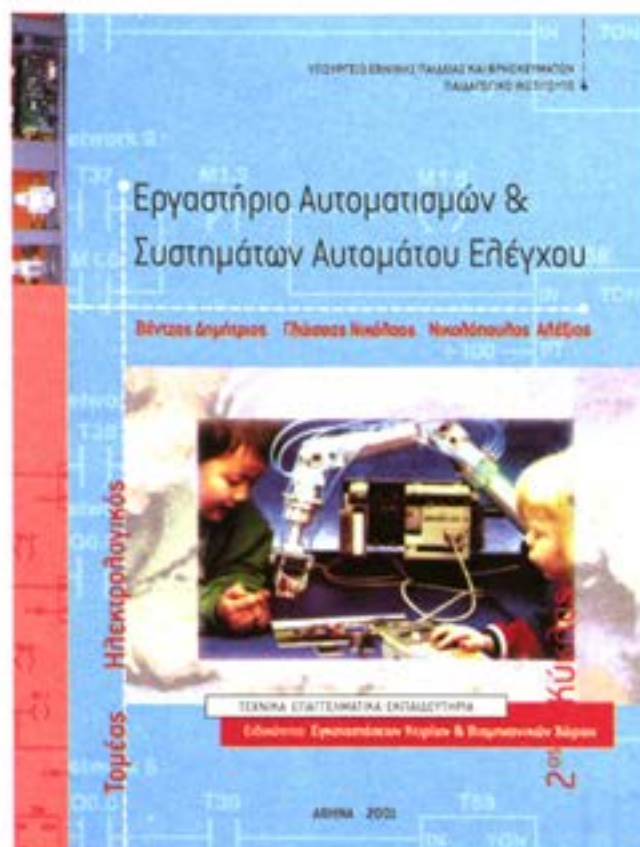


Γ' ΕΠΑ.Λ.

ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΑΣ, ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗΣ ΚΑΙ ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΥ

ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ ΚΑΙ ΕΚΔΟΣΕΩΝ «ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ»

Εργαστήριο
Αυτοματισμών
και
Συστημάτων
Αυτομάτου Ελέγχου



Με απόφαση της ελληνικής κυβέρνησης τα διδακτικά βιβλία του Δημοτικού, του Γυμνασίου και του Λυκείου τυπώνονται από τον Οργανισμό Εκδόσεως διδακτικών Βιβλίων και διανέμονται δωρεάν.

ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΕΘΝΙΚΗΣ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ

Βέντζας Δημήτριος Γλώσσας Νικόλαος
Νικοδόπουλος Αλέξιος

Εργαστήριο Αυτοματισμών & Συστημάτων Αυτομάτου Ελέγχου

ΤΕΧΝΙΚΑ ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΙΚΑ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΗΡΙΑ
Τομέας Ηλεκτρολογικός

2^{ος} Κύκλος

Ειδικότητα: Εγκαταστάσεων Κτιρίων & Βιομηχανικών Χώρων

ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΕΚΔΟΣΕΩΣ ΔΙΔΑΚΤΙΚΩΝ ΒΙΒΛΙΩΝ
ΑΘΗΝΑ

ΣΥΓΓΡΑΦΕΙΣ

Βέντζας Δημήτριος,
Διπλ. Ηλεκτρολόγος Μηχανικός, Καθηγητής Τ.Ε.Ι. Λάρισας

Γιώσσης Νικόλαος,
Φυσικός Ραδιοηλ/γος, Εκπαιδευτικός Β/θμιας Εκπ/σης

Νικολόπουλος Αλέξιος,
Διπλ. Ηλεκτρολόγος Μηχανικός, Εκπαιδευτικός Β/θμιας Εκπ/σης

ΣΥΝΤΟΝΙΣΤΗΣ

Κορδάτος Βασίλειος,
Διπλ. Ηλεκτρολόγος Μηχανικός, Εκπαιδευτικός Β/θμιας Εκπ/σης

ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΚΡΙΣΗΣ

Ζούλης Νικόλαος,
Διπλ. Ηλεκτρολόγος Μηχανικός, Εκπαιδευτικός Β/θμιας Εκπ/σης

Πανταζής Νικόλαος,
Τεχνολόγος Ηλεκτρολόγος Μηχανικός, Καθηγητής Τ.Ε.Ι. Αθήνας

Σκληβούνος Παναγιώτης,
Καθηγητής Τ.Ε.Ι. Πειραιά

ΓΛΩΣΣΙΚΗ ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ

Καληνίδου Ελένη,
Φιλολόγος

ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ

Κορνάρης Γεώργιος,
Διπλ. Ηλεκτρολόγος Μηχανικός, Εκπαιδευτικός Β/θμιας Εκπ/σης

ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ

Υπεύθυνος του Ηλεκτρολογικού Τομέα:

Χατζνευστρατίου Ιγνάτιος,
Μόνιμος Πάρεδρος Παιδαγωγικού Ινστιτούτου

πρόλογος

Στη σύγχρονη κοινωνία η αλματώδης εξέλιξη της τεχνολογίας και της πληροφορικής επηρεάζει πάρα πολύ όλα τα επαγγέλματα. Κάποια από αυτά εξαφανίζονται, άλλα αλλιάζουν ριζικά και εμφανίζονται νέα.

Οι αυτοματοποιημένες λειτουργίες στις επιχειρήσεις αλλά και στις σύγχρονες κατοικίες αυξάνουν ποσοτικά και αυτό απαιτεί νέες γνώσεις και ικανότητες από τους σύγχρονους τεχνικούς.

Ακόμη υπάρχει ανάγκη εξοικείωσης των ηλεκτρολόγων με πνευματικά και ηλεκτροπνευματικά συστήματα γιατί αυτά έχουν εφαρμογή σε πάρα πολλές βιοτεχνίες και βιομηχανίες.

Το βιβλίο αυτό περιέχει την ύλη του μαθήματος "ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΥΤΟΜΑΤΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ" της ειδικότητας Εγκαταστάσεων κτιρίων και βιομηχανικών χώρων του Β' κύκλου του Ηλεκτρολογικού τομέα των ΤΕΕ, όπως αυτή ορίζεται από το αναλυτικό πρόγραμμα.

Ο κύριος σκοπός του μαθήματος είναι να προσεγγίσουν οι μαθητές με συγκεκριμένες εφαρμογές το επαγγελματικό περιβάλλον της ειδικότητάς τους. Αυτό επιτυγχάνεται μέσα από ειδικά επιλεγμένες εργαστηριακές ασκήσεις, που πολλές έχουν εφαρμογή σε βιοτεχνίες και κατοικίες με χρήση προγραμματιζόμενων λογικών ελεγκτών (PLC) και συστημάτων αυτομάτου ελέγχου.

Οι ασκήσεις έχουν επιλεγεί με τέτοια σειρά, ώστε να εξοικειώνονται οι μαθητές σταδιακά με τις λειτουργίες και τον προγραμματισμό των PLC ξεκινώντας από απλές μανδαλώσεις και φτάνοντας σε προγραμματισμό αναλογικών εισόδων μέσα από παραδείγματα που συναντώνται στην παραγωγή.

Οι προτεινόμενες επιπλέον εφαρμογές, που παραθέτονται στο τέλος κάθε άσκησης, είναι ενδεικτικές και ο καθηγητής που διδάσκει το μάθημα αυτό, θα πρέπει να λαμβάνει υπόψη του τις ιδιαιτερότητες της περιοχής που λειτουργεί το σχολείο αλλά και τα ενδιαφέροντα των μαθητών.

Σε όλες τις ασκήσεις από 1 – 19, όπου απαιτείται πρόγραμμα, αυτό δίνεται σε γλώσσα LADDER γιατί σε όλα τα PLC είναι περίπου η ίδια. Σε μερικές ασκήσεις δίνεται το πρόγραμμα και σε άλλες γλώσσες προγραμματισμού STL ή FBD (ιδιαίτερα για μικρά PLC).

Η λύση ενός προβλήματος αυτοματισμού δεν είναι μονοσήμαντη. Υπάρχουν πολλές σωστές λύσεις. Όλες όμως πρέπει να εξασφαλίζουν ασφαλή και σωστή λειτουργία.

Είναι πολύ σημαντικό να διδαχτούν οι μαθητές το πώς να χρησιμοποιούν τα τεχνικά φυλλάδια των PLC και να ανατρέχουν σε αυτά επανειλημμένα, γιατί οι εταιρείες πολύ συχνά αλλιάζουν τα χαρακτηριστικά των PLC και τον τρόπο προγραμματισμού τους.

Οι ασκήσεις 1 έως 19 και 24 είναι διάρκειας 6 ωρών η καθεμιά και από 20 έως και 24 είναι 12 ώρες η καθεμιά. Αν στο πρόγραμμα του σχολείου έχουν προγραμματιστεί 3ωρα, τότε στις ασκήσεις 1 – 19 το πρώτο 3ωρο θα γίνεται η ανάλυση και ο προγραμματισμός της άσκησης μέχρι το στάδιο της προσομοίωσης και το επόμενο 3ωρο θα γίνεται η κατασκευή του κυκλώματος και η δοκιμή της άσκησης σε κανονικές συνθήκες. Εφόσον υπάρχει χρόνος πραγματοποιούνται και οι επιπλέον περιπτώσεις που προτείνονται σε κάθε άσκηση.

Τα προγράμματα που υπάρχουν στις ασκήσεις έχουν όλη δοκιμαστεί σε PLC της SIEMENS S7-200 και LOGO, μπορούν όμως να τρέξουν σε όλους τους τύπους των PLC. Στο τέλος του βιβλίου, στο παράρτημα Α, δίνονται για μερικούς τύπους PLC, από αυτούς που έχουν κατά πληροφορίες μας προμηθευτεί κάποια ΣΕΚ ή ΣΕ, οι κυριότεροι συμβολισμοί και οι αντιστοιχίες μεταξύ τους.

Με ευχαρίστηση θα δεχτούμε κάθε παρατήρηση ή υπόδειξη με σκοπό τη μελλοντική βελτίωση του βιβλίου αυτού.

Αθήνα, Αύγουστος 2001

Οι συγγραφείς

Βένιζας Δημήτριος, Γλώσσας Νικόλαος, Νικολόπουλος Αλέξιος

περιεχόμενα

Α/Α	Θέμα	Διάρκεια	Σελίδα
1	Αναγνώριση στοιχείων προγραμματιζόμενων λογικών ελεγκτών - Παρουσίαση λογισμικού - Επικοινωνία PLC με τον Η/Υ	6	9
2	Συνδέσεις εξωτερικών στοιχείων εισόδου και εξόδου του PLC	6	19
3	Αυτόματη εκκίνηση Ασύγχρονου Τριφασικού Κινητήρα Βραχυκυκλωμένου Δρομέα	6	31
4	Αυτόματη εκκίνηση και αλλαγή φοράς περιστροφής Ασύγχρονου Τριφασικού Κινητήρα Βραχυκυκλωμένου Δρομέα	6	43
5	Αυτόματη εκκίνηση Κινητήρα Συνεχούς Ρεύματος - Διαδικασία μανδάλωσης	6	53
6	Έλεγχος της φοράς περιστροφής & φρενάρισμα Κινητήρα Συνεχούς Ρεύματος	6	61
7	Έλεγχος ενός χώρου στάθμευσης με χρήση μετρητών	6	71
8	Προγραμματισμός χρονικών σε συνδυασμό με συγκριτές	6	85
9	Προγραμματισμός μετρητών και συνδυασμός μετρητή-συγκριτών	6	93
10	Εκκίνηση Ασύγχρονου Τριφασικού Κινητήρα Βραχυκυκλωμένου Δρομέα με Αστέρα-Τρίγωνο	6	101
11	Εκκίνηση ασύγχρονου τριφασικού κινητήρα με δακτυλίδια (ΔΚ)	6	109
12	Αναλογικές εισοδοί	6	119
13	Κύκλωμα ασφάλειας	6	129
Σύμβολα που χρησιμοποιούνται στα πνευματικά - Κατά DIN/ISO 1219			143
14	Σταθμός παραγωγής πεπιεσμένου αέρα	6	147
15	Υλικά - εξαρτήματα δικτύου πεπιεσμένου αέρα και πνευματικές συσκευές	6	153
16	Έλεγχος κυλίνδρου απλής - διπλής ενέργειας μεαυτοσυγκράτηση	6	161
17	Διαχωρισμός κιβωτίων σε μικρά - μεγάλα	6	167
18	Έλεγχος μεταφοράς κιβωτίων σε δύο επίπεδα	6	175
19	Έλεγχος μηχανής κάμψης ελασμάτων	6	185
20	Μελέτη Ελεγκτή P	12	197
21	Μελέτη Ελεγκτή PI	12	219
22	Έλεγχος Στάθμης Υγρού με Ελεγκτή PI	12	233
23	Έλεγχος Θερμοκρασίας Χώρου με Ελεγκτή δύο θέσεων	12	251
24	Κατασκευή ενός Αναλογικού-Ολοκληρωτικού-Διαφορικού (PID) Ελεγκτή	6	271
Παράρτημα Α, Β, Γ			292
Ορολογίες Α, Β			298
Βιβλιογραφία			303

άσκηση 1

Αναγνώριση στοιχείων
προγραμματιζόμενων
λογικών ελεγκτών
Παρουσίαση λογισμικού
Επικοινωνία PLC με τον Η/Υ



Στόχοι της άσκησης

διάρκεια άσκησης: 6 διδακτικές ώρες

Στο τέλος της άσκησης οι μαθητές θα είναι ικανοί:

- να αναγνωρίζουν τις μονάδες που συνθέτουν ένα PLC.
- να αναγνωρίζουν τους ακροδέκτες σύνδεσης των εισόδων και των εξόδων ενός PLC.
- να αναγνωρίζουν τους ακροδέκτες σύνδεσης του τροφοδοτικού.
- να αναγνωρίζουν τα χαρακτηριστικά λειτουργίας του καλωδίου επικοινωνίας PLC και Η/Υ.
- να αναγνωρίζουν τη θύρα επικοινωνίας στην οποία πρέπει να συνδεθεί το καλώδιο επικοινωνίας.
- να εγκαθιστούν και ελέγχουν την επικοινωνία μεταξύ PLC και Η/Υ.
- να αναγνωρίζουν το περιβάλλον εργασίας του λογισμικού προγραμματισμού και ελέγχου του PLC.

Απαραίτητα εξαρτήματα

Για την πραγματοποίηση της άσκησης είναι απαραίτητα τα εξής υλικά:

- ✓ Ένα PLC
- ✓ Ένα τροφοδοτικό (αν δεν διαθέτει το PLC)
- ✓ Ένα καλώδιο επικοινωνίας PLC - Η/Υ
- ✓ Ένας Η/Υ

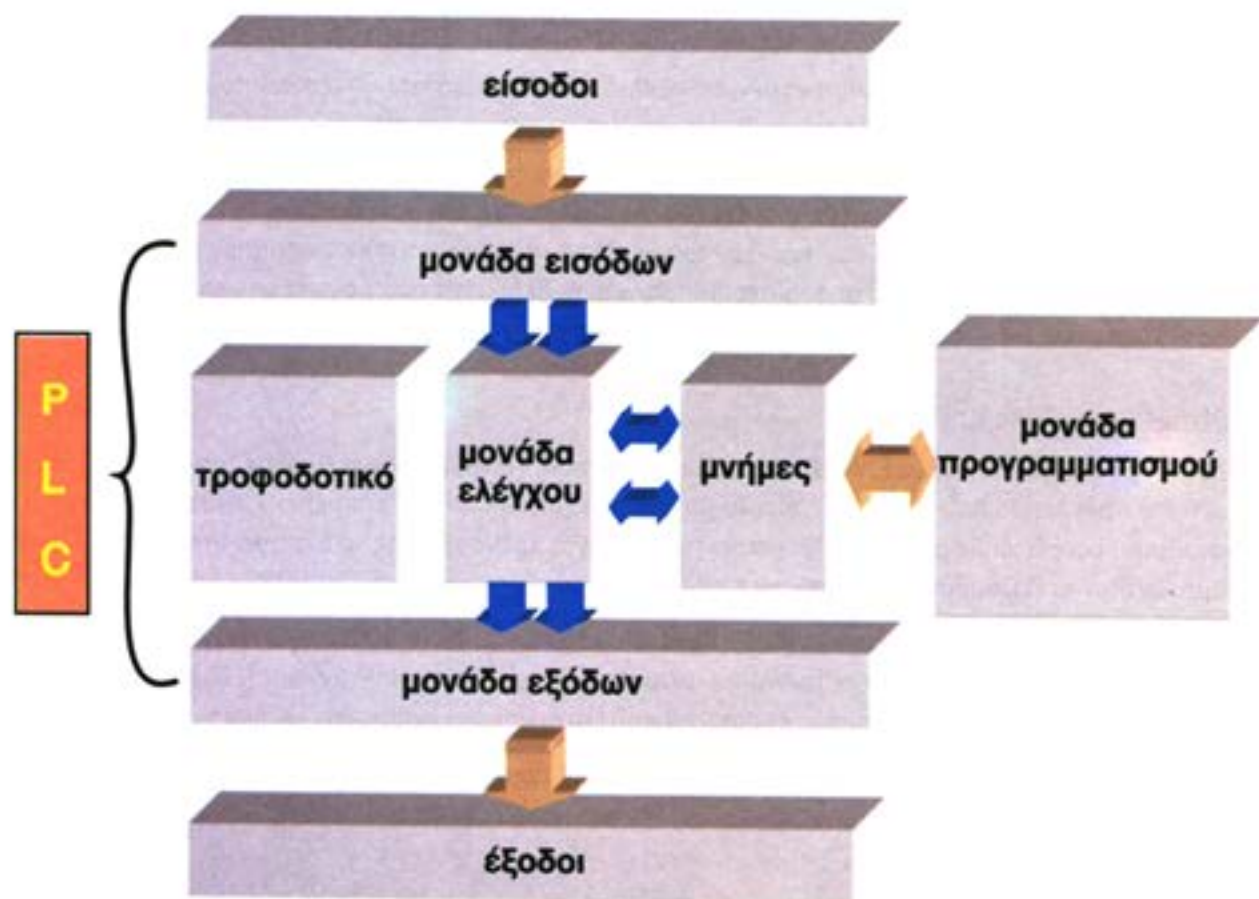
Βασική θεωρία

A. Στοιχεία ενός PLC

Το PLC είναι ένας μικροϋπολογιστής ειδικού τύπου. Επομένως το υλικό του μέρος (Hardware) θα μοιάζει με το αντίστοιχο των Η/Υ. Έτσι ένα PLC αποτελείται από τα εξής μέρη:

- α) Μονάδα εισόδων
- β) Μονάδα εξόδων
- γ) Κεντρική μονάδα επεξεργασίας (Central Processing Unit - CPU)
- δ) Μνήμες
- ε) Τροφοδοτικό
- στ) Πλαίσιο τοποθέτησης-επέκτασης
- ζ) Διάφορες άλλες βοηθητικές μονάδες
- η) Θύρα επικοινωνίας

Στο σχήμα 1.1 εικονίζεται η δομή ενός Προγραμματιζόμενου Λογικού Ελεγκτή.



Σχήμα 1.1: Δομή ενός Προγραμματιζόμενου Λογικού Ελεγκτή

Ας δούμε αναλυτικά τις μονάδες από τις οποίες αποτελείται ένα PLC. Στη περίπτωση συσκευών δομοστοιχειωτής δομής-modular (βλέπε πιο κάτω), μερικές από τις μονάδες αυτές αποτελούν ανεξάρτητες βαθμίδες (π.χ. μονάδα εισόδου), ενώ άλλες όχι (π.χ. CPU, μνήμες).

α) Μονάδα εισόδων. Υπάρχουν δύο βασικοί τύποι τέτοιων μονάδων.

Ψηφιακές, (ON-OFF), στις οποίες η είσοδος μπορεί να αναγνωρίζει δύο μόνο τιμές τάσης (υψηλή - χαμηλή). Η τάση αυτή μπορεί να δημιουργείται είτε από το τροφοδοτικό του PLC, είτε από δικό μας εξωτερικό τροφοδοτικό. Η τιμή της στα περισσότερα PLC είναι $24 V_{DC}$.

Αναλογικές, στις οποίες το σήμα εισόδου μπορεί να είναι ένα αναλογικό σήμα. Συνήθως τα σήματα αυτά είναι τάσεις 0 έως 10V ή -10V έως 10V, ή εντάσεις ρεύματος 0 έως 20mA ή 4 έως 20mA.

Μια μονάδα εισόδου μπορεί να περιλαμβάνει 4, 8, 16 ή 32 ψηφιακές εισόδους, ανάλογα με τον τύπο του PLC, ο οποίος μπορεί να περιλαμβάνει πολλές τέτοιες μονάδες. Ο μέγιστος αριθμός των αναλογικών εισόδων που μπορεί να διαθέτει ο ελεγκτής δίνεται από τον κατασκευαστή και διαφέρει από εταιρεία σε εταιρεία, αλλιώς ακόμη και σε μοντέλα της ίδιας εταιρείας.

β) Μονάδα εξόδων. Και οι μονάδες εξόδου διακρίνονται σε ψηφιακές και αναλογικές. Τυπικές τιμές τάσης ψηφιακών εξόδων είναι $24 V_{DC}$, $115 V_{AC}$, $220 V_{AC}$. Τα τυποποιημένα ηλεκτρικά σήματα που παίρνουμε από μία μονάδα αναλογικών εξόδων έχουν συνήθως τάση $-10 V$ έως $+10 V$, 0 έως $10 V$ ή ένταση ρεύματος 0 έως $20 mA$, 4 έως $20 mA$. Μια μονάδα ψηφιακών εξόδων περιλαμβάνει 4, 8, 16, ή 32 εξόδους.

Ένα PLC περιλαμβάνει έναν καθορισμένο μέγιστο αριθμό μονάδων εισόδων και εξόδων που εξαρτάται από τις δυνατότητες της CPU. Τον αριθμό αυτό τον καθορίζει ο εκάστοτε κατασκευαστής.

γ) Κεντρική μονάδα επεξεργασίας (Central Processing Unit - CPU). Στη μονάδα αυτή γίνεται η επεξεργασία του προγράμματος και η εκτέλεση των εντολών του με βάση τις καταστάσεις των σημάτων εισόδου-εξόδου. Ανάλογα με τα σήματα που δέχεται από το περιβάλλον και τα δεδομένα που παίρνει από τη μνήμη, παράγει διάφορα σήματα εξόδου.

δ) Μνήμες. Διακρίνουμε τις εξής:

- *Μνήμη προγράμματος* (τύπου RAM - **R**andom **A**ccess **M**emory - Μνήμη Τυχαίας Προσπέλασης). Εδώ αποθηκεύεται το πρόγραμμα που αναπτύσσουμε. Το ότι είναι μνήμη τύπου RAM, επιτρέπει γρήγορες αλλαγές στο πρόγραμμα. Συνδέεται με μπαταρία (διάρκειας περίπου ενός χρόνου), ώστε να διατηρεί το περιεχόμενό της ακόμη και όταν το PLC αποσυνδεθεί από την τροφοδοσία.
- *Μνήμη συστήματος* (συνήθως τύπου ROM - **R**ead **O**nly **M**emory - Μνήμη Μόνο για Ανάγνωση ή PROM - **P**rogrammable **R**ead **O**nly **M**emory - Προγραμματιζόμενη Μνήμη Μόνο για Ανάγνωση). Είναι η μνήμη στην οποία βρίσκεται αποθηκευμένο (από τον κατασκευαστή) το λογισμικό ανάπτυξης (κώλυφος) του PLC.
- *Προαιρετική μνήμη FEPRAM (Flash Erasable PROM: PROM που μπορεί να σβηστεί ηλεκτρονικά).* Σε αυτή μπορεί να αποθηκευτεί το πρόγραμμα αφού πάρει την τελική του μορφή απελευθερώνοντας έτσι τη μνήμη RAM.

ε) Τροφοδοτικό. Δημιουργεί τις απαραίτητες τάσεις για τη λειτουργία των ηλεκτρονικών κυκλωμάτων του PLC, και των μονάδων εισόδου και εξόδου.

στ) Πλαίσιο τοποθέτησης-επέκτασης. Πρόκειται για ειδικές βάσεις-ράγες στις οποίες τοποθετούνται οι βαθμίδες για το σχηματισμό ενός modular PLC. Στη βάση αυτή είναι ενσωματωμένο σύστημα αγωγών για την επικοινωνία των διαφόρων μονάδων με την Κεντρική Μονάδα Επεξεργασίας (CPU).

ζ) Βοηθητικές μονάδες. Πρόκειται για συσκευές που δεν είναι απαραίτητες για τη λειτουργία του PLC, σίγουρα όμως δίνουν καλύτερη εποπτεία και έλεγχο του αυτοματισμού. Οι κυριότερες είναι:

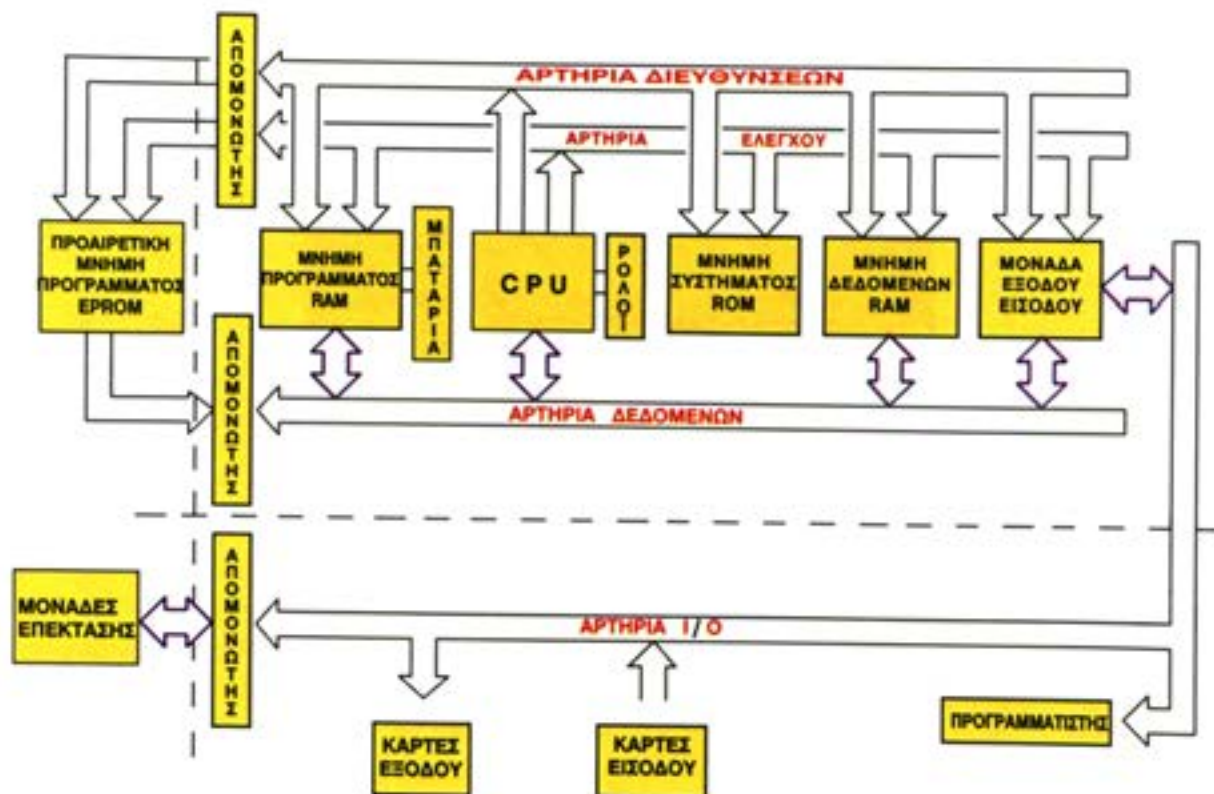
- *Μονάδα προσομοίωσης.* Είναι μία σειρά από διακόπτες με τους οποίους μπορούμε να κάνουμε εργαστηριακό έλεγχο του αυτοματισμού.
- *Modem.* Είναι συσκευές με τις οποίες μπορούμε να διαβιβάσουμε πληροφορίες και να δώσουμε εντολές μέσω τηλεφωνικής γραμμής.
- *Οθόνες (monitors)* για έγχρωμες απεικονίσεις μιμικών διαγραμμάτων υψηλής ακρίβειας.
- *Εκτυπωτές* όλων των τύπων.

η) Θύρα επικοινωνίας. Η ανταλλαγή πληροφοριών μεταξύ χρήστη και συσκευής μπορεί να γίνει είτε παράλληλα είτε σειριακά. Τα PLCs χρησιμοποιούν συνήθως σειριακή ανταλλαγή πληροφοριών με θύρα RS 232C.

Κατασκευαστικά η Κεντρική Μονάδα Επεξεργασίας (CPU) με τις μνήμες και τη θύρα επικοινωνίας αποτελούν μια ενιαία βαθμίδα που καταχρηστικά λέγεται CPU (ενώ περιλαμβάνει και άλλες μονάδες). Στη βαθμίδα αυτή μερικές φορές είναι ενσωματωμένο και το τροφοδοτικό. Έτσι ένας Προγραμματιζόμενος Λογικός Ελεγκτής αποτελείται από τις εξής βαθμίδες:

- Κεντρική Μονάδα Επεξεργασίας.
- Μονάδες εισόδου.
- Μονάδες εξόδου.
- Τροφοδοτικό.

Στο σχήμα 1.2 βλέπουμε το μπλοκ διάγραμμα της εσωτερικής αρχιτεκτονικής ενός PLC.

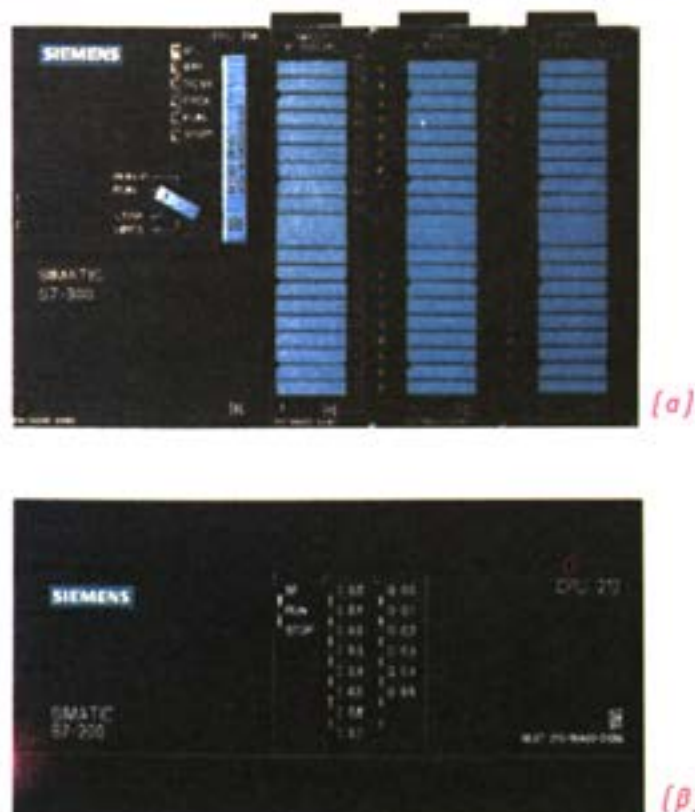


Σχήμα 1.2: Αρχιτεκτονική ενός Προγραμματιζόμενου Λογικού Ελεγκτή

Ο προγραμματισμός ενός PLC μπορεί να γίνει είτε μέσω μιας φορητής ειδικής συσκευής προγραμματισμού (hand programmer), είτε μέσω Ηλεκτρονικού Υπολογιστή με ειδικό λογισμικό. Συνήθως κατά τη δημιουργία του προγράμματος χρησιμοποιούμε Η/Υ, ενώ μικροαλληλαγές γίνονται μέσω της φορητής συσκευής, στον τόπο όπου είναι εγκαταστημένος ο αυτοματισμός.

B. Τύποι PLC

Τα PLCs χωρίζονται σε δύο κατηγορίες (ανεξάρτητες των εταιρειών). Τα **compact** (συμπαγούς μορφής) και τα **modular** (δομοστοιχειωτής δομής). Στο σχήμα 1.3 βλέπουμε μια εικόνα των μονάδων αυτών.



Σχήμα 1.3: (α) modular και (β) compact PLC

Τα πρώτα είναι μία συμπαγής συσκευή με CPU, τροφοδοτικό και συγκεκριμένο αριθμό I/O (που ποικίλει ανάλογα με την εταιρεία). Τα δεύτερα περιλαμβάνουν μία βάση, στην οποία “κουμπώνουν” οι μονάδες επεξεργασίας, τροφοδοσίας, εισόδων, εξόδων. Ένα PLC μπορεί να διαθέτει περισσότερες από μια μονάδες εισόδων και εξόδων, ανάλογα με τον επιθυμητό αριθμό εισόδων ή εξόδων. Επομένως, αν σε κάποιο αυτοματισμό, προκειμένου να τον επεκτείνουμε, χρειαστούμε κι άλλες εισόδους ή εξόδους, που δεν υπάρχουν στην αρχική κατασκευή, έχουμε τη δυνατότητα να προσθέσουμε μία ή περισσότερες μονάδες εισόδων ή εξόδων, διατηρώντας την ίδια CPU, το ίδιο τροφοδοτικό.

13>1

Γ. Καλώδιο επικοινωνίας

Το PLC συνδέεται με τον Η/Υ ή τον Hand Programmer μέσω ειδικού καλωδίου επικοινωνίας. Η επικοινωνία γίνεται με τις σειριακές θύρες RS232. Συνήθως όμως στον υπολογιστή χρησιμοποιείται μία 25pin θύρα COM. Στην περίπτωση αυτή απαιτείται ειδικός μετατροπέας 25pin-9pin. Στην περίπτωση προγραμματισμού μέσω Η/Υ η θύρα επικοινωνίας πρέπει να δηλώνεται μέσω του προγράμματος.

Το καλώδιο επικοινωνίας συνήθως διαθέτει μία σειρά μικροδιακοπών, μέσω των οποίων ρυθμίζεται η ταχύτητα

τα μετάδοσης δεδομένων. Για τη ρύθμιση των μικροδιακοπών είναι απαραίτητο να συμβουλευτείτε το φυλλάδιο οδηγιών της εταιρείας.

Δ. Λογισμικό προγραμματισμού και ελέγχου

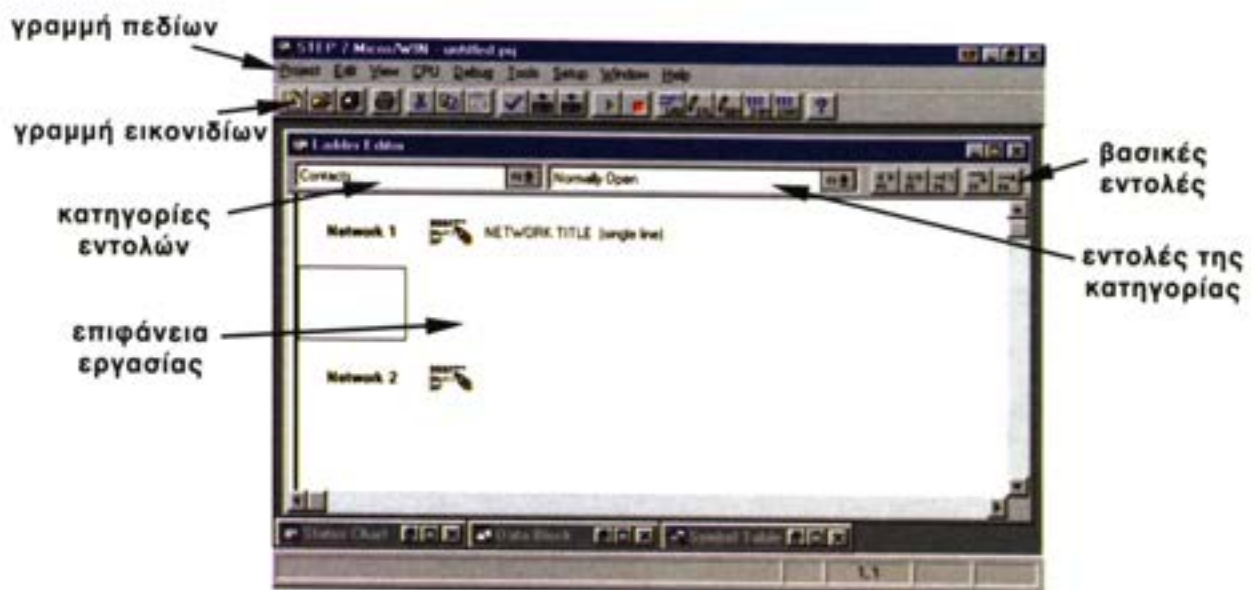
Ο προγραμματισμός του PLC μέσω του Η/Υ γίνεται με τη βοήθεια κατάλληλου λογισμικού. Όταν εγκαταστήσετε το πρόγραμμα, μπορείτε να το ενεργοποιήσετε μέσω του κατάλληλου εικονιδίου.

Με το λογισμικό αυτό:

- Εγκαθιστούμε την επικοινωνία Η/Υ - PLC.
- Προγραμματίζουμε το PLC ώστε να εκτελεί μια σειρά λειτουργιών.
- Ανακαλούμε ένα πρόγραμμα από τη μνήμη του PLC για βελτιώσεις.
- Παρακολουθούμε τη λειτουργία του αυτοματισμού στον Η/Υ.

Όταν ενεργοποιείτε το λογισμικό, πριν σας οδηγήσει στην επιφάνεια εργασίας, συνήθως σας ζητά να δηλώσετε τον τύπο του PLC που θα χρησιμοποιήσετε (στην περίπτωση του compact) ή τις μονάδες που θα χρησιμοποιήσετε (στην περίπτωση του modular). Αφού το κάνετε στην συνέχεια σας οδηγεί στο περιβάλλον εργασίας που έχει μορφή ανάλογη με αυτή του σχήματος 1.4.

Σημείωση: όπως είναι λογικό η μορφή που έχει το περιβάλλον εργασίας του λογισμικού διαφέρει μεταξύ των προγραμμάτων των διαφόρων εταιρειών. Σήμερα πάντως σχεδόν όλα τα λογισμικά λειτουργούν σε παραθυρικό περιβάλλον (Windows), επομένως έχουν μορφή παρόμοια με αυτή που παρουσιάζεται.



Σχήμα 1.4: Περιβάλλον εργασίας του λογισμικού προγραμματισμού μέσω Η/Υ

Στη γραμμή πεδίων έχουμε τους τίτλους από μια σειρά πεδίων, ενώ το κάθε πεδίο περιέχει ένα σύνολο από εντολές. Στην επόμενη γραμμή των εικονιδίων έχουμε μερικές από τις σημαντικότερες λειτουργίες του προγράμματος με τη μορφή εικονιδίων, για εύκολη ενεργοποίηση.

Στην επόμενη σειρά δεξιά έχουμε τις πιο συνηθισμένες εντολές της γλώσσας Ladder σε εικονίδια, ενώ δεξιά έχουμε δύο παράθυρα. Στο αριστερό αναφέρονται οι κατηγορίες εντολών και στο δεξί οι εντολές της κάθε κατηγορίας.

Με το λογισμικό αυτό μπορείτε να προγραμματίσετε το PLC που χρησιμοποιείτε, ώστε να υλοποιεί τον αυτοματισμό που επιθυμείτε.

Πριν όμως ξεκινήσετε να γράφετε το πρόγραμμά σας, καλό είναι να ελέγξετε αν έχει γίνει σωστά η σύνδεση μεταξύ του Η/Υ και του PLC. Αυτή την εργασία βέβαια μπορείτε να την κάνετε και αργότερα, όταν θελήσετε να μεταφέρετε το πρόγραμμα από τον Η/Υ στο PLC.

Διαδικασία

Κατά την εκτέλεση της άσκησης ακολουθήστε τα εξής βήματα:

A. Αναγνώριση της συσκευής

1. Τοποθετείστε το PLC στη ράγα.
2. Κάνετε ένα σκαρίφημα του PLC και σημειώστε την θέση των εισόδων, των εξόδων, της τροφοδοσίας, της θύρας επικοινωνίας και εξηγήστε κάθε σημείο των κλημμοσειρών εισόδου και εξόδου.
3. Η συσκευή σας είναι τύπου compact ή modular;
4. Η συσκευή σας έχει ενσωματωμένο τροφοδοτικό;
5. Ποια είναι η τάση τροφοδοσίας της συσκευής σας;
6. Πόσες και τι είδους εισόδους και εξόδους έχει; Υπάρχει δυνατότητα επέκτασης της συσκευής;
7. Οι εισοδοί και οι εξοδοί διαθέτουν ενδεικτικά Led;
8. Υπάρχουν άλλα ενδεικτικά Led στη συσκευή σας; Ποιά λειτουργία παρακολουθούν;
9. Τι είδους θύρα επικοινωνίας διαθέτει η συσκευή;
10. Υπάρχει διακόκτης επιλογής λειτουργίας στην πρόσοψη της συσκευής; Ποιά η λειτουργία του;
11. Από το φυλλάδιο των τεχνικών χαρακτηριστικών σημειώστε την τάση λειτουργίας της συσκευής, την τάση των εισόδων καθώς και τον τύπο των εξόδων (ρελέ, θυρίστορ, τρανζίστορ) και την τάση τους.

B. Επικοινωνία PLC -Η/Υ

1. Τοποθετήστε τη μια άκρη του καλωδίου επικοινωνίας στη θύρα επικοινωνίας του PLC και την άλλη σε μια ελεύθερη σειριακή θύρα του υπολογιστή σας (προτιμήστε την COM1).
2. Ρυθμίστε τους μικροδιακόπτες σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή.

3. Ηλεκτροδοτήστε το PLC με την ίδια τάση που τροφοδοτείτε τον υπολογιστή, για να αποφύγετε πιθανές διαφορές τάσης.
4. Ποιο από τα ενδεικτικά Led στην πρόσοψη της συσκευής ανάβει;
5. Ενεργοποιείτε το εικονίδιο του λογισμικού προγραμματισμού και ελέγχου που θα χρησιμοποιήσετε.
6. Σε περίπτωση που το πρόγραμμα σας ζητήσει τον τύπο του PLC που θα χρησιμοποιήσετε, δώστε τις απαραίτητες ρυθμίσεις.
7. Αναγνωρίστε στην οθόνη τα διάφορα πεδία εντολών. Ανοίξτε διαδοχικά όλα τα πεδία της πάνω γραμμής, παρακολουθώντας τις εντολές που το καθένα περιέχει.
8. Αναζητείστε και σημειώστε σε ποιο πεδίο υπάρχουν οι εξής εντολές: *New, Save As..., Ladder, STL, Compile, Clear, Download*.
9. Επιλέξτε τον Ladder Editor, δηλαδή το περιβάλλον προγραμματισμού σε γλώσσα Ladder.
10. Αναζητήστε την εντολή *Communication*. Ενεργοποιήστε την εντολή αυτή και ρυθμίστε τη θύρα και το ρυθμό μετάδοσης δεδομένων που έχετε επιλέξει.
11. Ελέγξτε τη διαμόρφωση. Αναζητήστε την εντολή *Configure*. Ελέγξτε αν και εδώ ο ρυθμός μετάδοσης είναι αυτός που επιλέξατε.
12. Αναζητήστε τις εντολές *RUN* και *STOP*. Ρυθμίστε τους διακόπτες λειτουργίας στην πρόσοψη του PLC σύμφωνα με το φυλλάδιο οδηγιών του κατασκευαστή, ώστε να έχετε τον έλεγχο του PLC μέσω του υπολογιστή.
13. Δώστε διαδοχικά τις εντολές *RUN* και *STOP*, παρατηρώντας τα ενδεικτικά Led στην πρόσοψη της συσκευής. Ενεργοποιήθηκαν κάθε φορά τα αντίστοιχα; Αν ναι, τότε υπάρχει επικοινωνία μεταξύ PLC και υπολογιστή, οπότε μπορείτε να συνεχίσετε.
14. Αν δεν υπάρχει επικοινωνία, ελέγξτε κατά σειρά:
 - Την καλή σύνδεση του καλωδίου επικοινωνίας.
 - Την επιλογή του σωστού ρυθμού μετάδοσης δεδομένων.
 - Την επιλογή της σωστής θύρας επικοινωνίας.

Γ. Δημιουργία απλού αρχείου-προγράμματος

1. Βρείτε πώς εισάγονται στην επιφάνεια εργασίας τα διαγράμματα των επαφών εισόδου και εξόδου.
2. Στην επιφάνεια εργασίας δημιουργείτε το πρόγραμμα που εικονίζεται στο κάτωθι σχήμα.



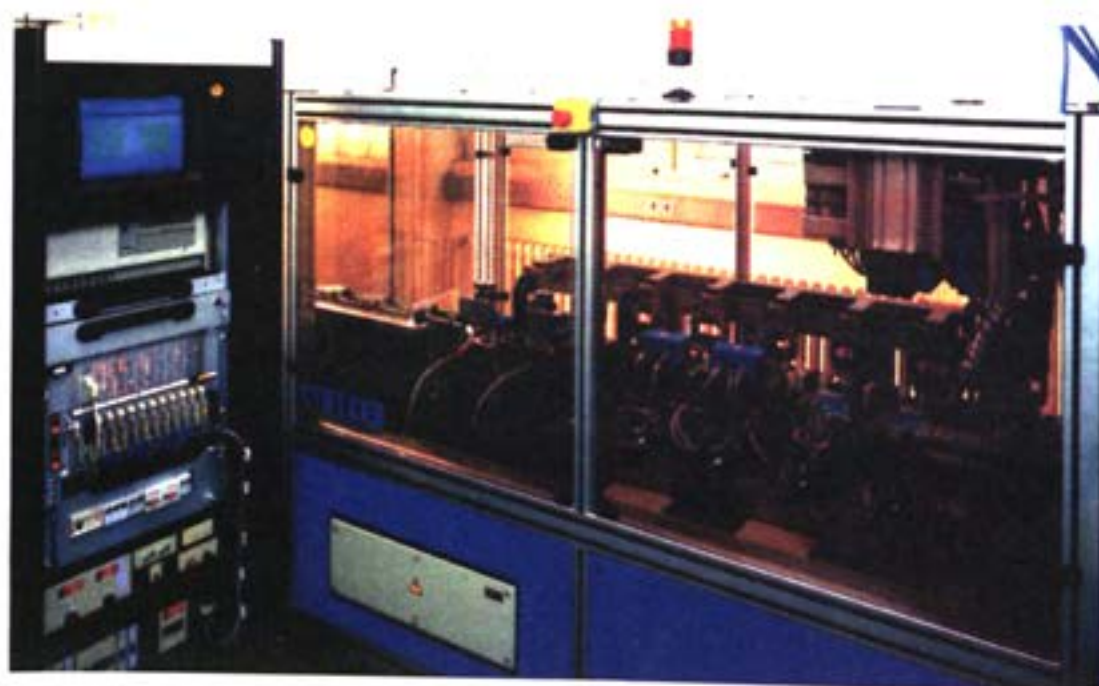
3. Σώστε αυτό το "πρόγραμμα" στον κατάλογο και με το όνομα που θα σας δώσει ο καθηγητής.
4. Κλείστε το λογισμικό προγραμματισμού και βγείτε στα Windows. Ενεργοποιήστε ξανά το λογισμικό προγραμματισμού.

5. Ανοίξτε το "πρόγραμμα" που δημιουργήσατε προηγουμένως. Σβήστε τη μία επαφή ως εξής: Πιέστε με το ποντίκι πάνω στην επαφή (μαρκάρισμα) και πιέστε το πλήκτρο Delete.
6. Κλείστε το λογισμικό προγραμματισμού και βγείτε στα Windows, χωρίς να σώσετε την εργασία σας. Κλείστε τον υπολογιστή.

Δ. Παρατηρήσεις - Συμπεράσματα

άσκηση 2

Συνδέσεις
εξωτερικών
στοιχείων εισόδου
και εξόδου του PLC



Στόχοι της άσκησης

διάρκεια άσκησης: 6 διδακτικές ώρες

Στο τέλος της άσκησης οι μαθητές θα είναι ικανοί:

- να αναγνωρίζουν τους ακροδέκτες στους οποίους θα συνδεθεί το καλώδιο τροφοδοσίας του PLC.
- να αναγνωρίζουν τους ακροδέκτες στους οποίους θα συνδεθούν τα στοιχεία εισόδου και εξόδου.
- να συνδέουν διάφορες ψηφιακές εισόδους, όπως π.χ. μπουτόν, διακόπτες, θερμικά κ.λ.π.
- να συνδέουν διάφορες ψηφιακές εξόδους, όπως π.χ. λαμπτήρες, βομβητές, ρελέ, ηλεκτροβάνες, κ.λ.π.
- να δημιουργούν πρόγραμμα σε περιβάλλον Ladder, να το αποσφαλματώνουν και να το φορτώνουν στο PLC.
- να δημιουργούν ένα απλό πρόγραμμα ενεργοποίησης μιας εξόδου από δύο διαφορετικές θέσεις.

Απαραίτητα εξαρτήματα

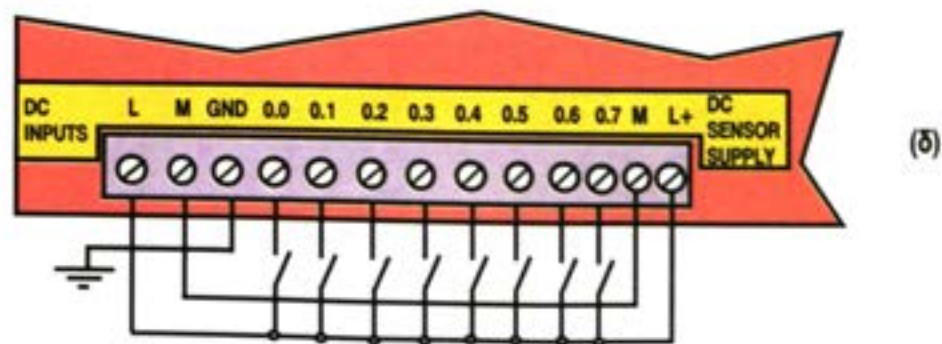
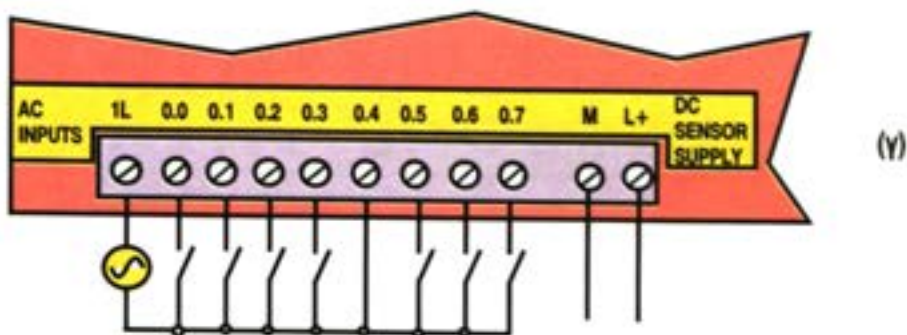
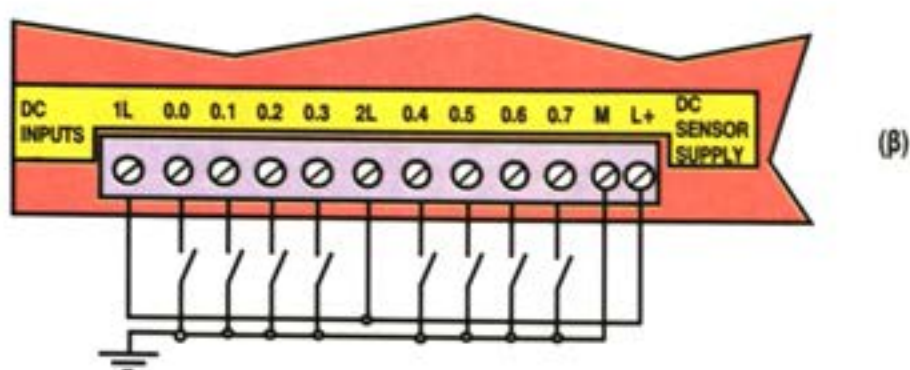
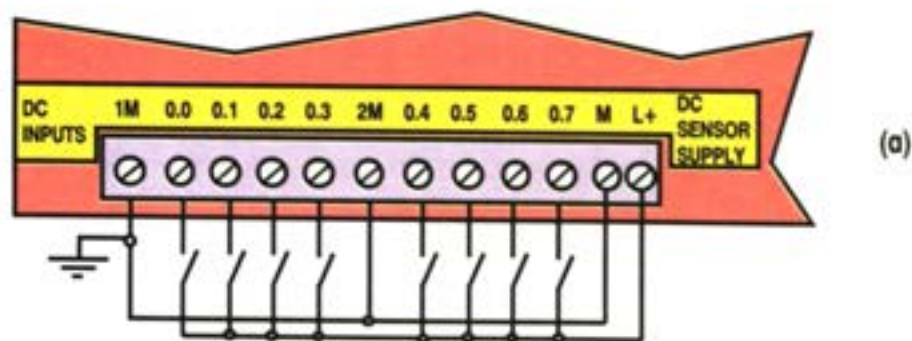
Για την πραγματοποίηση της άσκησης είναι απαραίτητα τα εξής υλικά:

- ✓ Ένα PLC
- ✓ Μια μονάδα προσομοίωσης εισόδων
- ✓ Ένας Υπολογιστής με το απαραίτητο λογισμικό προγραμματισμού PLC
- ✓ Ένα θερμικό με μία NO και μία NC επαφές
- ✓ Τέσσερις χειροκίνητοι διακόπτες με μία επαφή NC και μία NO (ή μια μεταγωγική)
- ✓ Μία ενδεικτική λυχνία

Βασική θεωρία

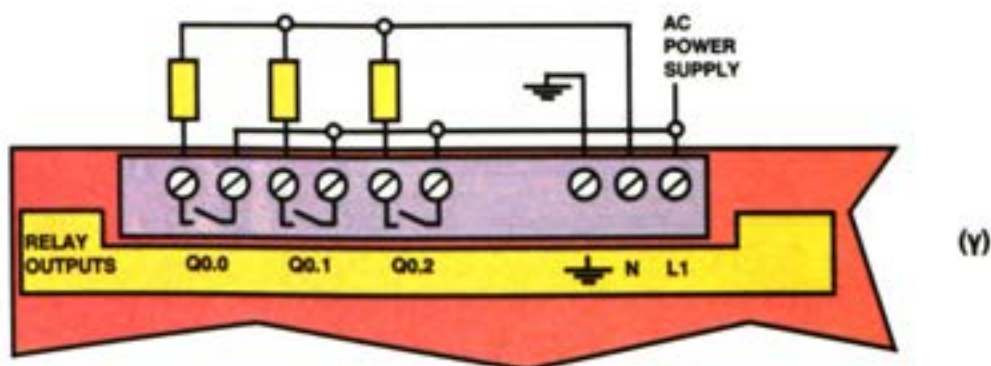
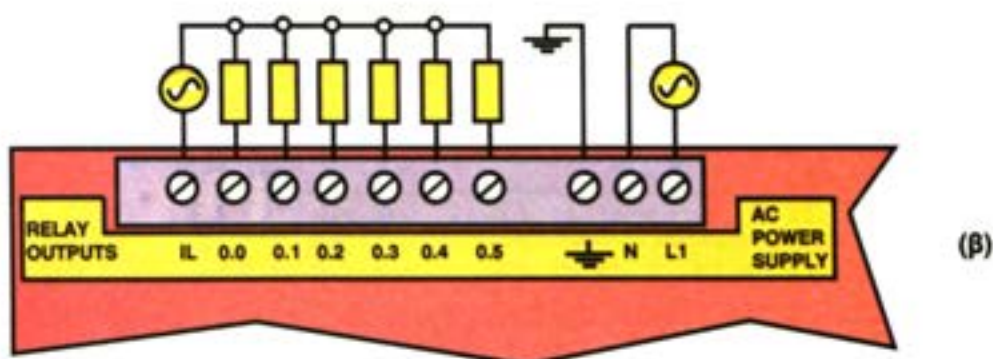
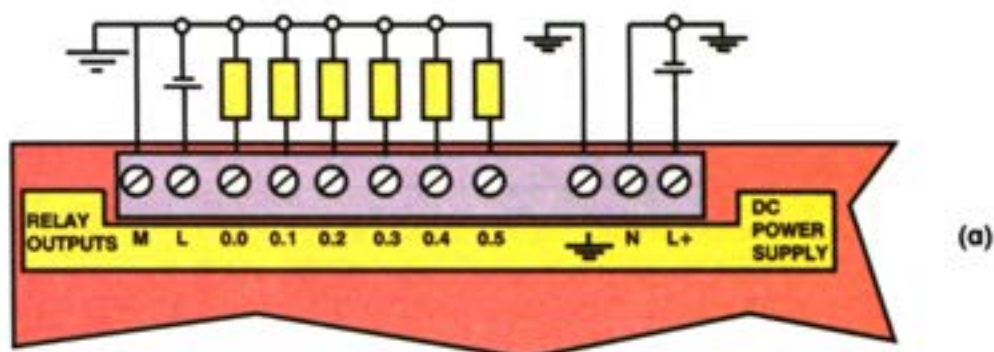
Α. Σύνδεση των μονάδων εισόδου και εξόδου

Στην προηγούμενη άσκηση γνωρίσατε τη συσκευή ενός PLC και τις μονάδες από τις οποίες αποτελείται. Ας δούμε τώρα πώς μπορείτε να συνδέσετε σε αυτό διάφορα στοιχεία εισόδου και εξόδου.



Σχήμα 2.1: Διάφοροι τρόποι σύνδεσης των αισθητηρίων στις εισόδους, ανάλογα με τον τύπο του PLC

Υπάρχουν διάφοροι τύποι εισόδων PLC. Αυτές μπορούν να δέχονται τάσεις DC ή AC. Οι τιμές της τάσης ποικίλουν ανάλογα με τον τύπο που επιλέγεται. Στην περίπτωση DC εισόδων, η απαιτούμενη τάση, συνήθως παρέχεται από τη συσκευή (βλέπε στις συνδεσμολογίες του σχήματος 2.1 τους ακροδέκτες M και L+ με την ένδειξη DC SENSOR SUPPLY). Αντίθετα, για τις AC εισόδους συνήθως απαιτείται χρήση εξωτερικής πηγής (βλέπε τη συνδεσμολογία του σχήματος 2.1 γ). Η συνδεσμολογία των εισόδων συνήθως είναι, όπως αυτή του σχήματος 2.1. Τα (α), (β) και (δ) αναφέρονται σε PLC με εισόδους συνεχούς τάσης, ενώ το (γ) σε PLC με εισόδους εναλλασσόμενης τάσης. Πάντως **θα πρέπει πριν προχωρήσετε σε συνδεσμολογία να συμβουλευτείτε το φυλλάδιο οδηγιών της εταιρείας.**



Σχήμα 2.2: Διάφοροι τρόποι σύνδεσης των καταναλωτών στη μονάδα εξόδου, ανάλογα με τον τύπο του PLC

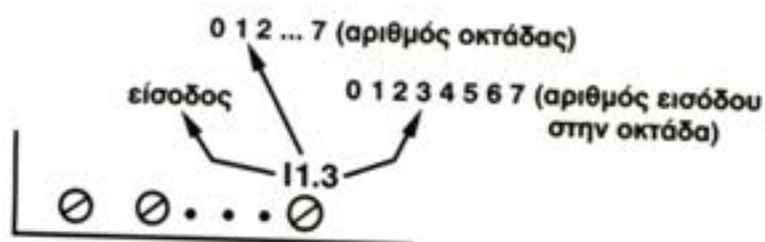
Αντίστοιχες είναι οι ιδιαιτερότητες και στις εξόδους. Η συνδεσμολογία αλλάζει ανάλογα με τη χρησιμοποιούμενη τάση εξόδου και ανάλογα με το είδος των εξόδων.

Έτσι όταν η έξοδος είναι ρελέ (RELAY OUTPUTS) και η τάση τροφοδοσίας συνεχής (DC POWER SUPPLY), η συνδεσμολογία είναι όπως αυτή του σχήματος 2.2.α. Αν αντίθετα η τροφοδοσία είναι εναλλασσόμενη (AC POWER SUPPLY) 220V, η συνδεσμολογία είναι όπως αυτή του σχήματος 2.2.β. Επίσης είναι δυνατόν στην περίπτωση εξόδου ρελέ να έχουμε δύο ακροδέκτες εξόδου, όπως φαίνεται στο σχήμα 2.2.γ. Εκτός από ρελέ το PLC μπορεί να έχει έξοδο τρανζίστορ ή θυρίστωρ. Για να δουλέψει η συσκευή χωρίς προβλήματα πρέπει να γνωρίζετε τον τύπο των εξόδων, ώστε να κάνετε την κατάλληλη συνδεσμολογία. Είναι επομένως απαραίτητο να συμβουλευτείτε το φυλλάδιο οδηγιών της εταιρείας. Στα φυλλάδια αυτά συνήθως υποδεικνύεται και ο τρόπος σύνδεσης στοιχείων στις εισόδους και στις εξόδους του PLC.

Πολλές φορές θέλουμε να ενεργοποιήσουμε κάποιες μονάδες που για να λειτουργήσουν απαιτούν ρεύμα μεγαλύτερης τιμής από αυτή που αντέχει η έξοδος του PLC. Στην περίπτωση αυτή η ενεργοποίηση γίνεται μέσω ρελέ.

Β. Συμβολισμός των εισόδων και εξόδων

Προσέξτε τις ονομασίες των εισόδων και των εξόδων. Για τις εισόδους χρησιμοποιείται το γράμμα I, ενώ για τις εξόδους το Q. Το κάθε γράμμα συνοδεύεται από δύο αριθμούς που χωρίζονται από μια τελεία (π.χ. είσοδος I1.3). Αν χρησιμοποιείτε συσκευή με 16 εισόδους θα δείτε ότι η αρίθμηση δεν είναι από I1 έως I16. Αντίθετα χωρίζονται σε δύο ομάδες των οκτώ και ο πρώτος αριθμός μετά το γράμμα μας δίνει τον αριθμό της οκτάδας. Κάθε οκτάδα αντιστοιχεί σε ένα byte. Επίσης παρατηρήστε ότι η αρίθμηση ξεκινά από το μηδέν. Έτσι, π.χ. η είσοδος I1.3 αντιστοιχεί στην τέταρτη είσοδο της δεύτερης ομάδας εισόδων, δηλαδή στην $8+4=12$ είσοδο, όπως φαίνεται στο σχήμα 2.3.



Σχήμα 2.3: Συμβολισμός εισόδων

Αντίστοιχος είναι και ο συμβολισμός των εξόδων, όπου χρησιμοποιείται το γράμμα Q.

Ο συμβολισμός αυτός ακολουθείται κατά τον προγραμματισμό του PLC, όταν πρόκειται για μονάδα τύπου compact. Όταν πρόκειται όμως για συσκευή τύπου modular προστίθεται μετά το χαρακτηριστικό γράμμα ένας ακόμη αριθμός που δηλώνει τη βαθμίδα στην οποία ανήκει η είσοδος. Έτσι, το σύμβολο I0.1.3, δηλώνει (διαβάστε το σύμβολο από το τέλος προς την αρχή) την τέταρτη είσοδο της δεύτερης οκτάδας (δηλαδή την δωδέκατη είσοδο), της πρώτης βαθμίδας εισόδου.

Για να είστε πάντως βέβαιοι για το σωστό τρόπο ονομασίας των εισόδων και των εξόδων, καλό είναι να συμβουλευτείτε το φυλλάδιο οδηγιών της εταιρείας.

Στο λογισμικό προγραμματισμού μια είσοδος αντιστοιχεί σε μια επαφή (contact), ενώ μια έξοδος σε ένα πηνίο (coil) ρελέ. Κατά τον προγραμματισμό διατίθενται μια σειρά από βοηθητικές επαφές - θέσεις μνήμης (εκτός των επαφών εισόδου) που ονομάζονται συνήθως Markers και συμβολίζονται με το γράμμα M. Ο αριθμός τους συνήθως είναι πάνω από 1000 και είναι οργανωμένες σε οκτάδες.

Γ. Προγραμματισμός PLC

Ο προγραμματισμός ενός PLC μπορεί να γίνει χρησιμοποιώντας μια από τις τρεις γλώσσες προγραμματισμού που διατίθενται. Οι γλώσσες αυτές είναι:

- Γλώσσα λίστας εντολών (Statement List - STL).
- Γλώσσα ηλεκτρολογικών γραφικών (Ladder Diagram - LAD).
- Γλώσσα λογικών γραφικών (Control System Flowchart - CSF) ή διάγραμμα λογικών γραφικών (Function Block Diagram-FBD).

Η πρώτη μοιάζει με τις εντολές των χρησιμοποιούμενων γλωσσών προγραμματισμού, ιδίως με αυτές της assembly. Η χρήση της απαιτεί στοιχειώδεις γνώσεις προγραμματισμού.

Η δεύτερη είναι γραφική και τα σύμβολα που χρησιμοποιεί μοιάζουν με αυτά των κλασικών ηλεκτρολογικών αυτοματισμών, επιτρέποντας την εύκολη μεταφορά ενός ηλεκτρολογικού σχεδίου σε πρόγραμμα.

Η τρίτη είναι και αυτή γραφική, αλλά εδώ τα σύμβολα έχουν την μορφή των λογικών συμβόλων, επιτρέποντας έτσι την εύκολη μεταφορά λογικών πράξεων σε πρόγραμμα.

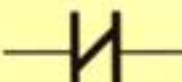
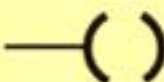
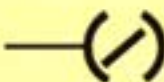
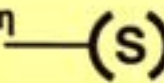
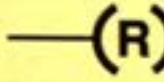
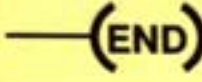
Να σημειώσουμε εδώ ότι οι εντολές στις διάφορες γλώσσες αλληλάζουν ανάλογα με την εταιρεία. Για το λόγο αυτό πριν προχωρήσετε στον προγραμματισμό είναι απαραίτητο να μελετήσετε τις οδηγίες (instruction set) του κατασκευαστή.

Το πρόγραμμα στο PLC εκτελείται συνεχώς κυκλικά. Όταν δηλαδή εκτελεστεί και η τελευταία εντολή (END), η διαδικασία δεν σταματά (όπως συμβαίνει στα προγράμματα με τις γνωστές γλώσσες προγραμματισμού), αλλά αυτόματα αρχίζει πάλι από την αρχή.

Στις ασκήσεις που θα ακολουθήσουν θα χρησιμοποιήσουμε τη γλώσσα Ladder.

Συμπληρωματικά σε μερικές ασκήσεις θα δίνονται τα προγράμματα και στις δύο άλλες γλώσσες προγραμματισμού. Επίσης στο Παράρτημα Β δίνονται οι κυριότερες εντολές σε γλώσσα λογικών συναρτήσεων, ώστε να μπορείτε να καταλάβετε τα προγράμματα που δίνονται.

Τα βασικά στοιχεία ενός προγράμματος σε γλώσσα Ladder, είναι αυτά που φαίνονται στο σχήμα 2.4.

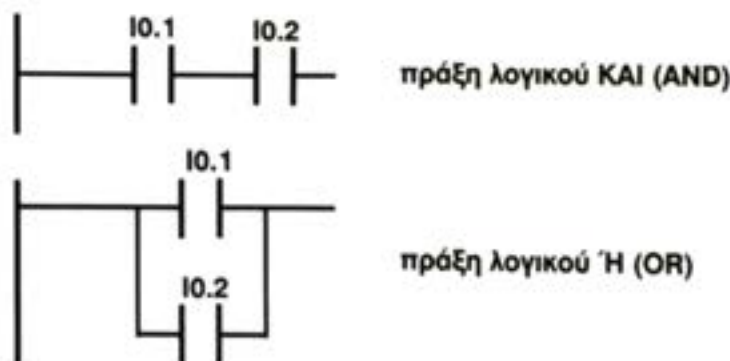
- α) Κανονικά ανοικτή επαφή : NO
Δίνει λογικό 1 όταν η παράμετρος γίνει 1. 
- β) Κανονικά κλειστή επαφή : NC
Δίνει λογικό 1 όταν η παράμετρος γίνει 0. 
- γ) Σύνδεση :  Οριζόντια : Συνδέει τα στοιχεία του προγράμματος σε σειρά.
 Κάθετη : Συνδέει τα στοιχεία του προγράμματος παράλληλα.
- δ) Άμεση έξοδος του προγράμματος :
Ενεργοποιείται όταν φθάνει λογικό 1. 
- ε) Αντίστροφη (ή συμπληρωματική) έξοδος του προγράμματος: Ενεργοποιείται όταν φθάνει λογικό 0. 
- στ) Έξοδος SET : Είναι συνεχώς ενεργοποιημένη όταν φθάσει μια φορά λογικό 1 (και δεν έχει ακολουθήσει ενεργοποίηση της αντίστοιχης RESET) 
- ζ) Έξοδος RESET : Είναι συνεχώς απενεργοποιημένη όταν περάσει μια φορά λογικό 1. (απενεργοποιεί μια έξοδο που έχει ενεργοποιηθεί με SET). 
- η) Τέλος προγράμματος 

Σχήμα 2.4: Βασικά στοιχεία προγράμματος σε γλώσσα Ladder για τον προγραμματισμό PLC

Μερικές σημαντικές παρατηρήσεις για την κατάστρωση ενός προγράμματος είναι:

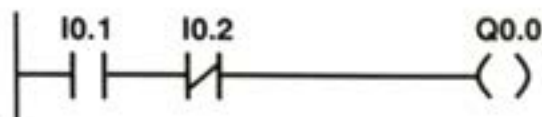
- Οι επαφές (contacts) μπορεί να αντιστοιχούν (να έχουν ονομασία) σε:
 - Εισόδους, με πρώτο σύμβολο I.
 - Εσωτερικά στοιχεία μνήμης (markers), με πρώτο σύμβολο M.
 - Εξόδους, με πρώτο σύμβολο Q.
- Οι έξοδοι (coils) του προγράμματος μπορεί να αντιστοιχούν (να έχουν ονομασία) σε:
 - Εξόδους, με πρώτο σύμβολο Q.
 - Εσωτερικά στοιχεία μνήμης, με πρώτο σύμβολο M.
- Το πρόγραμμα γράφεται πάντα για κύκλωμα σε κατάσταση ηρεμίας (δηλαδή έτοιμο να λειτουργήσει, αλλά πριν ξεκινήσει η διεργασία).
- Η έξοδος είναι πάντα το τελευταίο στοιχείο σε μια γραμμή στοιχείων προγράμματος.
- Στο πρόγραμμα δεν μπορεί δύο διαφορετικές γραμμές στοιχείων προγράμματος να καταλήγουν σε εξόδους (coils) με την ίδια ονομασία.
- Σε ένα πρόγραμμα PLC αποφεύγουμε να δίνουμε αρχικές τιμές, αφού λόγω της κυκλικής εκτέλεσης του προγράμματος, σε περίπτωση λανθασμένου σχεδιασμού, αυτές θα επανέρχονται συνεχώς (συνήθως υπάρχουν ειδικές θέσεις μνήμης που διαβάζονται στην εκτέλεση μόνο του πρώτου κύκλου).
- Τα προγράμματα τελειώνουν πάντα με την εντολή END.

Κατά τη σχεδίαση ενός προγράμματος σε γλώσσα Ladder τα στοιχεία - εντολές συνδεσμοποιούνται με βάση το λογικό ΚΑΙ (π.χ. "όταν κλείσω το διακόπτη S1 ΚΑΙ το διακόπτη S2") ή το λογικό Ή (π.χ. "όταν κλείσω το διακόπτη S1 Ή το διακόπτη S2"). Στο σχήμα 2.5 βλέπουμε πώς γράφεται το πρόγραμμα που υλοποιεί τη λογική πράξη ΚΑΙ (AND) και τη λογική πράξη Ή (OR), όπου ο διακόπτης S1 αντιστοιχεί στην επαφή I0.1 και ο S2 στην I0.2 (όταν οι διακόπτες S1 και S2 έχουν μία επαφή NO).



Σχήμα 2.5: Πράξεις λογικού ΚΑΙ και λογικού Ή στη γλώσσα Ladder

Το αποτέλεσμα μιας λογικής πρότασης είναι να ενεργοποιείται μία έξοδος, που είναι και το τελευταίο στοιχείο της. Στο σχήμα 2.6 φαίνεται το κύκλωμα που υλοποιεί την πρόταση "όταν κλείσει ο διακόπτης S1 ΚΑΙ δεν κλείσει ο διακόπτης S2 ΤΟΤΕ ενεργοποιείται η ενδεικτική λυχνία". Οι διακόπτες S1 και S2 (με μία Ν0 επαφή ο καθένας) αντιστοιχούν στις εισόδους I0.1 και I0.2 αντίστοιχα, ενώ η λυχνία συνδέεται στην έξοδο Q0.0.

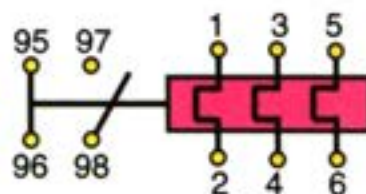


Σχήμα 2.6: Ενεργοποίηση εξόδου

Στο σχήμα 2.6 προσέξτε ότι η έκφραση "όταν κλείσει ο διακόπτης S1..." υλοποιείται στο πρόγραμμα με μία ανοικτή επαφή, ενώ η έκφραση "... ΚΑΙ δεν κλείσει ο διακόπτης S2..." υλοποιείται με μία κλειστή επαφή (εφ' όσον οι S1 και S2 έχουν μία επαφή Ν0). Περισσότερα για τον τρόπο προγραμματισμού θα δούμε σε επόμενες ασκήσεις.

Δ. Λειτουργία θερμικού

Με τον όρο *θερμικό* εννοούμε το θερμικό ηλεκτρονόμο υπερφόρτισης με διμεταλλικά στοιχεία. Αποτελεί το πιο συνηθισμένο μέσο προστασίας κινητήρων από υπερφόρτιση.

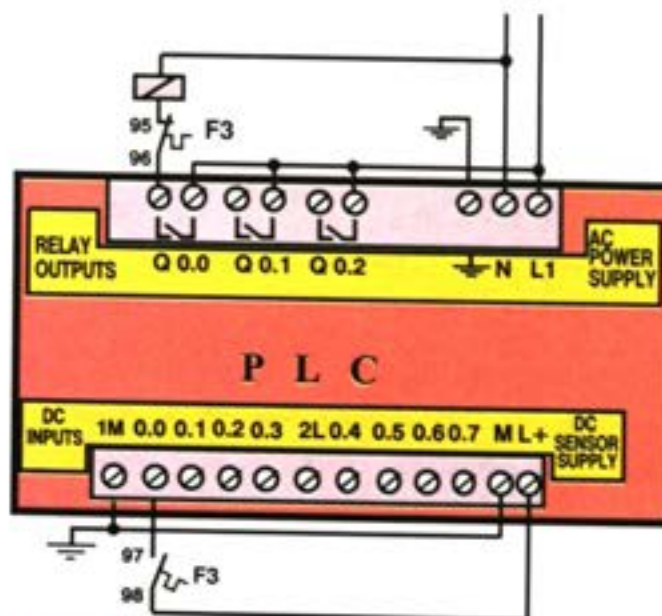


Σχήμα 2.7: Σχηματική παράσταση θερμικού

Για την λειτουργία του θερμικού μπορείτε να ανατρέξετε στο βιβλίο της θεωρίας.

Κατά τη σύνδεση των βοηθητικών επαφών ενός θερμικού στα κυκλώματα εισόδων-εξόδων του PLC, η NC βοηθητική επαφή (95-96), δε χρησιμοποιείται σαν είσοδος του PLC (αν και στον κλασικό αυτοματισμό τοποθετείται στο κύκλωμα ελέγχου), αλλά συνδέεται στην έξοδό του που ενεργοποιεί το ρελέ ισχύος (συνδέεται σε σειρά με το πηνίο του ρελέ) το οποίο ελέγχει τη λειτουργία του κινητήρα που προστατεύει το θερμικό. Αντίθετα η Ν0 επαφή (97-98) χρησιμοποιείται σαν είσοδος του PLC.

Στο σχήμα 2.8 φαίνεται πώς συνδέονται οι βοηθητικές επαφές σε ένα PLC με εξόδους ρελέ.



Σχήμα 2.8: Τρόπος σύνδεσης των βοηθητικών επαφών 95-96 και 97-98 του θερμικού

Διαδικασία

Κατά την εκτέλεση της άσκησης ακολουθήστε τα εξής βήματα:

A. Σύνδεση στοιχείων εισόδου και εξόδου στο PLC

1. Από το φυλλάδιο οδηγιών της εταιρείας αναγνωρίστε το είδος των εισόδων και των εξόδων του PLC που θα χρησιμοποιήσετε.
2. Αφού συμβουλευτείτε το φυλλάδιο οδηγιών της εταιρείας, συνδέστε στις εισόδους I0.0, I0.1 και I0.2 τις NO επαφές των διακοπών S1, S2 και S3 αντίστοιχα.
3. Αφού συμβουλευτείτε το φυλλάδιο οδηγιών της εταιρείας, συνδέστε στην έξοδο Q0.0 μια ενδεικτική λυχνία.
4. Συνδέστε στο PLC το καλώδιο τροφοδοσίας.
5. Συνδέστε το PLC με τον Η/Υ με το ειδικό καλώδιο επικοινωνίας και ελέγξτε τους μικροδιακόπτες, ώστε να εξασφαλίζεται ο σωστός ρυθμός μετάδοσης πληροφοριών.
6. **Ο καθηγητής σας να ελέγξει τις προηγούμενες συνδέσεις.**
7. Ηλεκτροδοτήστε τις συσκευές σας.

B. Δημιουργία απλού προγράμματος σε γλώσσα Ladder

1. Ενεργοποιήστε το λογισμικό προγραμματισμού και ελέγχου του PLC.

2. Αν ζητηθεί, δώστε τον τύπο του PLC που χρησιμοποιείτε.
3. Αναζητείστε την εντολή *Communication*. Ενεργοποιείστε την εντολή αυτή και ρυθμίστε τη θύρα και τον ρυθμό μετάδοσης δεδομένων που έχετε επιλέξει.
4. Ελέγξτε τη διαμόρφωση. Αναζητείστε την εντολή *Configure*. Ελέγξτε αν και εδώ ο ρυθμός μετάδοσης είναι αυτός που επιλέξατε.
5. Ελέγξτε την επικοινωνία μεταξύ PLC και Η/Υ. Αν δεν θυμάστε πώς γίνεται συμβουλευτείτε την προηγούμενη άσκηση.
6. Τοποθετείστε το PLC σε κατάσταση STOP.
7. Σβήστε τη μνήμη του PLC με τη βοήθεια της εντολής *Clear/Reset*, ώστε να μπορέσετε να μεταφέρετε το πρόγραμμά σας.
8. Βεβαιωθείτε ότι είστε στο περιβάλλον Ladder. Γράψτε στον υπολογιστή το πρόγραμμα (σε γλώσσα Ladder) που να υλοποιεί την εξής πράξη:

"Αν (κλείσω το διακόπτη S1 Η το διακόπτη S2) ΚΑΙ δεν κλείσω τον S3 TOTE να ανάψει η ενδεικτική λυχνία".
 Η παρένθεση είναι βοηθητική για τη σειρά εκτέλεσης των πράξεων που θα πραγματοποιήσετε. Θυμίζουμε ότι χρησιμοποιούμε τις NO επαφές των διακοπών.

Προσέξτε! Οι ονομασίες των εισόδων που θα χρησιμοποιήσετε να αντιστοιχούν στα σωστά εξαρτήματα που έχετε συνδέσει στο PLC.

9. Προχωρήστε στην αποσφαλμάτωση του προγράμματος. Αναζητήστε την εντολή *Compile*.

Προσοχή: με τον τρόπο αυτό βρίσκουμε τα συντακτικά λάθη του προγράμματος, δηλαδή λάθη που εμποδίζουν τη μετατροπή του προγράμματος σε γλώσσα μηχανής. Έτσι όμως δεν εξασφαλίζεται ότι το πρόγραμμα που σχεδιάσατε εκτελεί σωστά τις λειτουργίες που θέλετε (δεν εντοπίζονται λειτουργικά λάθη).

Πριν προχωρήσετε ζητήστε από τον καθηγητή σας να ελέγξει το πρόγραμμά σας.

10. Αποθηκεύστε το πρόγραμμα σε κατάλογο και με όνομα που θα σας ορίσει ο καθηγητής σας.
11. Μεταφέρετε το πρόγραμμα στο PLC. Ενεργοποιήστε την εντολή *Download*.
12. Τοποθετήστε το PLC σε κατάσταση RUN.
13. Ανοίξτε όλους τους διακόπτες.
14. Κλείστε το διακόπτη S1. Τι παρατηρείτε;
15. Με κλειστό το διακόπτη S1, κλείστε και τον S2. Τι παρατηρείτε;
16. Ανοίξτε ο διακόπτη S1. Τι παρατηρείτε;
17. Με κλειστό το διακόπτη S2, κλείστε και τον S3. Τι παρατηρείτε;
18. Κλείστε την τροφοδοσία του PLC. Αποσυνδέστε τα στοιχεία εισόδου και εξόδου.

Γ. Σύνδεση θερμικού

1. Συνδέστε την επαφή 97-98 του θερμικού στην είσοδο I0.0 και την 95-96 με μια ενδεικτική λυχνία σε σειρά

στην έξοδο Q0.0, σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή (μπορείτε να συμβουλευτείτε και το σχήμα 2.8). Επίσης συνδέστε μια δεύτερη ενδεικτική ρυθνία στην έξοδο Q0.1.

2. Γράψτε σε γλώσσα Ladder πρόγραμμα για τη λειτουργία του θερμικού:

"Με το θερμικό απενεργοποιημένο είναι ενεργοποιημένη η έξοδος Q0.0, ενώ ενεργοποίηση του θερμικού ενεργοποιεί την Q0.1".

Σημείωση: κάθε φορά να είναι ενεργοποιημένη μια μόνο έξοδος.

3. Κάνετε όλες τις απαραίτητες ενέργειες για να αποσφαλματώσετε το πρόγραμμα και να το φορτώσετε στο PLC.
4. **Ζητείστε από τον καθηγητή σας να ελέγξει το πρόγραμμά σας.**
5. Ηλεκτροδοτήστε το PLC. Ποιά έξοδος ενεργοποιείται;
6. Ενεργοποιείτε το θερμικό με τη βοήθεια του εξωτερικού χειριστηρίου δοκιμής του (Test). Τι αλλαγή παρατηρείτε στις εξόδους;
7. Σταματήστε την ηλεκτροδότηση του PLC. Αποσυνδέστε όλα τα εξαρτήματα από τις εισόδους και τις εξόδους του.

Δ. Λειτουργία της μονάδας προσομοίωσης

1. Γράψτε σε γλώσσα Ladder ένα πρόγραμμα που να υλοποιεί την εξής εντολή:

"Αν ενεργοποιηθεί (η είσοδος I0.0 ή η είσοδος I0.1) και (η είσοδος I0.2 ή η είσοδος I0.3) τότε να ενεργοποιηθεί η έξοδος Q0.0"

2. Κάνετε όλες τις απαιτούμενες ενέργειες, ώστε να μεταφέρετε το πρόγραμμα στο PLC.
3. Συνδέστε στις εισόδους του PLC τον κατάλληλο προσομοιωτή εισόδων.
4. **Πριν προχωρήσετε ζητείστε από τον καθηγητή σας να ελέγξει το πρόγραμμά σας.**
5. Με τη βοήθεια των διακοπών συμπληρώστε τον πίνακα αληθείας της κατασκευής σας. Είναι ο αναμενόμενος;
6. Κλείστε όλες τις συσκευές και αποσυνδέστε τον προσομοιωτή.

Ε. Παρατηρήσεις - Συμπεράσματα

Άσκηση 3

Αυτόματη εκκίνηση Ασύγχρονου Τριφασικού Κινητήρα Βραχυκυκλωμένου Δρομέα



Στόχοι της άσκησης

διάρκεια άσκησης: 6 διδακτικές ώρες

Στο τέλος της άσκησης οι μαθητές θα είναι ικανοί:

- ⇒ να επιλέγουν τα κατάλληλα όργανα και υλικά για τη κατασκευή ενός κυκλώματος αυτόματης εκκίνησης ενός ΑΤΚΒΔ, με χρήση προγραμματιζόμενου λογικού ελεγκτή (PLC).
- ⇒ να πραγματοποιούν το κύριο κύκλωμα τροφοδοσίας του κινητήρα.
- ⇒ να συνδέουν όλα τα απαραίτητα εξαρτήματα, στο PLC.
- ⇒ να σχεδιάζουν ένα ολοκληρωμένο πρόγραμμα χρησιμοποιώντας μία από τις μεθόδους που παρουσιάζονται.
- ⇒ να γράφουν στον υπολογιστή ένα απλό ολοκληρωμένο πρόγραμμα ελέγχου λειτουργίας ενός τριφασικού κινητήρα.

Απαραίτητα εξαρτήματα

Για την πραγματοποίηση της άσκησης είναι απαραίτητα τα εξής υλικά:

- ✓ Μία διάτρητη πινακίδα με ράγες
- ✓ Ένα PLC τουλάχιστον 3 εισόδων, 3 εξόδων
- ✓ Μία μονάδα προσομοίωσης εισόδων
- ✓ Ένα μπουτόν start, με μία επαφή NO
- ✓ Ένα μπουτόν stop με μία επαφή NC
- ✓ Ένας τριφασικός ασφαλειοδιακόπτης τουλάχιστον 16 A
- ✓ Ένα ρελέ ισχύος (πηνίο 230V_{AC})
- ✓ Ένας μονοπολικός διακόπτης ON-OFF
- ✓ Μία ασφάλεια
- ✓ Δύο ενδεικτικές βυχνίες
- ✓ Ένα θερμικό με μία NO και μία NC επαφή
- ✓ Ένας ασύγχρονος τριφασικός κινητήρας βραχυκυκλωμένου δρομέα
- ✓ Κλέμες ράγας για τις απαραίτητες καλωδιώσεις

Βασική θεωρία

A. Μέθοδοι σχεδιασμού προγραμμάτων σε γλώσσα Ladder

Από τις προηγούμενες ασκήσεις γνωρίζετε πώς δημιουργούμε ένα απλό πρόγραμμα σε γλώσσα Ladder, προκει-

μένου να υλοποιήσουμε έναν αυτοματισμό. Όταν όμως το πρόβλημα είναι αρκετά σύνθετο, θα πρέπει να ακολουθούμε μια συστηματική μέθοδο, ώστε να μπορέσουμε να σχεδιάσουμε με επιτυχία το κατάλληλο πρόγραμμα.

Για το σχεδιασμό ενός προγράμματος για PLC, υπάρχουν τέσσερις τεχνικές:

1. Σχεδιάζεται πρώτα το κύκλωμα του κλασικού αυτοματισμού και στη συνέχεια "μεταφράζεται" σε γλώσσα Ladder.
2. Σχεδιάζεται το διάγραμμα ροής που επιλύει το πρόβλημα και γράφουμε το πρόγραμμα με βάση το διάγραμμα αυτό.
3. Σχεδιάζεται το διάγραμμα φάσεων που επιλύει το πρόβλημα και γράφουμε το πρόγραμμα με βάση το διάγραμμα αυτό.
4. Βρίσκεται πρώτα η λογική συνάρτηση του προβλήματος και στη συνέχεια γράφεται το πρόγραμμα σε γλώσσα προγραμματισμού PLC με βάση τη λογική συνάρτηση.

Στις απλές εφαρμογές ή σε αυτές που υπάρχει έτοιμο το βοηθητικό κύκλωμα του κλασικού αυτοματισμού, προτιμάται η πρώτη μέθοδος, ενώ στις πιο σύνθετες η δεύτερη ή η τρίτη. Η τέταρτη μέθοδος είναι αρκετά δύσκολη και δεν προτείνεται η εφαρμογή της. Στις επόμενες ασκήσεις θα χρησιμοποιήσουμε τις δύο πρώτες μεθόδους, ενώ στις ασκήσεις 18 και 19 θα παρουσιαστεί η τρίτη μέθοδος κατάστρωσης ενός προγράμματος PLC. Ας δούμε τώρα πιο αναλυτικά τις δύο πρώτες μεθόδους.

Σύμφωνα με την πρώτη μέθοδο ακολουθούμε τα εξής βήματα:

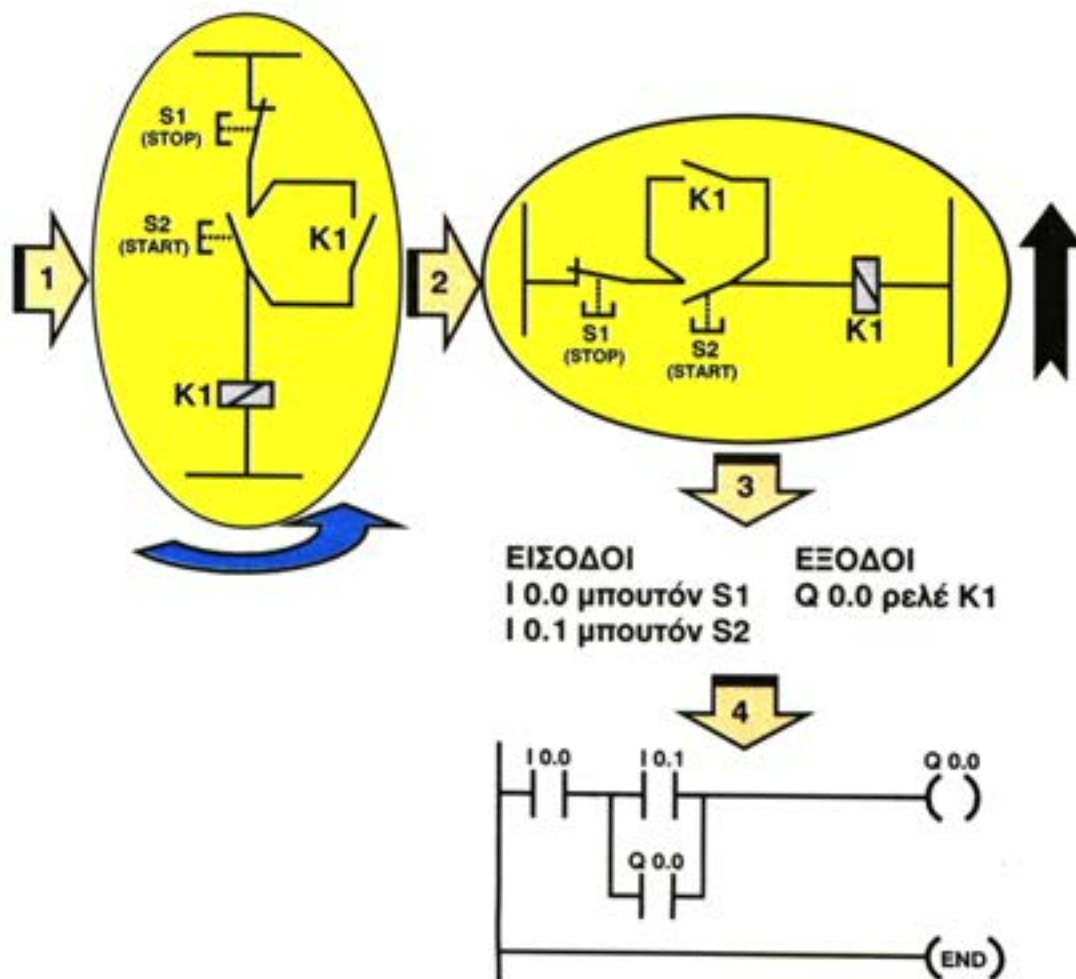
1. Σχεδιάζουμε το βοηθητικό κύκλωμα του κλασικού αυτοματισμού.
2. Το περιστρέφουμε αριστερά κατά 90° όπως φαίνεται στο σχήμα 3.1.
3. Δημιουργούμε πίνακα εισόδων - εξόδων.
4. Μετατρέπουμε το κύκλωμα σε Ladder, ξεκινώντας από κάτω προς τα πάνω, ακολουθώντας τις παρατηρήσεις:
 - Οι εισοδοί προγραμματίζονται σε επαφές ως εξής:
 - Μία NC είσοδος προγραμματίζεται σαν NC επαφή, αν επιθυμούμε να στέλνει λογικό "0", διαφορετικά προγραμματίζεται σαν NO (π.χ. είσοδος μπουτόν STOP).
 - Μία NO είσοδος προγραμματίζεται σαν NO επαφή, αν επιθυμούμε να στέλνει λογικό "0" (π.χ. είσοδος μπουτόν START), διαφορετικά προγραμματίζεται σαν NC.

Λογικό "0" σημαίνει ότι στο κύκλωμα του κλασικού αυτοματισμού η είσοδος συμβολίζεται με μία NO επαφή, ενώ για λογικό "1" συμβολίζεται με NC (ανεξάρτητα από το είδος των χρησιμοποιούμενων εισόδων).

Προσοχή: η κατάσταση των επαφών και ο προγραμματισμός που περιγράφεται είναι όταν το κύκλωμα είναι σε κατάσταση ηρεμίας, δηλαδή έτοιμο να λειτουργήσει (πριν όμως ξεκινήσει η λειτουργία του).

- Τα πηνία των ρελέ ισχύος προγραμματίζονται ως εξοδοί του PLC (Q), ενώ τα πηνία των βοηθητικών ρελέ προγραμματίζονται σαν βοηθητικές μνήμες (Markers).
- Οι επαφές των ρελέ και των βοηθητικών μνημών προγραμματίζονται σε ίδιες επαφές (ανοικτές ή κλειστές).
- Προτείνεται η ομαδοποίηση τμημάτων του κυκλώματος (κυρίως σε μεγάλες εφαρμογές) και η αντικατάστασή τους στο πρόγραμμα με markers.

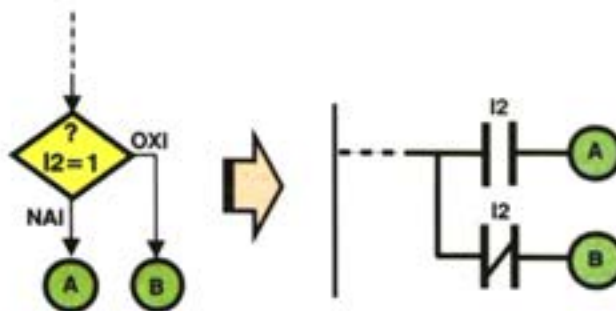
Στο σχήμα 3.1 βλέπουμε πώς εφαρμόζεται η μέθοδος αυτή σε ένα κύκλωμα ενεργοποίησης και απενεργοποίησης ενός ρελέ.



Σχήμα 3.1: Μετατροπή κλασσικού αυτοματισμού σε γλώσσα Ladder

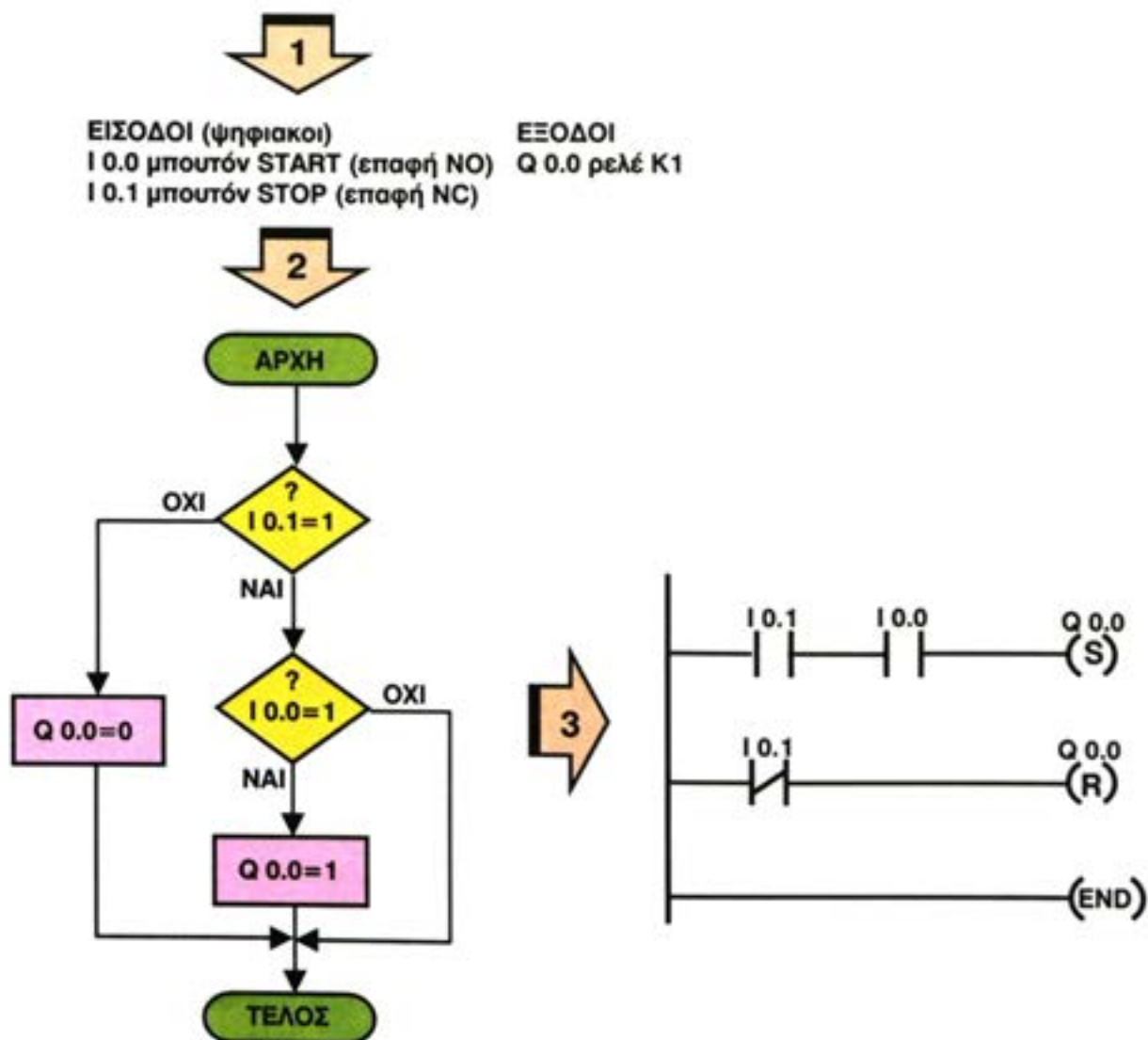
Σύμφωνα με τη δεύτερη μέθοδο ακολουθούμε τα εξής βήματα:

1. Καταγράφουμε τις εισόδους και τις εξόδους του προβλήματος.
2. Σχεδιάζουμε το διάγραμμα ροής που επιλύει το πρόβλημα.
3. Αν το πρόβλημα είναι αρκετά σύνθετο το χωρίζουμε σε ανεξάρτητα μέρη και υλοποιούμε το κάθε ένα με ένα διάγραμμα ροής.
4. Μετατρέπουμε το διάγραμμα ροής σε γλώσσα Ladder ακολουθώντας τις εξής παρατηρήσεις:
 - Η ενεργοποίηση και απενεργοποίηση των εξόδων γίνεται με εντολές SET και RESET.
 - Διακλάδωση που οδηγεί στο τέλος του προγράμματος χωρίς ενδιάμεση εντολή παραλείπεται.
 - Ο προγραμματισμός των εξόδων ενός ρόμβου γίνεται όπως στο σχήμα 3.2 (όπου A και B είναι ομάδες εντολών).
 - Συγκεντρώνονται οι γραμμές που καταλήγουν σε εξόδους (coils) με την ίδια ονομασία.



Σχήμα 3.2: Μετατροπή ρόμβου διαγράμματος ροής σε Ladder

Στο σχήμα 3.3 βλέπουμε πώς εφαρμόζεται η μέθοδος αυτή στο προηγούμενο πρόβλημα ενεργοποίησης και απενεργοποίησης ενός ρελέ.



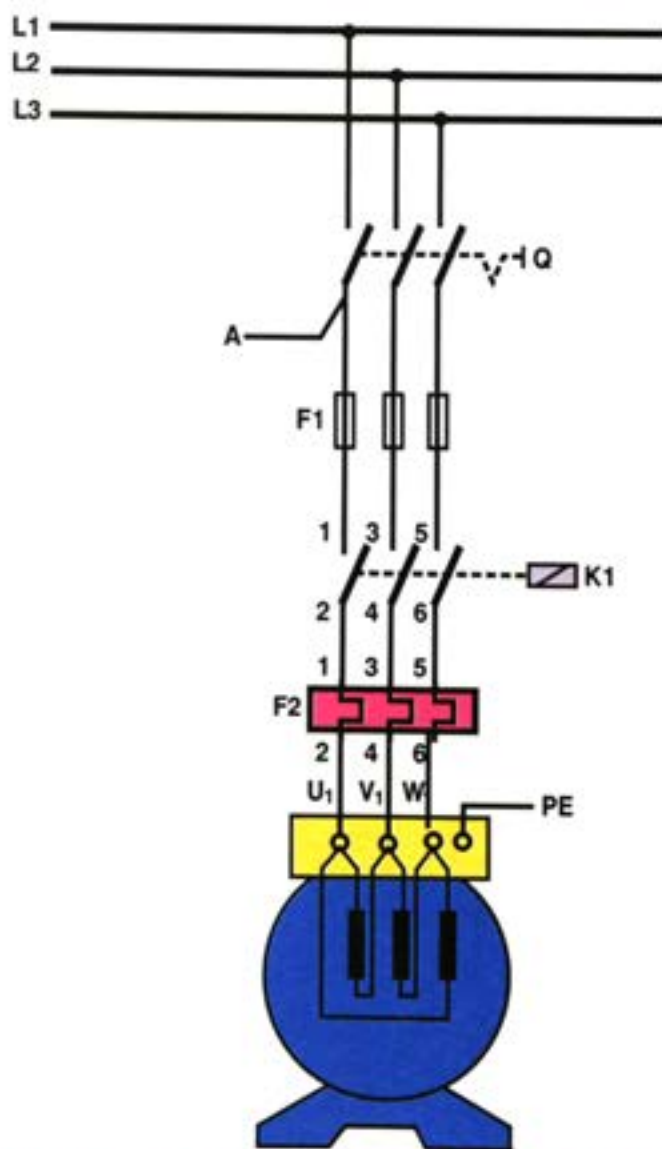
Σχήμα 3.3: Επίλυση προβλήματος με διάγραμμα ροής

Να σημειώσουμε ότι για ένα πρόβλημα μπορούμε να δημιουργήσουμε περισσότερα από ένα διαγράμματα ροής, μπορούμε δηλαδή να έχουμε περισσότερες από μία αποδεκτές λύσεις.

Β. Εκκίνηση ενός ΑΤΚΒΔ

Το κύκλωμα που θα περιγράψουμε μας επιτρέπει να ξεκινήσουμε και να σταματήσουμε ΑΤΚΒΔ χαμηλής ισχύος. Επίσης το κύκλωμα αυτό σταματά τη λειτουργία του κινητήρα σε περίπτωση υπερφόρτισής του.

Όπως γνωρίζουμε από τη θεωρία, το κύκλωμα ισχύος είναι αυτό του σχήματος 3.4. Συντοπικά μπορούμε να πούμε ότι αποτελείται από έναν τριπολικό διακόπτη φορτίου (Q), τρεις ασφάλειες βραδείας τήξεως (F1), ένα ρελέ ισχύος (K1) και το θερμικό υπερφόρτισης (F2). Η λειτουργία του εξηγείται αναλυτικά στο μάθημα της θεωρίας.



Σχήμα 3.4: Το κύκλωμα ισχύος για την εκκίνηση ενός ΑΤΚΒΔ

Το κύκλωμα ελέγχου ελέγχει τη λειτουργία του ηλεκτρονόμου ισχύος K1. Αποτελείται από ένα τυπικό κύκλω-

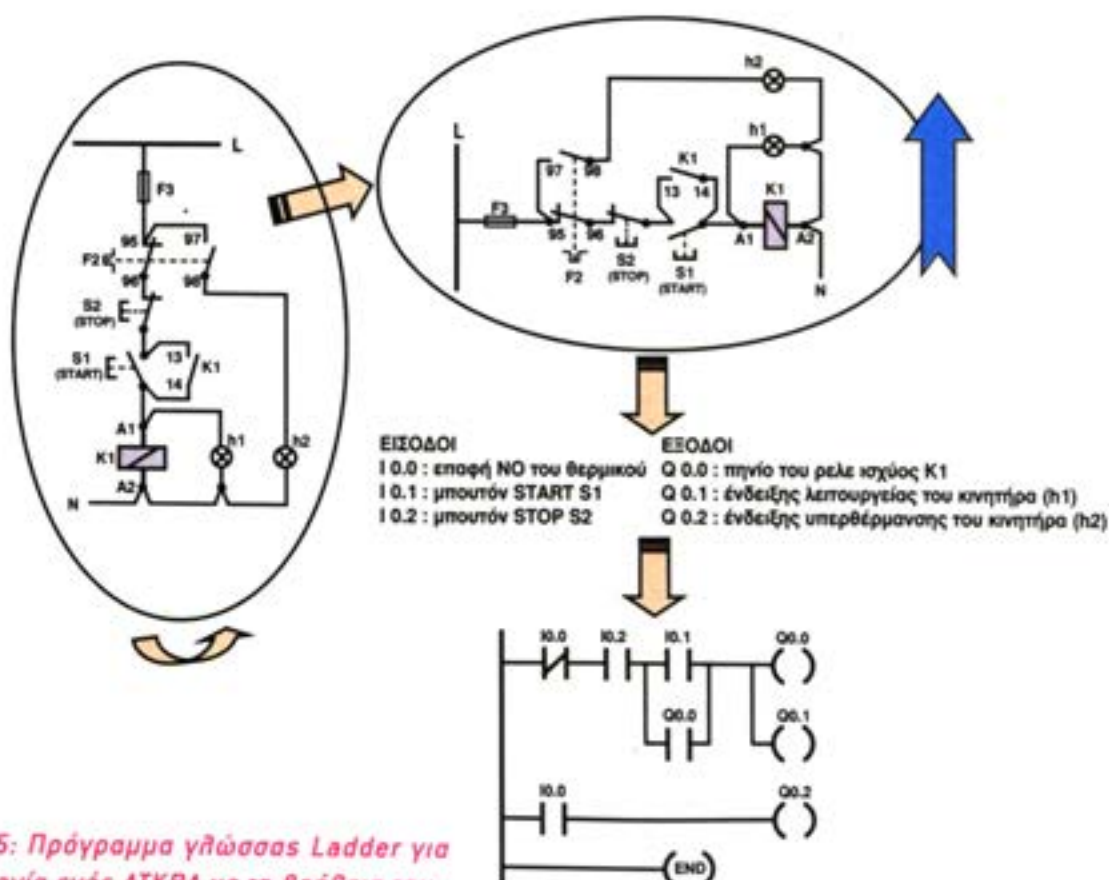
μα αυτοσυγκράτησης, με την προσθήκη του θερμικού προστασίας του κινητήρα.

Από τη θεωρία γνωρίζουμε ότι το κύκλωμα ελέγχου που χρησιμοποιεί επαφές, έχει τη μορφή που βλέπουμε στο σχήμα 3.5. Η επαφή 13-14 του ρελέ K1 βραχυκυκλώνει το μπουτόν START πραγματοποιώντας την αυτοσυγκράτηση. Οι δύο λάμπες δηλώνουν την κανονική λειτουργία (h1) ή την υπερθέρμανση (h2) του κινητήρα. Σε περίπτωση υπερθέρμανσης ανοίγει η επαφή 95-96 του θερμικού, απενεργοποιώντας τον κινητήρα, ενώ κλείνει η επαφή 97-98, ενεργοποιώντας την ενδεικτική λάμπα h2. Όπως έχουμε περιγράψει σε προηγούμενη άσκηση **μόνο η επαφή 97-98 αποτελεί είσοδο του PLC.**

Η τροφοδοσία του κυκλώματος ελέγχου κλασσικού αυτοματισμού, συνήθως γίνεται από το σημείο A του σχήματος 3.4. Σε αυτοματισμούς με χρήση PLC είναι προτιμότερο η τροφοδοσία του PLC να γίνεται απ' ευθείας από μια φάση μέσω ενός μονοπολικού διακόπτη και ασφάλειας προστασίας, ώστε PLC και κινητήρας να απομονώνονται ανεξάρτητα.

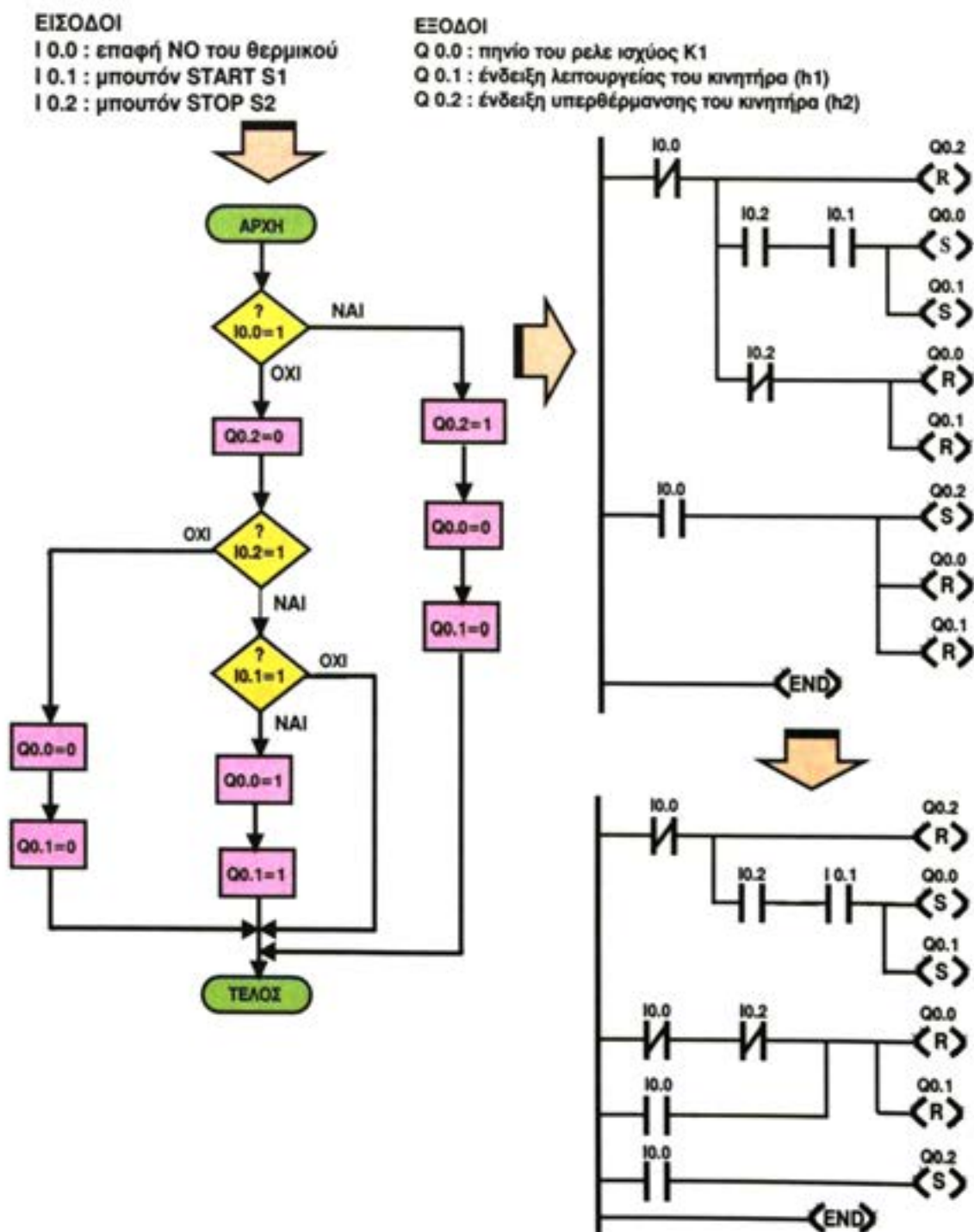
Το θερμικό ρυθμίζεται στην τιμή του ονομαστικού ρεύματος λειτουργίας του κινητήρα, αφού το κύκλωμα ισχύος του θερμικού διαρρέεται από το ρεύμα αυτό.

Αφού το κύκλωμα ελέγχου με επαφές είναι γνωστό, για να δημιουργήσουμε το πρόγραμμα σε γλώσσα Ladder για PLC, μπορούμε να εφαρμόσουμε την τεχνική της μεταφοράς του κλασσικού αυτοματισμού σε γλώσσα Ladder (βλέπε σχήμα 3.5). Έτσι αφού αντικαταστήσουμε εισόδους, εξόδους και εσωτερικές επαφές με τα αντίστοιχα σύμβολα, προκύπτει το πρόγραμμα που βλέπουμε στο σχήμα 3.5.



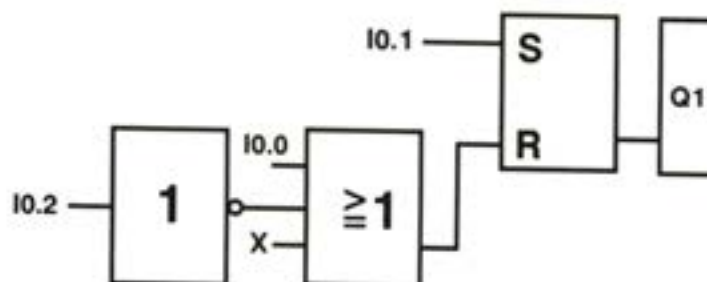
Σχήμα 3.5: Πρόγραμμα γλώσσας Ladder για τη λειτουργία ενός ΑΤΚΒΔ με τη βοήθεια του βοηθητικού κυκλώματος κλασσικού αυτοματισμού

Χρησιμοποιώντας τη μέθοδο του διαγράμματος ροής, τροποποιούμε το διάγραμμα που είδαμε στο σχήμα 3.2, προσθέτοντας μία είσοδο για το θερμικό στοιχείο. Έτσι στο σχήμα 3.6 παρουσιάζεται η δημιουργία του προγράμματος Ladder μέσω του διαγράμματος ροής.



Σχήμα 3.6: Πρόγραμμα γλώσσας Ladder για τη λειτουργία ενός ΑΤΚΒΔ με τη βοήθεια διαγράμματος ροής

Η χρησιμοποίηση των εξόδων SET και RESET μας δίνει τη δυνατότητα να ενεργοποιήσουμε και να απενεργοποιήσουμε μία έξοδο σε όποιο σημείο του προγράμματος επιθυμούμε. Αντίθετα, κατά την ενεργοποίηση μιας εξόδου με αυτοσυγκράτηση μέσω επαφής του ρελέ ισχύος, η ενεργοποίηση και η απενεργοποίηση πρέπει να γίνονται στην ίδια γραμμή.



Σχήμα 3.7: Πρόγραμμα γλώσσας FBD για τη λειτουργία ΑΤΚΒΔ

Στο σχήμα 3.7 βλέπουμε το πρόγραμμα εκκίνησης ενός ασύγχρονου τριφασικού κινητήρα (χωρίς ενεργοποίηση ενδεικτικών ρυθμιών) σε γλώσσα λογικών συναρτήσεων.

Διαδικασία

Κατά την εκτέλεση της άσκησης ακολουθήστε τα εξής βήματα:

A. Δημιουργία του κυκλώματος ισχύος

1. Δημιουργήστε το κύκλωμα του σχήματος 3.4.
2. Ρυθμίστε το θερμικό.
3. Συνδέστε τη τροφοδοσία του PLC σε μία φάση του δικτύου μέσω του μονοφασικού διακόπτη και κατάλληλης ασφάλειας προστασίας.

B. Σύνδεση Η/Υ και PLC

1. Συνδέστε τον υπολογιστή με το PLC μέσω του ειδικού καλωδίου. Ελέγξτε τη ρύθμιση των μικροδιακοπών του καλωδίου, ώστε να εξασφαλίζεται ο ρυθμός μετάδοσης που δίνει ο κατασκευαστής.
2. Ενεργοποιείτε το λογισμικό προγραμματισμού του PLC. Αν σας ζητήσει πληροφορίες για τον τύπο του PLC που χρησιμοποιείτε, δώστε tes.
3. Ελέγξτε αν έχει επιλεγεί η σωστή θύρα επικοινωνίας (συνήθως μέσα από εντολή της μορφής Setup/ Communications) και ο σωστός ρυθμός μετάδοσης.
4. Ελέγξτε τη διαμόρφωση (εντολή Configure). Ελέγξτε αν και εδώ ο ρυθμός μετάδοσης είναι αυτός που επιλέξατε.

5. Ελέγξτε την επικοινωνία μεταξύ Η/Υ και PLC. Ρυθμίστε τους διακόπτες λειτουργίας στην πρόσψη του PLC σύμφωνα με το φυλλάδιο οδηγιών του κατασκευαστή, ώστε να έχετε τον έλεγχο του PLC μέσω του υπολογιστή.
6. Δώστε, μέσω του προγράμματος, την εντολή RUN και ελέγξτε αν στο PLC άναψε το αντίστοιχο Led. Στη συνέχεια δώστε την εντολή STOP και ελέγξτε ξανά τη λειτουργία των ενδεικτικών Led της συσκευής.
7. Αν μπορούμε να αλληλίζουμε τις καταστάσεις του PLC μέσω του Η/Υ, η σύνδεση είναι επιτυχής. Αν όχι ελέγξτε κατά σειρά:
 - Καλή σύνδεση του καλωδίου επικοινωνίας.
 - Επιλογή του σωστού ρυθμού μετάδοσης δεδομένων.
 - Επιλογή της σωστής θύρας επικοινωνίας.

Γ. Κατάστρωση του προγράμματος

1. Θέστε το PLC στη θέση STOP.
2. Σβήστε τη μνήμη του PLC (με εντολή *Clear* ή *Reset*), ώστε να μπορέσετε να μεταφέρετε το πρόγραμμά σας.
3. Βεβαιωθείτε ότι είστε στο περιβάλλον Ladder. Γράψτε στον υπολογιστή το πρόγραμμα (σε γλώσσα Ladder) που φαίνεται στο σχήμα 3.5. Σώστε το πρόγραμμα στον κατάλογο και με το όνομα που θα σας ορίσει ο καθηγητής σας. Ελέγξτε να έχει τοποθετηθεί η σωστή επέκταση.
4. Προχωρήστε στην αποσφαλμάτωση του προγράμματος μέσω της εντολής *Compile*.
5. Μεταφέρετε το πρόγραμμα στο PLC. Αναζητήστε την εντολή *Download*.

Δ. Έλεγχος του προγράμματος με προσομοιωτή

1. Τοποθετήστε το PLC στην κατάσταση RUN.
2. Συνδέστε στις εισόδους του PLC τον κατάλληλο προσομοιωτή εισόδων.
3. Ο διακόπτης της εισόδου IO.0 (αντιστοιχεί στη Ν0 επαφή του θερμικού διακόπτη) να μένει ανοικτός. Κλείστε το διακόπτη της εισόδου IO.2 (αντιστοιχεί στο μπουτόν STOP). Παρατηρήστε την κατάσταση των εξόδων.
4. Ενεργοποιήστε (κλείστε) στιγμιαία την είσοδο IO.1 (αντιστοιχεί στο μπουτόν START). Ποιά Led εξόδου ανάβει;
5. Ενεργοποιήστε (ανοίξτε) στιγμιαία την είσοδο IO.2 (αντιστοιχεί στο μπουτόν STOP). Ποιά είναι τώρα η κατάσταση των ενδεικτικών Led;
6. Ανοίξτε τον διακόπτη της εισόδου IO.2. Κλείστε στιγμιαία το διακόπτη της εισόδου IO.1. Ποιά είναι τώρα η κατάσταση των ενδεικτικών Led;
7. Κλείστε ξανά το διακόπτη της εισόδου IO.2. Κλείστε στιγμιαία το διακόπτη της εισόδου IO.1. Ανοίξτε το διακόπτη της εισόδου IO.0. Ποια είναι η κατάσταση των ενδεικτικών Led;

8. Με ανοικτό το διακόπτη της εισόδου I0.0 ενεργοποιήστε (κλείστε) στιγμιαία το διακόπτη της εισόδου I0.1. Τι παρατηρείτε;
9. Αν οι παρατηρήσεις σας κατά την εκτέλεση των βημάτων Δ3-Δ8 ήταν οι αναμενόμενες, τότε και μόνο τότε μπορείτε να συνεχίσετε στην καλωδίωση του PLC. Αν όχι τότε στο πρόγραμμα υπάρχει λειτουργικό σφάλμα. Προσπαθήστε να το εντοπίσετε και να το διορθώσετε.

Ε. Σύνδεση των στοιχείων εισόδου και εξόδου στο PLC

Να γίνεται με την παρουσία του καθηγητή

1. Διακόψτε την ηλεκτροδότηση του PLC. Συνδέστε στη μονάδα εισόδου και στη μονάδα εξόδου όλα τα απαραίτητα στοιχεία με τον τρόπο που περιγράψαμε σε προηγούμενη άσκηση. **Στο στάδιο αυτό χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή.** Επειδή η σύνδεση των στοιχείων στις εισόδους/εξόδους των PLC διαφέρουν ανάλογα με την εταιρεία και το μοντέλο, πρέπει η σύνδεση να είναι η κατάλληλη για τη συσκευή που χρησιμοποιείτε. **Είναι λοιπόν απαραίτητο να συμβουλευτείτε το τεχνικό φυλλάδιο της εταιρείας κατασκευής του PLC.** Θυμίζουμε επίσης ότι η σύνδεση του πηνίου του ρελέ στην έξοδο Q0.0 γίνεται μέσω της NC επαφής 95-96 του θερμικού.
2. ΑΝΟΙΞΤΕ ΤΟ ΔΙΑΚΟΠΤΗ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ ΤΟΥ ΚΥΚΛΩΜΑΤΟΣ ΙΣΧΥΟΣ Q.
3. Πιέστε το μπουτόν START. Ενεργοποιούνται οι σωστές εξοδοι;
4. Πιέστε το μπουτόν STOP. Τα αποτελέσματα είναι τα αναμενόμενα;
5. Πιέστε ξανά το μπουτόν START. Ενεργοποιήστε το θερμικό με τη βοήθεια του εξωτερικού χειριστηρίου δοκιμής του (Test). Ποια είναι τώρα η κατάσταση των ενδεικτικών Led;
6. Αν τα αποτελέσματα των τριών προηγούμενων ερωτήσεων είναι τα αναμενόμενα, μπορείτε να συνεχίσετε τον έλεγχο του κυκλώματος. Διαφορετικά ελέγξτε τη σύνδεση των εισόδων.
7. Ελέγξτε αν όλοι οι εισοδοι είναι στην αρχική τους κατάσταση.

ΣΤ. Τελικός έλεγχος

Να γίνεται με την παρουσία του καθηγητή

1. Κλείστε το διακόπτη Q του κυκλώματος ισχύος. Χωρίς να πατήσετε κάποιο μπουτόν, ελέγξτε την κατάσταση του κυκλώματος.
2. Πιέστε το μπουτόν START. Τι παρατηρείτε;
3. Πιέστε το μπουτόν STOP. Τι παρατηρείτε;
4. Πιέστε ξανά το μπουτόν START. Ενεργοποιήστε το θερμικό με τη βοήθεια του εξωτερικού χειριστηρίου δοκιμής του (Test). Τι παρατηρείτε;
5. ΑΝΟΙΞΤΕ ΤΟ ΔΙΑΚΟΠΤΗ Q.

Ζ. Επανάληψη της διαδικασίας για πρόγραμμα με χρήση εντολών SET-RESET

1. Θέστε το PLC στη θέση STOP.
2. Σβήστε τη μνήμη του PLC (εντολή *Clear Reset*), ώστε να μπορέσετε να μεταφέρετε το νέο σας πρόγραμμα.
3. Γράψτε στον Η/Υ το πρόγραμμα Ladder που περιγράφεται στο σχήμα 3.6. Προχωρήστε στην αποσφαλμάτωση του προγράμματος με την εντολή *Compile*. Σώστε το πρόγραμμα στον κατάλογο και με το όνομα που θα σας ορίσει ο καθηγητής σας. Ελέγξτε να έχει τοποθετηθεί η σωστή επέκταση.
4. Μεταφέρετε το πρόγραμμα στο PLC με την εντολή *Download*.
5. Θέστε το PLC στη θέση RUN.

Τα επόμενα στάδια να γίνουν με την παρουσία του καθηγητή

6. Παρατηρήστε την κατάσταση των εξόδων. Αν είναι όλα τα ενδεικτικά Led σβηστά, προχωρήστε στο επόμενο βήμα.
7. Πιέστε το μπουτόν START. Ποιο Led εξόδου ανάβει;
8. Πιέστε το μπουτόν STOP. Ποιά είναι τώρα η κατάσταση των ενδεικτικών Led;
9. Πιέστε ξανά το μπουτόν START. Ενεργοποιείστε το θερμικό με τη βοήθεια του εξωτερικού χειριστηρίου δοκιμής του (Test). Ποια είναι τώρα η κατάσταση των ενδεικτικών Led;
10. Αν οι παρατηρήσεις σας ήταν οι αναμενόμενες, τότε και μόνο τότε μπορείτε να ηλεκτροδοτήσετε το κύκλωμα ισχύος. Αν όχι τότε στο πρόγραμμα υπάρχει λειτουργικό σφάλμα. Προσπαθήστε να το εντοπίσετε και να το διορθώσετε.
11. Κλείστε το διακόπτη Q.
12. Πιέστε το μπουτόν START. Τι παρατηρείτε;
13. Πιέστε το μπουτόν STOP. Τι παρατηρείτε;
14. Ανοίξτε το διακόπτη Q και σταματήστε την ηλεκτροδότηση του PLC.
15. Αποσυνδέστε τα στοιχεία εξόδου από το PLC.

Η. Παρατηρήσεις - Συμπεράσματα

άσκηση 4

Αυτόματη εκκίνηση
και αλλαγή φοράς
περιστροφής Ασύγχρονου
Τριφασικού Κινητήρα
Βραχυκυκλωμένου Δρομέα



Στόχοι της άσκησης

διάρκεια άσκησης: 6 διδακτικές ώρες

Στο τέλος της άσκησης οι μαθητές θα είναι ικανοί:

- ⇒ να επιλέγουν τα κατάλληλα όργανα και υλικά για την κατασκευή ενός κυκλώματος αυτόματης εκκίνησης και αναστροφής ενός ΑΤΚΒΔ, με χρήση προγραμματιζόμενου λογικού ελεγκτή (PLC).
- ⇒ να πραγματοποιούν το κύριο κύκλωμα τροφοδοσίας.
- ⇒ να συνδέουν τα μπουτόν, τα ρελέ, τις ενδεικτικές λυχνίες και όλα τα άλλα απαραίτητα εξαρτήματα, στο PLC.
- ⇒ να γράφουν στον υπολογιστή προγράμματα ελέγχου της λειτουργίας ενός τριφασικού κινητήρα που κινείται δεξιόστροφα και αριστερόστροφα.

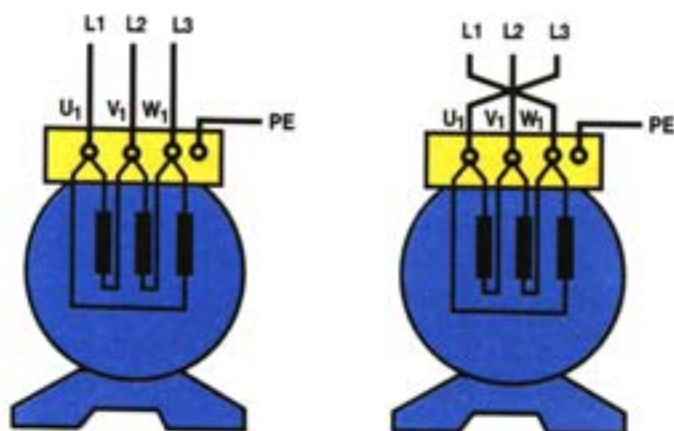
Απαραίτητα εξαρτήματα

Για την πραγματοποίηση της άσκησης είναι απαραίτητα τα εξής υλικά:

- ✓ Μία διάτρητη πινακίδα με ράγες
- ✓ Ένα PLC τουλάχιστον 4 εισόδων, 3 εξόδων
- ✓ Μία μονάδα προσομοίωσης εισόδων
- ✓ Δύο μπουτόν start, με επαφή NO
- ✓ Ένα μπουτόν stop με επαφή NC
- ✓ Ένα τριφασικό ασφαλειοδιακόπτη τουλάχιστον 16 A
- ✓ Ένας μονοπολικός διακόπτης ON-OFF
- ✓ Δύο ρελέ ισχύος (πηνία 220V_{AC})
- ✓ Ένα θερμικό με μία επαφή NC και μία επαφή NO
- ✓ Ένας ασύγχρονος τριφασικός κινητήρας βραχυκυκλωμένου δρομέα
- ✓ Κλέμες ράγας για τις απαραίτητες καλωδιώσεις

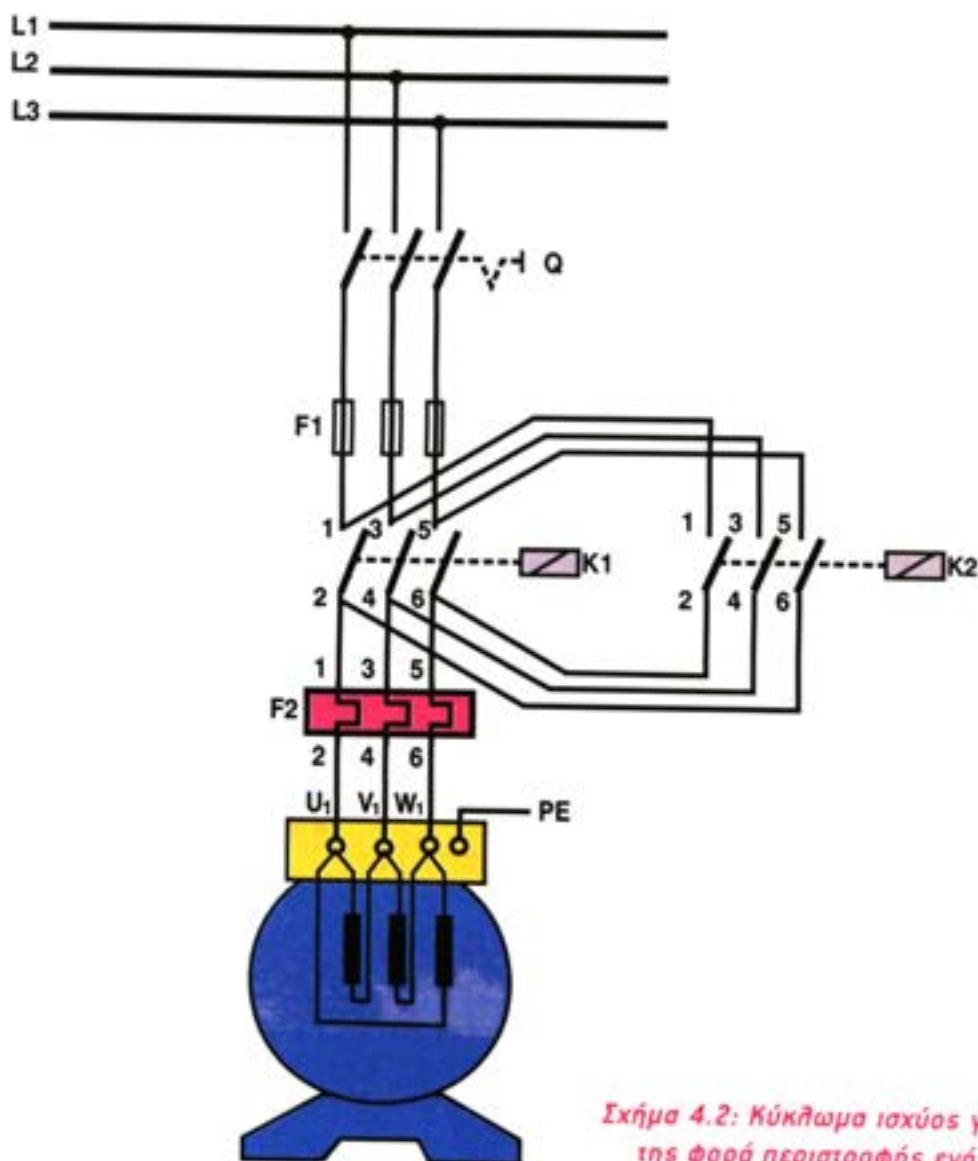
Βασική θεωρία

Σε πολλές εφαρμογές (π.χ. άνοιγμα - κλείσιμο γκαραζόπορτας) είναι απαραίτητη η χρήση ενός κινητήρα που να περιστρέφεται αλλοτε δεξιόστροφα και αλλοτε αριστερόστροφα. Για να επιτευχθεί η αλλαγή της φοράς περιστροφής του κινητήρα θα πρέπει να αλλάζουν οι δύο φάσεις τροφοδοσίας, όπως φαίνεται στο σχήμα 4.1.



Σχήμα 4.1: Τροφοδοσία των πηνίων ενός ΑΤΚΒΔ για αλλαγή της φοράς περιστροφής του

Το κύκλωμα ισχύος του αυτοματισμού είναι το ίδιο, ανεξάρτητα από την εφαρμογή και είναι αυτό που φαίνεται στο σχήμα 4.2.



Σχήμα 4.2: Κύκλωμα ισχύος για αλλαγή της φοράς περιστροφής ενός ΑΤΚΒΔ

Όπως φαίνεται στο σχήμα το κύκλωμα ισχύος αποτελείται από έναν τριπολικό διακόπτη φορτίου (F), τρεις ασφάλειες βραδείας τήξεως (F1), δύο ρελέ ισχύος (K1 και K2) και το θερμικό υπερφόρτισης (F2).

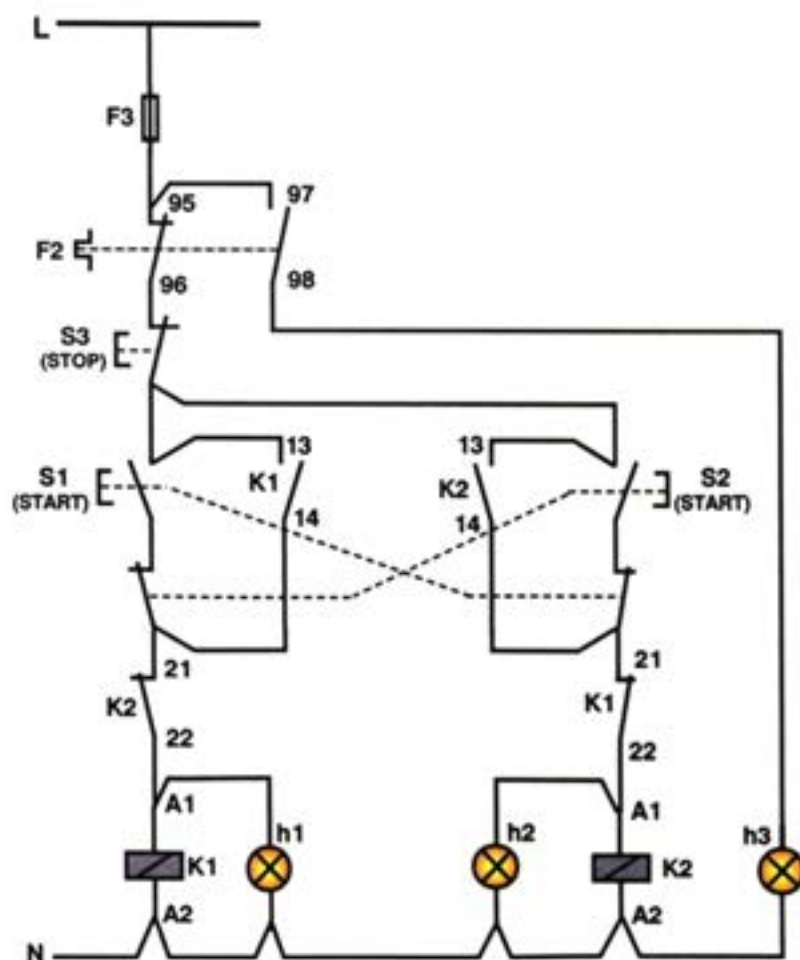
Όταν ενεργοποιείται ο διακόπτης K1, οι τρεις φάσεις του δικτύου συνδέονται στον κινητήρα ως εξής: U_1-L_1 , V_1-L_2 , W_1-L_3 . Αντίθετα όταν ενεργοποιείται ο διακόπτης K2 οι συνδέσεις γίνονται U_1-L_2 , V_1-L_3 , W_1-L_1 , εξασφαλίζοντας έτσι την αλλαγή στη φορά περιστροφής του.

Το κύκλωμα ελέγχου τροποποιείται ελαφρά, ανάλογα με την εφαρμογή που έχουμε. Κατά το σχεδιασμό του αυτοματισμού θέτουμε δύο προϋποθέσεις:

- Το κύκλωμα πρέπει να ασφαλιστεί από την περίπτωση να πιέσουμε ταυτόχρονα και τα δύο (ταυτόχρονα εντολή για αριστερόστροφη και δεξιόστροφη εντολή), που μπορεί να οδηγήσει σε βραχυκύκλωση των φάσεων L1 και L2.
- Πριν ο κινητήρας αλλάξει φορά περιστροφής θα πρέπει να προηγείται ακινητοποίησή του (έτσι ο κινητήρας καταπονείται ασφώς λιγότερο).

Κατά το σχεδιασμό του κλασικού αυτοματισμού η πρώτη προϋπόθεση αντιμετωπίζεται με χρήση διηλών μπουτόν εκκίνησης, ενώ η δεύτερη με συνδεσμολογία μανδάλωσης.

Το κύκλωμα ελέγχου του κλασικού αυτοματισμού, που ικανοποιεί τις απαιτήσεις που έχουμε αναφέρει, έχει τη μορφή του σχήματος 4.3.

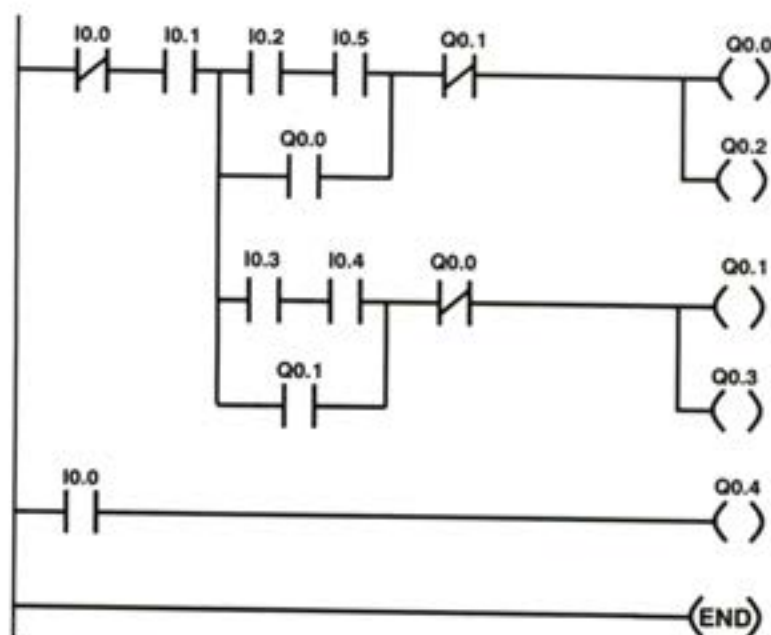


Σχήμα 4.3:
Κύκλωμα ελέγχου
για αλλαγή της φοράς
περιστροφής ενός ΑΤΚΒΔ

Με τις διακεκομμένες γραμμές συνδέουμε τις επαφές του ίδιου μπουτόν. Η αυτοσυγκράτηση στους δύο κλάδους γίνεται μέσω των επαφών 13-14 των ρελέ K1 και K2. Προσέξτε τη λειτουργία των δύο επαφών 21-22 των ρελέ. Η ενεργοποίηση του ενός ρελέ, μέσω της αντίστοιχης επαφής, απομονώνει τον άλλο κλάδο, ο οποίος θα είναι σε θέση να λειτουργήσει, μόνο μετά από την απενεργοποίηση του ρελέ (ακινητοποίηση του κινητήρα) μέσω του μπουτόν STOP. Οι λυχνίες ένδειξης h1 και h2 μας δείχνουν τη φορά περιστροφής του κινητήρα, ενώ η h3 την υπερφόρτίσή του.

Αφού γνωρίζουμε τη μορφή που έχει το κύκλωμα ελέγχου σε κλασσικό αυτοματισμό, μπορούμε εύκολα να σχεδιάσουμε το αντίστοιχο πρόγραμμα σε γλώσσα Ladder, εφαρμόζοντας τη μέθοδο της μεταφοράς του κυκλώματος ελέγχου. Έτσι το πρόγραμμα έχει τη μορφή που βλέπουμε στο σχήμα 4.4. Παρατηρήστε ότι στο πρόγραμμα χρησιμοποιούμε μόνο τη NO επαφή του θερμικού (είσοδος I0.0), ενώ στο κύκλωμα ελέγχου του κλασσικού αυτοματισμού χρησιμοποιούνται μία NO και μια NC επαφή (βλέπε και προηγούμενες ασκήσεις).

Προσέξτε να τοποθετήσετε την εντολή τέλους (END), ώστε το PLC να προχωρήσει στην κυκλική επεξεργασία του προγράμματος.



ΕΙΣΟΔΟΙ

- I 0.0 : επαφή NO του θερμικού
- I 0.1 : NC επαφή του μπουτόν STOP
- I 0.2 : επαφή NO του μπουτόν START Δ
- I 0.3 : επαφή NO του μπουτόν START Α
- I 0.4 : επαφή NC του μπουτόν START Δ
- I 0.5 : επαφή NC του μπουτόν START Α

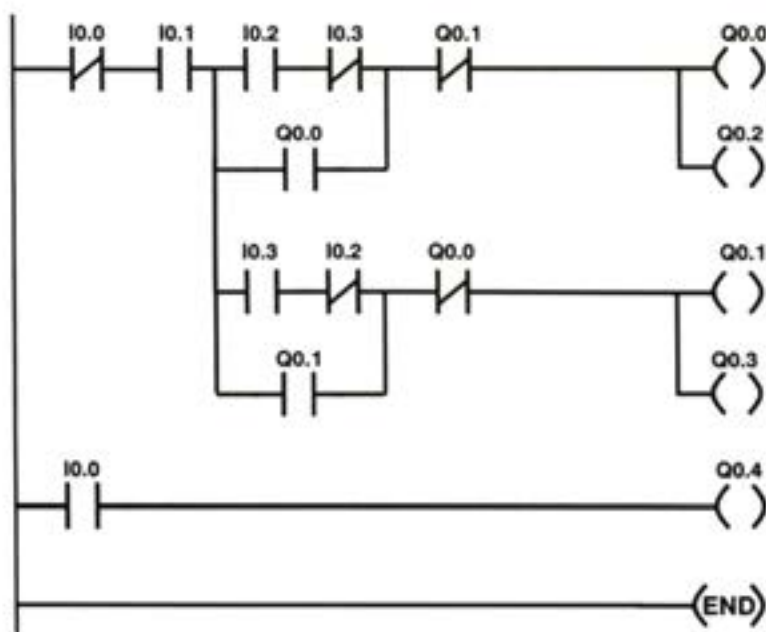
ΕΞΟΔΟΙ

- Q 0.0 : πηνίο ρελέ ισχύος δεξιάς περιστροφής (K1)
- Q 0.1 : πηνίο ρελέ ισχύος αριστερής περιστροφής (K2)
- Q 0.2 : λυχνία ένδειξης δεξιάς περιστροφής (h1)
- Q 0.3 : λυχνία ένδειξης αριστερής περιστροφής (h2)
- Q 0.4 : λυχνία ένδειξης υπερθέρμανσης

Σχήμα 4.4: Πρόγραμμα σε γλώσσα Ladder ενός PLC που χρησιμοποιείται για αλλαγή της φοράς περιστροφής ενός ΑΤΚΒΔ, και πίνακας των χρησιμοποιημένων εισόδων και εξόδων

Όταν στο κύκλωμα ελέγχου του κλασσικού αυτοματισμού έχουμε μπουτόνς, διακόπτες και γενικά αισθητήρια πολλαπλών επαφών, είναι προτιμότερο κατά το σχεδιασμό του αντίστοιχου προγράμματος PLC, να χρησιμοποιήσουμε για είσοδο στο PLC μόνο τη μια επαφή, διαμορφώνοντας κατάλληλα το πρόγραμμα.

Με αυτόν τον τρόπο χρησιμοποιούμε λιγότερες εισόδους. Μπορούμε επομένως να αλλιάξουμε το πρόγραμμα που φαίνεται στο σχήμα 4.4 και να χρησιμοποιήσουμε μόνο τις ΝΟ επαφές των μπουτόνς. Δημιουργείται τότε το πρόγραμμα που βλέπουμε στο σχήμα 4.5. Προσέξτε ότι αφού στη θέση των ΝC επαφών των μπουτόνς χρησιμοποιούμε τις ΝΟ επαφές τους, αλλιάζει και το είδος των επαφών του προγράμματος (έτσι στη θέση των ΝΟ επαφών Ι0.4 και Ι0.5, τοποθετούνται οι ΝC επαφές Ι0.2 και Ι0.3). Να σημειώσουμε επίσης ότι μπορούμε να περιορίσουμε τον αριθμό των απαιτούμενων εξόδων, αν καλωδιώσουμε τις ενδεικτικές λυχνίες λειτουργίας παράλληλα στα πηνία των ρελέ που πραγματοποιούν τις αντίστοιχες λειτουργίες. Έτσι η έξοδος Q0.0 μπορεί να ενεργοποιεί, εκτός του πηνίου του ρελέ Κ1 και τη λυχνία ένδειξης h1 (ταυτόχρονα), ενώ η έξοδος Q0.1 εκτός του πηνίου του ρελέ Κ2 μπορεί να ενεργοποιεί και τη λυχνία ένδειξης h2.



ΕΙΣΟΔΟΙ

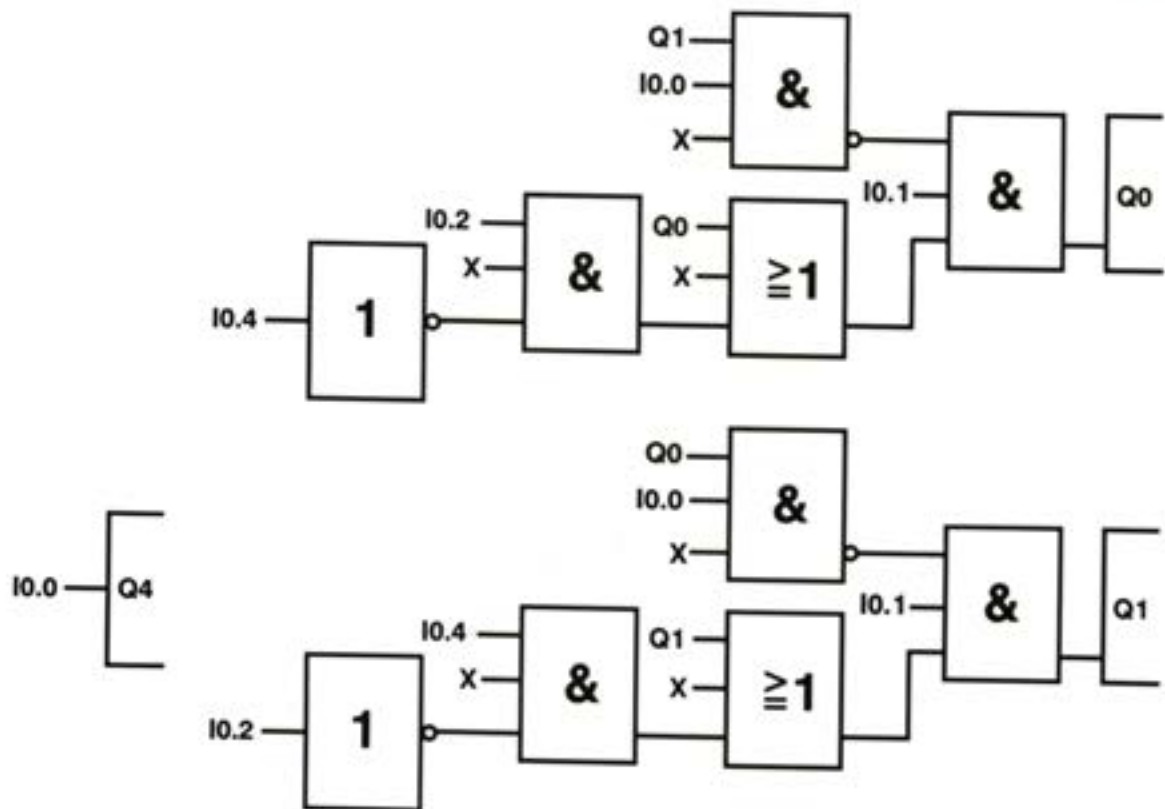
- I 0.0 : επαφή ΝΟ του θερμικού
- I 0.1 : επαφή ΝC του μπουτόν STOP
- I 0.2 : επαφή ΝΟ του μπουτόν START Δ
- I 0.3 : επαφή ΝΟ του μπουτόν START Α

ΕΞΟΔΟΙ

- Q 0.0 : πηνίο ρελέ ισχύος δεξιάς περιστροφής (Κ1)
- Q 0.1 : πηνίο ρελέ ισχύος αριστερής περιστροφής (Κ2)
- Q 0.2 : λυχνία ένδειξης δεξιάς περιστροφής (h1)
- Q 0.3 : λυχνία ένδειξης αριστερής περιστροφής (h2)
- Q 0.4 : λυχνία ένδειξης υπερθέρμανσης

Σχήμα 4.5: Το τελικό πρόγραμμα σε γλώσσα Ladder ενός PLC που χρησιμοποιείται για αλλαγή της φορά περιστροφής ενός ΑΤΚΒΔ, και πίνακας των χρησιμοποιημένων εισόδων και εξόδων

Στο σχήμα 4.6 βλέπουμε το πρόγραμμα που υλοποιεί τον ίδιο αυτοματισμό σε γλώσσα λογικών συναρτήσεων.



Σχήμα 4.6: Το τελικό πρόγραμμα σε γλώσσα FBD ενός PLC που χρησιμοποιείται για αλλαγή της φορά περιστροφής ενός ΑΤΚΒΔ

Διαδικασία

Κατά την εκτέλεση της άσκησης ακολουθήστε τα εξής βήματα:

Α. Δημιουργία και έλεγχος του κυκλώματος ισχύος

1. Δημιουργήστε το κύκλωμα ισχύος του σχήματος 4.2.
2. Ρυθμίστε το θερμικό.
3. Συνδέστε τη τροφοδοσία του PLC σε μία φάση του δικτύου μέσω του μονοφασικού διακόπτη.

Β. Σύνδεση Η/Υ και PLC

1. Συνδέστε τον υπολογιστή με το PLC μέσω του ειδικού καλωδίου. Ελέγξτε την ρύθμιση του μικροδιακόπτη του καλωδίου ώστε να εξασφαλίζεται ο ρυθμός μετάδοσης που δίνει ο κατασκευαστής.
2. Ενεργοποιήστε το λογισμικό προγραμματισμού του PLC. Αν σας ζητήσει πληροφορίες για τον τύπο του PLC που χρησιμοποιείτε, δώστε tes.

- Ελέγξτε αν έχει επιλεγεί η σωστή θύρα επικοινωνίας (συνήθως μέσα από εντολή της μορφής Setup/ Communications) και ο σωστός ρυθμός μετάδοσης.
- Ελέγξτε τη διαμόρφωση (εντολή *Configure*). Ελέγξτε αν και εδώ ο ρυθμός μετάδοσης είναι αυτός που επιλέξατε.
- Ελέγξτε την επικοινωνία μεταξύ Η/Υ και PLC. Ρυθμίστε τους διακόπτες λειτουργίας στη πρόσοψη του PLC σύμφωνα με το φυλλάδιο οδηγιών του κατασκευαστή, ώστε να έχετε τον έλεγχο του PLC μέσω του υπολογιστή.
- Δώστε, μέσω του προγράμματος, την εντολή RUN και ελέγξτε αν στο PLC άναψε το αντίστοιχο Led. Στη συνέχεια δώστε την εντολή STOP και ελέγξτε ξανά τη λειτουργία των ενδεικτικών Led της συσκευής.
- Αν μπορούμε να αλληλάζουμε τις καταστάσεις του PLC μέσω του Η/Υ, η σύνδεση είναι επιτυχής. Αν όχι προχωρήστε στους απαραίτητους ελέγχους.

Γ. Κατάστρωση του προγράμματος

- Θέστε το PLC στη θέση STOP.
- Σβήστε τη μνήμη του PLC, ώστε να μπορέσετε να μεταφέρετε το πρόγραμμά σας. Αναζητείστε την εντολή *Clear Reset*.
- Βεβαιωθείτε ότι είστε στο περιβάλλον Ladder. Γράψτε στον υπολογιστή το πρόγραμμα (σε γλώσσα Ladder) που φαίνεται στο σχήμα 4.5. Σώστε το πρόγραμμα στον κατάλογο και με το όνομα που θα σας δώσει ο καθηγητής σας. Ελέγξτε να έχει τοποθετηθεί η σωστή επέκταση.
- Προχωρήστε στην αποσφαλμάτωση του προγράμματος με τη βοήθεια της εντολής *Compile*.
- Μεταφέρετε το πρόγραμμα στο PLC με τη βοήθεια της εντολής *Download*.

Δ. Έλεγχος του προγράμματος με προσομοιωτή

- Συνδέστε στις εισόδους του PLC τον κατάλληλο προσομοιωτή εισόδων.
- Ανοίξτε το διακόπτη της εισόδου I0.0 (αντιστοιχεί στη Ν0 επαφή του θερμικού διακόπτη) και κλείστε το διακόπτη της εισόδου I0.1 (μπουτόν STOP). Παρατηρείστε την κατάσταση των εξόδων.
- Ενεργοποιήστε (κλείστε) στιγμιαία την είσοδο I0.2. Παρατηρείστε ποιο Led εξόδου ανάβει. Είναι τα Q0.0 και Q0.2;
- Ενεργοποιήστε (κλείστε) στιγμιαία την είσοδο I0.3. Τι παρατηρείτε;
- Ενεργοποιήστε (ανοίξτε) στιγμιαία την είσοδο I0.1. Τι παρατηρείτε;
- Με κλειστό το διακόπτη της εισόδου I0.1 ενεργοποιήστε (ανοίξτε) ξανά στιγμιαία την I0.3. Τι παρατηρείτε;
- Κλείστε το διακόπτη της εισόδου I0.0. Τι παρατηρείτε;
- Με το διακόπτη της εισόδου I0.0 κλειστό πιέστε πρώτα το διακόπτη της εισόδου I0.2 και στη συνέχεια το διακόπτη της εισόδου I0.3. Αλλάξε η κατάσταση των εξόδων;
- Αν οι παρατηρήσεις σας στα τα ερωτήματα Δ2-Δ8 ήταν οι αναμενόμενες, τότε και μόνο τότε μπορείτε να

προχωρήσετε στην καλωδίωση του PLC. Αν όχι, τότε στο πρόγραμμα υπάρχει λειτουργικό σφάλμα και προσπαθήστε να το εντοπίσετε και να το διορθώσετε.

Ε. Σύνδεση των στοιχείων εισόδου και εξόδου στο PLC

Να γίνεται με την παρουσία του καθηγητή

1. Διακόψτε την ηλεκτροδότηση του PLC. Συνδέστε στη μονάδα εισόδου και στη μονάδα εξόδου όλα τα απαραίτητα στοιχεία με τον τρόπο που περιγράψαμε σε προηγούμενη άσκηση. **Στο στάδιο αυτό χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή.** Επειδή η σύνδεση των στοιχείων στις εισόδους εξόδους των PLC διαφέρουν ανάλογα με την εταιρεία και το μοντέλο, πρέπει η σύνδεση να είναι η κατάλληλη για τη συσκευή που χρησιμοποιείτε. **Είναι λοιπόν απαραίτητο να συμβουλευτείτε το τεχνικό φυλλάδιο της εταιρείας κατασκευής του PLC.** Θυμίζουμε επίσης ότι η σύνδεση του πηνίου του ρελέ στην έξοδο Q0.0 γίνεται μέσω της NC επαφής 95-96 του θερμικού.
2. ΑΝΟΙΞΤΕ ΤΟ ΔΙΑΚΟΠΤΗ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ ΤΟΥ ΚΥΚΛΩΜΑΤΟΣ ΙΣΧΥΟΣ Q.
3. Πιέστε το μπουτόν START για δεξιά περιστροφή. Ενεργοποιούνται οι σωστές εξόδους;
4. Πιέστε το μπουτόν START για αριστερή περιστροφή. Άλλαξε η κατάσταση των εξόδων;
5. Πιέστε το μπουτόν STOP. Τα αποτελέσματα είναι τα αναμενόμενα;
6. Πιέστε ξανά το μπουτόν START για αριστερή περιστροφή. Τι παρατηρείτε;
7. Ενεργοποιήστε το θερμικό με τη βοήθεια του εξωτερικού χειριστηρίου δοκιμής του (Test). Ποια είναι τώρα η κατάσταση των ενδεικτικών Led;
8. Αν τα αποτελέσματα των ερωτήσεων Ε3-Ε7 είναι τα αναμενόμενα, μπορείτε να συνεχίσετε τον έλεγχο του κυκλώματος. Διαφορετικά ελέγξτε τη σύνδεση των εισόδων.

ΣΤ. Τελικός έλεγχος

Να γίνεται με την παρουσία του καθηγητή

1. Κλείστε το διακόπτη Q του κυκλώματος ισχύος. Χωρίς να πατήσετε κάποιο μπουτόν, ελέγξτε την κατάσταση του κυκλώματος.
2. Πιέστε το μπουτόν START που αντιστοιχεί στην αριστερή περιστροφή. Καταγράψτε τη λειτουργία του κινητήρα. Στη συνέχεια πιέστε το μπουτόν STOP.
3. Πιέστε το μπουτόν START που αντιστοιχεί στη δεξιά περιστροφή. Καταγράψτε ξανά το αποτέλεσμα. Πιέστε το μπουτόν STOP.
4. Παρουσία του καθηγητή σας, πιέστε διαδοχικά τα δύο μπουτόν START. Τι παρατηρείτε;
5. Πιέστε ξανά το ένα μπουτόν START. Ενεργοποιήστε το θερμικό με τη βοήθεια του εξωτερικού χειριστηρίου δοκιμής του (Test). Τι παρατηρείτε;
6. Ανοίξτε τον τριφασικό διακόπτη Q.

Ζ. Επανάληψη της διαδικασίας για πρόγραμμα με χρήση εντολών SET-RESET

1. Όπως παρατηρείτε στα μέχρι τώρα προγράμματα η εκκίνηση του κινητήρα γίνεται με διαδικασία αυτοσυγκράτησης μέσω επαφών των ρελέ ισχύος. Κάντε τις απαραίτητες αλλαγές στο πρόγραμμα, ώστε ο έλεγχος του κινητήρα να γίνεται με εντολές SET και RESET.
2. Σβήστε το προηγούμενο πρόγραμμα από τη μνήμη του PLC. Φορτώστε το καινούργιο.

Τα επόμενα στάδια να γίνουν με την παρουσία του καθηγητή

3. ΕΛΕΓΞΤΕ ΝΑ ΕΙΝΑΙ ΑΝΟΙΚΤΟΣ Ο ΔΙΑΚΟΠΤΗΣ Ο.
4. Πιέστε το μπουτόν START για δεξιά περιστροφή. Ενεργοποιούνται οι σωστές έξοδοι;
5. Πιέστε το μπουτόν START για αριστερή περιστροφή. Άλλαξε η κατάσταση των εξόδων;
6. Πιέστε το μπουτόν STOP. Τα αποτελέσματα είναι τα αναμενόμενα;
7. Πιέστε ξανά το μπουτόν START για αριστερή περιστροφή. Τι παρατηρείτε;
8. Ενεργοποιήστε το θερμικό με τη βοήθεια του εξωτερικού χειριστηρίου δοκιμής του (Test). Ποια είναι τώρα η κατάσταση των ενδεικτικών Led;

Η. Παρατηρήσεις - Συμπεράσματα

άσκηση 5

Αυτόματη εκκίνηση Κινητήρα Συνεχούς Ρεύματος Διαδικασία μανδάλωσης



Στόχοι της άσκησης

διάρκεια άσκησης: 6 διδακτικές ώρες

Στο τέλος της άσκησης οι μαθητές θα είναι ικανοί:

- ⇒ να επιλέγουν τα κατάλληλα όργανα και υλικά για την κατασκευή ενός κυκλώματος αυτόματης εκκίνησης και ΚΣΡ, με χρήση προγραμματιζόμενου λογικού ελεγκτή (PLC).
- ⇒ να ελέγχουν ένα κινητήρα από περισσότερα του ενός σημεία.
- ⇒ να δημιουργούν κύκλωμα αυτοματισμού για τη λειτουργία ενός μόνο κινητήρα, από ένα σύνολο πολλών κινητήρων.
- ⇒ να πραγματοποιούν το κύριο κύκλωμα τροφοδοσίας.
- ⇒ να συνδέουν τα μπουτόν, τα ρελέ, τις ενδεικτικές ρυχνίες και όλα τα άλλα απαραίτητα εξαρτήματα, στο PLC.
- ⇒ να γράφουν σε γλώσσα Ladder πρόγραμμα εκκίνησης ΚΣΡ.
- ⇒ να μπορούν να διαχειρίζονται πρόγραμμα προσομοίωσης του κυκλώματος αυτοματισμού και να προχωρούν σε αποσφαλμάτωση.
- ⇒ να μπορούν να παρακολουθούν την εξέλιξη της διαδικασίας μέσα από τον Η/Υ.

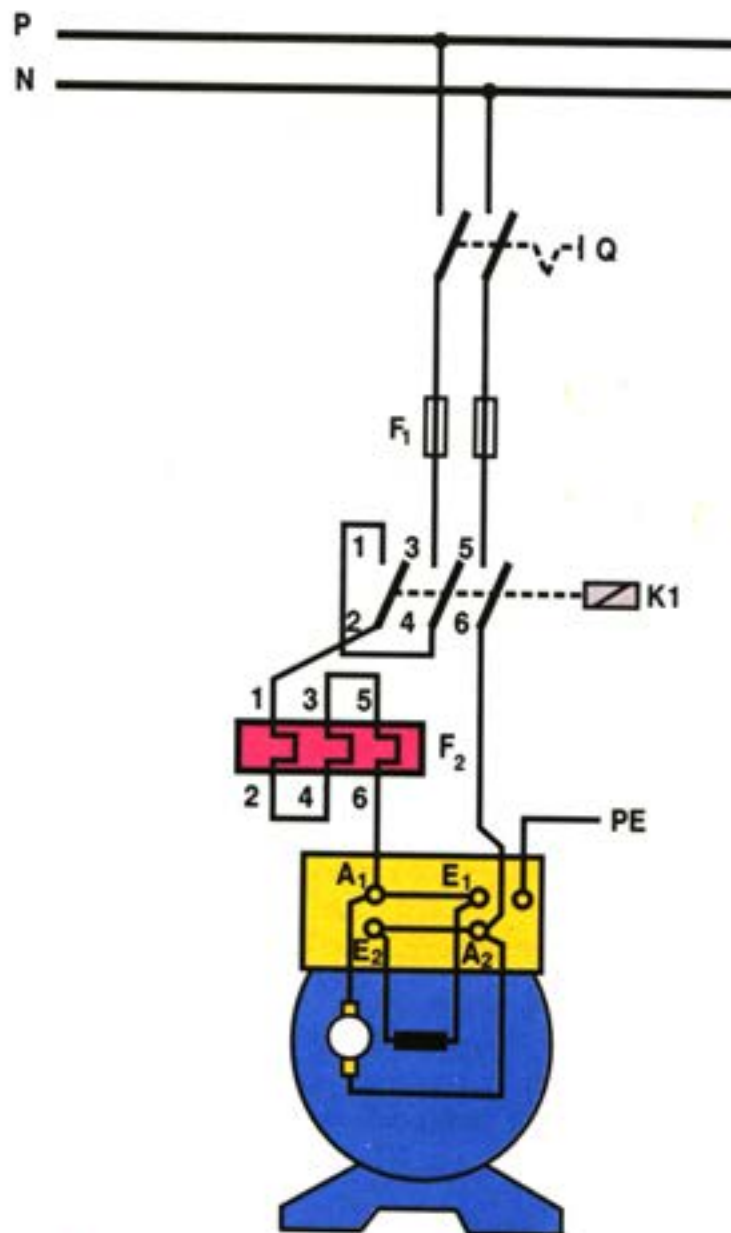
Απαραίτητα εξαρτήματα

Για την πραγματοποίηση της άσκησης είναι απαραίτητα τα εξής υλικά:

- ✓ Μία διότρηση πινακίδα με ράγες
- ✓ Ένα PLC τουλάχιστον 6 εισόδων, 4 εξόδων
- ✓ Μια μονάδα προσομοίωσης εισόδων
- ✓ Δύο μπουτόν start, με επαφή NO
- ✓ Δύο μπουτόν stop με επαφή NC
- ✓ Ένας διπολικός διακόπτης
- ✓ Ένας μονοπολικός διακόπτης
- ✓ Τέσσερις ασφάλειες βραδείας τήξης
- ✓ Δύο ρελέ ισχύος (πνία ίδιας τάσης με την τάση λειτουργίας του κινητήρα)
- ✓ Δύο αντιστάσεις εκκίνησης
- ✓ Δύο θερμικά με μια επαφή NC και μία NO έκαστο
- ✓ Δύο Κινητήρες Συνεχούς Ρεύματος παράλληλης διέγερσης
- ✓ Κλέμες ράγας για τις απαραίτητες καλωδιώσεις

Βασική θεωρία

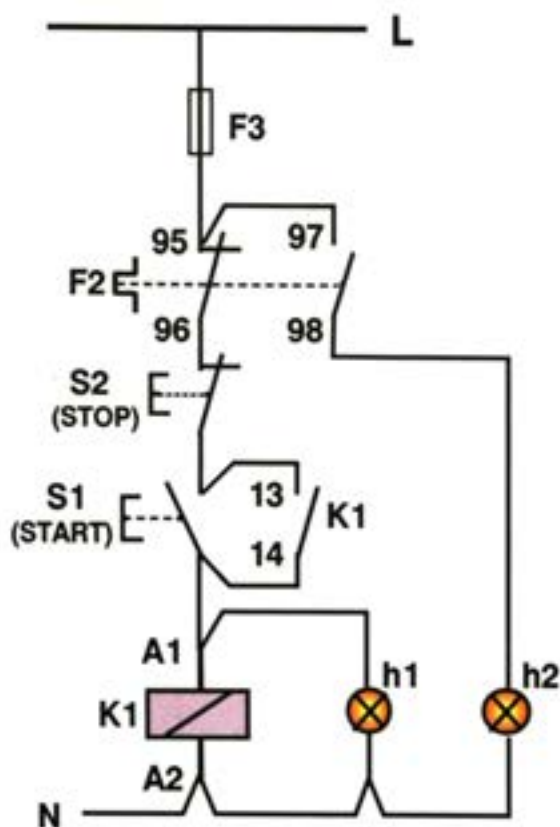
Στο σχήμα 5.1 βλέπουμε το κύκλωμα ισχύος για την αυτόματη εκκίνηση ενός ΚΣΡ.



Σχήμα 5.1: Κύκλωμα ισχύος αυτοματισμού εκκίνησης Κινητήρα Συνεχούς Ρεύματος παράλληλης διέγερσης

Η τροφοδοσία στα τυλίγματα είναι τέτοια, ώστε να έχουμε δεξιόστροφη περιστροφή του κινητήρα. Παρατηρήστε ότι στη σύνδεση της τάσης στον κινητήρα αξιοποιούμε και τις τρεις κύριες επαφές του ρελέ ισχύος, εξασφαλίζοντας έτσι τη δημιουργία μικρότερων ηλεκτρικών τόξων. Επίσης το θερμικό συνδέεται με τέτοιο τρόπο, ώστε να διαρρέονται από ρεύμα και τα τρία μέρη του κυκλώματος ισχύος του, αφού σε αντίθετη περίπτωση το θερμικό θα ενεργοποιείται χωρίς αιτία.

Response	Percentage
U.S. should take action to reduce global warming	56
U.S. should not take action to reduce global warming	44



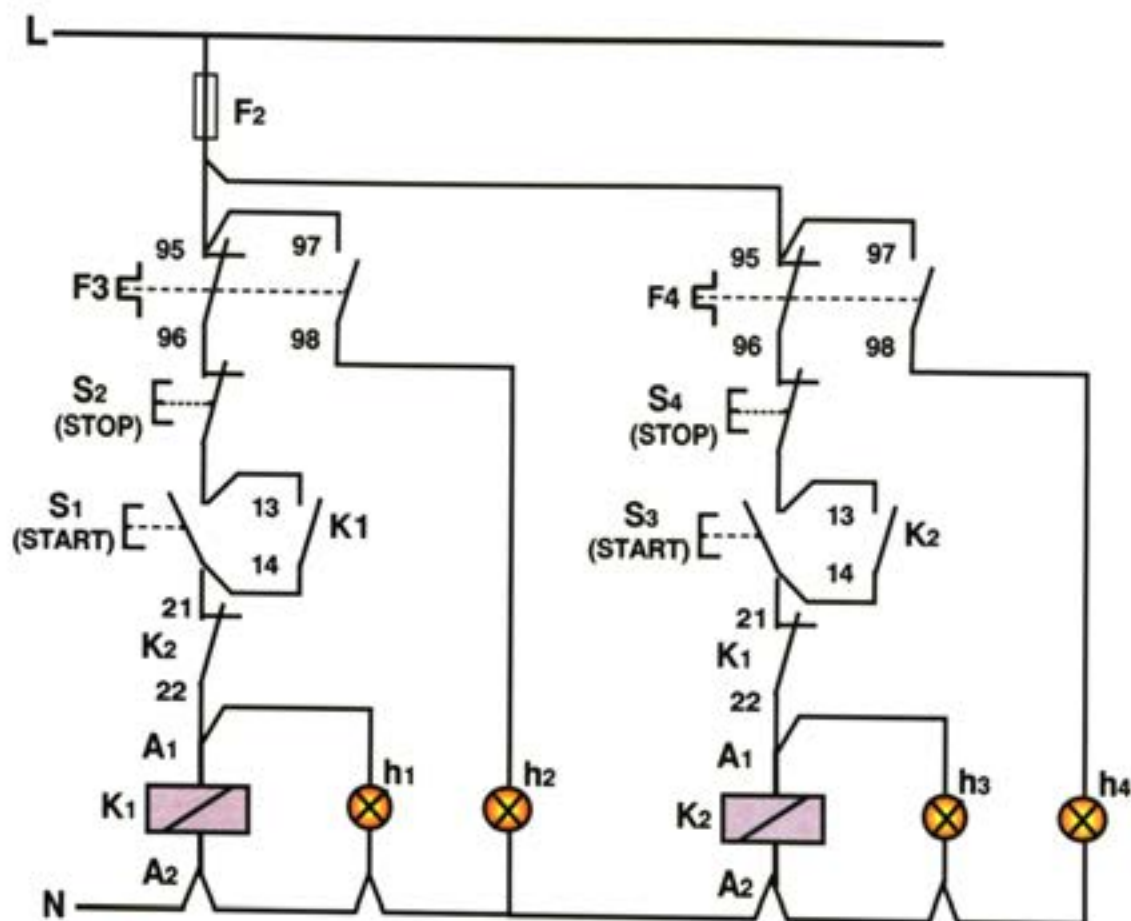
56

56

56

56

56



Σχήμα 5.3: Κύκλωμα ελέγχου λειτουργίας δύο κινητήρων με μανδάλωση

Διαδικασία

Κατά την εκτέλεση της άσκησης ακολουθήστε τα εξής βήματα:

A. Δημιουργία και έλεγχος του κυκλώματος ισχύος

1. Δημιουργήστε το κύκλωμα του σχήματος 5.1.
2. Συνδέστε τα τυλίγματα του κινητήρα όπως φαίνεται στο σχήμα 5.1.
3. Ρυθμίστε το θερμικό.
4. Ηλεκτροδοτήστε το PLC μέσω του μονοφασικού διακόπτη και μιας ασφάλειας.

B. Σύνδεση Η/Υ και PLC

1. Συνδέστε τον υπολογιστή με το PLC μέσω του ειδικού καλωδίου. Ελέγξτε τη ρύθμιση των μικροδιακοπών του καλωδίου, ώστε να εξασφαλίζεται ο ρυθμός μετάδοσης που δίνει ο κατασκευαστής.

2. Κάνετε όλες τις απαραίτητες ενέργειες (όπως μάθατε σε προηγούμενες ασκήσεις), ώστε να εξασφαλίσετε ότι υπάρχει επικοινωνία μεταξύ PLC και Η/Υ.

Γ. Κατάστρωση του προγράμματος

1. Θέστε το PLC στη θέση STOP.
2. Βεβαιωθείτε ότι είστε στο περιβάλλον Ladder. Γράψτε στον υπολογιστή το πρόγραμμα (σε γλώσσα Ladder) που φαίνεται να αντιστοιχεί στο κύκλωμα κλασικού αυτοματισμού του σχήματος 5.2. *Υπόδειξη: χρησιμοποιήστε σαν είσοδο μόνο τη Ν0 επαφή 97-98 του θερμικού.*

Οι εισοδοί και οι εξοδοί να είναι όπως στον πίνακα που ακολουθεί:

ΕΙΣΟΔΟΙ

I 0.0 : επαφή NO (97-98) του θερμικού

I 0.1 : επαφή NO του μπουτόν START S1

I 0.2 : επαφή NC του μπουτόν STOP S2

ΕΞΟΔΟΙ

Q 0.0 : πηνίο του ρελέ ισχύος

Q 0.1 : λυχνία ένδειξης λειτουργίας

Q 0.2 : λυχνία ένδειξης υπερθερμανσης

3. Σώστε το πρόγραμμα στον κατάλογο και με το όνομα που θα σας ορίσει ο καθηγητής σας. Ελέγξτε να έχει τοποθετηθεί η σωστή επέκταση.
4. Απασφαλιστώστε το πρόγραμμά σας και φορτώστε το στο PLC.

Δ. Έλεγχος του προγράμματος με προσομοιωτή

1. Τοποθετήστε το PLC στην κατάσταση RUN.
2. Συνδέστε στις εισόδους του PLC τον κατάλληλο προσομοιωτή εισόδων.
3. Ανοίξτε το διακόπτη της εισόδου IO.0 (αντιστοιχεί στην NO επαφή του θερμικού διακόπτη) και κλείστε αυτόν της εισόδου IO.2 (αντιστοιχεί τη NC επαφή του μπουτόν STOP). Παρατηρείστε την κατάσταση των εξόδων.
4. Ενεργοποιήστε (κλείστε) στιγμιαία την είσοδο IO.1 (αντιστοιχεί στο μπουτόν START). Ποιά Led εξόδου ανάβει;
5. Ενεργοποιήστε (ανοίξτε) στιγμιαία την είσοδο IO.2 (αντιστοιχεί στο μπουτόν STOP). Ποιά είναι τώρα η κατάσταση των ενδεικτικών Led;
6. Με κλειστό το διακόπτη της εισόδου IO.2, ενεργοποιείτε ξανά την είσοδο IO.1. Κλείστε το διακόπτη IO.0. Ποιά είναι τώρα η κατάσταση των ενδεικτικών Led;
7. Αν οι παρατηρήσεις σας στα ερωτήματα Δ3-Δ6 ήταν οι αναμενόμενες, τότε και μόνο τότε μπορείτε να προχωρήσετε στην καλωδίωση του PLC. Αν όχι, τότε στο πρόγραμμα υπάρχει λειτουργικό σφάλμα και προσπαθήστε να το εντοπίσετε και να το διορθώσετε.

Ε. Σύνδεση των στοιχείων εισόδου και εξόδου στο PLC

Να γίνεται με την παρουσία του καθηγητή

1. Διακόψτε την ηλεκτροδότηση του PLC. Συνδέστε στη μονάδα εισόδου και στη μονάδα εξόδου όλα τα

απαραίτητα στοιχεία σύμφωνα με τις οδηγίες που δίνονται στο τεχνικό εγχειρίδιο της εταιρείας.

2. ΑΝΟΙΞΤΕ ΤΟ ΔΙΑΚΟΠΤΗ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ ΤΟΥ ΚΥΚΛΩΜΑΤΟΣ ΙΣΧΥΟΣ Q.
3. Πιέστε το μπουτόν START. Ενεργοποιούνται οι σωστές εξόδους;
4. Πιέστε το μπουτόν STOP. Τα αποτελέσματα είναι τα αναμενόμενα;
5. Πιέστε ξανά το μπουτόν START. Ενεργοποιήστε το θερμικό με τη βοήθεια του εξωτερικού χειριστηρίου δοκιμής του (Test). Ποια είναι τώρα η κατάσταση των ενδεικτικών Led;
6. Αν τα αποτελέσματα των τριών προηγούμενων ερωτήσεων είναι τα αναμενόμενα, μπορείτε να συνεχίσετε τον έλεγχο του κυκλώματος. Διαφορετικά, ελέγξτε τη σύνδεση των εισόδων.

ΣΤ. Τελικός έλεγχος

Να γίνεται με την παρουσία του καθηγητή

1. Κλείστε το διακόπτη Q του κυκλώματος ισχύος. Χωρίς να πατήσετε κάποιο μπουτόν, ελέγξτε την κατάσταση του κυκλώματος.
2. Πιέστε το μπουτόν START. Τι παρατηρείτε;
3. Πιέστε το μπουτόν STOP. Τι παρατηρείτε;
4. Πιέστε ξανά το μπουτόν START. Ενεργοποιήστε το θερμικό με τη βοήθεια του εξωτερικού χειριστηρίου δοκιμής του (Test). Τι παρατηρείτε;
5. Ανοίξτε το διακόπτη Q.

Ζ. Επανάληψη της διαδικασίας για πρόγραμμα με χρήση εντολών SET-RESET

1. Γράψτε στον Η/Υ το πρόγραμμα Ladder που θα δημιουργήσετε με τη μέθοδο του διαγράμματος ροής (χρήση των εντολών εξόδου SET και RESET). Σώστε το πρόγραμμα στον κατάλογο και με το όνομα που θα σας ορίσει ο καθηγητής σας. Ελέγξτε να έχει τοποθετηθεί η σωστή επέκταση.
2. Προχωρήστε στην αποσφαλμάτωση του προγράμματος και φορτώστε το στο PLC.

Τα επόμενα στάδια να γίνουν με την παρουσία του καθηγητή

3. ΕΛΕΓΞΤΕ ΝΑ ΕΙΝΑΙ ΑΝΟΙΚΤΟΣ Ο ΔΙΑΚΟΠΤΗΣ Q.
4. Πιέστε το μπουτόν START. Ποιο Led εξόδου ανάβει;
5. Πιέστε το μπουτόν STOP. Ποιά είναι τώρα η κατάσταση των ενδεικτικών Led;
6. Πιέστε ξανά το μπουτόν START. Ενεργοποιήστε το θερμικό με τη βοήθεια του εξωτερικού χειριστηρίου δοκιμής του (Test). Ποιά είναι τώρα η κατάσταση των ενδεικτικών Led;
7. Αν οι παρατηρήσεις σας ήταν οι αναμενόμενες, τότε και μόνο μπορείτε να ηλεκτροδοτήσετε το κύκλωμα ισχύος. Αν όχι, τότε στο πρόγραμμα υπάρχει λειτουργικό σφάλμα και προσπαθήστε να το εντοπίσετε και να το διορθώσετε.

8. Ηλεκτροδοτείστε το PLC και κλείστε το διακόπτη Q.
9. Πιέστε το μπουτόν START. Τι παρατηρείτε;
10. Πιέστε το μπουτόν STOP. Τι παρατηρείτε;
11. Ανοίξτε το διακόπτη Q και σταματήστε την ηλεκτροδότηση του PLC.
12. Αποσυνδέστε τα στοιχεία εξόδου από το PLC.

Η. Λειτουργία δύο κινητήρων

1. Δημιουργήστε σε γλώσσα Ladder το πρόγραμμα που αντιστοιχεί στο κύκλωμα ελέγχου του σχήματος 5.3, χωρίς να χρησιμοποιήσετε χωριστές εξόδους για τις ενδεικτικές συχνίες καλής λειτουργίας του κάθε κινητήρα (θα σας χρειαστούν 4 εξοδοί).
2. Απασφαλισμάτωσε το πρόγραμμα και φορτώσε το στο PLC.
3. Συνδέστε στην είσοδο του PLC τα μπουτόν START και STOP, καθώς και τα δύο θερμικά.
4. Συμβουλευτείτε το τεχνικό φυλλάδιο της εταιρείας κατασκευής του PLC, για να βρείτε τη λειτουργία που επιτρέπει την παρακολούθηση της λειτουργίας του κυκλώματος στον υπολογιστή (π.χ. εντολή Status On). Ενεργοποιήστε τη λειτουργία αυτή. Τώρα το αποτέλεσμα των ενεργειών σας θα το παρακολουθείτε στην οθόνη του υπολογιστή.
5. Πιέστε το μπουτόν START S1. Ποιές εξοδοί ενεργοποιήθηκαν;
6. Πιέστε το μπουτόν START S3. Τι άλλαξε στην ενεργοποίηση των εξόδων;
7. Πιέστε το μπουτόν STOP S2 και στη συνέχεια το S3. Ποιες εξοδοί ενεργοποιήθηκαν;
8. Υπήρξε περίπτωση ταυτόχρονης ενεργοποίησης των εξόδων που ενεργοποιούν τους δύο κινητήρες;

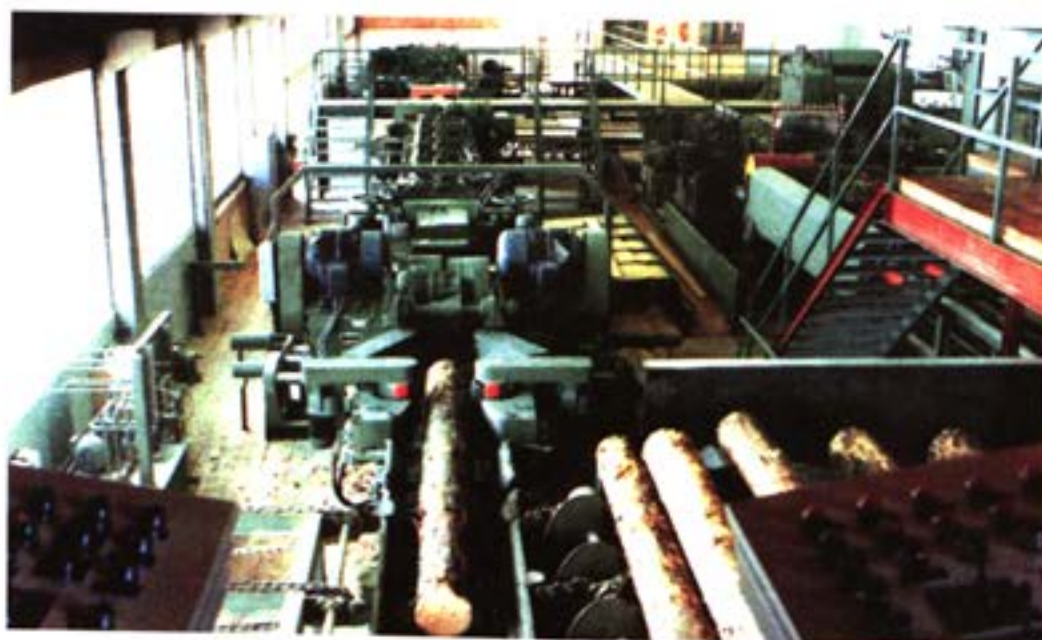
Θ. Τροποποιήσεις

1. Επαναφέρετε στην οθόνη του υπολογιστή το πρόγραμμα για την εκκίνηση ενός κινητήρα.
2. Θέλουμε να έχουμε τη δυνατότητα να σταματάμε τον κινητήρα από δύο διαφορετικά σημεία. Κάνετε τις απαραίτητες αλλαγές στο πρόγραμμα εκκίνησης ενός κινητήρα, ώστε ο κινητήρας να ελέγχεται από δύο διαφορετικά STOP.
3. Επαληθεύστε τη σωστή λειτουργία του προγράμματός σας.
4. Κάνετε επιπλέον αλλαγές, ώστε ο κινητήρας να ελέγχεται και από δύο START.
5. Επαληθεύστε ξανά το νέο πρόγραμμα.
6. Διακόψτε την τροφοδοσία του PLC και αποσυνδέστε τα εξαρτήματα από τις εισόδους του.

Ι. Παρατηρήσεις - Συμπεράσματα

άσκηση 6

Έλεγχος της φοράς περιστροφής και φρενάρισμα Κινητήρα Συνεχούς Ρεύματος



Στόχοι της άσκησης

διάρκεια άσκησης: 6 διδακτικές ώρες

Στο τέλος της άσκησης οι μαθητές θα είναι ικανοί:

- να επιλέγουν τα κατάλληλα όργανα και υλικά για την δημιουργία ενός κυκλώματος για την αλλαγή της φοράς περιστροφής και το φρενάρισμα ενός κινητήρα συνεχούς ρεύματος, με χρήση προγραμματιζόμενου λογικού ελεγκτή (PLC).
- να πραγματοποιούν το κύριο κύκλωμα τροφοδοσίας.
- να συνδέουν τα μπουτόν, τα ρελέ, τις ενδεικτικές θυκνίες και όλα τα άλλα απαραίτητα εξαρτήματα, στο PLC.
- να γράφουν στον υπολογιστή απλά προγράμματα ελέγχου λειτουργίας ενός κινητήρα συνεχούς ρεύματος.
- να μπορούν να διαχειρίζονται πρόγραμμα προσομοίωσης του κυκλώματος αυτοματισμού και να προχωρούν σε αποσφαλμάτωση.
- να χειρίζονται πρόγραμμα προσομοίωσης του κυκλώματος και να παρακολουθούν τη λειτουργία του μέσω υπολογιστή.

Απαραίτητα εξαρτήματα

Για την πραγματοποίηση της άσκησης είναι απαραίτητα τα εξής υλικά:

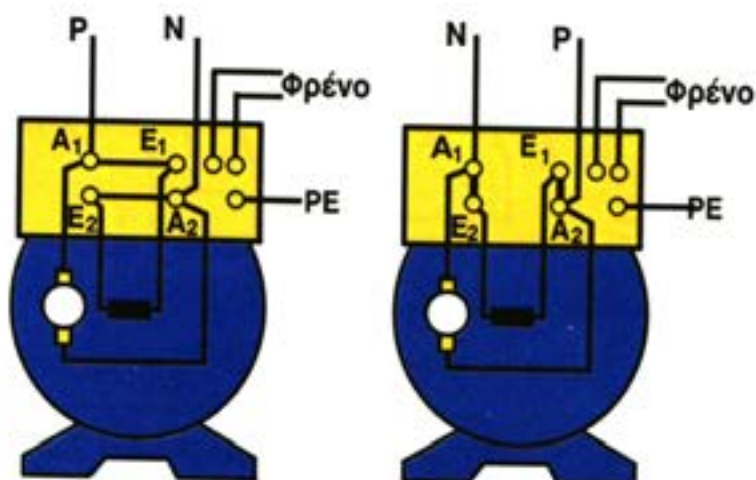
- ✓ Μία διάτρητη πινακίδα με ράγες
- ✓ Ένα PLC τουλάχιστον 6 ψηφιακών εισόδων, 6 ψηφιακών εξόδων
- ✓ Μια μονάδα προσομοίωσης εισόδων
- ✓ Δύο μπουτόν start, με επαφή NO
- ✓ Ένα μπουτόν stop με επαφή NC
- ✓ Ένας ασφαλειοδιακόπτης τουλάχιστον 16 A
- ✓ Ένας μονοπολικός διακόπτης
- ✓ Δύο ρελέ ισχύος (πηνία ίδιας τάσης με την τάση του κινητήρα) με τέσσερις κύριες επαφές έκαστο
- ✓ Ένα θερμικό με μία επαφή NO και μία NC
- ✓ Ένας κινητήρας συνεχούς ρεύματος
- ✓ Κλέμες ράγας για τις απαραίτητες καλωδιώσεις

Βασική θεωρία

Στην προηγούμενη άσκηση μάθαμε να δημιουργούμε ένα κύκλωμα εκκίνησης ενός κινητήρα συνεχούς ρεύματος. Ας δούμε τώρα πώς μπορούμε να του αλλιάσουμε τη φορά περιστροφής, και πώς να τον ακινητοποιούμε ακαριαία με τη βοήθεια ηλεκτρομαγνητικής πέδης.

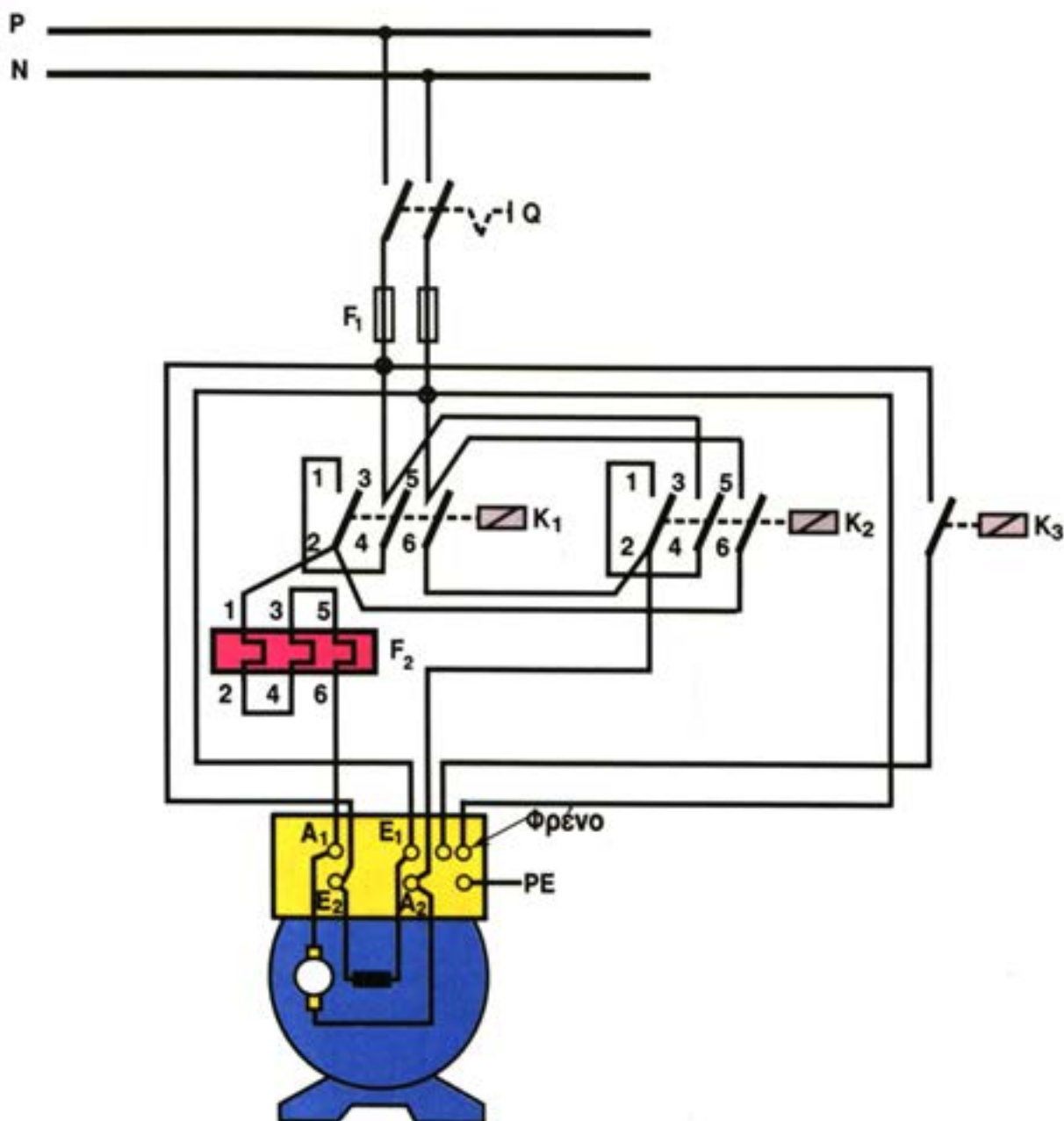
Από τη θεωρία γνωρίζουμε ότι για να αλλιάξει η φορά περιστροφής ενός κινητήρα συνεχούς ρεύματος, θα πρέπει να αλλιάξει η τροφοδοσία είτε στο τύλιγμα του επαγωγικού τυμπάνου είτε στο τύλιγμα της διέγερσής του κινητήρα. Εδώ θα εξετάσουμε την πρώτη περίπτωση.

Στο σχήμα 6.1 βλέπουμε πώς πρέπει να είναι η τροφοδοσία του κινητήρα για τις δύο περιστροφές (αριστερό-στροφή/δεξιόστροφή).



Σχήμα 6.1: Συνδεσμολογία Κινητήρα Συνεχούς Ρεύματος παράλληλης διέγερσης για δεξιόστροφή (α) και αριστερόστροφή (β) περιστροφή

Στο σχήμα 6.2 βλέπουμε το κύκλωμα ισχύος για την αλλαγή της φοράς περιστροφής ενός κινητήρα συνεχούς ρεύματος. Στην προηγούμενη άσκηση έχουμε εξηγήσει τον τρόπο σύνδεσης του ρελέ ισχύος και του θερμικού.

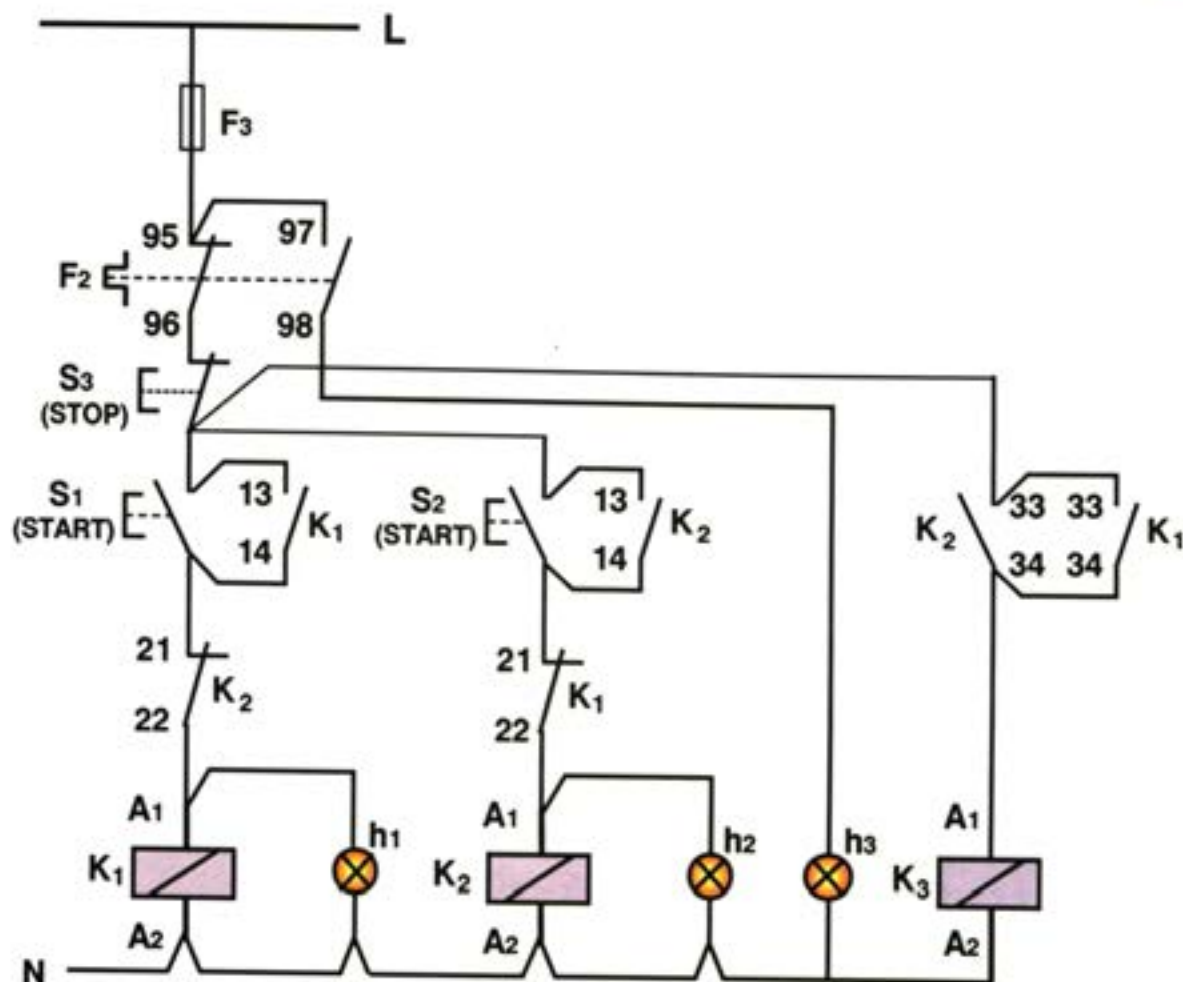


Σχήμα 6.2: Κύκλωμα ισχύος για αλλαγή της φοράς περιστροφής ενός Κινητήρα Συνεχούς Ρεύματος με παράλληλη διέγερση και φρένο

Στο προηγούμενο κύκλωμα το φρένο του κινητήρα ενεργοποιείται με ξεχωριστό ρελέ (K3). Πιο κάτω θα δούμε και ένα δεύτερο τρόπο ενεργοποίησής του.

Το βοηθητικό κύκλωμα για τον έλεγχο του κυκλώματος ισχύος είναι όμοιο με το αντίστοιχο του ΑΤΚΒΔ. Αν όμως επιθυμούμε να ακινητοποιήσουμε ακαριαία τον κινητήρα, πρέπει να ενεργοποιήσουμε το φρένο (εφ' όσον βέβαια διαθέτει ο κινητήρας).

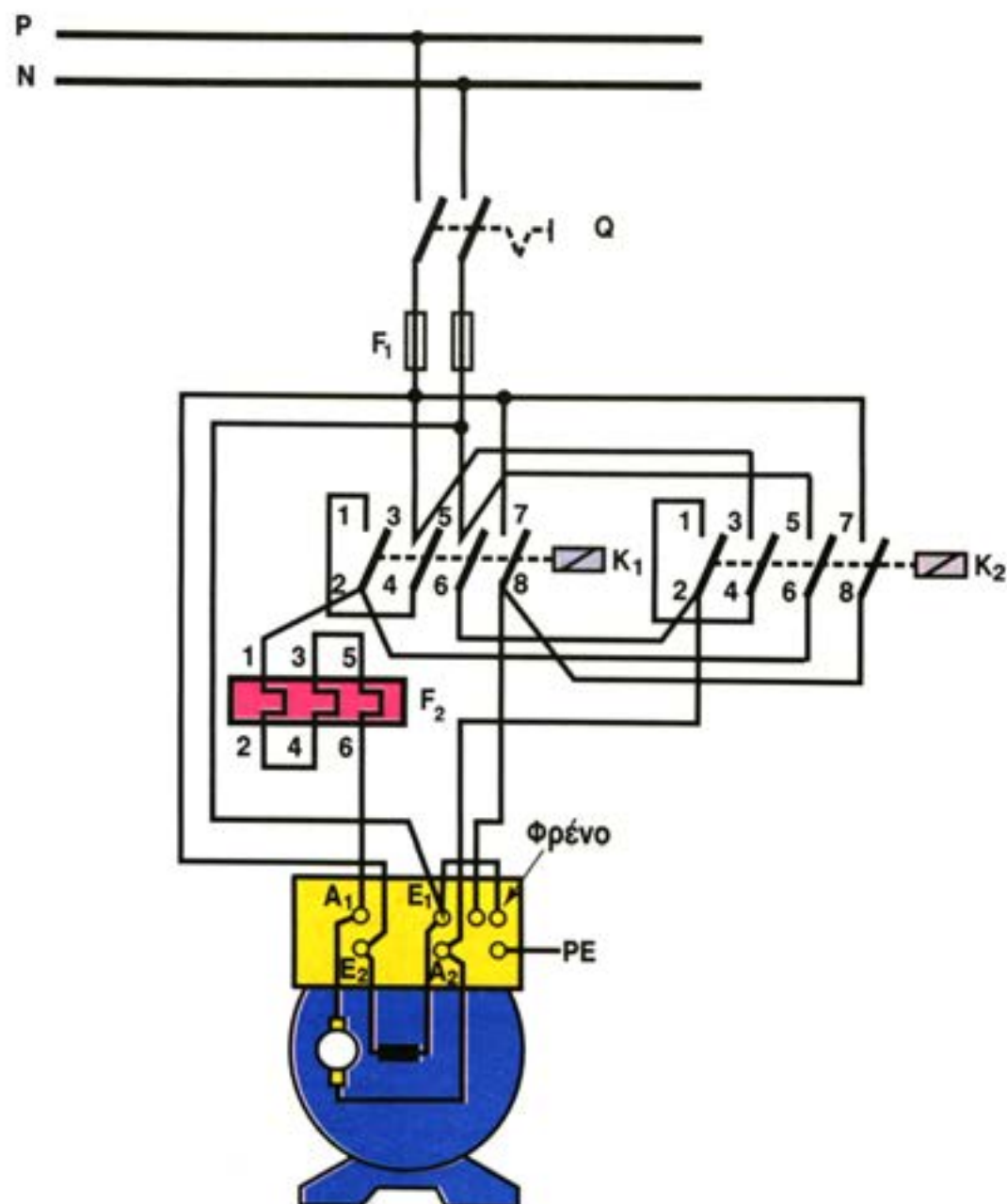
Στο σχήμα 6.3 βλέπουμε το βοηθητικό κύκλωμα αλλαγής φοράς περιστροφής, με την προσθήκη ενεργοποίησης φρένου. Το φρένο ενεργοποιείται από το ρελέ K3.



Σχήμα 6.3: Κύκλωμα ελέγχου για αλλαγή της φορά περιστροφής ενός ΚΙΡ παράλληλης διέγερσης, με έλεγχο φρεναρίσματος (πέδησης)

Το κύκλωμα ελέγχου του σχήματος 6.3 έχει σχεδιαστεί με τη παραδοχή ότι το φρένο ενεργοποιείται, **όταν δεν διαρρέεται από ρεύμα**. Έτσι όταν ενεργοποιηθεί ένα από τα δύο ρελέ που ηλεκτροδοτούν τον κινητήρα κλείνει η αντίστοιχη επαφή 33-34, οπότε το φρένο "ξεμηλοκάρεται". Αντίθετα όταν πατηθεί το μπουτόν STOP τα δύο ρελέ K1 και K2 απενεργοποιούνται, οπότε οι επαφές τους 33-34 ανοίγουν και το φρένο ενεργοποιείται σταματώντας ακαριαία τον κινητήρα.

Με το κύκλωμα που δείξαμε, το φρένο ενεργοποιείται με ανεξάρτητο ρελέ. Είναι όμως δυνατό να ενεργοποιείται απλούστερα μέσω των επαφών του κύριου ρελέ από το κύκλωμα ισχύος, όπως φαίνεται στο σχήμα 6.4. Στην περίπτωση αυτή η τελευταία γραμμή του κυκλώματος του σχήματος 6.3 (που ενεργοποιεί το ρελέ K3), παραλείπεται.



Σχήμα 6.4: Ενεργοποίηση του φρένου άμεσα από το κύκλωμα ισχύος

Στο σχήμα 6.4 παρατηρήστε ότι οι χρησιμοποιούμενες ρελέ ισχύος με τέσσερις κύριες επαφές. Οι επαφές 7-8 των ρελέ είναι συνδεδεμένες παράλληλα, ώστε, όταν ενεργοποιείται ένα εκ των K₁ και K₂ ρελέ, να ηλεκτροδοτείται το φρένο, οπότε να απελευθερώνει τον άξονα του κινητήρα.

Διαδικασία

Κατά την εκτέλεση της άσκησης ακολουθήστε τα εξής βήματα:

A. Δημιουργία και έλεγχος του κυκλώματος ισχύος

1. Δημιουργήστε το κύκλωμα του σχήματος 6.2.
2. Ρυθμίστε το θερμικό.
3. Ηλεκτροδοτήστε το PLC μέσω του μονοφασικού διακόπτη και μιας ασφάλειας.

B. Σύνδεση Η/Υ και PLC

1. Συνδέστε τον υπολογιστή με το PLC μέσω του ειδικού καλωδίου. Ελέγξτε την ρύθμιση του μικροδιακόπτη του καλωδίου ώστε να εξασφαλίζεται ο ρυθμός μετάδοσης που δίνει ο κατασκευαστής.
2. Εξασφαλίστε την επικοινωνία μεταξύ PLC και Η/Υ.

Γ. Κατάστρωση του προγράμματος

1. Βεβαιωθείτε ότι είστε σε περιβάλλον Ladder. Μεταφέρετε σε γλώσσα Ladder το κύκλωμα ελέγχου που φαίνεται στο σχήμα 6.3 ακολουθώντας την εξής ονοματολογία:

ΕΙΣΟΔΟΙ

- I 0.0 : NO (97-98) επαφή του θερμικού
- I 0.1 : NC επαφή του μπουτόν STOP
- I 0.2 : NO επαφή του μπουτόν START Δ
- I 0.3 : NO επαφή του μπουτόν START Α

ΕΞΟΔΟΙ

- Q 0.0 : πηνίο ρελέ ισχύος δεξιάς περιστροφής
- Q 0.1 : πηνίο ρελέ ισχύος αριστερής περιστροφής
- Q 0.2 : πηνίο ρελέ ισχύος ενεργοποίησης φρένου
- Q 0.3 : λυχνία ένδειξης δεξιάς περιστροφής
- Q 0.4 : λυχνία ένδειξης αριστερής περιστροφής
- Q 0.5 : λυχνία ένδειξης υπερθερμανσης του κινητήρα

2. Σώστε το πρόγραμμα στον κατάλογο και με το όνομα που θα σας δώσει ο καθηγητής σας. Ελέγξτε να έχει τοποθετηθεί η σωστή επέκταση.
3. Προχωρήστε στην αποσφαλμάτωση του προγράμματος και φορτώστε το στο PLC.

Δ. Έλεγχος του προγράμματος με προσομοιωτή

1. Συνδέστε στις εισόδους του PLC τον κατάλληλο προσομοιωτή λειτουργίας.
2. Ο διακόπτης της εισόδου I0.0 να μείνει ανοικτός (αντιστοιχεί στην NO επαφή του θερμικού διακόπτη). Κλείστε το διακόπτη της εισόδου I0.1 (αντιστοιχεί στο μπουτόν STOP). Παρατηρήστε την κατάσταση των εξόδων.
3. Ενεργοποιήστε (κλείστε) στιγμιαία την είσοδο I0.2. Παρατηρήστε και σημειώστε ποια Led εξόδου ανάβουν.
4. Ενεργοποιήστε (κλείστε) στιγμιαία την είσοδο I0.3. Τι παρατηρείτε;

5. Ανοίξετε στιγμιαία την είσοδο I0.1. Τι παρατηρείτε;
6. Ενεργοποιήστε ξανά στιγμιαία την είσοδο I0.3. Τι παρατηρείτε;
7. Κλείστε τον διακόπτη της εισόδου I0.0. Τι παρατηρείτε;
8. Αν οι παρατηρήσεις σας στα ερωτήματα Δ1-Δ6 ήταν οι αναμενόμενες, τότε και μόνο μπορείτε να συνεχίσετε την καλωδίωση του PLC. Αν όχι, τότε στο πρόγραμμα υπάρχει λειτουργικό σφάλμα και προσπαθήστε να το εντοπίσετε και να το διορθώσετε.

Ε. Σύνδεση των στοιχείων εισόδου και εξόδου στο PLC

Να γίνεται με την παρουσία του καθηγητή

1. Διακόψτε την ηλεκτροδότηση του PLC. Συνδέστε στη μονάδα εισόδου και στη μονάδα εξόδου όλα τα απαραίτητα στοιχεία σύμφωνα με τις οδηγίες που δίνονται στο τεχνικό εγχειρίδιο της εταιρείας.
2. ΑΝΟΙΞΤΕ ΤΟ ΔΙΑΚΟΠΤΗ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ ΤΟΥ ΚΥΚΛΩΜΑΤΟΣ ΙΣΧΥΟΣ Q.
3. Πιέστε το μπουτόν START για δεξιά περιστροφή. Ενεργοποιούνται οι σωστές έξοδοι;
4. Πιέστε το μπουτόν STOP. Τα αποτελέσματα είναι τα αναμενόμενα;
5. Πιέστε το μπουτόν START για αριστερή περιστροφή. Ενεργοποιούνται οι σωστές έξοδοι;
6. Ενεργοποιήστε το θερμικό με τη βοήθεια του εξωτερικού χειριστηρίου δοκιμής του (Test). Ποια είναι τώρα η κατάσταση των ενδεικτικών Led;
7. Αν τα αποτελέσματα των τεσσάρων προηγούμενων ερωτήσεων είναι τα αναμενόμενα, μπορείτε να συνεχίσετε τον έλεγχο του κυκλώματος. Διαφορετικά ελέγξτε τη σύνδεση των εισόδων.

ΣΤ. Τελικός έλεγχος

Να γίνεται με την παρουσία του καθηγητή

1. Όταν ολοκληρωθεί η καλωδίωση του PLC, το ηλεκτροδοτούμε. Στη συνέχεια κλείνουμε το διακόπτη Q του κυκλώματος ισχύος. Χωρίς να πατήσετε κάποιο μπουτόν, ελέγξτε την κατάσταση του κυκλώματος.
2. Πιέστε το μπουτόν START που αντιστοιχεί στην αριστερή περιστροφή. Καταγράψτε τη λειτουργία του κινητήρα. Στη συνέχεια πιέστε το μπουτόν STOP.
3. Πιέστε το μπουτόν START που αντιστοιχεί στη δεξιά περιστροφή. Καταγράψτε ξανά το αποτέλεσμα. Πιέστε το μπουτόν STOP.
4. Παρουσία του καθηγητή σας, πιέστε διαδοχικά τα δύο μπουτόν START. Τι παρατηρείτε;
5. Πιέστε ξανά το ένα μπουτόν START. Ενεργοποιήστε το θερμικό με τη βοήθεια του εξωτερικού χειριστηρίου δοκιμής του (Test). Τι παρατηρείτε;
6. ΑΝΟΙΞΤΕ ΤΟ ΔΙΑΚΟΠΤΗ Q. Αποσυνδέστε τον κινητήρα από την έξοδο του PLC, αφαιρώντας τα ρελέ K1 και K2 από τις εξόδους Q0.0 και Q0.1 του PLC.

Ζ. Επανάληψη της διαδικασίας για πρόγραμμα με χρήση εντολών SET-RESET

1. Όπως παρατηρείτε, η εκκίνηση του κινητήρα γίνεται με διαδικασία αυτοσυγκράτησης μέσω επαφών των ρελέ ισχύος. Κάντε τις απαραίτητες αλλαγές στο πρόγραμμα, ώστε ο έλεγχος του κινητήρα να γίνεται με εντολές SET και RESET.
2. ΜΕ ΑΠΟΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΟ ΤΟΝ ΚΙΝΗΤΗΡΑ επαληθεύστε τη σωστή λειτουργία του προγράμματός σας.

Η. Ενεργοποίηση του φρένου μέσω των ρελέ ισχύος εκκίνησης του κινητήρα

Να γίνεται με την παρουσία του καθηγητή

1. Δημιουργείστε το κύκλωμα ισχύος του σχήματος 6.4, ώστε το φρένο να ενεργοποιείται απ' ευθείας από το κύκλωμα ισχύος.
2. Κάνετε τις απαραίτητες τροποποιήσεις στο πρόγραμμα για τον έλεγχο του νέου κυκλώματος ισχύος.
3. Αποσφαλματώστε το πρόγραμμα και φορτώστε το στο PLC.
4. Επαληθεύστε τη σωστή λειτουργία του προγράμματος.

Θ. Παρατηρήσεις - Συμπεράσματα



άσκηση 7

Έλεγχος ενός
χώρου στάθμευσης
με χρήση μετρητών



Στόχοι της άσκησης

διάρκεια άσκησης: 6 διδακτικές ώρες

Στο τέλος της άσκησης οι μαθητές θα είναι ικανοί:

- ⇒ να επιλέγουν τα κατάλληλα όργανα και υλικά για την δημιουργία ενός αυτοματισμού ελέγχου του αριθμού των αυτοκινήτων σε χώρο στάθμευσης, με χρήση προγραμματιζόμενου λογικού ελεγκτή (PLC).
- ⇒ να χειρίζονται εντολές μετρητών σε πρόγραμμα για PLC.
- ⇒ να δημιουργούν πλήρη προγράμματα για PLC για επίλυση σύνθετων προβλημάτων.
- ⇒ να χειρίζονται πρόγραμμα προσομοίωσης του κυκλώματος και να παρακολουθούν τη λειτουργία του μέσω υπολογιστή.

Απαραίτητα εξαρτήματα

Για την πραγματοποίηση της άσκησης είναι απαραίτητα τα εξής υλικά:

- ✓ Μία διάτρητη πινακίδα με ράγες
- ✓ Ένα PLC τουλάχιστον 7 εισόδων, 6 εξόδων
- ✓ Ένα προσομοιωτή εισόδων
- ✓ Δύο μπουτόν start, με μία επαφή NO
- ✓ Δύο τερματικοί διακόπτες
- ✓ Ένας ασφαλειοδιακόπτης τουλάχιστον 16 A
- ✓ Δύο ρελέ ισχύος (πηνία 220V)
- ✓ Ένα θερμικό με μία NO και μία NC επαφή
- ✓ Ένας Ασύγχρονος Τριφασικός Κινητήρας Βραχυκυκλωμένου Δρομέα
- ✓ Κλέμες ράγας για τις απαραίτητες καλωδιώσεις

Βασική θεωρία

Στην άσκηση αυτή θα επιδιώξουμε να επιλύσουμε ένα πρόβλημα περισσότερο σύνθετο από τα προηγούμενα, χωρίς να δημιουργήσουμε το κύκλωμα του κλασικού αυτοματισμού, αλλά δημιουργώντας το διάγραμμα ροής.

Για να επιλύσουμε ένα πρόβλημα με διάγραμμα ροής, το πρώτο που πρέπει να κάνουμε είναι να διατυπώσουμε με κάθε λεπτομέρεια το πρόβλημα και να εισαγάγουμε σε αυτό τις εισόδους και τις εξόδους που θα χρησιμοποιήσουμε.

Το πρόβλημα στην άσκηση αυτή περιγράφεται ως εξής:

1. Έχουμε ένα χώρο στάθμευσης έστω 50 θέσεων.

2. Ο χώρος διαθέτει μία είσοδο και μία έξοδο με φωτοκύτταρο που ανιχνεύει την ύπαρξη αυτοκινήτου.
3. Σήμα από το φωτοκύτταρο εισόδου (ή καλύτερα από το φωτοκύτταρο εισόδου ΚΑΙ το μπουτόν START) προσθέτει μια μονάδα στο σύνολο των κατειλημμένων θέσεων, ενώ σήμα από το φωτοκύτταρο εξόδου αφαιρεί.
4. Στην είσοδο υπάρχει κινητή μπάρα.
5. Η μπάρα στην είσοδο δεν μετακινείται, όταν ο χώρος είναι γεμάτος.
6. Στην είσοδο υπάρχουν τρεις ενδεικτικές λάμπες που ενημερώνουν τον οδηγό για την πληρότητα του χώρου: πράσινη σημαίνει ότι είναι γεμάτες έως 25 θέσεις, κίτρινη σημαίνει ότι είναι γεμάτες από 26 έως 49 θέσεις και κόκκινη που σημαίνει ότι ο χώρος στάθμευσης είναι γεμάτος (50 θέσεις).

Το πρόβλημα αποτελείται από δύο ανεξάρτητα μέρη. Το ένα σχετίζεται με τη φωτεινή σήμανση πληρότητας του χώρου, ενώ το δεύτερο με τη κίνηση της μπάρας (ανέβασμα - κατέβασμα). Ας τα δούμε χωριστά.

Για τη σήμανση

7. Αν στο χώρο υπάρχουν 50 αυτοκίνητα ανάβει η κόκκινη λάμπα.
8. Αν στο χώρο υπάρχουν λιγότερα από 50 αλλά περισσότερα από 25 ανάβει η κίτρινη λάμπα.
9. Αν στο χώρο υπάρχουν λιγότερα από 25 ανάβει η πράσινη λάμπα.

Για την κίνηση της μπάρας

10. Τα όρια της κίνησης της μπάρας καθορίζονται από τερματικούς διακόπτες.
11. Η μπάρα ανεβαίνει, όταν το φωτοκύτταρο εισόδου ανιχνεύσει αυτοκίνητο ΚΑΙ στο χώρο υπάρχουν λιγότερα από 50 αυτοκίνητα ΚΑΙ πιεστεί ένα μπουτόν START.
12. Αν στο χώρο στάθμευσης υπάρχουν 50 αυτοκίνητα η μπάρα εισόδου δεν ανεβαίνει ακόμη και αν έχουμε σήμα από το αντίστοιχο φωτοκύτταρο ή/και το μπουτόν START.
13. Η μπάρα κατεβαίνει, όταν στο ανέβασμα συναντήσει τον πάνω τερματικό διακόπτη και ταυτόχρονα δεν υπάρχει ανίχνευση αυτοκινήτου από το φωτοκύτταρο εισόδου.

Καταstrώνουμε τον πίνακα εισόδων-εξόδων

ΠΙΝΑΚΑΣ 1

ΕΙΣΟΔΟΙ

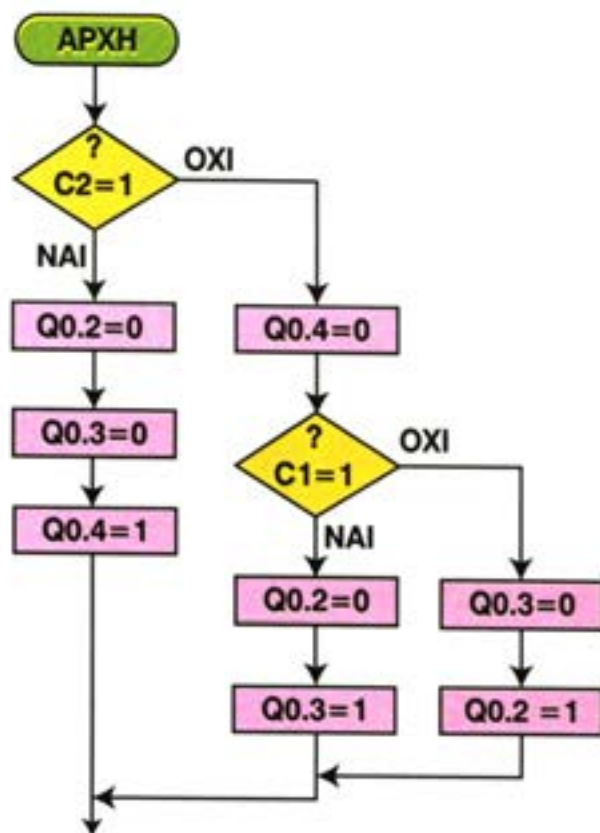
- I 0.0 : φωτοκύτταρο εισόδου
- I 0.1 : φωτοκύτταρο εξόδου
- I 0.2 : πάνω τερματικός εισόδου
- I 0.3 : κάτω τερματικός εισόδου
- I 0.4 : μπουτόν START κινητήρα
- I 0.5 : επαφή NO του θερμικού
- I 0.6 : μπουτόν START για RESET των μετρητών

ΕΞΟΔΟΙ

- Q 0.0 : μπάρα εισόδου πάνω
- Q 0.1 : μπάρα εισόδου κάτω
- Q 0.2 : πράσινη ενδεικτική λυχνία
- Q 0.3 : πορτοκαλί ενδεικτική λυχνία
- Q 0.4 : κόκκινη ενδεικτική λυχνία
- Q 0.5 : ενδεικτική λυχνία υπερφόρτισης

Με βάση τα σύμβολα του πίνακα αυτού καταστρώνουμε τα διαγράμματα ροής. Το πρόβλημα μπορεί να λυθεί χρησιμοποιώντας δύο μετρητές. Τα φωτοκύτταρα εισόδου και εξόδου αλληλάζουν το περιεχόμενο των μετρητών ως εξής: Ενεργοποίηση του φωτοκύτταρου εισόδου αυξάνει το περιεχόμενο των μετρητών, ενώ ενεργοποίηση του φωτοκύτταρου εξόδου το μειώνει (το μέρος του προγράμματος που ελέγχει τους μετρητές δεν χρειάζεται να φαίνεται στο διάγραμμα ροής).

Για το μέρος του προβλήματος που αναφέρεται στη φωτεινή σήμανση, το διάγραμμα ροής φαίνεται στο σχήμα 7.1.



ΕΙΣΟΔΟΙ

- I 0.0 : φωτοκύτταρο εισόδου
- I 0.1 : φωτοκύτταρο εξόδου
- I 0.2 : πάνω τερματικός εισόδου
- I 0.3 : κάτω τερματικός εισόδου
- I 0.4 : μπουτόν START κινητήρα
- I 0.5 : είσοδος NO επαφή θερμικού
- I 0.6 : μπουτόν START για RESET

ΕΞΟΔΟΙ

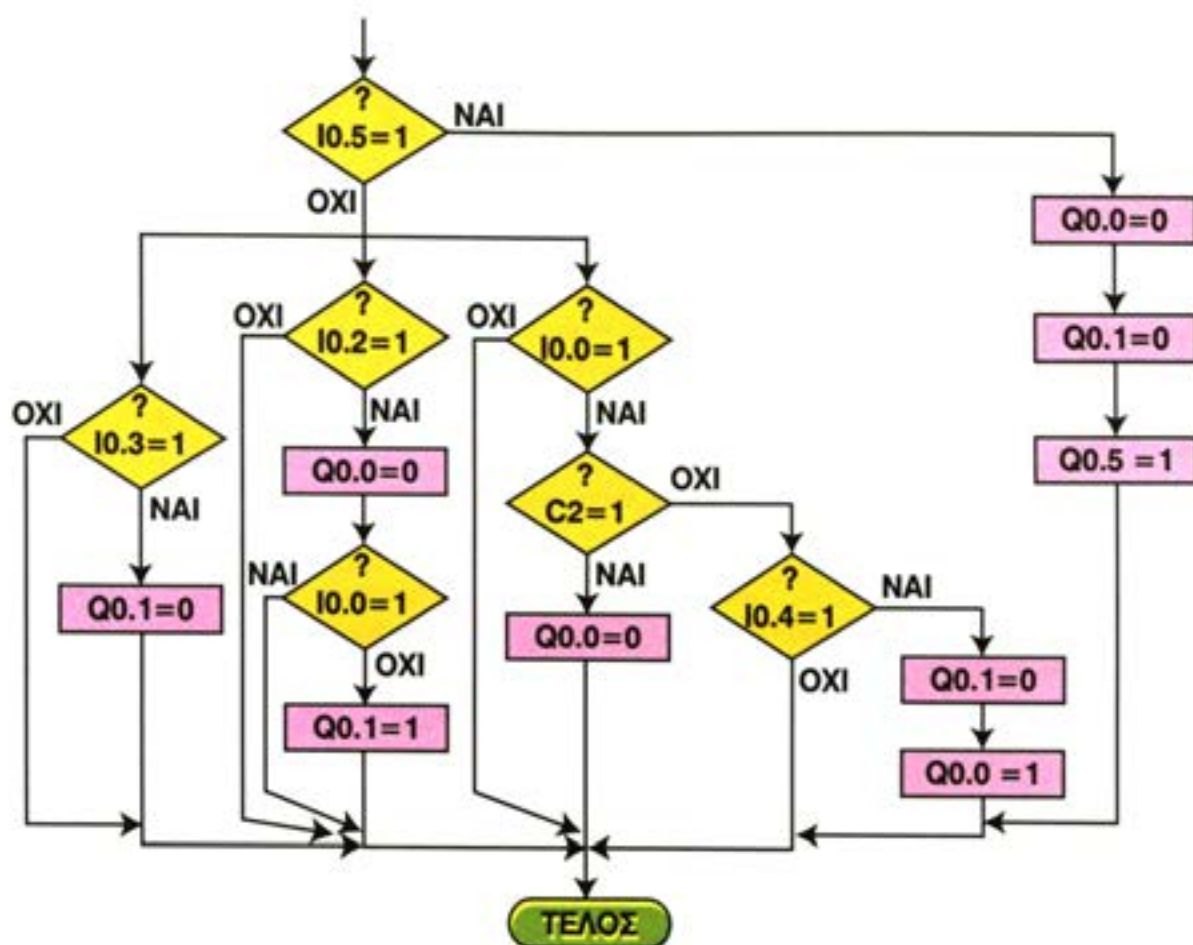
- Q 0.0 : μπάρα εισόδου πάνω
- Q 0.1 : μπάρα εισόδου κάτω
- Q 0.2 : πράσινη ενδεικτική λυχνία
- Q 0.3 : πορτοκαλί ενδεικτική λυχνία
- Q 0.4 : κόκκινη ενδεικτική λυχνία
- Q 0.5 : ενδεικτική λυχνία υπερφόρτισης

ΜΕΤΡΗΤΕΣ (UP / DOWN)

- C1 : σύγκριση με το 25
- C2 : σύγκριση με το 50

Σχήμα 7.1: Διάγραμμα ροής για τον έλεγχο των ενδεικτικών λυχνιών πληρότητας σε ένα χώρο στάθμευσης

Για το μέρος που αναφέρεται στην κίνηση της μπάρας, το διάγραμμα ροής είναι αυτό του σχήματος 7.2.



ΕΙΣΟΔΟΙ

- I 0.0 : φωτοκύτταρο εισόδου
- I 0.1 : φωτοκύτταρο εξόδου
- I 0.2 : πάνω τερματικός εισόδου
- I 0.3 : κάτω τερματικός εισόδου
- I 0.4 : μπουτόν START κινητήρα
- I 0.5 : επαφή NO του θερμικού
- I 0.6 : μπουτόν START για RESET

ΕΞΟΔΟΙ

- Q 0.0 : μπάρα εισόδου πάνω
- Q 0.1 : μπάρα εισόδου κάτω
- Q 0.2 : πράσινη ενδεικτική λυχνία
- Q 0.3 : πορτοκαλί ενδεικτική λυχνία
- Q 0.4 : κόκκινη ενδεικτική λυχνία
- Q 0.5 : ενδεικτική λυχνία υπερφόρτισης

ΜΕΤΡΗΤΕΣ (UP / DOWN)

- C1 : σύγκριση με το 25
- C2 : σύγκριση με το 50

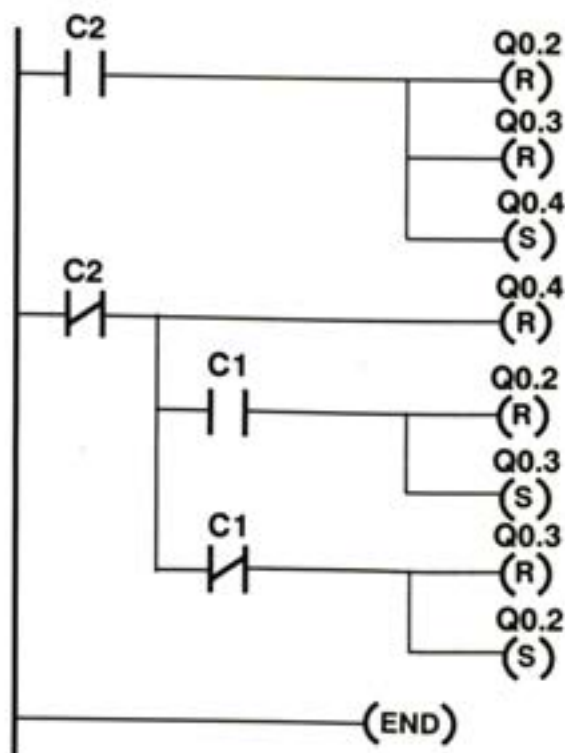
Σχήμα 7.2: Διάγραμμα ροής για τον έλεγχο της μπάρας εισόδου σε ένα χώρο στάθμευσης

Για την κατάστρωση του προγράμματος, όπως ήδη αναφέραμε, ότι θα χρειαστούμε εντολές μέτρησης (μετρητές - counters). Πρόκειται για μονάδες που συγκρίνουν τον αριθμό των παλμών που δέχονται με μια προτοποθετημένη τιμή (Preset Value). Όταν οι δύο αριθμοί γίνουν ίσοι ενεργοποιείται ο μετρητής (η έξοδός του γίνεται λογικό 1). Το λογισμικό προγραμματισμού των PLC διαθέτει συνήθως δύο είδη μετρητών: τον μετρητή αύξησης- UP COUNTER και τον μετρητή αύξησης/μείωσης- UP/DOWN COUNTER. Και οι δύο διαθέτουν μια είσοδο για την αναγραφή της προτοποθετημένης τιμής και μία είσοδο για επανεκκίνηση της μέτρησης (Reset). Επιπλέον ο UP COUNTER διαθέτει μια είσοδο (Counter Up) για την αύξηση του περιεχομένου του μετρητή και η αρίθμηση γίνεται από το 0 προς την προτοποθετημένη τιμή ενώ ο UP/DOWN COUNTER διαθέτει δύο επιπλέον εισόδους (Counter Up και Counter Down) μια αύξησης του περιεχομένου του μετρητή και μια μείωσης, ενώ και εδώ η αρίθμηση γίνεται από το 0 προς την προτοποθετημένη τιμή. Όταν στην είσοδο καταμετρηθούν όσοι παλμοί δηλώνονται στην είσοδο της προτοποθετημένης τιμής (Preset Value), τότε η έξοδος του απαριθμητή γίνεται λογικό 1. Κάποιες εταιρείες διαθέτουν και μετρητή μείωσης- DOWN COUNTER, δηλαδή απαριθμητές όπου η αρίθμηση ξεκινά από την προτοποθετημένη τιμή και μειώνεται προς το 0.

Τα σύμβολα, οι εντολές και οι λειτουργίες των μετρητών αλληλάζουν σημαντικά στις διάφορες εταιρείες. Για το λόγο αυτό είναι απαραίτητο να συμβουλευτείτε τον οδηγό της εταιρείας.

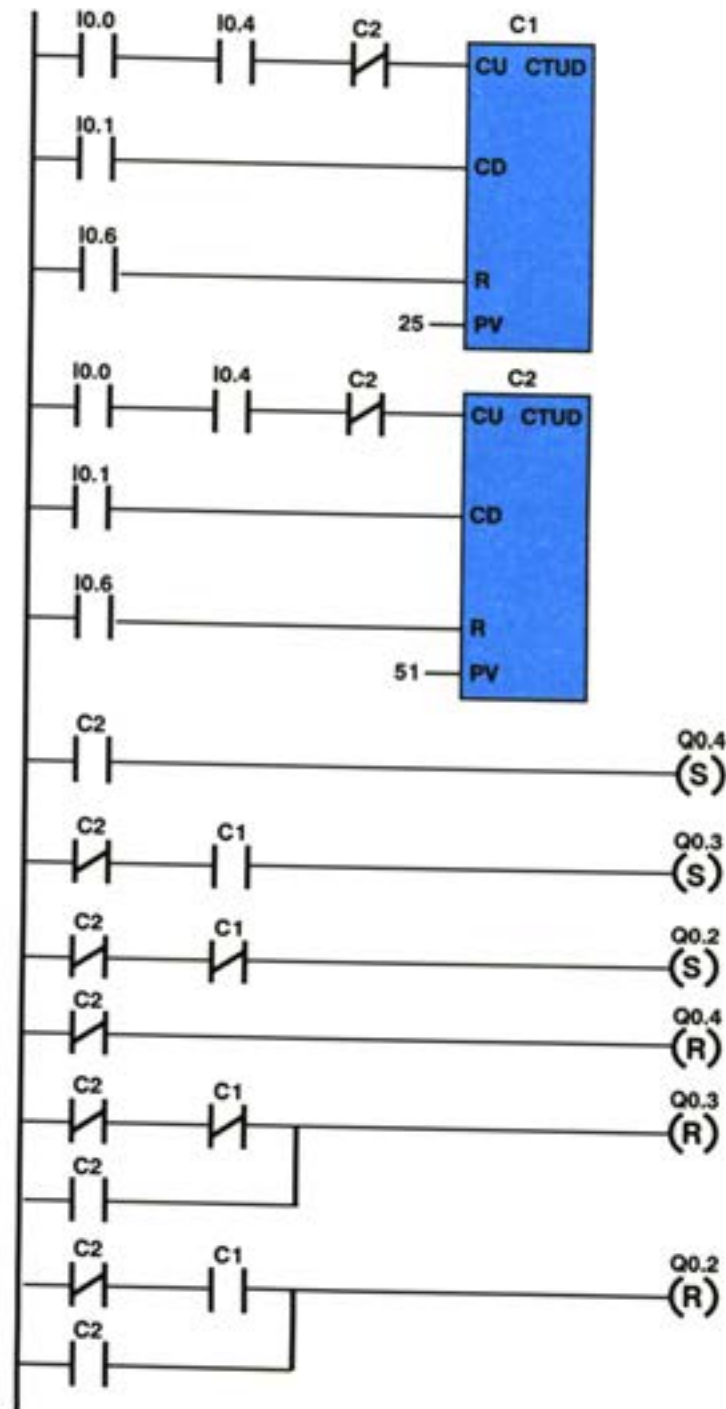
Μια σημαντική διαφοροποίηση είναι η μονάδες να διαθέτουν ή όχι έξοδο. Όταν διαθέτουν έξοδο συνήθως οδηγείται σε μια έξοδο τύπου coil και στη συνέχεια του προγράμματος χρησιμοποιούμε επαφές με το όνομα της εξόδου αυτής. Όταν όμως οι μετρητές δεν διαθέτουν έξοδο, χρησιμοποιούμε επαφές με το όνομα του μετρητή (π.χ. C4). Οι επαφές αυτές αλληλάζουν κατάσταση όταν ενεργοποιείται ο μετρητής (δηλαδή η έξοδός του γίνει λογικό 1).

Ξεκινώντας δεχόμαστε ότι αρχικά ο χώρος στάθμευσης είναι άδειος. Μετατρέπουμε το διάγραμμα ροής του σχήματος 7.1 σε γλώσσα Ladder οπότε προκύπτει το πρόγραμμα που βλέπουμε στο σχήμα 7.3.



Σχήμα 7.3:
Μεταφορά σε γλώσσα Ladder
του διαγράμματος ροής του
σχήματος 7.1 για τη φωτεινή
ένδειξη πληρότητας χώρου
στάθμευσης

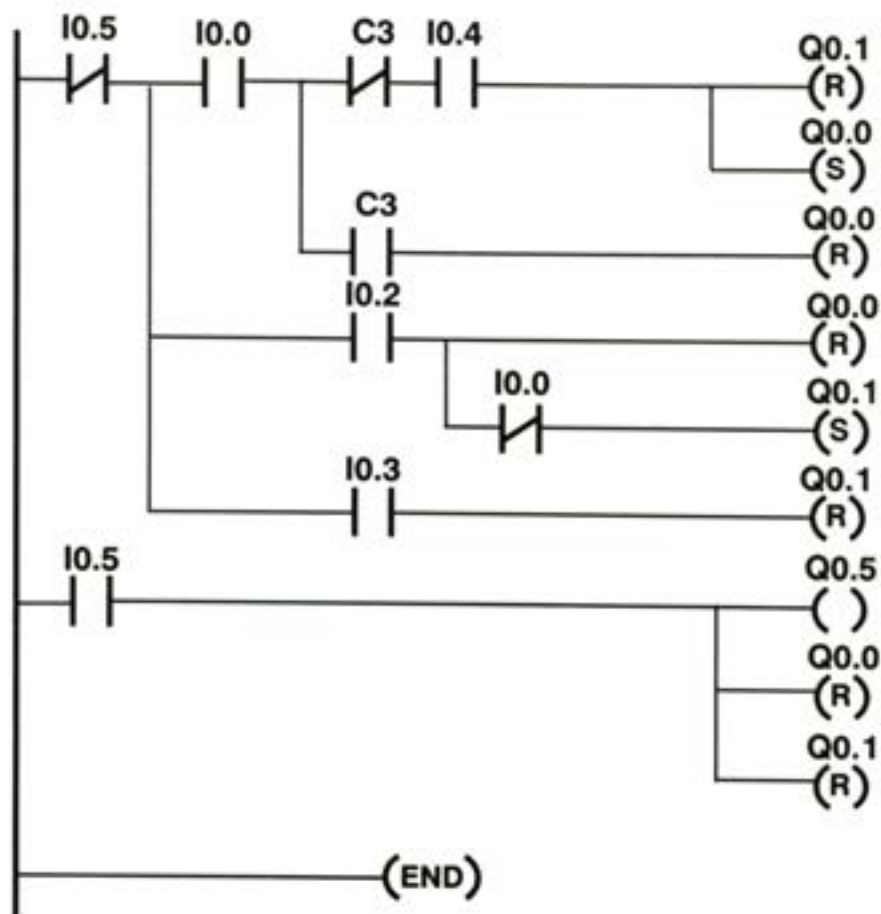
Το πρόγραμμα, όπως φαίνεται στο σχήμα 7.3, έχει ένα σημαντικό συντακτικό σφάλμα: υπάρχουν ίδιες έξοδοι σε περισσότερες από μία γραμμές. Συγκεντρώνοντας τις γραμμές που έχουν την ίδια έξοδο και αφού προσθέσουμε τις εντολές για τον έλεγχο των μετρητών, έχουμε τελικά το πρόγραμμα του σχήματος 7.4.



Σχήμα 7.4: Τελικό πρόγραμμα σε γλώσσα Ladder για τη φωτεινή σήμανση πληρότητας χώρου στάθμευσης

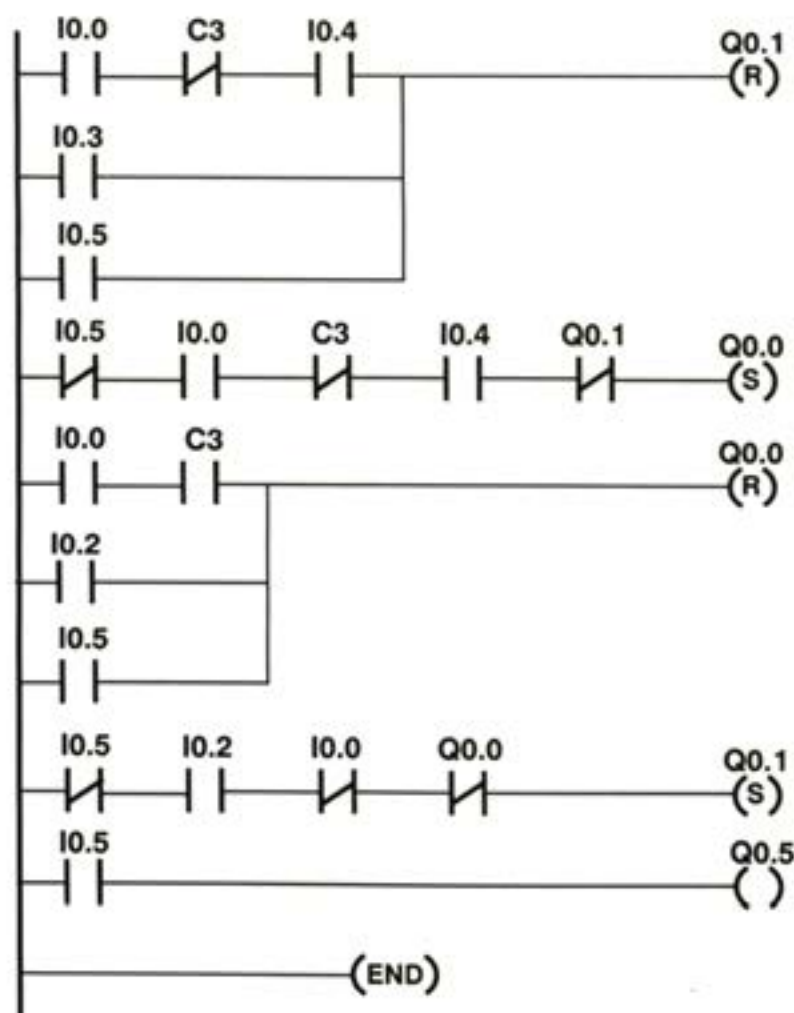
Στο σχήμα 7.4 παρατηρήστε ότι στις εισόδους CU των μετρητών έχει τεθεί σε σειρά η NC επαφή C2, ώστε η αύξηση της αρίθμησης να σταματά, όταν φτάσει στον αριθμό 50, αφού δεν πρόκειται άλλα αυτοκίνητα να εισέλθουν στο χώρο στάθμευσης. Το πρόβλημα αυτό μπορεί να αντιμετωπιστεί, αν στις εισόδους UP των μετρητών φέρουμε τη NO επαφή του πάνω τερματικού αντί του φωτοκυττάρου εισόδου. Τότε δεν θα χρειαζόταν η NC επαφή C2 (αφού τότε οι μετρητές θα μετρούσαν ανεβάσματα της μπάρας που δεν θα είναι πάνω από 50).

Μεταφέρουμε τώρα σε γλώσσα Ladder το διάγραμμα ροής του σχήματος 7.2 (ελέγχει την κίνηση της μπάρας στην είσοδο) και έχουμε το σχήμα 7.5.



Σχήμα 7.5: Μεταφορά σε γλώσσα Ladder του διαγράμματος ροής του σχήματος 7.2 για την κίνηση μπάρας στην είσοδο ενός χώρου στάθμευσης

Στο πρόγραμμα του σχήματος 7.5 υπάρχει το ίδιο σφάλμα με το σχήμα 7.3: υπάρχουν ίδιες έξοδοι σε περισσότερες από μια γραμμές. Συγκεντρώνοντας τις γραμμές που έχουν την ίδια έξοδο και προσθέτοντας τις NC επαφές Q0.1 και Q0.0 για προστασία του κινητήρα, έχουμε τελικά το πρόγραμμα του σχήματος 7.6.

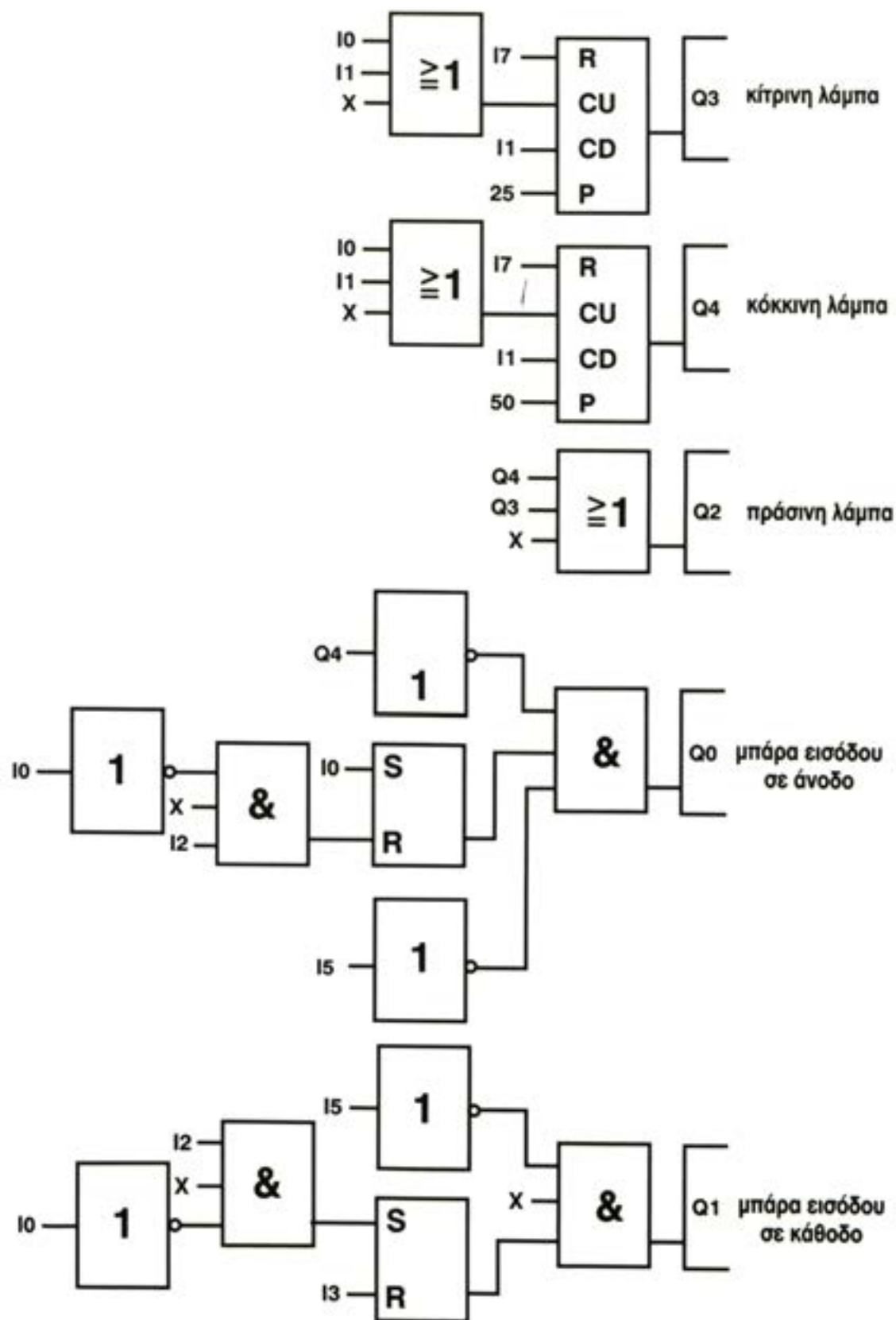


Σχήμα 7.6: Τελικό πρόγραμμα σε γλώσσα Ladder για την κίνηση της μπάρας στην είσοδο ενός χώρου στάθμευσης

Τα δύο προγράμματα που φαίνονται στα σχήματα 7.4 και 7.6 αποτελούν το πλήρες πρόγραμμα για τον αυτοματισμό που θέλουμε (μπορούν όμως να λειτουργήσουν και ανεξάρτητα). Να σημειώσουμε ότι η προτεινόμενη λύση είναι ελλιπής αφού δεν περιλαμβάνεται τμήμα ασφάλισης του χρήστη (π.χ. δεύτερο φωτοκύτταρο μετά την μπάρα, που να εξασφαλίζει ότι το αυτοκίνητο απομακρύνθηκε πριν κατέβει η μπάρα, ή τι θα συμβεί αν για κάποιο λόγο-βλάβη δώσουν σήμα και οι δύο τερματικοί διακόπτες) και επαλήθευσης των λειτουργιών.

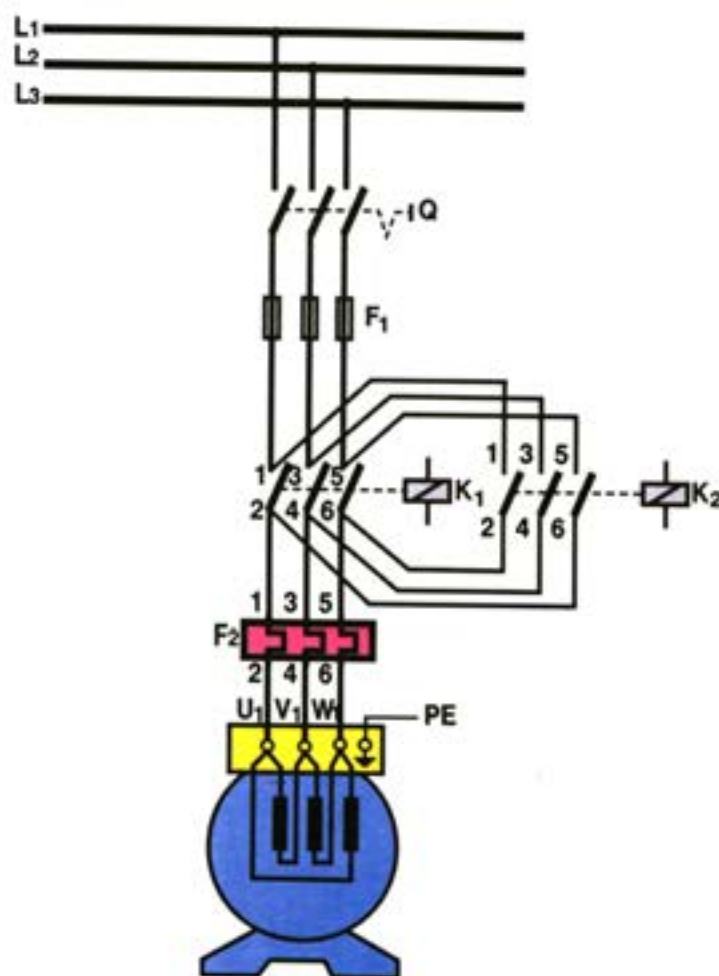
Παρατήρηση: όταν το πρόβλημα είναι αρκετά σύνθετο, μπορεί να χωριστεί σε μέρη και να γραφεί ένα υποπρόγραμμα (ρουτίνα) για κάθε μέρος. Στη συνέχεια στο κύριο μέρος καλούμε απλά τις ρουτίνες αυτές (στο instruction set των PLC υπάρχει εντολή CALL). Στο πρόβλημα που αντιμετωπίζουμε η τεχνική αυτή θα ήταν προτιμότερη.

Στο σχήμα 7.7 βλέπουμε το πρόγραμμα που υλοποιεί τον αυτοματισμό που έχουμε περιγράψει, με χρήση γλώσσας λογικών συναρτήσεων.



Σχήμα 7.7: Πρόγραμμα γλώσσας FBD για την κίνηση μπάρας στην είσοδο ενός χώρου στάθμευσης

Το κύκλωμα ισχύος αποτελείται από ένα ΑΤΚΒΔ που θα μετακινεί τη μπάρα στην είσοδο του χώρου στάθμευσης και τους απαραίτητους ασφαλειοδιακόπτες, θερμικά, ρελέ ισχύος. Ο κινητήρας συνδέεται σε συνδεσμολογία αναστροφής φοράς, όπως φαίνεται στο σχήμα 7.8. Κατά την πραγματοποίηση της άσκησης ο κινητήρας συνδέεται χωρίς φορτίο και παρακολουθείται η αλλαγή στην περιστροφή του. Τα δύο ρελέ ισχύος είναι κατηγορίας χρήσης AC-4 και ενεργοποιούνται από τις εξόδους Q0.0 και Q0.1 του PLC. Οι άλλες τέσσερις εξόδους του PLC συνδέονται με ενδεικτικές πυχνίες, όπως έχουμε δει σε προηγούμενη άσκηση.



Σχήμα 7.8: Κύκλωμα ισχύος για την κίνηση της μπάρας εισόδου ενός χώρου στάθμευσης

Διαδικασία

Κατά την εκτέλεση της άσκησης ακολουθήστε τα εξής βήματα:

A. Δημιουργία αυτοματισμού φωτεινής ένδειξης της πληρότητας

1. Ενεργοποιήστε το λογισμικό προγραμματισμού PLC.
2. Ελέγξτε την επικοινωνία μεταξύ H/Y και PLC.
3. Θέστε το PLC σε θέση STOP.
4. Βεβαιωθείτε ότι είστε στο περιβάλλον Ladder. Γράψτε στον υπολογιστή το πρόγραμμα (σε γλώσσα Ladder) που αναφέρεται στη φωτεινή σήμανση πληρότητας του χώρου στάθμευσης (προσθέτοντας την εντολή END στο τέλος).
5. Αποσφαλματώστε το πρόγραμμα και αποθηκεύστε το στον κατάλογο και με το όνομα που θα σας δώσει ο καθηγητής σας. Ελέγξτε να έχει τοποθετηθεί η σωστή επέκταση. Μεταφέρετε το πρόγραμμα στο PLC.
6. Συνδέστε στις εισόδους του PLC τον κατάλληλο προσομοιωτή εισόδων. Ανοίξτε όλους τους διακόπτες του. Ποια έξοδος είναι ενεργοποιημένη;
7. Ενεργοποιήστε τη κατάλληλη λειτουργία του λογισμικού, ώστε να παρακολουθείτε την εξέλιξη του προγράμματος μέσω του υπολογιστή (π.χ. λειτουργία Status On).
8. Ανοιγοκλείστε το διακόπτη που αντιστοιχεί στην είσοδο I0.0 παρακολουθώντας στον υπολογιστή το περιεχόμενο του μετρητή. Ποια έξοδος του PLC είναι αρχικά ενεργοποιημένη; Όταν το περιεχόμενο των μετρητών γίνει 26 αλλάζει η κατάσταση των εξόδων;
9. Συνεχίστε να ανοιγοκλείνετε τον διακόπτη της εισόδου I0.0. Τι συμβαίνει όταν το περιεχόμενο των μετρητών γίνει 50;. Αν συνεχίσετε να ανοιγοκλείνετε το διακόπτη, τι συμβαίνει στο περιεχόμενο των μετρητών;
10. Ανοιγοκλείστε το διακόπτη της εισόδου I0.1. Πως μεταβάλλεται η κατάσταση των εξόδων;
11. Αν η μεταβολή των εξόδων κατά τα προηγούμενα στάδια ελέγχου ήταν η αναμενόμενη, προχωρήστε στα επόμενα στάδια. Διαφορετικά στο πρόγραμμα υπάρχει λειτουργικό σφάλμα που πρέπει να εντοπίσετε και να διορθώσετε.

B. Συμπλήρωση του αυτοματισμού με τον έλεγχο της μπάρας στην είσοδο

1. Συμπληρώστε το πρόγραμμα με το κομμάτι που αναφέρεται στην κίνηση της μπάρας.
2. Αποσφαλματώστε το καινούργιο πρόγραμμα, αποθηκεύστε το και μεταφέρετέ το στο PLC.

Τα επόμενα στάδια να γίνουν με την παρουσία του καθηγητή

3. Ελέγξτε την καλή λειτουργία του προγράμματος ως εξής: Ανοίξτε όλους τους διακόπτες των εισόδων. Στη συνέχεια κλείστε το διακόπτη της εισόδου I0.0 (αντιστοιχεί στο φωτοκύτταρο εισόδου). Κλείστε στιγμιαία

- το διακόπτη της εισόδου I0.4 (πιέστε το μπουτόν START). Ενεργοποιείται η έξοδος που αντιστοιχεί στο ανέβασμα της μπάρας;
4. Κλείστε στιγμιαία το διακόπτη της εισόδου I0.2 (αντιστοιχεί στον πάνω τερματικό διακόπτη). Απενεργοποιήθηκε η προηγούμενη έξοδος και ενεργοποιήθηκε η έξοδος που αντιστοιχεί στο κατέβασμα της μπάρας;
5. Κλείστε το διακόπτη της εισόδου I0.3 (αντιστοιχεί στον κάτω τερματικό διακόπτη). Απενεργοποιούνται όλες οι έξοδοι που σχετίζονται με την κίνηση της μπάρας;

Γ. Σύνδεση των στοιχείων εισόδου και έλεγχος

Να γίνεται με την παρουσία του καθηγητή

1. Συνδέστε στις μονάδες εισόδου και εξόδου του PLC όλα τα απαραίτητα στοιχεία, αφού συμβουλευτείτε το φυλλάδιο οδηγιών της εταιρείας.
2. Δημιουργήστε το κύκλωμα ισχύος του σχήματος 7.8.
3. Ρυθμίστε το θερμικό.
4. ΑΝΟΙΞΤΕ ΤΟ ΔΙΑΚΟΠΤΗ Q.
5. Μετακινήστε το χέρι σας μπροστά στα φωτοκύτταρα εισόδου και εξόδου (είσοδοι I0.0 και I0.1 αντιστοίχα) και παρακολουθήστε τη μεταβολή των εξόδων. Είναι οι αναμενόμενες;
6. Κάνετε όλες τις απαραίτητες ενέργειες, για τον έλεγχο της καλής λειτουργίας του αυτοματισμού σας.
7. Αν οι παρατηρήσεις σας κατά τα προηγούμενα ερωτήματα ήταν οι αναμενόμενες και είστε σίγουρος ότι ο αυτοματισμός λειτουργεί κανονικά, τότε και μόνο τότε μπορείτε να κλείσετε το διακόπτη Q και να συνεχίσετε τον έλεγχο με το κύκλωμα ισχύος σε λειτουργία.
8. Χωρίς να ενεργοποιήσετε καμία είσοδο ελέγξτε την κατάσταση των εξόδων.
9. Μετακινήστε το χέρι σας μπροστά στο φωτοκύτταρο εισόδου (διακόπτοντας τη δέσμη) και παρατηρήστε τις ενδεικτικές λάμπες. Όταν ανάψει η κίτρινη λάμπα μετακινήστε λίγες φορές το χέρι σας μπροστά στο φωτοκύτταρο εξόδου. Τα αποτελέσματα είναι τα αναμενόμενα; Ο κινητήρας ενεργοποιήθηκε;
10. Πιέστε το μπουτόν που κάνει Reset στους απαριθμητές.
11. Μετακινήστε το χέρι σας 23 φορές περίπου μπροστά στο φωτοκύτταρο της εισόδου. Τοποθετήστε ένα αντικείμενο ώστε να "κόβει" τη δέσμη.
12. Πιέστε το μπουτόν START του κινητήρα. Αρχίζει να περιστρέφεται ο κινητήρας;
13. "Κτυπήστε" τον πάνω τερματικό διακόπτη. Αλλάζει η κατάσταση των εξόδων; Αφαιρέστε το αντικείμενο που βρίσκεται μπροστά στο φωτοκύτταρο της εισόδου. Τι παρατηρείτε;
14. "Κτυπήστε" τον κάτω τερματικό διακόπτη. Τι παρατηρείτε;
15. Μετακινήστε το χέρι σας μπροστά από το φωτοκύτταρο της εισόδου ακόμη 30 φορές περίπου. Τοποθετείτε ξανά το αντικείμενο μπροστά στο φωτοκύτταρο της εισόδου και πιέστε το μπουτόν START. Τι παρατηρείτε;
16. Μετακινήστε το χέρι σας περίπου πέντε φορές μπροστά στο φωτοκύτταρο εξόδου. Πιέστε ξανά το μπουτόν

START του κινητήρα. Τι παρατηρείτε;

17. Κάνετε όποιο άλλο πείραμα πιστεύετε ότι θα σας βοηθήσει να επαληθεύσετε την λειτουργία του κυκλώματος.
18. Ανοίξτε τον τριφασικό διακόπτη Q. Αποσυνδέστε όλα τα εξαρτήματα από τις εισόδους και τις εξόδους του PLC.

Δ. Παρατηρήσεις - Συμπεράσματα

άσκηση 8

Προγραμματισμός χρονικών σε συνδυασμό με συγκριτές



Στόχοι της άσκησης

διάρκεια άσκησης: 6 διδακτικές ώρες

Στο τέλος της άσκησης οι μαθητές θα είναι ικανοί:

- να επιλέγουν τα κατάλληλα όργανα και υλικά για τη δημιουργία παλμογεννήτριας, με χρήση προγραμματιζόμενου λογικού ελεγκτή (PLC).
- να χειρίζονται εντολές χρονικών σε πρόγραμμα για PLC.
- να χειρίζονται εξόδους σε μορφή bit, byte, word.
- να χειρίζονται εντολές σύγκρισης.
- να μπορούν να διαχειρίζονται πρόγραμμα προσομοίωσης του κυκλώματος αυτοματισμού και να προχωρούν σε αποσφαλμάτωση.
- να παρακολουθούν τη λειτουργία του PLC μέσω υπολογιστή.

Απαραίτητα εξαρτήματα

Για την πραγματοποίηση της άσκησης είναι απαραίτητα τα εξής υλικά:

- ✓ Μία διάτρητη πινακίδα με ράγες
- ✓ Ένα PLC τουλάχιστον 6 ψηφιακών εισόδων, 6 ψηφιακών εξόδων
- ✓ Ένα χειροκίνητο διακόπτη, με επαφές NO-NC
- ✓ Κλέμες ράγας για τις απαραίτητες καλωδιώσεις

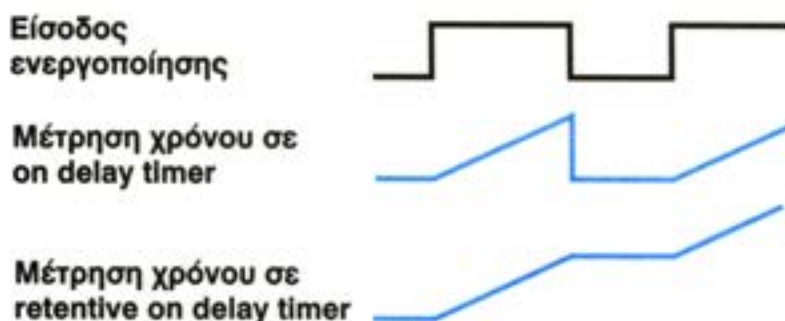
Βασική θεωρία

Στην άσκηση αυτή θα δούμε πώς μπορούμε να δημιουργήσουμε μια παλμοσειρά με τη βοήθεια ενός ή περισσότερων χρονικών.

Το χρονικό είναι μια μονάδα με την οποία μπορούμε να μετακινήσουμε χρονικά την εμφάνιση ενός παλμού. Ο συμβολισμός αλλά και η λειτουργία των διάφορων χρονικών παρουσιάζουν σημαντικές διαφορές μεταξύ των διαφόρων εταιρειών. Για τα λόγια αυτά είναι απαραίτητο να συμβουλευτείτε το φυλλάδιο οδηγιών της εταιρείας.

Σε όλα πάντως τα PLC υπάρχουν χρονικά με καθυστέρησης ενεργοποίησης. Τα χρονικά αυτά έχουν μια είσοδο ενεργοποίησης και μια είσοδο όπου τοποθετείται μια τιμή χρόνου (προπροθεσμεμένος χρόνος - Preset Time). Όταν η είσοδος ενεργοποίησης γίνει λογικό 1, τότε το χρονικό αρχίζει να μετρά χρόνο και όταν η μέτρηση φτάσει στην τιμή που έχουμε ορίσει (ενώ η είσοδος ενεργοποίησης είναι πάντα σε λογικό 1), τότε η έξοδός του γίνεται λογικό 1. Δύο είναι τα πιο συνηθισμένα είδη χρονικών καθυστέρησης που χρησιμοποιούν οι διάφορες εταιρείες: τα On-Delay Timers (χρονικά με χρονική καθυστέρηση κατά την ενεργοποίησή τους) και τα Retentive On-Delay Timers (χρονικά διασφάλισης δεδομένων με χρονική καθυστέρηση κατά την ενεργοποίησή τους). Η διαφορά τους είναι ότι στα πρώτα αν η ενεργοποίηση της εισόδου διακοπεί πριν συμπληρωθεί ο χρόνος προπροθέτησης, το χρονικό μηδενίζει τη μέτρησή του (λειτουργία Reset). Αντίθετα στα δεύτερα η μέτρηση σταματά προσωρινά.

Να σημειώσουμε πάντως ότι ιδιαίτερα στις μονάδες retentive on delay timer υπάρχουν σημαντικές διαφορές μεταξύ των διαφόρων εταιρειών. Στο σχήμα 8.1 φαίνεται η διαφορά στη λειτουργία των δύο χρονικών για ένα τύπο PLC.



Σχήμα 8.1: Λειτουργία των δύο τύπων χρονικών για ένα τύπο PLC

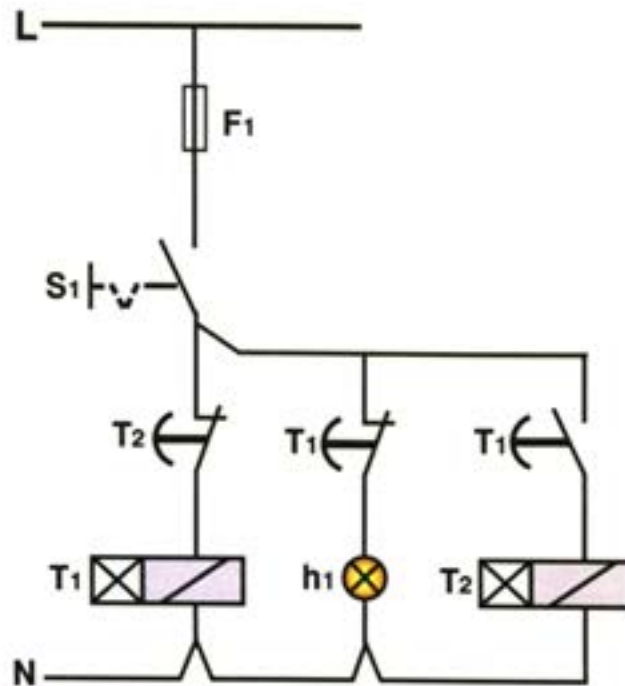
Μια σημαντική επιλογή που πρέπει να γίνεται στα χρονικά είναι η επιλογή της *βάσης χρόνου*. Για να καθυφθεί μεγάλο εύρος χρονικού διαστήματος όπου η μέτρηση θα γίνεται με μεγάλη ακρίβεια, τα χρονικά χωρίζονται σε κατηγορίες. Ο υπολογισμός του χρόνου που ορίζουμε γίνεται από τον πολλαπλασιασμό της τιμής που θέτουμε στην είσοδο PT επί μια σταθερά (διαφορετική για κάθε κατηγορία χρονικών) που ονομάζεται *βάση χρόνου* της κατηγορίας του χρονικού. Έτσι αν επιλέξουμε χρονικό με βάση χρόνο 100ms και στην είσοδο PT θέσουμε την τιμή 20, τότε το χρονικό θα μετρήσει χρόνο $20 \times 100\text{ms} = 2000\text{ms}$ δηλαδή 2 δευτερόλεπτα. Αντίθετα αν θέσουμε την ίδια τιμή PT αλλά επιλέξουμε χρονικό με βάση χρόνο 10ms, ο χρόνος που θα μετρηθεί θα είναι μόλις $20 \times 10\text{ms} = 200\text{ms}$ δηλαδή 0.2 δευτερόλεπτα.

Ο τρόπος επιλογής της βάσης χρόνου διαφέρει από εταιρεία σε εταιρεία. Έτσι, σε άλλες εταιρείες η βάση χρόνου επιλέγεται για κάθε χρονικό και αναγράφεται πάνω στο τετραγωνάκι του χρονικού, σε άλλες εξαρτάται από τον αριθμό του χρονικού που επιλέγεται (π.χ. το T1 αντιστοιχεί σε βάση χρόνου 1ms, το T38 σε 100ms, κ.λπ.).

Οι μονάδες των χρονικών διαφέρουν κατά τη λειτουργία τους και σε άλλα σημεία, εκτός από τον τρόπο επιλογής της βάσης χρόνου, στις διάφορες εταιρείες. Μία διαφορά είναι αν η μονάδα παρουσιάζει έξοδο ή όχι (όμοια με τους απεριθμητές). Άλλη διαφορά είναι αν οι μονάδες έχουν ανεξάρτητη είσοδο για Reset ή όχι.

Για τους λόγους αυτούς είναι σημαντικό να ανατρέξετε στο φυλλάδιο οδηγιών της εταιρείας για να μάθετε ακριβώς τα είδη των χρονικών και τον τρόπο χρήση τους.

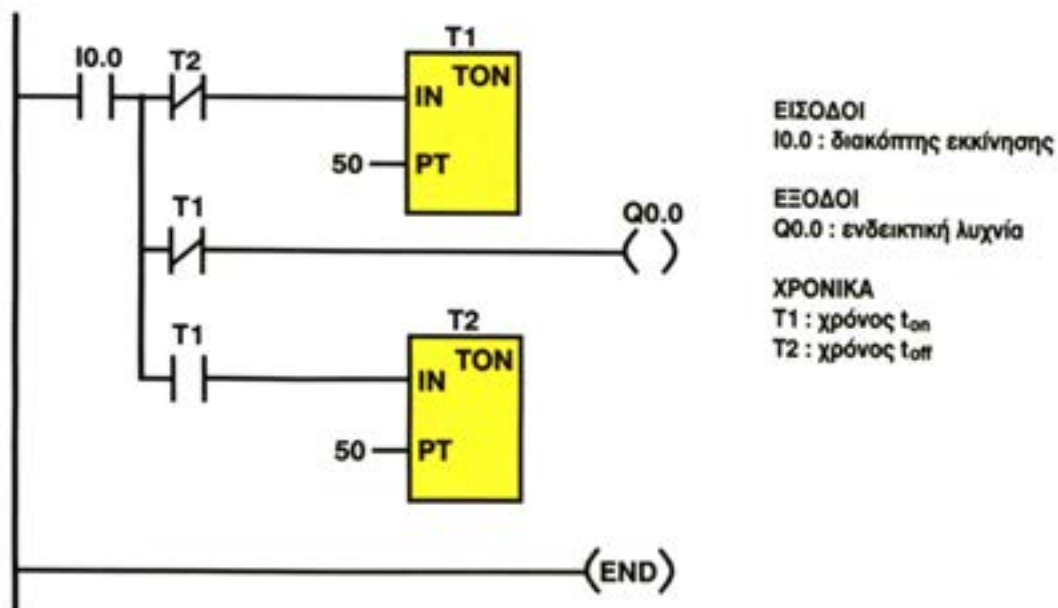
Για να δημιουργήσουμε μια παλμοσειρά μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε το γνωστό από τη θεωρία κύκλωμα κλασικού αυτοματισμού που φαίνεται στο σχήμα 8.2.



Σχήμα 8.2: Επαφικό κύκλωμα δημιουργίας παλμοσειράς

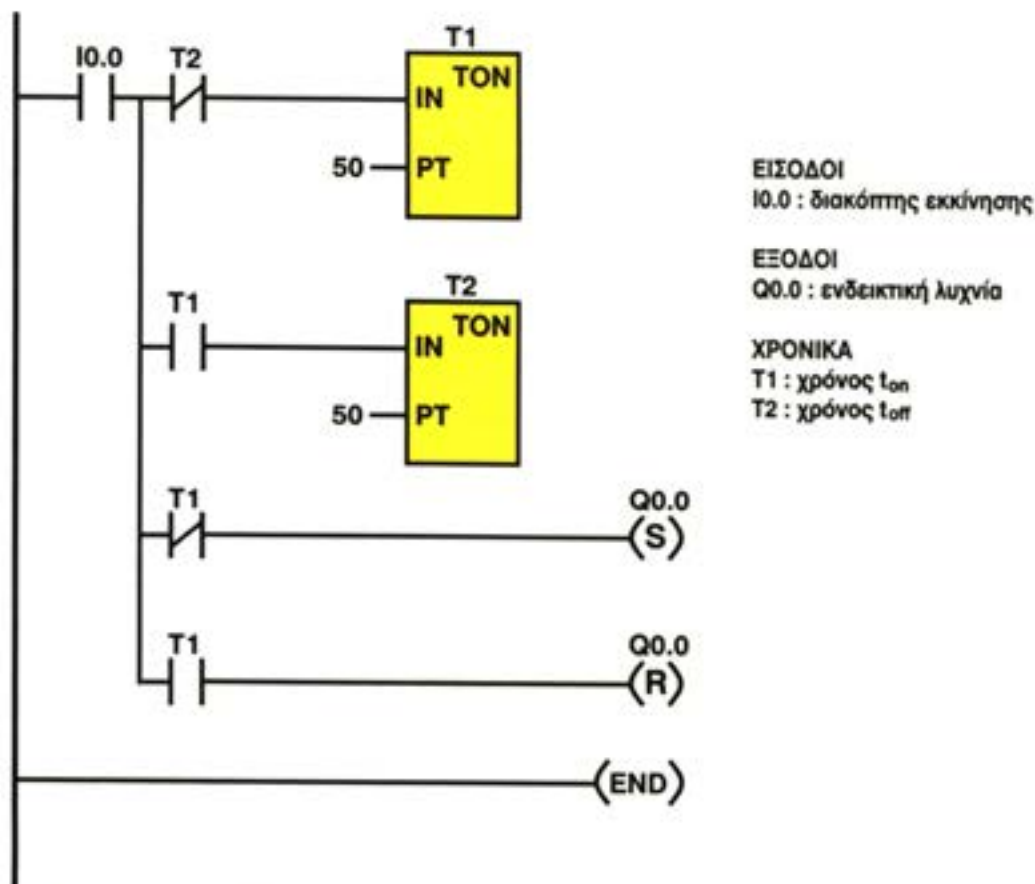
Μελετώντας το σχήμα 8.2 βλέπουμε ότι, όταν κλείνουμε τον διακόπτη S1, η έξοδος h1 ενεργοποιείται (κατάσταση λογικού 1). Ο χρόνος που μένει στην κατάσταση αυτή (ton) ρυθμίζεται από το χρονικό T1. Αντίθετα το χρονικό T2 ρυθμίζει το χρόνο που η έξοδος είναι απενεργοποιημένη (κατάσταση λογικού 0 - toff).

Το κύκλωμα αυτό μετασχηματίζεται εύκολα σε Ladder, οπότε έχουμε την εικόνα του σχήματος 8.3.



Σχήμα 8.3: Πρόγραμμα σε γλώσσα Ladder για τη δημιουργία μιας παλμογεννήτριας

Με χρήση των εντολών SET και RESET το πρόγραμμα της παλμογεννήτριας παίρνει τη μορφή του σχήματος 8.4.



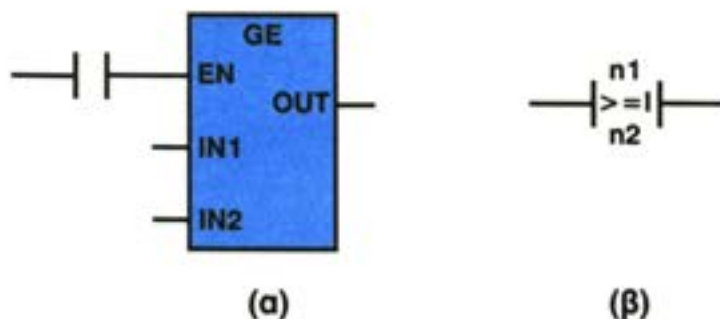
Σχήμα 8.4: Πρόγραμμα σε γλώσσα Ladder για τη δημιουργία μη παλμογεννήτριας με εντολές SET και RESET

Και στις δύο περιπτώσεις χρησιμοποιούνται χρονικά με βάση χρόνου 100ms, ώστε ο μετρούμενος χρόνος να είναι 5sec.

Στα δύο προγράμματα, που έχουμε δείξει στα σχήματα 8.3 και 8.4, η μορφή της παλμογεννήτριας είναι συμμετρική ($t_{on} = t_{off}$). Με κατάλληλη ρύθμιση των χρονικών μπορεί η σχέση των t_{on} και t_{off} να είναι οποιαδήποτε. Επίσης παρατηρείστε ότι η χρονική διαδοχή είναι $t_{on} - t_{off}$.

Μπορούμε να δημιουργήσουμε παλμογεννήτρια χρησιμοποιώντας ένα μόνο χρονικό, σε συνεργασία με βαθμίδες σύγκρισης. Η διαδικασία είναι η εξής: Το χρονικό μας δίνει τη δυνατότητα να παρακολουθούμε την τρέχουσα τιμή του χρόνου. Την τιμή αυτή τη συγκρίνουμε με τις τιμές που θέλουμε.

Οι εντολές σύγκρισης έχουν τη μορφή box ή επαφής, ανάλογα με την εταιρεία. Στο σχήμα 8.5 βλέπουμε τις πιο συνηθισμένες μορφές απεικόνισης των εντολών αυτών.

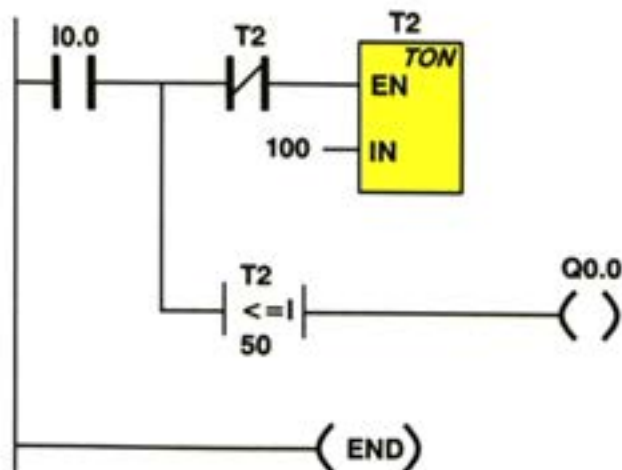


Σχήμα 8.5: Μορφή εντολών σύγκρισης

Στο (α) αφού ενεργοποιηθεί η είσοδος EN, η έξοδος OUT γίνεται λογικό 1 όταν το περιεχόμενο της εισόδου IN1 γίνει μεγαλύτερο ή ίσο (Greater or Equal) από αυτό της IN2. Αντίστοιχα στο (β) η επαφή ενεργοποιείται όταν $n1 \geq n2$, ενώ το I δηλώνει ότι οι αριθμοί που συγκρίνονται είναι ακέραιοι. Εννοείται ότι μπορούν να γίνουν και οι υπόλοιπες λογικές συγκρίσεις.

Να σημειώσουμε πάντως ότι για τη μορφή των εντολών αυτών πρέπει να συμβουλευτείτε το φυλλάδιο οδηγιών (Instruction Set) της εταιρείας πριν τις χρησιμοποιήσετε.

Ας δούμε τώρα πώς θα δημιουργήσουμε μία παλμογεννήτρια με τη χρήση ενός μόνο χρονικού. Τη διαδικασία την περιγράψαμε ήδη προηγούμενα. Στο σχήμα 8.6 βλέπουμε τη μορφή που έχει το πρόγραμμα.



Σχήμα 8.6: Παλμογεννήτρια με χρήση ενός χρονικού και συγκριτή

Παρατηρήστε στο σχήμα 8.6 ότι η διαχείριση της μέτρησης γίνεται με τη μορφή ακεραίου (integer). Να θυμίσουμε επίσης ότι το χρονικό που θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί είναι τύπου On Delay, με βάση χρόνο 100ms.

Διαδικασία

Κατά την εκτέλεση της άσκησης ακολουθήστε τα εξής βήματα:

A. Δημιουργία προγράμματος

1. Ενεργοποιήστε το λογισμικό προγραμματισμού και ελέγχου του PLC.
2. Συνδέστε τον Η/Υ με το PLC και ελέγξτε τη σύνδεση.
3. Δημιουργήστε το πρόγραμμα που περιγράφεται στο σχήμα 8.3.

Προσοχή: Να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στην επιλογή χρονικού με τη σωστή βάση χρόνου (100msec).

4. Αποσφαλματώστε το πρόγραμμα, αποθηκεύστε το στη μνήμη του Η/Υ και μεταφέρετέ το στο PLC.

B. Επαλήθευση του προγράμματος

1. Συνδέστε ένα διακόπτη στην είσοδο I0.0 του PLC και μια ενδεικτική λυχνία στην έξοδο Q0.0.
2. Κλείστε το διακόπτη της εισόδου I0.0 και παρακολουθήστε την ενεργοποίηση της ενδεικτικής λυχνίας. Ποιο είναι το αποτέλεσμα;
3. Ενεργοποιήστε τη λειτουργία με την οποία μπορείτε να παρακολουθείτε την μεταβολή της εξόδου μέσω του Η/Υ (π.χ. τη Status On).
4. Ανοίξτε το διακόπτη της εισόδου I0.0.

Γ. Τροποποιήσεις στο πρόγραμμα με χρήση εντολών SET-RESET

1. Δημιουργήστε το πρόγραμμα που περιγράφεται στο σχήμα 8.4.
2. Κάνετε όλες τις απαραίτητες ενέργειες, ώστε να επαληθεύσετε τη σωστή λειτουργία του κυκλώματος.
3. Κάνετε τις απαραίτητες μεταβολές στο πρόγραμμα, ώστε ο χρόνος t_{on} να είναι διπλάσιος από τον t_{off} .
4. Επαληθεύστε τη σωστή λειτουργία του προγράμματος.
5. Κάνετε τις απαραίτητες αλλαγές στο πρόγραμμα, ώστε η παλμοσειρά να ξεκινά από την τιμή 0 (δηλαδή η ενδεικτική λυχνία να είναι αρχικά απενεργοποιημένη).
6. Επαληθεύστε τη σωστή λειτουργία του προγράμματος.

Δ. Δημιουργία και επαλήθευση προγράμματος με ένα χρονικό και συγκριτή

1. Γράψτε στον Η/Υ το πρόγραμμα που περιγράφεται στο σχήμα 8.6, αποσφαλματώστε το και αποθηκεύστε το.
2. Κλείστε το διακόπτη της εισόδου I0.0 του PLC και παρακολουθείστε την εξέλιξη του προγράμματος μέσω από τον Η/Υ. Από ποια κατάσταση ξεκινά η παλμοσειρά;

3. Ανοίξτε το διακόπτη της εισόδου I0.0.

Ε. Τροποποιήσεις στο πρόγραμμα με ένα χρονικό και συγκριτή

1. Τροποποιήστε το τελευταίο πρόγραμμα, ώστε να ελέγχει δύο διαφορετικές λάμπες που ανάβουν εναλλάξ.
2. Επαληθεύστε την καλή λειτουργία του προγράμματος.
3. Τροποποιήστε ξανά το πρόγραμμα, ώστε να ελέγχει μια μόνο ενδεικτική λυχνία, αλλά ο χρόνος που μένει αναμμένη να είναι διπλάσιος από τον χρόνο που μένει σβηστή.
4. Επαληθεύστε την καλή λειτουργία του προγράμματος.
5. Κλείστε τη τροφοδοσία του PLC και αποσυνδέστε το διακόπτη και την ενδεικτική λυχνία.

ΣΤ. Παρατηρήσεις - Συμπεράσματα

άσκηση 9

Προγραμματισμός μετρητών και συνδυασμός μετρητή-συγκριτών



Στόχοι της άσκησης

διάρκεια άσκησης: 6 διδακτικές ώρες

Στο τέλος της άσκησης οι μαθητές θα είναι ικανοί:

- να επιλέγουν τα κατάλληλα όργανα και υλικά για τη δημιουργία ενός αυτοματισμού ελέγχου του αριθμού των αυτοκινήτων σε χώρο στάθμευσης δύο εισόδων και δύο εξόδων, με χρήση προγραμματιζόμενου λογικού ελεγκτή (PLC).
- να χειρίζονται εντολές μετρητών και σύγκρισης σε πρόγραμμα για PLC.
- να χειρίζονται λογισμικό παρακολούθησης της λειτουργίας του αυτοματισμού μέσω υπολογιστή.

Απαραίτητα εξαρτήματα

Για την πραγματοποίηση της άσκησης είναι απαραίτητα τα εξής υλικά:

- ✓ Μία διάτρητη πινακίδα με ράγες
- ✓ Ένα PLC τουλάχιστον 12 εισόδων, 8 εξόδων
- ✓ Ένα προσομοιωτή εισόδων
- ✓ Ένα χειροκίνητο διακόπτη, με επαφές NO-NC
- ✓ Κλήμες ράγας για τις απαραίτητες καλωδιώσεις

Βασική θεωρία

Είδαμε σε προηγούμενη άσκηση τον αυτοματισμό για φωτεινή ένδειξη πληρότητας και για κίνηση μιας μπάρας σε ένα χώρο στάθμευσης 50 θέσεων.

Στην άσκηση αυτή θα δούμε τις μεταβολές που γίνονται όταν ο χώρος έχει περισσότερες από μια εισόδους και εξόδους (έστω από δύο). Θα δούμε επίσης πώς μπορούμε να αντικαταστήσουμε μετρητές από ένα μετρητή και συγκριτές.

Στο παρόν πρόβλημα αντί μιας εισόδου έχουμε δύο, άρα έχουμε δύο φωτοκύτταρα εισόδων. Το ίδιο και για τα φωτοκύτταρα εξόδου. Επίσης υπάρχουν δύο μπάρες εισόδων. Στην περίπτωση αυτή μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε το ίδιο πρόγραμμα με αυτό που γνωρίσαμε, με τη διαφορά ότι οι επαφές των δύο φωτοκυττάρων εισόδων θα τοποθετηθούν παράλληλα στις εισόδους CU των μετρητών και οι επαφές των φωτοκυττάρων εξόδου παράλληλα στις εισόδους CD.

Ας δούμε όμως και έναν άλλο τρόπο, χρησιμοποιώντας ένα μόνο μετρητή. Είδαμε σε προηγούμενη άσκηση πώς διαβάζουμε το περιεχόμενο ενός χρονικού και το συγκρίνουμε με μια σειρά αριθμών. Το ίδιο μπορούμε να κάνουμε και με το μετρητή.

Ας ξεκινήσουμε καταγράφοντας τις εισόδους και τις εξόδους. Στον πίνακα εισόδων θα δείτε ότι υπάρχει μία μόνο είσοδος για μπουτόν START. Στην εφαρμογή χρησιμοποιούνται δύο μπουτόν, που όμως συνδέονται παράλλη-

ήδη, ώστε το σύνολο των απαιτούμενων εισόδων τελικά δεν ξεπερνά τις 12. Οι συνδέσεις θα μπορούσαν να γίνουν και διαφορετικά: τα φωτοκύτταρα εισόδου, όπως και φωτοκύτταρα εξόδου να συνδεθούν παράλληλα στις ίδιες εισόδους του PLC και να συνδεθούν ανεξάρτητα τα μπουτόν START. Με αυτόν τον τρόπο απαιτούνταν 11 εισοδοί.

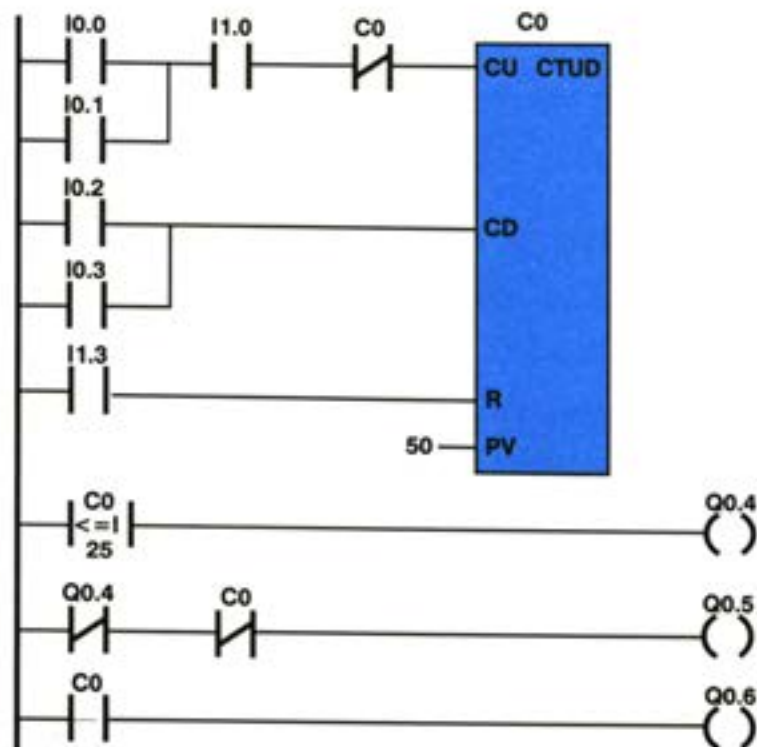
ΕΙΣΟΔΟΙ

- Ι0.0: φωτοκύτταρο εισόδου Α-Ν0
- Ι0.1: φωτοκύτταρο εισόδου Β-Ν0
- Ι0.2: φωτοκύτταρο εξόδου Γ-Ν0
- Ι0.3: φωτοκύτταρο εξόδου Δ-Ν0
- Ι0.4: πάνω τερματικός εισόδου Α-Ν0
- Ι0.5: κάτω τερματικός εισόδου Α-Ν0
- Ι0.6: πάνω τερματικός εισόδου Β-Ν0
- Ι0.7: κάτω τερματικός εισόδου Β-Ν0
- Ι1.0: μπουτόν START-Ν0
- Ι1.1: επαφή Ν0 του θερμικού Α
- Ι1.2: επαφή Ν0 του θερμικού Β
- Ι1.3: μπουτόν START για reset των μετρητών -Ν0

ΕΞΟΔΟΙ

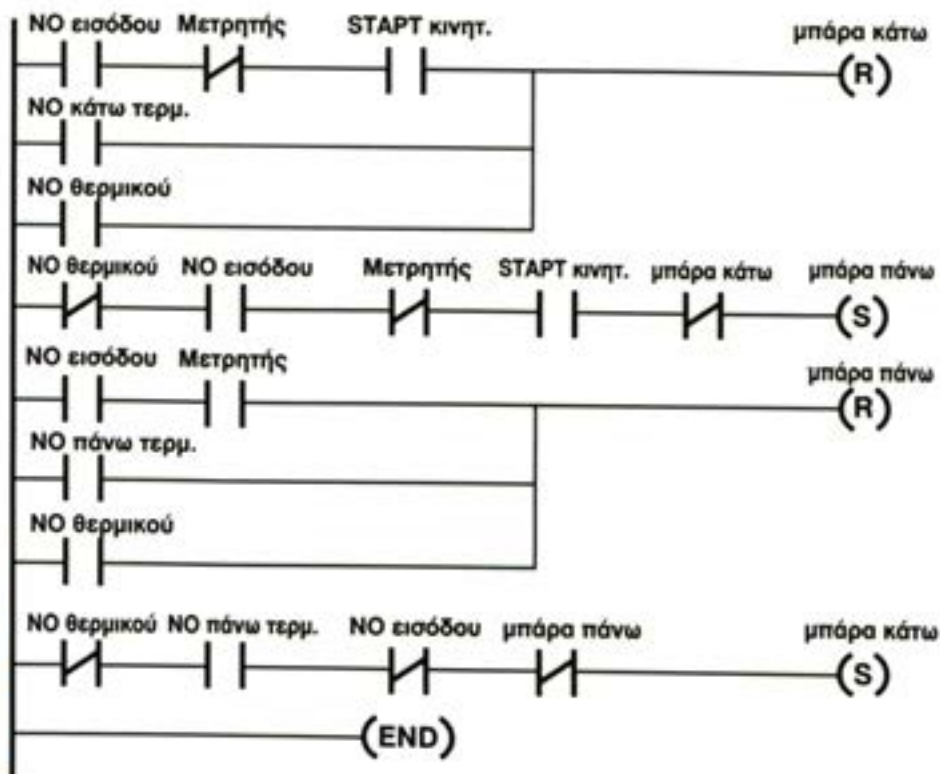
- Q0.0: μπάρα εισόδου Α πάνω
- Q0.1: μπάρα εισόδου Α κάτω
- Q0.2: μπάρα εισόδου Β πάνω
- Q0.3: μπάρα εισόδου Β κάτω
- Q0.4: πράσινη ενδεικτική λυχνία
- Q0.5: πορτοκαλί ενδεικτική λυχνία
- Q0.6: κόκκινη ενδεικτική λυχνία
- Q0.7: ενδεικτική λυχνία υπερφόρτισης

Δουλεύοντας όπως στην προηγούμενη άσκηση, έχουμε για τη φωτεινή σήμανση πληρότητας του χώρου το πρόγραμμα που φαίνεται στο σχήμα 9.1. Βλέπουμε ότι το πρόγραμμα αυτό είναι περισσότερο κατανοητό από το προηγούμενο. Παρατηρήστε επίσης τη λειτουργία της κλειστής επαφής C0 στην είσοδο UP. Η επαφή αυτή απομονώνει τις εισόδους που αυξάνουν την μέτρηση, όταν συμπληρωθεί ο αριθμός 50, αφού δεν πρόκειται περισσότερα αυτοκίνητα να εισέλθουν στο χώρο στάθμευσης (θα μπορούσαμε αντί των Ν0 επαφών των φωτοκυττάρων των εισόδων να χρησιμοποιήσουμε τις Ν0 επαφές των πάνω τερματικών, οπότε δεν θα χρειαζόταν η επαφή C0).



Σχήμα 9.1: Πρόγραμμα Ladder για τη φωτεινή σήμανση πλήρωσης ενός χώρου στάθμευσης με έναν μετρητή και συγκριτή

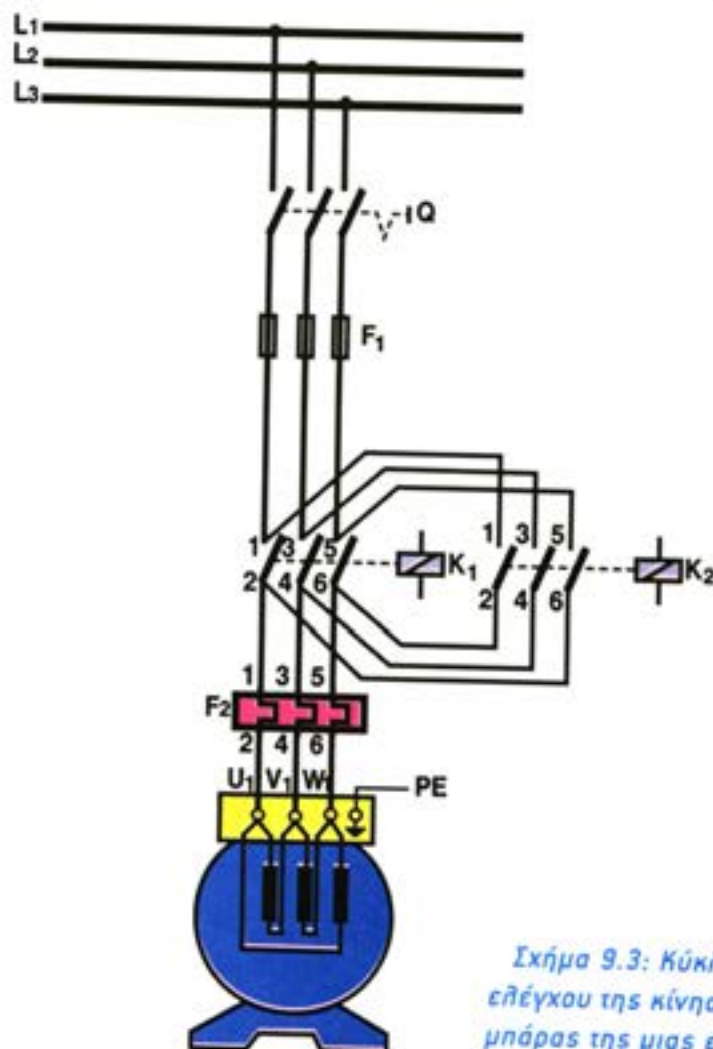
Ας σχεδιάσουμε τώρα το πρόγραμμα για τις δύο μπάρες στις εισόδους. Από την άσκηση 7 γνωρίζουμε ότι για την κίνηση της μίας μπάρας το πρόγραμμα έχει τη μορφή του σχήματος 9.2.



Σχήμα 9.2: Μορφή προγράμματος σε γλώσσα Ladder για την κίνηση μπάρας σε χώρο στάθμευσης μιας εισόδου, μίας εξόδου

Για να δημιουργήσουμε το πρόγραμμα για δύο εισόδους με δύο μπάρες, επαναλαμβάνουμε δύο φορές το πρόγραμμα, θέτοντας τις σωστές εισόδους και εξόδους. Πιο σωστό όμως είναι να προχωρήσουμε σε μικρή αναμόρφωση του νέου προγράμματος, ώστε να μην έχουμε επαναλήψεις.

Το κύκλωμα ισχύος αποτελείται από επανάληψη του σχήματος αναστροφής φοράς, που έχουμε ήδη γνωρίσει, δύο φορές (μία για κάθε είσοδο του χώρου στάθμευσης). Οι εξοδοί Q0.0 και Q0.1 ενεργοποιούν τα ρελέ K1 και K2 στην μία είσοδο, ενώ οι εξοδοί Q0.2 και Q0.3 στην άλλη. Επίσης υπάρχουν δύο θερμικά.



Σχήμα 9.3: Κύκλωμα ελέγχου της κίνησης της μπάρας της μιας εισόδου

Διαδικασία

Κατά την εκτέλεση της άσκησης ακολουθήστε τα εξής βήματα:

Α. Δημιουργία αυτοματισμού φωτεινής ένδειξης της πληρότητας

1. Ενεργοποιήστε το λογισμικό προγραμματισμού PLC.
2. Ελέγξτε την επικοινωνία μεταξύ Η/Υ και PLC.

3. Θέστε το PLC σε θέση STOP.
4. Βεβαιωθείτε ότι είστε στο περιβάλλον Ladder. Γράψτε στον υπολογιστή το πρόγραμμα (σε γλώσσα Ladder) που αναφέρεται στη φωτεινή σήμανση πληρότητας του χώρου στάθμευσης.
5. Αποσφαλματώστε το πρόγραμμα και μεταφέρετέ το στο PLC. Σώστε το πρόγραμμα στον κατάλογο και με το όνομα που θα σας δώσει ο καθηγητής σας. Ελέγξτε να έχει τοποθετηθεί η σωστή επέκταση.
6. Συνδέστε στις εισόδους του PLC τον κατάλληλο προσομοιωτή εισόδων. Ανοίξτε όλους τους διακόπτες του.
7. Ενεργοποιήστε τη κατάλληλη λειτουργία του λογισμικού, ώστε να παρακολουθείτε την εξέλιξη του προγράμματος μέσω του υπολογιστή (π.χ. λειτουργία Status On).
8. Ελέγξτε την καλή λειτουργία του προγράμματος: Ανοιγοκλείστε πολλές φορές τους διακόπτες των εισόδων I0.0 και I0.1 (αντιστοιχούν στα φωτοκύτταρα εισόδων) και καταγράψτε τις εξόδους που ενεργοποιούνται. Είναι οι αναμενόμενες;
9. Στη συνέχεια ανοιγοκλείστε τους διακόπτες των εισόδων I0.2 και I0.3. Πώς μεταβάλλεται τώρα η κατάσταση των εξόδων;
10. Αν η μεταβολή των εξόδων κατά τα προηγούμενα στάδια ελέγχου ήταν η αναμενόμενη, προχωρήστε στα επόμενα στάδια. Διαφορετικά στο πρόγραμμα υπάρχει λειτουργικό σφάλμα που πρέπει να εντοπίσετε και να διορθώσετε.

B. Συμπλήρωση του αυτοματισμού με τον έλεγχο της μπάρας στην είσοδο

1. Για να αλλοιάξετε το πρόγραμμα ακυρώστε την εντολή για παρακολούθηση της εξέλιξης του προγράμματος στον υπολογιστή.
2. Συμπληρώστε το πρόγραμμα με το κομμάτι που αναφέρεται στην κίνηση της μπάρας.
3. Αποσφαλματώστε το καινούργιο πρόγραμμα, αποθηκεύστε το και μεταφέρετέ το στο PLC.
4. Ενεργοποιήστε ξανά τη λειτουργία του λογισμικού, ώστε να παρακολουθείτε την εξέλιξη του προγράμματος μέσω του υπολογιστή (π.χ. λειτουργία Status On).
5. Ελέγξτε την καλή λειτουργία του προγράμματος ως εξής: αρχικά ανοίξτε όλους τους διακόπτες των εισόδων. Κλείστε στιγμιαία το διακόπτη της εισόδου I1.3, ώστε να μηδενιστεί το περιεχόμενο του μετρητή.
6. Ανοιγοκλείστε τους διακόπτες των εισόδων, ώστε να μεταβάλλετε το περιεχόμενο του μετρητή. Όταν το περιεχόμενο του μετρητή είναι 30 κλείστε το διακόπτη της εισόδου I0.0 και αφήστε τον κλειστό (δηλαδή ένα αυτοκίνητο βρίσκεται μπροστά στην είσοδο). Ποιές έξοδοι είναι ενεργοποιημένες;
7. Ανοιγοκλείστε μια φορά το διακόπτη της εισόδου I1.0 (αντιστοιχεί στο μπουτόν START). Ποια έξοδος ενεργοποιείται;
8. Κλείστε στιγμιαία το διακόπτη της εισόδου που αντιστοιχεί στον πάνω τερματικό διακόπτη της αντίστοιχης εισόδου του χώρου στάθμευσης. Τι άλλαξε στη κατάσταση των εξόδων;
9. Ανοίξτε το διακόπτη της εισόδου I0.0 (δηλαδή το αυτοκίνητο μετακινήθηκε από την είσοδο). Ποια είναι τώρα η κατάσταση των εξόδων;

10. Κλείστε στιγμιαία το διακόπτη της εισόδου που αντιστοιχεί στον κάτω τερματικό διακόπτη της αντίστοιχης εισόδου του χώρου. Ποια είναι η κατάσταση των εξόδων;
11. Συνεχίστε να ενεργοποιείτε τις εισόδους που αντιστοιχούν στα φωτοκύτταρα εισόδων, μέχρι να συμπληρωθεί ο αριθμός 50 στο μετρητή. Κλείστε τότε στιγμιαία το διακόπτη της εισόδου I1.0. τι παρατηρείτε;
12. Κάνετε όλες τις απαραίτητες ενέργειες ώστε να ελέγξετε τη σωστή λειτουργία του κυκλώματος (τερματικοί διακόπτες, θερμικά).

Γ. Σύνδεση των στοιχείων εισόδου και έλεγχος

Να γίνεται με την παρουσία του καθηγητή

1. Συνδέστε στις εισόδους και τις εξόδους του PLC όλα τα απαραίτητα στοιχεία.
2. ΑΝΟΙΞΤΕ ΤΟ ΔΙΑΚΟΠΤΗ Q.
3. Κάνετε όλες τις απαραίτητες ενέργειες, ώστε να διαπιστώσετε την καλή λειτουργία της κατασκευής σας.
4. Αν τα αποτελέσματα είναι τα αναμενόμενα τότε και μόνο τότε μπορείτε να συνεχίσετε τη διαδικασία, κλείνοντας τον διακόπτη Q.
5. Επαληθεύστε τη σωστή λειτουργία του ολοκληρωμένου κυκλώματος.

Δ. Παρατηρήσεις - Συμπεράσματα

άσκηση 10

Εκκίνηση Ασύγχρονου Τριφασικού Κινητήρα Βραχυκυκλωμένου Δρομέα με Αστέρα-Τρίγωνο



Στόχοι της άσκησης

διάρκεια άσκησης: 6 διδακτικές ώρες

Στο τέλος της άσκησης οι μαθητές θα είναι ικανοί:

- να επιλέγουν τα κατάλληλα όργανα και υλικά ώστε να δημιουργούν, με χρήση ενός προγραμματιζόμενου λογικού ελεγκτή (PLC), ένα κύκλωμα για την αυτόματη εκκίνηση ενός ΑΤΚΒΔ σε συνδεσμολογία αστέρα-τρίγωνο.
- να πραγματοποιούν το κύριο κύκλωμα τροφοδοσίας.
- να συνδέουν τα μπουτόν, τα ρελέ, τις ενδεικτικές λυχνίες και όλα τα άλλα απαραίτητα εξαρτήματα, στο PLC.
- να γράφουν στον υπολογιστή απλά προγράμματα ελέγχου λειτουργίας ενός κινητήρα συνεχούς ρεύματος.
- να μπορούν να διαχειρίζονται πρόγραμμα προσομοίωσης του κυκλώματος αυτοματισμού και να προχωρούν σε αποσφαλμάτωση.
- να χειρίζονται πρόγραμμα προσομοίωσης του κυκλώματος και να παρακολουθούν την λειτουργία του μέσω υπολογιστή.

Απαραίτητα εξαρτήματα

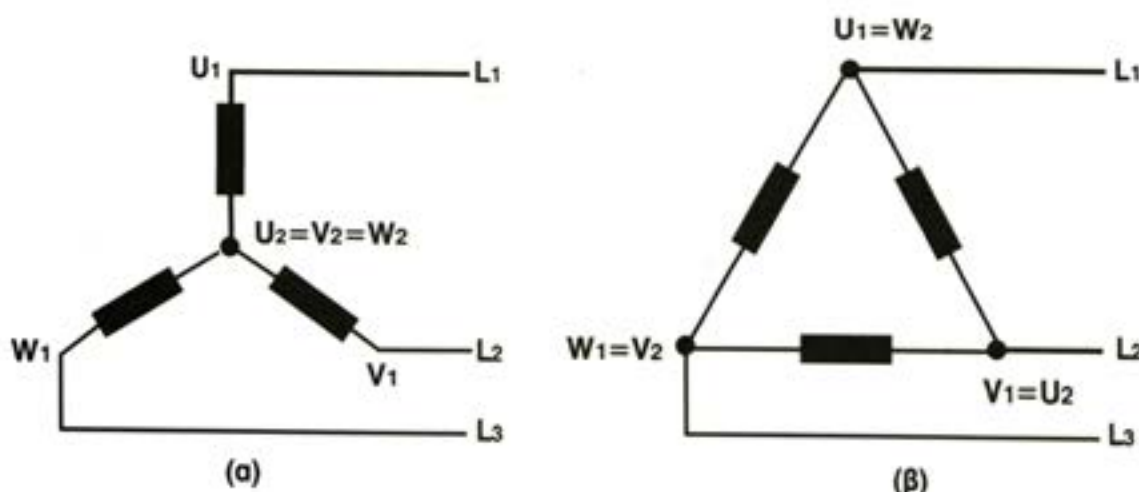
Για την πραγματοποίηση της άσκησης είναι απαραίτητα τα εξής υλικά:

- ✓ Μία διάτρητη πινακίδα με ράγες
- ✓ Ένα PLC τουλάχιστον 6 ψηφιακών εισόδων, 6 ψηφιακών εξόδων
- ✓ Μια μονάδα προσομοίωσης εισόδων
- ✓ Ένα μπουτόν start, με επαφή NO
- ✓ Ένα Μπουτόν stop με επαφή NC
- ✓ Ένα τριφασικό ασφαλειοδιακόπτη τουλάχιστον 16 A
- ✓ Ένας μονοπολικός διακόπτης
- ✓ Τέσσερα ρελέ ισχύος (ηηνία 220V_{AC})
- ✓ Ένα θερμικό με μία επαφή NC και μία NO
- ✓ Ένα Ασύγχρονος Τριφασικός Κινητήρας Βραχυκυκλωμένου Δρομέα
- ✓ Κλέμες ράγας για τις απαραίτητες καλωδιώσεις

Βασική θεωρία

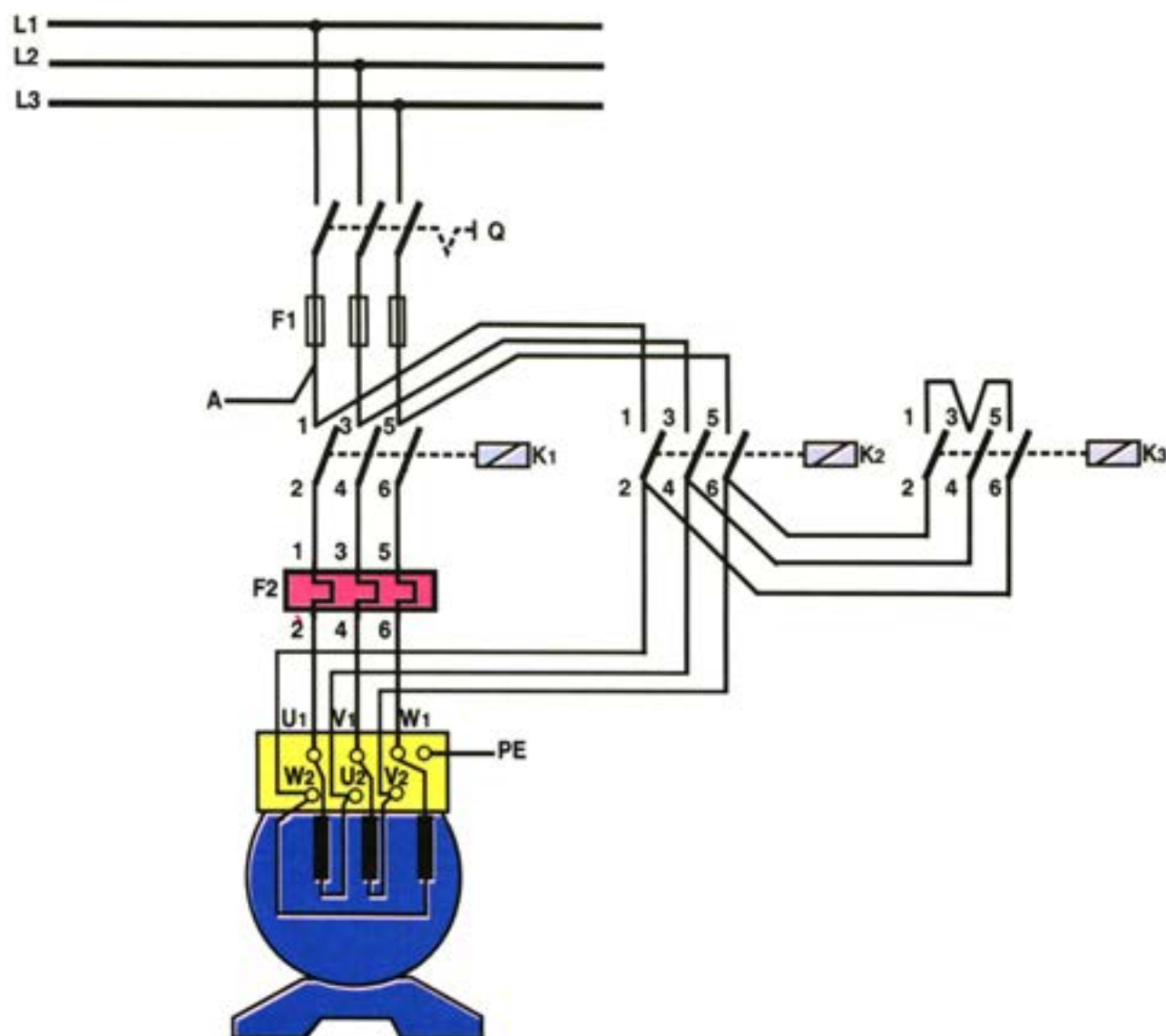
Επιδιώκουμε, κατά την εκκίνηση ενός ΑΤΚΒΔ, τα τυλίγματα των φάσεων να συνδέονται στην αρχή σε αστέρα, γιατί έχουμε μικρό ρεύμα εκκίνησης, οπότε και μικρή βύθιση της τάσης του δικτύου. Επίσης έτσι πετυχαίνουμε ομαλή εκκίνηση του συστήματος με συνέπεια τον περιορισμό των μηχανικών καταπονήσεων των διαφόρων τμημάτων και συνδέσεων του συστήματος, καθώς και τον περιορισμό των καταπονήσεων των μονώσεων των τυλιγμάτων του κινητήρα από τις μετατοπίσεις των σπειρών λόγω των μαγνητικών δυνάμεων που αναπτύσσονται μεταξύ τους, καθώς διαρρέονται από το ρεύμα εκκίνησης. Όταν ο κινητήρας αποκτήσει τη μέγιστη ταχύτητα περιστροφής, τα τυλίγματα θα συνδεθούν κατά τρίγωνο ώστε αυτός να δουλεύει με το κανονικό του φορτίο.

Για να συνδεθούν τα τυλίγματα κατά αστέρα, πρέπει να συνδεθούν όπως στο σχήμα 10.1α, ενώ για τη συνδεσμολογία κατά τρίγωνο, όπως στο 10.1β.



Σχήμα 10.1: Συνδεσμολογίες των τυλιγμάτων ενός ΑΤΚΒΔ (α) κατά αστέρα και (β) κατά τρίγωνο

Το κύκλωμα ισχύος του αυτόματου διακόπτη αστέρα-τριγώνου είναι αυτό που φαίνεται στο σχήμα 10.2.



Σχήμα 10.2: Κύκλωμα ισχύος αυτόματου διακόπτη αστέρα-τριγώνου ενός ΑΤΚΒΔ

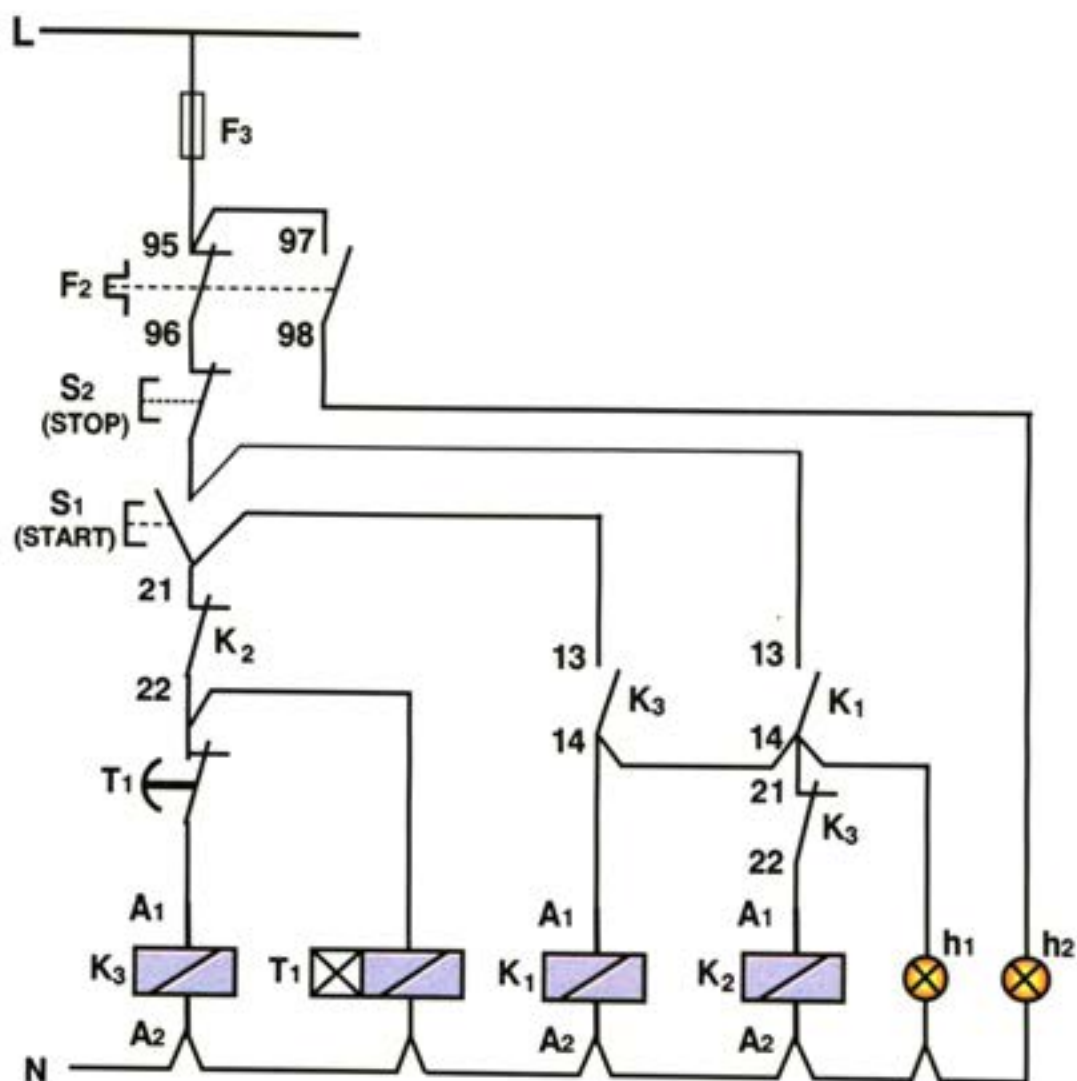
Το ρελέ K1 είναι το ρελέ δικτύου, το K2 είναι το ρελέ τριγώνου και το K3 είναι το ρελέ αστέρα.

Η μεταγωγή της σύνδεσης των τυλιγμάτων από αστέρα σε τρίγωνο γίνεται με τη βοήθεια χρονικού. Η αλλαγή γίνεται σε χρόνο ίσο με αυτόν που απαιτείται, ώστε το ρεύμα που απορροφά ο κινητήρας αμέσως μετά τη μεταγωγή να ισούται περίπου με το διπλάσιο του ονομαστικού ρεύματος του κινητήρα.

Ιδιαίτερη προσοχή χρειάζεται επίσης στη ρύθμιση του θερμικού, που τελικά ρυθμίζεται στο 0.58 του ονομαστικού ρεύματος του κινητήρα.

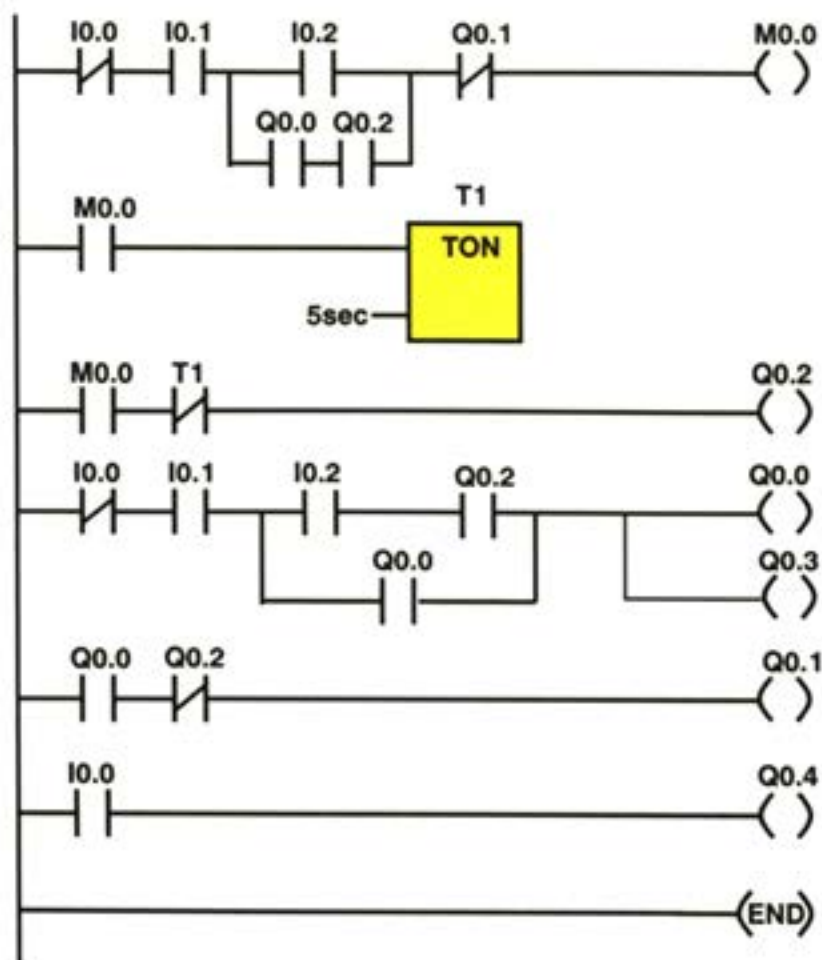
Για να σχεδιάσουμε το πρόγραμμα που υλοποιεί το βοηθητικό κύκλωμα, επιλέγουμε τη μέθοδο της μετατροπής του κυκλώματος ελέγχου του κλασικού αυτοματισμού, αφού το βοηθητικό κύκλωμα είναι γνωστό από τη θεωρία.

Στο σχήμα 10.3 βλέπουμε το βοηθητικό κύκλωμα σε κλασικό αυτοματισμό.



Σχήμα 10.3: Κύκλωμα ελέγχου αυτόματου διακόπτη Υ-Δ ενός ΑΤΚΒΔ

Αν κάνουμε ακριβή μεταφορά του επαφικού κυκλώματος σε Ladder, δημιουργείται ένα πρόγραμμα με πολλές διακλαδώσεις, οπότε δεν έχουμε καλή εποπτική εικόνα. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιούμε marker για να ομαδοποιήσουμε κάποιες εντολές, οπότε δημιουργείται ένα πρόγραμμα καλύτερα κατανοητό. Στο σχήμα 10.4 βλέπουμε πώς γίνεται το πρόγραμμα. Επίσης είναι προτιμότερο να καθορίσουμε πρώτα τα "αυτοτελή" τμήματα του κυκλώματος και μετά να κάνουμε τη μεταφορά σε γλώσσα Ladder.



ΕΙΣΟΔΟΙ

I 0.0 : NO (97-98) επαφή του θερμικού
I 0.1 : NC επαφή του μπουτόν STOP
I 0.2 : NO επαφή του μπουτόν START

ΕΞΟΔΟΙ

Q 0.0 : πηνίο του ρελέ δικτύου
Q 0.1 : πηνίο του ρελέ τριγώνου
Q 0.2 : πηνίο του ρελέ αστέρα
Q 0.3 : ενδεικτική λυχνία λειτουργίας του κινητήρα
Q 0.4 : ενδεικτική λυχνία υπερφόρτισης του κινητήρα

Σχήμα 10.4: Πρόγραμμα σε Ladder για την εκκίνηση ΑΤΚΒΔ με Υ-Δ

Σημείωση: θα χρησιμοποιηθεί ένα on delay χρονικό. Ο συμβολισμός του που φαίνεται στο σχήμα 10.4 είναι ενδεικτικός. Συμβουλευτείτε το φυλλάδιο οδηγιών της εταιρείας για το σωστό συμβολισμό και τον τρόπο επιλογής της βάσης χρόνου, ώστε η χρονική καθυστέρηση να είναι 5 δευτερόλεπτα.

Διαδικασία

Κατά την εκτέλεση της άσκησης ακολουθήστε τα εξής βήματα:

A. Δημιουργία του κυκλώματος ισχύος για την εκκίνηση ενός ΑΤΚΒΔ σε Υ-Δ

1. Δημιουργήστε το κύκλωμα του σχήματος 10.2.
2. Ρυθμίστε το θερμικό.

B. Δημιουργία του προγράμματος

1. Συνδέστε τον Η/Υ με το PLC με το ειδικό καλώδιο επικοινωνίας και ρυθμίστε την ταχύτητα μετάδοσης δεδομένων.
2. Ενεργοποιήστε το λογισμικό προγραμματισμού του PLC.
3. Ελέγξτε την επικοινωνία μεταξύ Η/Υ και PLC.
4. Γράψτε σε γλώσσα Ladder το πρόγραμμα που περιγράφεται στο σχήμα 10.4.
5. Αποσφαλματώστε το πρόγραμμα και μεταφέρετέ το στο PLC.

Γ. Έλεγχος του προγράμματος με τη μονάδα προσομοίωσης

1. Συνδέστε στην είσοδο του PLC τη μονάδα προσομοίωσης.
2. Ενεργοποιήστε την λειτουργία ώστε να παρακολουθείτε την εκτέλεση του προγράμματος μέσω του υπολογιστή (π.χ. λειτουργία Status On σε ένα τύπο PLC).
3. Ανοίξτε το διακόστη της εισόδου I0.0 (αντιστοιχεί τη ΝΟ επαφή του θερμικού) και κλείστε αυτόν της εισόδου I0.1 (αντιστοιχεί στη ΝΣ επαφή του μπουτόν STOP).
4. Ελέγξτε μήπως υπάρχει ενεργοποιημένη έξοδος.
5. Ενεργοποιήστε (κλείστε) στιγμιαία το διακόστη της εισόδου I0.2 (αντιστοιχεί στη ΝΟ επαφή του START) και καταγράψτε τις μεταβολές των εξόδων.
6. Ενεργοποιήστε (ανοίξτε) στιγμιαία το διακόστη της εισόδου I0.1. Απενεργοποιούνται όλες οι εξόδους;
7. Ενεργοποιήστε ξανά στιγμιαία την είσοδο I0.2. Στη συνέχεια κλείστε το διακόστη της εισόδου I0.0. Ποια είναι η κατάσταση των εξόδων;

Δ. Σύνδεση των στοιχείων εισόδου και εξόδου και έλεγχος του κινήτρου

Να γίνεται με την παρουσία του καθηγητή

1. Αν οι απαντήσεις στα ερωτήματα Γ4-Γ7 ήταν οι αναμενόμενες, διακόψτε την ηλεκτροδότηση του PLC και προχωρήστε στην καλωδίωση των εισόδων σύμφωνα με τον πίνακα του σχήματος 10.3.
2. Πιέστε το μπουτόν START. Η ενεργοποίηση των εξόδων είναι η αναμενόμενη;
3. Πιέστε το μπουτόν STOP. Σταματά η ενεργοποίηση όλων των εξόδων;
4. Πιέστε ξανά το μπουτόν START. Ενεργοποιήστε το θερμικό με τη βοήθεια του εξωτερικού χειριστηρίου δοκιμής του (Test). Ποια είναι τώρα η κατάσταση των ενδεικτικών Led;
5. Αν τα αποτελέσματα των ερωτήσεων 16-18 είναι τα αναμενόμενα, μπορείτε να συνεχίσετε την καλωδίωση των εξόδων του PLC. Διαφορετικά ελέγξτε τη σύνδεση των εισόδων.
6. Διακόψτε ξανά την ηλεκτροδότηση του PLC. Συνδέστε στη μονάδα εξόδου τα απαραίτητα στοιχεία.
7. Επαληθεύστε τη σωστή λειτουργία του κυκλώματος **παρουσία του καθηγητή σας**.
8. Πιέστε το μπουτόν START. Επιτυγχάνεται η ομαλή εκκίνηση του κινήτρου;
9. Πιέστε το μπουτόν STOP. Σταματά ο κινήτρου;
10. Πιέστε ξανά το μπουτόν START. Ενεργοποιείτε το θερμικό με τη βοήθεια του εξωτερικού χειριστηρίου δοκιμής του (Test). Ποια είναι τώρα η κατάσταση του κινήτρου;
11. Διακόψτε την ηλεκτροδότηση του PLC και αποσυνδέστε όλα τα στοιχεία εισόδου και εξόδου.
12. Ανοίξτε τον τριφασικό διακόπτη Q.

Ε. Τροποποιήσεις

1. Επιλύστε το ίδιο πρόβλημα χρησιμοποιώντας διάγραμμα ροής και εντολές SET - RESET.
2. Σχεδιάστε το διάγραμμα ροής που επιλύει το πρόβλημα.
3. Σχεδιάστε το πρόγραμμα Ladder που υλοποιεί το διάγραμμα ροής που σχεδιάσατε.
4. Αποσφαλισματώστε το πρόγραμμα και φορτώστε το στο PLC.
5. Συνδέστε στην είσοδο του PLC τη μονάδα προσομοίωσης.
6. Προχωρείστε στην ηλεκτροδότηση του PLC, ΚΡΑΤΩΝΤΑΣ ΑΝΟΙΚΤΟ ΤΟ ΔΙΑΚΟΠΤΗ Q.
7. Επαναλάβετε τα ερωτήματα Γ4-Γ7, για τον έλεγχο του προγράμματός σας.

ΣΤ. Παρατηρήσεις - Συμπεράσματα

άσκηση 11

Εκκίνηση ασύγχρονου τριφασικού κινητήρα με δακτυλίδια (ΔΚ)



Στόχοι της άσκησης

διάρκεια άσκησης: 6 διδακτικές ώρες

Στο τέλος της άσκησης οι μαθητές θα είναι ικανοί:

- ➔ να αναγνωρίζουν έναν ασύγχρονο τριφασικό κινητήρα με δακτυλίδια.
- ➔ να αναγνωρίζουν τους ακροδέκτες στους οποίους καταλήγουν: α) τα άκρα των τυλιγμάτων του στάτη β) τα άκρα των τυλιγμάτων του δρομέα.
- ➔ να επιλέγουν τα κατάλληλα όργανα και υλικά για τη δημιουργία κυκλώματος αυτόματης εκκίνησης ενός ασύγχρονου τριφασικού κινητήρα με δακτυλίδια, με χρήση προγραμματιζόμενου λογικού ελεγκτή (PLC).
- ➔ να επιλέγουν κατάλληλους διακόπτες, ασφάλειες και θερμικά για την προστασία της γραμμής τροφοδοσίας και του κινητήρα.
- ➔ να πραγματοποιούν το κύριο κύκλωμα τροφοδοσίας.
- ➔ να συνδέουν τα μπουτόν, τα ρελέ, τις ενδεικτικές λυχνίες και όλα τα άλλα απαραίτητα εξαρτήματα, στο PLC.
- ➔ να γράφουν στον υπολογιστή τα προγράμματα ελέγχου λειτουργίας ενός ασύγχρονου τριφασικού κινητήρα με δακτυλίδια.
- ➔ να μπορούν να ελέγχουν τη λειτουργία του κυκλώματος αυτοματισμού χωρίς να έχει τροφοδοτηθεί το κύκλωμα ισχύος και να προχωρούν σε αναγνώριση σφαλμάτων και διόρθωση αυτών.

Απαραίτητα εξαρτήματα

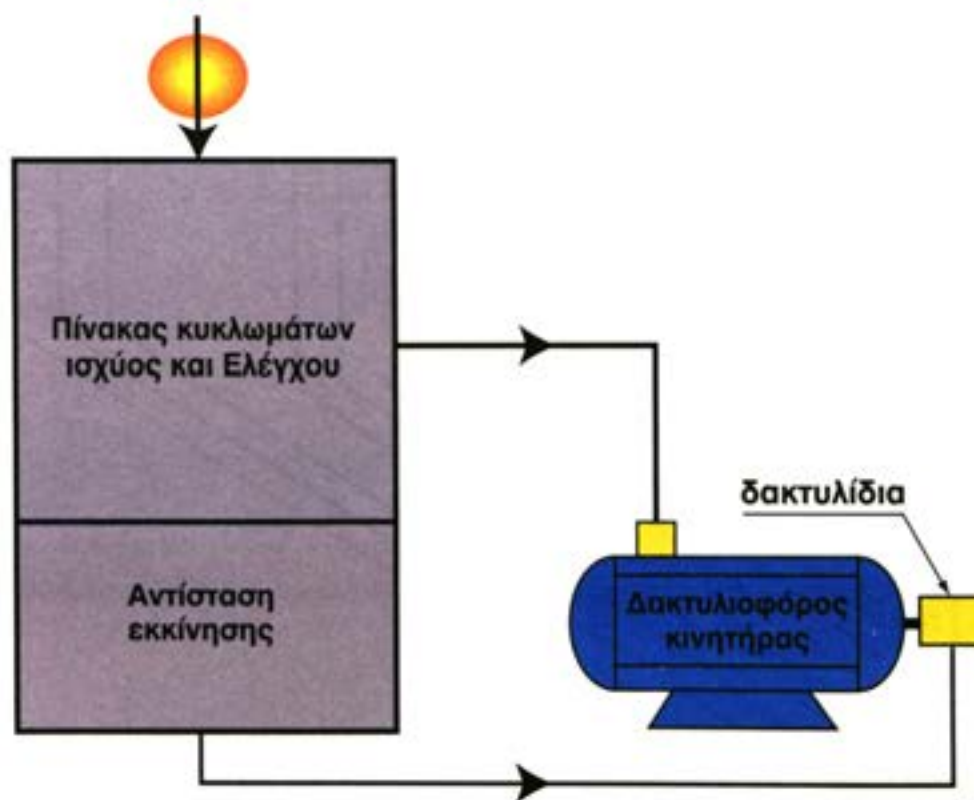
Για την πραγματοποίηση της άσκησης είναι απαραίτητα τα εξής υλικά:

- ✓ Μία διάτρητη πινακίδα με ράγες στήριξης υλικών
- ✓ Ένα PLC τουλάχιστον 6 εισόδων, 6 εξόδων
- ✓ Ένα μπουτόν start, με επαφές NO-NC
- ✓ Ένα μπουτόν stop με επαφές NC-NO
- ✓ Ένας τριφασικός ασφαλειοδιακόπτης τουλάχιστον 16 A για μικρής ισχύος κινητήρα
- ✓ Τέσσερα ρελέ ισχύος (πηνία 230V)
- ✓ Αντιστάσεις εκκίνησης ανάλογης ισχύος με την ισχύ του κινητήρα
- ✓ Θερμικό με επαφές 1NC + 1NO
- ✓ Ένας ασύγχρονος τριφασικός κινητήρας με δακτυλίδια
- ✓ Μονοπολικός ασφαλειοδιακόπτης για το κύκλωμα ελέγχου
- ✓ Δύο ενδεικτικές λυχνίες
- ✓ Κλέμες ράγας για τις απαραίτητες καλωδιώσεις

Βασική θεωρία

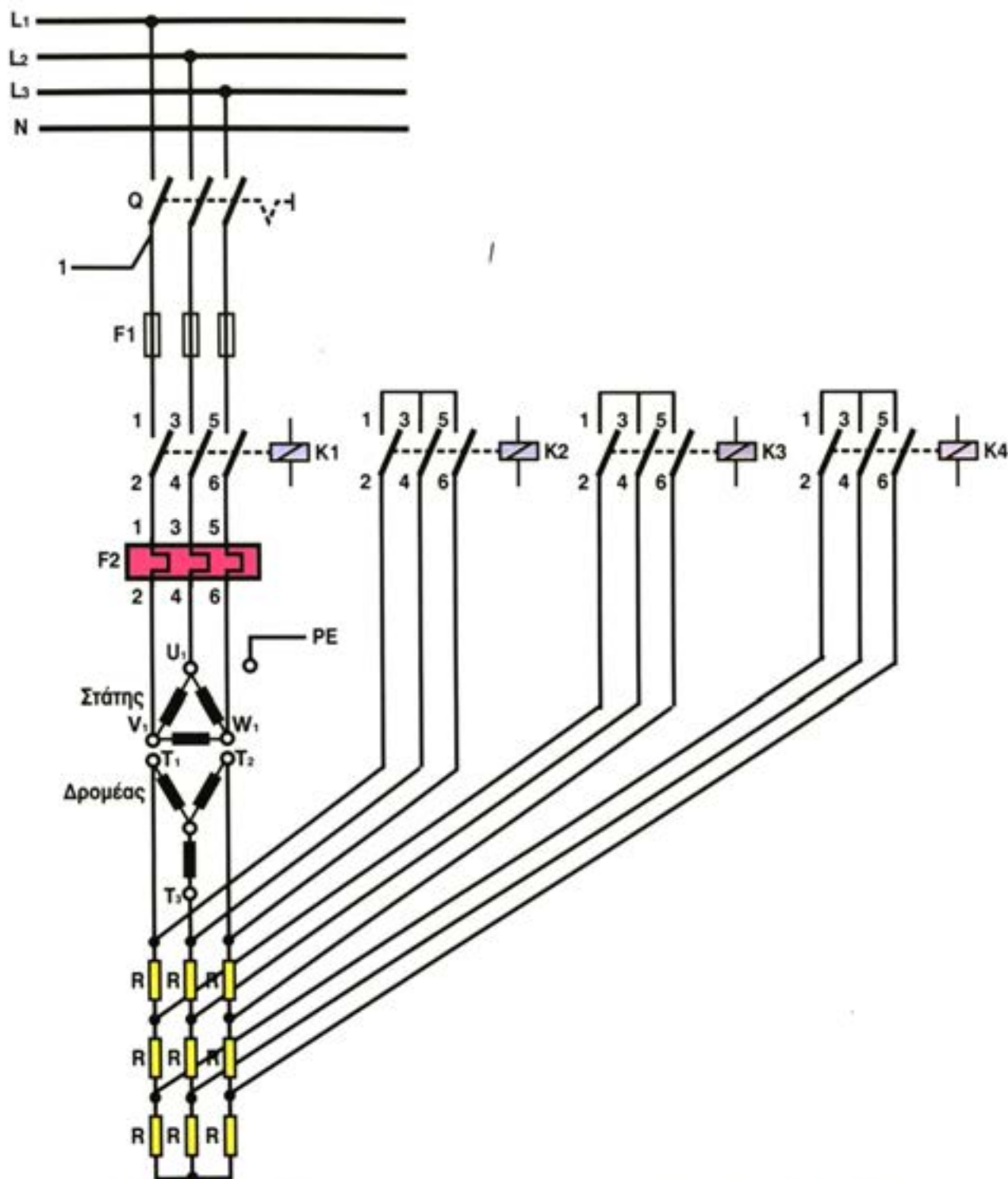
Σε πολλές εφαρμογές, που απαιτείται εκκίνηση του κινητήρα με φορτίο, ή σε περιπτώσεις που υπάρχει πιθανότητα μετά από διακοπή ρεύματος να εκκινήσει ο κινητήρας με φορτίο, αντί για κινητήρες βραχυκυκλωμένου δρομέα επιλέγουμε ασύγχρονους τριφασικούς κινητήρες με δακτυλίδια (π.χ. σπαστήρας σε λιατομείο).

Οι ασύγχρονοι τριφασικοί κινητήρες με δακτυλίδια διαφέρουν από τους κινητήρες βραχυκυκλωμένου δρομέα στο ότι έχουν στο δρομέα τριφασικό τύλιγμα, που καταλήγει μέσω δακτυλιδιών και ψηκτρών σε αντιστάσεις εκκίνησης. Για την ομαλή εκκίνηση του κινητήρα οι αντιστάσεις εκκίνησης είναι κατασκευασμένες σε δύο ή τρεις ή περισσότερες βαθμίδες, έτσι ώστε να μην αφαιρούνται όλες μαζί αλλιά σταδιακά. Με το κύκλωμα που περιγράφεται ξεκινάμε τον κινητήρα, με όλες τις αντιστάσεις εντός και βραχυκυκλώνουμε σταδιακά τις βαθμίδες των αντιστάσεων, έως ότου βραχυκυκλωθούν όλες (βραχυκύκλωμα στις ψήκτρες). Επίσης με κατάλληλη σύνδεση ενός θερμικού προστατεύουμε τον κινητήρα από υπερφορτίσεις.



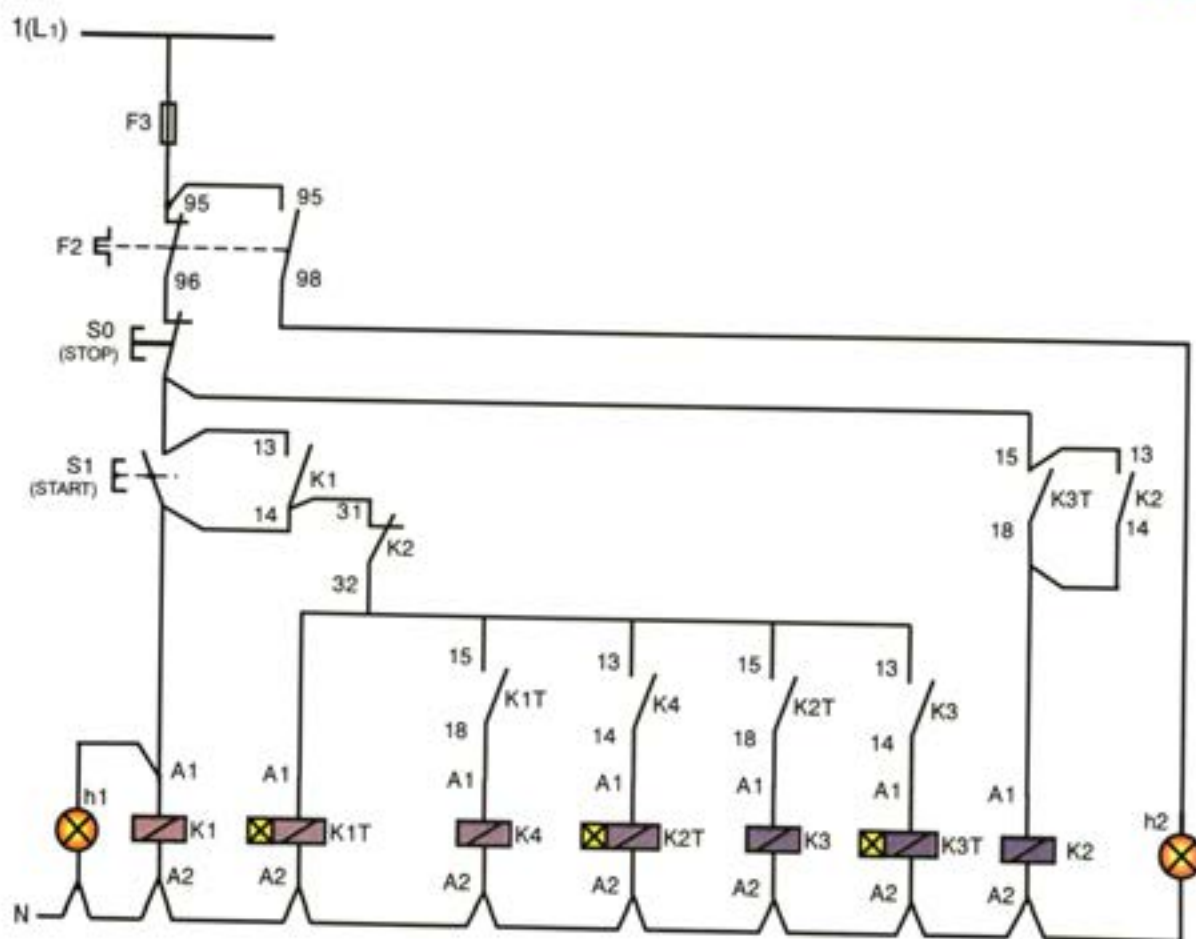
Σχήμα 11.1: Μπλοκ διάγραμμα για την εκκίνηση δακτυλιοφόρου κινητήρα

Όπως φαίνεται στο σχήμα 11.2, το κύκλωμα ισχύος αποτελείται από έναν τριπολικό διακόπτη φορτίου (Q), τρεις ασφάλειες βραδείας τήξεως (F1), τέσσερα ρελέ ισχύος (K1, K2, K3 και K4) και το θερμικό υπερφόρτισης (F2).

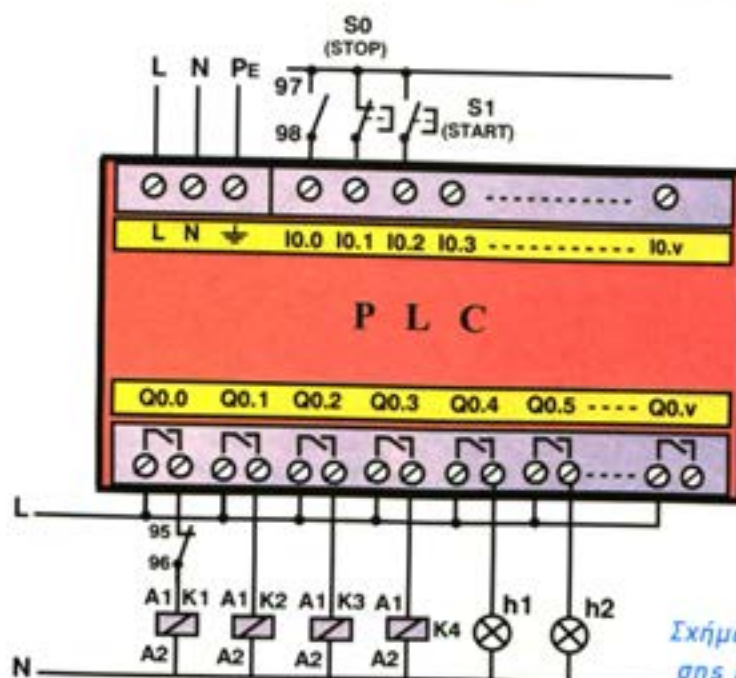


Σχήμα 11.2: Κύκλωμα ισχύος ασύγχρονου τριφασικού κινητήρα με δακτυλίδιο

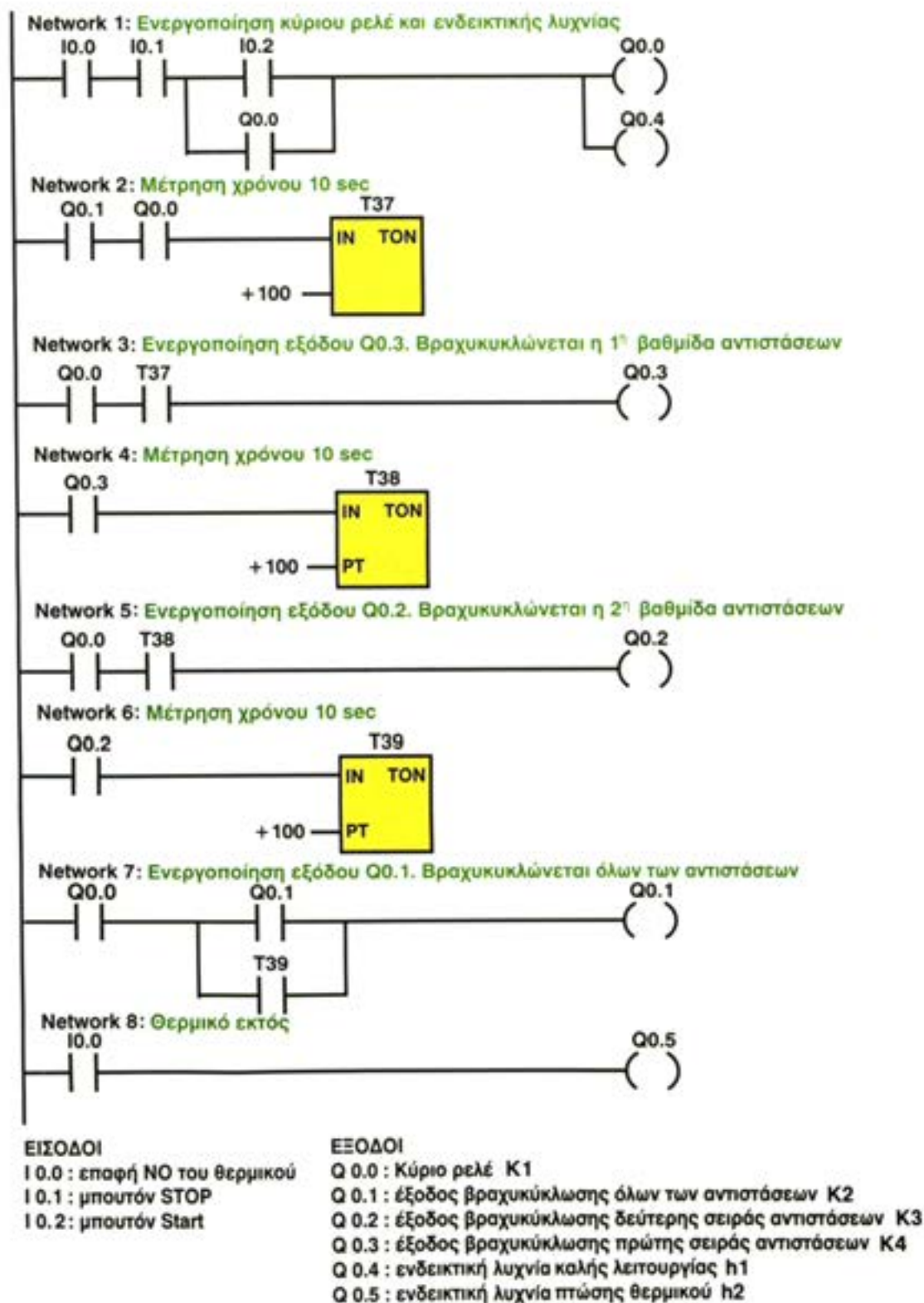
Η τάση τροφοδοσίας του κυκλώματος ελέγχου εξαρτάται από το χώρο εγκατάστασης του κινητήρα. Μπορεί να είναι μία φάση του δικτύου και ουδέτερος. Προτείνεται όμως να είναι ξεχωριστή η τροφοδοσία του κυκλώματος ελέγχου από το κύκλωμα ισχύος, όταν ο έλεγχος γίνεται με PLC.



Σχήμα 11.3: Κύκλωμα ελέγχου ασύγχρονου τριφασικού κινητήρα με δακτυλίδια



Σχήμα 11.4: Σχέδιο σύνδεσης εισόδων-εξόδων PLC



Σχήμα 11.5: Πρόγραμμα σε γλώσσα Ladder ενός PLC, που χρησιμοποιείται για τον έλεγχο ασύγχρονου τριφασικού κινητήρα με δακτυλίδια

Άσκηση 11: Εκκίνηση Δακτυλιοφόρου κινητήρα

```

BEGIN
NETWORK 1      // Ενεργοποίηση κύριου ρελέ και ενδεικτικής λυχνίας
LDN I0.0      // Επαφή θερμικού 97-98
A I0.1        // stop
LD I0.2        // start
O Q0.0
ALD
= Q0.0        // κύριο ρελέ
= Q0.4        // Ένδειξη κανονικής λειτουργίας

NETWORK 2      // Μέτρηση χρόνου 10 sec
LDN Q0.1
A Q0.0
TON T37 +100

NETWORK 3      // Ενεργοποίηση εξόδου Q4 Βραχυκυκλώνεται η
                // πρώτη Βαθμίδα αντιστάσεων.
LD Q0.0
A T37
= Q0.3

NETWORK 4      // Μέτρηση χρόνου 10 sec
LD Q0.3
TON T38 +100

NETWORK 5      // Ενεργοποίηση εξόδου Q3 Βραχυκυκλώνεται η δεύτερη
                // Βαθμίδα αντιστάσεων.
LD Q0.0
A T38
= Q0.2

NETWORK 6      // Μέτρηση χρόνου 10 sec
LD Q0.2
TON T39 +100

NETWORK 7      // Ενεργοποίηση εξόδου Q2 Βραχυκυκλώνονται όλες οι αντιστάσεις.
LD Q0.0
LD Q0.1
O T39
ALD
= Q0.1

NETWORK 8      // Θερμικό εκτός
LD I0.0
= Q0.5        //Ενεργοποίησης ενδεικτικής λυχνίας
    
```

Σχήμα 11.6: Πρόγραμμα σε γλώσσα STL ενός PLC, που χρησιμοποιείται για τον έλεγχο ασύγχρονου τριφασικού κινητήρα με δακτυλίδια

Διαδικασία

Κατά την εκτέλεση της άσκησης ακολουθήστε τα εξής βήματα:

A. Δημιουργία και έλεγχος του κυκλώματος ισχύος

1. Δημιουργήστε το κύκλωμα του σχήματος 11.2, χρησιμοποιώντας ένα τριπολικό διακόπτη φορτίου (Q), τρεις ασφάλειες βραδείας τήξεως (F1), ένα θερμικό διακόπτη υπερφόρτισης (F2) και τέσσερα ρελέ ισχύος (K1, K2, K3, K4).
2. Ελέγξτε αν είναι ανοικτός ο διακόπτης Q.

B. Σύνδεση Η/Υ και PLC, όπου είναι απαραίτητο

1. Συνδέστε τον υπολογιστή με το PLC μέσω του ειδικού καλωδίου. Συμβουλευόμενοι τα τεχνικά φυλλάδια του προμηθευτή του PLC ελέγξτε την επικοινωνία PLC και Η/Υ.

Γ. Κατάστρωση του προγράμματος

1. Θέστε το PLC στη θέση STOP.
2. Βεβαιωθείτε ότι είστε στο περιβάλλον Ladder ή στη γλώσσα που το PLC προγραμματίζεται. Γράψτε στον υπολογιστή το πρόγραμμα που φαίνεται στο σχήμα 11.5. Σώστε το πρόγραμμα στον Η/Υ στον κατάλογο και με το όνομα που θα σας δώσει ο καθηγητής σας.
3. Ελέγξτε το πρόγραμμα για συντακτικά λάθη χρησιμοποιώντας την εντολή *Compile*. **Προσοχή:** Με αυτόν τον τρόπο βρίσκουμε τα συντακτικά λάθη του προγράμματος, δηλαδή λάθη που εμποδίζουν την μετατροπή του προγράμματος σε γλώσσα μηχανής. Έτσι όμως δεν εξασφαλίζεται ότι το πρόγραμμα που σχεδιάσαμε εκτελεί σωστά τις λειτουργίες που θέλουμε (δεν εντοπίζονται λειτουργικά λάθη).
4. Μεταφέρετε το πρόγραμμα στο PLC. Αναζητήστε την εντολή *Download*.

Δ. Σύνδεση των στοιχείων εισόδου και εξόδου και έλεγχος του προγράμματος χωρίς τροφοδοσία στο κύκλωμα ισχύος

1. Συνδέστε τις εισόδους και τις εξόδους του PLC συμβουλευόμενοι το σχήμα 11.4. Για να συνδεθούν τα πηνία των ρελέ, όπως στο σχήμα 11.4, πρέπει οι έξοδοι του PLC να είναι ρελέ. Αν οι έξοδοι του PLC δεν είναι ρελέ τότε για την σύνδεση των πηνίων των ρελέ, συμβουλευτείτε τα τεχνικά φυλλάδια του PLC.

Να γίνεται ο έλεγχος με την παρουσία του καθηγητή

2. Τροφοδοτήστε με τάση το κύκλωμα ελέγχου και το PLC.
3. Πιέστε το μπουτόν εκκίνησης start. Τι παρατηρείτε;
4. Πιέστε το μπουτόν σταματήματος stop. Τι παρατηρείτε;

Ε. Έλεγχος λειτουργίας θερμικού

1. Πιέστε το μπουτόν εκκίνησης start. Τι παρατηρείτε;
2. Πατήστε το μπουτόν test του θερμικού. Τι παρατηρείτε;
3. Αν οι παρατηρήσεις σας στα ερωτήματα Δ2-Δ6 ήταν οι αναμενόμενες, τότε και μόνο μπορείτε να συνεχίσετε. Αν όχι, τότε στο πρόγραμμα υπάρχει λειτουργικό σφάλμα. Προσπαθήστε να το εντοπίσετε και να το διορθώσετε.

ΣΤ. Τελικός έλεγχος

Να γίνεται με την παρουσία του καθηγητή

1. Κλείστε το διακόπτη Q του κυκλώματος ισχύος. Χωρίς να πατήσετε κάποιο μπουτόν, ελέγξτε την κατάσταση του κυκλώματος.
2. Πιέστε το μπουτόν START. Παρατηρήστε τις ενδεικτικές λυχνίες και καταγράψτε τη λειτουργία του κινητήρα. Στη συνέχεια πιέστε το μπουτόν STOP.
3. Ανοίξτε τον τριπολικό διακόπτη Q.

Ζ. Τροποποιήσεις

Α.

1. Όπως παρατηρείτε η εκκίνηση του κινητήρα και η αυτοσυγκράτησή του γίνεται με την επενέργεια επαφών. Κάντε τις απαραίτητες αλλαγές στο πρόγραμμα, ώστε ο έλεγχος του κινητήρα να γίνεται με εντολές SET και RESET.
2. Σβήστε το προηγούμενο πρόγραμμα από τη μνήμη του PLC. Φορτώστε το καινούργιο.
3. ΜΕ ΑΠΟΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΟ ΤΟΝ ΚΙΝΗΤΗΡΑ επαληθεύστε τη σωστή λειτουργία του προγράμματός σας.

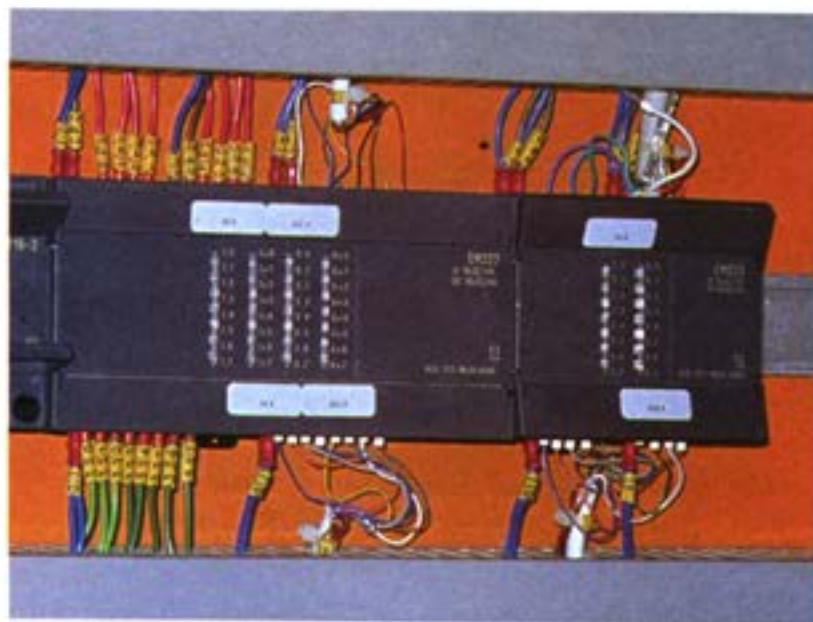
Β.

1. Τροποποιήστε το κύκλωμα, έτσι ώστε σε περίπτωση πτώσης του θερμικού να αναβοσβήνει η ενδεικτική λυχνία h2 με συχνότητα 1Hz και να κτυπά μια σειρήνα για 5 sec. Κάντε τις απαραίτητες αλλαγές στο πρόγραμμα.
2. Σβήστε το προηγούμενο πρόγραμμα από τη μνήμη του PLC. Φορτώστε το καινούργιο.
3. ΜΕ ΑΠΟΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΟ ΤΟΝ ΚΙΝΗΤΗΡΑ επαληθεύστε τη σωστή λειτουργία του προγράμματός σας.

Η. Παρατηρήσεις - Συμπεράσματα

άσκηση 12

Αναλογικές είσοδοι



Στόχοι της άσκησης

διάρκεια άσκησης: 6 διδακτικές ώρες

Στο τέλος της άσκησης οι μαθητές θα είναι ικανοί:

- να αναγνωρίζουν μια μονάδα αναλογικών εισόδων.
- να αναγνωρίζουν και να συνδέουν τους διάφορους τύπους των αισθητήριων.
- να επιλέγουν τους κατάλληλους μετατροπείς φυσικών μεγεθών σε ηλεκτρικά σήματα ανάλογα με την εφαρμογή.
- να συνδέουν τα αισθητήρια στις εισόδους των αναλογικών μονάδων και την αναλογική μονάδα με το PLC.
- να γράφουν στον υπολογιστή απλά προγράμματα ελέγχου ψηφιακών εξόδων, όταν μεταβάλλεται μια αναλογική είσοδος.
- να συνδέουν στο PLC τα διάφορα εξαρτήματα για τον έλεγχο θερμοκρασίας και να ρυθμίζουν τις φωτεινές και ηχητικές ενδείξεις ανάλογα με τη θερμοκρασία.

Απαραίτητα εξαρτήματα

Για την πραγματοποίηση της άσκησης είναι απαραίτητα τα εξής υλικά:

- ✓ Μία διάτρητη πινακίδα με ράγες στήριξης υλικών
- ✓ Ένα PLC 6 εισόδων (τουλάχιστον 1 αναλογικής), 4 ψηφιακών εξόδων
- ✓ Ένα αισθητήριο (μετατροπής θερμοκρασίας σε αντίσταση) PT100
- ✓ Ένας μετατροπέας $0^{\circ}\text{C} - 100^{\circ}\text{C}$ θερμοκρασίας σε $0 - 10\text{ V}$ τάση με τη βοήθεια PT 100
- ✓ Ένα αερόθερμο
- ✓ Μία σειράνα
- ✓ Δύο ενδεικτικές ρυχνίες
- ✓ Κλήμες ράγας για τις απαραίτητες καλωδιώσεις

Βασική θεωρία

Οι μεταβολές των φυσικών μεγεθών είναι στην πραγματικότητα συνεχείς. Από ένα ποτενσιόμετρο $100\ \Omega$ μπορούμε να πάρουμε όλες τις τιμές της αντίστασης από $0 - 100\ \Omega$. Τα σήματα αυτά, που μπορούν να πάρουν οποιαδήποτε τιμή μέσα σε μια περιοχή τιμών, λέγονται αναλογικά.

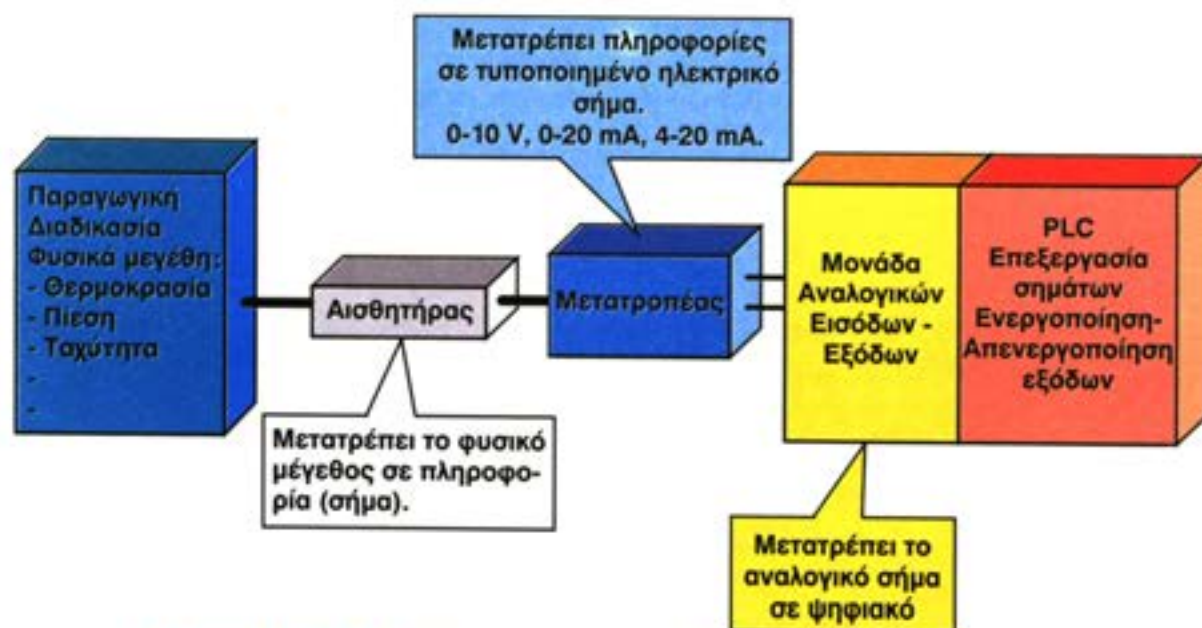
Ψηφιακά είναι τα σήματα που μπορούν να πάρουν συγκεκριμένο αριθμό τιμών μέσα σε μια περιοχή τιμών.

Τα διάφορα αισθητήρια μετατρέπουν ένα φυσικό μέγεθος σε ηλεκτρικό: θερμοκρασία σε τάση, πίεση σε τάση ή ρεύμα, ταχύτητα σε τάση ή ρεύμα κτλ.

Οι μετατροπείς μετατρέπουν τα σήματα των αισθητηρίων σε τυποποιημένα αναλογικά σήματα. Τα σήματα που χρησιμοποιούνται συνήθως έχουν τυποποίηση 0 – 10V, 0 – 5V, 4 – 20 mA, 0 – 20mA.

Η κεντρική μονάδα επεξεργασίας (CPU) των PLC μπορεί να επεξεργαστεί μόνο ψηφιακά σήματα, για αυτό το λόγο θα πρέπει ένα αναλογικό σήμα να μετατραπεί σε ψηφιακό.

Οι μονάδες αναλογικών εισόδων μετατρέπουν το αναλογικό σήμα σε ψηφιακό με τη βοήθεια ειδικών διατάξεων που ονομάζονται "Μετατροπείς αναλογικών σημάτων σε ψηφιακό" (analog to digital converters, ADC).



Σχήμα 12.1: Μπλοκ διάγραμμα για την επεξεργασία αναλογικών σημάτων

A. Περιγραφή Εφαρμογής

Η θερμοκρασία σε ένα ιδιαίτερα σημαντικό χώρο δεν πρέπει να ξεπερνά τους 25°C. Σε περίπτωση που η θερμοκρασία ξεπεράσει τους 25°C αναβοσβήνει συνεχώς μια κίτρινη θυκνία ένδειξης με συχνότητα 1 Hz και κτυπά μια σειρήνα για 3 sec. Σε περίπτωση που η θερμοκρασία ξεπεράσει τους 35°C ανάβει συνεχώς μια κόκκινη θυκνία και κτυπά συνέχεια η σειρήνα μέχρι να αντιληφθούμε το πρόβλημα και να επέμβουμε κάνοντας Reset (σταμάτημα) στη λειτουργία της σειρήνας.

Για τη μέτρηση της θερμοκρασίας χρησιμοποιούμε ένα αισθητήριο PT100. Το αισθητήριο PT100 σε θερμοκρασία 0°C έχει αντίσταση εξόδου 100 Ω. Όταν αυξάνει η θερμοκρασία, αυξάνεται και η αντίσταση του PT100 με ρυθμό περίπου 0,4 Ω/°C.

Για τη μετατροπή της τιμής της αντίστασης στην εξόδου του PT100 σε τυποποιημένο ηλεκτρικό σήμα χρησιμοποιούμε ένα μετατροπέα 0°C – 100°C θερμοκρασίας σε 0 – 10 V τάση.

Οι μονάδες αναλογικών εισόδων συνήθως διαθέτουν για την καταχώρηση του αναλογικού σήματος μια λέξη (16 bit) για κάθε είσοδο. Το ένα bit χρησιμεύει για πρόσημο. Έτσι αν η τιμή είναι θετική, το 15^ο bit είναι 0, αν είναι αρνητική, είναι 1. Τα 15 bit μας παρέχουν 2¹⁵ ψηφιακές μονάδες περίπου 32000 ψηφιακές μονάδες.

Στη θερμοκρασία των 0°C έχουμε τάση 0V άρα μηδέν ψηφιακές μονάδες στην αναλογική είσοδο.

Στη θερμοκρασία των 100°C έχουμε τάση 10V άρα 32000 ψηφιακές μονάδες.

Αν η αναλογική μονάδα εισόδων δέχεται περισσότερα από ένα τυποποιημένα αναλογικά σήματα, περιέχει μικροδιακόπτες (dipswitches) για να προσαρμόζεται κάθε φορά στο σήμα που μας παρέχει ο μετατροπέας. Για τη συγκεκριμένη εφαρμογή τοποθετούνται οι μικροδιακόπτες (dipswitches) της αναλογικής μονάδας έτσι ώστε να δέχεται αναλογικό σήμα 0 – 10V. Τα 0 V αντιστοιχούν σε 0 ψηφιακές μονάδες, τα 10V αντιστοιχούν σε 32000 ψηφιακές μονάδες.

Συνδέουμε την έξοδο του μετατροπέα στην είσοδο της αναλογικής μονάδας AIW0 (Analog Input Word 0).

Αν η τροφοδοσία του μετατροπέα είναι 24 V DC και το τροφοδοτικό του PLC μπορεί να παρέχει τα mA που απαιτούνται για την τροφοδοσία του τότε ο μετατροπέας τροφοδοτείται από το τροφοδοτικό του PLC.

Άρα, στην αναλογική είσοδο για μεταβολή της θερμοκρασίας κατά 1°C έχουμε μεταβολή της τάσης

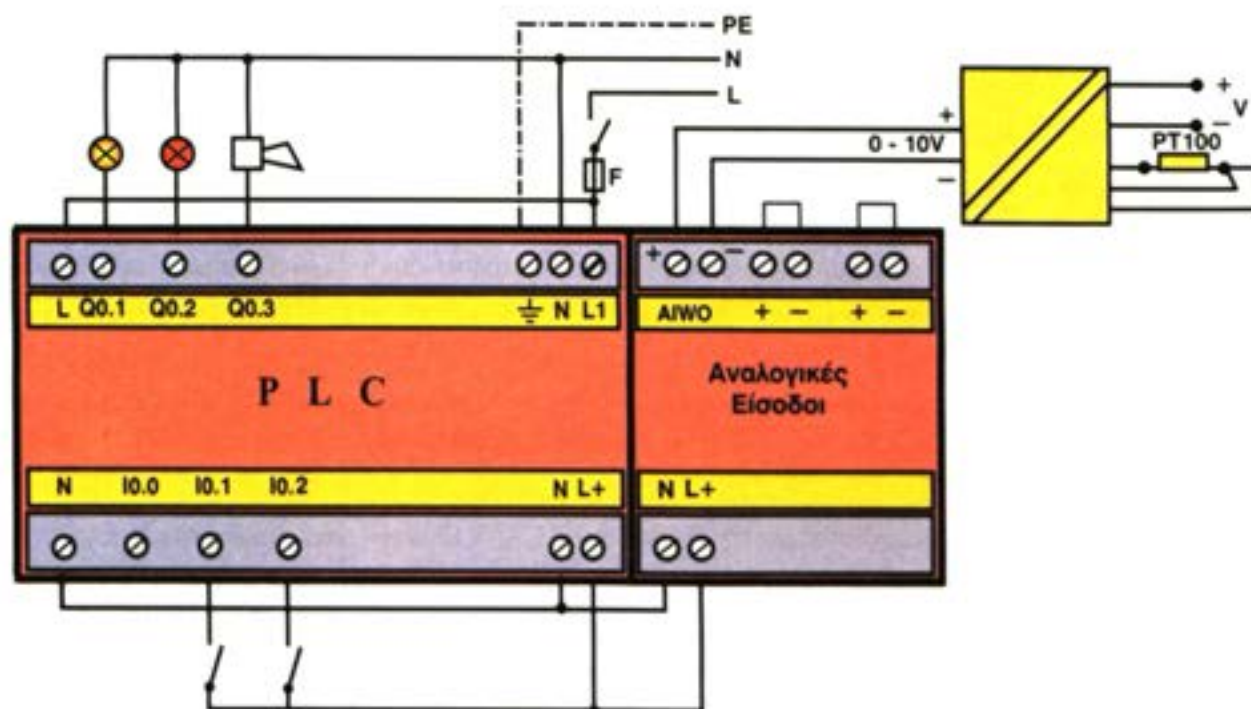
$$\frac{10V}{100^{\circ}C} = 0.1 V/^{\circ}C$$

$$\text{και μεταβολή } \frac{32000}{100^{\circ}C} = 320 \text{ ψηφιακές μονάδες ανά βαθμό Κελσίου}$$

στο περιεχόμενο της λέξης της αναλογικής μονάδας AIW0.

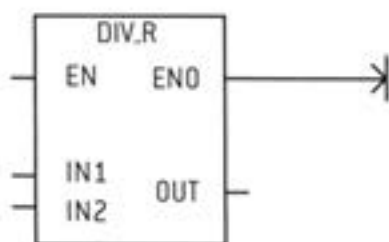
Η θερμοκρασία που αντιστοιχεί κάθε φορά στο περιεχόμενο της λέξης της αναλογικής μονάδας AIW0 θα είναι

$$\frac{AIW0}{320}$$

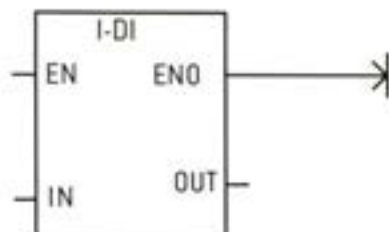


Σχήμα 12.2: Σχέδιο σύνδεσης εισόδων-εξόδων με το PLC

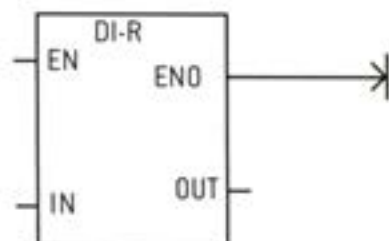
Επεξήγηση των μπλοκ που θα χρησιμοποιηθούν στον προγραμματισμό.



Διαιρεί τον πραγματικό αριθμό στην είσοδο IN1 με τον πραγματικό αριθμό στην είσοδο IN2 και το αποτέλεσμα αποθηκεύεται στην έξοδο OUT. Η διαίρεση γίνεται μόνο όταν η είσοδος EN είναι σε λογικό 1.



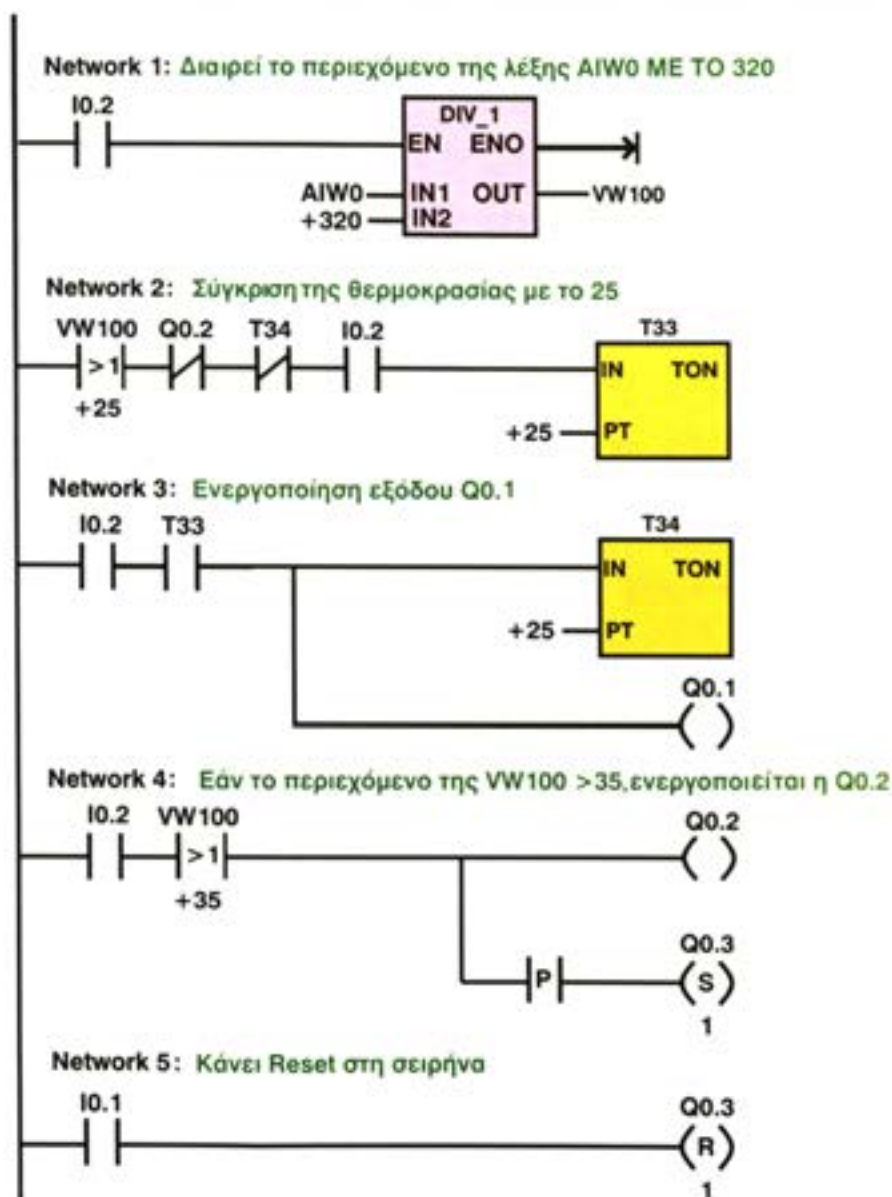
Μετατρέπει τον ακέραιο στην είσοδο IN σε διπλάσιας παράστασης ακέραιο στην έξοδο OUT όταν η είσοδος EN είναι σε λογικό 1. Ακέραιος με παράσταση σε 16 bit μετατρέπεται σε ακέραιο με παράσταση σε 32 bit.



Μετατρέπει τον διπλό ακέραιο στην είσοδο IN σε πραγματικό αριθμό στην έξοδο OUT όταν η είσοδος EN είναι σε λογικό 1.

A. Προγραμματισμός του PLC με χρήση ακεραίων αριθμών

Όπου η ακρίβεια στην μέτρηση της θερμοκρασίας δεν απαιτεί δεκαδικά ψηφία, είναι δυνατόν να χρησιμοποιήσουμε συναρτήσεις του PLC για ακεραίους αριθμούς και το πρόγραμμα απλοποιείται πάρα πολύ.



Είσοδοι

AIW0: Αναλογική είσοδος

I0.1: Διακόπτης επαναφοράς σειρήνας

I0.2: Γενικός διακόπτης ελέγχου

Έξοδοι

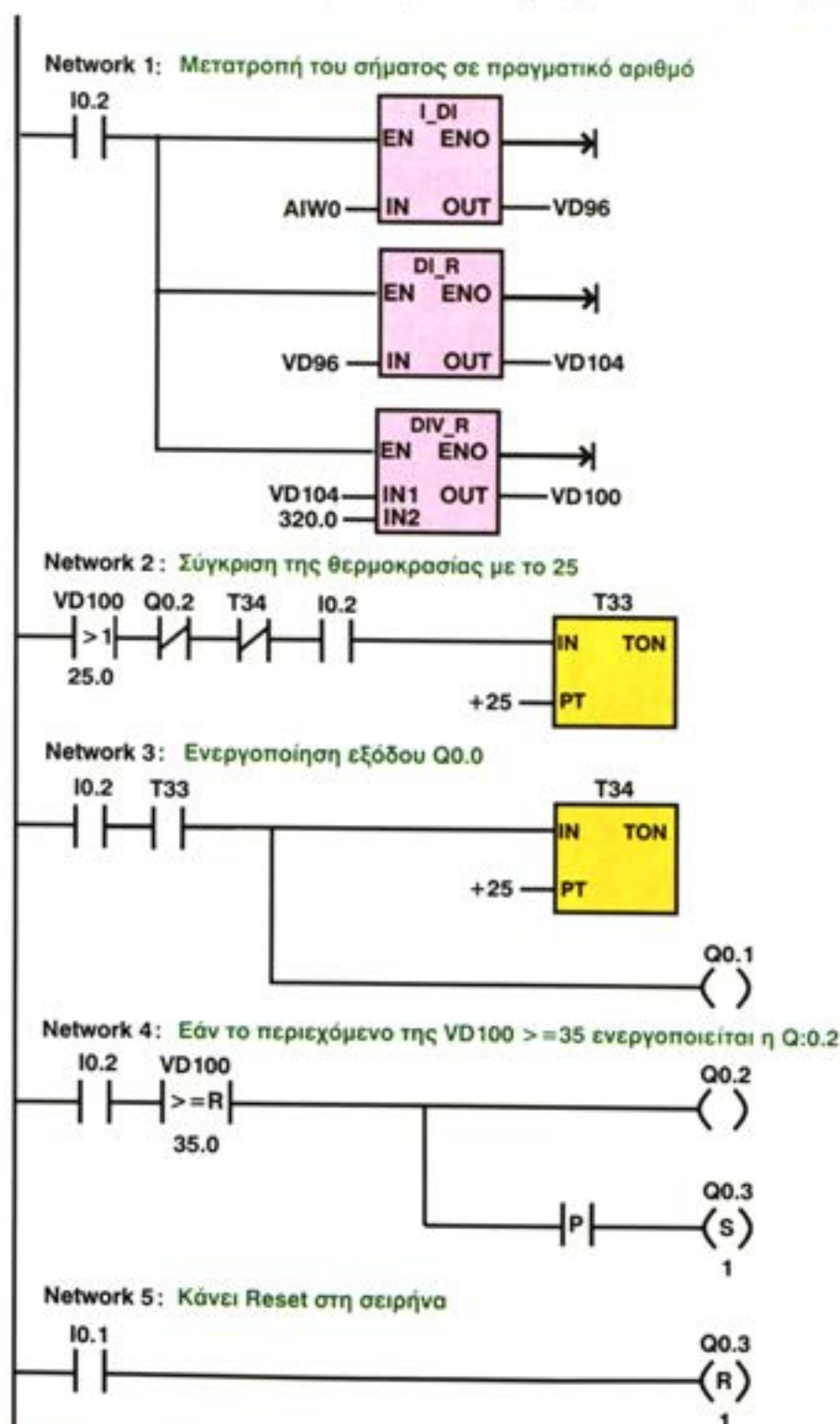
Q0.1: Ενδεικτική λυχνία (κίτρινη)

Q0.2: Ενδεικτική λυχνία (κόκκινη)

Q0.3: Σειρήνα

Σχήμα 12.3: Πρόγραμμα σε γλώσσα Ladder με χρήση συναρτήσεων ακεραίων αριθμών για τον έλεγχο θερμοκρασίας ενός χώρου

Β. Προγραμματισμός του PLC με χρήση πραγματικών αριθμών



Σχήμα 12.4: Πρόγραμμα σε γλώσσα Ladder με χρήση συναρτήσεων πραγματικών αριθμών για τον έλεγχο θερμοκρασίας ενός χώρου

Άσκηση 12: Αναλογική είσοδος. Ρύθμιση θερμοκρασίας

```

BEGIN
NETWORK 1
// Μετατροπή της τιμής του σήματος σε πραγματικό αριθμό.
// Το block ITD μετατρέπει το αριθμό που περιέχει η
// αναλογική είσοδος από 16 bit σε 32 bit ακέραιο.
// Το block DTR μετατρέπει το 32 bit ακέραιο σε 32 bit
// πραγματικό και τον αποθηκεύει στη διπλή λέξη VD104
// Τα block MOVR, /R διαιρεί περιεχόμενο της λέξης VD104
// με το 320 και αποθηκεύει το αποτέλεσμα με μορφή
// δεκαδικού στη λέξη VD100.
// Γενικός διακόπτης

LD I0.2
ITD AIW0, VD96
DTR VD96, VD104
MOVR VD104, VD100
/R 320.0, VD100

NETWORK 2
// Σύγκριση της θερμοκρασίας με το 25.0
// Όταν η θερμοκρασία είναι μεγαλύτερη από 25 βαθμούς
// ενεργοποιείται η παλμογεννήτρια. 1sec ON , 1sec OFF.
// Συγκρίνει το περιεχόμενο της λέξης Vd100 με το 25
// εάν είναι μεγαλύτερο ενεργοποιείται η q0.1

LDR> VD100, 25.0

AN Q0.2
AN T34
A I0.2
TON T33, +25

NETWORK 3
//Ενεργοποίηση εξόδου Q 0.1

LD I0.2
A T33
TON T34, +25
= Q0.1

NETWORK 4
// Εάν το περιεχόμενο της Vd100 >= 35 ενεργοποιείται η Q0.2
// Η εντολή EU παράγει παλμό στιγμιαία για να μην έχουμε
// συνεχή Set, Reset, όσο η θερμοκρασία παραμένει
// μεγαλύτερη από 35 βαθμούς.

LD I0.2
AR>= VD100, 35.0
= Q0.2
EU
S Q0.3, 1

NETWORK 5
// Κάνει Reset στη σειράνα

LD I0.1
R Q0.3, 1
    
```

Εικόνα 12.5: Πρόγραμμα σε γλώσσα STL με χρήση αναρτήσεων πραγματικών αριθμών για τον έλεγχο θερμοκρασίας ενός χώρου

Διαδικασία

Κατά την εκτέλεση της άσκησης ακολουθήστε τα εξής βήματα:

A. Σύνδεση Η/Υ και PLC, όπου είναι απαραίτητο

1. Συνδέστε τον υπολογιστή με το PLC μέσω του ειδικού καλωδίου. Συμβουλευόμενοι τα τεχνικά φυλλάδια του κατασκευαστή του PLC ελέγξτε την επικοινωνία PLC και PC.

B. Κατάστρωση του προγράμματος

1. Θέστε το PLC στη θέση STOP.
2. Βεβαιωθείτε ότι είστε στο περιβάλλον Ladder ή στη γλώσσα που το PLC προγραμματίζεται. Γράψτε στον υπολογιστή το πρόγραμμα που φαίνεται στο σχήμα 12.3. Αν η θερμοκρασία του χώρου που εκτελείται η άσκηση είναι μεγαλύτερη από 25°C αλλάξτε τις θερμοκρασίες σε 35°C και 45°C αντίστοιχα.
3. Ξώστε το πρόγραμμα στον Η/Υ στον κατάλογο και με το όνομα που θα σας δώσει ο καθηγητής σας.
4. Ελέγξτε το πρόγραμμα για συντακτικά λάθη χρησιμοποιώντας την εντολή *Compile*.
5. Μεταφέρετε το πρόγραμμα στο PLC. Αναζητείστε την εντολή *Download*.

Γ. Σύνδεση των στοιχείων εισόδου και εξόδου και έλεγχος του προγράμματος

1. Συνδέστε τις εισόδους και τις εξόδους του PLC συμβουλευόμενοι το σχήμα 12.2. Για να συνδεθούν οι ενδεικτικές ριχνίες και η σειρήνα, όπως στο σχήμα 12.2, πρέπει οι εξόδοι του PLC να είναι ρελέ και το επιτρεπόμενο ρεύμα επαφών να είναι μεγαλύτερο από το ρεύμα που απορροφούν οι λάμπες και η σειρήνα. Αν οι εξόδοι του PLC δεν είναι ρελέ, τότε για τη σύνδεση των ενδεικτικών ριχνιών και της σειρήνας, συμβουλευτείτε τα τεχνικά φυλλάδια του PLC.
2. Όσες αναλογικές εισόδοι δε χρησιμοποιούνται πρέπει να βραχυκυκλώνονται για αποφυγή εισαγωγής προβλημάτων στο PLC.
3. Τοποθετήστε ένα ψηφιακό βοητόμετρο στην έξοδο του μετατροπέα.
4. Κάθε φορά που επαναλαμβάνεται η άσκηση πρέπει να περιμένετε να ψύχεται το αισθητήριο PT 100 στη θερμοκρασία περιβάλλοντος.

Να γίνεται ο έλεγχος με την παρουσία του καθηγητή

5. Τροφοδοτήστε με τάση το κύκλωμα.
6. Θέστε το PLC σε κατάσταση status και παρατηρήστε την εξέλιξη της διαδικασίας.
7. Θερμάνετε με το αερόθερμο τα άκρα του PT100. Τι παρατηρείτε;

8. Καταγράψτε (μερικές τιμές) την ένδειξη του βοήτομέτρου και την θερμοκρασία που διαβάζετε στον υπολογιστή.
9. Συνεχίστε τη θέρμανση του PT100, έως ότου η θερμοκρασία ξεπεράσει την ανώτερη 35°C ή 45°C . Τι παρατηρείτε;
10. Αν οι παρατηρήσεις σας κατά τα ερωτήματα Γ3-Γ9 ήταν οι αναμενόμενες, τότε και μόνο μπορείτε να συνεχίσετε. Αν όχι, τότε στο πρόγραμμα υπάρχει λειτουργικό σφάλμα και προσπαθήστε να το εντοπίσετε και να το διορθώσετε.
11. Προγραμματίστε το PLC έτσι ώστε να έχετε απεικόνιση και δεκαδικών ψηφίων της θερμοκρασίας θ1 25.5°C , θ2 35.5°C . Πρόγραμμα σχήμα 12.4. Εφαρμόστε τα βήματα B2, B3, B4, B5, Γ3, Γ4, Γ5.

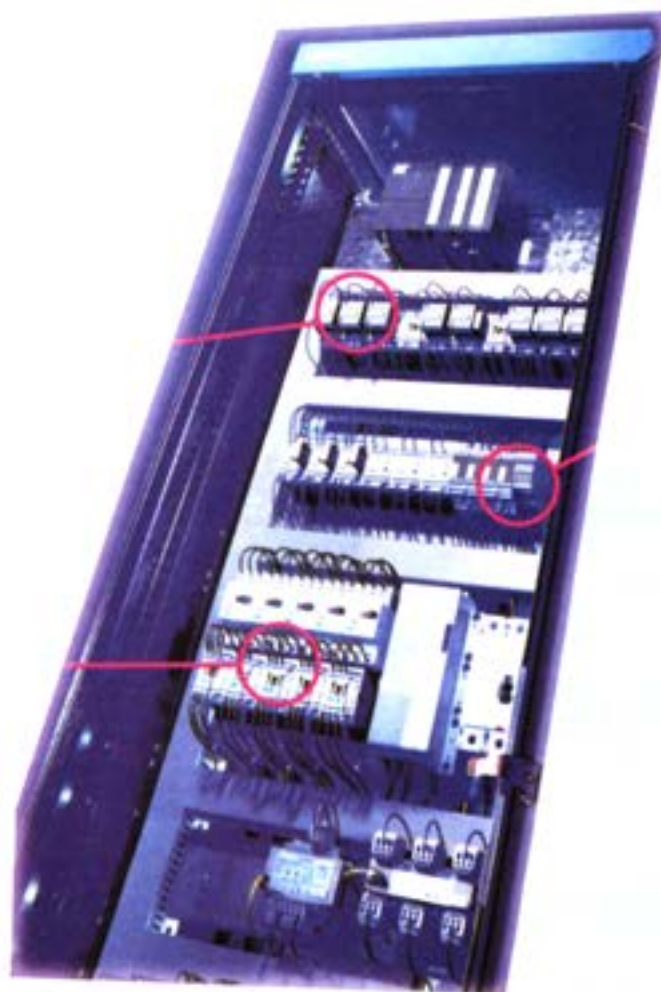
Δ. Τροποποιήσεις

1. Προσθέστε στο κύκλωμα την ακόλουθη λειτουργία: όταν η θερμοκρασία ξεπεράσει τους 50°C , τότε να αναβοσβήνουν ταυτόχρονα όλες οι λυχνίες και να κτυπά συνέχεια η σειρήνα μέχρι να αποκατασταθεί η σωστή θερμοκρασία ή να γίνει RESET στο κύκλωμα.

Ε. Παρατηρήσεις - Συμπεράσματα

άσκηση 13

Κύκλωμα ασφάλειας



Στόχοι της άσκησης

διάρκεια άσκησης: 6 διδακτικές ώρες

Στο τέλος της άσκησης οι μαθητές θα είναι ικανοί:

- να αναγνωρίζουν τα εξαρτήματα που είναι απαραίτητα για την κατασκευή ενός απλού κυκλώματος συστήματος ασφαλείας.
- να αναγνωρίζουν τους ακροδέκτες των παγίδων με χρήση πολυμέτρου στους οποίους πρέπει να συνδέσουν τους αγωγούς.
- να επιλέγουν τα κατάλληλα αισθητήρια (παγίδες): μαγνητικά, αντικραδασμικά, ανιχνευτές κίνησης [radar] κτλ.
- να συνδέουν τα αισθητήρια (παγίδες), τη σειρήνα, τις ενδεικτικές λυχνίες και όλα τα άλλα απαραίτητα εξαρτήματα, στις εισόδους και εξόδους του PLC.
- να γράφουν στον υπολογιστή απλά προγράμματα δημιουργίας κωδικού ενεργοποίησης – απενεργοποίησης του κυκλώματος.
- να γράφουν πρόγραμμα στον υπολογιστή για τον έλεγχο του κυκλώματος ασφαλείας σε όλες τις γλώσσες προγραμματισμού.

Απαραίτητα εξαρτήματα

Για την πραγματοποίηση της άσκησης είναι απαραίτητα τα εξής υλικά:

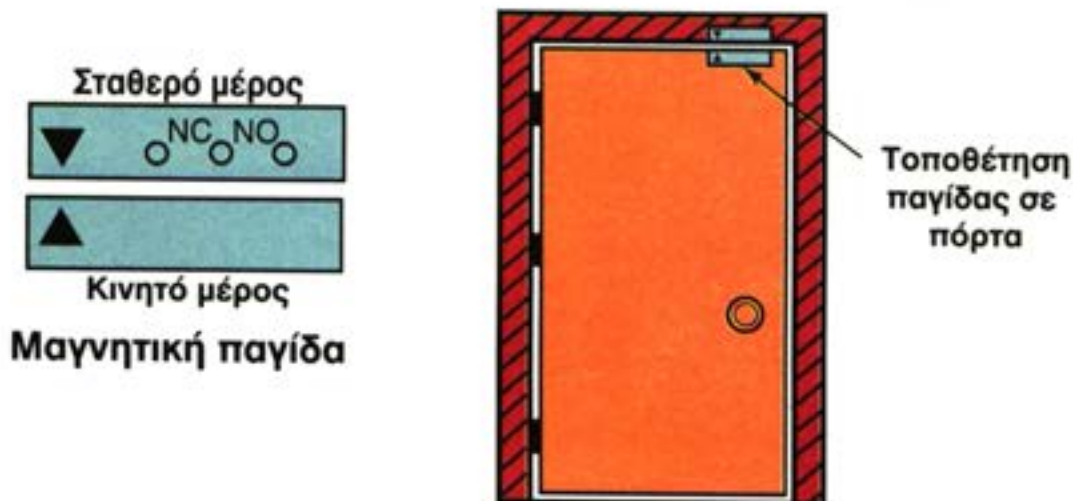
- ✓ Μία διάτρητη πινακίδα με ράγες στήριξης υλικών
- ✓ Ένα PLC τουλάχιστον 6 ψηφιακών εισόδων, 6 ψηφιακών εξόδων
- ✓ Ένας μονοφασικός ασφαλειοδιακόπτης τουλάχιστον 16 A
- ✓ Ένα μπουτόν επαφής NO
- ✓ Ένας διακόπτης ON – OFF
- ✓ Παγίδες μαγνητικές με μεταγωγική επαφή
- ✓ Ένα αισθητήριο υπέρυθρης ακτινοβολίας (Radar) με έξοδο μεταγωγικής επαφής
- ✓ Μία σειρήνα πλήρους
- ✓ Ένα ηλεκτρικός προβολέας
- ✓ Κήλες ράγας για τις απαραίτητες καλωδιώσεις

Βασική θεωρία

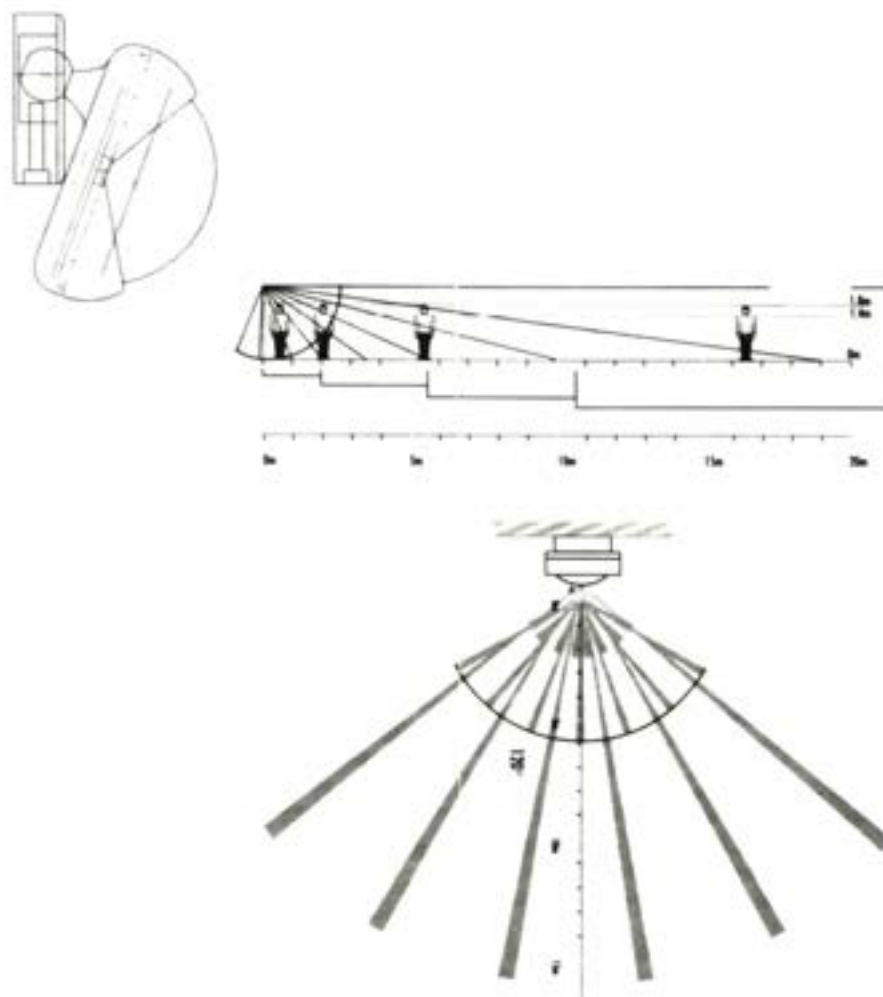
Τα συστήματα ασφαλείας τοποθετούνται για τον έλεγχο παραβίασης χώρων και εγκαταστάσεων και αποτελούνται από:

1. Την κεντρική μονάδα ελέγχου και επεξεργασίας των πληροφοριών.
 2. Τα αισθητήρια επιτήρησης των χώρων (παγίδες κτλ.).
 3. Τη συσκευή ενεργοποίησης – απενεργοποίησης (πληκτρολόγιο, μπουτόν κτλ.).
 4. Τις συσκευές ενεργοποίησης (σειρήνες, προβολείς, ειδοποίηση κέντρου επέμβασης).
- Η κεντρική μονάδα ελέγχου επεξεργάζεται τις πληροφορίες και δίνει εντολές ενεργοποίησης - απενεργοποίησης των εξόδων. Η κεντρική μονάδα μπορεί να είναι μια μονάδα αυτοματισμού αποκλειστικά για τον έλεγχο του συστήματος ασφαλείας ή να είναι ένα PLC που εκτός των άλλων λειτουργιών που κάνει εξασφαλίζει και τη λειτουργία του συστήματος ασφαλείας.
 - Τα αισθητήρια επιτήρησης χώρων είναι πάρα πολλά. Εμείς θα αναφέρουμε μόνο αυτά που θα χρησιμοποιηθούν στην εργαστηριακή άσκηση.

Μαγνητικές παγίδες: Είναι εξαρτήματα που αποτελούνται από δύο ανεξάρτητα μέρη. Στο ένα από αυτά υπάρχει συνήθως μια μεταγωγική επαφή, που αλλιάζει κατάσταση, όταν τα δύο μέρη έρθουν κοντά (περίπου 1 με 2 cm απόσταση μεταξύ τους). Χρησιμοποιούνται για να παγιδεύουν πόρτες και παράθυρα.



Σχήμα 13.1: Μαγνητικές παγίδες



Σχήμα 13.2: Σχηματική απεικόνιση αισθητήριου υπέρυθρης ακτινοβολίας (Radar) για τη επιτήρηση χώρου

Τα αισθητήρια υπέρυθρης ακτινοβολίας (Radar) τροφοδοτούνται με τάση 12 V D.C. Το ρεύμα που απορροφούν είναι μερικά mA. Η έξοδός τους είναι επαφή N.C. Στα αισθητήρια αυτά υπάρχει ακόμη μια επαφή με ελατήριο, έτσι ώστε σε περίπτωση παραβίασης να ενεργοποιείται το σύστημα ασφαλείας.

Σε πολλές εφαρμογές συστημάτων ασφαλείας χρησιμοποιούνται αυτόνομα συστήματα ασφαλείας με πολλές δυνατότητες και καλύψεις. Τα συστήματα αυτά τα προμηθευόμαστε από το εμπόριο έτοιμα χωρίς να χρειάζεται να τα προγραμματίσουμε εμείς.

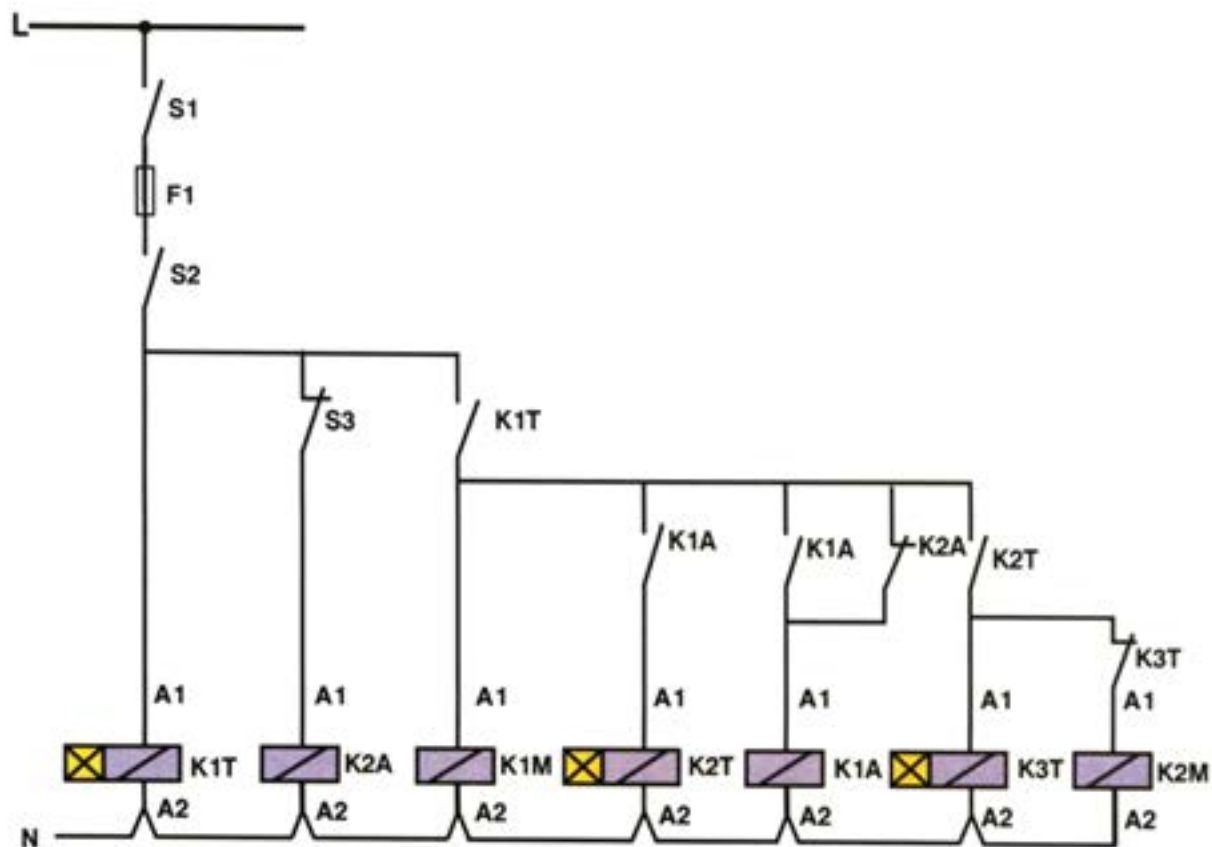
Την εγκατάσταση και τη σύνδεση αυτών των συστημάτων την κάνουν συνήθως εξειδικευμένα συνεργεία. Δεν είναι ιδιαίτερα δύσκολο για έναν ηλεκτρολόγο να εγκαταστήσει ένα σύστημα ασφαλείας, αν μπορεί να διαβάσει ικανοποιητικά τα τεχνικά φυλλάδια του συστήματος ασφαλείας.

Για την κατανόηση της λειτουργίας των συστημάτων αυτών θα δοθούν δύο λύσεις μια απλή χρησιμοποιώντας υλικά ηλεκτρομηχανικής τεχνολογίας και μια περισσότερο σύνθετη χρησιμοποιώντας ένα PLC.

Περιγραφή Εφαρμογής 1. Απλό σύστημα με ηλεκτρομηχανική τεχνολογία

Έλεγχος παραβίασης της εισόδου ενός χώρου

Για την ενεργοποίηση και απενεργοποίηση του συναγερμού χρησιμοποιούμε ένα διακόπτη ON-OFF. Για παγίδα χρησιμοποιούμε μια μαγνητική επαφή NC. Από τη στιγμή που θα τεθεί σε ετοιμότητα το σύστημα συναγερμού, το χρονικό K1T μετρά χρόνο εξόδου. Αν η επαφή (παγίδα) ανοίξει, στο διάστημα αυτό δεν ενεργοποιείται η σειρήνα. Αν η παγίδα ανοίξει, μετά το χρόνο που μετρά το χρονικό K1T, ενεργοποιείται το βοηθητικό K1A και αρχίζει να μετρά το χρονικό K2T. Αν στο χρόνο αυτό γίνει απενεργοποίηση του συστήματος δεν κτυπά η σειρήνα, αν δεν γίνει απενεργοποίηση, κτυπά η σειρήνα για όσο χρόνο έχουμε ρυθμίσει το χρονικό K3T.



Σχήμα 13.3: Κύκλωμα ασφαλείας ηλεκτρομηχανικής τεχνολογίας

S1: Γενικός διακόπτης

S2: Διακόπτης ενεργοποίησης – απενεργοποίησης συναγερμού

S3: Παγίδα (επαφή NO)

F1: Ασφάλεια

K1T: Χρονικό delay - on. Μέτρηση χρόνου εξόδου

K2T: Χρονικό delay - on. Μέτρηση χρόνου εισόδου

K3T: Χρονικό delay - on. Χρόνος λειτουργίας σειρήνας

K1A K2A: Βοηθητικά ρελέ

K1M: Ένδειξη ετοιμότητας (luxνία)

K2M: Σειρήνα

Η πραγματοποίηση του παραπάνω κυκλώματος μπορεί να γίνει και με μικρού τύπου PLC. Παρακάτω δίνεται το πρόγραμμα για το παραπάνω κύκλωμα.

Αντιστοιχίσεις αισθητηρίων – ρελέ με εισόδους-εξόδους στο PLC.

Είσοδοι

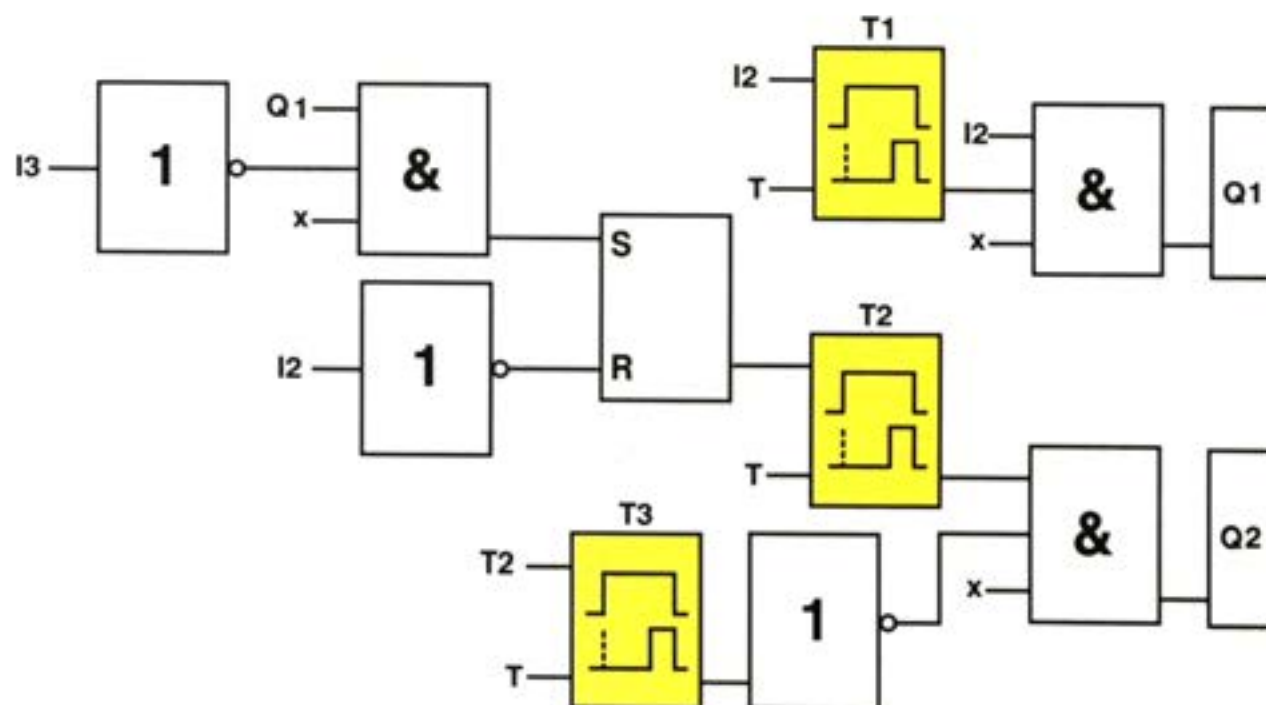
I_2 : S_2 Γενικός διακόπτης

I_3 : S_3 Παγίδα

Εξοδοι

Q_1 : h_1 Φωτεινή ένδειξη ενεργοποίησης

Q_2 : Σειρήνα



Σχήμα 13.4: Πρόγραμμα με πύλες του κυκλώματος 13.3

Περιγραφή Εφαρμογής 2. Σύστημα ασφαλείας με χρήση PLC

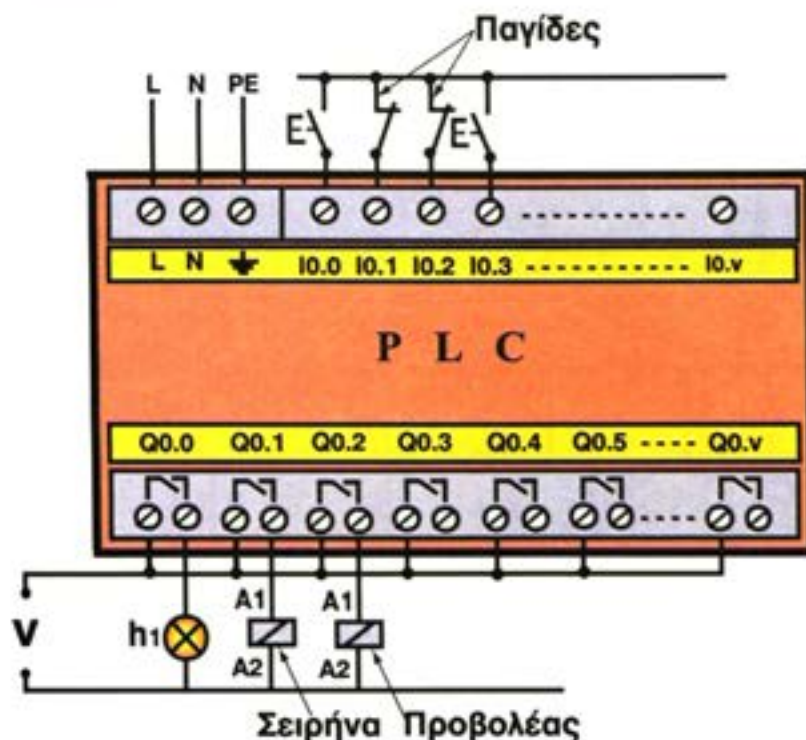
Έλεγχος παραβίασης της εισόδου ενός χώρου με χρονική καθυστέρηση και παραβίαση παραθύρου με άμεση ενεργοποίηση

Με τη χρήση PLC μπορούμε να σχεδιάσουμε ένα σύστημα ασφαλείας περισσότερο σύνθετο. Η κατασκευή σύνθετων κυκλωμάτων με ηλεκτρομηχανική τεχνολογία είναι πολύπλοκη και πολύ δαπανηρή. Συνδέοντας ένα μπουτόν για ενεργοποίηση - απενεργοποίηση μπορούμε να δημιουργήσουμε κωδικό ειδικά για απενεργοποίηση.

Θέλουμε πατώντας μια φορά το μπουτόν να τίθεται ο συναγερμός σε ετοιμότητα μετά από χρόνο που καθορίζει το χρονικό T1. Αν γίνει παραβίαση στην κεντρική είσοδο του χώρου που επιτρέπει ο συναγερμός μετά το χρόνο T1, αρχίζει να μετρά χρόνο το χρονικό T2. Αν σε αυτό το διάστημα γίνει Reset (πατώντας δύο φορές το μπουτόν σε διάστημα 3 sec), στο συναγερμό απενεργοποιείται όλο το σύστημα. Αν δεν γίνει Reset, τότε ενεργοποιείται η σειρήνα, για όσο χρόνο καθορίζει το χρονικό T3. Για αυτό το διάστημα αναβοσβήνει ένας προβολέας με συχνότητα 1 Hz.

Αν γίνει παραβίαση στο παράθυρο (παγίδα Ι0.1) και είναι σε ετοιμότητα το σύστημα ασφαλείας τότε ενεργοποιούνται άμεσα η σειράνα και ο προβολέας.

Δημιουργία κωδικού. Για τη δημιουργία του κωδικού είναι απαραίτητο να χρησιμοποιήσουμε απαριθμητή (counter) και ίσως χρονικό. Ο προγραμματισμός του απαριθμητή και του χρονικού μπορεί να γίνει είτε σε bit είτε σε λέξη. Στα κυκλώματα αυτά πρέπει να υπάρχει εξοικείωση για τον προγραμματισμό του PLC ακόμη και χωρίς να υπάρχει ηλεκτρολογικό σχέδιο. Αυτό είναι δυνατόν να γίνει αν γνωρίζουμε τις δυνατότητες των συναρτήσεων και των ειδικών λειτουργιών των PLC.



Σχήμα 13.5: Σχέδιο σύνδεσης εισόδων-εξόδων στο PLC

Αντιστοιχίσεις αισθητήριων - ρελέ με εισόδους-εξόδους στο PLC.

Είσοδοι: Ι0.0: Μπουτόν ενεργοποίησης - απενεργοποίησης

Ι0.1: Παγίδα πόρτας

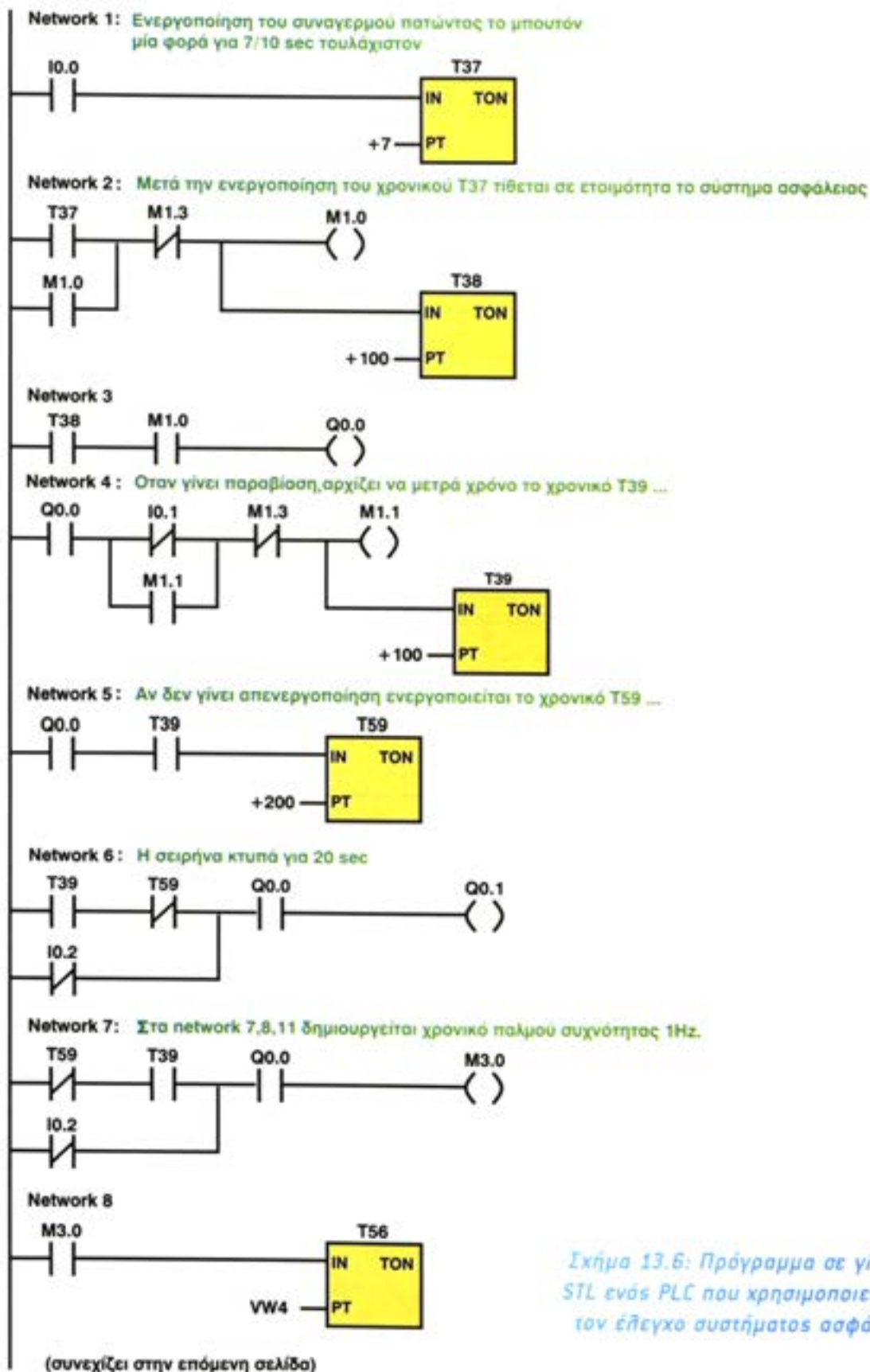
Ι0.2: Παγίδα παραθύρου

Ι0.3: Απενεργοποιεί (Reset) το συναγερμό

Έξοδοι: Q0.0: h1 Φωτεινή ένδειξη ετοιμότητας

Q0.1: Σειρήνα

Q0.2: Προβολέας



Σχήμα 13.6: Πρόγραμμα σε γλώσσα STL ενός PLC που χρησιμοποιείται για τον έλεγχο συστήματος ασφάλειας

(συνέχεια από την προηγούμενη σελίδα)

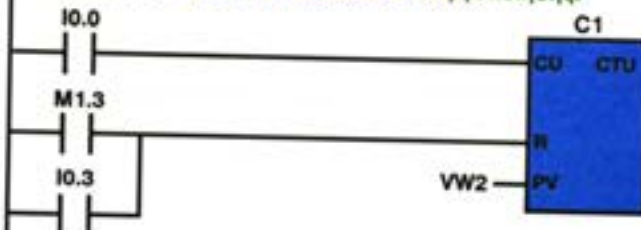
Network 9: Ο προβολέας αναβοσβήνει για 20 sec.



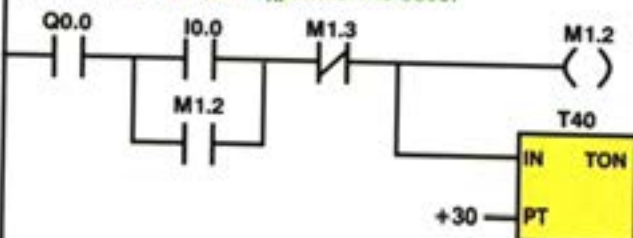
Network 10



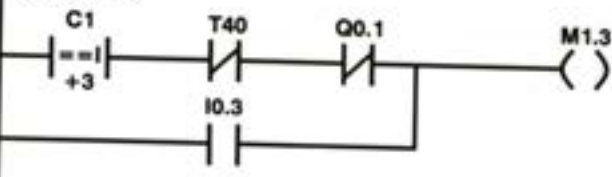
Network 11: Δημιουργία κωδικού απενεργοποίησης.



Network 12: Μετρά το χρονικό T40 3sec.



Network 13



Σχήμα 13.6: Πρόγραμμα σε γλώσσα Ladder ενός PLC που χρησιμοποιείται για τον έλεγχο συστήματος ασφάλειας

Άσκηση 13: Συναγερμός

```
// Η τοποθέτηση και απενεργοποίηση του συστήματος ασφάλειας
// γίνεται με το ίδιο μπουτόν. Πατώντας μία φορά το μπουτόν
// τίθεται σε ετοιμότητα το σύστημα ασφάλειας. Πατώντας δύο ακόμη
// φορές το μπουτόν σε διάστημα που καθορίζει το χρονικό T39
// απενεργοποιείται το σύστημα ασφάλειας.
// Το χρονικό T37 μετρά χρόνο 7/10 sec ώστε να μην
// επανατοποθετείται το σύστημα ασφάλειας όταν γίνεται Reset με
// το τρίτο πάτημα του μπουτόν.
```

```
NETWORK 1 // Πατώντας συνέχεια το μπουτόν μία φορά
// για 7/10 sec τουλάχιστον.
```

```
LD I0.0
TON T37, +7
```

```
NETWORK 2 // Μετά την ενεργοποίηση του χρονικού T37 ενεργοποιείται
// η μνήμη M1.0 και μετά χρόνο 10 sec που μετρά το χρονικό T38
// τίθεται σε ετοιμότητα το σύστημα ασφάλειας
```

```
LD T37
O M1.0
AN M1.3
= M1.0
TON T38, +100
```

```
NETWORK 3
LD T38
A M1.0
= Q0.0 // Ένδειξη ετοιμότητας
```

```
NETWORK 4 // Όταν γίνει παραβίαση αρχίζει να μετρά χρόνο το χρονικό
// T39 (χρόνος εισόδου).
```

```
LD Q0.0
LDN I0.1 // Παγίδα πόρτας
O M1.1
ALD
AN M1.3
= M1.1
TON T39, +100 // Χρόνος εισόδου 10 sec
```

```
NETWORK 5 // Αν δεν γίνει απενεργοποίηση ενεργοποιείται το
// χρονικό T59 και μετρά χρόνο 20 sec.
```

```
LD Q0.0
A T39
TON T59, +200
```

```
NETWORK 6 // Η σειρήνα κτυπά για 20 sec
```

```
LD T39
AN T59
ON I0.2
A Q0.0
= Q0.1 // Σειρήνα
```



```

NETWORK 7      // Στα network 7, 8, 11 Δημιουργείται χρονικό
                // παλμού συχνότητας 1Hz.
LDN  T59
A  T39
ON  IO.2
A  Q0.0
=  M3.0

NETWORK 8
LD  M3.0
TON  T56, VW4

NETWORK 9      // Προβολέας αναβοσβήνει για 20 sec.
LD  M3.0
AW=  T56, +10
=  Q0.2      // Προβολέας

NETWORK 10
LD  M3.0
AW=  T56, +20
R  T56, 1

NETWORK 11      // Δημιουργία κωδικού απενεργοποίησης. Πατώντας
                // το μπουτόν 2 φορές το περιεχόμενο του μετρητή C1,
                // γίνεται 3 και τότε ενεργοποιείται ο συγκριτής και κάνει
                // Reset στο σύστημα ασφάλειας
LD  IO.0
LD  M1.3
O  IO.3
CTU  C1, VW2

NETWORK 12      // Μετρά το χρονικό T40 3sec και αν σε αυτό το διάστημα
                // το περιεχόμενο του μετρητή δεν γίνει 3 τότε
                // ενεργοποιούνται η σειρήνα και ο προβολέας.
LD  Q0.0
LD  IO.0
O  M1.2
ALD
AN  M1.3
=  M1.2
TON  T40, +30

NETWORK 13
LDW=  C1, +3
AN  T40
AN  Q0.1
O  IO.3
=  M1.3

```

Εικόνα 13.7: Πρόγραμμα σε γλώσσα STL ενός PLC, που χρησιμοποιείται για τον έλεγχο συστήματος ασφάλειας

Διαδικασία

Κατά την εκτέλεση της άσκησης ακολουθήστε τα εξής βήματα:

A. Προγραμματισμός μικρού PLC. Εφαρμογή 1^η

1. Βεβαιωθείτε ότι είστε στο περιβάλλον FBD ή στη γλώσσα που το PLC προγραμματίζεται. Γράψτε στον υπολογιστή ή απευθείας στο PLC το πρόγραμμα που φαίνεται στο σχήμα 13.4.
2. Συνδέστε τις εισόδους και τις εξόδους του PLC συμβουλευόμενοι το σχήμα 13.5. Για να συνδεθούν τα πηνία των ρελέ, όπως στο σχήμα 13.5, πρέπει οι έξοδοι του PLC να είναι ρελέ. Αν οι έξοδοι του PLC δεν είναι ρελέ, τότε για την σύνδεση των πηνίων των ρελέ συμβουλευτείτε τα τεχνικά φυλλάδια του PLC.

Να γίνεται με την παρουσία του καθηγητή

3. Κλείστε το διακόπτη S1 και το διακόπτη S2 σχήμα 13.5. Περιμένετε λίγο. Τι παρατηρείτε;
4. Πιέστε στιγμιαία την είσοδο S3. Περιμένετε λίγο. Τι παρατηρείτε;
5. Αν οι παρατηρήσεις σας στα ερωτήματα 3 – 4 ήταν οι αναμενόμενες, τότε και μόνο μπορείτε να συνεχίσετε. Αν όχι, τότε στο πρόγραμμα υπάρχει λειτουργικό σφάλμα και προσπαθήστε να το εντοπίσετε και να το διορθώσετε.

B. Προγραμματισμός PLC. Εφαρμογή 2^η

Σύνδεση Η/Υ και PLC όπου είναι απαραίτητα.

1. Συνδέστε τον υπολογιστή με το PLC μέσω του ειδικού καλωδίου. Συμβουλευόμενοι τα τεχνικά φυλλάδια του κατασκευαστή του PLC ελέγξτε την επικοινωνία PLC και PC.

Γ. Κατάστρωση του προγράμματος

1. Θέστε το PLC στη θέση STOP.
2. Βεβαιωθείτε ότι είστε στο περιβάλλον LADDER ή στη γλώσσα που το PLC προγραμματίζεται. Γράψτε στον υπολογιστή το πρόγραμμα που φαίνεται στο σχήμα 13.6. Σώστε το πρόγραμμα στον Η/Υ, στον κατάλογο και με το όνομα που θα σας δώσει ο καθηγητής σας.
3. Ελέγξτε το πρόγραμμα για συντακτικά λάθη χρησιμοποιώντας την εντολή *Compile*.
4. Μεταφέρετε το πρόγραμμα στο PLC. Αναζητήστε την εντολή *Download*.

Δ. Σύνδεση των στοιχείων εισόδου και εξόδου και έλεγχος του προγράμματος

1. Συνδέστε τις εισόδους και τις εξόδους του PLC συμβουλευόμενοι το σχήμα 13.5. Για να συνδεθούν τα πηνία των ρελέ, όπως στο σχήμα 13.5, πρέπει οι έξοδοι του PLC να είναι ρελέ. Αν οι έξοδοι του PLC δεν είναι ρελέ

τότε για τη σύνδεση των πηνίων των ρελέ συμβουλευτείτε τα τεχνικά φυλλάδια του PLC.

2. Οι είσοδοι I0.1 και I0.2 πρέπει να είναι σε λογικό (1) ένα όταν αρχίζει η προσομοίωση.

Να γίνεται με την παρουσία του καθηγητή

3. Πιέστε το μπουτόν I0.0. Περιμένετε λίγο. Τι παρατηρείτε;
4. Ενεργοποιήστε την παγίδα της πόρτας I0.1. Περιμένετε λίγο. Τι παρατηρείτε;
5. Πιέστε το μπουτόν δύο φορές εντός 3 sec. Τι παρατηρείτε;
6. Αν οι παρατηρήσεις σας στα ερωτήματα Δ3-Δ4 ήταν οι αναμενόμενες, τότε μόνο μπορείτε να συνεχίσετε. Αν όχι, τότε στο πρόγραμμα υπάρχει λειτουργικό σφάλμα και προσπαθήστε να το εντοπίσετε και να το διορθώσετε.
7. Επαναλάβετε τα βήματα Δ2-Δ4 ενεργοποιώντας αντί της παγίδας της πόρτας την παγίδα του παραθύρου.

Ε. Τροποποιήσεις

Α.

Δημιουργήστε ένα δικό σας κωδικό ενεργοποίησης-απενεργοποίησης.

1. Σβήστε το προηγούμενο πρόγραμμα από τη μνήμη του PLC. Φορτώστε το καινούργιο. Επαληθεύστε τη λειτουργία του.

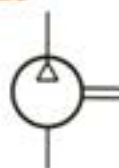
ΣΤ. Παρατηρήσεις - Συμπεράσματα



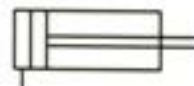
Σύμβολα που χρησιμοποιούνται στα πνευματικά

Κατά DIN/ISO 1219

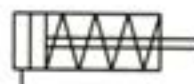
Αεροσυμπιεστής



Κύλινδρος απλής ενέργειας
χωρίς ελατήριο



Κύλινδρος απλής ενέργειας
με ελατήριο επαναφοράς



Κύλινδρος διπλής ενέργειας



Κύλινδρος διπλής ενέργειας
με διπλό βάκτρο

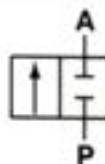


Τηλεσκοπικός κύλινδρος
διπλής ενέργειας

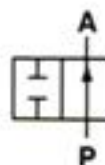


Έλεγχος Ενέργειας - Βαλβίδες διεύθυνσης ροής

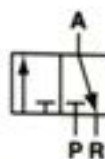
Βαλβίδα 2/2, κανονικά κλειστή



Βαλβίδα 2/2, κανονικά κλειστή

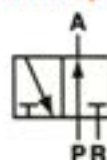


Βαλβίδα 3/2, κανονικά κλειστή

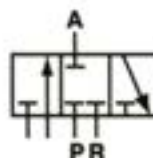


Έλεγχος Ενέργειας - Βαλβίδες διεύθυνσης ροής (συνέχεια)

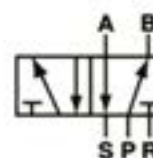
Βαλβίδα 3/2, κανονικά ανοικτή



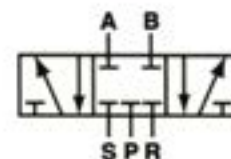
Βαλβίδα 3/3, μεσαία θέση κλειστή



Βαλβίδα 5/2

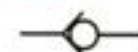


Βαλβίδα 5/3, μεσαία θέση κλειστή

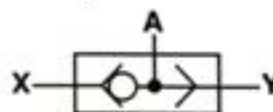


Βαλβίδες αντεπιστροφής

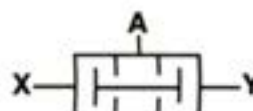
Βαλβίδα αντεπιστροφής



Βαλβίδα OR

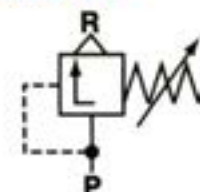


Βαλβίδα δύο πιέσεων(AND)



Βαλβίδες ελέγχου πίεσης

Βαλβίδα ασφαλείας πίεσης
ρυθμιζόμενη



Διακόπτες

Βάννα



Μεταφορά ενέργειας

Πηγή πίεσης



Γραμμή ενέργειας



Γραμμή ελέγχου



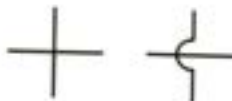
Γραμμή εκτόνωσης



Ένωση γραμμών



Διασταύρωση γραμμών



Μηχανικός Έλεγχος

Ελατήριο



Ηλεκτρικός Έλεγχος

Πηνίο ενός τυλίγματος



Πνευματικός Έλεγχος

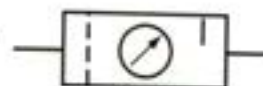
Ξηραντήρας αέρος



Λιπαντήρας

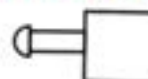


Προπαρασκευαστής αέρος (φίλτρο - ρυθμιστής πίεσης - λιπαντήρας)



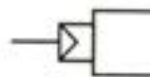
Μέσα ενεργοποίησης - χειροκίνητος έλεγχος

Μπουτόν



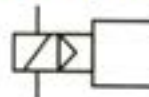
Ειδικά σύμβολα μη τυποποιημένα

Ενεργοποίηση με έμμεση εφαρμογή πίεσης (πilotος)



Συνδυασμός ελέγχων

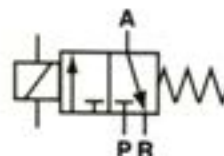
Με πηνίο και βαλβίδα πιλότο



Μανόμετρο



Ηλεκτροπνευματικός μετατροπέας σημάτων



Κωδικοποίηση συνδέσεων

Κατά DIN/ISO 1219

A,B,C,...	Γραμμές εργασίας
P	Παροχή αέρος, Γραμμή πίεσης
P,Σ,T,...	Γραμμή διαρροής
Λ	Γραμμή διαρροής
Z,Y,X,...	Γραμμές ελέγχου

Κατά CETOP RP 68

2,4 6,...
1
3,5,7,...
9
12,14,16,18,...

άσκηση 14

Σταθμός παραγωγής πυεπισμένου αέρα



Στόχοι της άσκησης

διάρκεια άσκησης: 6 διδακτικές ώρες

Στο τέλος της άσκησης οι μαθητές θα είναι ικανοί:

- ➔ να αναγνωρίζουν τις μονάδες που συνθέτουν ένα σταθμό παραγωγής πεπιεσμένου αέρα.
- ➔ να επιλέγουν τον κατάλληλο τρόπο σύνδεσης των διαφόρων στοιχείων στο δίκτυο παροχής ηλεκτρικής ενέργειας.
- ➔ να συνδέουν το συμπιεστή στο δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας.
- ➔ να αναγνωρίζουν και να ρυθμίζουν κατάλληλα το ρυθμιστή πίεσης.
- ➔ να συνδέουν τα διάφορα εξαρτήματα για τη σωστή λειτουργία του σταθμού παραγωγής πεπιεσμένου αέρα.
- ➔ να αναγνωρίζουν τις αιτίες που προκαλούν δυσλειτουργία στο δίκτυο πεπιεσμένου αέρα και να κάνουν τις απαραίτητες ενέργειες για την αποκατάσταση καλής λειτουργίας.

Απαραίτητα εξαρτήματα

Για την πραγματοποίηση της άσκησης είναι απαραίτητα τα εξής υλικά:

- ✓ Πλήρης αεροσυμπιεστής
- ✓ Όργανα ελέγχου σταθμού παραγωγής πεπιεσμένου αέρα: Μανόμετρο, Ρυθμιστής πίεσης, Βαλβίδα ασφαλείας
- ✓ Προπαρασκευαστής αέρος
- ✓ Φίλτρα

Βασική θεωρία

Ο πεπιεσμένος αέρας περιέχει ξένα σωματίδια (σκόνη, σταγονίδια νερού, κατάλοιπα λαδιού κτλ.). Αυτά τα ξένα σωματίδια, αν παραμείνουν, έρχονται σε επαφή με τα διάφορα εξαρτήματα (βαλβίδες, έμβολα) και προκαλούν σημαντικές φθορές. Είναι απολύτως απαραίτητο να προπαρασκευάζεται ο πεπιεσμένος αέρας.

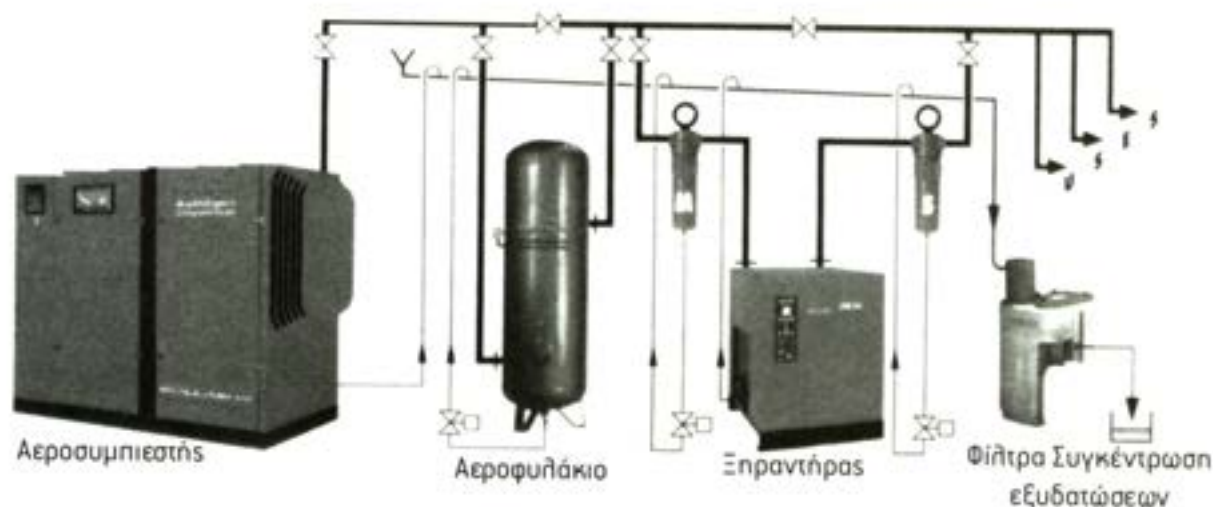
Προπαρασκευή σημαίνει ότι αφαιρούνται από τον πεπιεσμένο αέρα τα ξένα σωματίδια που περιέχει. Για το λόγο αυτό τοποθετείται ένα φίλτρο στην αναρρόφηση του αεροσυμπιεστή και ένα εσωτερικό ψυγείο.

Το φίλτρο στην αναρρόφηση απαλλάσσει τον αέρα από την υγρασία.

Η συνθηέστερη τιμή πίεσης που απαιτείται για τη σωστή λειτουργία των εξαρτημάτων του πεπιεσμένου αέρα είναι 6 bar ή 87 psi.

Για σωστή λειτουργία ενός δικτύου πεπιεσμένου αέρα απαιτείται η πίεση να παραμένει σταθερή ανεξάρτητα από την κατανάλωση και την απόσταση.

Διατηρείται σταθερή η πίεση, αν υπάρχει αυτόματος έλεγχος στις στροφές του ηλεκτροκινητήρα ή με συνεχείς συνδέσεις – αποσυνδέσεις του ηλεκτροκινητήρα και με κατασκευή κλειστού δικτύου.



Σχήμα 14.1: Μηλοκ διάγραμμα σταθμού παραγωγής πεπιεσμένου αέρα

Σε πολλές περιπτώσεις, που οι απαιτήσεις πεπιεσμένου αέρα είναι μικρές, όλος ο σταθμός πεπιεσμένου αέρα παρέχεται σε ενιαία κατασκευή. Η ισχύς αυτών των μονάδων δεν ξεπερνά τους 15 HP.

Αεροσυμπιεστής - Αεροφυλάκιο: Το μέγεθός τους εξαρτάται από την παροχή, την κατανάλωση του αέρα καθώς και το σύστημα διανομής.

Όργανα ελέγχου: Βαλβίδα ασφαλείας πίεσης, Μανόμετρο, Βάνα εξαγωγής, Βάνα απορροής νερού, Θερμόμετρο.

Η σύνδεση του αεροσυμπιεστή στο δίκτυο παροχής ηλεκτρικής ενέργειας εξαρτάται από την ισχύ του αεροσυμπιεστή. Οι αεροσυμπιεστές μικρής ισχύος μέχρι 3 HP συνδέονται απευθείας σε μονοφασικό δίκτυο 230V. Οι αεροσυμπιεστές μεγάλης σχετικά ισχύος απαιτούν σύστημα αυτόματης εκκίνησης. Σε πάρα πολλές εφαρμογές η ομαλή εκκίνηση επιτυγχάνεται με αυτόματο διακόπτη αστέρος – τριγώνου.

Σωληνώσεις: Οι σωληνώσεις διανομής του αέρα είναι χάλκινες βαρέως τύπου ή ορειχάλκινες ή υψηλής ποιότητας χάλυβα. Η διατομή τους εξαρτάται από τον όγκο ροής, το μήκος των σωληνώσεων, την πτώση πίεσης και την πίεση εργασίας.

Οι σωληνώσεις παροχής των μηχανημάτων είναι ειδικοί πλαστικοί εύκαμπτοι σωλήνες.

Τοποθετούνται με κλίση 1 – 2 % προς την κατανάλωση, για να είναι δυνατή η αποβολή της υγρασίας από την τελική εξαέρωση.

Η ρήψη πρέπει να γίνεται, όπως φαίνεται στο σχήμα 14.2, για να μην διοχετεύεται η υγρασία προς την κατανάλωση.



Σχήμα 14.2: Τρόπος λήψης παροχών από σωλήνες δικτύου αέρος

Προπαρασκευαστής αέρος:



Σχήμα 14.3: Προπαρασκευαστής αέρος

Ο προπαρασκευαστής αέρος σχήμα 14.3 είναι ένα από τα περισσότερο σημαντικά εξαρτήματα. Φιλτράρει τον αέρα από τα ξένα σωματίδια και ταυτόχρονα λιπαίνει όλο το σύστημα. Ο προπαρασκευαστής αέρος περιέχει και το ρυθμιστή πίεσης με δυνατότητα ρύθμισης από 1 – 8 bar.

Διαδικασία

Κατά την εκτέλεση της άσκησης ακολουθήστε τα εξής βήματα:

A. Αναγνώριση μονάδων

1. Αναγνωρίστε τις διάφορες μονάδες του σταθμού παραγωγής πεπιεσμένου αέρα.
2. Σημειώστε τα τεχνικά χαρακτηριστικά κάθε μονάδας.
3. Από τα τεχνικά φυλλάδια κάθε μονάδας αξιολογήστε τις δυνατότητες της.
4. Ελέγξτε αν ο τρόπος λήψης παροχών είναι σωστός.
5. Ελέγξτε αν η κλίση των σωληνώσεων είναι 1-2% προς την κατανάλωση.
6. Αποτυπώστε όλη την εγκατάσταση του πεπιεσμένου αέρα.

B. Συνδέσεις

1. Συνδέστε τον αεροσυμπιεστή στον ηλεκτρικό πίνακα.
2. Εκκινήστε τον αεροσυμπιεστή.
3. Ρυθμίστε την πίεση με τον ρυθμιστή πίεσης στις 2 bar, 4 bar, 6 bar.

Γ. Πιθανές βλάβες

1. **Ο αέρας εκρέει στην ατμόσφαιρα από το ρυθμιστή πίεσης.**

Ελέγξτε αν έχει συνδεθεί σωστά ο ρυθμιστής. Ελέγξτε αν το βέλος στο ρυθμιστή είναι σύμφωνα με τη διεύθυνση της ροής.

2. **Το φίλτρο δεν διαχωρίζει τα σωματίδια με το νερό.**

Ελέγξτε αν έχει συνδεθεί σωστά το φίλτρο.

3. **Μεγάλη ποσότητα λαδιού υπάρχει στο σύστημα.**

Ο λιπαντήρας έχει λάδι πάνω από την ενδεικτική γραμμή πλήρωσης.

Ρυθμίστε σωστά το λιπαντήρα.

4. **Ο λιπαντήρας καταναλώνει πολύ λάδι.**

Ο λιπαντήρας χρειάζεται επισκευή.

Ρυθμίστε σωστά το λιπαντήρα.

Δ. Παρατηρήσεις - Συμπεράσματα

άσκηση 15

Υλικά - εξαρτήματα δικτύου πεπιεσμένου αέρα και πνευματικές συσκευές



Στόχοι της άσκησης

διάρκεια άσκησης: 6 διδακτικές ώρες

Στο τέλος της άσκησης οι μαθητές θα είναι ικανοί:

- να αναγνωρίζουν τα εξαρτήματα και τις συσκευές πεπιεσμένου αέρα.
- να επιλέγουν τον κατάλληλο τρόπο σύνδεσης των διαφόρων εξαρτημάτων στο δίκτυο παροχής πεπιεσμένου αέρα.
- να αναγνωρίζουν και να ρυθμίζουν κατάλληλα το ρυθμιστή πίεσης.
- να αναγνωρίζουν τους διάφορους τύπους βαλβίδων και να τις συνδέουν κατάλληλα.
- να συνδέουν τα διάφορα εξαρτήματα δημιουργώντας απλά κυκλώματα.

Απαραίτητα εξαρτήματα

Για την πραγματοποίηση της άσκησης είναι απαραίτητα τα εξής υλικά:

- ✓ Πλήρης σταθμός παραγωγής πεπιεσμένου αέρα
- ✓ Κύλινδροι απλής ενέργειας
- ✓ Κύλινδροι διπλής ενέργειας
- ✓ Μπουτόν start, stop, emergency
- ✓ Πνευματικές λογικές πύλες

Βασική θεωρία

Βαλβίδες

Ο έλεγχος ενός κυκλώματος πεπιεσμένου αέρα επιτυγχάνεται με τις πνευματικές βαλβίδες.

Υπάρχουν πολλοί τύποι βαλβίδων. Οι κυριότεροι είναι:

- Βαλβίδες διεύθυνσης ροής
- Βαλβίδες αντεπιστροφής
- Βαλβίδες ελέγχου ροής
- Βαλβίδες ελέγχου πίεσης
- Βάνες

Συμβολισμοί

Είσοδος πίεσης:	P ή 1
Γραμμές εργασίας:	A, B, C ή 2, 4, 6
Γραμμές εκτόνωσης αέρα:	R, S, T ή 3, 5, 7
Γραμμές ελέγχου:	X, Y, Z ή 12, 14, 16

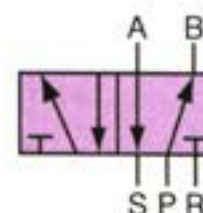


Τρόποι ελέγχου βαλβίδων

- Χειροκίνητος
- Μηχανικός
- Ηλεκτρικός
- Με πίεση

Βαλβίδα 5/2

Σύμβολο



Σχήμα 15.1: Ηλεκτροπνευματική βαλβίδα 5/2

Κύλινδροι

Το μέγεθος του κυλίνδρου εξαρτάται από τη μέγιστη δύναμη που απαιτείται σε κάθε εφαρμογή. Η δύναμη που ασκείται από τον κύλινδρο είναι ανάλογη της διαμέτρου του εμβόλου και της πίεσης του αέρα.

Υπάρχουν πολλοί τύποι κυλίνδρων. Αυτοί που συναντάμε στις πιο πολλές εφαρμογές είναι:

- Κύλινδροι απλής ενέργειας
- Κύλινδροι διπλής ενέργειας
- Κύλινδροι διπλής ενέργειας με πνευματικά φρένα
- Κύλινδροι με άξονα και από τις δύο πλευρές

Διαδικασία

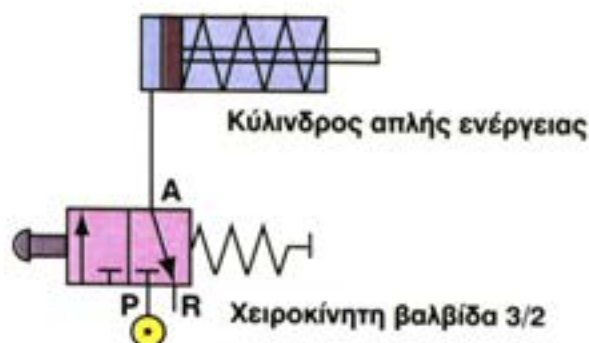
Κατά την εκτέλεση της άσκησης ακολουθήστε τα εξής βήματα:

A. Αναγνώριση μονάδων

1. Αναγνωρίστε τις βαλβίδες πεπιεσμένου αέρα.
2. Σημειώστε τα τεχνικά χαρακτηριστικά των βαλβίδων.
3. Από τα τεχνικά φυλλάδια κάθε στοιχείου αξιολογήστε τις δυνατότητες του.
4. Ποια η μέγιστη δύναμη που μπορούν να ασκήσουν οι κύλινδροι που έχετε στο εργαστήριό σας σε πίεση 6 bar;
5. Ελέγξτε αν ο τρόπος λήψης παροχών είναι σωστός.
6. Αποτυπώστε όλη την εγκατάσταση του πεπιεσμένου αέρα που υπάρχει στο εργαστήριό σας.

B. Απλά κυκλώματα

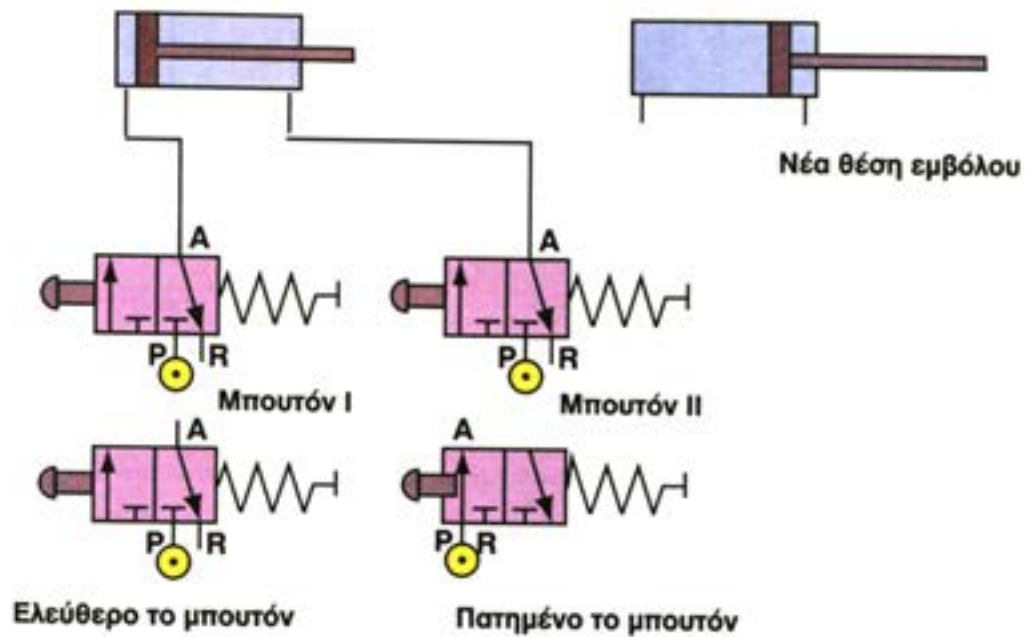
B1. Έλεγχος κυλίνδρου απλής ενέργειας.



Σχήμα 15.3: Κύκλωμα ελέγχου κυλίνδρου απλής ενέργειας

1. Πραγματοποιήστε το κύκλωμα του παραπάνω σχήματος.
2. Ρυθμίστε την πίεση με το ρυθμιστή πίεσης στα 2 bar.
3. Πατήστε συνέχεια το μπουτόν. Τι παρατηρείτε;
4. Αφήστε το μπουτόν. Τι παρατηρείτε;
5. Ρυθμίστε την πίεση με το ρυθμιστή πίεσης στα 4 bar και εφαρμόστε τα βήματα B3-B4.

B2. Έλεγχος κυλίνδρου διπλής ενέργειας.



Σχήμα 15.4: Κύκλωμα ελέγχου κυλίνδρου διπλής ενέργειας

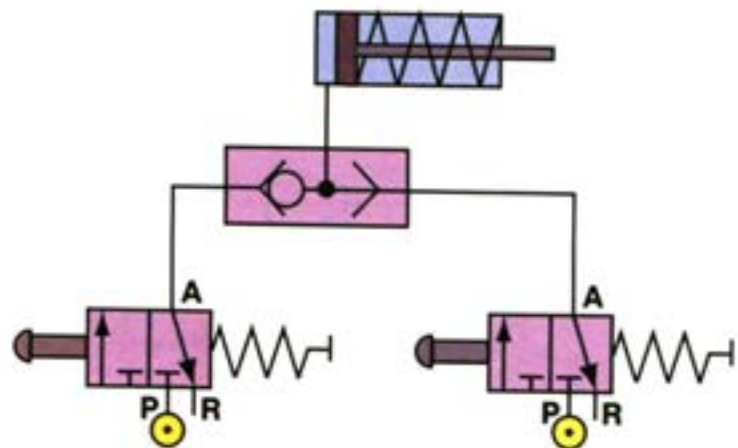
Εφαρμόστε τα βήματα B1, B2. Για τα βήματα B3, B4, πατήστε στην αρχή το μπουτόν Ι1 και στη συνέχεια το μπουτόν Ι2.

B3. Δημιουργία κυκλώματος λογικής OR.

Έλεγχος κυλίνδρου απλής ενέργειας από δύο θέσεις.

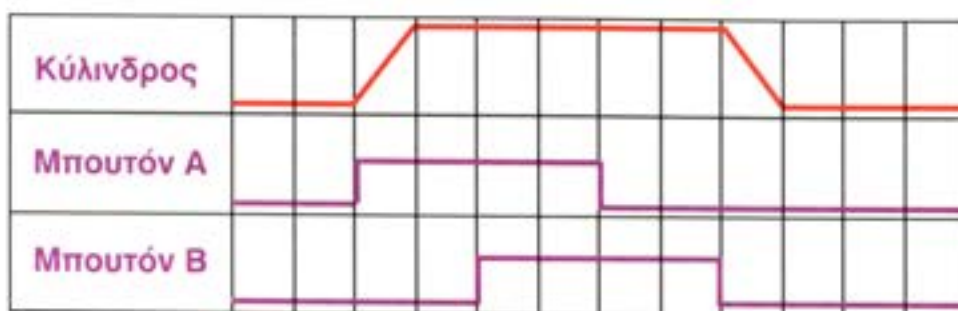
Πίνακας αλήθειας

A	B	K
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1



Σχήμα 15.5: Κύκλωμα ελέγχου κυλίνδρου απλής ενέργειας από δύο θέσεις

Διάγραμμα μετατόνισης

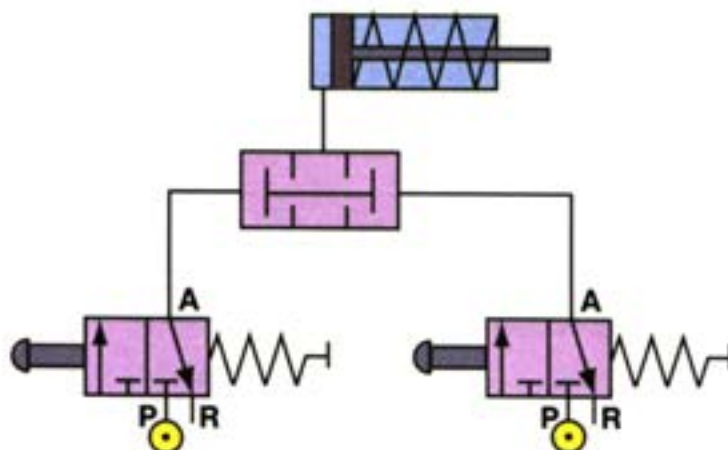


1. Πραγματοποιήστε το κύκλωμα του παραπάνω σχήματος.
2. Ελέγξτε, πατώντας τα μπουτόν, αν επαληθεύεται το διάγραμμα μετατόνισης.

B4. Δημιουργία κυκλώματος λογικής AND. Έλεγχος κυλίνδρου απλής ενέργειας από δύο θέσεις.

Πίνακας αλήθειας

A	B	K
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1



Σχήμα 15.6: Κύκλωμα ελέγχου κυλίνδρου απλής ενέργειας από δύο θέσεις

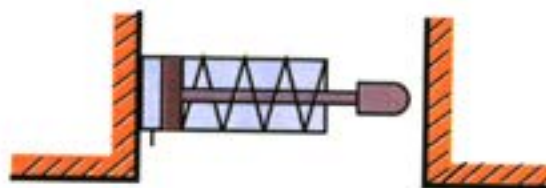
Διάγραμμα μετατόνισης



1. Πατώντας τα μπουτόν συμπληρώστε το διάγραμμα μετατόπισης.

Γ. Άλλες εφαρμογές

Βιδώστε στα άκρα των εμβόλων μια ελαστική σφαίρα και τοποθετήστε το έμβολο έτσι ώστε, όταν εκτείνεται, να συμπιέζει τη σφαίρα σε σταθερό αντικείμενο.

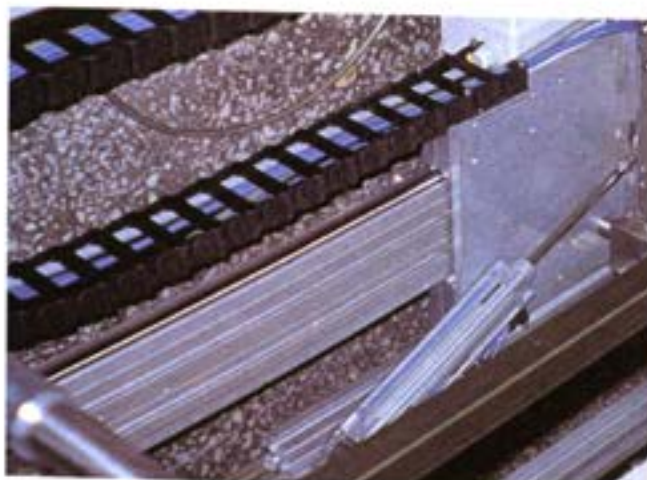


1. Πραγματοποιήστε το κύκλωμα του σχήματος 15.3 τοποθετώντας τον κύλινδρο όπως παραπάνω.
2. Ρυθμίστε την πίεση στο 1 bar.
3. Πατήστε συνέχεια το μπουτόν. Τι παρατηρείτε στην παραμόρφωση της σφαίρας;
4. Ρυθμίστε την πίεση στα 3 bar.
5. Πατήστε συνέχεια το μπουτόν. Τι παρατηρείτε στην παραμόρφωση της σφαίρας;
6. Ρυθμίστε την πίεση στα 5 bar.
7. Πατήστε συνέχεια το μπουτόν. Τι παρατηρείτε στην παραμόρφωση της σφαίρας;
8. Αλλάξτε τον κύλινδρο με άλλον που να έχει έμβολο διαφορετικής διατομής και εφαρμόστε τα βήματα 1 έως 7.
9. Εξηγήστε τις διαφορές που παρατηρείτε στην παραμόρφωση της ελαστικής σφαίρας.

Δ. Παρατηρήσεις - Συμπεράσματα

άσκηση 16

Έλεγχος
κυλίνδρου
απλής - διπλής
ενέργειας με
αυτοσυγκράτηση



Στόχοι της άσκησης

διάρκεια άσκησης: 6 διδακτικές ώρες

Στο τέλος της άσκησης οι μαθητές θα είναι ικανοί:

- ⇒ να επιλέγουν τον κατάλληλο τρόπο σύνδεσης των διαφόρων εξαρτημάτων στο δίκτυο παροχής πεπιεσμένου αέρα.
- ⇒ να αναγνωρίζουν και να ρυθμίζουν κατάλληλα το ρυθμιστή πίεσης σύμφωνα με τις απαιτήσεις του δικτύου.
- ⇒ να δημιουργούν απλά κυκλώματα με αυτοσυγκράτηση συνδέοντας κατάλληλα τα διάφορα εξαρτήματα.

Απαραίτητα εξαρτήματα

Για την πραγματοποίηση της άσκησης είναι απαραίτητα τα εξής υλικά:

- ✓ Πλήρης σταθμός παραγωγής πεπιεσμένου αέρα
- ✓ Κύλινδροι απλής ενέργειας
- ✓ Πνευματικές βαλβίδες 3/2 με ελατήριο
- ✓ Ηλεκτροπνευματικές βαλβίδες 5/2 με δύο πιλότους
- ✓ Ηλεκτροπνευματική βαλβίδα 5/2 με ένα πιλότο και ελατήριο
- ✓ Ηλεκτροπνευματική βαλβίδα 3/2 με ένα πιλότο και ελατήριο
- ✓ Κύλινδροι διπλής ενέργειας
- ✓ Διάφορων τύπων τερματικοί διακόπτες
- ✓ Μπουτόν start, stop, emergency
- ✓ Πνευματικές λογικές πύλες
- ✓ Ενδεικτικές λυχνίες

Βασική θεωρία

Αυτοσυγκράτηση σε πνευματικά κυκλώματα μπορούμε να πραγματοποιήσουμε με πολλούς τρόπους. Κάθε φορά πρέπει να λαμβάνουμε υπόψη τον τρόπο λειτουργίας των εξαρτημάτων που χρησιμοποιούμε.

Για να παραμένει σε έκταση ένας κύλινδρος απλής ενέργειας με ελατήριο πρέπει συνεχώς να υπάρχει αέρας με πίεση στην είσοδό του. Όταν δεν υπάρχει πίεση, επενεργεί η δύναμη του ελατηρίου που υπάρχει εσωτερικά στον κύλινδρο και είχε συμπιεστεί κατά την έκταση του εμβόλου και το έμβολο επιστρέφει στην αρχική του θέση.

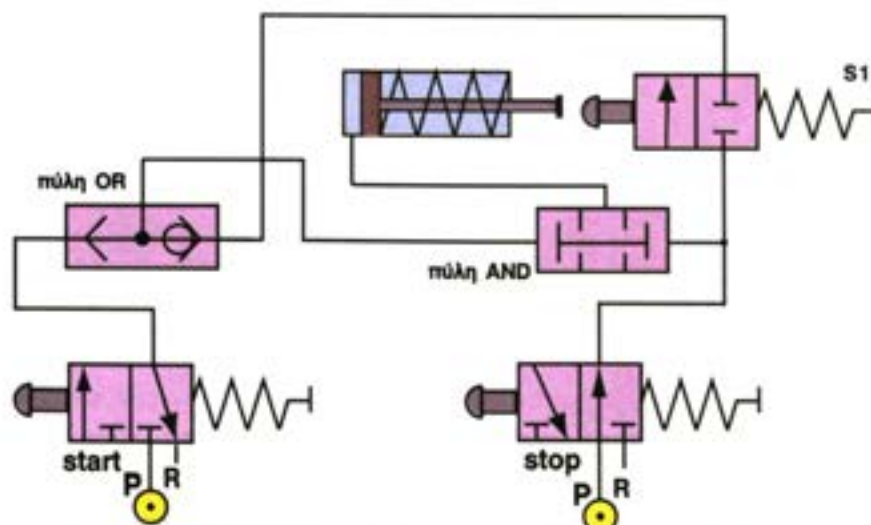
Μια πνευματική ή ηλεκτροπνευματική βαλβίδα χωρίς ελατήριο παραμένει στη θέση που είναι, μέχρι που να υπάρξει σήμα για αλλαγή της θέσης της. Το σήμα μπορεί να είναι αέρας με πίεση στις εισόδους X, Y, Z ή ηλεκτρικό σήμα στο πηνίο της ηλεκτροπνευματικής βαλβίδας.

Διαδικασία

A. Αυτοσυγκράτηση σε πνευματικές βαλβίδες

A1. Αυτοσυγκράτηση σε έλεγχο κυλίνδρου απλής ενέργειας.

Πατώντας το μπουτόν start, το έμβολο του κυλίνδρου εκτείνεται και, όταν κτυπήσει τον τερματικό διακόπτη S1, αποκαθιστά τη συνεχή τροφοδοσία της βαλβίδας 3/2 στο Z. Πατώντας το μπουτόν stop σταματάμε την παροχή αέρα στο Z και επενεργώντας η δύναμη του ελατηρίου επιστρέφει το έμβολο στην αρχική του θέση.

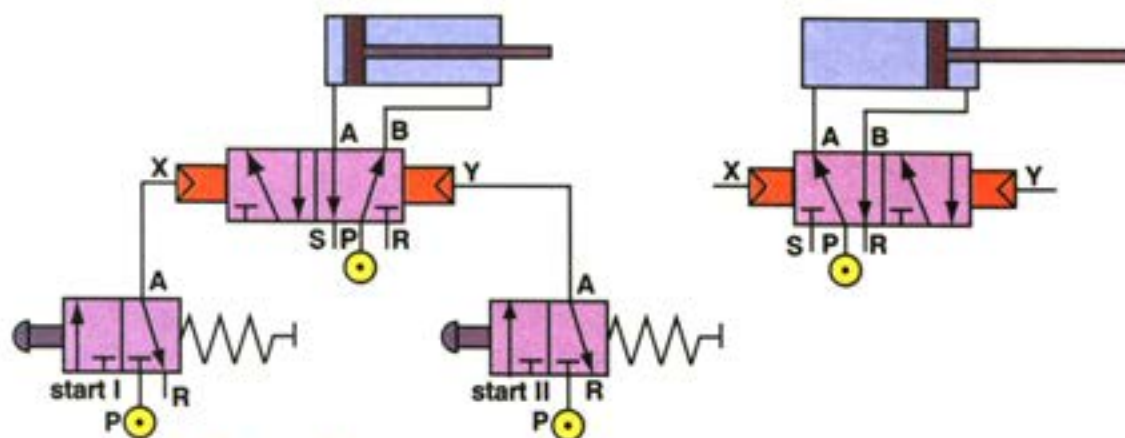


Σχήμα 16.1: Αυτοσυγκράτηση κυλίνδρου απλής ενέργειας

1. Πατήστε το μπουτόν start μέχρι να κτυπήσει το έμβολο τον τερματικό διακόπτη. Τι παρατηρείτε;
2. Πατήστε για λίγο το μπουτόν stop. Τι παρατηρείτε;
3. Πατήστε το μπουτόν start και αφήστε το πριν φτάσει στον τερματικό. Τι παρατηρείτε;

A2. Αυτοσυγκράτηση σε έλεγχο κυλίνδρου διπλής ενέργειας.

Πατώντας το μπουτόν start I παρέχουμε αέρα στην πόρτα ελέγχου X της πνευματικής βαλβίδας (5/2 με δύο πόρτες). Η βαλβίδα τοποθετείται στη θέση a και θα παραμείνει στη θέση αυτή όταν αφήσουμε το μπουτόν start I. Τότε το έμβολο του κυλίνδρου εκτείνεται και παραμένει σε έκταση. Όταν πατήσουμε το μπουτόν stop, παρέχουμε αέρα στην πόρτα ελέγχου Y. Η βαλβίδα τοποθετείται στη θέση b και θα παραμείνει στη θέση αυτή, όταν αφήσουμε το μπουτόν start II. Τότε το έμβολο του κυλίνδρου επανέρχεται στην αρχική του θέση.



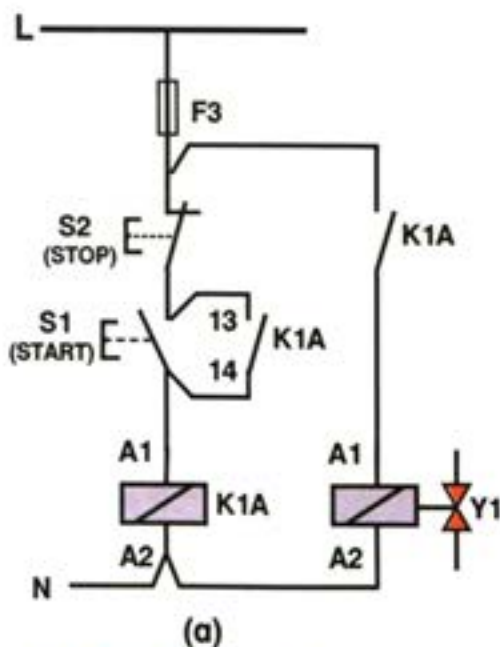
Σχήμα 16.2: Αυτοσυγκράτηση κυλίνδρου διπλής ενέργειας

1. Πατήστε το μπουτόν start I στιγμιαία. Τι παρατηρείτε;
2. Πατήστε το μπουτόν start II στιγμιαία. Τι παρατηρείτε;

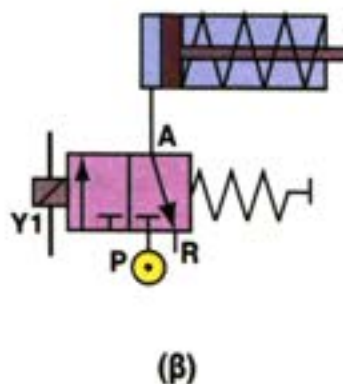
Β. Αυτοσυγκράτηση σε Ηλεκτροπνευματικές βαλβίδες

Β1. Αυτοσυγκράτηση σε έλεγχο κυλίνδρου απλής ενέργειας.

Η διαφορά πνευματικών και ηλεκτροπνευματικών βαλβίδων είναι στον τρόπο ελέγχου. Ο έλεγχος στις πνευματικές βαλβίδες γίνεται με πιεσμένο αέρα και στις ηλεκτροπνευματικές με ηλεκτρικό ρεύμα.



Σχήμα 16.3α: Κύκλωμα ελέγχου



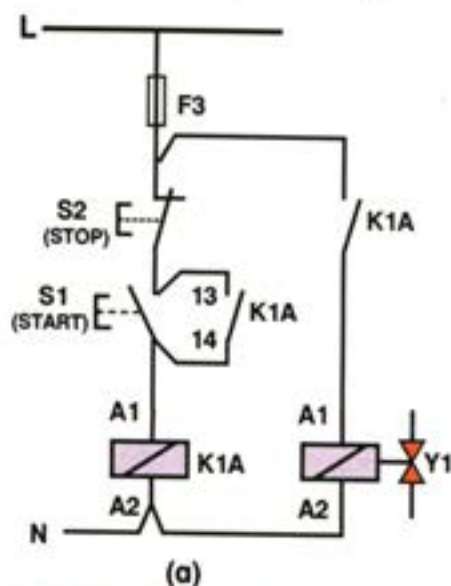
Σχήμα 16.3β: Κύκλωμα ισχύος

1. Πατήστε το μπουτόν start. Τι παρατηρείτε;

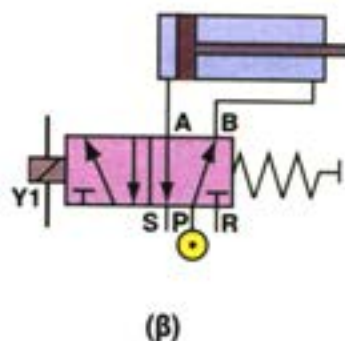
2. Πατήστε το μπουτόν stop. Τι παρατηρείτε;

B2. Αυτοσυγκράτηση σε έλεγχο κυλίνδρου διπλής ενέργειας.

Όταν η ηλεκτροπνευματική βαλβίδα έχει έναν πιλότο και ελατήριο, τότε είναι απαραίτητο να υπάρχει στο κύκλωμα βοηθητικό πηνίο και επαφή αυτοσυγκράτησης.



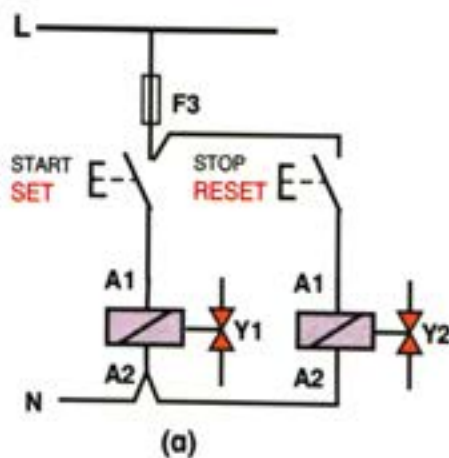
Σχήμα 16.4α: Κύκλωμα ελέγχου



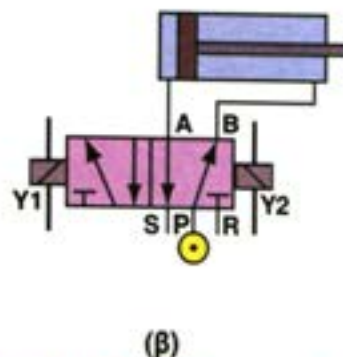
Σχήμα 16.4β: Κύκλωμα ισχύος

1. Πατήστε το μπουτόν start. Τι παρατηρείτε;
2. Πατήστε το μπουτόν stop. Τι παρατηρείτε;

Όταν η ηλεκτροπνευματική βαλβίδα έχει δύο πιλότους, τότε δεν είναι απαραίτητο να υπάρχει στο κύκλωμα βοηθητικό πηνίο και επαφή αυτοσυγκράτησης.



Σχήμα 16.5α: Κύκλωμα ελέγχου



Σχήμα 16.5β: Κύκλωμα ισχύος

1. Πατήστε το μπουτόν start. Τι παρατηρείτε;
2. Πατήστε το μπουτόν stop. Τι παρατηρείτε;

Άλλες εφαρμογές

Εφαρμογή 1

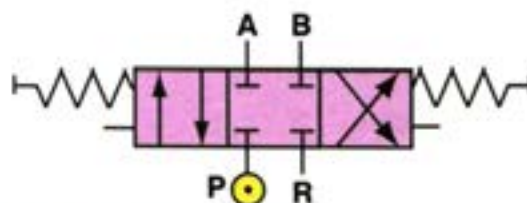
Για τον έλεγχο ενός παραθύρου χρησιμοποιείται ένας κύλινδρος διπλής ενέργειας που ελέγχεται από βαλβίδα 4/3 με μεσαία θέση κλειστή. Με δύο μπουτόν ελέγχεται το άνοιγμα και το κλείσιμο αντίστοιχα.

Είναι απαραίτητο να χρησιμοποιήσουμε βαλβίδα 4/3, για να έχουμε τη δυνατότητα να παραμένει το παράθυρο ανοικτό σε οποιαδήποτε θέση.

Η βαλβίδα 4/3 με μεσαία θέση κλειστή παραμένει σε ηρεμία στη μεσαία θέση. Όταν ενεργοποιηθεί η είσοδος X ενεργοποιείται η θέση a και παραμένει ενεργοποιημένη για όσο χρόνο είναι ενεργοποιημένη η είσοδος X. Όταν ενεργοποιηθεί η είσοδος Z ενεργοποιείται η θέση b και παραμένει ενεργοποιημένη για όσο χρόνο είναι ενεργοποιημένη η είσοδος Z.

Σχεδιάστε το κύκλωμα.

Αν έχετε κατάλληλα εξαρτήματα, κατασκευάστε το παραπάνω κύκλωμα.



Σχήμα 16.6: Βαλβίδα 4/3 με δύο θέσεις ελέγχου και ελατήρια

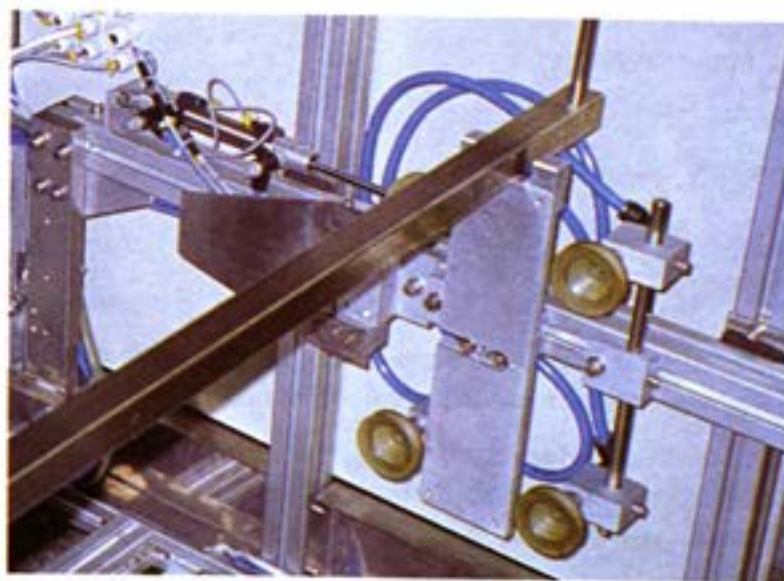
Εφαρμογή 2

Πραγματοποιήστε όλα τα κυκλώματα με τις ηλεκτροπνευματικές βαλβίδες χρησιμοποιώντας PLC. Συνδέστε τα πηνία των ηλεκτροβαλβίδων στις εξόδους του PLC και τα μπουτόν start I – start II στις εισόδους του PLC.

Γ. Παρατηρήσεις - Συμπεράσματα

άσκηση 17

Διαχωρισμός κιβωτίων σε μικρά - μεγάλα



Στόχοι της άσκησης

διάρκεια άσκησης: 6 διδακτικές ώρες

Στο τέλος της άσκησης οι μαθητές θα είναι ικανοί:

- ⇒ να επιλέγουν τον κατάλληλο τρόπο σύνδεσης των διαφόρων εξαρτημάτων στο δίκτυο παροχής πεπιεσμένου αέρα.
- ⇒ να αναγνωρίζουν και να ρυθμίζουν κατάλληλα το ρυθμιστή πίεσης σύμφωνα με τις απαιτήσεις του δικτύου.
- ⇒ να συνδέουν τα διάφορα εξαρτήματα για τη λειτουργία ενός ταινιόδρομου και το διαχωρισμό τεμαχίων ανάλογα με το μήκος τους.
- ⇒ να συνδέουν τα πηνία των ηλεκτροπνευματικών βαλβίδων και των ενδεικτικών fluxιών στις εξόδους του PLC.
- ⇒ να συνδέουν τα αισθητήρια και τα στοιχεία ελέγχου στις εισόδους του PLC.
- ⇒ να γράφουν πρόγραμμα στο PLC για τον έλεγχο του παραπάνω κυκλώματος.

Απαραίτητα εξαρτήματα

Για την πραγματοποίηση της άσκησης είναι απαραίτητα τα εξής υλικά:

- ✓ Πλήρης σταθμός παραγωγής πεπιεσμένου αέρα
- ✓ Ηλεκτροπνευματική βαλβίδα 5/2 με ένα πιλότο και ελατήριο
- ✓ Κύλινδρος διπλής ενέργειας
- ✓ Βοηθητικά ρελέ
- ✓ Διάφορων τύπων τερματικοί διακόπτες
- ✓ Μπουτόν start, stop, emergency
- ✓ Ενδεικτικές fluxνίες
- ✓ PLC τουλάχιστον 6 εισόδων, 4 εξόδων

Βασική θεωρία

Για τον έλεγχο των ηλεκτροπνευματικών βαλβίδων με χρήση προγραμματιζόμενων λογικών ελεγκτών (PLC) εφαρμόζονται οι γενικές αρχές που έχουν αναφερθεί στις ασκήσεις 1 και 2.

Στις εξόδους του PLC συνδέονται τα πηνία των ηλεκτροπνευματικών βαλβίδων και οι φωτεινές ενδείξεις. Στις εισόδους του PLC συνδέονται τα χειριστήρια start, stop, emergency και τα διάφορα αισθητήρια (μαγνητικά, οπτικά, επαγωγικά, μηχανικά κτλ.).

Με τη χρήση PLC στον έλεγχο των πνευματικών κυκλωμάτων βελτιώνεται η αξιοπιστία και με τη χρήση χρονικών, αποριθμητών, αριθμητικών πράξεων κτλ. μειώνεται το κόστος κατασκευής και λειτουργίας.

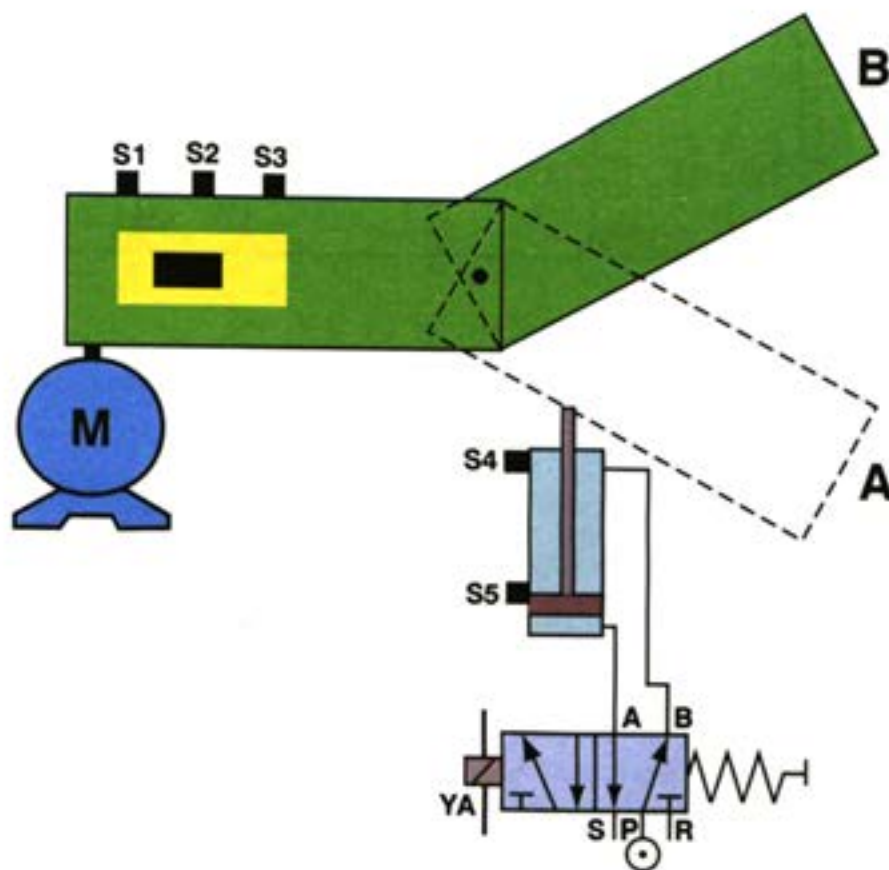
Για το σχεδιασμό ηλεκτροπνευματικών κυκλωμάτων πρέπει να λαμβάνονται υπόψη τα χαρακτηριστικά των εξαρτημάτων που χρησιμοποιούνται.

Περιγραφή εφαρμογής

Μέσω μιας μεταφορικής ταινίας διακινούνται κιβώτια δύο μεγεθών (κοντά – μακριά). Τα κιβώτια πρέπει να ξεχωρίζονται και να κατευθύνονται ανάλογα με το μήκος τους στις θέσεις Α τα κοντά κιβώτια, Β τα μακριά κιβώτια. Το μήκος των τεμαχίων ελέγχεται από τρία φωτοκύτταρα S1, S2, S3. Το μακρύ τεμάχιο διεγείρει στιγμιαία και τα τρία φωτοκύτταρα. Το κοντό μπορεί να διεγείρει κάθε φορά ένα μόνο. Όταν έρχονται μακριά τεμάχια η μεταφορική ταινία είναι στη θέση Β και όταν έρχονται κοντά στη θέση Α. Ο διακλαδωτής (έμβολο) αλλάζει θέση, όταν έρχεται τεμάχιο διαφορετικού μήκους.

Για τον έλεγχο του κυλίνδρου διπλής ενέργειας χρησιμοποιείται μια ηλεκτροπνευματική βαλβίδα 5/2 με έναν πιλότο.

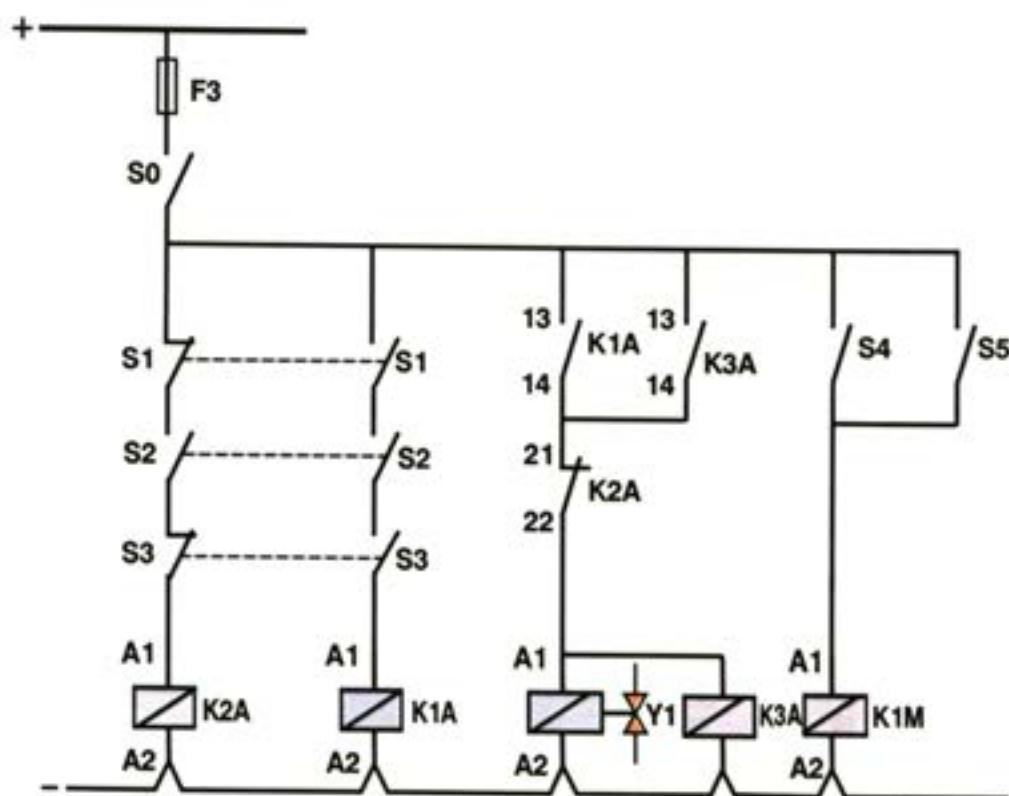
Η μεταφορική ταινία κινείται από έναν κινητήρα M1. Όταν αλλάζει θέση ο διακλαδωτής, ο κινητήρας M1 σταματά να λειτουργεί μέχρι να ολοκληρωθεί η μετακίνηση του διακλαδωτήρα. Ο έλεγχος της θέσης του διακλαδωτήρα γίνεται από δύο μαγνητικούς διακόπτες S4 και S5. Ο έλεγχος όλου του κυκλώματος γίνεται από ένα γενικό διακόπτη S0.



Σχήμα 17.1: Σχηματικό διάγραμμα

Όταν δεν υπάρχει τάση στο πηνίο YA1 της ηλεκτροπνευματικής βαλβίδας (περνούν κοντά κιβώτια), τότε ο κύλινδρος είναι σε σύμπτυξη και ο διακλωδωτήρας στη θέση Α. Όταν είναι σε τάση το πηνίο της ηλεκτροβαλβίδας (περνούν μακριά κιβώτια), τότε ο κύλινδρος είναι σε έκταση και ο διακλωδωτήρας στη θέση Β.

Το σύστημα αναγνωρίζει ότι το κιβώτιο είναι μακρύ, όταν διεγείρονται στιγμιαία και τα τρία φωτοκύτταρα ενώ, όταν διεγείρεται στιγμιαία μόνο το μεσαίο φωτοκύτταρο, το σύστημα αναγνωρίζει κοντό κιβώτιο.



Σχήμα 17.2: Ηλεκτρολογικό κύκλωμα

- Τα φωτοκύτταρα έχουν μεταγωγική επαφή.
- Οι μαγνητικοί διακόπτες έχουν μεταγωγική επαφή.

Περιγραφή λειτουργίας του κυκλώματος του σχήματος 17.2

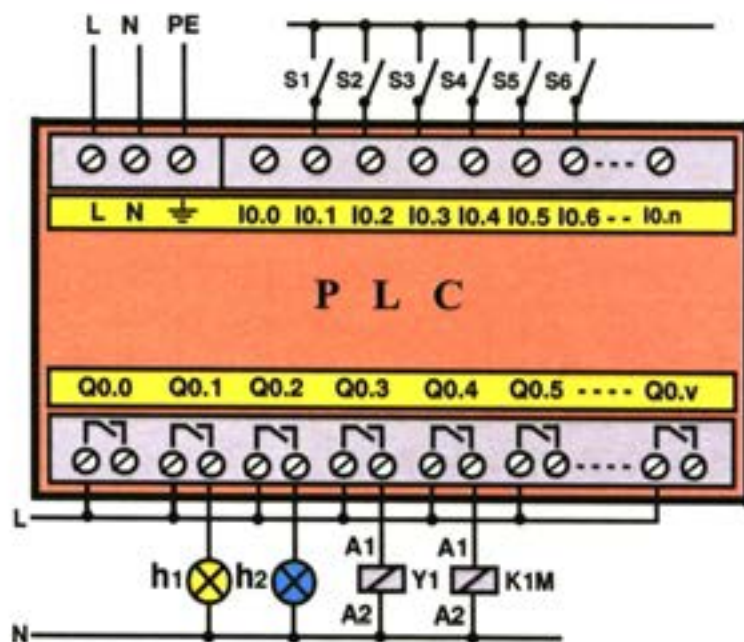
Όταν περνά μακρύ κιβώτιο, κλείνει η επαφή του φωτοκύτταρου S1 και παραμένει κλειστή, μετά κλείνει η επαφή του φωτοκύτταρου S2 και παραμένει κλειστή, μετά κλείνει η επαφή του φωτοκύτταρου S3 και ενεργοποιείται το ρελέ K1A, τότε κλείνει η επαφή 13 – 14 του K1A και μέσω της κλειστής επαφής 21 – 22 του ρελέ K2A ενεργοποιείται το πηνίο K3A και κλείνει η επαφή 13 – 14 του K3A και αυτοσυγκρατείται. Για να απενεργοποιηθεί το πηνίο K3A πρέπει να ενεργοποιηθεί το ρελέ K2A. Όταν περνά κοντό κιβώτιο τότε διεγείρει στιγμιαία κάθε φωτοκύτταρο ξεχωριστά. Όταν διεγείρει το φωτοκύτταρο S2 τότε κλείνει η επαφή του S2 και μέσω των φωτοκτύπων S1, S3 ενεργοποιείται το ρελέ K2A, ανοίγει η επαφή του 21 – 22 και απενεργοποιείται το πηνίο K3A.

Όταν το έμβολο είναι σε σύμπτυξη ή σε έκταση, κλείνουν αντίστοιχα οι μαγνητικοί διακόπτες S4, S5. Όταν το έμβολο είναι σε ενδιάμεση θέση, είναι ανοικτοί και οι δύο διακόπτες και ο κινητήρας M δεν λειτουργεί.

Για να υπάρχει η παραπάνω λειτουργία πρέπει ο γενικός διακόπτης S0 να είναι κλειστός.

Η λογική εξίσωση του παραπάνω κυκλώματος είναι: $Q1 = S1 \cdot S2 \cdot S3$, $Q4 = S4 + S5$

Έλεγχος κυκλώματος με PLC



Σχήμα 17.3: Σύνδεση εισόδων-εξόδων στο PLC

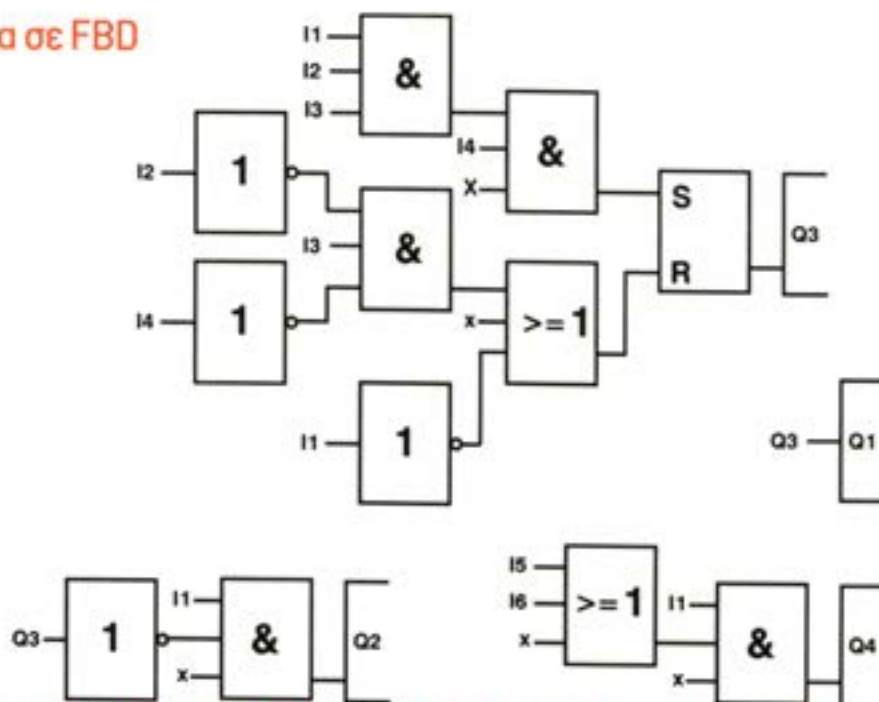
Είσοδοι

- I_1 : S₀ Γενικός διακόπτης
- I_2 : S₁ Φωτοκύτταρο
- I_3 : S₂ Φωτοκύτταρο
- I_4 : S₃ Φωτοκύτταρο
- I_5 : S₄ Μαγνητικός διακόπτης
- I_6 : S₅ Μαγνητικός διακόπτης

Έξοδοι

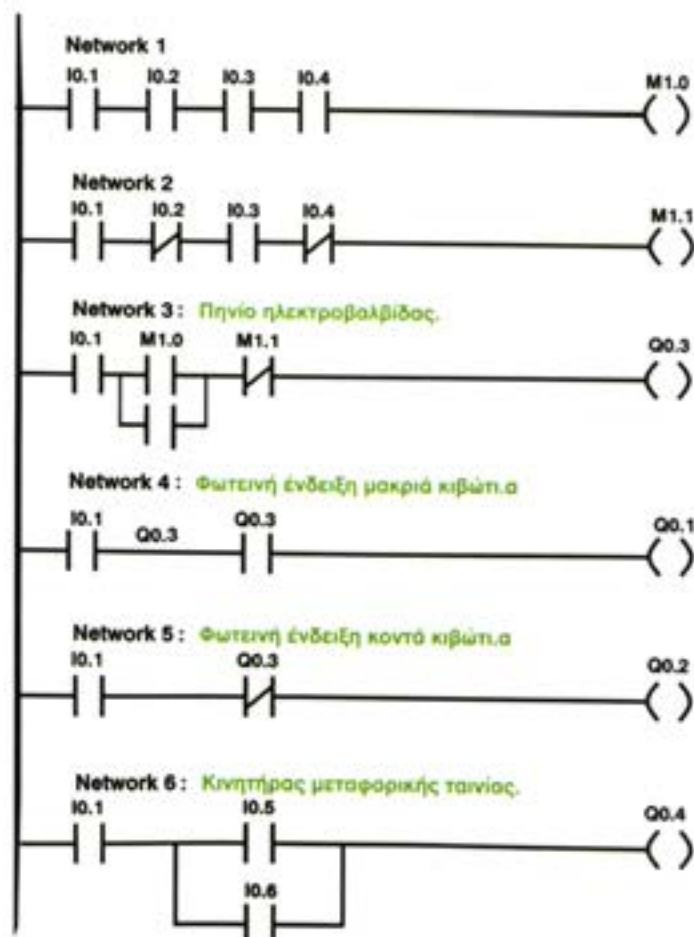
- Q_1 : h₁ Φωτεινή ένδειξη για μακρύ κιβώτιο
- Q_2 : h₂ Φωτεινή ένδειξη για κοντό κιβώτιο
- Q_3 : Πηνίο YA₁ ηλεκτροπνευματικής βαλβίδας
- Q_4 : M₁ Κινητήρας

Πρόγραμμα σε FBD



Σχήμα 17.4: Πρόγραμμα σε γλώσσα FBD για τον έλεγχο διαχωρισμού τεμαχίων

Πρόγραμμα σε LADDER



Σχήμα 17.5: Πρόγραμμα σε γλώσσα Ladder για τον έλεγχο διαχωρισμού τεμαχίων

Διαδικασία

Κατά την εκτέλεση της άσκησης ακολουθήστε τα εξής βήματα:

A. Σύνδεση Η/Υ και PLC όπου, είναι απαραίτητο

1. Συνδέστε τον υπολογιστή με το PLC μέσω του ειδικού καλωδίου. Συμβουλευόμενοι τα τεχνικά φυλλάδια του προμηθευτή του PLC ελέγξτε την επικοινωνία PLC και PC.

B. Κατάστρωση του προγράμματος

1. Θέστε το PLC σε κατάσταση STOP.
2. Βεβαιωθείτε ότι είστε στο περιβάλλον FBD ή στη γλώσσα που το PLC προγραμματίζεται. Γράψτε στον υπολογιστή (ή κατευθείαν στο PLC) το πρόγραμμα που φαίνεται στο σχήμα 17.4. Σώστε το πρόγραμμα στον Η/Υ, στον κατάλογο και με το όνομα που θα σας δώσει ο καθηγητής σας.
3. Μεταφέρετε το πρόγραμμα στο PLC. Αναζητείστε την εντολή *Download*.

Γ. Σύνδεση των στοιχείων εισόδου και εξόδου και έλεγχος του προγράμματος με προσομοίωση

1. Πραγματοποιήστε το κύκλωμα του σχήματος 17.3 συνδέοντας τα φωτοκύτταρα, το γενικό διακόπτη, τους μαγνητικούς διακόπτες το πηνίο της ηλεκτροπνευματικής βαλβίδας, τις ενδεικτικές λυχνίες και το πηνίο του κινητήρα στις εισόδους και εξόδους του PLC προσέχοντας τις αντιστοιχίες που έχουν καθοριστεί παραπάνω.

Για να συνδεθούν τα στοιχεία των κυκλωμάτων των εξόδων όπως στο σχήμα 18.4 πρέπει οι εξοδοί του PLC να είναι ρελέ. Αν οι εξοδοί του PLC δεν είναι ρελέ τότε για τη σύνδεση των πηνίων στις εξόδους του PLC συμβουλευτείτε τα τεχνικά του φυλλάδια.

2. Τοποθετήστε το έμβολο του κυλίνδρου στη θέση σύμπτυξης. Κλείστε το γενικό διακόπτη S0.
3. Τοποθετήστε εμπρός στα φωτοκύτταρα S1, S2, S3, ένα μακρύ κιβώτιο, όπως δείχνει το σχήμα 17.1 παρατηρώντας, εάν ενεργοποιείται σωστά η έξοδος.
4. Τοποθετήστε εμπρός στο φωτοκύτταρο S2, ένα κοντό κιβώτιο, όπως δείχνει το σχήμα 17.1, παρατηρώντας, εάν ενεργοποιείται σωστά η έξοδος.
5. Αν η παρατήρησή σας στα ερωτήματα 7 και 8 ήταν η αναμενόμενη, τότε και μόνο μπορείτε να συνεχίσετε. Αν όχι τότε στο πρόγραμμα υπάρχει λειτουργικό σφάλμα και προσπαθήστε να το εντοπίσετε και να το διορθώσετε.

Δ. Τελικός έλεγχος

Να γίνεται με την παρουσία του καθηγητή

1. Τροφοδοτήστε το κύκλωμα με πεπιεσμένο αέρα.
2. Κλείστε το διακόπτη S0 και τοποθετείστε ένα μακρύ κιβώτιο μπροστά στους διακόπτες S1, S2, S3. Τι παρατηρείτε;
3. Κλείστε το διακόπτη S0 και τοποθετείστε ένα κοντό κιβώτιο μπροστά στο διακόπτη S2. Τι παρατηρείτε;

Ε. Τροποποιήσεις

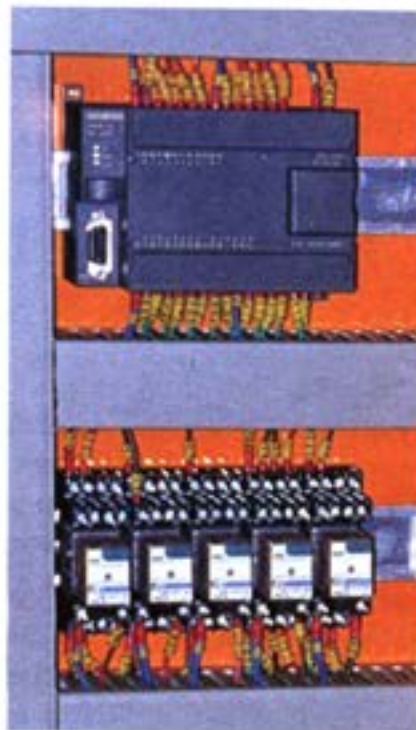
Α. Στον ταινιόδρομο του παραπάνω σχήματος περνούν κιβώτια ίδιου μεγέθους και αποθηκεύονται σε δεκάδες εναλλιάξ στη θέση Α και θέση Β. Ελέγχεται επίσης και το μήκος των κιβωτίων. Σε περίπτωση που περάσει κιβώτιο μικρότερο από το μέγεθος που καλύπτουν οι τρεις φωτοδιακόπτες, σταματά ο ταινιόδρομος και κτυπά μια σειρήνα για δύο sec.

Γράψτε πρόγραμμα ελέγχου της παραπάνω διαδικασίας σε όποια γλώσσα προγραμματισμού θέλετε και, αφού ελέγξετε το πρόγραμμα σε προσομοίωση, εφαρμόστε αυτό σε κανονικές συνθήκες.

ΣΤ. Παρατηρήσεις - Συμπεράσματα

άσκηση 18

Έλεγχος μεταφοράς κιβωτίων σε δύο επίπεδα



Στόχοι της άσκησης

διάρκεια άσκησης: 6 διδακτικές ώρες

Στο τέλος της άσκησης οι μαθητές θα είναι ικανοί:

- ➔ να επιλέγουν τον κατάλληλο τρόπο σύνδεσης των διαφόρων εξαρτημάτων στο δίκτυο παροχής πεπιεσμένου αέρα.
- ➔ να αναγνωρίζουν και να ρυθμίζουν κατάλληλα το ρυθμιστή πίεσης σύμφωνα με τις απαιτήσεις του δικτύου.
- ➔ να επιλέγουν και να συνδέουν τα διάφορα εξαρτήματα για τη μεταφορά κιβωτίων με ταινιόδρους σε δύο επίπεδα.
- ➔ να συνδέουν τα πηνία των ηλεκτροπνευματικών βαλβίδων και των ενδεικτικών ριχνιών στις εξόδους του PLC.
- ➔ να συνδέουν τα αισθητήρια και τα στοιχεία ελέγχου στις εισόδους του PLC.
- ➔ να γράφουν πρόγραμμα στο PLC για τον έλεγχο του παραπάνω κυκλώματος.

Απαραίτητα εξαρτήματα

Για την πραγματοποίηση της άσκησης είναι απαραίτητα τα εξής υλικά:

- ✓ Πλήρης σταθμός παραγωγής πεπιεσμένου αέρα
- ✓ Μία ηλεκτροπνευματική βαλβίδα 5/2 με ένα πιλότο και ελατήριο
- ✓ Μία ηλεκτροπνευματική βαλβίδα 5/2 με δύο πιλότους
- ✓ Δύο κύλινδροι διπλής ενέργειας
- ✓ Ένα βοηθητικό ρελέ
- ✓ Έξι τερματικοί ή μαγνητικοί διακόπτες
- ✓ Γενικός διακόπτης
- ✓ PLC τουλάχιστον 6 εισόδων, 4 εξόδων

Βασική θεωρία

Διάγραμμα μετατόπισης: Στις εγκαταστάσεις που χρησιμοποιούνται πνευματικά στοιχεία από τη ηλεκτική περιγραφή του προβλήματος σχεδιάζουμε το διάγραμμα μετατόπισης των κυλίνδρων. Στο διάγραμμα μετατόπισης απεικονίζεται η ακολουθία λειτουργίας των κυλίνδρων. Όταν σχεδιαστεί το διάγραμμα μετατόπισης είναι πολύ εύκολο μετά να σχεδιαστεί το διάγραμμα ροής του προβλήματος και το ηλεκτρολογικό σχέδιο λειτουργίας της εγκατάστασης.

Όταν χρησιμοποιούνται ηλεκτροπνευματικές βαλβίδες με δύο πιλότους, δε χρειάζεται συνεχής τροφοδοσία των πηνίων, τους γιατί από τη στιγμή που θα διεγερθεί στιγμιαία ο ένας πιλότος η βαλβίδα αμέσως τοποθετείται στη θέση για την οποία παίρνει εντολή και παραμένει στη θέση αυτή μέχρι να δοθεί σήμα στον άλλο πιλότο και

να επιστρέψει η βαλβίδα στην αρχική της θέση.

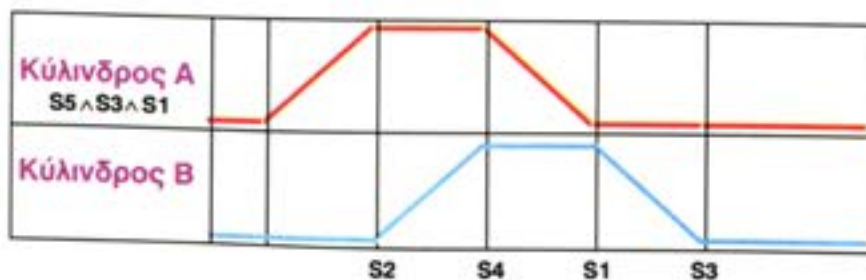
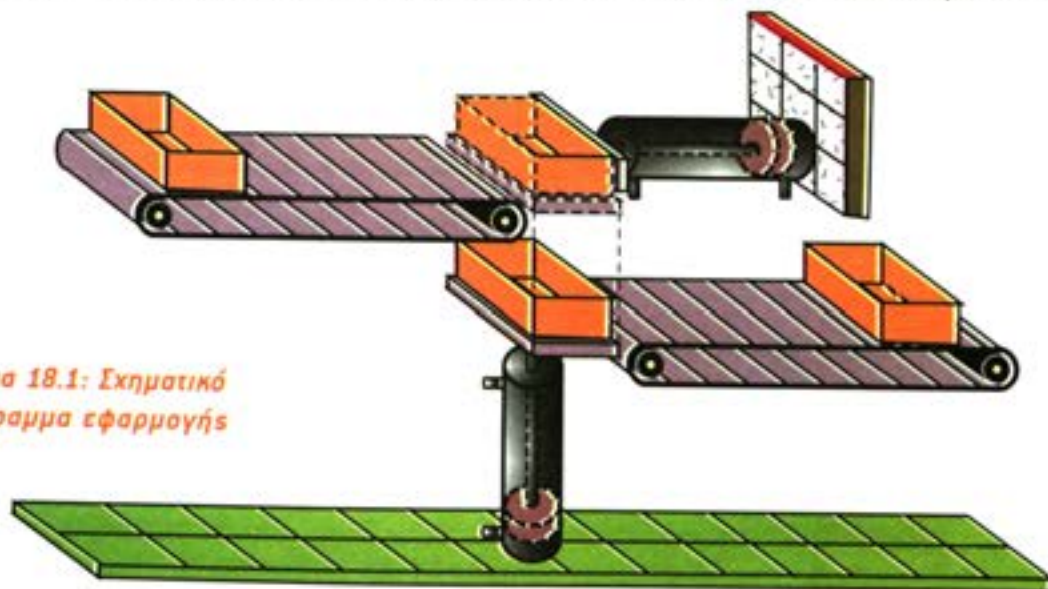
Όταν η ηλεκτροπνευματική βαλβίδα έχει έναν πιλότο και ελατήριο, τότε είναι απαραίτητη η συνεχής τροφοδοσία των πηνίων της για να παραμείνει η βαλβίδα στη θέση που παίρνει εντολή. Όταν διακοπεί η τάση στον πιλότο τότε επενεργεί η δύναμη του ελατηρίου και επιστρέφει στην αρχική της θέση.

Περιγραφή εφαρμογής

Για τη μεταφορά κιβωτίων με ταινιόδρομο σε διαφορετικά επίπεδα χρησιμοποιούνται:

A. Ένας ταινιόδρομος που μεταφέρει τα κιβώτια στη θέση που είναι ο κύλινδρος A. Ένας ανιχνευτής θέσης ανιχνεύει την έλευση του κιβωτίου και ακολουθεί η ανύψωσή του στο επίπεδο B. Όταν ανυψωθεί το κιβώτιο, ο κύλινδρος B το μεταφέρει στον ταινιόδρομο B. Στη συνέχεια επιστρέφει στη αρχική του θέση ο κύλινδρος A και αφού επιστρέψει, ενεργοποιεί τον τερματικό διακόπτη S1 που δίνει εντολή για επιστροφή στην αρχική του θέση στον κύλινδρο B. Όταν επιστρέψει ο κύλινδρος B, ενεργοποιεί τον τερματικό διακόπτη S3 και, αν έχει φτάσει κιβώτιο στον κύλινδρο A, ανυψώνεται και επαναλαμβάνεται συνεχώς η ίδια ακολουθία. Σχήμα 18.2.

Σχήμα 18.1: Σχηματικό διάγραμμα εφαρμογής

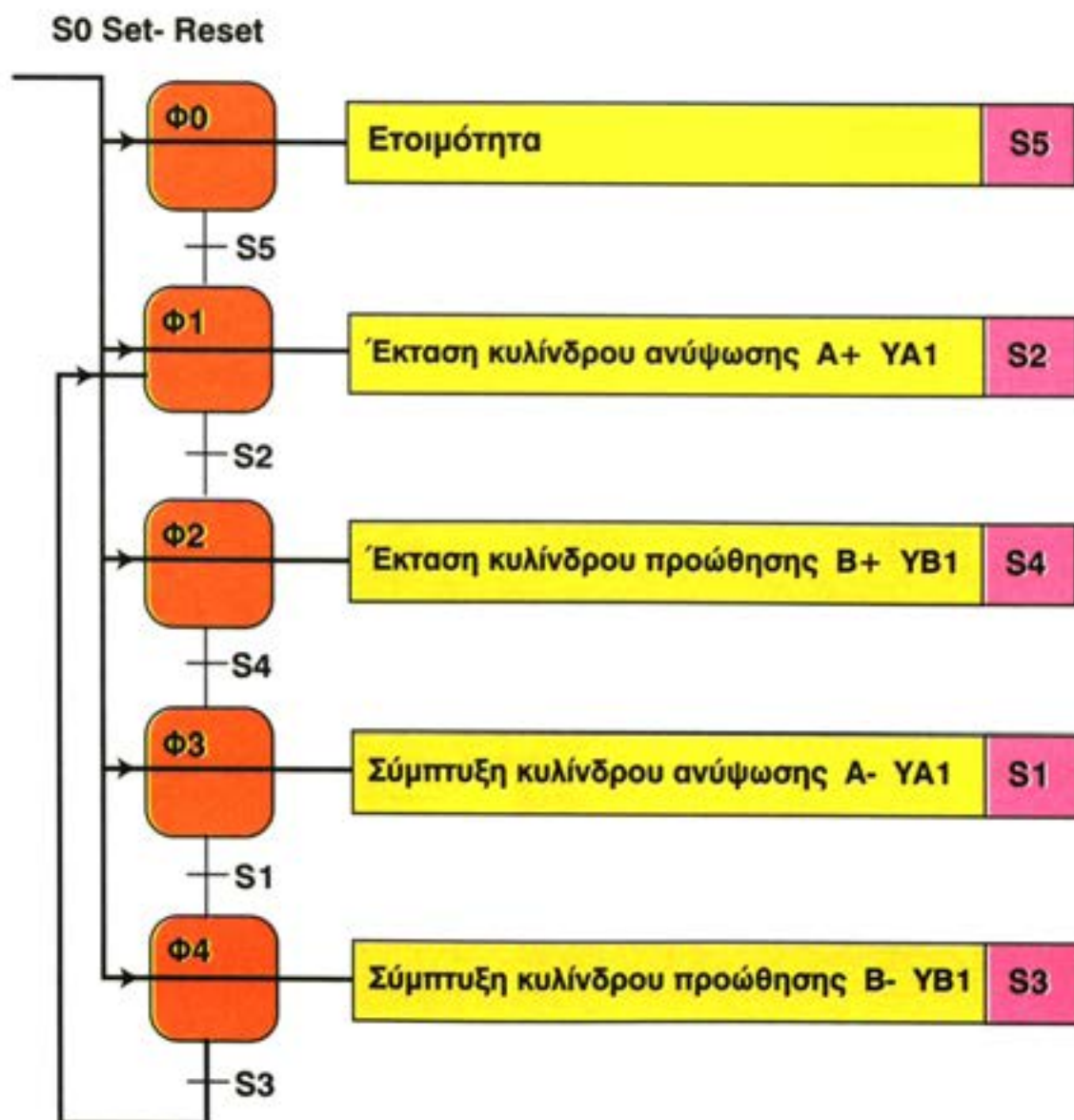


Σχήμα 18.2: Διάγραμμα μετατόπισης

- S0 Γενικός διακόπτης
- S5 Διακόπτης ανίχνευσης κιβωτίου
- S1, S2 Τερματικοί ή μαγνητικοί διακόπτες στον κύλινδρο A
- S3, S4 Τερματικοί ή μαγνητικοί διακόπτες στον κύλινδρο B

- Οι τερματικοί και οι μαγνητικοί διακόπτες έχουν μεταγωγική επαφή.

Διάγραμμα Φάσεων



Σχήμα 18.3: Διάγραμμα φάσεων κυκλώματος ελέγχου μεταφοράς κιβωτίων

Από το διάγραμμα μετατόπισης προκύπτει το διάγραμμα φάσεων του προβλήματος.

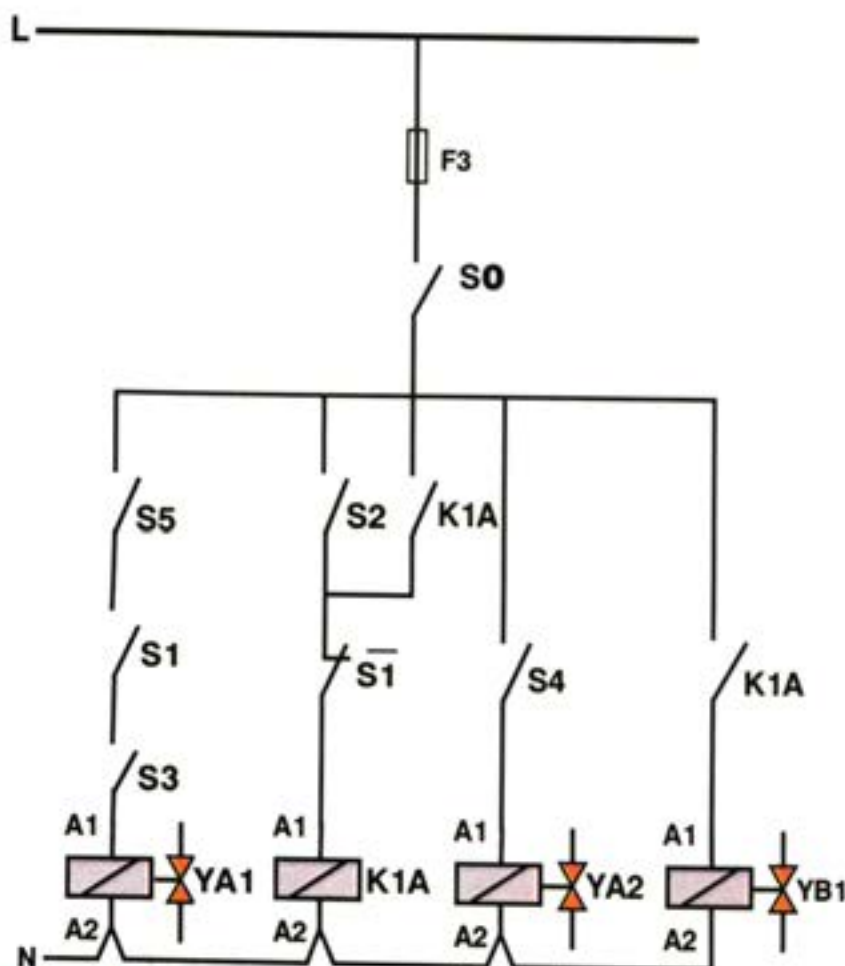
Περιγράφουμε όλες τις φάσεις της παραγωγικής διαδικασίας και τις συνθήκες που πρέπει να ισχύουν για να περάσουμε από μία φάση σε άλλη.

Στην αρχή κάθε διαγράμματος φάσεων υπάρχει η φάση ετοιμότητας Φ0. Στη φάση ετοιμότητας δεν υπάρχει κάποια ενέργεια στα τελικά στοιχεία ελέγχου του κυκλώματος.

Για τη μεταγωγή από μία φάση σε άλλη πρέπει να τηρούνται οι προϋποθέσεις που θέτονται από τη ηλεκτική περιγραφή του προβλήματος.

Για τη συγκεκριμένη εφαρμογή θα χρησιμοποιηθούν δύο κυλινδρικοί διηλθής ενέργειας, μία ηλεκτροπνευματική βαλβίδα 5/2 με δύο πιλότες YA1, YA2, μία ηλεκτροπνευματική βαλβίδα 5/2 με ένα πιλότε YB1 και ελατήριο επαναφοράς, ένας γενικός διακόπτης S0, ένας τερματικός διακόπτης S5, για να ανιχνεύει την έξευση του κιβωτίου, και τέσσερις τερματικοί ή μαγνητικοί διακόπτες S1, S2, S3, S4, για να ανιχνεύουν τη θέση των εμβόλων των κυλινδρών.

Ηλεκτρολογικό σχέδιο.



Σχήμα 18.4: Σχέδιο ηλεκτρικού κυκλώματος μεταφοράς κιβωτίων

Το παραπάνω κυκλώματος μπορεί να πραγματοποιηθεί με διάφορους τρόπους.

A. Με ηλεκτρομηχανική τεχνολογία (ρελέ)

Επειδή η ηλεκτροπνευματική βαλβίδα B έχει έναν πιλότο και ελατήριο επαναφοράς, στο κύκλωμα ελέγχου χρειάζεται ένα βοηθητικό ρελέ για την συγκράτησή της. Επειδή η ηλεκτροπνευματική βαλβίδα A έχει δύο πιλότους δεν χρειάζονται βοηθητικά ρελέ, γιατί, για να αλλιάξει θέση, πρέπει να τροφοδοτηθεί με ρεύμα ο πιλότος που απαιτείται για αλλαγή θέσης της ηλεκτροπνευματικής βαλβίδας.

B. Με PLC

Επειδή σε όλα τα PLC υπάρχουν οι εντολές SET – RESET, για την αυτοσυγκράτηση της ηλεκτροπνευματικής βαλβίδας B χρησιμοποιούνται οι παραπάνω εντολές. Με το PLC έχουμε τη δυνατότητα να χρησιμοποιήσουμε και χρονικές λειτουργίες χωρίς επί πλέον εξαρτήματα.

Η βαλβίδα A πρέπει να τοποθετείται στη θέση b, όταν στιγμιαία είναι κλειστοί οι διακόπτες S0, S5, S3, S1 και επιστρέφει στη θέση a όταν είναι κλειστοί οι διακόπτες S0, S4.

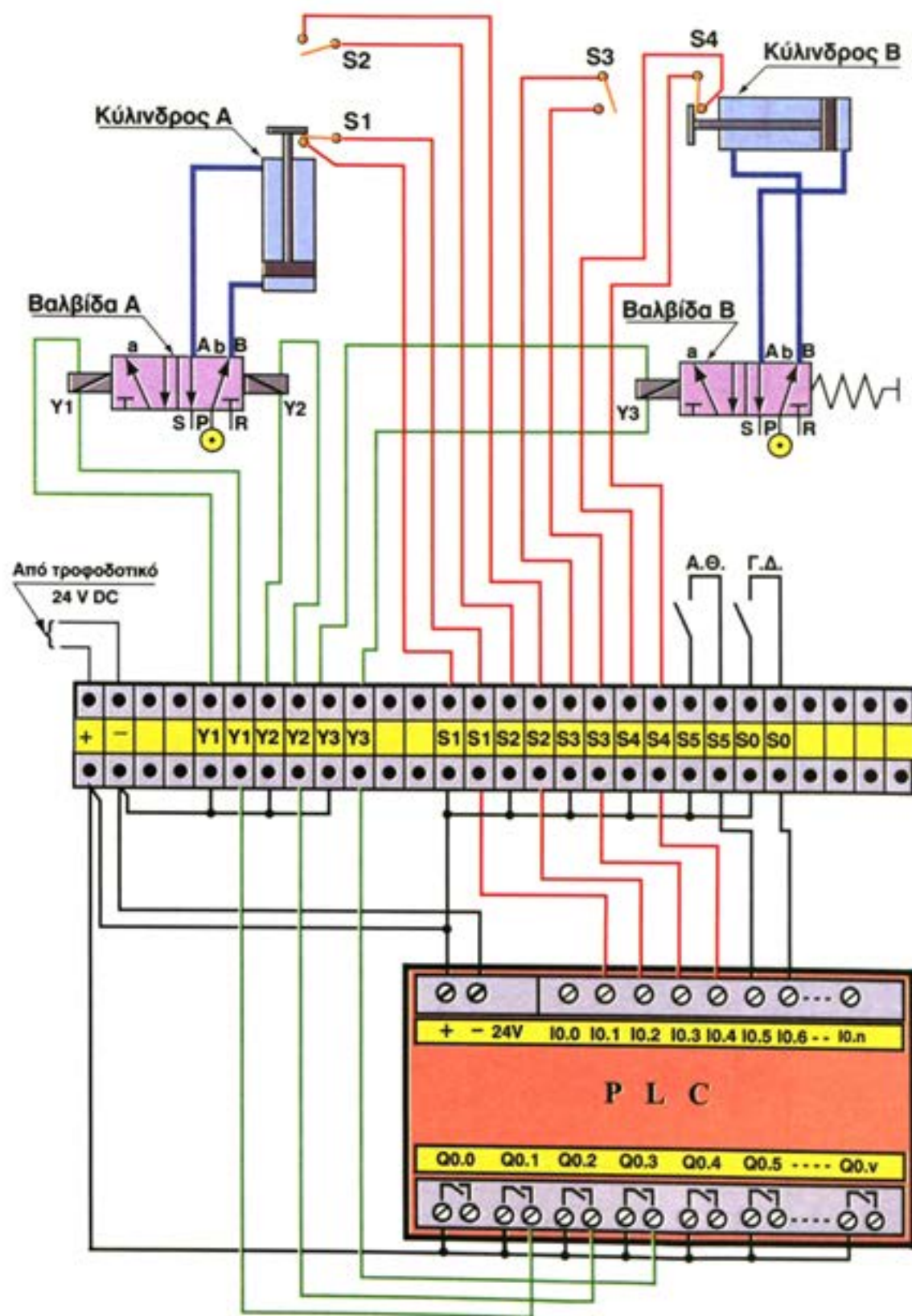
Η βαλβίδα B τοποθετείται στη θέση b και παραμένει σε αυτή (SET), όταν είναι κλειστοί οι διακόπτες S0, S2 και ανοικτός ο S1. Επιστρέφει στη θέση a, όταν είναι ανοικτός ο διακόπτης S0, ή κλειστός ο διακόπτης S1.

Είσοδοι

- I₀: S₀ Γενικός διακόπτης
- I₁: S₁ Τερματικός διακόπτης
- I₂: S₂ Τερματικός διακόπτης
- I₃: S₃ Τερματικός διακόπτης
- I₄: S₄ Τερματικός διακόπτης
- I₅: S₅ Διακόπτης ανίχνευσης θέσης

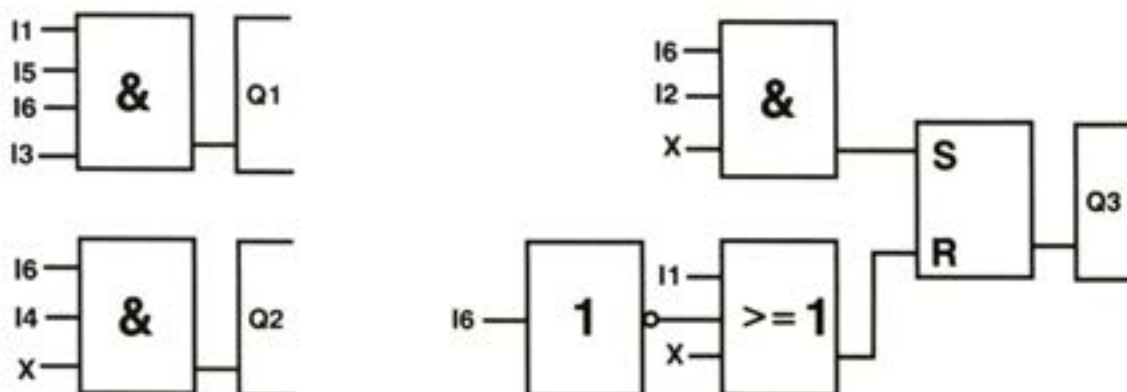
Έξοδοι

- Q₁: Πηνίο YA₁ ηλεκτροπνευματικής βαλβίδας A
- Q₂: Πηνίο YA₂ ηλεκτροπνευματικής βαλβίδας A
- Q₃: Πηνίο YB₁ ηλεκτροπνευματικής βαλβίδας B



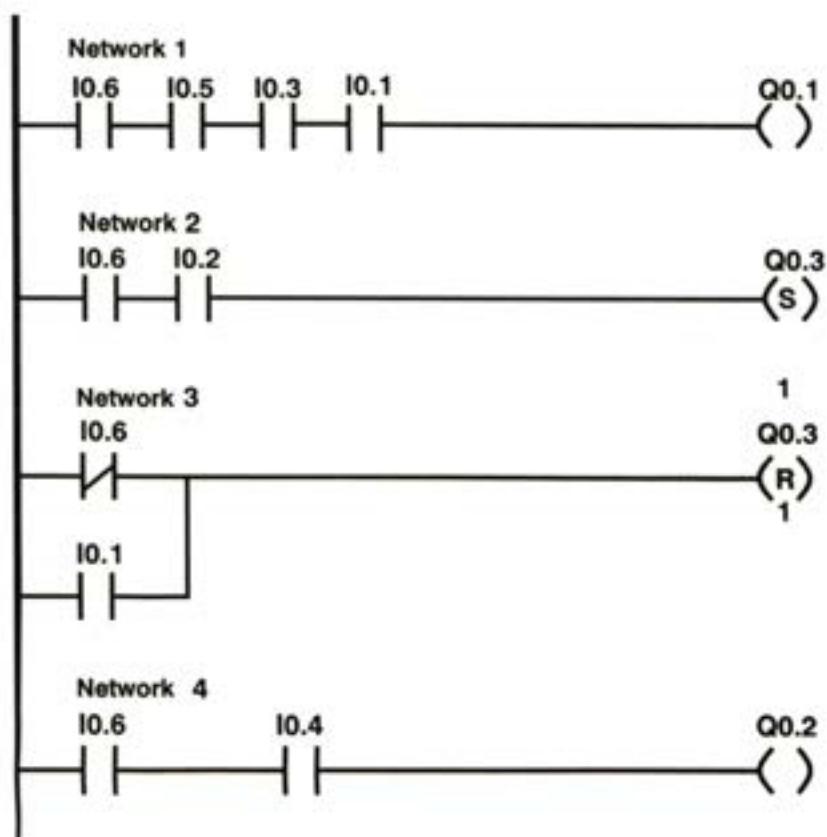
Σχήμα 18.5: Αναλυτικό διάγραμμα συνδεσμολογίας της εγκατάστασης

Πρόγραμμα σε FBD



Σχήμα 18.6: Πρόγραμμα σε γλώσσα FBD

Πρόγραμμα σε LADDER



Σχήμα 18.7: Πρόγραμμα σε γλώσσα Ladder

Διαδικασία

Κατά την εκτέλεση της άσκησης ακολουθήστε τα εξής βήματα:

A. Σύνδεση Η/Υ και PLC, όπου είναι απαραίτητο

1. Συνδέστε τον υπολογιστή με το PLC μέσω του ειδικού καλωδίου. Συμβουλευόμενοι τα τεχνικά φυλλάδια του προμηθευτή του PLC, ελέγξτε την επικοινωνία PLC και PC.

B. Κατάστρωση του προγράμματος

1. Θέστε το PLC σε κατάσταση STOP.
2. Βεβαιωθείτε ότι είστε στο περιβάλλον FBD ή στη γλώσσα που το PLC προγραμματίζεται. Γράψτε στον υπολογιστή (ή κατευθείαν στο PLC) το πρόγραμμα που φαίνεται στο σχήμα 18.6. Σώστε το πρόγραμμα στον Η/Υ, στον κατάλογο και με το όνομα που θα σας δώσει ο καθηγητής σας.
3. Ελέγξτε το πρόγραμμα για συντακτικά λάθη χρησιμοποιώντας την εντολή *Compile*.
4. Μεταφέρετε το πρόγραμμα στο PLC. Αναζητήστε την εντολή *Download*.

Γ. Σύνδεση των στοιχείων εισόδου και εξόδου και έλεγχος του προγράμματος με προσομοίωση

1. Πραγματοποιήστε το κύκλωμα του σχήματος 18.4 συνδέοντας τους τερματικούς διακόπτες, το γενικό διακόπτη, το διακόπτη ανίχνευσης θέσης και τα πηνία των ηλεκτροπνευματικών βαλβίδων στις εισόδους και εξόδους του PLC προσέχοντας τις αντιστοιχίες που έχουν καθοριστεί παραπάνω.

Για να συνδεθούν τα πηνία των ηλεκτροπνευματικών βαλβίδων, όπως στο σχήμα 18.5, πρέπει οι έξοδοι του PLC να είναι ρελέ. Αν οι έξοδοι του PLC δεν είναι ρελέ τότε για τη σύνδεση των πηνίων ηλεκτροπνευματικών βαλβίδων συμβουλευτείτε τα τεχνικά φυλλάδια του PLC.

2. Τοποθετήστε τα έμβολα των κυλίνδρων στη θέση σύμπτυξης.
3. Για να κάνετε έλεγχο καλής λειτουργίας του προγράμματος πρέπει να είναι ενεργοποιημένοι οι τερματικοί διακόπτες S5, S6.
4. Αν η παρατήρησή σας στο ερώτημα 8 ήταν η αναμενόμενη, τότε και μόνο μπορείτε να συνεχίσετε. Αν όχι, τότε στο πρόγραμμα υπάρχει λειτουργικό σφάλμα και προσπαθήστε να το εντοπίσετε και να το διορθώσετε.

Δ. Τελικός έλεγχος

Να γίνεται με την παρουσία του καθηγητή

1. Τροφοδοτήστε το κύκλωμα με πεπιεσμένο αέρα.
2. Κλείστε το διακόπτη S0 και το διακόπτη ανίχνευσης θέσης S5. Τι παρατηρείτε;

Ε. Τροποποιήσεις

A. Τροποποιήστε τη λειτουργία του παραπάνω κυκλώματος, έτσι ώστε, όταν ανιχνεύεται κιβώτιο στον κύλινδρο Α, να γίνεται η ανύψωσή του μετά χρόνο 2 sec και, όταν φτάνει στη θέση Β, να μετακινείται μετά χρόνο 2 sec.

Σβήστε το προηγούμενο πρόγραμμα από τη μνήμη του PLC. Φορτώστε το καινούργιο και εφαρμόστε τα βήματα 7 έως 11.

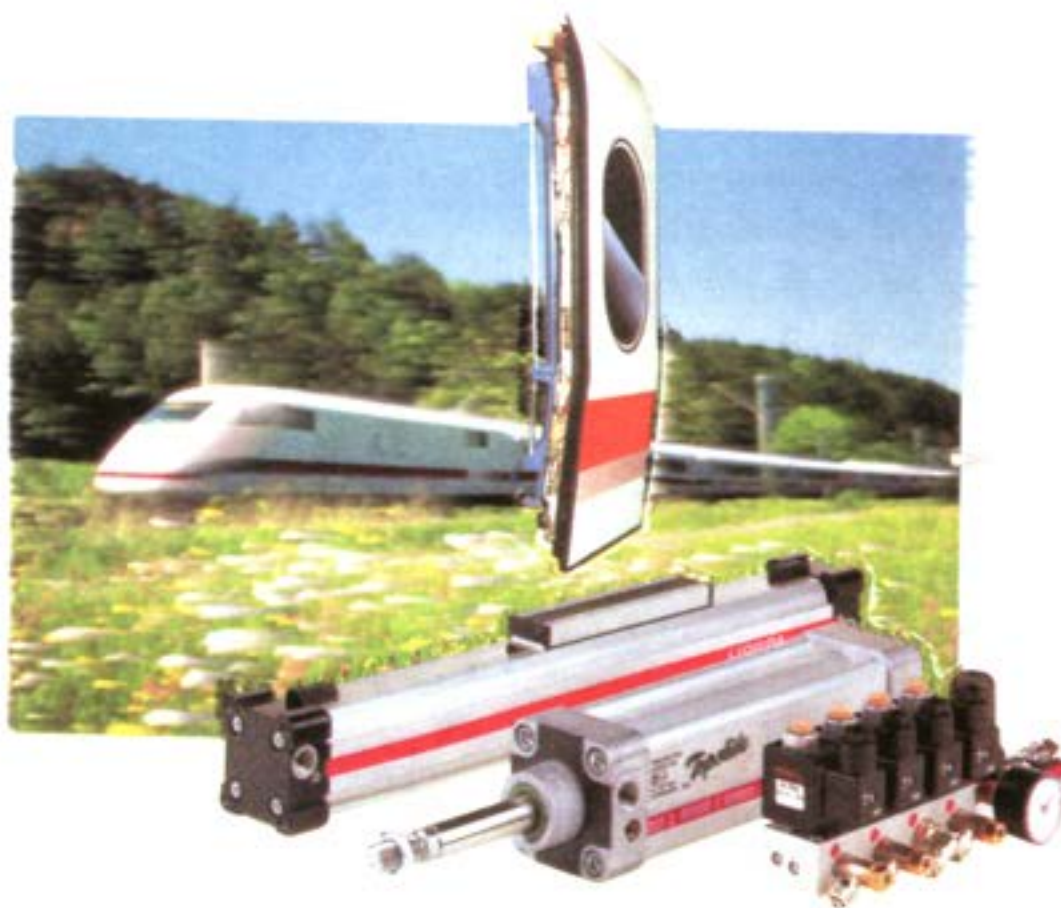
B. Τροποποιήστε τη λειτουργία του παραπάνω κυκλώματος, έτσι ώστε, στο τέλος κάθε ημέρας, να γνωρίζουμε πόσα κιβώτια μεταφέρθηκαν.

Σβήστε το προηγούμενο πρόγραμμα από τη μνήμη του PLC. Φορτώστε το καινούργιο και εφαρμόστε τα βήματα 7 έως 11.

ΣΤ. Παρατηρήσεις - Συμπεράσματα

άσκηση 19

Έλεγχος μηχανής κάμψης ελασμάτων



Στόχοι της άσκησης

διάρκεια άσκησης: 6 διδακτικές ώρες

Στο τέλος της άσκησης οι μαθητές θα είναι ικανοί:

- να επιλέγουν τον κατάλληλο τρόπο σύνδεσης των διαφόρων εξαρτημάτων στο δίκτυο παροχής πεπιεσμένου αέρα.
- να αναγνωρίζουν και να ρυθμίζουν κατάλληλα το ρυθμιστή πίεσης σύμφωνα με τις απαιτήσεις του δικτύου.
- να επιλέγουν και να συνδέουν τα διάφορα εξαρτήματα για τη σύσφιξη διαμόρφωση ελασμάτων σε δύο σημεία.
- να συνδέουν τα πηνία των ηλεκτροπνευματικών βαλβίδων στις εξόδους του PLC.
- να συνδέουν τα αισθητήρια και τα στοιχεία ελέγχου στις εισόδους του PLC.
- να γράφουν πρόγραμμα στο PLC για τον έλεγχο του παραπάνω κυκλώματος.

Απαραίτητα εξαρτήματα

Για την πραγματοποίηση της άσκησης είναι απαραίτητα τα εξής υλικά:

- ✓ Πλήρης σταθμός παραγωγής πεπιεσμένου αέρα
- ✓ Μία ηλεκτροπνευματική βαλβίδα 5/2 με ένα πιλότο και ελατήριο
- ✓ Δύο ηλεκτροπνευματικές βαλβίδες 5/2 με δύο πιλότους
- ✓ Τρεις κύλινδροι διπλής ενέργειας
- ✓ Ένα βοηθητικό ρελέ
- ✓ Έξι τερματικοί ή μαγνητικοί διακόπτες
- ✓ Γενικός διακόπτης
- ✓ PLC τουλάχιστον 8 εισόδων, 6 εξόδων

Περιγραφή εφαρμογής

Για τη διαμόρφωση ελασμάτων σε δύο σημεία ακολουθείται η παρακάτω διαδικασία:

Όταν τοποθετηθεί το έλασμα, ο κύλινδρος Α συσφίγγει το έλασμα. Ακολουθεί η έκταση του κυλίνδρου Β, που κάμπτεi το έλασμα σε γωνία 90° και επιστρέφει στην αρχική του θέση.

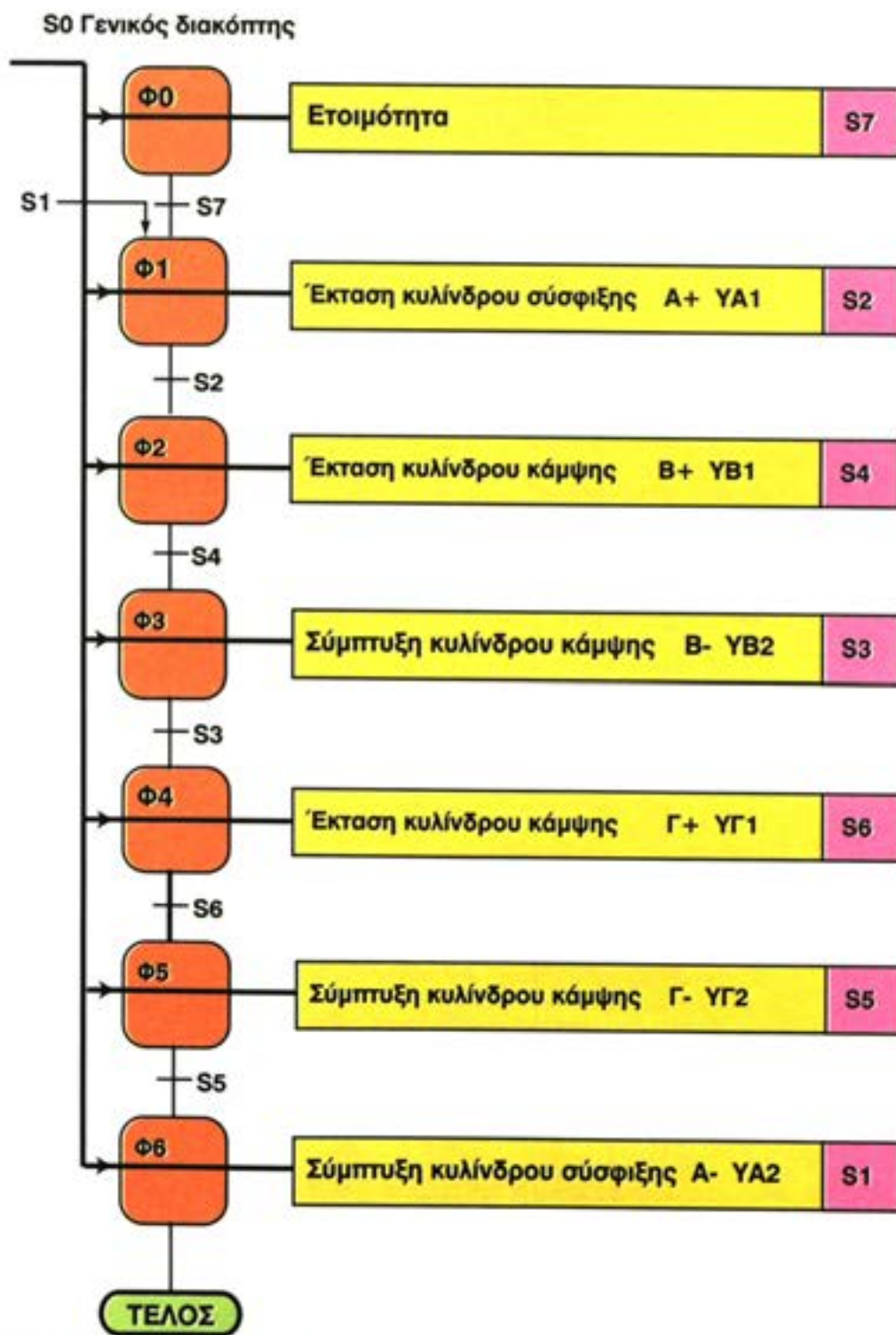
Όταν επιστρέφει στην αρχική του θέση ο κύλινδρος Β, εκτείνεται ο κύλινδρος Γ, που κάμπτεi το έλασμα σε γωνία 90° δημιουργώντας σχήμα Π. Οι κύλινδροι Α και Β ελέγχονται από ηλεκτροπνευματικές βαλβίδες 5/2 με δύο πιλότους. Ο κύλινδρος Γ ελέγχεται από ηλεκτροπνευματική βαλβίδα 5/2 με έναν πιλότο και ελατήριο. Όλοι οι κύλινδροι είναι διπλής ενέργειας. Η θέση των κυλίνδρων ελέγχεται από τερματικούς ή μαγνητικούς διακόπτες. Το κύκλωμα ελέγχεται από γενικό διακόπτη. Σχήμα 19.1.



- 187

- Οι τερματικοί και οι μαγνητικοί διακόπτες έχουν μεταγωγική επαφή.

Διάγραμμα Φάσεων

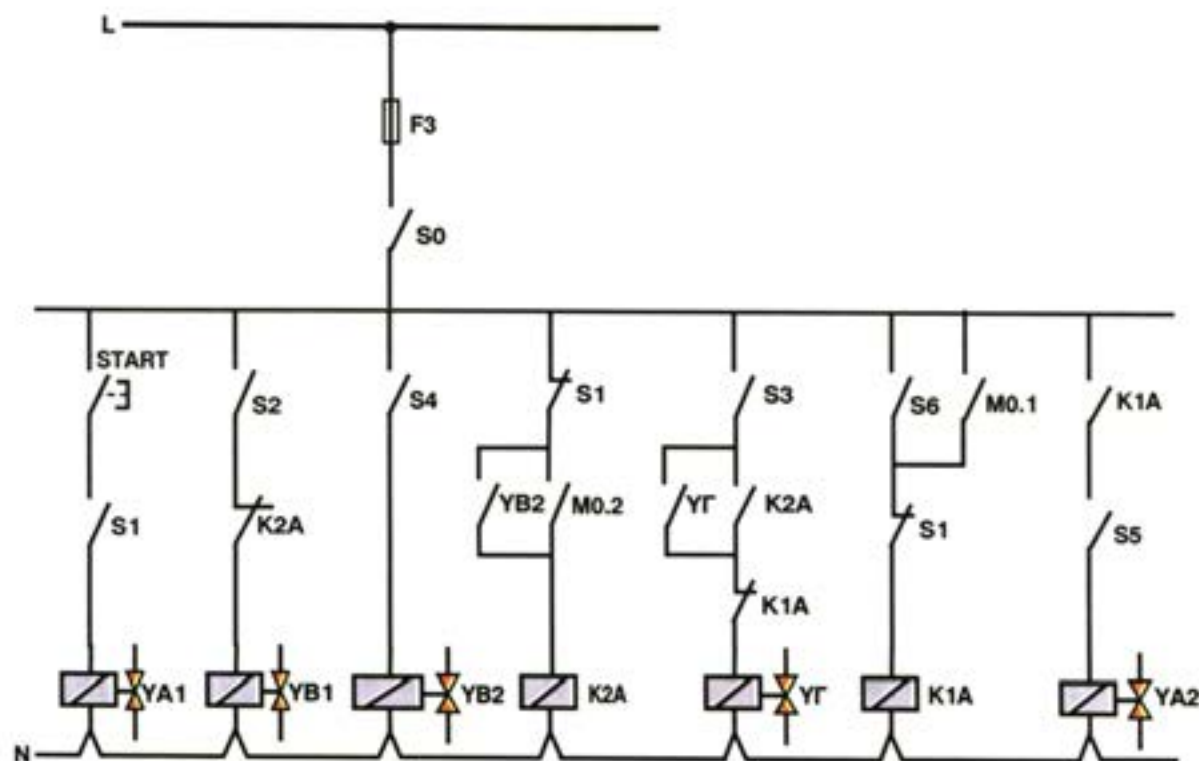


Σχήμα 19.3: Διάγραμμα φάσεων κυκλώματος ελέγχου διαμόρφωσης ελασμάτων

Από το διάγραμμα μετατόπισης προκύπτει το διάγραμμα φάσεων του προβλήματος.

Περιγράψουμε όλες τις φάσεις της παραγωγικής διαδικασίας και τις συνθήκες που πρέπει να ισχύουν για να περάσουμε από μία φάση σε άλλη.

Ηλεκτρολογικό σχέδιο.



Σχήμα 19.4: Σχέδιο ηλεκτρικού κυκλώματος κόμψης ελασμάτων

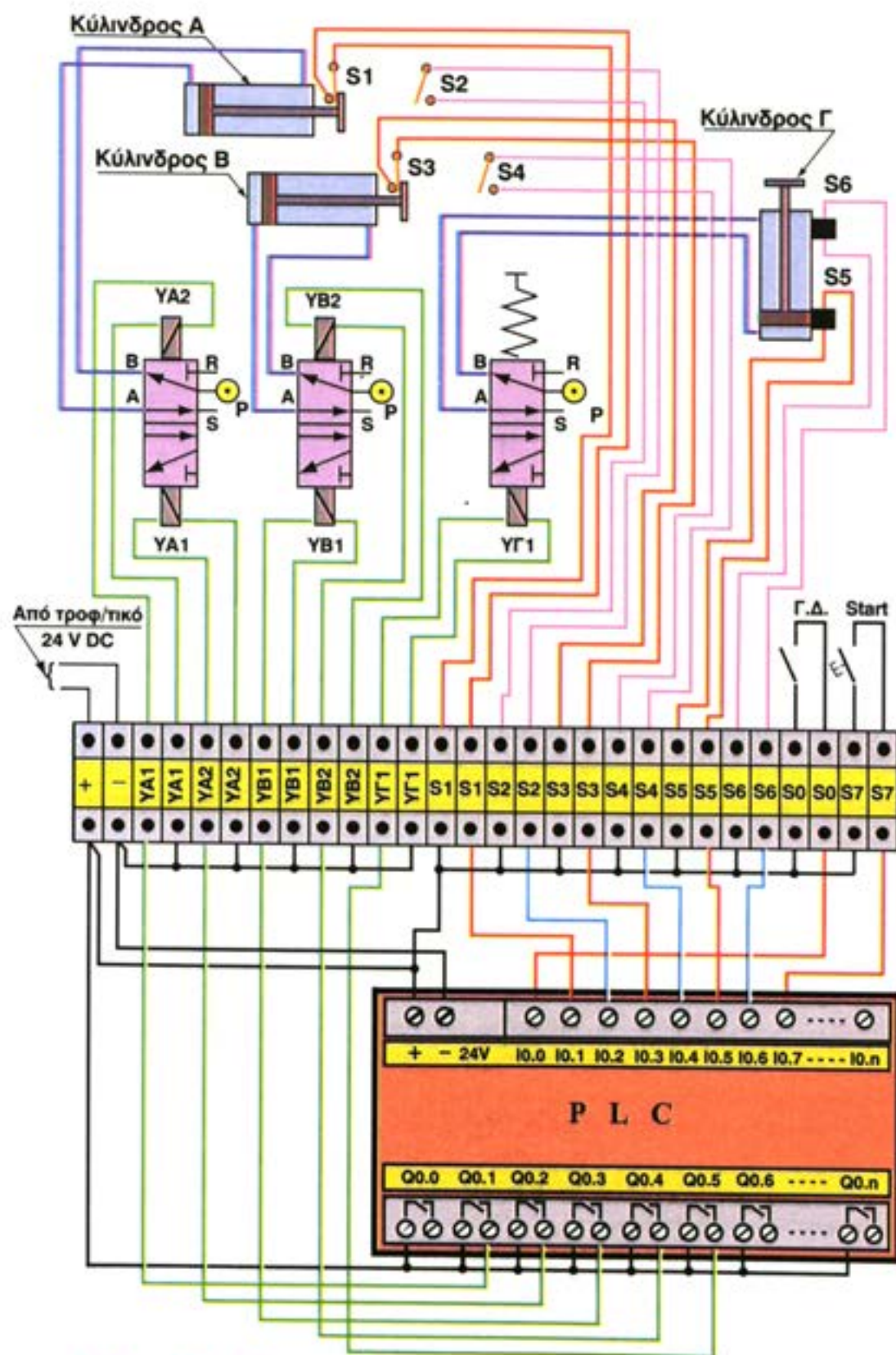
Ο έλεγχος του παραπάνω κυκλώματος μπορεί να πραγματοποιηθεί με διάφορους τρόπους:

A. Με ηλεκτρομηχανική τεχνολογία (ρελέ)

Το ηλεκτρικό κύκλωμα του παραπάνω προβλήματος καλύπτει την περίπτωση που οι ηλεκτροπνευματικές βαλβίδες Α και Β έχουν δύο πιλότους και η Γ ένα μόνο πιλότο και ελατήριο. Σε περίπτωση που κάποια από τις ηλεκτροπνευματικές βαλβίδες είναι διαφορετική, διαφοροποιείται και το παραπάνω σχέδιο. Το σχέδιο αυτό μας βοηθά για να γράψουμε το πρόγραμμα στο PLC. Για τον έλεγχο του κυκλώματος μόνο με ρελέ πρέπει να χρησιμοποιηθούν βοηθητικά ρελέ: α) όπου χρησιμοποιούνται επαφές των ρελέ των βαλβίδων, γιατί τα πηνία των ηλεκτροπνευματικών βαλβίδων δεν έχουν βοηθητικές επαφές και β) όπου χρησιμοποιούνται επαφές των τερματικών περισσότερες από μία φορά.

B. Με PLC

Επειδή σε όλα τα PLC υπάρχουν οι εντολές SET – RESET και βοηθητικές επαφές, για την αυτοσυγκράτηση των ηλεκτροπνευματικών βαλβίδων χρησιμοποιούνται οι παραπάνω εντολές ή επαφές. Χρησιμοποιώντας PLC έχουμε τη δυνατότητα να χρησιμοποιήσουμε και χρονικά χωρίς επί πλέον εξαρτήματα.



Σχήμα 19.5: Αναλυτικό διάγραμμα συνδεσμολογίας της εγκατάστασης

Αντιστοιχίσεις αισθητήριων – ρελέ με εισόδους – εξόδους.

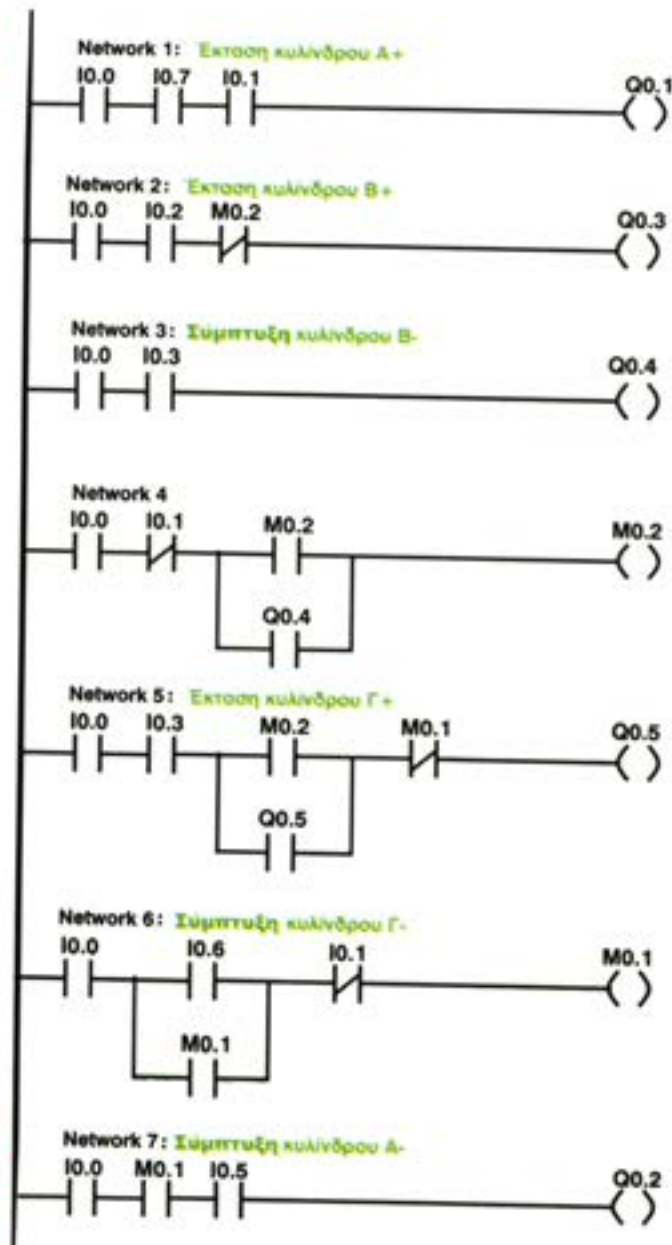
Είσοδοι

- I0.0: S 0 Γενικός διακόπτης
- I0.1: S 1 Τερματικός διακόπτης
- I0.2: S 2 Τερματικός διακόπτης
- I0.3: S 3 Τερματικός διακόπτης
- I0.4: S 4 Τερματικός διακόπτης
- I0.5: S 5 Μαγνητικός διακόπτης
- I0.6: S 6 Μαγνητικός διακόπτης
- I0.7 S7 Μπουτόν εκκίνησης start

Έξοδοι

- Q0.1: YA₁ Πηνίο ηλεκτροπνευματικής βαλβίδας A
- Q0.2: YA₂ Πηνίο ηλεκτροπνευματικής βαλβίδας A
- Q0.3: YB₁ Πηνίο ηλεκτροπνευματικής βαλβίδας B
- Q0.4: YB₂ Πηνίο ηλεκτροπνευματικής βαλβίδας B
- Q0.5: YΓ₁ Πηνίο ηλεκτροπνευματικής βαλβίδας Γ

Πρόγραμμα σε LADDER



Σχήμα 19.6:
Πρόγραμμα σε γλώσσα Ladder
για κάμψη ελασμάτων σε
δύο κατευθύνσεις

ΑΣΚΗΣΗ 19: Έλεγχος κάμψης ελασμάτων

```

BEGIN
NETWORK 1      //Σφίξιμο ελάσματος
LD  I0.0
A  I0.7
A  I0.1
=  Q0.1      //Έκταση κυλίνδρου Α

NETWORK 2      //Πρώτη κάμψη ελάσματος
LD  I0.0
A  I0.2
AN  M0.2
=  Q0.3      //Έκταση κυλίνδρου Β

NETWORK 3
LD  I0.0
A  I0.3
=  Q0.4      //Σύμπτυξη κυλίνδρου Β

NETWORK 4
LD  I0.0
AN  I0.1
LD  M0.2
O  Q0.4
ALD
=  M0.2

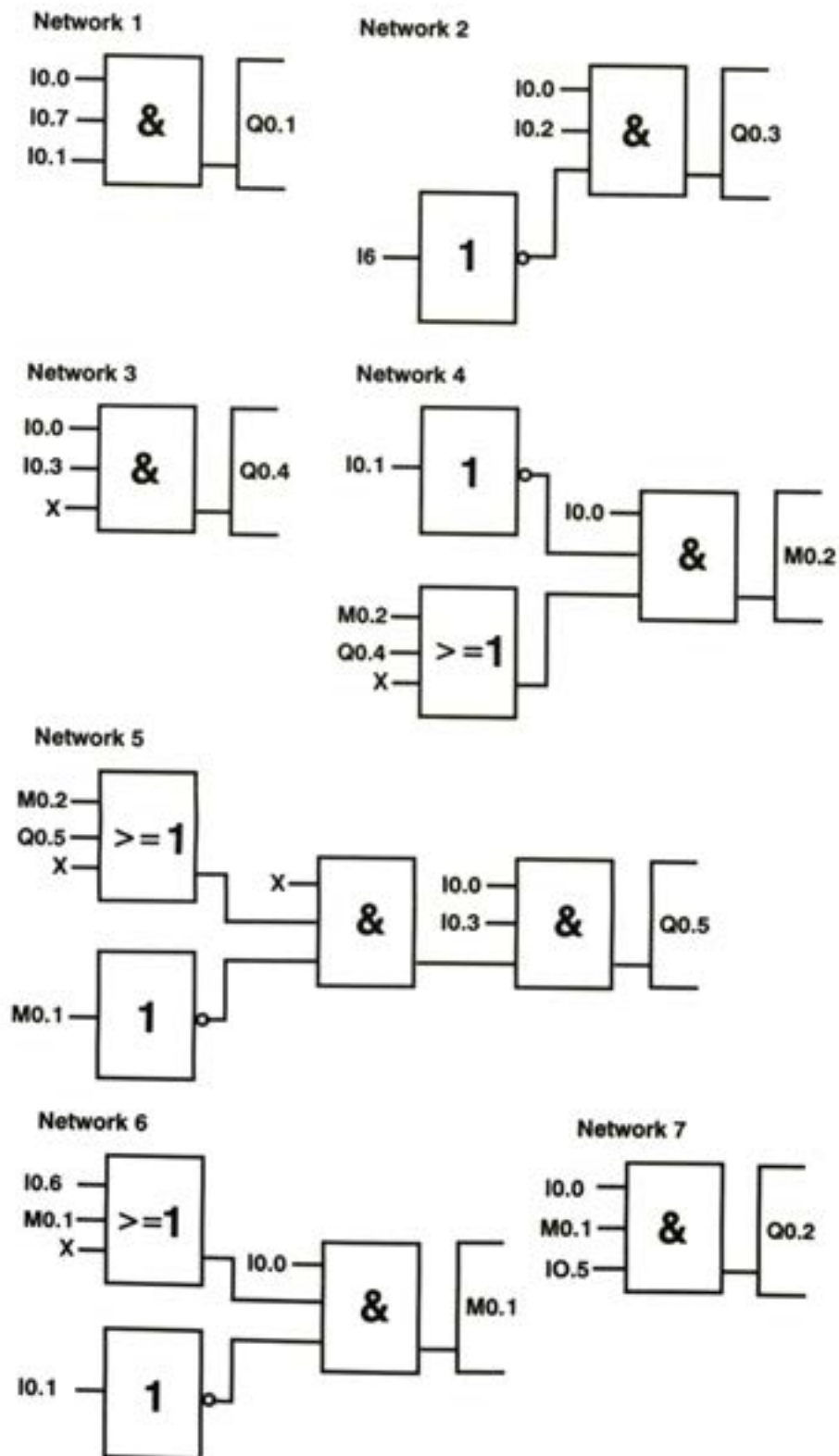
NETWORK 5      //Δεύτερη κάμψη ελάσματος
LD  I0.0
A  I0.3
LD  M0.2
O  Q0.5
ALD
AN  M0.1
=  Q0.5      //Έκταση κυλίνδρου Γ

NETWORK 6
LD  I0.0
LD  I0.6
O  M0.1
ALD
AN  I0.1
=  M0.1      //Σύμπτυξη κυλίνδρου Γ

NETWORK 7
LD  I0.0
A  M0.1
A  I0.5
=  Q0.2      //Σύμπτυξη κυλίνδρου Α
    
```

Ιχμήμα 19.6: Πρόγραμμα σε γλώσσα STL για κάμψη ελασμάτων σε δύο κατευθύνσεις

Πρόγραμμα σε FBD



Σχήμα 19.6: Πρόγραμμα σε γλώσσα FBD για κάμψη ελασμάτων σε δύο κατευθύνσεις

Διαδικασία

Κατά την εκτέλεση της άσκησης ακολουθήστε τα εξής βήματα:

A. Σύνδεση Η/Υ και PLC, όπου είναι απαραίτητο

1. Συνδέστε τον υπολογιστή με το PLC μέσω του ειδικού καλωδίου. Συμβουλευόμενοι τα τεχνικά φυλλάδια του προμηθευτή του PLC ελέγξτε την επικοινωνία PLC και ΗΥ.

B. Κατάστρωση του προγράμματος

1. Θέστε το PLC σε κατάσταση STOP.
2. Βεβαιωθείτε ότι είστε στο περιβάλλον FBD ή στη γλώσσα που το PLC προγραμματίζεται. Γράψτε στον υπολογιστή (ή κατευθείαν στο PLC) το πρόγραμμα που φαίνεται στο σχήμα 19.5. Σώστε το πρόγραμμα στον Η/Υ, στον κατάλογο και με το όνομα που θα σας δώσει ο καθηγητής σας.
3. Ελέγξτε το πρόγραμμα για συντακτικά λάθη χρησιμοποιώντας την εντολή *Compile*.
4. Μεταφέρετε το πρόγραμμα στο PLC. Αναζητείστε την εντολή *Download*.

Γ. Σύνδεση των στοιχείων εισόδου και εξόδου και έλεγχος του προγράμματος με προσομίωση

1. Πραγματοποιήστε το κύκλωμα του σχήματος 19.5 συνδέοντας τους τερματικούς διακόπτες, το γενικό διακόπτη, το διακόπτη εκκίνησης START και τα πηνία των ηλεκτροπνευματικών βαλβίδων στις εισόδους και εξόδους του PLC, προσέχοντας τις αντιστοιχίες που έχουν καθοριστεί παραπάνω.

Για να συνδεθούν τα πηνία ηλεκτροπνευματικών βαλβίδων, όπως στο σχήμα 19.5, πρέπει οι έξοδοι του PLC να είναι ρελέ. Αν οι έξοδοι του PLC δεν είναι ρελέ τότε για τη σύνδεση των πηνίων των ρελέ συμβουλευτείτε τα τεχνικά φυλλάδια του PLC.

2. Τοποθετείστε τα έμβολα των κυλίνδρων στη θέση σύμπτυξης.
3. Για να κάνετε έλεγχο καλής λειτουργίας του προγράμματος πρέπει να είναι ενεργοποιημένοι οι τερματικοί διακόπτες S0, S1 και στιγμιαία ο S2.
4. Αν η παρατήρησή σας στο ερώτημα 8 ήταν η αναμενόμενη, τότε και μόνο μπορείτε να συνεχίσετε. Αν όχι, τότε στο πρόγραμμα υπάρχει λειτουργικό σφάλμα και προσπαθήστε να το εντοπίσετε και να το διορθώσετε.

Δ. Τελικός έλεγχος

Να γίνεται με την παρουσία του καθηγητή

1. Τροφοδοτήστε το κύκλωμα με πεπιεσμένο αέρα.
2. Κλείστε το διακόπτη S0 και το διακόπτη εκκίνησης start S2. Τι παρατηρείτε;

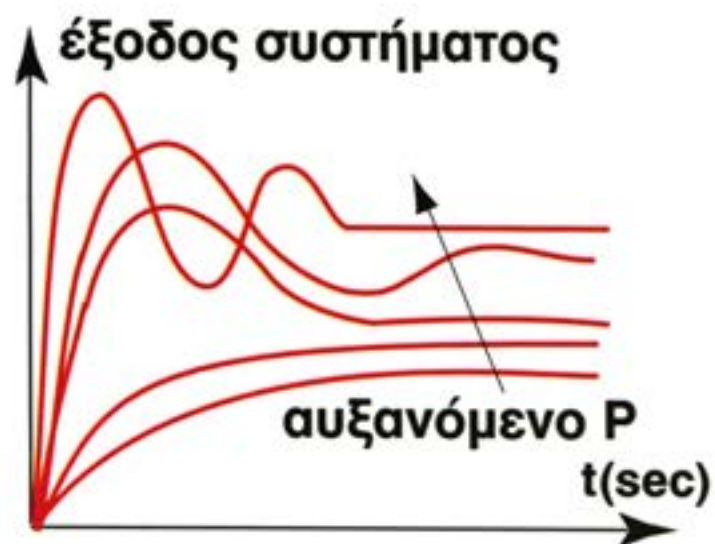
Ε. Τροποποιήσεις

Α. Επιλύστε το ίδιο πρόβλημα έχοντας όμως και τις τρεις ηλεκτροπνευματικές βαλβίδες με 1 πιλότο και ελατήριο.

ΣΤ. Παρατηρήσεις - Συμπεράσματα

άσκηση 20

Μελέτη Ελεγκτή P



Στόχοι της άσκησης

διάρκεια άσκησης: 12 διδακτικές ώρες

Στο τέλος της άσκησης οι μαθητές θα είναι ικανοί:

- να γνωρίζουν τη λειτουργία ενός dc κινητήρα.
- να γνωρίζουν τον τρόπο έλεγχου ενός dc κινητήρα.
- να υπολογίζουν τα τεχνικά χαρακτηριστικά του κινητήρα.
- να γνωρίζουν τη λειτουργία ενός P (αναλογικού) ελεγκτή.
- να υπολογίζουν την αποδοχή του μετατροπέα και του τελικού στοιχείου ελέγχου.
- να συγκρίνουν ανοικτό και κλειστό βρόχο ελέγχου και να μελετούν την βηματική παρενόχληση της ταχύτητας του κινητήρα με ανάδραση ταχύτητας.
- να σχολιάζουν την επίδραση της μεταβολής της ενίσχυσης του ελεγκτή πάνω στις στροφές του κινητήρα.
- να εξηγούν την επίδραση της ενίσχυσης στο σφάλμα του συστήματος.

Απαραίτητα εξαρτήματα

Για την πραγματοποίηση της άσκησης είναι απαραίτητα τα εξής υλικά:

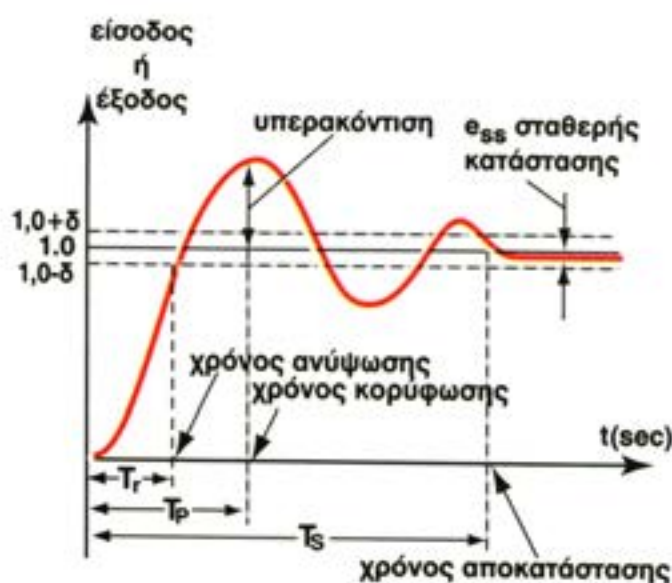
- ✓ Ένας DC κινητήρας ισχύος μικρότερης του 100 Watt
- ✓ Ένας P ελεγκτής (υλοποιείται και με PID ελεγκτή, αλλά με $I=0$ και $D=0$)
- ✓ Ένα στροφόμετρο (κωδικοποιητής στροφών) του κινητήρα εξόδου 4 - 20 mA (ή 1 - 5 V)
- ✓ Ένα κύκλωμα οδήγησης κινητήρα εισόδου 4 - 20 mA (ή 1 - 5 V) με οπτική απομόνωση
- ✓ Μία μηχανική σύζευξη άξονα - κωδικοποιητή στροφών (συζεύκτης, coupler)
- ✓ Καλωδιώσεις σύνδεσης ελεγκτή - στροφόμετρου - κινητήρα
- ✓ Ένα καταγραφικό 1 - 5 V / 4 - 20 mA
- ✓ Πολύμετρα, αμπερόμετρο, βοήτομετρο
- ✓ Ένας παλμογράφος διητής δέσμης

Βασική θεωρία

Α. Ρ έλεγχος

Ο έλεγχος διεργασιών (process control) είναι ένας σημαντικότερος τομέας της βιομηχανικής παραγωγής. Όλα τα βιομηχανικά συστήματα χρειάζονται κάποιο είδος ελέγχου, ώστε να εργάζονται σύμφωνα με τις απαιτήσεις που έχουν τεθεί.

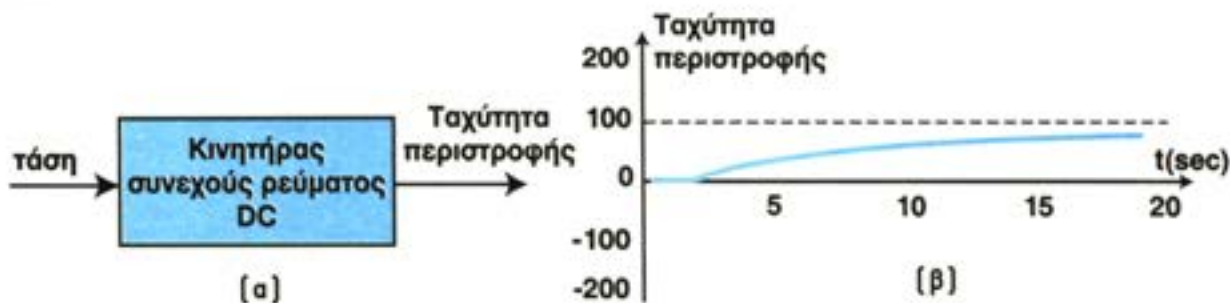
Ένα σύστημα, όσο καλά σχεδιασμένο και αν είναι, ποτέ δεν παρουσιάζει ιδανική συμπεριφορά. Το αποτέλεσμα είναι μεταξύ της εξόδου του συστήματος και της εισόδου του (που είναι η επιθυμητή απόκριση) να υπάρχει απόκλιση, όπως φαίνεται και στο σχήμα 20.1.



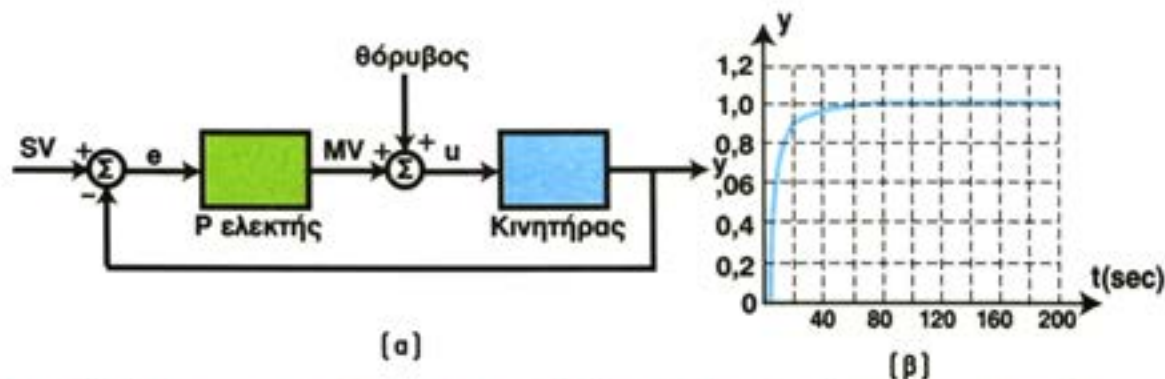
Σχήμα 20.1: Απόκριση συστήματος για βηματική είσοδο

Όταν ελέγχουμε μια παράμετρο μιας διεργασίας, επιθυμούμε να την αυξήσουμε ή να τη μειώσουμε γρήγορα από μια σταθερή τιμή σε μια άλλη σταθερή τιμή. Η μετάβαση αυτή χειροκίνητα καθυστερεί ή αδυνατεί να επιτύχει τον επιθυμητό στόχο. Ένας ελεγκτής ελέγχει την παράμετρο της διεργασίας με κάποια δική του αντικειμενική λογική και ευφυΐα, πιο αξιόπιστα και με ακρίβεια σε σύγκριση με το χειριστή, ωστόσο, αν δεν ρυθμιστεί σωστά, μπορεί να οδηγήσει σε ταλαντώσεις και άλλα σφάλματα. Τέτοια λογική μπορεί να είναι η ελαχιστοποίηση της υπερακόντισης, του σφάλματος σταθερής κατάστασης και του χρόνου απόκρισης, σχήμα 20.1.

Όπως ήδη αναφέραμε, προκειμένου το σύστημα να είναι ικανό να παρουσιάζει μια επιθυμητή συμπεριφορά, είναι απαραίτητη η χρήση ενός ελεγκτή. Το σύστημα με τον ελεγκτή μπορεί να αποτελούν ένα σύστημα ανοικτού βρόχου ή ένα σύστημα κλειστού βρόχου. Ένα σύστημα είναι ανοικτού βρόχου, όταν η έξοδος του δεν επιδρά στην είσοδο του συστήματος, σχήμα 20.2. Ένα σύστημα είναι κλειστού βρόχου, όταν η έξοδος του επιδρά στην είσοδο του συστήματος με σκοπό την αυτοδιόρθωση του συστήματος, σχήμα 20.3.

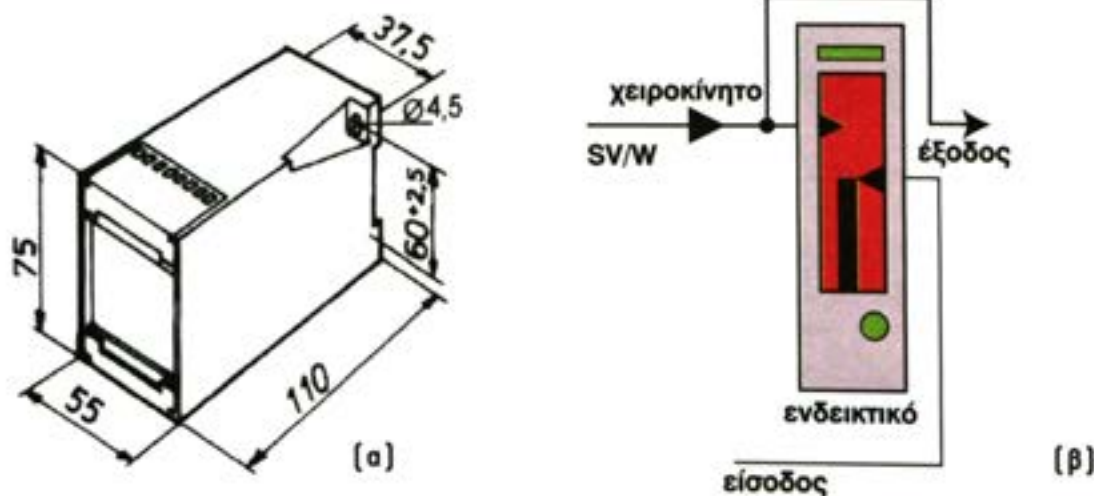


Σχήμα 20.2: Απόκριση ανοικτού βρόχου χωρίς ελεγκτή ή με ελεγκτή στο χειροκίνητο (manual)



Σχήμα 20.3: Σύστημα και απόκριση κλειστού βρόχου (ελεγκτής, σύστημα κινητήρα, διαταραχή, επιθυμητή ταχύτητα και ταχύτητα περιστροφής κινητήρα y)

Ο απλούστερος ελεγκτής που μπορεί να χρησιμοποιηθεί είναι ο αναλογικός-Ρ ελεγκτής (Proportional controller) που φαίνεται στο σχήμα 20.4.



Σχήμα 20.4: Βιομηχανικός αναλογικός ελεγκτής και χειροκίνητη (manual) σύνδεση

Ο ελεγκτής αυτός δημιουργεί μία δράση που είναι ανάλογη του σφάλματος $e(t)$, δηλαδή της διαφοράς μεταξύ επιθυμητής και πραγματικής τιμής της εξόδου. Δηλαδή ο ελεγκτής συγκρίνει συνεχώς την επιθυμητή έξοδο του

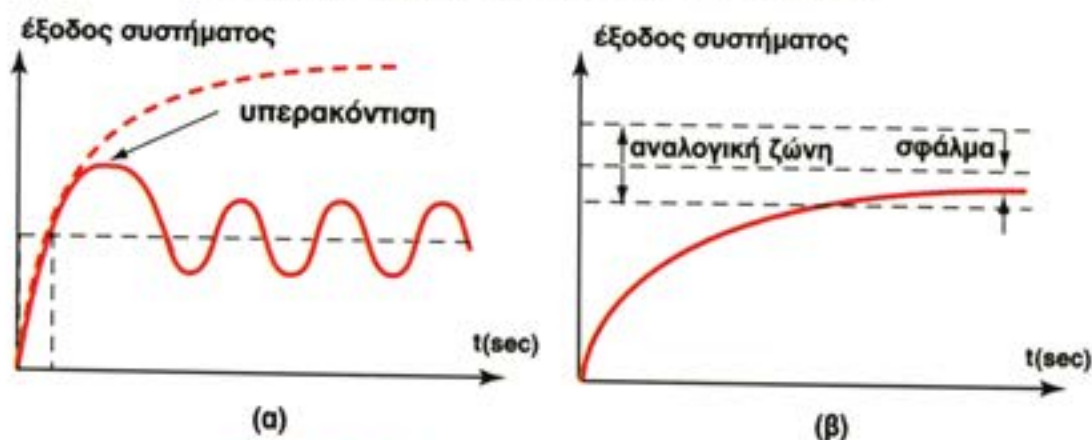
συστήματος με την πραγματική και παράγει ένα διορθωτικό σήμα, όταν η διαφορά μεταξύ αυτών των δυο τιμών είναι μετρήσιμη. Έτσι η επίδραση του αναλογικού ελεγκτή είναι:

$$MV(t) = P \cdot e(t) \quad (20.1)$$

Όπου P η απολαβή (ή ευαισθησία) του ελεγκτή. Η απολαβή συνδέεται με ένα άλλο μέγεθος του ελεγκτή, την αναλογική ζώνη [proportional band - PB]. Δηλαδή:

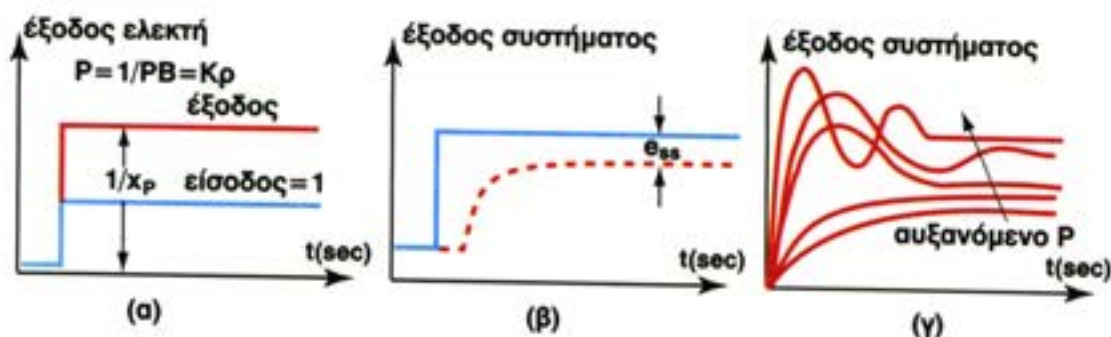
$$P = \frac{1}{PB[\%]} = k = k_p \quad (20.2)$$

Στη βιομηχανία χρησιμοποιείται περισσότερο η έννοια της αναλογικής ζώνης (Proportional Band PB), παρά αυτή του κέρδους [P]. Στο σχήμα 20.5, φαίνεται η φυσική ερμηνεία της αναλογικής ζώνης (Proportional Band $PB = 1/P$), που είναι η επιθυμητή ζώνη διακύμανσης του ελεγχόμενου μεγέθους.



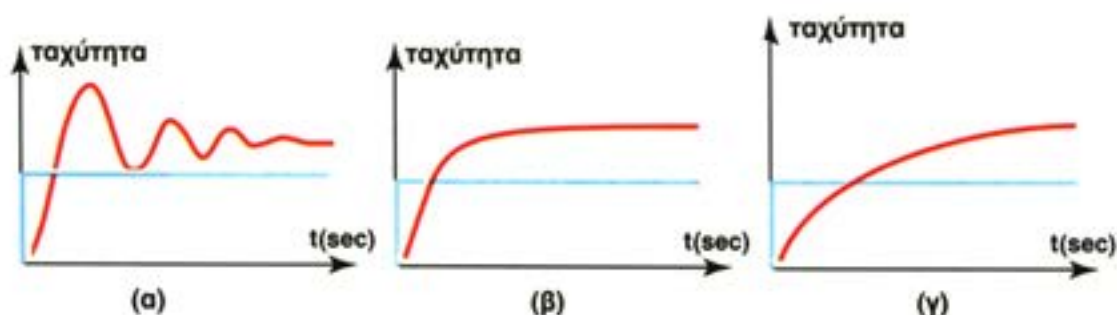
Σχήμα 20.5: Φυσική ερμηνεία της αναλογικής ζώνης

Ένα σημαντικό μειονέκτημα στη δράση του αναλογικού- P ελεγκτή, είναι ότι τελικά παρουσιάζει ένα σφάλμα μόνιμης κατάστασης (δηλ. σφάλμα μετά από θεωρητικά άπειρο χρόνο και πρακτικά μετά από $3 \div 4 T$) διάφορο του μηδενός, όταν έχουμε διαταραχή φορτίου, ή αλλιώς η είσοδος αναφοράς (set point), όπως φαίνεται στο σχήμα 20.6 (β). Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται *αντιστάθμιση (offset)*. Για να σμικρύνουμε το σφάλμα αυτό αυξάνουμε το βαθμό ενίσχυσης P ($P = 1/PB$). Μεγάλο P όμως μπορεί να οδηγήσει το σύστημα σε ταλάντωση, σχήμα 20.6(γ).



Σχήμα 20.6: (α) Βηματική απόκριση εξόδου ελεγκτή, (β) εξόδου συστήματος με P ελεγκτή (είναι εμφανές το σφάλμα σταθερής κατάστασης e_{ss}) και (γ) βηματική απόκριση συναρτήσει της αύξησης του κέρδους P

Στο σχήμα 20.7 βλέπουμε τρεις διαφορετικές αποκρίσεις ενός συστήματος καθώς η απολαβή P μειώνεται.



Σχήμα 20.7: Αποκρίσεις συστήματος σε βηματική διέγερση με P έλεγχο: (α) αστάθεια/ ταλάντωση, (β) ικανοποιητική, (γ) αργή

Είναι επομένως πολύ σημαντικό να *ρυθμίζουμε* κατάλληλα τον ελεγκτή, ώστε να ελαχιστοποιούμε το σφάλμα μόνιμης κατάστασης, χωρίς όμως να οδηγούμε το σύστημα σε αστάθεια.

Για να ρυθμίσουμε (κάνουμε tuning, ρεγουλάρουμε, καλιμπράρουμε) έναν ελεγκτή (κατευθυντή, controller) τύπου P (Proportional) πρέπει να επιλέξουμε την παράμετρο:

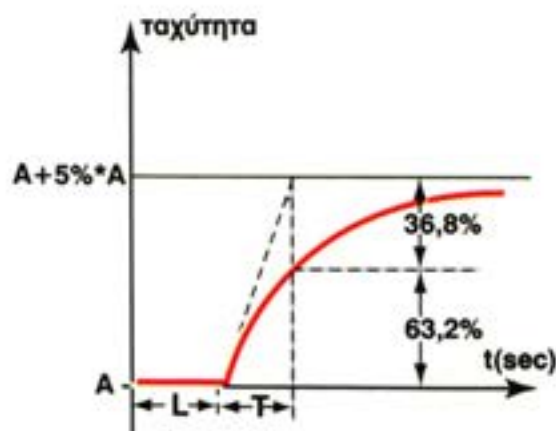
$$PB = \text{Proportional Band} = \text{Ζώνη Κέρδους} = 1/P$$

Συνήθως ρυθμίζουμε τον ελεγκτή πρακτικά, από εμπειρικούς κανόνες. Η απολαβή P υπολογίζεται από παραμέτρους μετρούμενες στην καμπύλη της απόκρισης, όπως φαίνεται στον ΠΙΝΑΚΑ 1.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1

ΤΥΠΟΣ ΕΛΕΓΚΤΗ	PB %
P	$100 / (1.2 * T/L)$

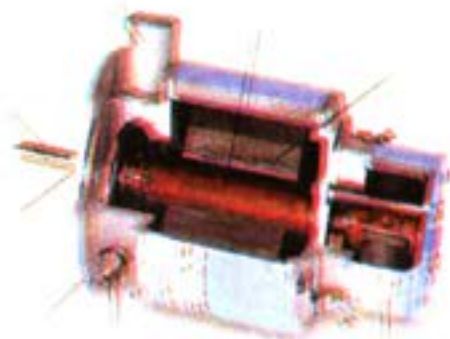
Οι χρονικές σταθερές L και T είναι ο χρόνος καθυστέρησης και η σταθερά απόκρισης αντίστοιχα και υπολογίζονται από την καμπύλη απόκρισης του σχήματος 20.8.



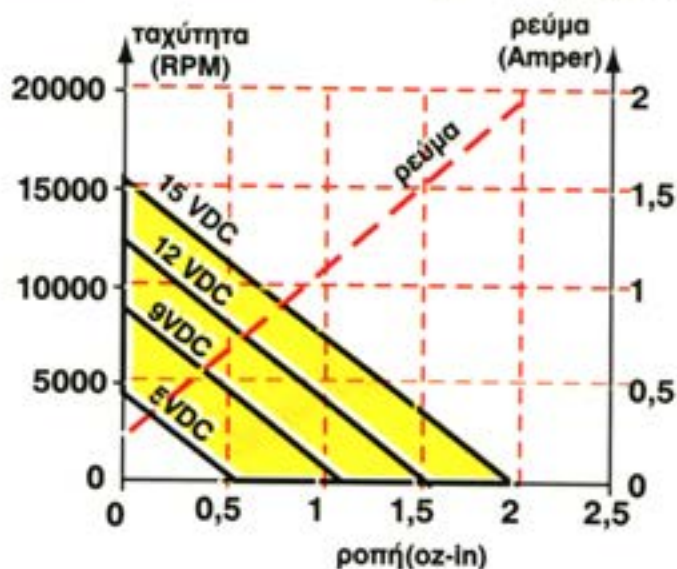
Σχήμα 20.8: Η καμπύλη απόκρισης ενός συστήματος για βηματική διέγερση, με τις σταθερές του χρόνου καθυστέρησης L και χρόνου απόκρισης T

Β. Ο Κινητήρας συνεχούς ρεύματος

Οι κινητήρες συνεχούς ρεύματος, βλ. σχήμα 20.9, χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο θέσης, ταχύτητας και ισχύος συστημάτων χαμηλής και μέσης ισχύος, χρησιμοποιούνται δε σε συσκευές αυτοματισμού γραφείου, και ιατρικών οργάνων.



(α)



(β)

Σχήμα 20.9: Τυπικές χαρακτηριστικές καμπύλες ροπής - ταχύτητας - ρεύματος dc κινητήρα σταθερού μαγνήτη

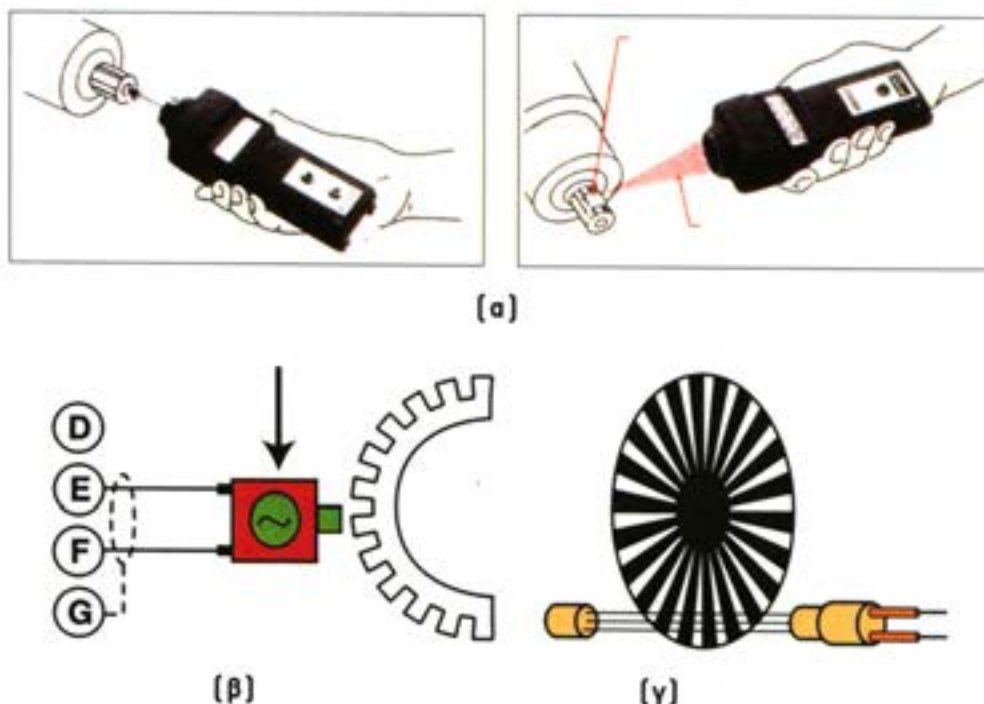
Οι dc κινητήρες, διακρίνονται:

- Α. ως προς την ισχύ τους σε ακεραίου και κλάσματος του ίντσου
- Β. ως προς τον τύπο του μαγνητικού πεδίου σε σταθερού μαγνήτη, διέγερσης σειράς, διπλής διέγερσης σειράς, παράλληλης διέγερσης, μικτής διέγερσης
- Γ. ως προς το χρόνο λειτουργίας τους σε συνεχούς και διακεκομμένης
- Δ. και τέλος ως προς την μέθοδο ψύξης τους.

Στο παράρτημα ΙΙΙ δίνονται οι τυπικές χαρακτηριστικές ρεύματος και ταχύτητας συναρτήσει των στροφών του κινητήρα για (α) dc κινητήρα διέγερσης σειράς, (β) dc κινητήρα διπλής (split) διέγερσης σειράς, (γ) dc κινητήρα παράλληλης διέγερσης, (δ) dc κινητήρα μικτής διέγερσης και (ε) dc κινητήρα με σταθερά μαγνήτη.

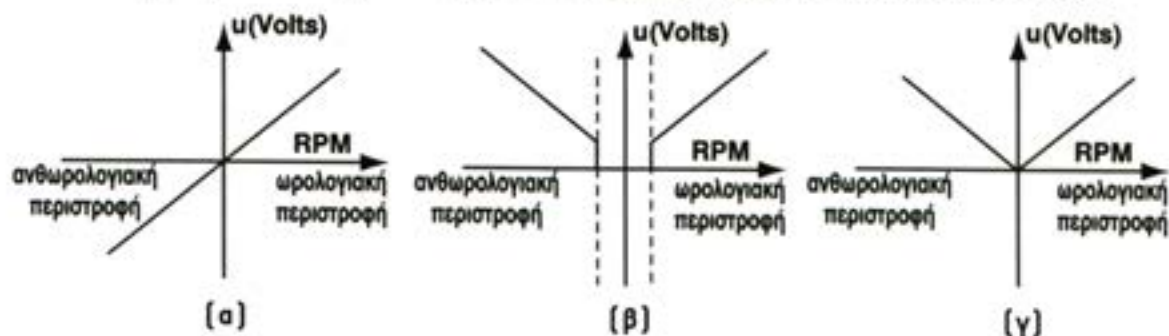
Γ. Ο Κωδικοποιητής Στροφών - Ταχύμετρο

Τα ταχύμετρα χρησιμοποιούνται για μέτρηση γραμμικών και περιστροφικών ταχυτήτων από 2 rpm μέχρι 1.000.000 rpm, καθώς και για μετρήσεις συχνότητας και ροής, και στατιστικών ή παραγώγων μεγεθών, όπως επιτάχυνση, μέγιστη ταχύτητα κτλ. Χρησιμοποιούν αισθητήρια ηλεκτρομαγνητικά ή φωτοηλεκτρικά ή προσέγγισης, για μετατροπή της περιστροφής σε σήμα συχνότητας, σχήμα 20.10. Μονάδες αυτόματης μεταβολής κέρδους (AGC) βελτιστοποιούν το λόγο σήματος προς θόρυβο (SNR) για σωστό σήμα σε υψηλότητες ταχύτητας. Το ηλεκτρονικό κύκλωμα ενός ταχύμετρου αποτελείται από το αισθητήριο, τον ενισχυτή παλμών και τον επεξεργαστή (ολοκληρωτή) παλμών που βρίσκει το μέσο όρο των παλμών.

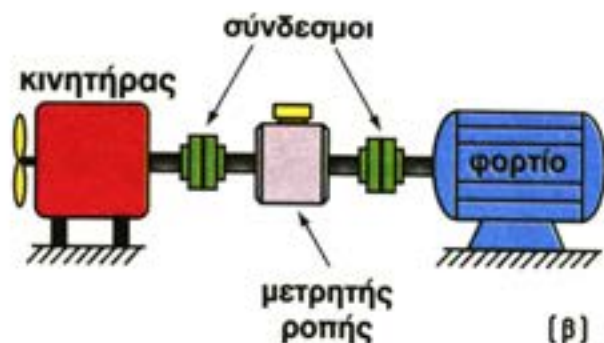


Σχήμα 20.10: Διούρματος μαγνητικός και οπτικός κωδικοποιητής στροφών/ταχύτητας dc κινητήρα (χωρίς ανίχνευση κατεύθυνσης περιστροφής)

Οι χαρακτηριστικές του κωδικοποιητή ταχύτητας συνήθως δείχνουν την κατεύθυνση περιστροφής του κινητήρα, ενώ άλλες φορές για να αποφύγουν τις τριβές και το θόρυβο διαθέτουν υστέρηση, σχήμα 20.11.



Σχήμα 20.11: Χαρακτηριστικές κωδικοποιητή ταχύτητας



Σχήμα 20.12: Κινητήριοι σύνδεσμοι κινητήρων φορτίων

Διαδικασία

Κατά την εκτέλεση της άσκησης ακολουθήστε τα εξής βήματα:

1^ο τρίωρο

A. Δημιουργία και έλεγχος λειτουργίας του πειραματικού κυκλώματος

- Ελέγξτε την καλή κατάσταση του κινητήρα, που συμπεριλαμβάνει:
 - 1.1 αναγνώριση θέσης και κατάστασης κυκλώματος και ακροδεκτών
 - 1.2 έλεγχο συνέχειας στάτη / ρότορα με ωμόμετρο,
 - 1.3 έλεγχο διαρροών κυκλώματος στάτη / ρότορα με μεγερόμετρο (Να γίνεται με ιδιαίτερο έλεγχο της πειραματικής διάταξης από τον καθηγητή λόγω της τάσης 500 Volts),
 - 1.4 έλεγχο κατάστασης (φθοράς) συλλέκτη και λωπών μερών,
 - 1.5 επαλήθευση της χαρακτηριστικής καμπύλης του κινητήρα, σχήμα 20.9.
- Συνδέστε το ωμόμετρο στα άκρα του ρότορα. Τι ένδειξη έχετε; Ποια είναι η γνώμη σας για την κατάσταση του ρότορα;
- Συνδέστε το ωμόμετρο στα άκρα του στάτη. Τι ένδειξη έχετε; Ποια είναι η γνώμη σας για την κατάσταση του στάτη;
- Ελέγξτε πιθανές διαρροές του κυκλώματος του στάτη και του ρότορα με μεγερόμετρο. **Προσοχή στην τάση 500 Volt**, μην κεραυνοβοληθείτε και μην κεραυνοβολήσετε τα λοιπά κυκλώματα οδήγησης και ελέγχου. Αποσυνδέστε τα κυκλώματα οδήγησης και ελέγχου.
- Συνδέστε μηχανικά τον αισθητήρα (κωδικοποιητή) ταχύτητας (στροφών) στον κινητήρα (συνήθως η σύνδεση γίνεται με έναν απλό σφιγκτήρα).

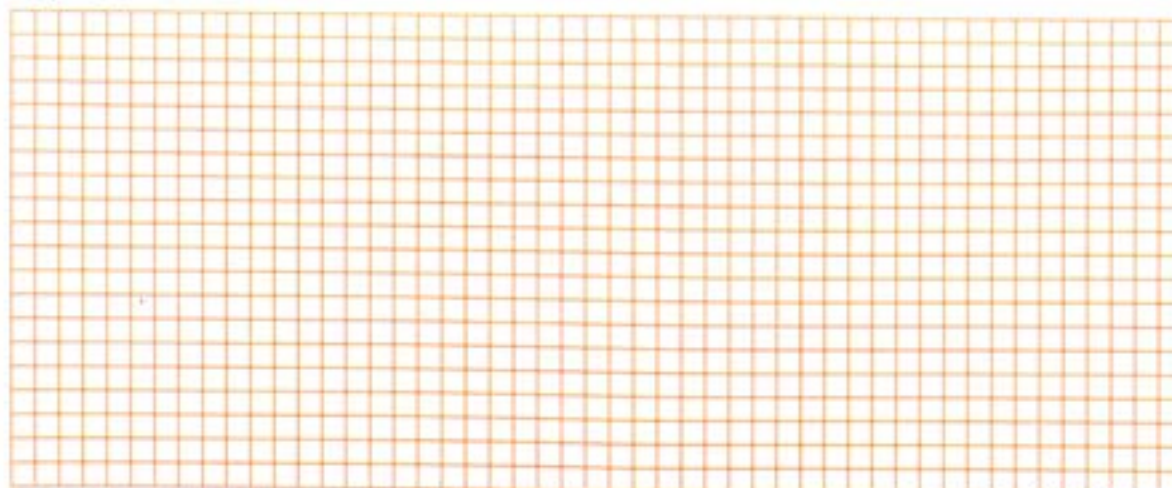
6. Συνδέστε το κύκλωμα οδήγησης (interface) στον κινητήρα (συμβουλευτείτε το τεχνικό φυλλάδιο του κυκλώματος οδήγησης του κινητήρα).
7. Συνδέστε ένα αμπερόμετρο σε σειρά στην τροφοδοσία του κινητήρα.
8. Συνδέστε ένα βοήτομετρο παράλληλα στην τροφοδοσία του κινητήρα.
9. Μεταβάλλετε το ρεύμα τροφοδοσίας (άρα και το φορτίο) του κινητήρα και σημειώστε κάθε φορά την ένδειξη του αισθητήρα ταχύτητας. Συμπληρώστε τον ΠΙΝΑΚΑ Α. Η τελευταία στήλη του πίνακα συμπληρώνετε με τη βοήθεια του πίνακα μετατροπής (ηλεκτρικό σήμα σε ταχύτητα) του αισθητηρίου που δίνεται στο τεχνικό φυλλάδιο του ταχύμετρου.

ΠΙΝΑΚΑΣ Α

ΡΕΥΜΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ τροφοδοσίας dc κινητήρα [A]	ΕΝΔΕΙΞΗ ΑΙΣΘΗΤΗΡΑ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ [Volts ή Hz ή mA]	ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΗΣ [στροφές / min]

10. Από τον ΠΙΝΑΚΑ Α σχεδιάστε την απόκριση της ταχύτητας περιστροφής του κινητήρα συνάρτησής του ρεύματος που τον διαρρέει (άρα του φορτίου του κινητήρα).

ταχύτητα



I (ρεύμα - A)

11. Διακόψτε τη τροφοδοσία του κινητήρα.
12. Συνδέστε το καταγραφικό στην έξοδο του αισθητήρα ταχυτήτων.

13. Τροφοδοτήστε τον κινητήρα και περιμένετε μέχρι να σταθεροποιηθεί η λειτουργία του (σταθερή ταχύτητα περιστροφής). Από την απόκριση του κινητήρα υπολογίστε το χρόνο καθυστέρησης, τη σταθερά χρόνου του κινητήρα και την υπερακόντιση.
14. Από το διάγραμμα της απόκρισης προσδιορίστε την χρονική σταθερά απόκρισης του dc κινητήρα βλ. σχήμα 20.8
15. Διακόψτε την τροφοδοσία του κινητήρα.

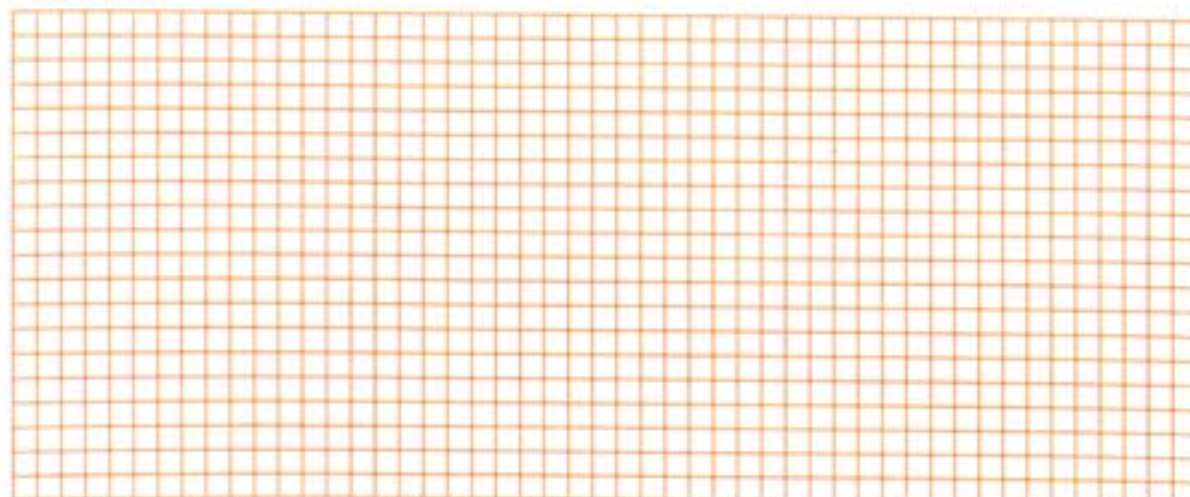
Σημείωση: Αν στο εργαστήριο δεν υπάρχει καταγραφικό μηχάνημα, τότε μπορούμε να πάρουμε την απόκριση του κινητήρα στο χρόνο με δύο τρόπους:

- Χρησιμοποιώντας παλμογράφο. Χρειάζεται όμως προσοχή να κρατήσουμε στην οθόνη του παλμογράφου την αρχή (χρόνο μηδέν) της απόκρισης.
- Χρησιμοποιούμε βοητόμετρο και συμπληρώνουμε ένα πίνακα σαν τον παρακάτω:

ΧΡΟΝΟΣ [sec]	ΕΝΔΕΙΞΗ ΑΙΣΘΗΤΗΡΑ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ [Volts ή Hz ή mA]	ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΗΣ [στροφές / min]
0 sec		
1 sec		
.....		
κτλ.		

16. Για να μετρήσουμε την ένδειξη του αισθητήρα ταχύτητας συνδέουμε παράλληλα στην έξοδό του ένα βοητόμετρο. Η τρίτη στήλη του πίνακα συμπληρώνετε με τη βοήθεια τεχνικών φυλλοδίων.
17. Από τον πίνακα αυτό τελικά σχεδιάζουμε την απόκριση της ταχύτητας του κινητήρα συναρτήσει του χρόνου.

ταχύτητα



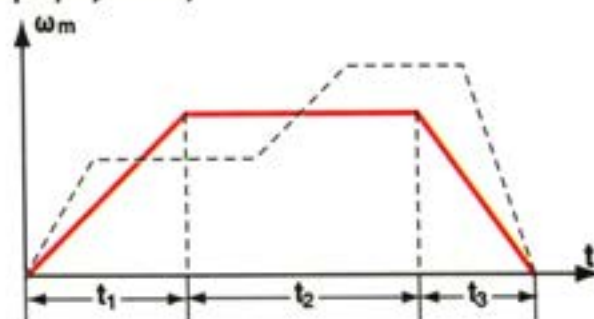
t(χρόνος)

2^ο τρίωρο

B. Δημιουργία και έλεγχος ανοικτού βρόχου

1. Σχεδιάστε το δομικό διάγραμμα βαθμίδων (block diagram) ελέγχου ανοικτού βρόχου του κινητήρα, χρησιμοποιώντας της μονάδες του κινητήρα, του ελεγκτή, του αισθητήρα ταχύτητας και του κυκλώματος οδήγησης του κινητήρα.
2. Συνδέστε το κύκλωμα οδήγησης του dc κινητήρα στην έξοδο (MV, Y) του ελεγκτή (controller).
3. Στην είσοδο επιθυμητής τιμής (SV/W) του ελεγκτή δώστε μία τιμή της επιλογής σας. Με τον ελεγκτή στη θέση MANUAL δώστε στο κέρδος P τιμή 10. Παρακολουθήστε τις μεταβολές. Κανονικά σε κλασσικό βιομηχανικό ελεγκτή δεν θα πρέπει να συμβεί καμία μεταβολή. Ο ελεγκτής στη θέση MANUAL ελέγχεται μόνο στο MV και το SV και οι παράμετροι, όπως το P είναι "στον αέρα" ενώ το PV λειτουργεί σαν απλό ενδεικτικό στροφών. Αν όμως ρυθμίσετε το κέρδος του κυκλώματος οδηγού (τάσης) του κινητήρα τότε συνεχίστε με τα επόμενα βήματα 4-10.
4. Τροφοδοτήστε τον κινητήρα και περιμένετε μέχρι να σταθεροποιηθεί η λειτουργία του (σταθερή ταχύτητα περιστροφής).
5. Παρενοχήστε βηματικά τον κινητήρα με μια μικρή απότομη αύξηση στο ρυθμιστικό στροφών του ελεγκτή (θετική βηματική μεταβολή). Στο καταγραφικό παρατηρήστε την απόκριση του κινητήρα, δηλ. την ταχύτητα περιστροφής του κινητήρα συνάρτησε του χρόνου. Από το γράφημα αυτό υπολογίστε το χρόνο καθυστέρησης, τη σταθερά χρόνου και την υπερακόντιση του κινητήρα.
6. Αλλάξτε την τιμή του κέρδους του κυκλώματος οδηγού (τάσης) του κινητήρα. Επαναλάβετε τα βήματα 4-5.
7. Συγκρίνετε τα δύο γραφήματα. Τι παρατηρείτε; Για ποια από τις δύο τιμές του κέρδους του κυκλώματος οδηγού (τάσης) του κινητήρα έχουμε καλύτερη απόκριση;
8. Με την ίδια διαδικασία βρείτε το βέλτιστο κέρδος του κυκλώματος οδηγού (τάσης) του κινητήρα. Τι παρατηρείτε αν αλλάξουν οι συνθήκες (παράμετροι) στη διάταξη;
9. Για τη βέλτιστη απόκριση (άρα και το βέλτιστο κέρδος του κυκλώματος οδηγού (τάσης) του κινητήρα) σημειώστε το χρόνο καθυστέρησης, την υπερακόντιση, τη σταθερά χρόνου και το σφάλμα σταθερής κατάστασης. Υπολογίστε το κέρδος του κυκλώματος οδηγού (τάσης) του κινητήρα, ώστε οι παραπάνω σταθερές να βελτιωθούν κατά 30%.
10. Με τον ελεγκτή στη θέση MANUAL ελέγξτε το MV. Με αυτό τον τρόπο (δηλ. ελέγχοντας το MV) και με μόνο κριτήριο την ανάγνωση στροφών από τον μαθητή του στροφόμετρου, επιταχύνετε τον dc κινητήρα μέχρι μία σταθερή στάθμη στροφών και, αφού τη διατηρήσετε επί μικρό χρονικό διάστημα, επιβραδύνετε. Οι μεταβολή της ταχύτητας γίνεται με την έξοδο (MV/Y) του ελεγκτή σε χειροκίνητο (MANUAL). Αν ο ελεγκτής δεν είναι τυποποιημένος, η μεταβολή της ταχύτητας γίνεται με τη βοήθεια κάποιου ποτενσιόμετρου. Ακολουθήστε συγκεκριμένο μέτωπο ταχυτήτων του σχήματος 20.13 (πλήρης γραμμή). Καταγράψτε την ταχύτητα του ταχύμετρου.

ταχύτητα (στροφές/λεπτό)



Σχήμα 20.13: Μέτωπο (profile ελέγχου) οδήγησης ταχύτητας περιστροφής κινητήρα (επιτάχυνση - σταθερή ταχύτητα - επιβράδυνση)

11. Αξιολογήστε την επιτυχία ελέγχου σας στο χειροκίνητο (MANUAL).
12. Ξαναπροσπαθήστε το βήμα 10 στον χειροκίνητο (MANUAL) τρόπο λειτουργίας, που αντιστοιχεί σε έλεγχο ανοικτού βρόχου, με μεγαλύτερη προσπάθεια και εμπειρία του μαθητή, μέχρι τελικής επιτυχίας.
13. Πόσο δύσκολη σας φαίνεται αυτή η διαδικασία; Τι προτείνετε;
14. Διακόψτε τη τροφοδοσία του συστήματος.

3^ο τρίωρο

Γ. Δημιουργία και έλεγχος κλειστού βρόχου

1. Σχεδιάστε το δομικό διάγραμμα βαθμίδων (block diagram) ελέγχου κλειστού βρόχου του κινητήρα, χρησιμοποιώντας τις μονάδες του κινητήρα, του ελεγκτή, του αισθητήρα ταχύτητας και του κυκλώματος οδήγησης του κινητήρα.
2. Συνδέστε τον αισθητήρα ταχύτητας στην είσοδο (PV, X) του ελεγκτή. Στην περίπτωση που ο αισθητήρας έχει έξοδο τάση, η σύνδεση αυτή είναι μια απλή διασύρματη σύνδεση. Αν η έξοδος είναι ρεύμα, απαιτείται να μεσοληβήσει κύκλωμα μετατροπής ρεύματος σε τάση. Αν η έξοδος είναι παλμοσειρά, απαιτείται να μεσοληβήσει κύκλωμα μετατροπής συχνότητας σε τάση (f-to-V converter).
3. Τοποθετήστε τον ελεγκτή στη θέση AUTO και δώστε μια τυχαία τιμή στην επιθυμητή τιμή. Δώστε στο κέρδος P τιμή ίση με 10.
4. Τροφοδοτήστε τον κινητήρα και περιμένετε μέχρι να σταθεροποιηθεί η λειτουργία του (σταθερή ταχύτητα περιστροφής), για δεδομένη SV του ελεγκτή (π.χ. 50 % της μέγιστης τιμής της ταχύτητας περιστροφής του κινητήρα).
5. Παρενοχλήστε βηματικά τον κινητήρα με μια μικρή απότομη αύξηση της επιθυμητής τιμής (θετική βηματική μεταβολή ίση με 10% της μέγιστης ταχύτητας). Στο καταγραφικό παρατηρήστε την απόκριση του κινητήρα. Από το γράφημα αυτό υπολογίστε το χρόνο καθυστέρησης, τη σταθερά χρόνου και την υπερακόντιση του κινητήρα.

6. Διακόψτε την τροφοδοσία του κινητήρα.
7. Δώστε στο κέρδος P τιμή ίση με 30. Επαναλάβετε τα ερωτήματα 4, 5 και 6.
8. Δώστε στο κέρδος P τιμή ίση με 100. Επαναλάβετε τα ερωτήματα 4, 5 και 6.
9. Συγκρίνετε τα τρία γραφήματα από τις προηγούμενες ερωτήσεις. Τι παρατηρείτε; για ποια από τις τρεις τιμές έχουμε καλύτερη απόκριση;
10. Για την καλύτερη από τις τρεις αποκρίσεις σημειώστε το χρόνο καθυστέρησης και τη σταθερά χρόνου. Υπολογίστε το κέρδος P του ελεγκτή, ώστε οι δύο αυτές σταθερές να βελτιωθούν κατά 30% (συμβουλευτείτε τον ΠΙΝΑΚΑ 1 της θεωρίας).
11. Ρυθμίστε τον ελεγκτή στη νέα αυτή τιμή του P και επαναλάβετε τα ερωτήματα 4, 5 και 6.
12. Συγκρίνετε την απόκριση του κινητήρα (μέσω του γραφήματος του καταγραφικού) με την απόκριση από το βέλτιστο γράφημα των τριών προηγούμενων περιπτώσεων. Είναι όντως μικρότερες κατά 30% ο χρόνος καθυστέρησης και η σταθερά χρόνου;
13. Επιταχύνετε τον dc κινητήρα μέχρι μία σταθερή στάθμη στροφών και αφού την διατηρήσετε επί μικρό χρονικό διάστημα, επιβραδύνετε. Η μεταβολή της ταχύτητας γίνεται με την είσοδο επιθυμητής τιμής (SV/W) σε αυτόματη λειτουργία του ελεγκτή. Αν ο ελεγκτής δεν είναι τυποποιημένος, η μεταβολή της ταχύτητας γίνεται με τη βοήθεια κάποιου ποτενσιόμετρου. Ακολουθήστε συγκεκριμένο μέτωπο ταχυτήτων του σχήματος 20.13 (πλήρη γραμμή). Καταγράψτε την ταχύτητα του ταχύμετρου.
14. Καταγράψτε τα σήματα *ανάδρασης* ταχύτητας σε καταγραφικό.
15. Διακόψτε την τροφοδοσία του συστήματος.

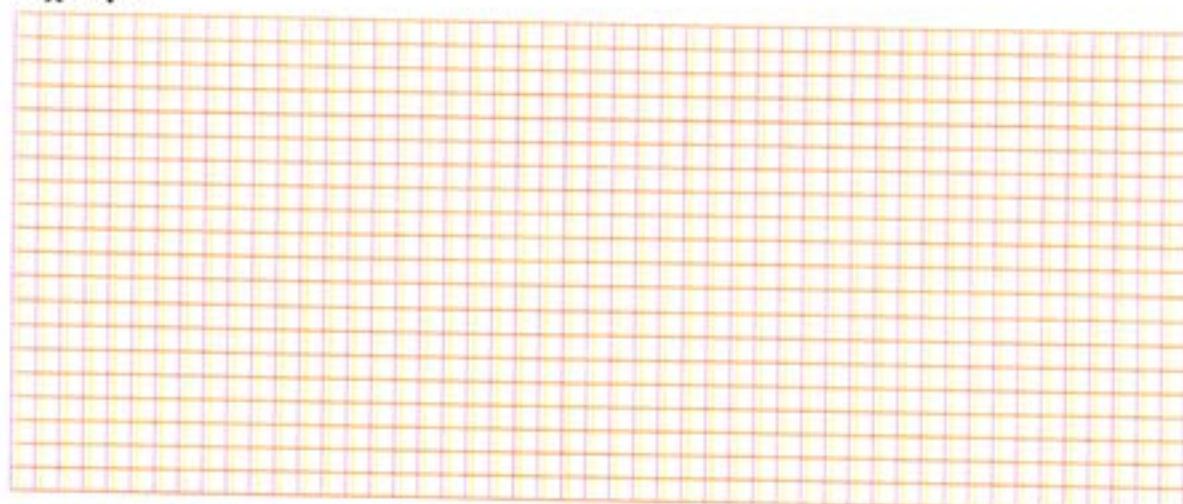
Δ. Μετρήσεις χαρακτηριστικών dc κινητήρα

1. Τροφοδοτήστε τον κινητήρα και περιμένετε μέχρι να σταθεροποιηθεί η λειτουργία του (σταθερή ταχύτητα περιστροφής).
2. Συνδέστε το βοήτομετρο (παράλληλα) και αμπερόμετρο (σε σειρά) στην τροφοδοσία του dc κινητήρα και μεταβάλλετε τη ροπή μεταβάλλοντας το μηχανικό φορτίο του κινητήρα (με αύξηση της πέδησης). Σε μικρούς κινητήρες πέδηση μπορεί να εφαρμοστεί με τριβή στον άξονα.
3. Παρανοχήστε βηματικά τον κινητήρα με μια μικρή απότομη ελάττωση της επιθυμητής τιμής (αρνητική βηματική μεταβολή). Η μεταβολή αυτή αντιστοιχεί σε διαδικασία πέδησης. Στο καταγραφικό παρατηρήστε και ερμηνεύστε την απόκριση του κινητήρα.
4. Επαναλάβετε το ερώτημα 3 για δύο διαφορετικές τιμές του κέρδους P . Πώς επηρεάζει η τιμή του P τη συμπεριφορά του κινητήρα;
5. Μειώστε το κέρδος του ελεγκτή P , έτσι ώστε η ροπή του να είναι συγκρίσιμη με τις τριβές και να παρουσιαστεί νεκρή περιοχή (dead zone). Καταγράψτε τη νεκρή ζώνη (ελάχιστη τιμή εκκίνησης του κινητήρα). Κατά τη μελέτη της νεκρής ζώνης χρησιμοποιήστε μικρές τιμές της τάσης οδήγησης (ενδεικτικά από 0-10% της περιοχής τάσης οδήγησης του dc κινητήρα σε Volt).
6. Μετρήστε την ταχύτητα και έμμεσα τη ροπή του dc κινητήρα μετρώντας το ρεύμα τροφοδοσίας, σχήμα 20.9.

ΡΕΥΜΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ της τροφοδοσίας του dc κινητήρα (σε A)	ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΗΣ (σε Volts ή Hz ή mA) στροφές / min

2. Σχεδιάστε και σχολιάστε τη χαρακτηριστική ροπής - ταχύτητας - ρεύματος του dc κινητήρα σας.

ταχύτητα



ροπή / φορτίο

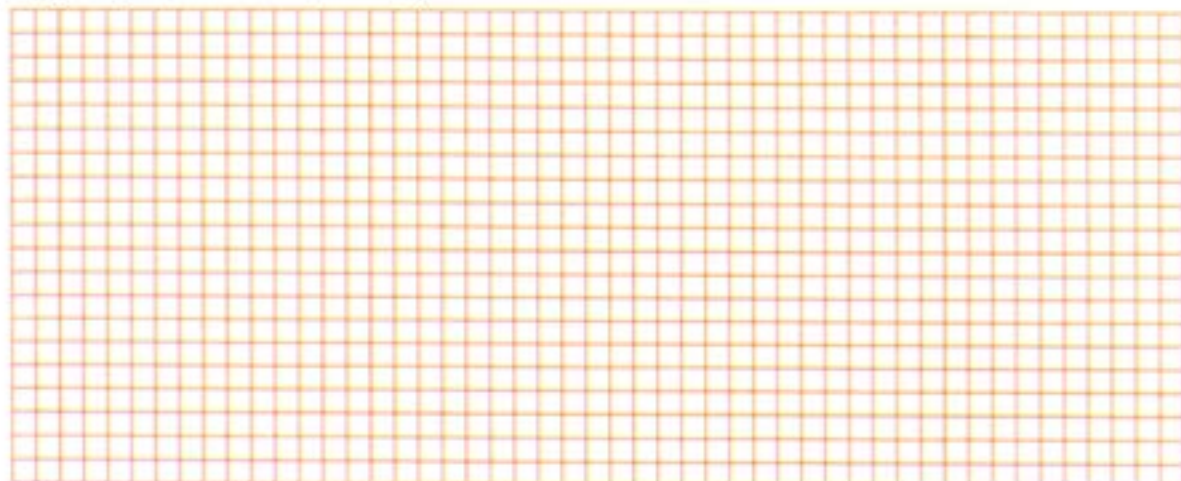
Ε. Μετρήσεις χαρακτηριστικών ταχύμετρου

1. Μετρήστε με βοητόμετρο (ή συχνόμετρο, ανάλογα) την έξοδο του ταχύμετρου σας για διάφορες ταχύτητες περιστροφής του κινητήρα.

ΤΑΣΗ ΤΑΧΥΜΕΤΡΟΥ (σε Volts)	ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΗΣ στροφές / min

2. Χαράξτε τη *στατική χαρακτηριστική* του δικού σας ταχύμετρου, τάση εξόδου ταχύμετρου σε σχέση με την πραγματική ταχύτητα περιστροφής, σχήμα 20.11. Και οι δύο παράμετροι μετρώνται στο ταχύμετρο.

έξοδος ταχυμέτρου
(συχνότητα / 4-20mA / τάση)



t(χρόνος)

3. Από την παραπάνω καμπύλη συνάγεται αν έχει πολικότητα η χαρακτηριστική του ταχύμετρου σας; Σχήμα 20.11.
4. Από την παραπάνω καμπύλη συνάγεται αν έχει υστέρηση η χαρακτηριστική του ταχύμετρου σας; Σχήμα 20.11.
5. Μετρήστε τάσεις (ή ρεύμα ή συχνότητα) στην *έξοδο* του ταχύμετρου σας και
6. Διακριβώστε το ταχύμετρο στις παρακάτω τιμές 0 - 10 % - 50 % - 90 % της ονομαστικής ταχύτητας περιστροφής. Η διακρίβωση ταχύμετρων προϋποθέτει την ύπαρξη και δεύτερου ακριβέστερου ταχύμετρου. Ωστόσο στο συγκεκριμένο βήμα διακρίβωση είναι η διαπίστωση ότι π.χ. το 10 % του ταχύμετρου αντιστοιχεί πραγματικά στο 10 % της μέγιστης μετρούμενης τιμής.

4^ο τρίωρο

ΣΤ. Ρυθμίσεις του P ελεγκτή σε κλειστό βρόχο

1. Δώστε δύο δικές σας τιμές στο χρόνο καθυστέρησης και στη σταθερά χρόνου (πόσο μικρά επιθυμείτε να είναι), υπολογίστε την τιμή του κέρδους P και επαναλάβετε τα ερωτήματα Β.9, Β.10 και Β.11. Είναι τα αποτελέσματα τα αναμενόμενα;
2. Τροφοδοτήστε το σύστημα και περιμένετε μέχρι να αποκατασταθεί η ισορροπία. Καταγράψτε το σφάλμα ελέγχου μόνιμης κατάστασης (τάση αναφοράς - τάση ταχογεννήτριας ή στροφόμετρου).

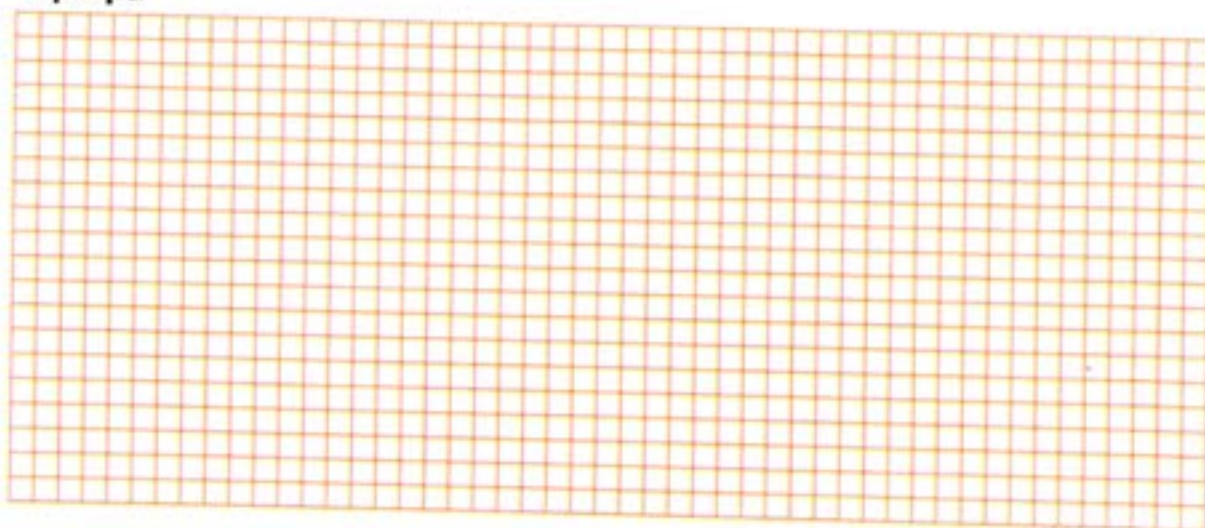
3. Αυξήστε το P κατά 20% από την προηγούμενη τιμή. Επαναλάβετε το ερώτημα 2.
4. Μειώστε το P (από τη βέλτιστη τιμή) κατά 20%. Επαναλάβετε το ερώτημα 2.
5. Από τις μεταβολές στο κέρδος του ελεγκτή, τι συμπεράσματα έχετε για την αποτελεσματικότητα του ελέγχου στο σφάλμα (με πολύ μικρό σφάλμα και μεγάλο κέρδος πράσω βρόχου ο έλεγχος είναι επαρκής), όπου: $v=P \cdot e$, όπου e = σφάλμα.
6. Δώστε στο κέρδος P μία μικρή τιμή και υπολογίστε το σφάλμα μόνιμης κατάστασης. Καταχωρίστε το στον ΠΙΝΑΚΑ Β.
7. Δώστε διαδοχικές τιμές στο P καταχωρίζοντας πάντα το σφάλμα στον ΠΙΝΑΚΑ Β. Συνεχίστε μέχρις ότου η απόκριση αρχίσει να παρουσιάζει αστάθεια (σημαντική ταλάντωση).

ΠΙΝΑΚΑΣ Β

P	ΕΠΙΘΥΜΗΤΗ ΤΙΜΗ (SV/W) ΤΗΣ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΗΣ		ΜΕΤΡΟΥΜΕΝΗ ΤΙΜΗ (PV/X) ΤΗΣ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΗΣ		ΣΦΑΛΜΑ (SV-PV)	
	Volt	σπρ/min	Volt	σπρ/min	Volt	σπρ/min

8. Με τη βοήθεια του ΠΙΝΑΚΑ Β σχεδιάστε τη γραφική παράσταση της μεταβολής του σφάλματος μόνιμης κατάστασης, e_{ss} , συναρτήσει του αναλογικού κέρδους P .

σφάλμα



κέρδος-P

9. Από το προηγούμενο διάγραμμα, πώς νομίζετε ότι επηρεάζει ο P έλεγχος το σφάλμα μόνιμης κατάστασης; Περίπου σε ποια τιμή του P το σφάλμα μόνιμης κατάστασης έχει τη μικρότερη τιμή του; Τι συμβαίνει με την υπερακόντιση;
10. Δώστε δύο δικές σας τιμές στο χρόνο καθυστέρησης και στη σταθερά χρόνου (πόσο μικρά επιθυμείτε να είναι) και επαναλάβετε τα ερωτήματα Β.4 και Β.5. Είναι τα αποτελέσματα τα αναμενόμενα;
11. Διακόψτε τη τροφοδοσία του συστήματος.
12. Δώστε στο κέρδος P μια μικρή τιμή. Παρενοχλήστε βηματικά τον κινητήρα με μια μικρή απότομη αύξηση στο ρυθμιστή στροφών του ελεγκτή (θετική βηματική μεταβολή).
13. Μετρήστε τη μέγιστη τιμή με την τελική τιμή της απόκρισης του κινητήρα (μέσω του αισθητήρα ταχύτητας). Η διαφορά των δύο τιμών (μέγιστη - τελική) δίνει την υπερακόντιση της απόκρισης του κινητήρα. Καταχωρίστε το αποτέλεσμα στον ΠΙΝΑΚΑ Γ.
14. Δώστε διαδοχικές τιμές στο P καταχωρίζοντας πάντα την υπερακόντιση στον ΠΙΝΑΚΑ Γ. Συνεχίστε μέχρις ότου η απόκριση αρχίσει να παρουσιάζει αστάθεια (σημαντική ταλάντωση).

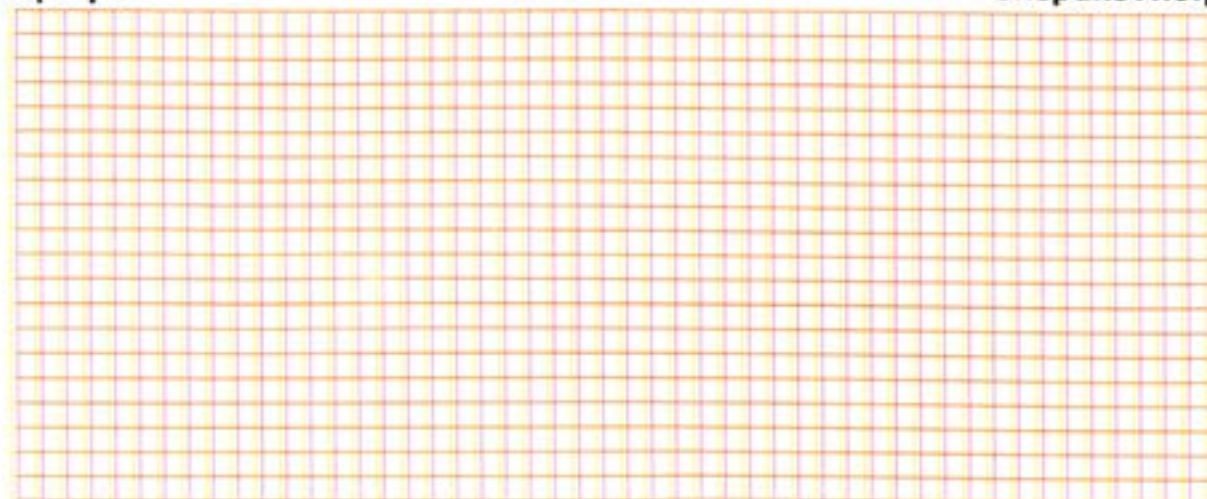
ΠΙΝΑΚΑΣ Γ

P	Μέγιστη τιμή		Τελική τιμή		Υπερακόντιση	
	Volt	σtp/min	Volt	σtp/min	Volt	σtp/min

15. Με τη βοήθεια του ΠΙΝΑΚΑ Γ σχεδιάστε τη γραφική παράσταση της μεταβολής της υπερακόντισης συναρτήσει του P μαζί με αυτή της μεταβολής του σφάλματος.

σφάλμα

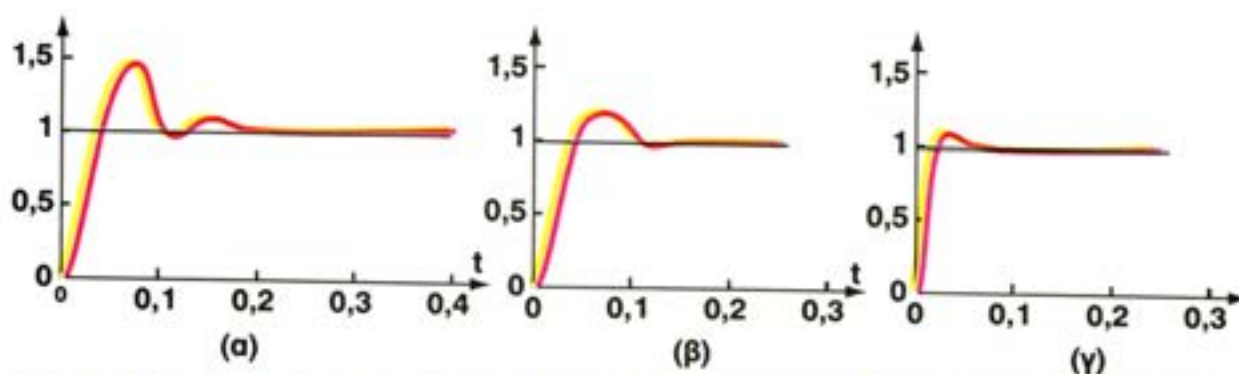
υπερακόντιση



κέρδος-P

16. Από το προηγούμενο γράφημα ποια πιστεύετε ότι είναι η καλύτερη τιμή του κέρδους P ;
17. Επιταχύνετε τον dc κινητήρα μέχρι μία σταθερή στάθμη στροφών και αφού τη διατηρήσετε επί μικρό χρονικό διάστημα, επιβραδύνετε. Η μεταβολή της ταχύτητας γίνεται με την είσοδο επιθυμητής τιμής (SV/W) σε αυτόματη λειτουργία. Αν ο ελεγκτής δεν είναι τυποποιημένος, η μεταβολή της ταχύτητας γίνεται με τη βοήθεια κάποιου ποτενσιόμετρου. Ακολουθήστε συγκεκριμένο μέτωπο ταχυτήτων του σχήματος 20.13 (πλήρη γραμμή). Καταγράψτε την ταχύτητα του ταχύμετρου.
18. Καταγράψτε τα σήματα *ανάδρασης* ταχύτητας σε καταγραφικό.
19. Συγκρίνετε τις *ταχύτητες απόκρισης* και τις *υπερακοντίσεις* για όλες τις περιπτώσεις ανοικτού και κλειστού βρόχου με αναδράσεις ταχύτητας (κάντε όλες τις απαιτούμενες συνδέσεις και μετρήσεις, που σας είναι γνωστές από προηγούμενα ερωτήματα).
20. Συγκρίνετε το *σφάλμα μόνιμης κατάστασης* για όλες τις περιπτώσεις ανοικτού και κλειστού βρόχου.
21. Εκτελέστε *έλεγχο ταχύτητας* κινητήρα (θετική βηματική μεταβολή).
22. Εκτελέστε *ελεγχόμενη πέδηση* κινητήρα (αρνητική βηματική μεταβολή). Ερμηνεύστε τη *χαρακτηριστική πέδησης* του κινητήρα.

Ζ. Ερωτήσεις



Σχήμα 20.14: Βηματικές αποκρίσεις κινητήρων με υπερακόντιση: (α), (β) μη αποδεκτές και (γ) αποδεκτή

1. Ποια είναι η βέλτιστη απόκριση από τις παρακάτω αποκρίσεις και γιατί; Ποια είναι τα μειονεκτήματα των λοιπών αποκρίσεων;
2. Σχεδιάστε έλεγχο κινητήρα με δυνατότητα αναστροφής της φοράς περιστροφής.
3. Γιατί το *σφάλμα έλεγχου* ενισχύεται κατά τον έλεγχο από τον P ελεγκτή;
4. Σχεδιάστε το κύκλωμα οδήγησης του dc κινητήρα.
5. Πόσους τρόπους πέδησης κινητήρων γνωρίζετε (τουλάχιστον 4);
6. Κατά την εκκίνηση ο dc κινητήρας συνδέεται με διέγερση σειράς και αμέσως αργότερα παράλληλα. Γιατί;
7. Πόσων ειδών *τεχνολογίες* στα ταχύμετρα γνωρίζετε; Πώς υλοποιείται ένας *αισθητήρας* θέσης & ταχύτητας & ποσής;

8. Ποια είναι η φυσική σημασία της υστέρησης στους αισθητήρες ταχύτητας;
 9. Πρέπει οι μηχανικοί ζεύκτες (σύνδεσμοι, coupler) να είναι *άκαμπτοι* ή ευέλικτοι;
 10. Σε περίπτωση κακής μηχανικής σύζευξης των αξόνων τι *προβλήματα* παρουσιάζονται;
 11. Πώς οι συνδεσμολογίες διέγερσης του dc κινητήρα επιτρέπουν συνδυασμούς για την καλύτερη συμπεριφορά σε στροφές, ροπή και κατανάλωση;
 12. Υπάρχει αντίστροφη $\square$ / ευθεία σχέση ροπής $\square$ / ταχύτητας περιστροφής του dc κινητήρα και αντίστροφη $\square$ / ευθεία σχέση ροπής $\square$ / ρεύματος dc κινητήρα, σχήμα 20.14.
 13. Η δράση του P ελεγκτή είναι ο απλούστερος έλεγχος και εφαρμόζει μια απλή αναλογική δράση, ένα κέρδος πάνω στο σφάλμα ελέγχου, αλλά είναι ανεπαρκής γιατί
-
14. Ο P ελεγκτής δεν επαρκεί για τον ακριβή και ικανοποιητικό έλεγχο ενός dc κινητήρα γιατί
-
15. Ο P ελεγκτής συνήθως παρουσιάζει σφάλμα σταθερής κατάστασης e_{ss} γιατί
-
16. Η αύξηση του αναλογικού κέρδους (αντίστροφα η μείωση της αναλογικής ζώνης PB) του ελεγκτή αυξάνει $\square$ / μειώνει $\square$ την ταχύτητα περιστροφής του dc κινητήρα, σχήμα 20.6.
 17. Η αύξηση του αναλογικού κέρδους (αντίστροφα η μείωση της αναλογικής ζώνης PB) του ελεγκτή μειώνει το παραμένον σφάλμα σταθερής κατάστασης e_{ss} , σχήμα 20.6 (γ).

Η. Παρατηρήσεις - Συμπεράσματα

Θ. Παραρτήματα

Παράρτημα Ι: Ανάδραση

Το κλασικό σύστημα με ανάδραση μελετάται για την περίπτωση ενισχυτή κέρδους P με αρνητική ανάδραση k , στο σχήμα 20.2 το κέρδος ανάδρασης $k = 1$, δηλ:

$$e(t) = \text{είσοδος} - k \cdot \text{έξοδος} = \text{σφάλμα ελέγχου}$$

$$\text{έξοδος} = P \cdot e(t) = P \cdot (\text{είσοδος} - k \cdot \text{έξοδος}) = P \cdot (SV - k \cdot PV)$$

$$G = \text{κέρδος κλειστού βρόχου} = \frac{\text{έξοδος}}{\text{είσοδος}} = \frac{P}{1 + P \cdot k} = \text{συνάρτηση μεταφοράς}$$

Το σφάλμα είναι ο κινητήριος μηχανισμός (διορθωτική δύναμη, ενεργός ισχύς) των ΣΑΕ, δηλ. αυτό επισημαίνει στο σύστημα την ανάγκη για διόρθωση, αλλά και ενισχυόμενο (το ηλεκτρικό σήμα που αντιπροσωπεύει το σφάλμα) οδηγεί και διορθώνει το σύστημα. Στα ΣΑΕ το κέρδος G είναι γνωστό και σαν συνάρτηση μεταφοράς. Για τον κλειστό βρόχο έχουμε να παρατηρήσουμε (πάντα σε σχέση με το ανοικτό σύστημα) ότι:

- α. έχει μεγαλύτερη στατική (μακροπρόθεσμη) ακρίβεια ελέγχου

- β. είναι λιγότερο ευαίσθητο σε μεταβολές των χαρακτηριστικών των εξαρτημάτων του
- γ. διορθώνει αυτόματα το λάθος του συστήματος
- δ. οι ανοχές των εξαρτημάτων του μπορεί να είναι μικρότερες για ίδια απόδοση
- ε. μεταβολή της εξόδου προκαλούμενη από μεταβολή του κέρδους είναι μικρότερη στον κλειστό βρόχο
- στ. τυχόν μεταβολή στον κλάδο ανατροφοδότησης επιδρά ευθέως στην έξοδο του συστήματος (ενώ μεταβολή στο πρόσω βρόχο έχει μικρή επίδραση στην έξοδο)
- ζ. ιδιαίτερα για τις χαμηλές συχνότητες (στατική ακρίβεια) ο κλάδος ανατροφοδότησης αποτελεί ευαίσθητο τμήμα του ΣΑΕ
- η. μειώνει το θόρυβο από το σύστημα προς την έξοδο του συστήματος
- θ. ενίσχυση στον πρόσω βρόχο, αυξάνει το λόγο σήματος / θόρυβο (SNR) και έτσι μειώνει το θόρυβο στην έξοδο του συστήματος
- ι. αρνητική ανάδραση, αλλιάζει την απόκριση συχνότητας του συστήματος, ελαττώνει το κέρδος και αυξάνει την ευστάθεια

Αντίθετα η θετική ανάδραση μπορεί να έχει καταστροφικές επιπτώσεις αστάθειας ή και έντονα ενισχυτικά αποτελέσματα.

Παράρτημα II: Ο Ρ ελεγκτής

Ο ελεγκτής ταχύτητας, βλ. σχήμα 20.4 [α] συνεχώς συγκρίνει την επιθυμητή ταχύτητα με την πραγματική ταχύτητα του κινητήρα και παράγει διορθωτική δράση, όταν η διαφορά μεταξύ αυτών των δύο ταχυτήτων είναι μετρήσιμη. Η πραγματική ταχύτητα καταγράφεται με κωδικοποιητή στροφών (ταχύμετρο). Ο συνήθης τύπος του PID και του Ρ ελεγκτή είναι:

$$MV(t) = P \cdot e(t) + k_i \int_0^t e(t) \cdot dt + D \cdot \frac{de(t)}{dt}$$

$$MV(t) = P \cdot e(t)$$

Για να ρυθμίσουμε έναν ελεγκτή τύπου PID (Proportional – Integral – Derivative), βλ. σχήμα 20.5 πρέπει να επιλέξουμε τις παραμέτρους:

PB = Proportional Band = Ζώνη Κέρδους = $1 / P = 1 / \kappa_p$

I = κ_i Integral Action = Reset = Ολοκληρωτική Δράση

D = Derivative action = Rate = Διαφορική Δράση

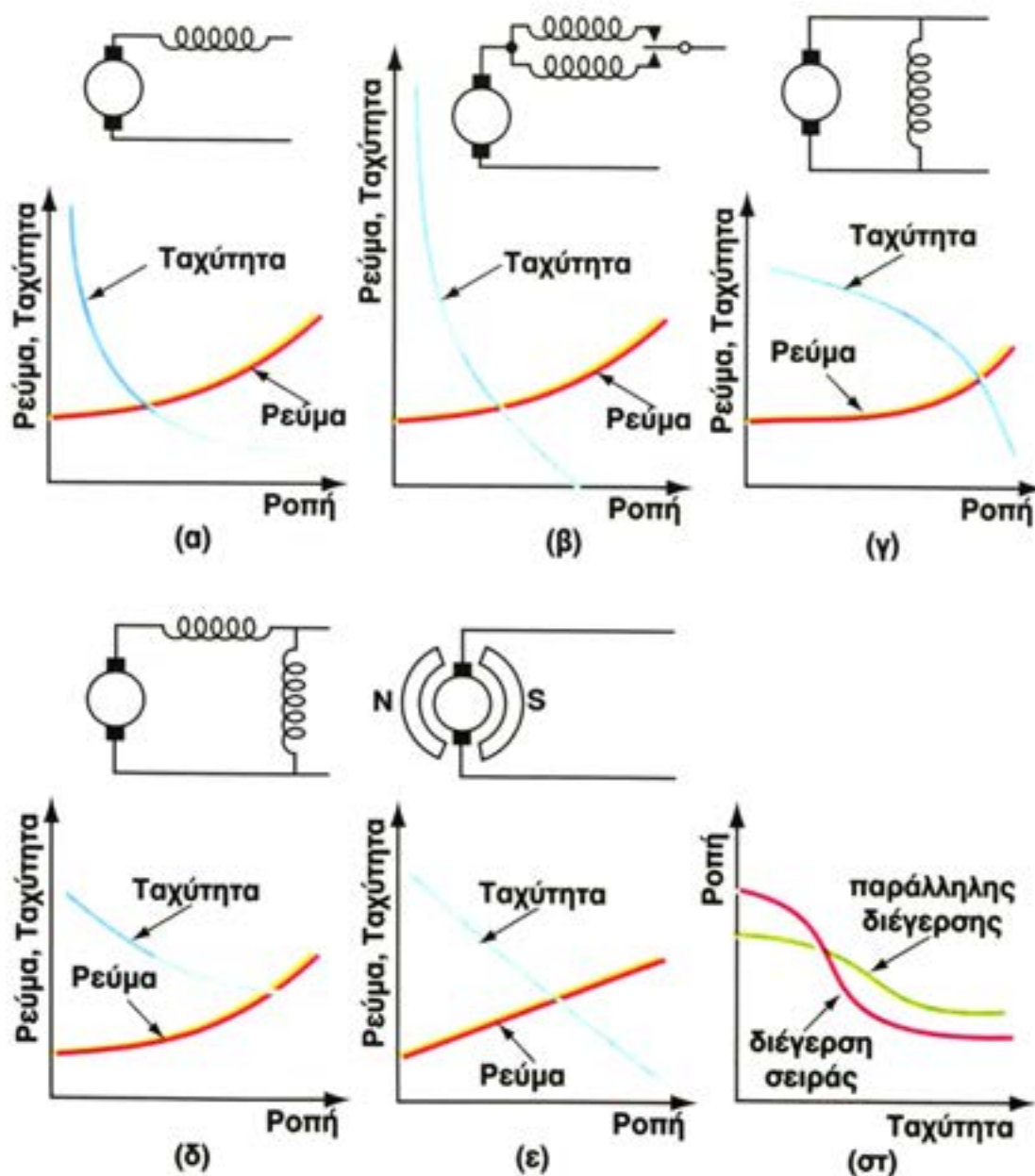
Από εμπειρικούς κανόνες υπολογίζουμε από παραμέτρους T και L, μετρούμενες στην καμπύλη της απόκρισης, βλ. σχήμα 20.8, ότι:

ΤΥΠΟΣ ΕΛΕΓΚΤΗ	PB %	$k_i = I$ (sec)	D (sec)
PID	$100 / (1.2 * T / L)$	$2.0 * L$	$0.5 * L$

Η ολοκληρωτική και διαφορική δράση μπορούν να μηδενιστούν θέτοντας $k_I = I = 0$ και $D = 0$. Έτσι σχηματίζουμε P, PD, PI και PID ελεγκτές. Έτσι ένας P ελεγκτής υλοποιείται και με PID ελεγκτή, αλλά με $I=0$ και $D=0$.

Παράρτημα III: Τύποι dc κινητήρων

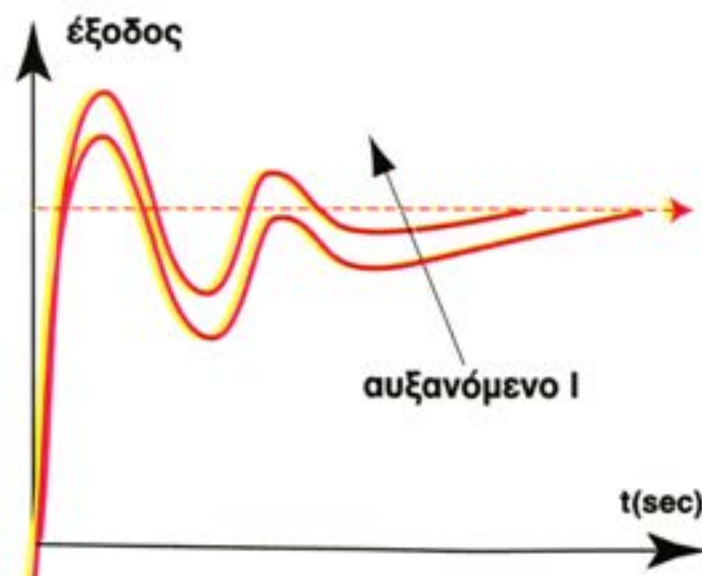
Στα παρακάτω σχήματα δίνονται οι τυπικές χαρακτηριστικές ρεύματος / ταχύτητας για σύγκριση, συναρτήσει των στροφών του κινητήρα για dc κινητήρα διέγερσης σειράς (α), dc κινητήρα διπλής (split) διέγερσης σειράς (β), dc κινητήρα παράλληλης διέγερσης (γ), dc κινητήρα μικτής διέγερσης (δ) και dc κινητήρα με σταθερό μαγνήτη (ε).



Σχήμα 20.15: Χαρακτηριστικές Ροπής - Ταχύτητας - Ρεύματος dc κινητήρα διέγερσης σειράς (α), dc κινητήρα (διπλής) split διέγερσης σειράς (β), παράλληλης διέγερσης (γ), μικτής διέγερσης (δ) και με σταθερό μαγνήτη (ε)

άσκηση 21

Μελέτη Ελεγκτή PI



Στόχοι της άσκησης

διάρκεια άσκησης: 12 διδακτικές ώρες

Στο τέλος της άσκησης οι μαθητές θα είναι ικανοί:

- ➔ να γνωρίζουν τη λειτουργία του κινητήρα συνεχούς ρεύματος:
 1. να υπολογίζουν τα τεχνικά χαρακτηριστικά του dc κινητήρα.
 2. να υπολογίζουν τη χρονική απόκριση του dc κινητήρα.
 3. να υπολογίζουν την απολαβή του dc κινητήρα.
 4. να υπολογίζουν την απολαβή και τη σταθερά χρόνου του συστήματος.
- ➔ να ρυθμίζουν το σύστημα του PI ελεγκτή.
- ➔ να χαράσσουν τη στατική χαρακτηριστική του αισθητήρα / μετατροπέα.
- ➔ να συνδέουν τη διάταξη (επιθυμητή τιμή, ενισχυτής, ρυθμιζόμενο σύστημα).
- ➔ να γνωρίζουν και μελετούν τον PI ελεγκτή:
 1. να εφαρμόζουν βηματικές αποκρίσεις στο σύστημα PI ελεγκτή - dc κινητήρα.
 2. να διακρίνουν και συγκρίνουν τις βηματικές αποκρίσεις του ελεγκτή στον παλμογράφο / καταγραφικό.
 3. να σχεδιάζουν τη στατική χαρακτηριστική του ελεγκτή.
- ➔ να μελετούν τη συμπεριφορά του κλειστού συστήματος:
 1. να σχεδιάζουν τις βαθμίδες του κλειστού συστήματος.
 2. να σχεδιάζουν τις στατικές χαρακτηριστικές με διάφορα φορτία κινητήρα.
 3. να μετρούν την ελάχιστη τάση εκκίνησης του κινητήρα (νεκρή ζώνη).
 4. να σχολιάζουν την επίδραση της μεταβολής του ελεγκτή πάνω στις στροφές του κινητήρα.

Απαραίτητα εξαρτήματα

Για την πραγματοποίηση της άσκησης είναι απαραίτητα τα εξής υλικά:

- ✓ Ένας DC κινητήρας ισχύος μικρότερης του 100 Watt
- ✓ Ένας PI ελεγκτής (υλοποιείται και με PID ελεγκτή, αλλά με $D=0$)
- ✓ Ένα στροφόμετρο (κωδικοποιητής στροφών) του κινητήρα, εξόδου 4 - 20 mA (ή 1 - 5 V)
- ✓ Ένα κύκλωμα οδήγησης κινητήρα, εισόδου 4 - 20 mA (ή 1 - 5 V) με οπτική απομόνωση
- ✓ Μία μηχανική σύζευξη άξονα - κωδικοποιητή στροφών (coupler)
- ✓ Καλωδιώσεις σύνδεσης ελεγκτή - στροφόμετρου - κινητήρα
- ✓ Ένα πολύμετρο (αμπερόμετρο, βολτόμετρο, ωμόμετρο με ηχητικό σήμα (buzzer))

- ✓ Ένα καταγραφικό 1 - 5 V / 4 - 20 mA
- ✓ Ένας παλμογράφος διπλής δέσμης

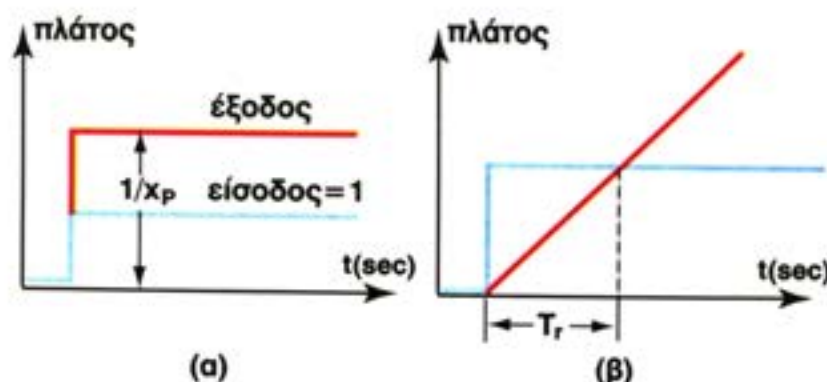
Βασική θεωρία

Στην προηγούμενη άσκηση μελετήθηκε η δράση ενός P ελεγκτή. Είδαμε ότι ένας P ελεγκτής μπορεί να λύσει απλά προβλήματα, παρουσιάζει όμως και σημαντικά μειονεκτήματα. Ένα μειονέκτημά του είναι η εμφάνιση του φαινομένου της *αντιστάθμισης (offset)*, αφού συνήθως παρουσιάζει σφάλμα σταθερής (μόνιμης) κατάστασης e_{ss} . Για να ξεπεραστεί το πρόβλημα αυτό πρέπει ο ελεγκτής να δημιουργεί μια δράση ελέγχου με μηδενική διακύμανση. Για το λόγο αυτό στην αναλογική δράση προστίθεται ένας όρος που είναι ανάλογος στην ολοκλήρωση του σφάλματος. Ο ολοκληρωτής εισάγει μια πρόσθετη δράση ελέγχου, που θα διαρκεί μέχρι να μηδενιστεί το σφάλμα. Το στοιχείο του ολοκληρωτή συχνά αναφέρεται και σαν *δράση επανατοποθέτησης (reset action)*. Η "ποσότητα" της δράσης εξαρτάται από μια σταθερά T_i που ονομάζεται *χρόνος επανατοποθέτησης (reset time)*. Έτσι η μεταβλητή ελέγχου που οφείλεται στο συνδυασμό αναλογικής και ολοκληρωτικής δράσης έχει τη μορφή:

$$MV(t) = P \cdot e(t) + k_i \cdot \text{άθροισμα σφαλμάτων σε μικρή χρονική περίοδο}$$

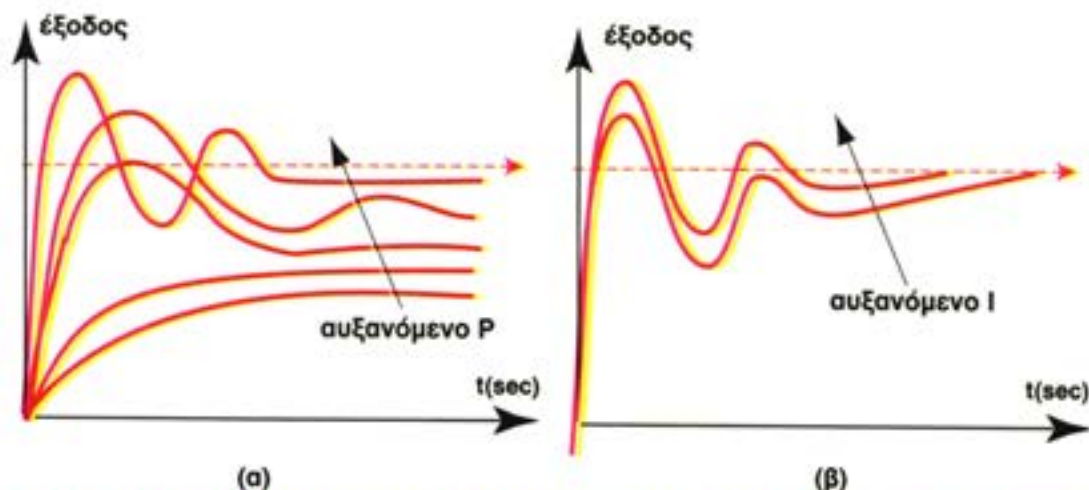
όπου $e(t)$ είναι το σφάλμα ελέγχου ($e(t) = SV - PV = \text{Set Value} - \text{Process Value}$) και $k_i = \frac{1}{T_i}$.

Στο σχήμα 21.1 φαίνεται η δράση του αναλογικού (P) και του ολοκληρωτικού (I) στοιχείου του ελεγκτή.



Σχήμα 21.1: (α) P δράση και (β) I δράση εξόδου ενός PI ελεγκτή για είσοδο βηματική συνάρτηση - στην έξοδο του ελεγκτή (MV / Y)

Όπως ήδη αναφέραμε, η ολοκληρωτική δράση I μειώνει (μηδενίζει) το σφάλμα σταθερής κατάστασης e_{ss} . Η ολοκλήρωση του ελεγκτή, I, αντιστοιχεί σε μνήμη των σφαλμάτων μέτρησης. Η αύξηση της ολοκληρωτικής δράσης I πέραν της βέλτιστης τιμής μηδενισμού του σφάλματος σταθερής κατάστασης e_{ss} (δηλ. $I > I_{\text{βέλτιστο}}$) δημιουργεί προβλήματα υπερακόντισης (μέγιστης υπερύψωσης). Η I δράση ενός ελεγκτή, δίνεται στο σχήμα 21.2.



Σχήμα 21.2: (α) Αναλογική δράση και (β) ολοκληρωτική δράση στην έξοδο ενός συστήματος ελεγχόμενου από ένα PI ελεγκτή για είσοδο βηματική συνάρτηση - στην έξοδο (PV / X) του συστήματος (κινητήρα, μέτρηση ταχύμετρου)

Παρατηρήστε στο σχήμα 21.2 ότι αύξηση της αναλογικής δράσης (α) μειώνει το σφάλμα μόνιμης κατάστασης, αυξάνει όμως την ταλάντωση του συστήματος. Επίσης, στο ίδιο σχήμα, παρατηρήστε ότι αύξηση της ολοκληρωτικής δράσης (β) μειώνει το σφάλμα μόνιμης κατάστασης, αυξάνει όμως την υπερακόντιση του συστήματος.

Από τα ανωτέρω συνάγεται ότι:

1. η αναλογική P δράση επιταχύνει τη διεργασία (την έξοδό της) για να φτάσει γρήγορα και να ξεπεράσει την επιθυμητή τιμή.
2. η ολοκληρωτική I δράση επιταχύνει ή καθυστερεί την κλίση (ταχύτητα) προσέγγισης της επιθυμητής τιμής.

Για να ρυθμίσουμε (κάνουμε tuning, ρεγουλάρουμε, καθιμηράρουμε) έναν ελεγκτή (κατευθυντή, controller) τύπου PI (Proportional-Integral: Αναλογικό - Ολοκληρωτικό), πρέπει να επιλέξουμε τις παραμέτρους:

PB = Proportional Band = Ζώνη Κέρδους = $1 / P = 1 / \kappa$

I = Integral Action = Reset = Ολοκληρωτική Δράση

(αν χρησιμοποιούμε PID ελεγκτή μηδενίζουμε τη διαφορική δράση)

Από εμπειρικούς κανόνες για ένα PI ελεγκτή επιλέγουμε τις τιμές της ζώνης κέρδους PB και της σταθεράς ολοκληρωτικής δράσης k_i σύμφωνα με τον ΠΙΝΑΚΑ 1.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1

ΕΛΕΓΚΤΗΣ	PB %	$I = k_i$ sec	D
PI	$100 / (0.9 * T/L)$	$3.3 * L$	0

Όπου T και L είναι η σταθερά χρόνου και ο νεκρός χρόνος αντίστοιχα του συστήματος.

Διαδικασία

Κατά την εκτέλεση της άσκησης ακολουθήστε τα εξής βήματα:

1^ο τρίωρο

A. Μελέτη και έλεγχος της κατάστασης του κινητήρα συνεχούς τάσης¹

1. Αναγνωρίστε τη θέση και ελέγξτε την κατάσταση του κυκλώματος και των επαφών.
2. Συνδέστε το ωμόμετρο στα άκρα του ρότορα. Τι ένδειξη έχετε; Ποια είναι η γνώμη σας για την κατάσταση του ρότορα;
3. Συνδέστε το ωμόμετρο στα άκρα του στάτη. Τι ένδειξη έχετε; Ποια είναι η γνώμη σας για την κατάσταση του στάτη;
4. Ελέγξτε πιθανές διαρροές του κυκλώματος του στάτη και του ρότορα με μεγερόμετρο.
5. Συνδέστε μηχανικά τον αισθητήρα (κωδικοποιητή) ταχύτητας (στραφών) στον κινητήρα (συνήθως η σύνδεση γίνεται με έναν απλό σφιγκτήρα).
6. Συνδέστε το κύκλωμα οδήγησης στον κινητήρα (συμβουλευτείτε το τεχνικό φυλλάδιο του κυκλώματος).
7. Συνδέστε ένα αμπερόμετρο σε σειρά στην τροφοδοσία του κινητήρα.
8. Μετρήστε την ταχύτητα και έμμεσα την ροπή του dc κινητήρα (μετρώντας το ρεύμα κατανάλωσης του κινητήρα).
9. Μεταβάλλετε το ρεύμα τροφοδοσίας (άρα και το φορτίο) του κινητήρα και σημειώστε κάθε φορά την ένδειξη του αισθητήρα ταχύτητας. Συμπληρώστε τον ΠΙΝΑΚΑ A. Η τελευταία στήλη του πίνακα συμπληρώνετε με τη βοήθεια του πίνακα μετατροπής (ηλεκτρικό σήμα σε ταχύτητα) του αισθητηρίου που δίνεται στο τεχνικό του φυλλάδιο.

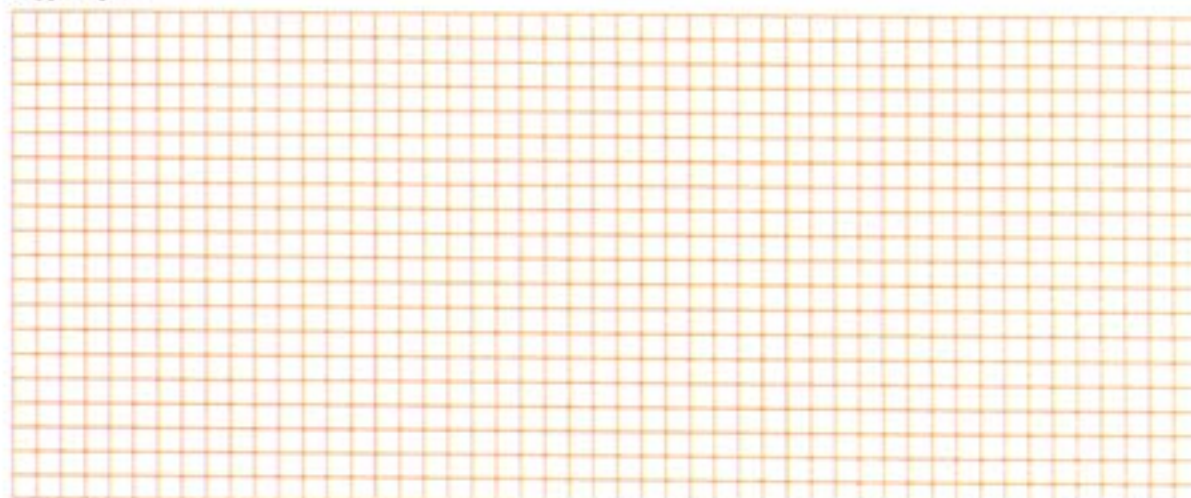
ΠΙΝΑΚΑΣ A

ΡΕΥΜΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ τροφοδοσίας dc κινητήρα [A]	ΕΝΔΕΙΞΗ ΑΙΣΘΗΤΗΡΑ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ [Volts ή Hz ή mA]	ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΗΣ [στροφές / min]

10. Από τον ΠΙΝΑΚΑ A σχεδιάστε την απόκριση της ταχύτητας περιστροφής του κινητήρα συναρτήσει του ρεύματος που τον διαρρέει.

¹ Βλ. προηγούμενη άσκηση 20

ταχύτητα



I (ρεύμα - A)

11. Διακόψτε την τροφοδοσία του κινητήρα.
12. Συνδέστε το καταγραφικό στην έξοδο του αισθητήρα ταχυτήτων.
13. Τροφοδοτήστε τον κινητήρα και περιμένετε μέχρι να σταθεροποιηθεί η λειτουργία του (σταθερή ταχύτητα περιστροφής).
14. Από την απόκριση του κινητήρα υπολογίστε το χρόνο καθυστέρησης, τη σταθερά χρόνου του κινητήρα και την υπερακόντιση.
15. Διακόψτε την τροφοδοσία του κινητήρα.

Σημείωση: Αν στο εργαστήριο δεν υπάρχει καταγραφικό μηχανήμα, τότε συμπληρώνουμε ένα πίνακα σαν τον παρακάτω:

ΧΡΟΝΟΣ [sec]	ΕΝΔΕΙΞΗ ΑΙΣΘΗΤΗΡΑ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ [Volts ή Hz ή mA]	ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΗΣ [στροφές / min]

Για να μετρήσουμε την ένδειξη του αισθητήρα ταχύτητας συνδέουμε παράλληλα στην έξοδό του ένα βοηθό-μετρο. Η τρίτη στήλη του πίνακα συμπληρώνεται με τη βοήθεια τεχνικών φυλλοαδίων.

Από τον πίνακα αυτό τελικά σχεδιάζουμε την απόκριση της ταχύτητας συναρτήσει του χρόνου.

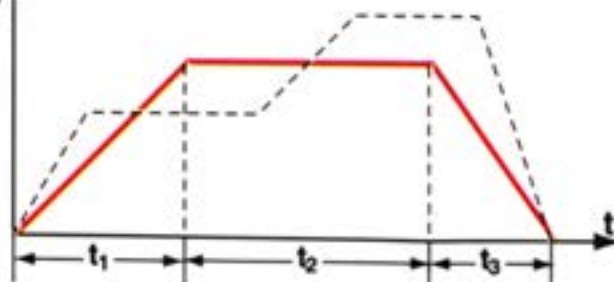
Β. Δημιουργία και έλεγχος του συστήματος ανοικτού βρόχου

1. Σχεδιάστε το δομικό διάγραμμα βαθμίδων (block diagram) ελέγχου ανοικτού του κινητήρα, χρησιμοποιώντας τις μονάδες του κινητήρα, του ελεγκτή, του αισθητήρα ταχύτητας και του κυκλώματος οδήγησης του κινητήρα.
2. Συνδέστε το κύκλωμα οδήγησης του dc κινητήρα στην έξοδο (MV, Y) του ελεγκτή (controller).
3. Στην έξοδο (MV, Y) του ελεγκτή δώστε μία τιμή της επιλογής σας, π.χ. 50 % ή παρενοχλήστε βηματικά τον κινητήρα με μια μικρή απότομη αύξηση στο ρυθμιστικό στροφών του ελεγκτή (θετική βηματική μεταβολή).

ΧΡΟΝΟΣ από τη στιγμή της ΕΝΤΟΛΗΣ ΑΛΛΑΓΗΣ ΣΤΡΟΦΩΝ (βηματικής παρενόχλησης)	ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΗΣ [Volts ή Hz ή mA] [στροφές / min]
0 sec	
1 sec	
2 sec	
.....	
κτλ.	

4. Τροφοδοτήστε τον κινητήρα και περιμένετε μέχρι να σταθεροποιηθεί η λειτουργία του (σταθερή ταχύτητα περιστροφής).
5. Στο καταγραφικό παρατηρήστε την απόκριση του κινητήρα. Από το γράφημα αυτό υπολογίστε το χρόνο καθυστέρησης, τη σταθερά χρόνου και την υπερακόντιση του κινητήρα.
6. Με τον ελεγκτή στη θέση MANUAL ελέγξτε το MV. Με τον έλεγχο του MV και με μόνο κριτήριο την ανάγνωση -από τους μαθητές- των στροφών του στροφόμετρου, επιταχύνετε τον dc κινητήρα μέχρι μία σταθερή στάθμη στροφών και αφού τη διατηρήσετε επί μικρό χρονικό διάστημα, επιβραδύνετε. Η μεταβολή της ταχύτητας γίνεται με την έξοδο (MV/Y) του ελεγκτή σε χειροκίνητο (MANUAL). Αν ο ελεγκτής δεν είναι τυποποιημένος, η μεταβολή της ταχύτητας γίνεται με τη βοήθεια κάποιου ποτενσιόμετρου. Ακολουθήστε συγκεκριμένο μέτωπο ταχυτήτων του σχήματος 20.13 (πλήρη γραμμή). Καταγράψτε την ταχύτητα του ταχύμετρου.

ταχύτητα
(στροφ/min)



Σχήμα 21.3: Μέτωπο (profile ελέγχου) οδήγησης ταχύτητας περιστροφής κινητήρα (επιτάχυνση - σταθερή ταχύτητα - επιβράδυνση)

2. Αξιολογήστε την επιτυχία ελέγχου σας στο χειροκίνητο (MANUAL).
8. Ξαναπροσπαθήστε το βήμα 6 στο χειροκίνητο (MANUAL) τρόπο λειτουργίας, που αντιστοιχεί σε έλεγχο ανοικτού βρόχου, με μεγαλύτερη προσπάθεια και εμπειρία του μαθητή, μέχρι τελικής επιτυχίας.
9. Πόσο δύσκολη σας φαίνεται αυτή η (χειροκίνητη) διαδικασία; Τι προτείνετε;
10. Διακόψτε την τροφοδοσία του συστήματος.

2° τρίωρο

Γ. Δημιουργία, σύνδεση και έλεγχος του συστήματος ελέγχου κλειστού βρόχου

1. Συνδέστε τον αισθητήρα ταχύτητας στην είσοδο (PV, X) του ελεγκτή. Στη περίπτωση που ο αισθητήρας έχει έξοδο τάση, η σύνδεση αυτή είναι μια απλή διαύρματη σύνδεση. Αν η έξοδος είναι ρεύμα απαιτείται να μεσοληβήσει κύκλωμα μετατροπής ρεύματος σε τάση. Αν η έξοδος είναι παλμοσειρά, απαιτείται να μεσοληβήσει κύκλωμα μετατροπής συχνότητας σε τάση (f-to-V converter).
2. Τοποθετήστε τον ελεγκτή στη θέση AUTO και δώστε μια τιμή (ενδεικτικά 50 %) στην επιθυμητή τιμή (SV), δηλ. παρενοχλήστε βηματικά τον κινητήρα με μια μικρή απότομη αύξηση της επιθυμητής τιμής (θετική βηματική μεταβολή). Δώστε στο κέρδος P τιμή ίση με το 50 και στο συντελεστή ολοκληρωτικής δράσης I τιμή ίση με 50 s.
3. Τροφοδοτήστε τον κινητήρα και περιμένετε μέχρι να σταθεροποιηθεί η λειτουργία του (σταθερή ταχύτητα περιστροφής).
4. Στο καταγραφικό παρατηρήστε την απόκριση του κινητήρα. Από το γράφημα αυτό υπολογίστε το χρόνο καθυστέρησης, τη σταθερά χρόνου και την υπερακόντιση του κινητήρα.
5. Διακόψτε την τροφοδοσία του κινητήρα.
6. Δώστε στο κέρδος P τιμή ίση με το 100 διατηρώντας σταθερό το συντελεστή ολοκληρωτικής δράσης I. Επαναλάβετε τα ερωτήματα 2, 3, 4 και 5.
7. Δώστε στο κέρδος P τιμή ίση με το 150 διατηρώντας σταθερό το συντελεστή ολοκληρωτικής δράσης I. Επαναλάβετε τα ερωτήματα 2, 3, 4 και 5.
8. Συγκρίνετε τα τρία γραφήματα από τις προηγούμενες ερωτήσεις. Τι παρατηρείτε; Για ποια από τις τρεις τιμές P έχουμε καλύτερη απόκριση;
9. Ρυθμίστε το κέρδος P στην τιμή αυτή και αυξήστε το συντελεστή ολοκληρωτικής δράσης I στο 100 s. Επαναλάβετε τα ερωτήματα 2, 3, 4 και 5.
10. Αφήστε το κέρδος P στην τιμή αυτή και αυξήστε το συντελεστή ολοκληρωτικής δράσης I στο 150 s. Επαναλάβετε τα ερωτήματα 2, 3, 4 και 5.

11. Συγκρίνετε τα τρία τελευταία γραφήματα. Τι παρατηρείτε; Για ποια από τις τρεις τιμές του I έχουμε καλύτερη απόκριση;
12. Για τις τιμές των P και I για τις οποίες έχουμε την καλύτερη απόκριση σημειώστε το χρόνο καθυστέρησης και τη σταθερά χρόνου. Υπολογίστε τις δύο σταθερές του ελεγκτή, P και I , ώστε οι δύο χρόνοι να βελτιωθούν κατά 30% (συμβουλευτείτε τον ΠΙΝΑΚΑ 1 της θεωρίας).
13. Ρυθμίστε τον ελεγκτή στις νέες αυτές τιμές και επαναλάβετε τα ερωτήματα 2, 3, 4 και 5.
14. Συγκρίνετε την απόκριση του κινητήρα (μέσω του γραφήματος του καταγραφικού) με την απόκριση από το βέλτιστο γράφημα των προηγούμενων περιπτώσεων. Είναι όντως μικρότερες κατά 30% ο χρόνος καθυστέρησης και η σταθερά χρόνου;
15. Διακόψτε την τροφοδοσία του συστήματος.

3^ο τρίωρο

Δ1. Ρύθμιση PI ελεγκτή σε κλειστό βρόχο (Υπολογισμός βέλτιστου P)

1. Τοποθετήστε τον ελεγκτή στο AUTO (αυτόματο).
2. Ρυθμίστε την έξοδο του ελεγκτή στο 50 % ή αφήστε τη στην τελευταία της θέση ηρεμίας.
3. Μεταβάλλετε την έξοδο του ελεγκτή. Μεταβολές της τάξης του 2-5% είναι επαρκείς. (Μεγέθυνση του display του καταγραφικού διευκολύνει τη μέτρηση των L και T).
4. Αφού καταγράψετε τη βηματική παρενόχληση μετρήστε τους χρόνους:

$L = \text{Dead Time} = \text{χρόνος καθυστέρησης}$

$T = \text{Lag Time Constant} = \text{σταθερά απόκρισης}$

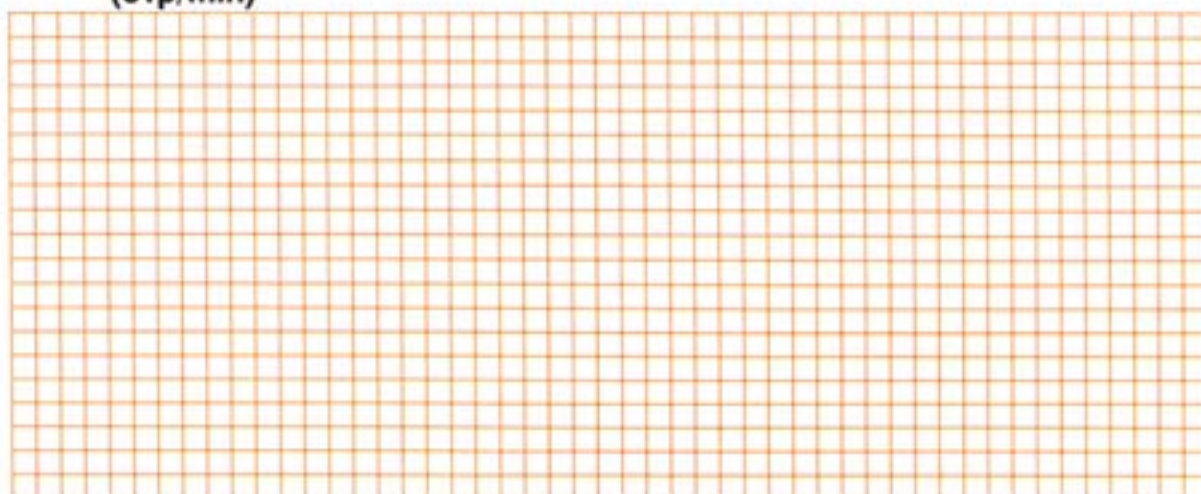
5. Αφού καταγράψετε τη βηματική παρενόχληση μετρήστε τους χρόνους: Ρυθμίστε τον ελεγκτή επιλέγοντας κέρδος και σταθερά ολοκλήρωσης σύμφωνα με τον ΠΙΝΑΚΑ 1 της θεωρίας. Αυτή η υπολογιστική διαδικασία ισχύει για διαταραχές άρα και όταν μεταβάλλουμε την επιθυμητή τιμή SV (Set Value).
6. Αυξήστε απότομα την επιθυμητή τιμή της εξόδου (βηματική διέγερση) και καταγράψτε την απόκριση του αισθητήρα ταχύτητας περιστροφής (με καταγραφικό).
7. Αντί για καταγραφικό στην έξοδο του αισθητήρα ταχύτητας συνδέστε παράλληλα ένα βοητόμετρο (αν η έξοδος του αισθητήρα είναι τάση).
8. Τροφοδοτήστε τη διάταξη.
9. Όταν σταθεροποιηθεί η κατάσταση δημιουργήστε ξανά βηματική διέγερση και καταγράψτε τις τιμές της τάσης ανά δευτερόλεπτο στον ΠΙΝΑΚΑ Β.

ΠΙΝΑΚΑΣ Β

ΧΡΟΝΟΣ [sec]	ΤΑΣΗ ΤΑΧΥΜΕΤΡΟΥ [Volts]	ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΗΣ [στρ /min]
1		
2		
...		
10		

10. Με τη βοήθεια του ΠΙΝΑΚΑ Β, σχεδιάστε την πειραματική απόκριση κινητήρα κλειστού βρόχου υπό PI έλεγχο σε βηματική διέγερση.

**ταχύτητα περιστροφής
(στρ/min)**



χρόνος (t)

11. Διακόψτε την τροφοδοσία.
12. Ρυθμίστε το συντελεστή ολοκλήρωσης του ελεγκτή στην τιμή που υπολογίσατε στο ερώτημα 5 και το $P=50$. Επιλέξτε μία επιθυμητή τιμή SV [Set Value].
13. Τροφοδοτήστε το σύστημα. Καταγράψτε στον ΠΙΝΑΚΑ Γ τη μέγιστη και την τελική τιμή του αισθητήρα ταχύτητας. Η διαφορά (επιθυμητή τιμή - τελική τιμή) δίνει το σφάλμα μόνιμης κατάστασης, ενώ η διαφορά (μέγιστη τιμή - τελική τιμή) δίνει την υπερακόντιση του συστήματος.

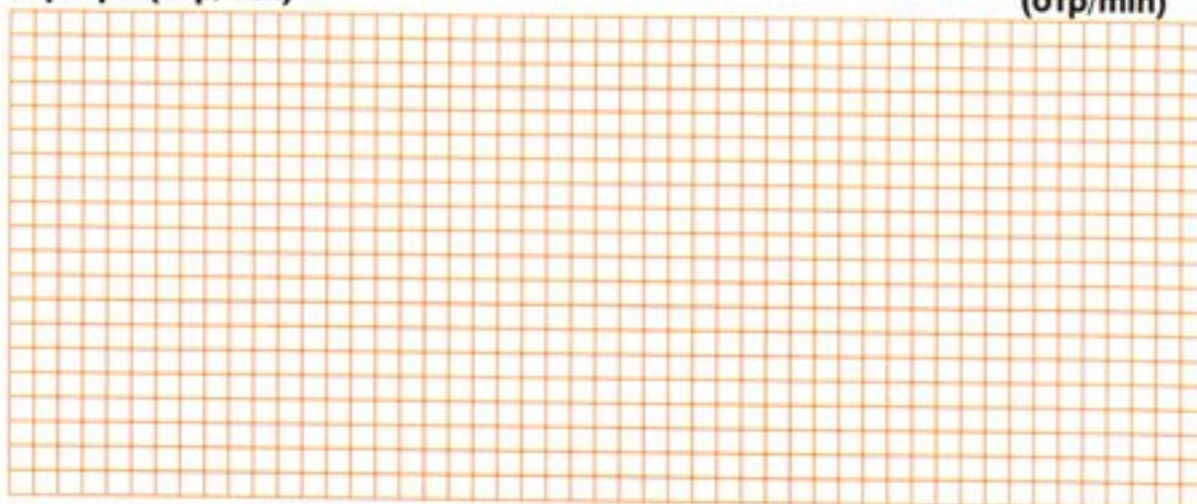
ΠΙΝΑΚΑΣ Γ

ΜΕΠΙΣΤΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑ		ΤΕΛΙΚΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑ		ΣΦΑΛΜΑ (SV – PV)	ΥΠΕΡΑΚΟΝΤΙΣΗ	P
σε Volts	σε στρ/min	σε Volts	σε στρ/min	σε στρ/min	σε στρ/min	

14. Διακόψτε την τροφοδοσία.
15. Αυξήστε το κέρδος P, τροφοδοτήστε το σύστημα και καταγράψτε στον ΠΙΝΑΚΑ Γ τις τιμές του P, της μέγιστης ταχύτητας και της τελικής ταχύτητας περιστροφής του κινητήρα. Στη συνέχεια υπολογίστε το σφάλμα μόνιμης κατάστασης και την υπερακόντιση του συστήματος.
16. Επαναλάβετε το ερώτημα 12 για μερικές τιμές του κέρδους P.
17. Με τη βοήθεια του ΠΙΝΑΚΑ Γ σχεδιάστε το γράφημα του σφάλματος και της υπερακόντισης συναρτήσει του κέρδους P.

σφάλμα (στρ/min)

υπερακόντιση
(στρ/min)



P

18. Από το προηγούμενο διάγραμμα, πώς νομίζετε ότι επηρεάζει η μεταβολή του κέρδους του PI ελεγκτή, την απόκριση του συστήματος;

4^ο τρίωρο

Δ2. Ρύθμιση PI ελεγκτή σε κλειστό βρόχο (Υπολογισμός βέλτιστου I και P)

1. Ρυθμίστε το αναλογικό κέρδος P του ελεγκτή στην τιμή που υπολογίσατε στο ερώτημα Δ1.13 και το συντελεστή ολοκλήρωσης $I = 50 \text{ sec}$. Επιλέξτε μία επιθυμητή τιμή SV (Set Value).
2. Τροφοδοτήστε το σύστημα. Καταγράψτε στον ΠΙΝΑΚΑ Δ τη μέγιστη και την τελική τιμή του αισθητήρα ταχύτητας. Η διαφορά (επιθυμητή τιμή - τελική τιμή) δίνει το σφάλμα μόνιμης κατάστασης, ενώ η διαφορά (μέγιστη τιμή - τελική τιμή) δίνει την υπερακόντιση του συστήματος.

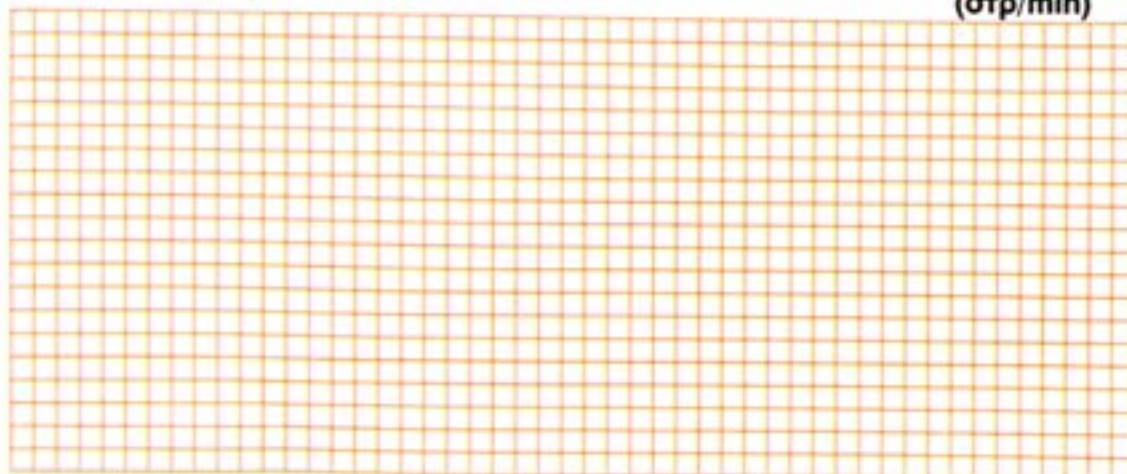
ΠΙΝΑΚΑΣ Δ

ΜΕΓΙΣΤΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑ		ΤΕΛΙΚΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑ		ΣΦΑΛΜΑ ($SV - PV$)	ΥΠΕΡΑΚΟΝΤΙΣΗ	$I = k_I$
σε Volts	σε στρ/μίν	σε Volts	σε στρ/μίν	σε στρ/μίν	σε στρ/μίν	sec

3. Διακόψτε την τροφοδοσία.
4. Αυξήστε το συντελεστή ολοκλήρωσης, τροφοδοτήστε το σύστημα και καταγράψτε στον ΠΙΝΑΚΑ Δ τις τιμές του I , της μέγιστης ταχύτητας και της τελικής ταχύτητας περιστροφής του κινητήρα. Στη συνέχεια υπολογίστε το σφάλμα μόνιμης κατάστασης και την υπερακόντιση του συστήματος.
5. Επαναλάβετε το ερώτημα 1 για μερικές τιμές του κέρδους P .
6. Με τη βοήθεια του ΠΙΝΑΚΑ Δ σχεδιάστε το γράφημα του σφάλματος και της υπερακόντισης συναρτήσει του συντελεστή ολοκλήρωσης $I = k_I$.

σφάλμα (στρ/μίν)

υπερακόντιση
(στρ/μίν)



$I = k_I$

7. Από το προηγούμενο διάγραμμα, πως νομίζετε πως επηρεάζει η μεταβολή του συντελεστή ολοκλήρωσης I του PI ελεγκτή, την απόκριση του συστήματος;
8. Επιταχύνετε τον dc κινητήρα μέχρι μία σταθερή στάθμη στροφών και αφού την διατηρήσετε επί μικρό χρονικό διάστημα, στη συνέχεια τον επιβραδύνετε. Ακολουθήστε το μέγιστο ταχυτήτων του σχήματος 21.3 (πλήρης γραμμή) ή εναλλακτικά κάποια άλλη εντολή. Καταγράψετε την ταχύτητα του ταχύμετρου και την απόκριση του dc κινητήρα.
9. Καταγράψτε τα σήματα *ανάδρασης* ταχύτητας σε καταγραφικό.
10. Συγκρίνετε τις *ταχύστες απόκρισης* για όλες τις περιπτώσεις ανοικτού και κλειστού βρόχου με αναδράσεις ταχύτητας.
11. Συγκρίνετε τις *υπερακοντίσεις* για όλες τις περιπτώσεις ανοικτού και κλειστού βρόχου με αναδράσεις ταχύτητας.
12. Συγκρίνετε το *σφάλμα μόνιμης κατάστασης* για όλες τις περιπτώσεις ανοικτού και κλειστού βρόχου.

E. Ερωτήσεις

1. Πώς επιτυγχάνεται συνεχής έξοδος, όταν ο χρόνος ολοκλήρωσης είναι μεγάλος;
2. Πώς επιλέγεται ο χρόνος ολοκλήρωσης;
3. Τι σημαίνει ο χρόνος ολοκλήρωσης για τη μέτρηση του σφάλματος;
4. Τι σημαίνει ο χρόνος ολοκλήρωσης για τις μετρήσεις γενικά;
5. Τι επιθυμητό επιτυγχάνει η ολοκλήρωση στον τυχαίο θόρυβο της μέτρησης;
6. Τι ανεπιθύμητο επιτυγχάνει η ολοκλήρωση στις λεπτομέρειες (μεταβολές) μιας μέτρησης;
7. Διπλοασιασμός του αναλογικού κέρδους υποδιπλασιάζει την αναλογική ζώνη;
8. Διπλοασιασμός της ολοκληρωτικής δράσης υποδιπλασιάζει το χρόνο προσέγγισης της τελικής τιμής;
9. Επηρεάζεται η ελάχιστη τάση εκκίνησης του κινητήρα (νεκρή ζώνη) από τον PI ελεγκτή;
10. Ποια η επίδραση της μεταβολής των παραμέτρων ρύθμισης του PI ελεγκτή πάνω στις στροφές του κινητήρα;
11. Πότε δρα η αναλογική δράση (αρχή / μέσον / τέλος διαταραχής);
12. Πότε δρα η ολοκληρωτική δράση (αρχή / μέσον / τέλος διαταραχής);
13. Η ολοκληρωτική δράση I μειώνει ☐ / αυξάνει ☐ το σφάλμα σταθερής κατάστασης e_{ss} .
14. Η ολοκλήρωση του PID ελεγκτή, I , αντιστοιχεί σε μνήμη ☐ / ταχύτητα ☐ των σφαλμάτων μέτρησης.
15. Η αύξηση της ολοκληρωτικής δράσης I πέραν της βέλτιστης τιμής μηδενισμού του σφάλματος σταθερής κατάστασης e_{ss} (δηλ. $I > I_{\text{βέλτιστη}}$) αυξάνει ☐ / μειώνει ☐ την υπερακόντιση της απόκρισης στην ταχύτητα περιστροφής του κινητήρα.

ΣΤ. Παρατηρήσεις - Συμπεράσματα

Ζ. Παραρτήματα

Παράρτημα Ι: Ο PID ελεγκτής

Ο ελεγκτής ταχύτητας συνεχώς συγκρίνει την επιθυμητή ταχύτητα με την πραγματική ταχύτητα του κινητήρα και παράγει διορθωτική δράση όταν η διαφορά μεταξύ αυτών των δυο ταχυτήτων είναι μετρήσιμη. Η πραγματική ταχύτητα καταγράφεται με κωδικοποιητή στροφών (ταχύμετρο). Ο συνήθης τύπος του PID και του PI ελεγκτή είναι:

$$MV(t) = P \cdot e(t) + k_i \int_0^t e(t) \cdot dt + D \cdot \frac{de(t)}{dt}$$

$$MV(t) = P \cdot e(t) + k_i \int_0^t e(t) \cdot dt$$

Για να ρυθμίσουμε έναν ελεγκτή τύπου PID (Proportional – Integral – Derivative), βλ. σχήμα 20.5 πρέπει να επιλέξουμε τις παραμέτρους:

PB = Proportional Band = Ζώνη Κέρδους = $1 / P = 1 / k_p$

I = Integral Action = Reset = Ολοκληρωτική Δράση

D = Derivative action = Rate = Διαφορική Δράση

Από εμπειρικούς κανόνες υπολογίζουμε από παραμέτρους T και L, μετρούμενες στην καμπύλη της απόκρισης, ότι:

ΤΥΠΟΣ ΕΛΕΓΚΤΗ	PB %	$k_i = I$ (sec)	D (sec)
PID	$100 / (1.2 \cdot T/L)$	$2.0 \cdot L$	$0.5 \cdot L$

Γενικά η εύρεση των βέλτιστων P, I και D παραμέτρων είναι μια σέβαν διαδικασία (trial and error method) διαδοχικών προσεγγίσεων και βελτιώσεων.

Η ολοκληρωτική και διαφορική δράση μπορούν να μηδενιστούν θέτοντας $k_i = I = 0$ και $D = 0$. Έτσι σχηματίζουμε P, PD, PI και PID ελεγκτές. Ένας PI ελεγκτής (υλοποιείται και με PID ελεγκτή, αλλό με $D=0$).

άσκηση 22

Έλεγχος Στάθμης Υγρού με Ελεγκτή PI



Στόχοι της άσκησης

διάρκεια άσκησης: 12 διδακτικές ώρες

Στο τέλος της άσκησης οι μαθητές θα είναι ικανοί:

- να ρυθμίζουν την ισχύ της αντλίας.
- να μετρούν το χρόνο (ανάλογο του χρόνου απόκρισης) για το γέμισμα της δεξαμενής.
- να υπολογίζουν την παροχή της αντλίας.
- να σχεδιάζουν τη στατική χαρακτηριστική της αντλίας.
- να υπολογίζουν την απολαβή (κέρδος) της αντλίας.
- να σχεδιάζουν τη στατική χαρακτηριστική του μετατροπέα.
- να εξηγούν τη μεταβολή ύψους, υπό την επίδραση της διαταραχής.
- να υπολογίζουν τις τιμές των P και I αντίστοιχα.

Απαραίτητα εξαρτήματα

Για την πραγματοποίηση της άσκησης είναι απαραίτητα τα εξής υλικά:

- ✓ Μία δεξαμενή κυλινδρική ή ορθογώνια μικρής διατομής (ενδεικτικά 20 cmX20 cmX1m)
- ✓ Μία αντλία 1/4 HP
- ✓ Μία ηλεκτρική ή πνευματική βάνα ελέγχου ροής (βοηθά και στην υλοποίηση της διαταραχής) ή
- ✓ Ένας ρυθμιστής (ελεγκτής) αντλίας
- ✓ Σωληνώσεις, βάνες απομόνωσης
- ✓ Ένας μετατροπέας (αισθητήρας) στάθμης δεξαμενής εξόδου 4-20 mA ή 1-5 V
- ✓ Ένα καταγραφικό βιομηχανικού ή εργαστηριακού τύπου για καταγραφή αποκρίσεων
- ✓ Ένας παλμογράφος δικάναλς (με μνήμη) για παρακολούθηση αποκρίσεων
- ✓ Ένα πολύμετρο με βομβητή (buzzer) για έλεγχο συνέχειας καλωδίων



Βασική θεωρία

Προβλήματα ελέγχου στάθμης δεξαμενών παρουσιάζονται σε πολλές βιομηχανικές εφαρμογές:

1. Διαλυστήρια νερού και καυσίμων.
2. Μονάδα επεξεργασίας λιμνών.
3. Διασυνδεδεμένες δεξαμενές.
4. Υδροηλεκτρικά φράγματα κτλ.

Ο έλεγχος στάθμης δεξαμενής είναι από τα πιο κλασικά παραδείγματα, που για βέλτιστο έλεγχο απαιτούν χρησιμοποίηση PID ελεγκτών. Στην άσκηση που ακολουθεί ο έλεγχος της στάθμης θα γίνει με έναν PI ελεγκτή.

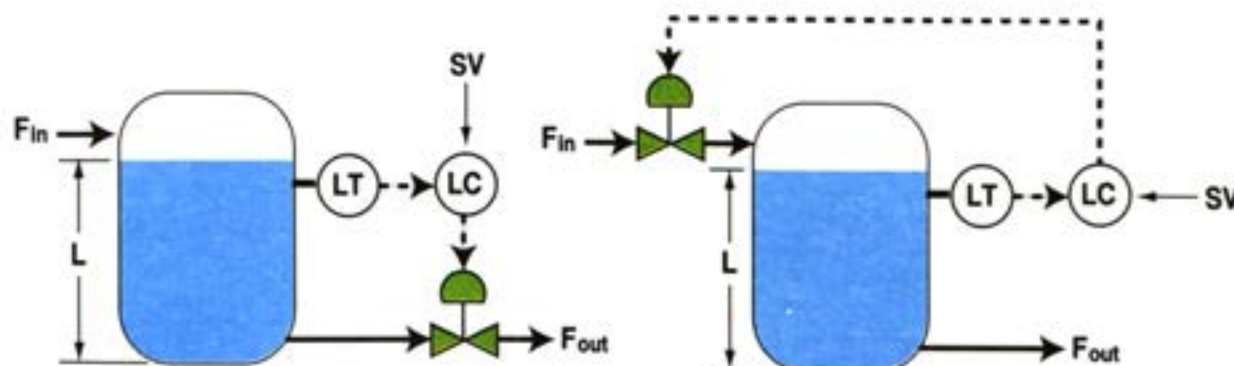
Α. Βασική θεωρία PI ελέγχου στάθμης

Στις δύο προηγούμενες εργαστηριακές ασκήσεις γνωρίσαμε το ρόλο του P και PI ελεγκτή στη μείωση του σφάλματος και στη μείωση του στατικού (μόνιμου) σφάλματος e_{ss} . Εδώ εφαρμόζουμε τον PI έλεγχο στη μέτρηση και έλεγχο στάθμης μιας δεξαμενής. Η δεξαμενή θεωρείται και είναι (μαζί με τον ηλεκτρικό πυκνωτή) το βασικότερο στοιχείο ολοκλήρωσης στη φύση υπό την έννοια ότι στοιχειώδεις, στιγμιαίες ποσότητες ρευστού (εδώ νερού) αθροίζονται συσσωρευτικά στη δεξαμενή. Η ολοκληρωτική δράση στη δεξαμενή είναι δηλαδή ενδογενής, ωστόσο ένας PI ελεγκτής προσθέτει νέα, πρόσθετη ολοκληρωτική δράση με στόχο να μειώσει το στατικό σφάλμα στάθμης της δεξαμενής, δηλαδή το σφάλμα:

$$\text{Σφάλμα} = \text{επιθυμητή στάθμη} - \text{πραγματική στάθμη}$$

Ανάλογα αν το σφάλμα είναι θετικό ή αρνητικό, δηλ. η στάθμη μιας δεξαμενής είναι μεγαλύτερη ή μικρότερη της επιθυμητής, ο ελεγκτής θα δράσει ευθέως ή ανάστροφα σε βάνα εισροής ή βάνα εκροής, όπως φαίνεται και στο σχήμα 22.1.

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ	ΕΥΘΕΙΑ ΔΡΑΣΗ	ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΗ ΔΡΑΣΗ
Έλεγχος Στάθμης	Για μείωση στάθμης μείωση εισροής	Για μείωση στάθμης αύξηση εκροής



Σχήμα 22.1: Ευθύς / Ανάστροφος έλεγχος

Ο συνήθης τύπος του PI ελεγκτή είναι:

$$MV(t) = P \cdot \text{σφάλμα} + k_i \cdot \text{άθροισμα σφαλμάτων σε κάποιο χρονικό διάστημα}$$

Θυμίζουμε ότι για να ρυθμίσουμε έναν ελεγκτή τύπου PI (Proportional – Integral) πρέπει να επιλέξουμε τις παραμέτρους:

$PB = 1 / P = \text{Proportional Band} = \text{Ζώνη Κέρδους}$

$k_i = I = \text{Integral Action} = \text{Reset} = \text{Ολοκληρωτική Δράση}$

Στη πράξη όμως ο ελεγκτής ρυθμίζεται, από εμπειρικούς κανόνες που φαίνονται στον ΠΙΝΑΚΑ 1.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1

ΤΥΠΟΣ ΕΛΕΓΚΤΗ	PB %	I (sec)	D (sec)
PI	$100 / (1.2 \cdot T/L)$	$2.0 \cdot L$	0
PID	$100 / (1.2 \cdot T/L)$	$2.0 \cdot L$	$0.5 \cdot L$

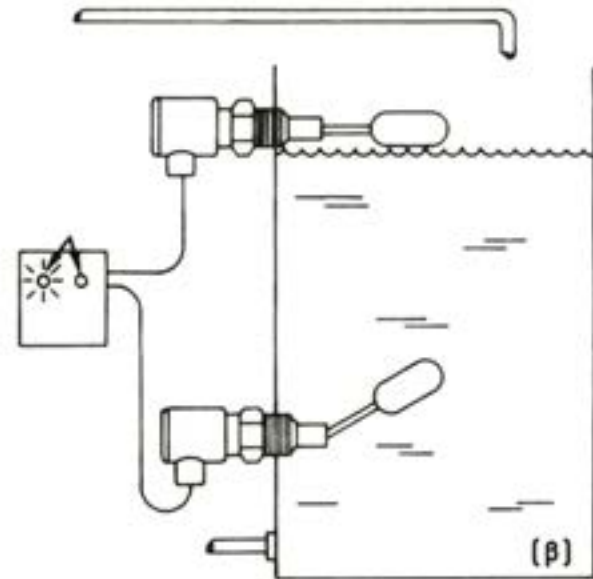
Τύπου L και T ο νεκρός χρόνος και η σταθερά χρόνου αντίστοιχα, που γνωρίσαμε σε προηγούμενες ασκήσεις.

Άλλοι παράμετροι που επηρεάζουν σημαντικά τη διαδικασία ελέγχου της στάθμης είναι:

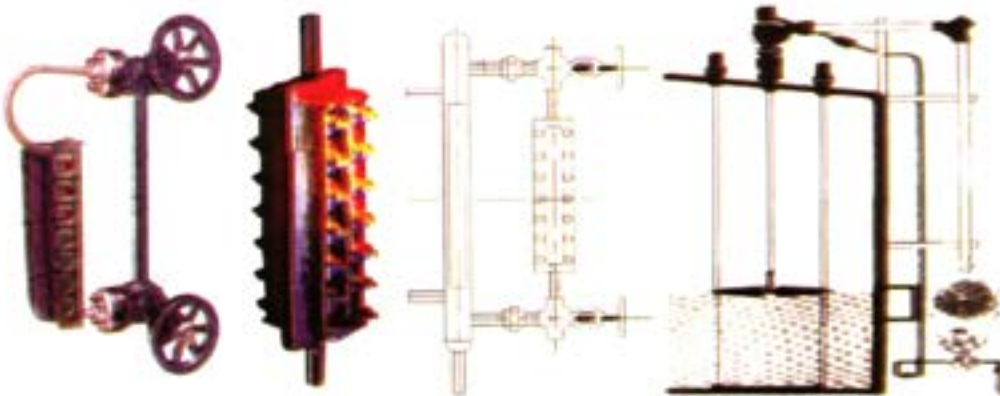
- η ευαισθησία του ελεγκτή και της μέτρησης
- η απόκριση χρόνου ελεγκτών, αισθητήριου και άλλων στοιχείων
- η διεργασία και οι αθροιστικές χρονικές καθυστερήσεις του βρόχου

B. Μετρητές στάθμης - σταθμίμετρα

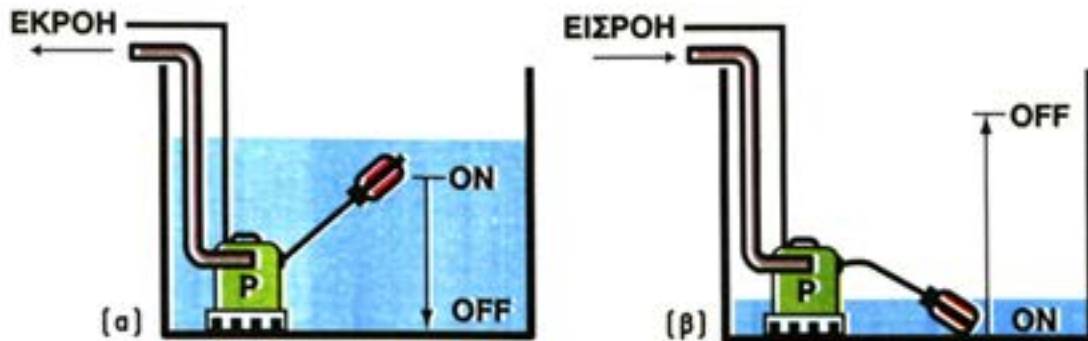
Υπάρχουν διάφορα είδη σταθμιμέτρων, όπως απόλυτης στάθμης και διαφορικής στάθμης, σταθμίμετρα χωρητικότητας, σταθμίμετρα υψώου και σταθμίμετρα με πλωτήρα (φλοτέρ), διακόπτες στάθμης κτλ. Σχήματα 22.2 και 22.3.



Σχήμα 22.2: α) Απόλυτα και β) διαφορικά σταθμίμετρα τύπου χωρητικότητας και διακόπτης στάθμης με πλωτήρα (φλοτέρ)



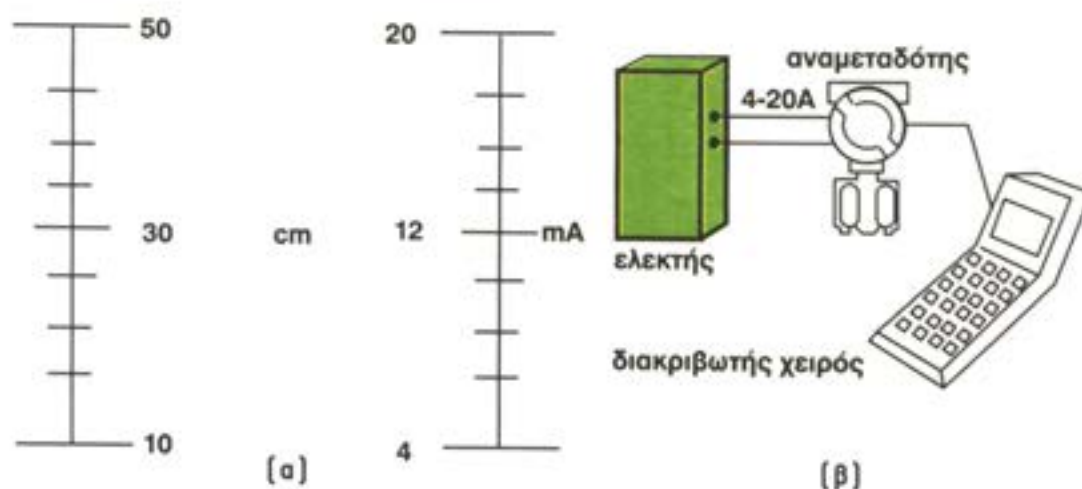
Σχήμα 22.3: Σταθμίμετρα υάθου (α, β, γ) και αναλογικό σταθμίμετρο πλωτήρα (φλοτέρ)



Σχήμα 22.4: Παρουσίαση διακοπών κανονικά (σπενεργοποιημένα) α) ανοικτών / β) κλειστών (Normal Open-NO) / Normal Close-NC) και ευθεία / ανάστροφη δράση διακοπών ελέγχου στάθμης για εμβρατιζόμενες και εξωτερικές αντλίες

Στο σχήμα 22.4 δίνονται δύο υδραυλικά κυκλώματα με αντλία. Στο πρώτο η υποβρύχια αντλία αδειάζει τη δεξαμενή και, όταν πέσει η στάθμη η αντλία γίνεται off, ενώ στο δεύτερο η αντλία γεμίζει τη δεξαμενή και, όταν ανέβει η στάθμη και η δεξαμενή κινδυνεύει να υπερχειλίσει, η αντλία γίνεται off. Πρόκειται για δύο κοινές δράσεις με αντίθετο αποτέλεσμα. Γι' αυτό το λόγο η διάταξη αντλίας - φλοτεροδιακόπτη στο σχ. 22.4 (α) ονομάζεται κανονικά ανοικτή (normal open-NO) ενώ στο σχ. 22.4 (β) κανονικά κλειστή (normal close-NC).

Ένας σημαντικός παράγοντας που επηρεάζει την καλή λειτουργία του συστήματος ελέγχου, είναι η διακρίβωση του μετατροπέα στάθμης. Με τον όρο *διακρίβωση* ενός οργάνου ή αισθητηρίου, ορίζουμε τη σωστή αντιστοίχιση του φυσικού μεγέθους που αυτό παρακολουθεί, σε ηλεκτρικό σήμα. Στο σχήμα 22.5 βλέπουμε τη διαδικασία διακρίβωσης ενός μετατροπέα στάθμης.



Σχήμα 22.5: α) Ρυθμιζόμενη περιοχή (αντιστοίχιση περιοχής μετρούμενης μεταβλητής και ρυθμιζόμενης σήματος) ηλεκτρονικού αναμεταδότη στάθμης 10 - 50 cm / 4- 20 mA και β) η διαδικασία διακρίβωσης



Σχήμα 22.6: Όργανο διακρίβωσης

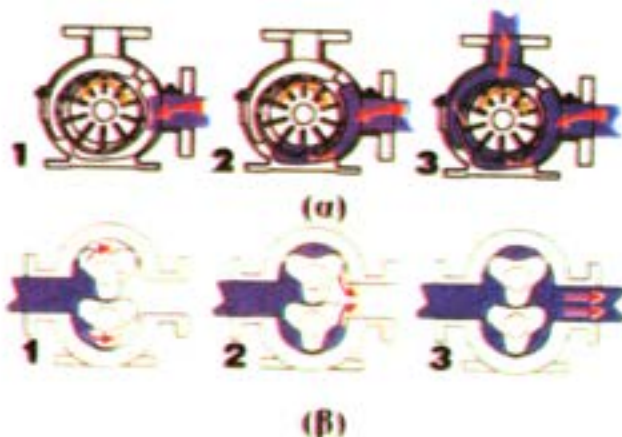
Γ. Αντλίες

Οι αντλίες αντλούν, αναρροφούν, συμπιέζουν και δημιουργούν ροή ρευστών, σχήματα 22.7 και 22.8. Ο έλεγχος στην περίπτωση μικρών αντλιών μπορεί να είναι εύκολος, όπως και με έναν dc κινητήρα, βλ. άσκηση 20.



Σχήμα 22.7:

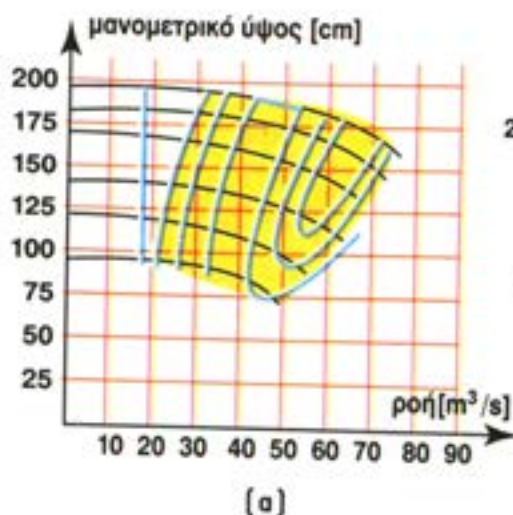
Εύγχρονη αντλία με ηλεκτρονική οδήγηση



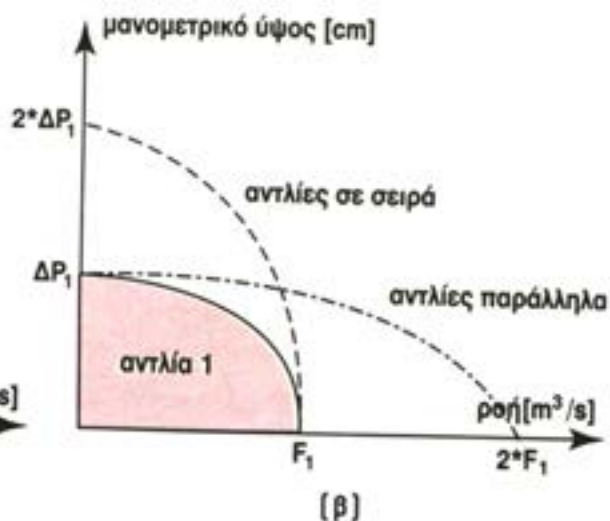
Σχήμα 22.8:

Τύποι αντλιών και λειτουργία τους

Στο σχήμα 22.9 δίνονται η χαρακτηριστική μιας αντλίας, δηλαδή η καμπύλη του μανομετρικού ύψους συναρτήσει της παρεχόμενης από την αντλία ροής [σχήμα 22.9 (α)] καθώς και οι χαρακτηριστικές κοινών συνδεσμο-λογιών των αντλιών, π.χ. σε σειρά και παράλληλα [σχήμα 22.9(β)].

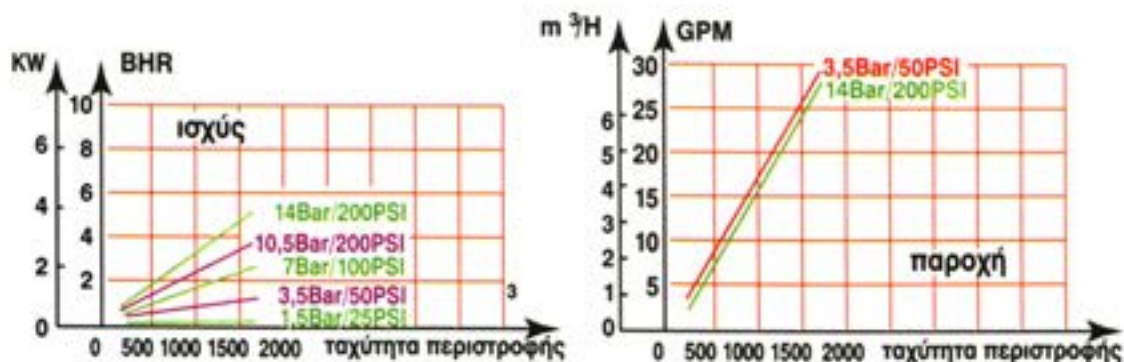


(α)



(β)

Σχήμα 22.9: (α) Χαρακτηριστικές αντλίας και (β) αντλιών σε σειρά και παράλληλα



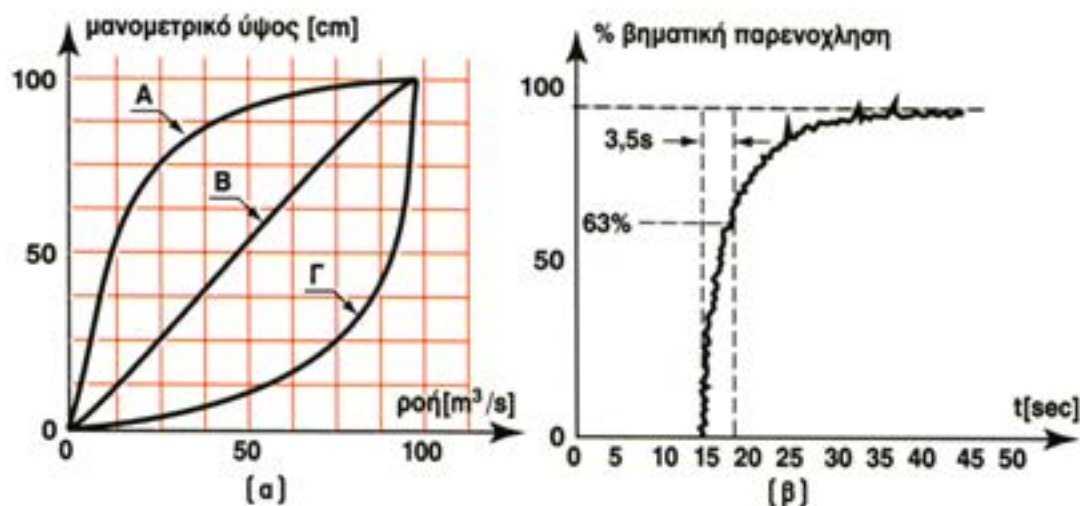
Σχήμα 22.10: Χαρακτηριστική αντλίας: Δίνεται η ισχύς και παροχή συναρτήσει της ταχύτητας περιστροφής της αντλίας για διαφορετικές τιμές διαφορικής πίεσης

Στο σχήμα 22.10 εικονίζεται η χαρακτηριστική αντλίας, δηλ. η ισχύς και παροχή συναρτήσει της ταχύτητας περιστροφής της αντλίας για διαφορετικές τιμές διαφορικής πίεσης.

Μπορούμε να βελτιώσουμε τη λειτουργία μιας αντλίας με ένα κύκλωμα ανακυκλοφορίας ρευστού περί την αντλία. Το κύκλωμα αυτό βελτιστοποιεί ρευστοδυναμικά τη λειτουργία της αντλίας και μεταβάλλει με μεγαλύτερη διακριτική ικανότητα το σημείο λειτουργίας της. Η αντλία (όπως και κάθε όργανο γραμμής ρευστού) ελέγχεται καλύτερα -με μεγαλύτερη διακριτική ικανότητα- όταν η πτώση ή η ανάπτυξη πίεσης είναι μέγιστη. Επίσης η χρησιμοποίηση βανών αποκοπής και παραλληλισμού βοηθούν στη συντήρηση της αντλίας.

Στη βιομηχανία οι αντλίες ελέγχονται με διάφορους τρόπους, όπως με:

- έλεγχο ανοίγματος / κλεισίματος μιας βάνας (στραγγαλισμό) σχήμα 22.11 και
- έλεγχο περιστροφής της αντλίας.



Σχήμα 22.11: [α] Χαρακτηριστικές διάφορων τύπων βανών, [β] χρονική απόκριση μιας βάνας

Διαδικασία

Κατά την εκτέλεση της άσκησης ακολουθήστε τα εξής βήματα:

1^ο τρίωρο

A. Εισαγωγικές Δραστηριότητες

1. Κατασκευάστε την πειραματική διάταξη ελέγχου στάθμης και αναγνωρίστε τα στοιχεία ελέγχου στάθμης (δεξαμενή, βάνο, σταθμίμετρο κτλ.) καθώς και τη λειτουργία δράσης του συστήματος, π.χ. εισροή για γέμισμα της δεξαμενής ή εκροή για άδειασμα της δεξαμενής.

Σημείωση: στην άσκηση δεχόμαστε ότι η δεξαμενή μας διαθέτει μια εκροή με χειροκίνητη βάνο (π.χ. βρύση) ενώ ο ελεγκτής επιδρά πάνω στη βάνο που ρυθμίζει την εισροή. Αν η κατασκευή είναι αντίστροφη, η διαδικασία της άσκησης δεν αλλάζει.

2. Αναγνωρίστε τις διάφορες φυσικές μονάδες που θα χρησιμοποιήσετε.
3. Από τα τεχνικά φυλλάδια καταγράψτε τις ελάχιστες και τις μέγιστες τιμές των φυσικών μονάδων που θα χρησιμοποιήσετε.
4. Μετρήστε την παροχή της αντλίας και τη μεταβολή πίεσης (ΔP) ή μονομετρικό ύψος της αντλίας. Η παροχή μετράται με ένα σγκομετρικό δοχείο, ενώ η μεταβολή πίεσης (ΔP) με ένα φορητό διαφορικό μανόμετρο ή με δυο τοπικά μανόμετρα $\Delta P = P_1 - P_2$ ή με άλλους εμπειρικούς τρόπους.
5. Σχεδιάστε (σε χαρτί mm) τη στατική χαρακτηριστική της αντλίας, για την αντλία του συστήματος σας, σχήματα 22.9 και 22.10.

B. Διακρίβωση μετατροπέα στάθμης - Σύνδεση PI ελεγκτή με μετατροπέα στάθμης

1. Συνδέστε τον PI ελεγκτή με τον μετατροπέα στάθμης στην είσοδο του ελεγκτή (PV / X).
2. Διακριβώστε το μετατροπέα στάθμης, σχήματα 22.2 και 22.3. Για αναμεταδότες (transmitters) μετρητών στάθμης με έξοδο 4-20 mA (ή 1-5 V) η διακρίβωση γίνεται βάσει του παρακάτω πίνακα:

Μηδενισμός (zeroing)	Περιοχή μέτρησης (span)		
0 %	10 %	50 %	90 %
4 mA	5.8 mA	12 mA	18.4 mA

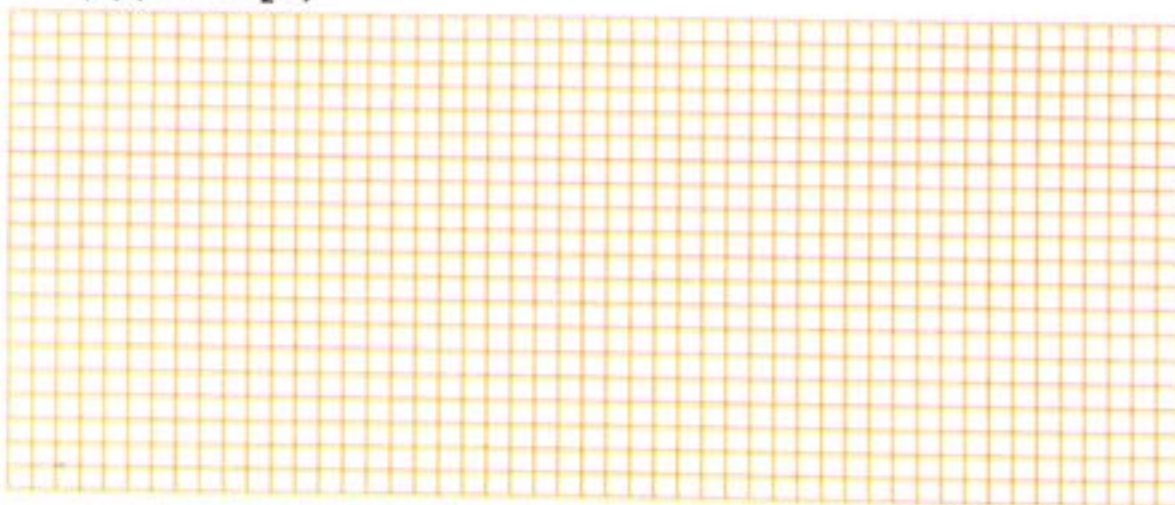
3. Αρχίστε να γεμίζετε τη δεξαμενή με νερό.
4. Χρησιμοποιώντας ένα μακρύ (1 m) κατακόρυφο σωλήνα βαθμοποιημένο σε cm H_2O , μετρήστε και συγκρίνετε την πραγματική στάθμη, όπως τη μετράτε από την ένδειξη του σωλήνα και από το μετρητή στάθμης. Καταχωρίστε τις μετρήσεις στον ΠΙΝΑΚΑ Α και υπολογίστε το σφάλμα.

ΠΙΝΑΚΑΣ Α

ΜΕΤΡΗΣΗ ΑΠΟ ΣΩΛΗΝΑ (cm H ₂ O)	ΜΕΤΡΗΣΗ ΑΠΟ ΣΤΑΘΜΙΜΕΤΡΟ (σε Volts ή mA)		ΣΦΑΛΜΑ (σε cm H ₂ O)	ΣΧΕΤΙΚΟ ΣΦΑΛΜΑ %
0 %				
10 %				
...				
90 %				

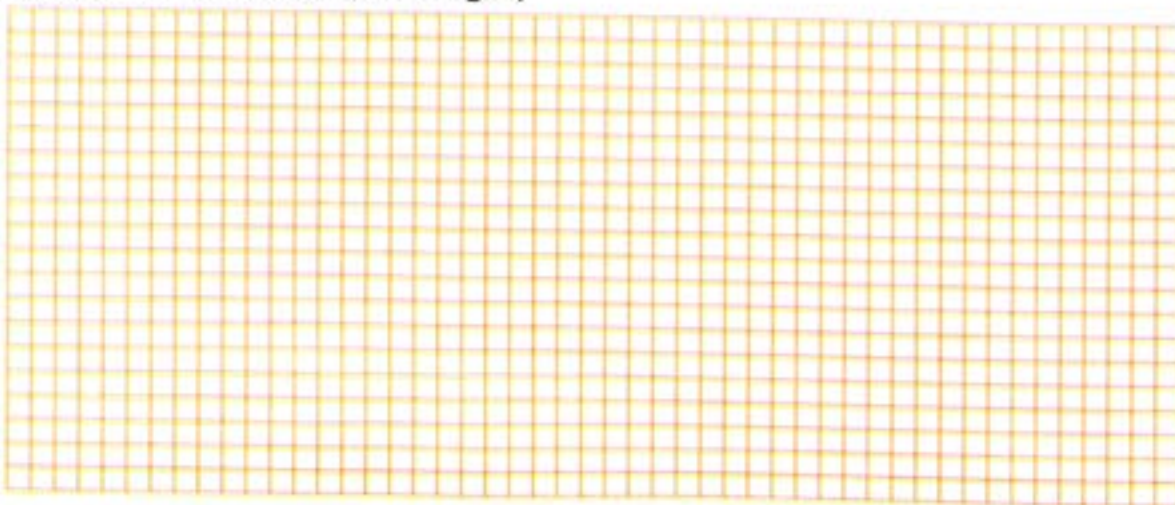
5. Με τη βοήθεια του ΠΙΝΑΚΑ Α σχεδιάστε τη χαρακτηριστική του μετρητή στάθμης (μετατροπέα) και τη μεταβολή του σφάλματος.

στάθμη (σε cmH₂O)



στάθμη (σε Volts)

σφάλμα σταθμίμετρου (σε cmH₂O)



στάθμη (σε cm)

Γ. Έλεγχος κυκλώματος ανοικτού βρόχου

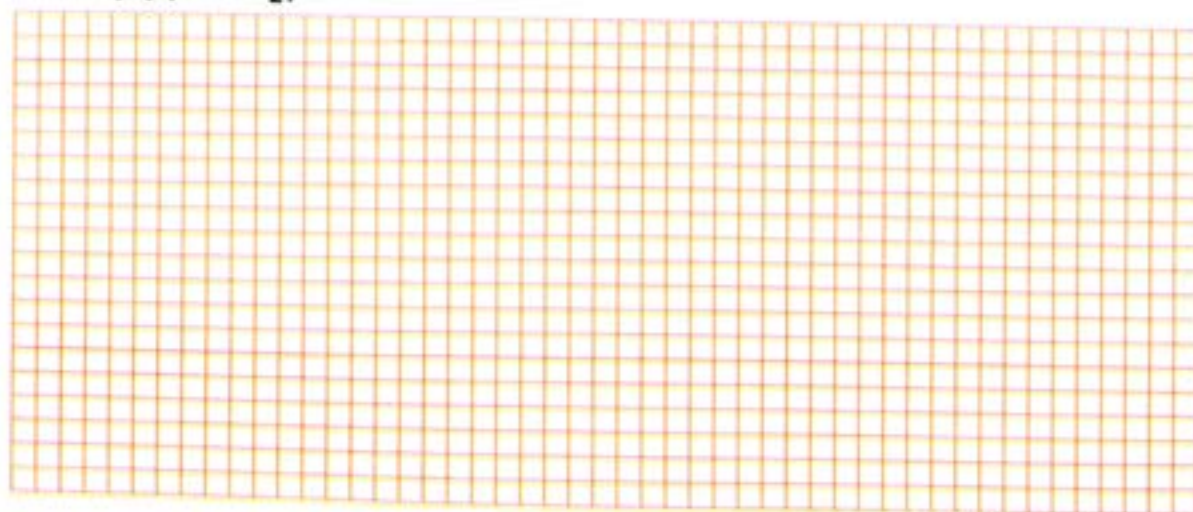
1. Στον έλεγχο ανοικτού βρόχου ο μαθητής προσπαθεί να επιτύχει την επιθυμητή στάθμη, ρυθμίζοντας την έξοδο του ελεγκτή και παρακολουθώντας (ο μαθητής και όχι ο ελεγκτής) την στάθμη οπτικά είτε στο σταθμίμετρο, είτε μέσα από τη διάφανη δεξαμενή.
2. Τοποθετήστε τον ελεγκτή σε χειροκίνητη λειτουργία (MANUAL) και μεταβάλλετε την έξοδό του (MV/Y) χειροκίνητα.
3. Καταγράψτε τη στάθμη στη δεξαμενή ανά δευτερόλεπτο και καταχωρίστε τις τιμές στον ΠΙΝΑΚΑ Β, έως ότου επιτύχετε την επιθυμητή στάθμη.

ΠΙΝΑΚΑΣ Β

ΧΡΟΝΟΣ (σε sec)	ΜΕΤΡΟΥΜΕΝΗ ΣΤΑΘΜΗ	
	(σε Volts)	(σε cm)
0		
1		
...		

4. Με τη βοήθεια του ΠΙΝΑΚΑ Β σχεδιάστε την απόκριση του συστήματος.

στάθμη (σε cm₂)



χρόνος(σε sec)

5. Ποια νομίζετε ότι είναι τα πλεονεκτήματα και ποια τα μειονεκτήματα στον έλεγχο της στάθμης μιας δεξαμενής με σύστημα ανοικτού βρόχου;

2^ο τρίωρο

Δ. Δημιουργία και έλεγχος κυκλώματος κλειστού βρόχου

1. Συνδέστε την έξοδο του ελεγκτή (MV/Y) στον οδηγό της βάνας.
2. Συνδέστε την είσοδο του ελεγκτή (PV/X) στην έξοδο του μετρητή στάθμης (σταθμίμετρο).
3. Αναγνωρίστε τις διάφορες μονάδες του συστήματος ανοικτού και κλειστού βρόχου.
4. Σχεδιάστε το διάγραμμα βαθμίδων του συστήματος ανοικτού και κλειστού βρόχου.
5. Φροντίστε ώστε αρχικά η δεξαμενή να είναι άδεια και η βάνα εκροής να είναι κλειστή. Τοποθετήστε τον ελεγκτή σε αυτόματη λειτουργία (AUTO).
6. Δώστε στην είσοδο του ελεγκτή την επιθυμητή τιμή του ύψους της στάθμης (προσέξτε να είναι σημαντικά μικρότερη από το ύψος της δεξαμενής).
7. Συνδέστε το καταγραφικό (ή τον παλμογράφο) στην έξοδο του μετρητή στάθμης.
8. Ρυθμίστε το κέρδος $P = 100$ και το συντελεστή ολοκλήρωσης $I = 100$.
9. Τροφοδοτήστε το σύστημα. Στο καταγραφικό (ή στον παλμογράφο) παρακολουθήστε τη μεταβολή της στάθμης, μέχρι να αποκατασταθεί η ισορροπία, στην επιθυμητή τιμή του ύψους της στάθμης.
10. Καταγράψτε την καμπύλη μεταβολής της στάθμης (με καταγραφικό ή παλμογράφο) υπό την επίδραση βηματικής διαταραχής, 10 % της μέγιστης τιμής.
11. Μετρήστε το χρόνο αποκατάστασης (ο χρόνος μέχρι η στάθμη να φτάσει στο 95% της επιθυμητής τιμής) και την υπερακόντιση του συστήματος (αν υπάρχει). Καταγράψτε το αποτέλεσμα στον ΠΙΝΑΚΑ Γ.
12. Κρατώντας σταθερή τη σταθερά ολοκλήρωσης αυξήστε το κέρδος P του ελεγκτή και επαναλάβετε τα ερωτήματα 25 και 26 για 8 διαφορετικές τιμές του P .

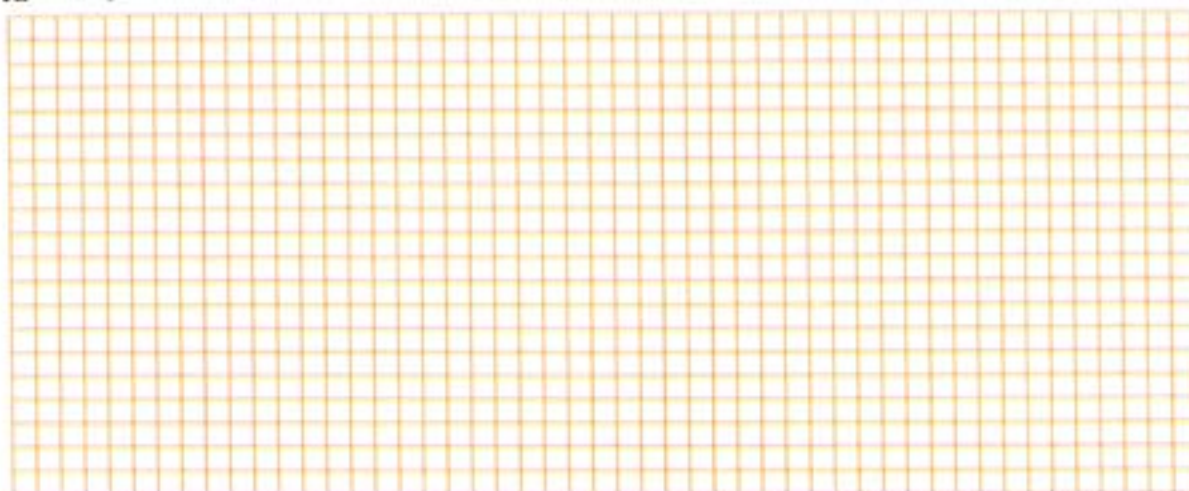
ΠΙΝΑΚΑΣ Γ

P	ΧΡΟΝΟΣ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ [sec]	ΥΠΕΡΑΚΟΝΤΙΣΗ [cm H ₂ O]

13. Με τη βοήθεια του ΠΙΝΑΚΑ Γ σχεδιάστε το γράφημα του χρόνου αποκατάστασης και της υπερακόντισης για τις διάφορες τιμές του P.

χρόνος αποκατάστασης

υπερακόντιση



κέρδος - P

14. Σχολιάστε το γράφημα που προέκυψε.
 15. Διακόψτε την τροφοδοσία.
 16. Αδειάστε τη δεξαμενή.
 17. Διατηρήστε την τιμή του $P = 100$ και αυξήστε το συντελεστή ολοκλήρωσης $I = k_i$.
 18. Για 8 διαφορετικές τιμές του k_i επαναλάβετε τα ερωτήματα 25 και 26, καταχωρίζοντας τα αποτελέσματα στον ΠΙΝΑΚΑ Δ.

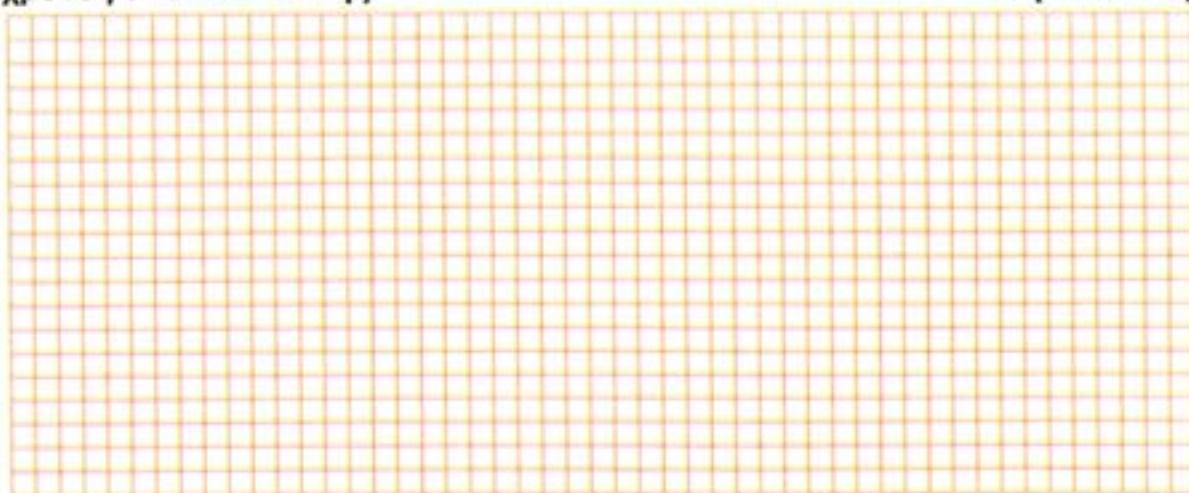
ΠΙΝΑΚΑΣ Δ

P = 100 I	ΧΡΟΝΟΣ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ [sec]	ΥΠΕΡΑΚΟΝΤΙΣΗ [cm H₂O]

19. Με τη βοήθεια του ΠΙΝΑΚΑ Δ σχεδιάστε το γράφημα του χρόνου αποκατάστασης και της υπερακόντισης για τις διάφορες τιμές του P.

χρόνος αποκατάστασης

υπερακόντιση



K₁

20. Σχολιάστε το γράφημα που προέκυψε.

21. Διακόψτε την τροφοδοσία.

22. Αδειάστε τη δεξαμενή.

3^ο τρίωρο

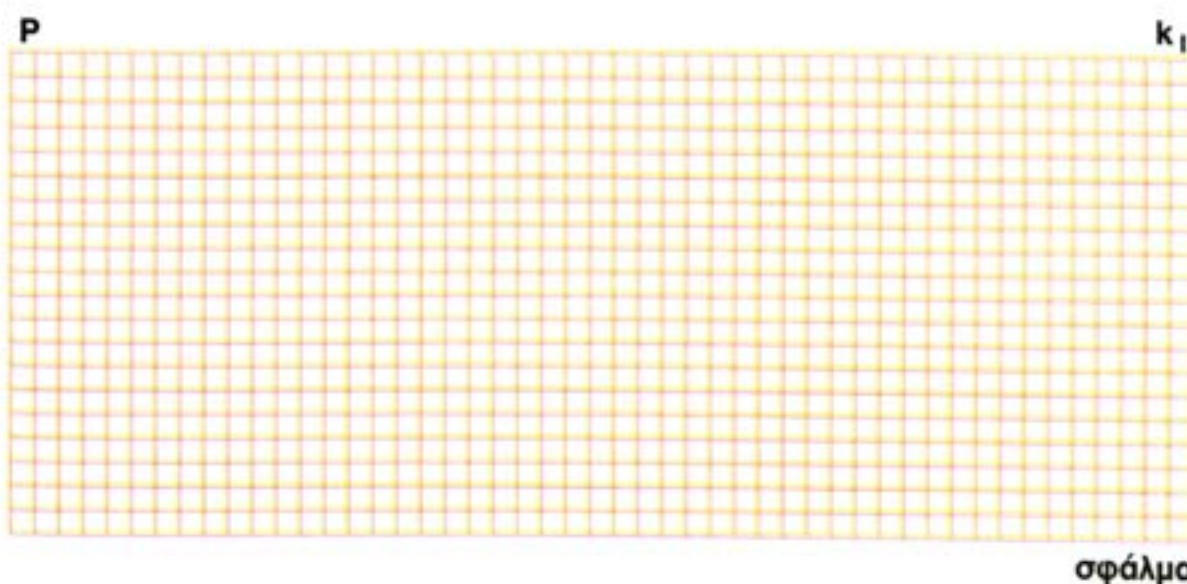
1. Δώστε στην είσοδο του ελεγκτή την επιθυμητή τιμή της στάθμης περίπου στο 50% του ύψους της δεξαμενής.
2. Ρυθμίστε το κέρδος και τη σταθερά ολοκλήρωσης του ελεγκτή, με βάση τα συμπεράσματα από τα προηγούμενα ερωτήματα.
3. Συνδέστε έναν παλμογράφο στην είσοδο της βάνας εισροής και παρακολουθήστε τη μεταβολή της τάσης.
4. Με τη βάνα εκροής ανοικτή κατά το ήμισυ (ή μικρότερο ποσοστό) τροφοδοτήστε το σύστημα.
5. Παρακολουθήστε την μεταβολή της στάθμης (σε καταγραφικό ή παλμογράφο) και της τροφοδοσίας της βάνας.
6. Μετρήστε το χρόνο αποκατάστασης της στάθμης και την (πιθανή) υπερακόντιση.
7. Δημιουργήστε μια βηματική διαταραχή της στάθμης (π.χ. αυξήστε κατά 10% την επιθυμητή στάθμη) και παρακολουθήστε τη μεταβολή της στάθμης. Μετρήστε ξανά το χρόνο αποκατάστασης και την υπερακόντιση.
8. Είναι το σύστημα ευαίσθητο σε μικρές διαταραχές;
9. Μετρήστε το σφάλμα μόνιμης κατάστασης.

10. Κρατώντας σταθερό το συντελεστή ολοκλήρωσης, αυξήστε το κέρδος P του ελεγκτή, μετρώντας κάθε φορά το σφάλμα μόνιμης κατάστασης (για μικρές βηματικές διαταραχές). Καταχωρίστε τις μετρήσεις στον ΠΙΝΑΚΑ Ε.
11. Επαναφέρετε το P στην αρχική του τιμή. Κρατώντας το σταθερό αυξήστε το συντελεστή ολοκλήρωσης k_i , μετρώντας ξανά κάθε φορά το σφάλμα μόνιμης κατάστασης (για μικρές βηματικές διαταραχές). Καταχωρίστε τις μετρήσεις στον ΠΙΝΑΚΑ Ε.

ΠΙΝΑΚΑΣ Ε

P	ΣΦΑΛΜΑ [cm H ₂ O]	$I = k_i$ [sec]	ΣΦΑΛΜΑ [cm H ₂ O]

12. Με τη βοήθεια του ΠΙΝΑΚΑ Ε σχεδιάστε τη μεταβολή του σφάλματος μόνιμης κατάστασης για μεταβολή του P και του k_i .



13. Πώς επηρεάζεται το σφάλμα μόνιμης κατάστασης από το κέρδος $[P]$ και το συντελεστή ολοκλήρωσης $[I]$;
14. Σταματήστε την τροφοδοσία και αδειάστε τη δεξαμενή. Κλείστε τη βάνα εκροής.

4^ο τρίωρο

Ε. Ρύθμιση του PI ελεγκτή για τον έλεγχο της στάθμης δεξαμενής

1. Τοποθετήστε τον ελεγκτή στο αυτόματο (AUTO) και μεταβάλλετε την επιθυμητή τιμή του ελεγκτή (SV / W), π.χ. από 40 % της μέγιστης στάθμης σε 50 %. Έτσι ελέγξετε τη στάθμη της δεξαμενής σαν σύστημα κλειστού βρόχου με I δράση ελεγκτή. Υπολογίστε τις βέλτιστες τιμές της I δράσης, με κριτήρια τη βέλτιστη ταχύτητα απόκρισης και το ελάχιστο σφάλμα υπερακόντισης και σφάλμα σταθερής κατάστασης σε βηματική εντολή αλλαγής της στάθμης της δεξαμενής από 40 % της μέγιστης στάθμης σε 50 %. Σχολιάστε τα μειονεκτήματα και τα πλεονεκτήματα.
2. Ρυθμίστε τον ελεγκτή σε λειτουργία AUTO, με $P = 100$ και $I = 0$.
3. Ρυθμίστε την επιθυμητή τιμή της στάθμης.
4. Συνδέστε στο σταθμίμετρο ένα καταγραφικό (ή παλμογράφο).
5. Τροφοδοτήστε το σύστημα.
6. Παρακολουθήστε τη μεταβολή της στάθμης στο καταγραφικό (ή παλμογράφο).
7. Όταν η ισορροπία αποκατασταθεί, δημιουργήστε μια βηματική διαταραχή.
8. Όταν η ισορροπία αποκατασταθεί, μετρήστε ξανά το χρόνο καθυστέρησης και τη σταθερά χρόνου.
9. Μετρήστε επίσης το χρόνο αποκατάστασης και την υπερακόντιση.
10. Από τις μετρήσεις του ερωτήματος 8 υπολογίστε τις βέλτιστες τιμές του κέρδους P και του συντελεστή ολοκλήρωσης I .
11. Ρυθμίστε τον ελεγκτή στις τιμές αυτές.
12. Δημιουργήστε ξανά μια βηματική διαταραχή και παρακολουθήστε την μεταβολή της στάθμης στο καταγραφικό (ή τον παλμογράφο).
13. Όταν η ισορροπία αποκατασταθεί, μετρήστε επίσης το χρόνο αποκατάστασης και την υπερακόντιση. Υπάρχει βελτίωση στη συμπεριφορά του συστήματος;
14. Κάνετε τις απαραίτητες μετρήσεις, ώστε να σχεδιάσετε τις γραφικές παραστάσεις της απόκρισης του συστήματος και του σφάλματος.
15. Ποια νομίζετε ότι είναι τα πλεονεκτήματα και ποια τα μειονεκτήματα στον έλεγχο της στάθμης μιας δεξαμενής με σύστημα κλειστού βρόχου;
16. Συγκρίνετε τα αποτελέσματα του ελέγχου κλειστού βρόχου με αυτά του ελέγχου ανοικτού βρόχου και σχολιάστε.

ΣΤ. Ερωτήσεις

1. Ποια είναι η διαφορά μεταξύ P και PI ελέγχου ταχύτητας περιστροφής κινητήρα και στάθμης δεξαμενής;
2. Εξηγήστε φυσικά τη μεταβολή (ταλάντωση ή σφάλμα) στάθμης υπό την επίδραση διαταραχής. Τι συμβαί-

νει στο σύστημα από φυσική άποψη;

3. Δώστε τεχνικές προδιαγραφές ενός σταθμίμετρου.
4. Ποια τα είδη των σταθμίμετρων;
5. Δώστε τεχνικές προδιαγραφές για διάφορα είδη σταθμίμετρων
6. Δώστε τεχνικές προδιαγραφές μιας αντλίας.
7. Δώστε τεχνικές προδιαγραφές μιας βάνας.
8. Δώστε τεχνικές προδιαγραφές σωληνώσεων.
9. Πώς ρυθμίσαμε την ισχύ της αντλίας στην παραπάνω άσκηση;
10. Τι άλλους τρόπους ρύθμισης αντλιών γνωρίζετε;
11. Οι μεγάλες δεξαμενές γεμίζουν και αδειάζουν αργά ή γρήγορα;
12. Οι μικρές δεξαμενές γεμίζουν και αδειάζουν αργά ή γρήγορα;
13. Τι δηλώνει η στατική χαρακτηριστική (παροχή νερού συναρτήσει του υδροστατικού ύψους) της αντλίας μας; Ερμηνεύστε αυτό για μία μικρή αγροικία με πηγάδι και αντλία παροχής νερού;
14. Εντοπίστε προϊόντα αντλιών με ηλεκτρονικών ρυθμιστές στροφών ισχύος στην αγορά.
15. Δίνεται μια δεξαμενή $L = 0 - 2 \text{ m}$, με κυκλικό πυθμένα εσωτερικής διαμέτρου $20 / \sqrt{\pi} \text{ m}$. Υπολογίστε και σχεδιάστε την αντίστοιχη καθαρή μεταβολή (αλγεβρική) της παροχής εισόδου σε m^3/h και της ποσότητας του ρευστού σε m^3 που είναι στις 9:30 μέσα στη δεξαμενή.

Χρόνος	Παροχή [m^3/h]	Στάθμη [m]	Ποσότητα [m^3]
[h]	0 50 100 150 200	0 0.5 1.0 1.5 2	0 50 100 150 200
10:00			
09:00			
08:00			
07:00			

16. Δώστε φυσικά φαινόμενα που αναπτύσσονται σε διατάξεις με δεξαμενές και αντλίες.
17. Τι σημαίνει στάθμη σε αφρώδη ρευστά (π.χ. μύρα);
18. Γιατί μικρές δεξαμενές αναπτύσσουν δίνες κοντά σε βάνες εκροής; Πώς αποφεύγεται το φαινόμενο;

Ζ. Παρατηρήσεις - Συμπεράσματα

Η. Παράρτημα Ι: Ο PI Ελεγκτής

Ο ελεγκτής στάθμης συγκρίνει συνεχώς την επιθυμητή στάθμη με την πραγματική στάθμη και παράγει διορθωτική δράση, όταν η διαφορά μεταξύ αυτών των δύο μεγεθών είναι μετρήσιμη. Η πραγματική στάθμη καταγράφεται με σταθμίμετρο. Ο συνήθης τύπος του PID και του PI ελεγκτή είναι:

$$MV(t) = P \cdot e(t) + k_i \int_0^t e(t) \cdot dt + D \cdot \frac{de(t)}{dt}$$

$$MV(t) = P \cdot e(t) + k_i \int_0^t e(t) \cdot dt$$

Για να ρυθμίσουμε έναν ελεγκτή τύπου PID (Proportional – Integral – Derivative), βλ. σχήμα 20.5 πρέπει να επιλέξουμε τις παραμέτρους:

PB = Proportional Band = Ζώνη Κέρδους = $1 / P = 1 / \kappa_p$

I = κ_i Integral Action = Reset = Ολοκληρωτική Δράση

D = Derivative action = Rate = Διαφορική Δράση

Από εμπειρικούς κανόνες υπολογίζουμε από παραμέτρους T και L, μετρούμενες στην καμπύλη της απόκρισης, ότι:

ΤΥΠΟΣ ΕΛΕΓΚΤΗ	PB %	$\kappa_i = I$ (sec)	D (sec)
PID	$100 / (1.2 \cdot T/L)$	$2.0 \cdot L$	$0.5 \cdot L$

Γενικά η εύρεση των βέλτιστων P, I και D παραμέτρων είναι μια αέρινη διαδικασία (trial and error method) διαδοχικών προσεγγίσεων και βελτιώσεων.

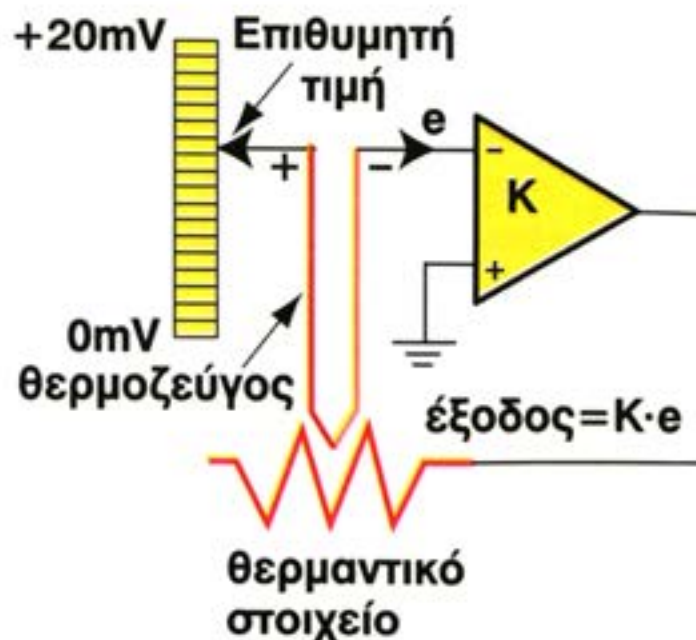
Η ολοκληρωτική και διαφορική δράση μπορούν να μηδενιστούν θέτοντας $\kappa_i = I = 0$ και $D = 0$. Έτσι σχηματίζουμε P, PD, PI και PID ελεγκτές. Ένας PI ελεγκτής (υλοποιείται και με PID ελεγκτή, αλλιώς με $D=0$).



Σχήμα 22.12: Καταγραφικό 2x3 παραμέτρων (PV, SV, MV)

άσκηση 23

Έλεγχος θερμοκρασίας χώρου με Ελεγκτή δύο θέσεων



Στόχοι της άσκησης

διάρκεια άσκησης: 12 διδακτικές ώρες

Στο τέλος της άσκησης οι μαθητές θα είναι ικανοί:

- ⇒ να γνωρίζουν και εξηγούν τη λειτουργία του ελεγκτή δύο θέσεων.
- ⇒ να συνδέουν το κύκλωμα του ελεγκτή θέσεων.
- ⇒ να εξηγούν τις κυματομορφές εισόδου και εξόδου στο καταγραφικό (ή παλμογράφο) με διαφορετικές υστερήσεις.
- ⇒ να μελετούν το ρυθμιζόμενο σύστημα και να βρίσκουν τη χρονική του απόκριση με διαφορετικές διαταραχές.
- ⇒ να μελετούν με τη βοήθεια του καταγραφικού τις χρονικές μεταβολές της ελεγχόμενης μεταβλητής σε κλειστό σύστημα ελέγχου.

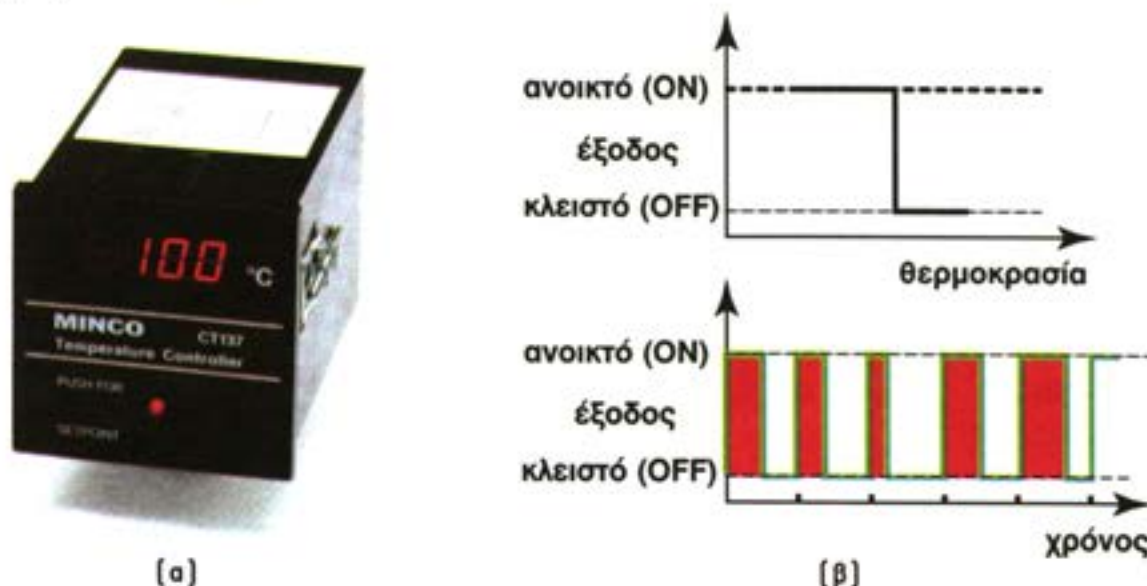
Απαραίτητα εξαρτήματα

Για την πραγματοποίηση της άσκησης είναι απαραίτητα τα εξής υλικά:

- ✓ Ένας χώρος ελεγχόμενης θερμοκρασίας και θερμαντικό στοιχείο (ηλεκτρικό ή άλλο). *Μικρός ηλεκτρικός φούρνος με χρόνους θέρμανσης κάτω των 10 min μπορεί να επιταχύνει τη διάρκεια εκτέλεσης της άσκησης*
- ✓ Ένας αισθητήρας θερμοκρασίας (θερμοζεύγος ή θερμίστορ) ή εναλλακτικά διμεταλλικό έλασμα
- ✓ Ένας ελεγκτής δύο θέσεων μεταβλητής υστέρησης (*υλοποιείται και με ρελέ στην έξοδο συγκριτή*) ή εναλλακτικά με δύο διαφορετικά διμεταλλικά ελάσματα
- ✓ Ένα κύκλωμα οδήγησης θερμαντικού στοιχείου με οπτική απομόνωση (driver)
- ✓ Καλωδιώσεις σύνδεσης ελεγκτή - αισθητήρα θερμοκρασίας - θερμαντικού στοιχείου
- ✓ Ένα ηλεκτρομηχανικό ρελέ ή ρελέ στερεάς κατάστασης (solid state)
- ✓ Ένα καταγραφικό υλικού ή παλμογράφος δικόναυτος
- ✓ Ένα ποθόμετρο (μερικά ποθόμετρα διαθέτουν και αισθητήρα θερμοκρασίας)

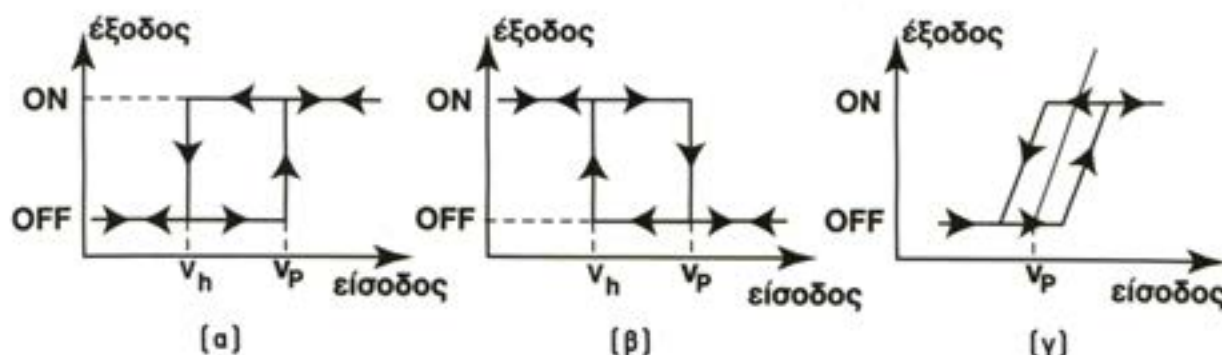
Βασική θεωρία - Υλοποίηση Ελεγκτή Δύο θέσεων

Ο Ελεγκτής δύο θέσεων είναι μία συσκευή που παρακολουθεί τη μεταβολή ενός φυσικού μεγέθους και, όταν αυτό ξεπεράσει μια προκαθορισμένη τιμή (που ορίζει ο χρήστης), αλλιάζει την κατάσταση της εξόδου του (για έξοδο συνήθως έχει ρελέ). Πρόκειται δηλαδή για έναν on-off ελεγκτή. Στο σχήμα 23.1 βλέπουμε έναν ελεγκτή θερμοκρασίας δύο θέσεων.



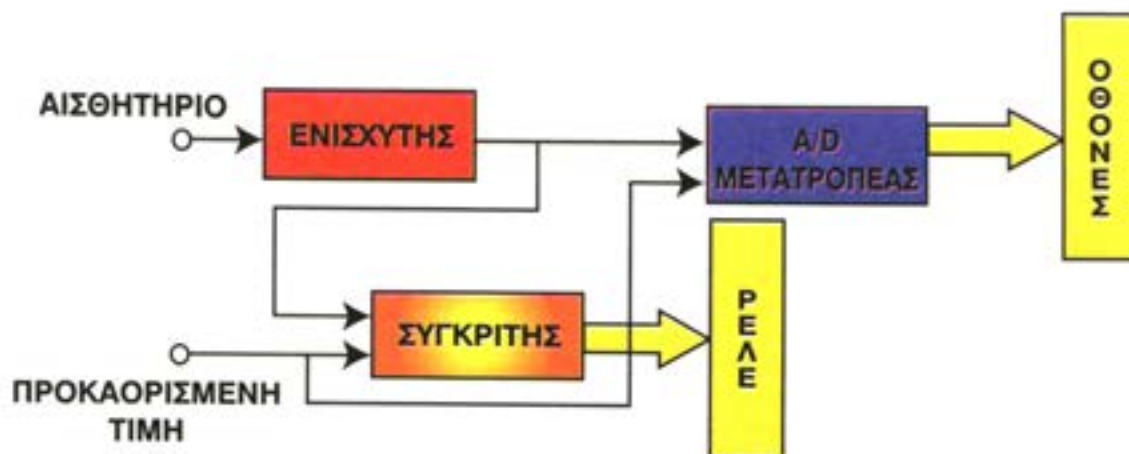
Σχήμα 23.1: Ελεγκτής θερμοκρασίας δύο θέσεων και τρόπος λειτουργίας του

Οι ελεγκτές αυτοί παρουσιάζουν φαινόμενο *υστέρησης*. Δηλαδή, όταν η θερμοκρασία αυξάνει και όταν ελαττώνεται, η αλλαγή της εξόδου του ελεγκτή δεν συμβαίνει ακριβώς στην ίδια τιμή. Στο σχήμα 23.2 περιγράφεται η κατάσταση της εξόδου, όταν μεταβάλλεται η είσοδος, και φαίνεται η υστέρηση.



Σχήμα 23.2: Έξοδος ιδανικού ελεγκτή δύο θέσεων - Ερμηνεία της υστέρησης διακόπτη

Το διάγραμμα βαθμίδων ενός ελεγκτή δύο θέσεων φαίνεται στο σχήμα 23.3. Το ηλεκτρικό σήμα που φθάνει από το αισθητήριο ενισχύεται και οδηγείται μέσω του Α/Δ μετατροπέα σε ενδεικτικές οθόνες (displays), για οπτική απεικόνιση του μεγέθους. Επίσης οδηγείται στη μονάδα του συγκριτή μαζί με το σήμα από ένα χειροκίνητο επιλογέα (ποτενσιόμετρο). Το δεύτερο αυτό σήμα αποτελεί την προτοποθετημένη τιμή. Όταν το σήμα από το αισθητήριο γίνει μεγαλύτερο (ή μικρότερο ανάλογα με το όργανο) από την καθορισμένη τιμή, αλλάζει η κατάσταση της εξόδου.



Σχήμα 23.3: Διάγραμμα βαθμίδων ενός ελεγκτή δύο θέσεων

Στην είσοδο του ελεγκτή συνδέεται το κατάλληλο αισθητήριο (sensor). Για μέτρηση της θερμοκρασίας υπάρχουν μια σειρά από αισθητήρια. Κυριότερα είναι τα εξής:

- Θερμοζεύγη σχήμα 23.4. Πρόκειται για αισθητήρια που ανάλογα με τη θερμοκρασία δίνουν μια συγκεκριμένη τάση σε mVolts (συνθετέρος τύπος ο K).
- Θερμοαντιστάσεις. Είναι αισθητήρια που ανάλογα με τη θερμοκρασία μεταβάλλουν την τιμή της ωμικής τους αντίστασης (συνθετέρος τύπος το Pt 100).
- Θερμίστορς. Είναι αισθητήρια που, καθώς η θερμοκρασία αυξάνει, η αντίστασή τους αυξάνει (PTC) ή μειώνεται (NTC).



Σχήμα 23.4: Θερμοζεύγος (probe, στεγανοποίηση / κεφαλή / κάλυμμα, συνδέσεις)

Ο κάθε ελεγκτής δέχεται συνήθως ένα είδος αισθητηρίου. Απαιτηση για το αισθητήριο που χρησιμοποιείται είναι να παρουσιάζει καλή *γραμμικότητα*. Όταν η εφαρμογή αφορά μια μεγάλη περιοχή θερμοκρασιών, τότε το αισθητήριο παύει να έχει γραμμική συμπεριφορά. Για το λόγο αυτό στην είσοδο του ελεγκτή, υπάρχει (μαζί με τον ενισχυτή - σχήμα 23.3) μια βαθμίδα γραμμικοποίησης του αισθητηρίου.

Όταν ο έλεγχος αφορά τη θέρμανση ενός χώρου, τότε ο ελεγκτής ρυθμίζει τη λειτουργία ενός ή περισσότερων θερμαντικών σωμάτων. Αν, αντίθετα, αφορά την ψύξη ενός χώρου, τότε ο ελεγκτής ελέγχει τη λειτουργία ψυκτικών μηχανημάτων. Είναι όμως δυνατόν να ζητάμε άλληποτε τη θέρμανση και άλληποτε την ψύξη ενός χώρου, ώστε η θερμοκρασία του να είναι σταθερή (π.χ. για όλες τις εποχές του χρόνου). Τότε χρειαζόμαστε έναν ελεγκτή με δύο επιλογές θερμοκρασιών και δύο ανεξάρτητες εξόδους (διαφορετικά χρησιμοποιούμε δύο ανεξάρτητους ελεγκτές). Η μία έξοδος θα ελέγχει το κύκλωμα θέρμανσης και η άλλη το κύκλωμα ψύξης. Στην άσκηση αυτή θα εξετάσουμε τη θέρμανση ενός χώρου. Η θέρμανση θα γίνει μέσω ενός θερμαντικού στοιχείου. Στο σχήμα 23.5 βλέπουμε μια σειρά από τέτοια στοιχεία.



(α)



(β)



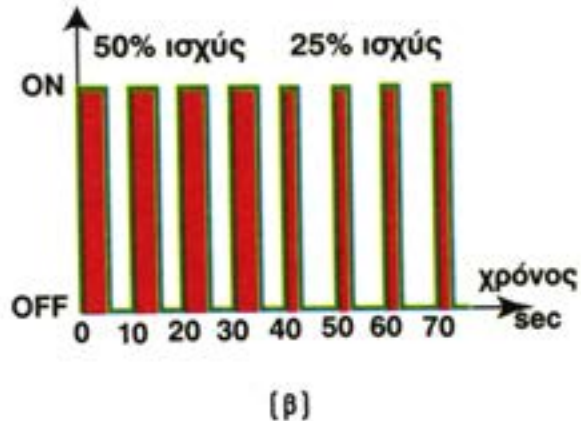
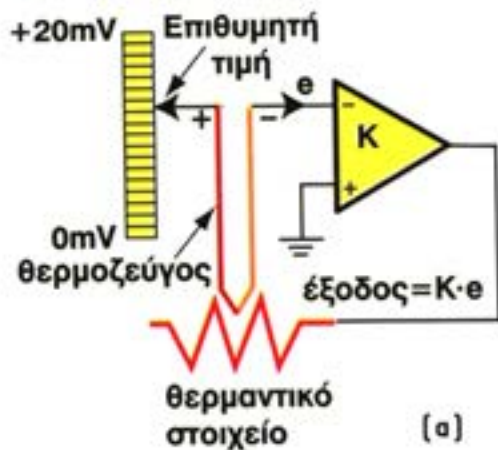
(γ)

Σχήμα 23.5: Θερμαντικά στοιχεία: επιφανειακά, εμβαπτιζόμενα σε νερό, ευθύγιστα κτλ.

Ο ON/OFF έλεγχος που περιγράψαμε είναι ο απλούστερος έλεγχος στη βιομηχανία και την φύση. Ο τύπος αυτός ελέγχου είναι χαμηλού κόστους, αλλά όχι ακριβής στις περισσότερες διεργασίες και εφαρμογές ελέγχου μηχανών. Ο ON/OFF έλεγχος συνήθως οδηγεί σε υπερακόντιση (overshoot) και ταλαντώσεις (cycling), όπως φαίνεται και στο σχήμα 23.10. Συνήθως γύρω από το επιθυμητό σημείο ισορροπίας χρησιμοποιείται μια νεκρή ζώνη (deadband) για να αποφευχθεί το φαινόμενο άσκοπων διακοπτικών δράσεων (μικρές μεταβολές της θερμοκρασίας γύρω από την επιθυμητή τιμή θα οδηγούσε σε ανεπιθύμητες συνεχείς μεταβολές την έξοδο του ελεγκτή).

Ο ON/OFF έλεγχος με σταθερό χρόνο ανοιγοκλεισίματος μεταβολής του ρεφέ (διακοπτική συχνότητα) επιτυγχάνει:

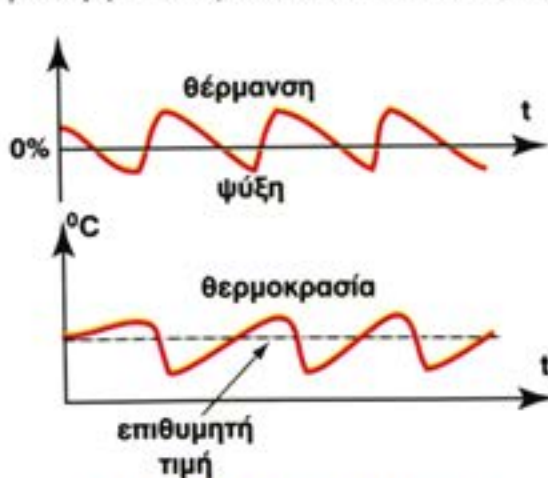
1. Να ελαχιστοποιεί ανάγκες για φίλτρα.
2. Να μειώνει τους κινδύνους συντονισμού σε μεγάλα ac συστήματα.



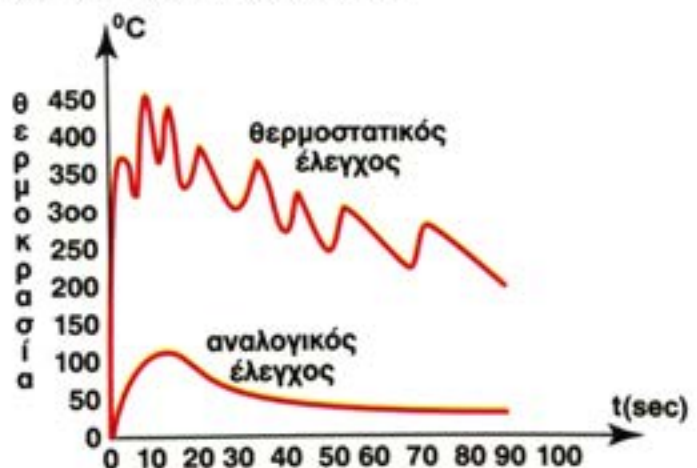
Σχήμα 23.6: Έλεγχος ισχύος με PWM (Pulse Width Modulation) σήμα

Έτσι, για τον έλεγχο της θερμοκρασίας χρησιμοποιούνται παλμοί μεγάλου χρονικού μήκους για υψηλή ισχύ εξόδου και παλμών μικρού χρονικού μήκους για μικρή ισχύ εξόδου, γνωστή σαν τεχνική ελέγχου αναλογικού χρόνου (time proportioning control, PWM), που επιτυγχάνεται με ένα απλό ρελέ που ανοιγοκλείνει με κάποιο προκαθορισμένο χρόνο ανοιγοκλεισίματος (cycle time). Στο σχήμα 23.6 βλέπουμε ένα σήμα PWM.

Για μικρή συχνότητα του PWM σήματος, η ταχύτητα είναι πολύ χαμηλή και η θερμοκρασία ταλαντώνει σημαντικά. Μια απλοποιημένη εξήγηση της μεταβολής θερμοκρασίας σε PWM οδήγηση είναι ότι το θερμαντικό στοιχείο ή μέσο οδηγείται σε καταστάσεις ON/OFF αλλά δεν προλαβαίνει να οδηγηθεί στα άκρα αυτών των καταστάσεων ON ή OFF. Στο σχήμα 23.7 φαίνεται η ταλάντωση της εξόδου του ελεγκτή δύο θέσεων ή τριών θέσεων (με θέρμανση / ψύξη) και πώς αυτή επηρεάζει τη θερμοκρασία του χώρου. Επίσης στο σχήμα 23.8 παρουσιάζεται μια σύγκριση επίδρασης ON/OFF και αναλογικού ελέγχου στη θερμοκρασία του χώρου.



Σχήμα 23.7: ON/OFF έλεγχος θερμοκρασίας. Το σήμα εξόδου του ελεγκτή και η μεταβολή του μεγέθους

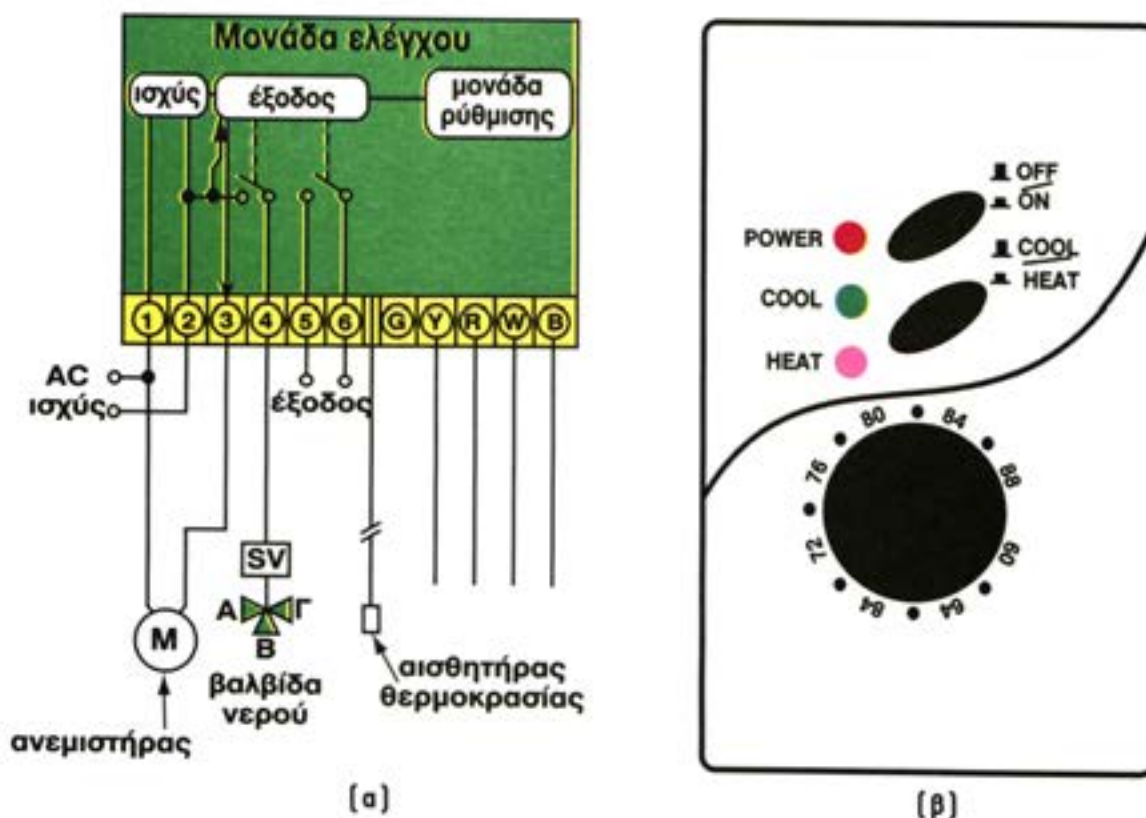


Σχήμα 23.8: και αναλογικού ελεγκτή Αποκρίσεις ελεγκτή δύο θέσεων

Στον ON/OFF έλεγχο, έχουν αναφερθεί διάφορες διακοπτικές συχνότητες, όπως 4, 15, 20, 24kHz. Με την τεχνική αυτή λειτουργούν:

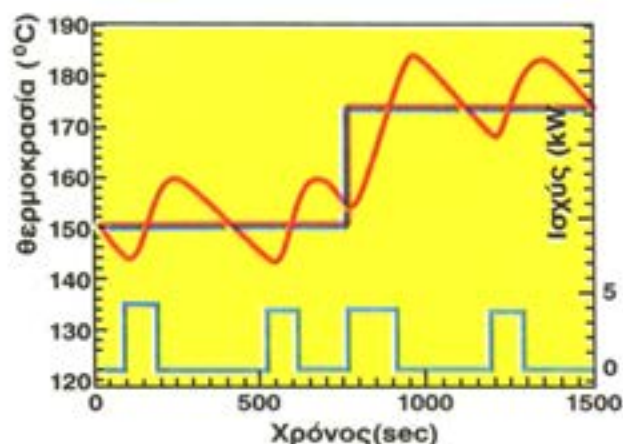
1. η ηλεκτρική θερμάστρα και κάθε συσκευή οικιακής θέρμανσης / ψύξης, π.χ. ηλεκτρική εστία σε ηλεκτρική κουζίνα, βραστήρας νερού, θερμοσίφωνας, στεγνωτήρας μαλλιών κτλ.
2. οι ψυκτικές / θερμαντικές εγκαταστάσεις βιομηχανικών εφαρμογών,
3. ο φορητός καυστήρας σε ερασιτεχνικό αερόστατο,
4. οι αντλίες που ρυθμίζουν την πίευστότητα ενός υποβρυχίου,
5. η διόρθωση πορείας ενός διαστημοπλοίου.

Τα στοιχεία που συνήθως ρυθμίζονται είναι βάνες, ρελέ, στοιχεία δράσης, κινητήρες, αντλίες, ανεμιστήρες, υδραυλικά και πνευματικά στοιχεία. Στο σχήμα 23.9 φαίνεται πώς συνδέονται τα αισθητήρια και τα στοιχεία που ρυθμίζονται σε έναν ελεγκτή δύο θέσεων.



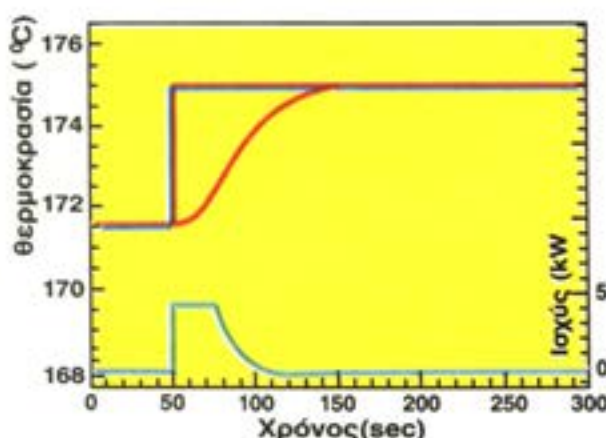
Σχήμα 23.9: Διάγραμμα σύνδεσης ελεγκτή δύο καταστάσεων και front panel

Η προαδευτική αυξομείωση της διάρκειας των ON/OFF παλμών διατηρεί τη θερμοκρασία στην επιθυμητή τιμή (set point), όπως φαίνεται και στα σχήματα 23.10 και 23.11.



Σχήμα 23.10:

Προβλήματα ON/OFF ελέγχου θερμοκρασίας



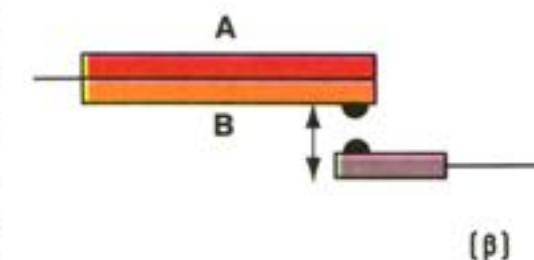
Σχήμα 23.11:

Επιτυχής ON/OFF έλεγχος θερμοκρασίας

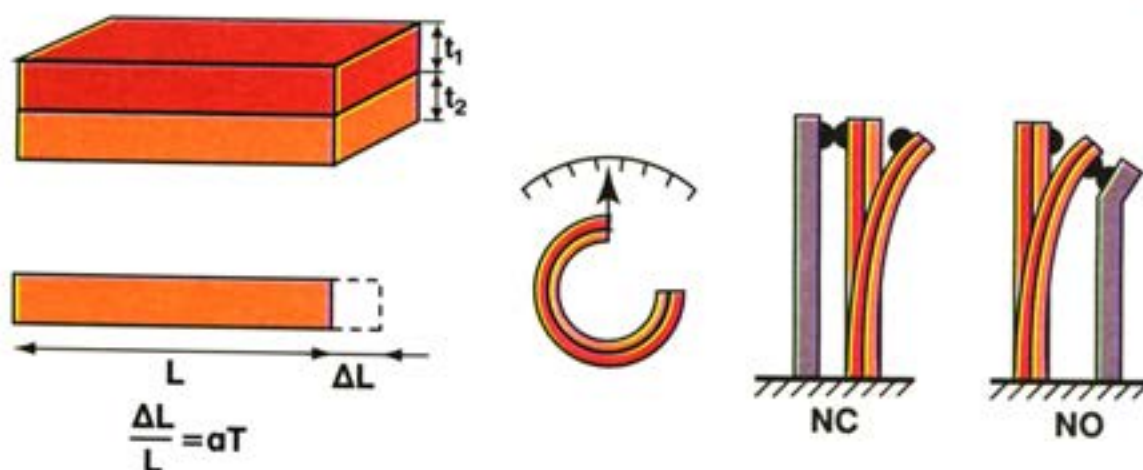
Επίσης μείωση της τάσης των παλμών οδήγησε του θερμαντικού στοιχείου, λόγω της δεύτερης δύναμης της σχέσης τάσης και ισχύος ($P=V^2/R$), οδηγεί σε ταχύτατη μείωση και της παρεχόμενης θερμικής ισχύος. Αποτέλεσμα αυτού είναι να καθυστερεί η προσέγγιση της επιθυμητής θερμοκρασίας, που όμως επιτυγχάνεται χωρίς (ή με ελάχιστη) υπερακόνηση (βλέπε σχήμα 23.11).

Σε ιδιαίτερα απλές εφαρμογές αντί του ελεγκτή δύο θέσεων που περιγράψαμε, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένας απλός διμεταλλικός διακόπτης, όπως φαίνεται στα σχήματα 23.12 (β) και 23.13 (σε μορφή ταινίας ή σύρματος και σε ειδικειδή και τυλίγματα διμεταλλικών συρμάτων). Ο διακόπτης αυτός αποτελείται από δύο ελάσματα από διαφορετικά υλικά που διαστέλλονται ανομοιόμορφα. Αποτέλεσμα αυτού είναι το έλασμα να κάμπτεται (σχήμα 23.13) και τελικά να έρχεται σε επαφή με έναν ακροδέκτη. Οι θερμικοί συντελεστές μεταβολής μήκους, $\alpha = \frac{\Delta L/L}{\Delta T} \cdot 100$, διαφόρων υλικών δίνονται στο σχήμα 23.12 (α).

ΥΛΙΚΟ	$[^{\circ}\text{C}]^{-1}$
Πλατίνα	8,9
Ασήμι	10,0
Χρυσός	4,2
Χαλκός	16,7
Invar	1,2
Σίδηρος	11,8
Μόλυβδος	28,7
Tungsten	4,5

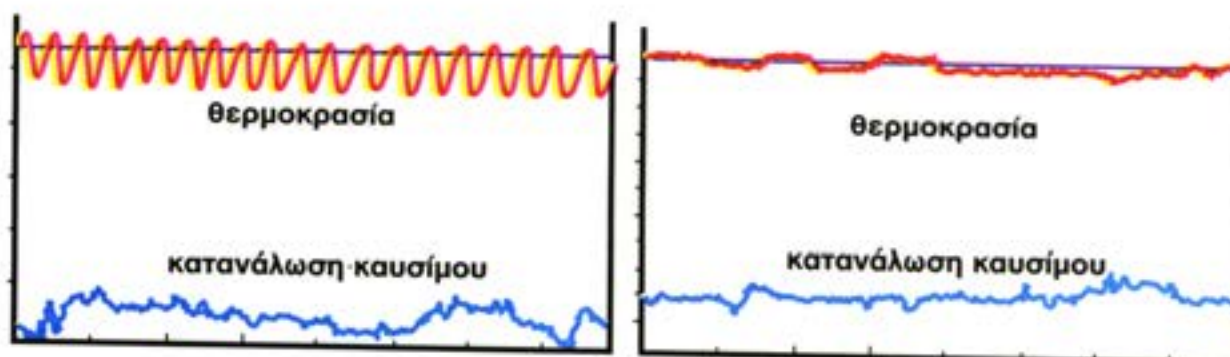


Σχήμα 23.12: (α) Θερμικοί συντελεστές α μεταβολής μήκους και (β) διμεταλλικός διακόπτης



Σχήμα 23.13: Διμεταλλικό Έλασμα (ρυθμίζει τον χρόνο ON / OFF)

Συμπερασματικά μπορούμε να πούμε ότι:



(α) on-off έλεγχος

(β) συνεχής (PID) έλεγχος

Σχήμα 23.14: Σύγκριση του on-off και συνεχούς ελέγχου θερμοκρασίας αέρα και της κατανάλωσης καυσίμου (προσπάθεια ελέγχου) σε χώρο θερμοκηπίου

Τα πλεονεκτήματα του on/off ελέγχου είναι:

1. απλό και χαμηλού κόστους κύκλωμα οδήγησης (ειδικότερα σε εφαρμογές υψηλής ισχύος με συχνότητα διακοπής μέχρι 1 kHz) αποτελεί μια καλή λύση για μη κρίσιμες εφαρμογές.
2. ελάχιστη σχετικά κατανάλωση.
3. λειτουργεί για ευρείες περιοχές λειτουργίας (τάσης, θερμοκρασίας κτλ.).
4. απαιτεί ελάχιστη διακρίβωση (ρύθμιση).
5. αυξάνει την αξιοπιστία του κυκλώματος και φιλοσοφίας οδήγησης.

Τα μειονεκτήματα του on/off ελέγχου είναι:

6. κακή χαρακτηριστική εκκίνησης (startup).
7. διαχειρίζεται μεγάλα ρεύματα εκκίνησης κατά την εκκίνηση (κατάσταση ON, start up) και άρα απαιτεί στοιχεία δράσης (actuator) σχεδιασμένα για μεγαλύτερα ρεύματα.
8. μειώνει την αξιοπιστία οδήγησης εξόδου του συστήματος λόγω βλαβών.
9. αυξάνει το θόρυβο των συστημάτων, που μειώνεται με αυξανόμενη τη συχνότητα του PWM.
10. σε ωμικά φορτία η τεχνική είναι ανεπαρκής σε υψηλά ρεύματα (ωστόσο αυτό είναι ικανοποιητικό για ηλεκτρική θέρμανση).

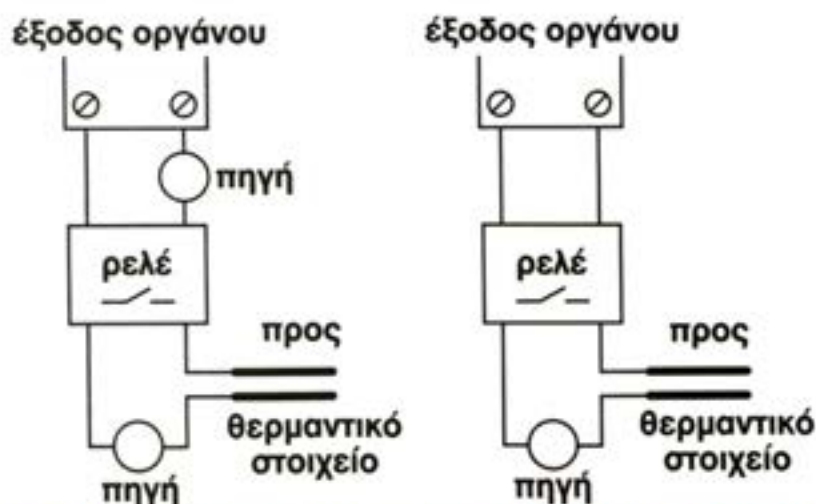
Διαδικασία

Κατά την εκτέλεση της άσκησης ακολουθήστε τα εξής βήματα:

1^ο τρίωρο

A. Εισαγωγικές Δραστηριότητες

1. Μελετήστε το εγχειρίδιο χρήσης και λειτουργίας του ελεγκτή δύο θέσεων.
2. Παρατηρήστε τον ελεγκτή δύο θέσεων. Εντοπίστε τις επαφές σύνδεσης των στοιχείων εισόδου και εξόδου. Εντοπίστε τον τρόπο ρύθμισης της επιθυμητής θερμοκρασίας ενεργοποίησης της εξόδου του ελεγκτή (Preset Value, PV).



Σχήμα 23.15: Σύνδεση του θερμαντικού στοιχείου στην έξοδο του ελεγκτή

3. Συνδέστε το στοιχείο ελέγχου (θερμαντικό στοιχείο) στην έξοδο και το αισθητήριο θερμοκρασίας (προτιμήστε θερμοζεύγος) στην είσοδο του ελεγκτή δύο θέσεων. Χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή στον τρόπο σύνδεσης του θερμαντικού στοιχείου. Αν η έξοδος του οργάνου είναι επαφή, η σύνδεση γίνεται όπως στο σχήμα 23.15(α). Αν είναι τάση, όπως στο σχήμα 23.15(β). Και στις δύο περιπτώσεις χρησιμοποιήστε ένα βοηθητικό ρελέ, που να έχει επαφές που επιτρέπουν διόδο ρεύματος ίση με αυτή του θερμαντικού στοιχείου.
4. Ελέγξτε το κύκλωμα σύνδεσης ελεγκτή και θερμαντικού στοιχείου.
5. Μετρήστε την έξοδο του θερμικού αισθητήρα για διαφορετικές θερμοκρασίες.
6. Χαράξτε χαρακτηριστική του θερμικού αισθητήρα και ελέγξτε τη γραμμικότητά του.

B. Μελέτη της απόκρισης του ελεγκτή

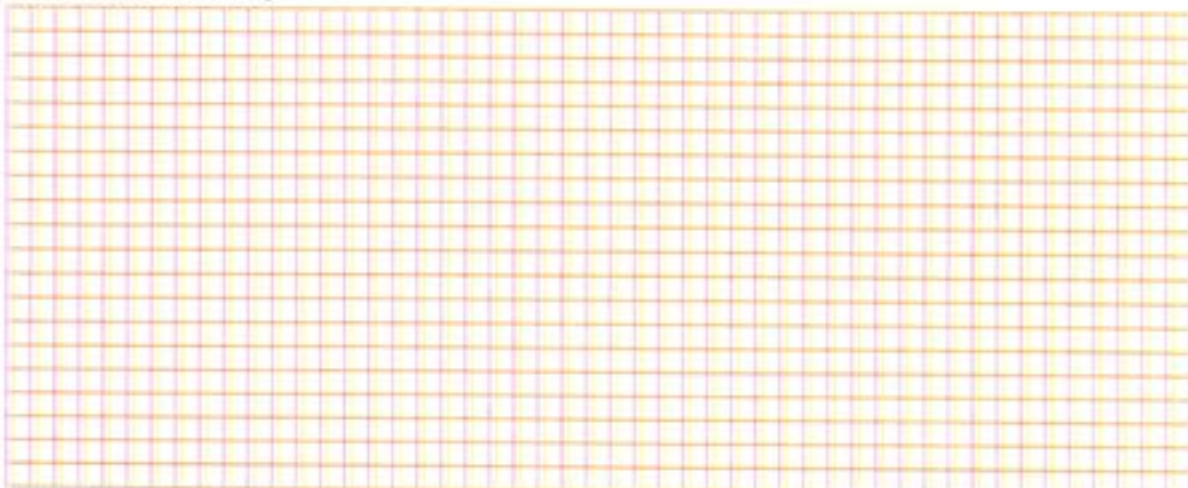
1. Αν το όργανο έχει έξοδο επαφή, συνδέστε ένα ωμόμετρο στην έξοδό του (αν δίνει έξοδο τάση, συνδέστε βολτόμετρο). Αν το ωμόμετρο δείξει άπειρο, σημαίνει ότι η επαφή είναι ανοικτή, ενώ αν δείξει μηδέν σημαίνει ότι η επαφή είναι κλειστή.
2. Ορίστε επιθυμητή τιμή ενεργοποίησης της εξόδου του οργάνου τους 60 °C.
3. Τροφοδοτήστε τη διάταξη.
4. Αυξήστε αργά τη θερμοκρασία του αισθητηρίου (π.χ. με ένα αναπτήρα) και αφού αλλιάξει η κατάσταση της εξόδου, μειώστε τη (αφήστε το αισθητήριο να κρυώσει), παρακολουθώντας την ένδειξη θερμοκρασίας στο όργανο.
5. Καταγράψτε τη μεταβολή της θερμοκρασίας, καθώς και την κατάσταση της εξόδου του οργάνου.
6. Καταχωρίστε τις μετρήσεις σας στον ΠΙΝΑΚΑ Α.

ΠΙΝΑΚΑΣ Α

ΕΙΣΟΔΟΣ (σε °C)	ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΕΞΟΔΟΥ (ON/OFF)

7. Με τη βοήθεια του ΠΙΝΑΚΑ Α σχεδιάστε τη χαρακτηριστική λειτουργία του οργάνου.

έξοδος (ON/OFF)



θερμοκρασία (°C)

8. Από το διάγραμμα μετρήστε την υστέρηση που παρουσιάζει το όργανο. Μεταβάλλετε και ελέγχετε την υστέρηση του θερμικού διακόπτη. (Η υστέρηση του θερμικού διακόπτη μπορεί να μεταβληθεί ανάλογα με οδηγίες του κατασκευαστή).
9. Συνδέστε την είσοδο Χ ενός παλμογράφου στο αισθητήριο και την είσοδο Υ στην έξοδο μέσω μιας πηγής 5 V dc σε σειρά (αν το όργανο έχει έξοδο τάση οι ακροδέκτες του παλμογράφου να συνδεθούν απ' ευθείας στις επαφές εξόδου). Επιλέξτε ΧΥ τρόπο λειτουργίας του παλμογράφου.
10. Περιμένετε μέχρι το αισθητήριο να κρυώσει τελείως.
11. Επαναλάβετε το ερώτημα 2. Παρακολουθήστε τη χαρακτηριστική λειτουργίας του οργάνου στην οθόνη του παλμογράφου.
12. Ρυθμίστε την επιθυμητή θερμοκρασία ενεργοποίησης, ενδεικτικά στους 80 °C.
13. Επαναλάβετε τα ερωτήματα 2 έως 6.
14. Πώς μεταβάλλεται η υστέρηση με αύξηση της τιμής Preset Value;

2° τρίωρο

Γ. Λειτουργία του ελεγκτή

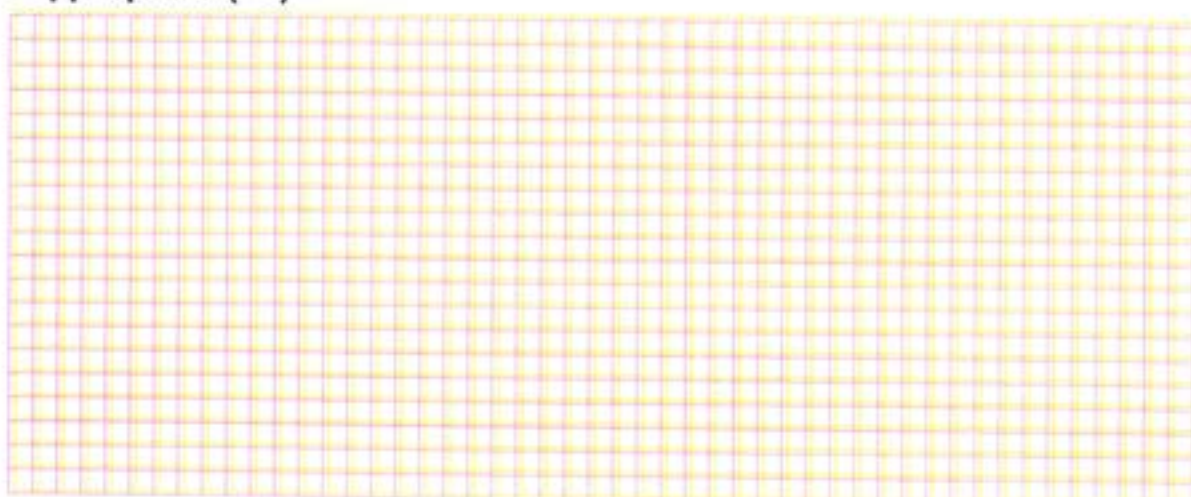
1. Τοποθετήστε το αισθητήριο σε ένα κλειστό μικρό χώρο που θέλετε να θερμάνετε.
2. Επιλέξτε επιθυμητή θερμοκρασία τους 50°C.
3. Παρακολουθήστε τη μεταβολή της θερμοκρασίας στην οθόνη του οργάνου και καταγράψτε τη στον ΠΙΝΑΚΑ Β, έως ότου η θερμοκρασία σταθεροποιηθεί.

ΠΙΝΑΚΑΣ Β

ΧΡΟΝΟΣ	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ [°C]
0 min	
1 min	
2 min	
3 min	
4 min	
.....	
κτλ.	

4. Με τη βοήθεια του ΠΙΝΑΚΑ Β σχεδιάστε τη χαρακτηριστική καμπύλη μεταβολής της θερμοκρασίας στο συγκεκριμένο χώρο, συνάρτησει του χρόνου.

θερμοκρασία (°C)



χρόνος (min)

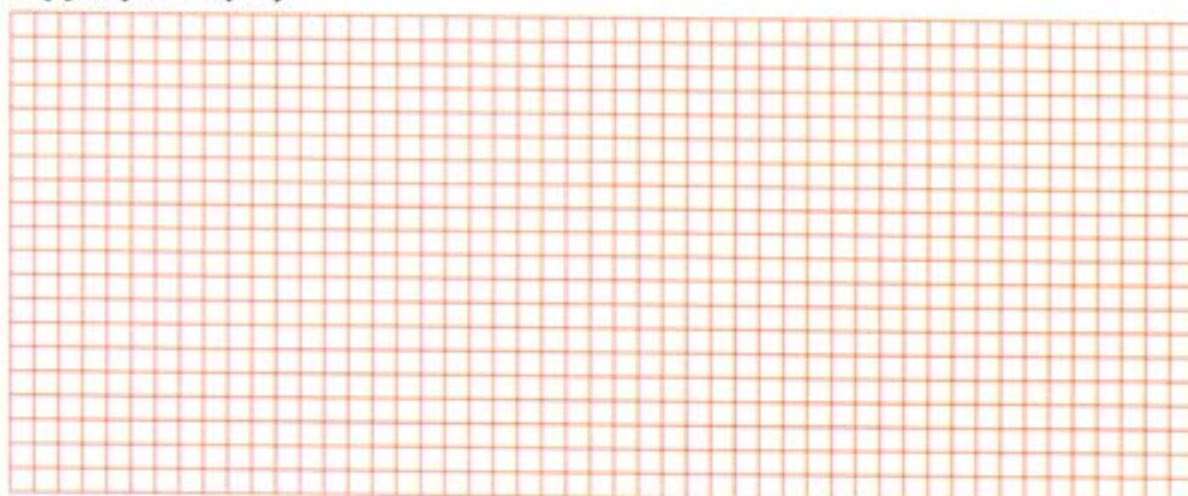
5. Στη γραφική παράσταση μετρήστε το χρόνο αποκατάστασης της θερμοκρασίας, την (πιθανή) υπερακόντιση και το σφάλμα μόνιμης κατάστασης.
6. Συνδέστε παράλληλα στο θερμοζεύγος ένα καταγραφικό.
7. Μεταβάλλετε την επιθυμητή θερμοκρασία στην SV του on/off ελεγκτή (ενδεικτική βηματική παρενόχληση από 100 °C σε 110 °C), μετρήστε τη θερμοκρασιακή κατάσταση του συστήματος και καταχωρίστε τις στον ΠΙΝΑΚΑ Γ.

ΠΙΝΑΚΑΣ Γ

ΧΡΟΝΟΣ από την στιγμή της ΕΝΤΟΛΗΣ ΑΛΛΑΓΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ (βηματικής παρενόχλησης)	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ [°C]
0 min	
1 min	
2 min	
3 min	
4 min	
.....	
κτλ.	

8. Με τη βοήθεια του ΠΙΝΑΚΑ Γ σχεδιάστε τη χαρακτηριστική καμπύλη μεταβολής της θερμοκρασίας στο συγκεκριμένο χώρο, συναρτήσει του χρόνου για βηματική διαταραχή.

θερμοκρασία (°C)



χρόνος (min)

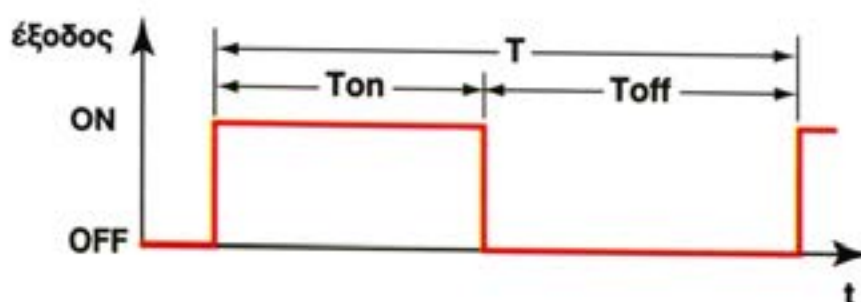
9. Συγκρίνετε την καμπύλη που σχεδιάσατε με την απόκριση από το καταγραφικό.
10. Δημιουργήστε διαφορετικές διαταραχές στη θερμοκρασία (ενδεικτικά 2°C - 5°C - 10°C - 15°C) και παρακολουθήστε την απόκριση του συστήματος. Τι συμπεραίνετε για την ύπαρξη ή όχι υστέρησης στο σύστημα.

3^ο τρίωρο

Δ. Βελτίωση της λειτουργίας του ελεγκτή

1. Συνδέστε ένα παλμογράφο στην είσοδο του θερμαντικού στοιχείου.
2. Θέστε επιθυμητή θερμοκρασία τους 80°C. Όταν η θερμοκρασία αποκατασταθεί, δημιουργήστε μια βηματική διαταραχή και παρακολουθήστε τη μεταβολή της τροφοδοσίας του θερμαντικού στοιχείου στον παλμογράφο.
3. Μετρήστε το σφάλμα μόνιμης κατάστασης.
4. Από το γράφημα του παλμογράφου υπολογίστε τον κύκλο καθήκοντος φορτίου duty cycle όπου:

$$\text{duty cycle} = \frac{T_{\text{on}}}{T_{\text{on}} + T_{\text{off}}} \cdot 100\% \quad (\text{πρακτικά μικρότερο από } 300 \text{ Hz}).$$



5. Μετρήστε τη σταθερά χρόνου και το χρόνο αποκατάστασης της θερμοκρασίας του χώρου.
6. Μεταβάλλετε τον κύκλο καθήκοντος φορτίου του ελεγκτή στο 10 %.
7. Δημιουργήστε μία βηματική διαταραχή και μετρήστε τη σταθερά χρόνου και το χρόνο αποκατάστασης της θερμοκρασίας του χώρου.
8. Επαναλάβετε το ερώτημα 5 για τρεις ακόμη τιμές του κύκλου καθήκοντος φορτίου (έως το 70%).
9. Πώς επηρεάζει την ταχύτητα απόκρισης του συστήματος ο κύκλος καθήκοντος φορτίου; Αποδείξτε πειραματικά ότι όσο μεγαλύτερος ο κύκλος καθήκοντος φορτίου τόσο πιο γρήγορα παρακολουθούνται θερμοκρασιακές μεταβολές.
10. Η ποιότητα ελέγχου του ON-OFF ελεγκτή καθορίζεται από το σφάλμα θερμοκρασίας σε βηματικές θερμοκρασιακές παρενοχλήσεις. Με μεγάλο κύκλο καθήκοντος φορτίου δημιουργήστε βηματικές παρενοχλήσεις (ενδεικτικά 5°C - 10 °C - 15°C) και βρείτε το σφάλμα μόνιμης κατάστασης. Καταχωρίστε τις μετρήσεις στον ΠΙΝΑΚΑ Δ.

ΠΙΝΑΚΑΣ Δ

ΕΠΙΘΥΜΗΤΗ ΘΕΡΜΟΚΡ. [SV/W] [°C]	ΜΕΤΡΟΥΜΕΝΗ ΘΕΡΜΟΚΡ. [PV/X] [°C]	ΣΦΑΛΜΑ (SV – PV) [°C]	ΣΧΕΤΙΚΟ ΣΦΑΛΜΑ %

11. Σχολιάστε τα αποτελέσματα των μετρήσεών σας.
12. Υπολογίστε τη χρονική καθυστέρηση στο συνοδικό έλεγχο θερμοκρασίας του χώρου.
13. Μεταβάλλετε τον κύκλο καθήκοντος φορτίου - Κ.Κ.Φ. (ενδεικτικά από 10 % – 70 %) για 8 διαφορετικές τιμές και καταγράψτε στον ΠΙΝΑΚΑ Ε την τιμή του.
14. Δημιουργήστε κάθε φορά μια βηματική διαταραχή και καταγράψτε στον ΠΙΝΑΚΑ Ε τις τιμές του χρόνου αποκατάστασης, της σταθεράς χρόνου και της υπερακόντισης. Υπολογίστε την συχνότητα διακοπτικού ελέγχου.

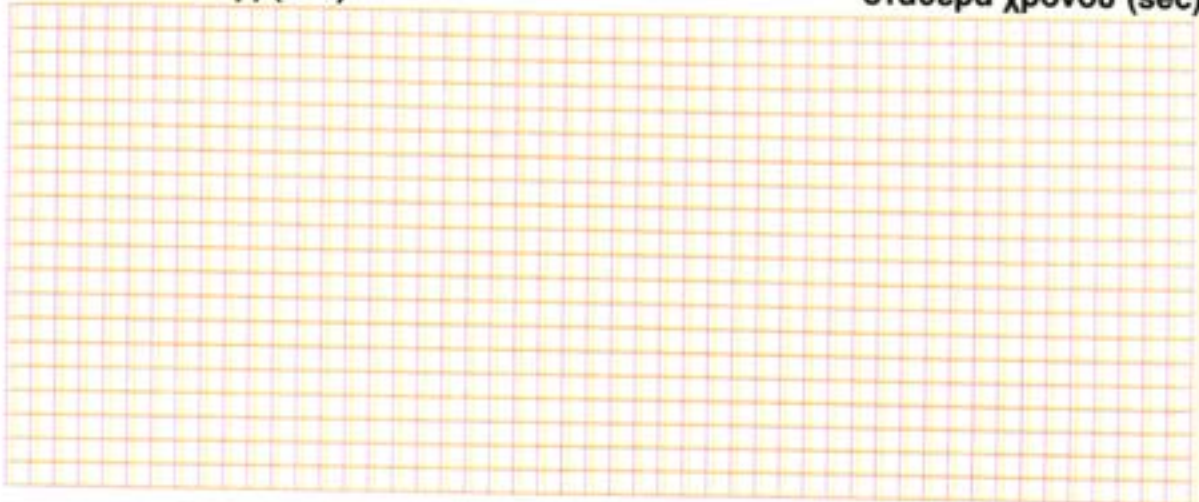
ΠΙΝΑΚΑΣ Ε

Κ.Κ.Φ. [%]	ΧΡΟΝΟΣ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ	ΣΤΑΘΕΡΑ ΧΡΟΝΟΥ	ΥΠΕΡΑΚΟΝΤΙΣΗ	ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΔΙΑΚΟΠΗΣ

15. Από τις τιμές του ΠΙΝΑΚΑ Ε δημιουργήστε τη γραφική παράσταση του χρόνου αποκατάστασης και της σταθεράς χρόνου συναρτήσει της συχνότητας διακοπής.

χρόνος
αποκατάστασης (sec)

σταθερά χρόνου (sec)

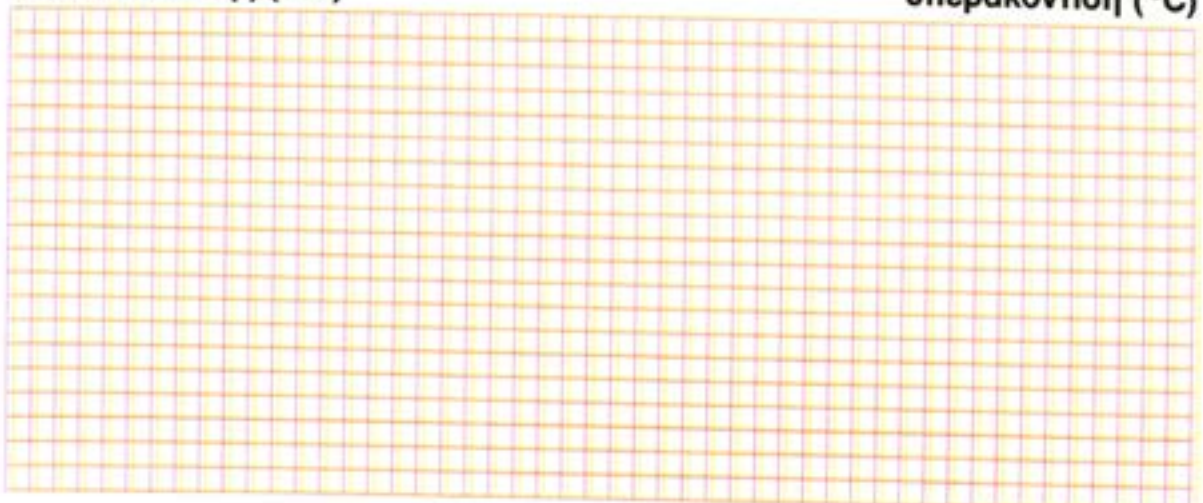


συχνότητα διακοπής (Hz)

16. Από τις τιμές του ΠΙΝΑΚΑ Ε δημιουργήστε τη γραφική παράσταση του χρόνου αποκατάστασης και της πιθανής υπερακόντισης συναρτήσει της συχνότητας διακοπής.

χρόνος
αποκατάστασης (sec)

υπερακόντιση ($^{\circ}\text{C}$)



συχνότητα διακοπής (Hz)

17. Τι συμπεράσματα βγάξετε από τη μελέτη των δύο διαγραμμάτων;
18. Ορίστε την ποιότητα ελέγχου θερμοκρασίας χώρου.
19. Ορίστε τη σχέση ποιότητας ελέγχου και συχνότητας διακοπτικού ελέγχου.

4^ο τρίωρο

Ε. Δημιουργία συστήματος ελέγχου και βελτίωσή του

1. Θέλετε να θερμάνετε ένα συγκεκριμένο χώρο στους 200°C. Κάνετε όλες τις απαιτούμενες ρυθμίσεις.
2. Κάντε τις απαραίτητες ενέργειες και μετρήσεις και δημιουργήστε τη γραφική παράσταση της απόκρισης του συστήματος.
3. Δημιουργήστε την απόκριση του συστήματος και σε καταγραφικό ή σε παλμογράφο.
4. Μετρήστε το χρόνο αποκατάστασης, τη συχνότητα διακοπής και την υπερακόντιση του συστήματος.
5. Μετρήστε το σφάλμα μόνιμης κατάστασης.
6. Κάντε τις απαραίτητες ρυθμίσεις, ώστε το σύστημα να γίνει κατά 20% γρηγορότερο.
7. Μετρήστε τώρα το χρόνο αποκατάστασης, την υπερακόντιση και το σφάλμα μόνιμης κατάστασης. Σχολιάστε τις νέες τιμές.
8. Ορίστε την ποιότητα ελέγχου θερμοκρασίας χώρου.
9. Ορίστε τη σχέση ποιότητας ελέγχου και συχνότητας διακοπτικού ελέγχου.

ΣΤ. Ερωτήσεις

Απαντήστε τις παρακάτω ερωτήσεις πολλαπλών επιλογών:

1. Κατά τον ON-OFF έλεγχο παρουσιάζεται μεγάλο ☐ / μικρό ☐ ρεύμα εκκίνησης.
2. Κατά τον ON-OFF έλεγχο υπάρχει ☐ / δεν υπάρχει ☐ μεγάλη πιθανότητα να καεί η ασφάλεια τήξης γιατί

3. Κατά τον ON-OFF έλεγχο με θερμοστάτη ο έλεγχος ανοικτού βρόχου είναι ☐ / δεν είναι ☐ δυνατός γιατί

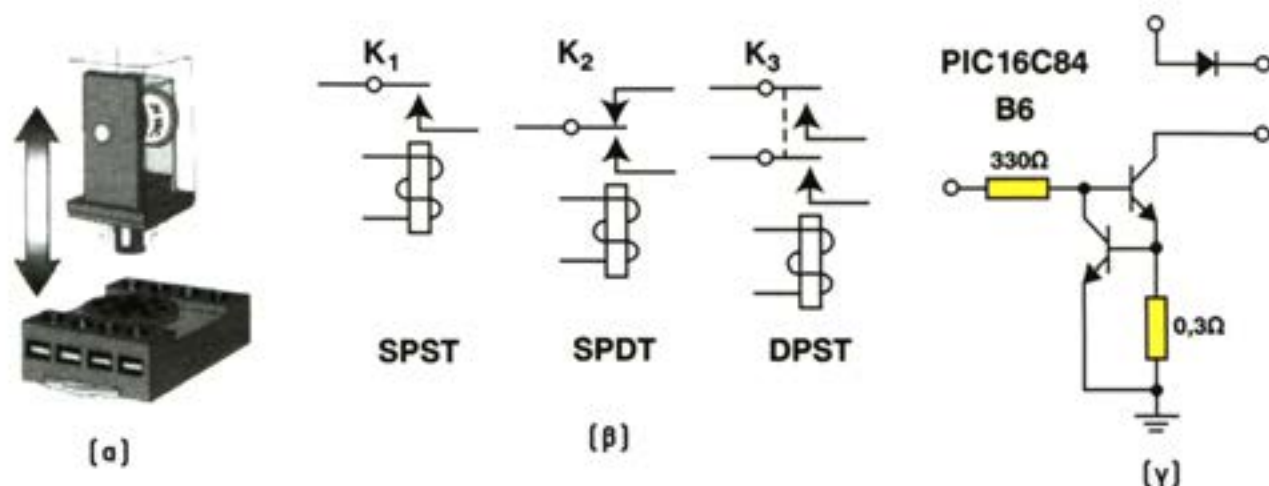
4. Με ελεγχτές τριών καταστάσεων ON-MEDIUM-OFF έχουμε ταχύτερο ☐ / αργότερο ☐ έλεγχο σε σύγκριση με ON-OFF ελεγχτές δύο καταστάσεων.
5. Με ελεγχτές τριών καταστάσεων ON-MEDIUM-OFF έχουμε λιγότερες ☐ / περισσότερες ☐ αρμονικές σε σύγκριση με ON-OFF ελεγχτές δύο καταστάσεων για δεδομένη διακοπτική συχνότητα.
6. Το θερμαντικό στοιχείο ενισχύει ☐ / εξομαλύνει (βρίσκοντας τον μέσο όρο) ☐ του ηλεκτρικού θορύβου των παλμών δίνοντας ΝΑΙ ☐ / ΟΧΙ ☐ τον μέσο όρο των ON-OFF διακοπών.
7. Ο ON-OFF έλεγχος είναι ψηφιακός ☐ / αναλογικός ☐ τρόπος ελέγχου ή

8. Τι παρατηρείτε μεταβάλλοντας την υστέρηση του ελεγκτή;
9. Τι παρατηρείτε μεταβάλλοντας την υστέρηση του ελεγκτή σε τακτά χρονικά διαστήματα;
10. Δώστε τις τεχνικές προδιαγραφές των εξαρτημάτων της πειραματικής διάταξης.

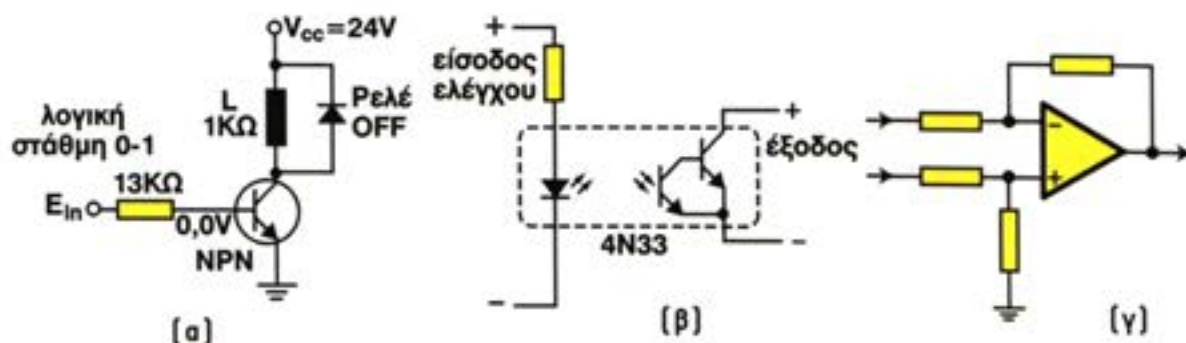
11. Ο ON-OFF έλεγχος είναι απλός □ / δύσκολος □ και χαμηλού □ / μεγάλου □ κόστους με μικρή □ / μεγάλη □ κατανάλωση, λειτουργεί για ευρείες □ / στενές □ περιοχές λειτουργίας (τάσης, θερμοκρασίας κτλ.) και απαιτεί ελάχιστη □ / πολύπλοκη □ διακρίβωση (ρύθμιση), αυξάνει □ / μειώνει □ την αξιοπιστία του κυκλώματος και φιλοσοφίας οδήγησης.
12. Ο ON-OFF έλεγχος είναι έχει κακή □ / καλή □ χαρακτηριστική εκκίνησης (startup), διαχειρίζεται μικρά □ / μεγάλα □ ρεύματα εκκίνησης κατά την εκκίνηση (κατάσταση ON, start up) και άρα απαιτεί στοιχεία δράσης (actuator) σχεδιασμένα για μικρά □ / μεγάλα □ ρεύματα, αυξάνει □ / μειώνει □ την αξιοπιστία οδήγησης εξόδου του συστήματος λόγω βλαβών και αυξάνει □ / μειώνει □ το θόρυβο των συστημάτων.
13. Δώστε πρακτικά παραδείγματα ON-OFF ελέγχου στην καθημερινή ζωή.

2. Παρατηρήσεις - Συμπεράσματα

Η. Παράρτημα Ι: Κυκλώματα υλοποίησης on/off ελέγχου



Σχήμα 23.16: Ρελέ στερεάς κατάστασης για PWM



Σχήμα 23.17: (α) Ηλεκτρονική οδήγηση ηλεκτρομηχανικού ρελέ, (β) ρελέ στερεάς κατάστασης με οπτική απομόνωση και (γ) συγκριτής τάσης

άσκηση 24

Κατασκευή ενός Αναλογικού-
Ολοκληρωτικού-Διαφορικού
(PID) Ελεγκτή



Στόχοι της άσκησης

διάρκεια άσκησης: 6 διδακτικές ώρες

Στο τέλος της άσκησης οι μαθητές θα είναι ικανοί:

- ⇒ να κατασκευάζουν τμήματα ενός ή ολόκληρου PID ελεγκτή.
- ⇒ να ελέγχουν τον ελεγκτή.
- ⇒ να χρησιμοποιούν συναφή ηλεκτρονικά όργανα.
- ⇒ να ελέγχουν τη λειτουργία των διαφόρων βαθμίδων ενός ελεγκτή με αναλογικά στοιχεία.

Απαραίτητα εξαρτήματα

Για την πραγματοποίηση της άσκησης είναι απαραίτητα τα εξής υλικά:

- ✓ Τελεστικοί Ενισχυτές 741 ή OP11
- ✓ Αντιστάσεις, ποτενσιόμετρα, πυκνωτές, σύρμα με μόνωση
- ✓ Μία αναπτυξιακή πλάκα
- ✓ Ένα τροφοδοτικό dc τάσεων μεταβαλλόμενο $\pm 15\text{ V}$
- ✓ Ένα καταγραφικό $1 - 5\text{ V} / 4 - 20\text{ mA}$
- ✓ Πολύμετρα, αμπερόμετρο, βοητόμετρο
- ✓ Ένας παλμογράφος διπλής δέσμης

Βασική θεωρία

Σε προηγούμενες ασκήσεις είδαμε τη λειτουργία βιομηχανικών P και PI ελεγκτών. Στην άσκηση αυτή υλοποιούμε με υλικό τρόπο (hardware) έναν κλασικό βιομηχανικό PID ελεγκτή, βλ. σχήμα 24.1. Όπως είναι γνωστό η αναλογική και η ψηφιακή υλοποίηση των P, PI, PID ελεγκτών δίνεται από τους τύπους του Πίνακα 1:

ΠΙΝΑΚΑΣ 1

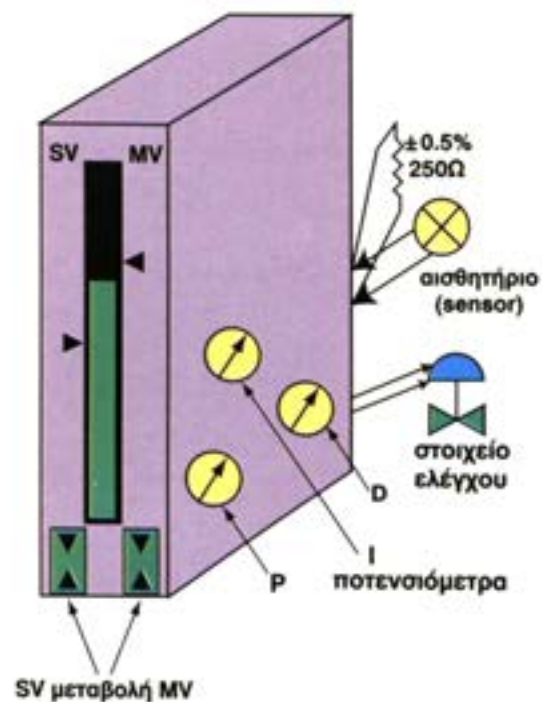
P ελεγκτής	$MV(t) = \text{Έξοδος} = P \cdot \text{σφάλμα}$
PI ελεγκτής	$MV(t) = \text{Έξοδος} = P \cdot \text{σφάλμα} + I \cdot \text{Άθροισμα Σφαλμάτων}$
PID ελεγκτής	$MV(t) = P \cdot \text{σφάλμα} + I \cdot \text{Άθροισμα Σφαλμάτων} + D \cdot \text{Διαφορά Σφαλμάτων}$

Όπου $e(t)$ είναι το σφάλμα μεταξύ της εισόδου αναφοράς (επιθυμητής τιμής) και της μετρούμενης τιμής της εξόδου του συστήματος. Η βηματική απόκριση της εξόδου του συστήματος και όχι της εξόδου του ελεγκτή για διάφορες P, I, D δράσεις, δίνεται στο σχήμα 24.2, καθώς και η βηματική απόκριση της εξόδου του ελεγκτή και όχι

της εξόδου του συστήματος για διάφορες P, I, D δράσεις, δίνεται στο σχήμα 24.3. Αυτές οι βηματικές αποκρίσεις πρέπει να αποδοθούν από τον σχεδιαζόμενο και κατασκευαζόμενο PID ελεγκτή.



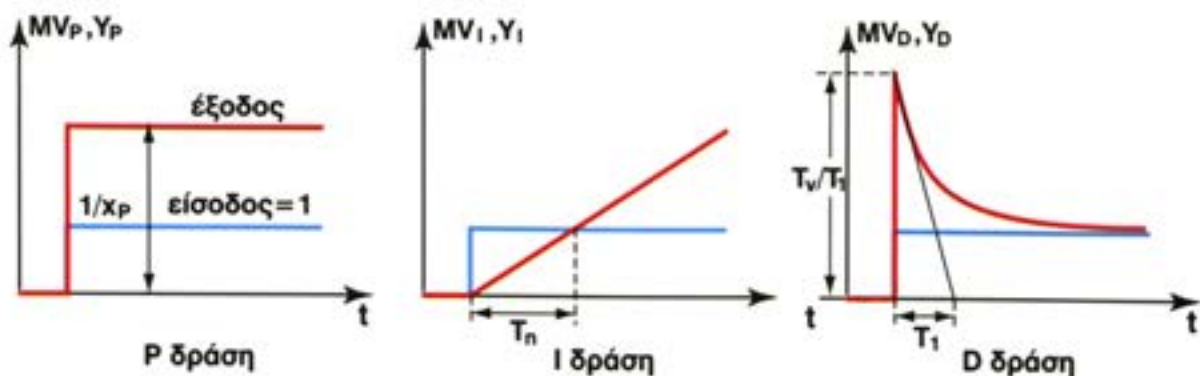
Σχήμα 24.1(α): Σύγχρονος ψηφιακός PID ελεγκτής



Σχήμα 24.1(β): Κλασικός βιομηχανικός PID ελεγκτής με αναλογικά ποτενσιόμετρα P, I, D ρύθμισης παραμέτρων

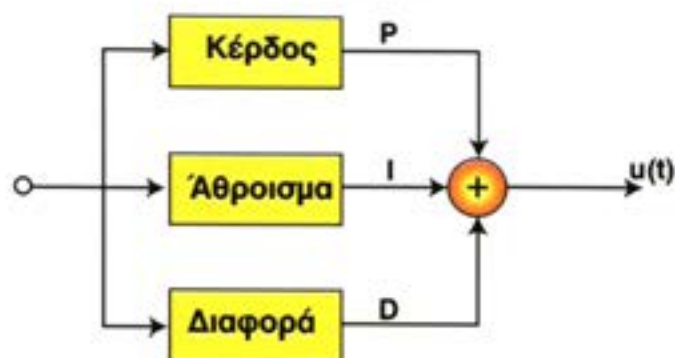


Σχήμα 24.2: Βηματική απόκριση εξόδου συστήματος (όχι εξόδου ελεγκτή) και επιλογή P, I, D δράσεων



Σχήμα 24.3: Βηματική απόκριση εξόδου ελεγκτή (όχι εξόδου συστήματος) και επιλογή P, I, D δράσεων

Το διάγραμμα βαθμίδων ενός PID ελεγκτή δίνεται στο σχήμα 24.4.

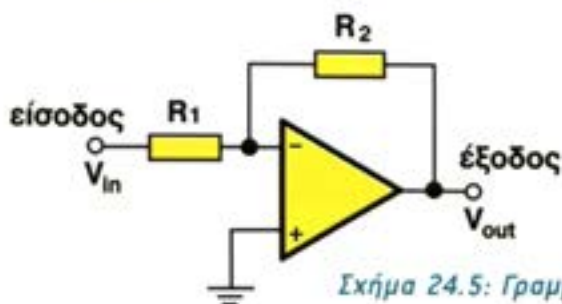


Σχήμα 24.4: Σχηματική αναλογική υλοποίηση των PID ελεγκτών

Όπως βλέπουμε στο σχήμα αυτό ο ελεγκτής αποτελείται από τρεις ανεξάρτητες βαθμίδες (αναλογικής δράσης, ολοκληρωτικής δράσης, διαφορικής δράσης) και έναν αθροιστή. Επίσης για να υλοποιηθεί ο PID ελεγκτής, χρειάζεται ένας συγκριτής για να υλοποιηθεί το σφάλμα $e(t)$.

Ας εξετάσουμε τώρα πώς μπορούμε να δημιουργήσουμε ένα προς ένα τα δομικά στοιχεία που αποτελούν τον PID ελεγκτή.

Το αναλογικό στοιχείο του ελεγκτή είναι ένας απλός ενισχυτής. Μπορεί επομένως να χρησιμοποιηθεί ένας αναστρέφων ενισχυτής (με ένα Τελεστικό Ενισχυτή), όμοιος με αυτόν του σχήματος 24.5.

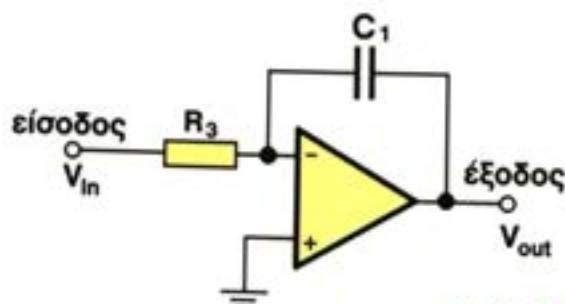


Σχήμα 24.5: Γραμμικός αναστρέφων ενισχυτής

Η απόκριση του ενισχυτή αυτού είναι

$$V_{out} = -\frac{R_2}{R_1} V_{in} \quad (24.1)$$

Ο ολοκληρωτής μπορεί να υλοποιηθεί με το κύκλωμα του σχήματος 24.6.

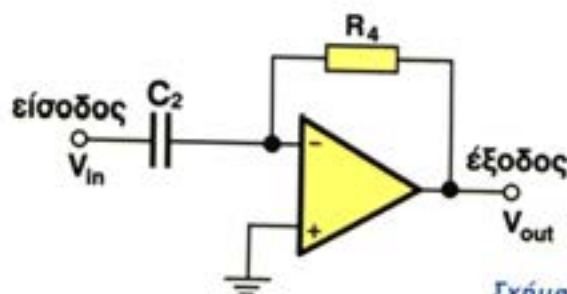


Σχήμα 24.6: Κύκλωμα ολοκλήρωσης

Η απόκριση του κυκλώματος αυτού είναι

$$V_{out} = -\frac{1}{R_3 C_1} \int V_{in}(t) dt \quad (24.2)$$

Τέλος το στοιχείο διαφόρισης μπορεί να υλοποιηθεί με το κύκλωμα του σχήματος 24.7.

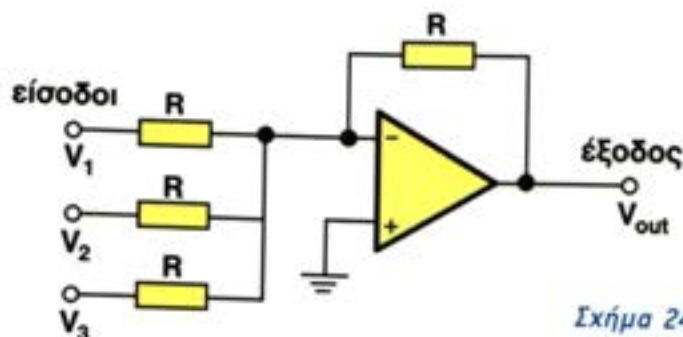


Σχήμα 24.7: Κύκλωμα διαφόρισης

Η απόκριση του κυκλώματος αυτού είναι

$$V_{out} = -R_4 C_2 \frac{dV_{in}}{dt} \quad (24.3)$$

Τα τρία αυτά κυκλώματα συνδέονται μέσω ενός κυκλώματος άθροισης, όμοιο με αυτό του σχήματος 24.8.

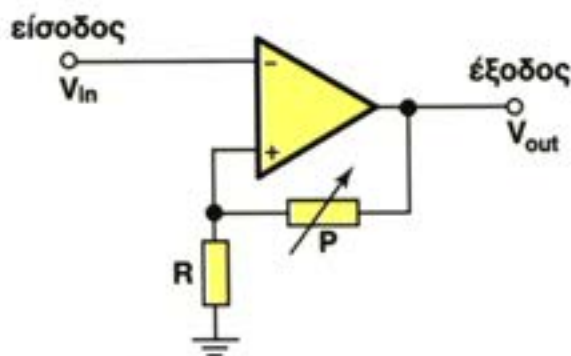


Σχήμα 24.8: Κύκλωμα αθροιστή

Η απόκριση του κυκλώματος άθροισης είναι

$$V_{out} = -(V_1 + V_2 + V_3) \quad (24.4)$$

Όπως ήδη αναφέραμε, για να δημιουργήσουμε το σφάλμα e απαιτείται ένας συγκριτής. Στο σχήμα 24.9 φαίνεται ένα κύκλωμα σύγκρισης.



Σχήμα 24.9: Κύκλωμα σύγκρισης με Schmitt trigger

Με το ποτενσιόμετρο P δημιουργούμε την τάση αναφοράς με την οποία συγκρίνεται η είσοδος V_{in} . Η απόκριση ενός απλού κυκλώματος αφαίρεσης τάσεων, σχήμα 24.10 είναι:

$$V_{out} = V_1 - V_2 \quad (24.5)$$

Από τις σχέσεις 24.1 έως 24.4 έχουμε ότι

$$V_{out} = \frac{R_2}{R_1} V_{in} + \frac{1}{R_3 C_1} \int V_{in}(t) dt + R_4 C_2 \frac{dV_{in}(t)}{dt} \quad (24.6)$$

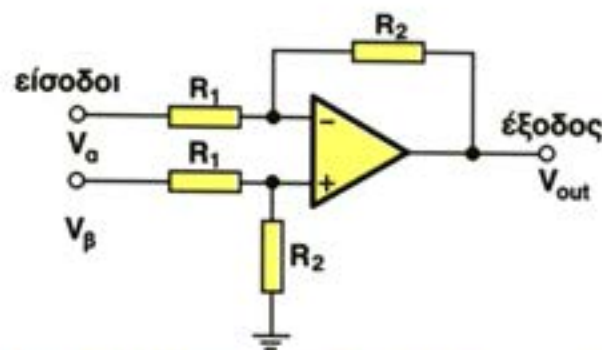
οπότε από το σχήμα 24.1, αν θεωρήσουμε ότι $e = V_{in}$, έχουμε ότι

$$K_p = \frac{R_2}{R_1} \quad K_I = \frac{1}{R_3 C_1} \quad K_D = R_4 C_2$$

Η απόκριση του κυκλώματος του σχήμα 24.10 είναι:

$$V_{out} = \frac{R_2}{R_1} (V_\beta - V_\alpha) \quad (24.7)$$

Έτσι η μία είσοδος μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν είσοδος αναφοράς (set point), ενώ η άλλη σαν είσοδος για τη μετρούμενη τιμή. Με τον τρόπο αυτό δημιουργείται το σφάλμα e , που ενισχύεται με λόγο ενίσχυσης R_2/R_1 .

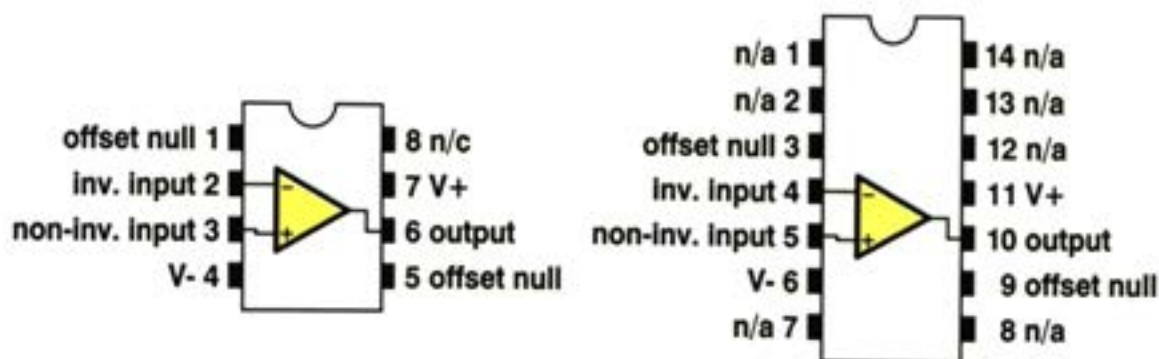


Σχήμα 24.10: Κύκλωμα διαφορικού ενισχυτή, κατάλληλο για χρήση σαν P ελεγκτή

Αν τώρα συνδέσουμε κατάλληλα τα κυκλώματα που παρουσιάζονται στα σχήματα 24.5 έως 24.10, μπορούμε να δημιουργήσουμε ένα πλήρη PID ελεγκτή βλ. σχήμα 24.12. Να σημειώσουμε ότι εκτός από τον πλήρη PID ελεγκτή μπορούμε να δημιουργήσουμε και οποιονδήποτε άλλο ελεγκτή επιθυμούμε (P, PI, PD).

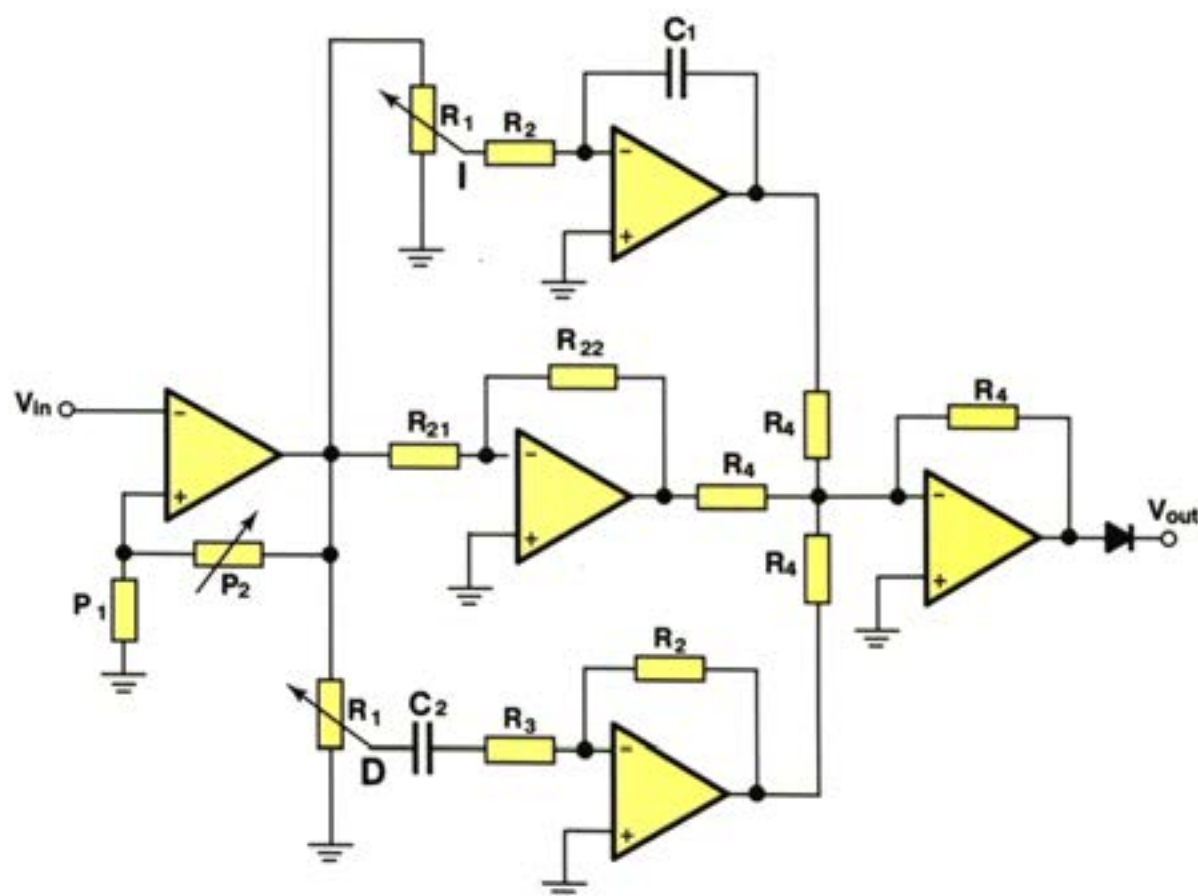
Πάντως, αν θέλουμε να δημιουργήσουμε έναν απλό P ελεγκτή αντί να ενώσουμε τις βαθμίδες ενός ενισχυτή, ενός αναστροφέα (αθροιστής μιας μόνο εισόδου) και ενός συγκριτή, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε μόνο ένα διαφορικό ενισχυτή, σαν αυτό που παρουσιάζεται στο σχήμα 24.10.

Στα κυκλώματα που παρουσιάσαμε μέχρι τώρα χρησιμοποιήσαμε τελεστικούς ενισχυτές. Για να δουλέψει όμως ένας τελεστικός ενισχυτής πρέπει να συνδέσουμε σε αυτόν κατάλληλα πηγή τροφοδοσίας. Ο τρόπος σύνδεσης των στοιχείων στους ακροδέκτες ενός Τελεστικού Ενισχυτή φαίνεται στο σχήμα 24.11.



Σχήμα 24.11: Ακροδέκτες Τελεστικού Ενισχυτή 741 (8 - pin και 14 - pin)

Οι ακροδέκτες I_n^- και I_n^+ αντιστοιχούν στις εισόδους $-$ και $+$ του Τελεστικού ενώ ο ακροδέκτης O_{ut} είναι η έξοδος του. Στους ακροδέκτες V_- και V_+ συνδέονται δύο συνεχείς τάσεις $-5V$ και $+5V$ αντίστοιχα (ο δεύτερος ακροδέκτης της κάθε πηγής γειώνεται).



Σχήμα 24.12: Ηλεκτρονικό κύκλωμα ενός PID ελεγκτή

Διαδικασία

Κατά την εκτέλεση της άσκησης ακολουθήστε τα εξής βήματα:

1^ο τρίωρο

Α. Γενικές οδηγίες για την κατασκευή

1. Επιλέξτε τα ηλεκτρονικά εξαρτήματα βάσει των τύπων της θεωρίας Ηλεκτρονικών για αναλογικό συγκριτή, ενισχυτή, αναλογικό ολοκληρωτή, αναλογικό διαφοριστή και αναλογικό αθροιστή.

2. Χρησιμοποιήστε σαν σήματα εισόδου ημίτονο 1-5 V ή χαμηλές τάσεις ή ρεύματα από αισθητήρες (mV, mA) ανάλογα την χρησιμοποιούμενη ενίσχυση.
3. Χρησιμοποιήστε παλμογράφο για τη σύγκριση εισόδου / εξόδου κάθε βαθμίδας.

B. Κατασκευή κυκλώματος P ελεγκτή

4. Συνδέστε τα εξαρτήματα και κατασκευάστε έναν ενισχυτή τάσης (υλοποιεί το P) με μεταβλητή ενίσχυση. Ρυθμίστε το ποτενσιόμετρο του συγκριτή τάσης, ώστε οι τάσεις εξόδου να μην παραμορφώνονται και τα σήματα εισόδου να ενισχύονται επαρκώς. Διαπιστώστε την λειτουργία του ενισχυτή τάσης.
5. Για να κατασκευάσετε τον αναλογικό ελεγκτή του σχήματος 24.10 θα χρησιμοποιήσετε τα εξής υλικά:
 - ένα Τελεστικό Ενισχυτή 741 (προτιμήστε τον τύπο με τους οκτώ ακροδέκτες)
 - δύο αντιστάσεις $R1 = 1\text{K}\Omega$
 - δύο συμμεταβαλλόμενα ποτενσιόμετρα $R2 = 100\text{K}\Omega$.
6. Με τα υλικά αυτά κατασκευάστε το κύκλωμα του σχήματος 24.10, δίνοντας προσοχή στα εξής:
 - οι συνδέσεις στους ακροδέκτες του ολοκληρωμένου κυκλώματος του 741 θα γίνονται σύμφωνα με το σχήμα 24.11
 - στα ποτενσιόμετρα θα χρησιμοποιείτε τον ένα ακραίο ακροδέκτη (σταθερό άκρο) και τον μεσαίο (δρομέας)
 - μην παραλείψετε να συνδέσετε τις δύο πηγές πόλωσης στο ολοκληρωμένο (για τον τρόπο σύνδεσής τους βλέπε και στο παράρτημα).
7. Συνδέστε στις δύο εισόδους δύο γεννήτριες συνεχούς τάσης 0-1V (γεννήτρια mV είναι επιθυμητή).
8. Ρυθμίστε τη τάση V_p (τάση αναφοράς) στα 200mV και την τάση V_e (τάση εισόδου) στα 150mV (μέτρηση με βοητόμετρο).
9. Ρυθμίστε τα δύο ποτενσιόμετρα στα 20 KΩ (με ωμομέτρηση).
10. Συνδέστε ένα βοητόμετρο στην έξοδο του κυκλώματος. Μετρήστε την τάση εξόδου και επαληθεύστε την ορθότητα της σχέσης (24.7).
11. Αυξήστε την τάση εισόδου στα 190mV. Η σχέση 24.7 επαληθεύεται;
12. Κλείστε όλες τις συσκευές.
13. Αποσυνδέστε την πηγή συνεχούς από την τάση εισόδου (V_e) και τοποθετήστε μια πηγή εναλλασσόμενου. Επίσης χρησιμοποιήστε παλμογράφο και συνδέστε τη μια του είσοδο στην τάση εισόδου και την άλλη στην έξοδο του κυκλώματος (αντί του βοητόμετρου).
14. Ρυθμίστε την πηγή εναλλασσόμενου σε συχνότητα 1Hz, πλάτος 20mV και offset 200mV. Με τη ρύθμιση αυτή δημιουργούμε μια διαταραχή στο σήμα γύρω από τη θέση μόνιμης κατάστασης. Αν η γεννήτρια δεν διαθέτει offset, ρυθμίστε το πλάτος στα 220mV.
15. Τροφοδοτήστε τις συσκευές.
16. Στην οθόνη του παλμογράφου αποτυπώνεται η έξοδος του ελεγκτή, όπως και το σήμα εισόδου. Αν στον

παλμογράφο αποκώψετε τη συνεχή συνιστώσα του σήματος εισόδου (πιέζοντας το πλήκτρο AC του αντίστοιχου καναλιού), στην οθόνη θα έχετε την έξοδο του ελεγκτή και το σφάλμα μεταξύ εισόδου και τάσης αναφοράς.

17. Σχολιάστε τις κυματομορφές.
18. Επιλέξτε XY τρόπο λειτουργία του παλμογράφου. Τώρα στην οθόνη αποτυπώνεται η μεταβολή της εξόδου του Ρ ελεγκτή συναρτήσει του σφάλματος (μεταξύ εισόδου και τάσης αναφοράς).
19. Υπολογίστε την κλίση της ευθείας και συγκρίνετε το αποτέλεσμα με το πηλίκο R_2/R_1 .
20. Αλλάξτε τη συχνότητα της γεννήτριας στο 1KHz. Επαναλάβετε τα ερωτήματα 16, 17 και 18.
21. Διακόψτε την τροφοδοσία.

Γ. Δημιουργία κυκλώματος ενίσχυσης

1. Κατασκευάστε τον ενισχυτή του σχήματος 24.5 (ακολουθήστε τις οδηγίες που δόθηκαν στο ερώτημα Β.4), χρησιμοποιώντας:
 - ένα Τελεστικό Ενισχυτή 741 (προτιμήστε τον τύπο με τους οκτώ ακροδέκτες)
 - μια αντίσταση $R_1=1K\Omega$
 - ένα ποτενσιόμετρο $R_2=100K\Omega$.
2. Συνδέστε στην είσοδο μία γεννήτρια εναλλασσόμενης τάσης και στην έξοδο τη μια είσοδο ενός παλμογράφου. Τη δεύτερη είσοδο του παλμογράφου συνδέστε τη στην είσοδο του κυκλώματος.
3. Ρυθμίστε τη γεννήτρια σε πλάτος 100mV, συχνότητα 1Hz και το ποτενσιόμετρο σε τιμή 30K Ω (χρησιμοποιήστε ωμόμετρο).
4. Τροφοδοτήστε τις συσκευές.
5. Παρακολουθήστε τις κυματομορφές στην οθόνη του παλμογράφου. Μετρήστε τις τάσεις εισόδου και εξόδου και υπολογίστε την ενίσχυση του κυκλώματος. Επαληθεύεται η σχέση (24.1);
6. Αλλάξτε τη συχνότητα σε 100Hz και μετά σε 10KHz. Αλλάξε κάτι στο σήμα εξόδου του ελεγκτή (εκτός από τη συχνότητα);
7. Αυξήστε την τιμή του ποτενσιόμετρου. Αλλάζει η τάση εξόδου του ενισχυτή;
8. Κλείστε και αποσυνδέστε τις συσκευές χωρίς όμως να χαλάσετε το κύκλωμα.

Δ. Κατασκευή κυκλώματος μονάδας ολοκλήρωσης

1. Συνδέστε τα εξαρτήματα και κατασκευάστε έναν ολοκληρωτή (υλοποιεί το I). Ρυθμίστε το ποτενσιόμετρο του συγκριτή τάσης, ώστε οι τάσεις εξόδου να μην παραμορφώνονται και τα σήματα εισόδου να ενισχύονται επαρκώς. Διαπιστώστε τη λειτουργία του ολοκληρωτή.
2. Κατασκευάστε το κύκλωμα ολοκλήρωσης του σχήματος 24.6 (ακολουθήστε τις οδηγίες που δόθηκαν στο ερώτημα 4 και 6), χρησιμοποιώντας:
 - ένα Τελεστικό Ενισχυτή 741 (προτιμήστε τον τύπο με τους οκτώ ακροδέκτες)

- ένα πυκνωτή $C1=1\mu F$
- ένα ποτενσιόμετρο $R3=1K\Omega$.
- 3. Συνδέστε στην είσοδο μία γεννήτρια εναλλασσόμενης τάσης και στην έξοδο τη μια είσοδο ενός παλμογράφου. Τη δεύτερη είσοδο του παλμογράφου συνδέστε τη στην είσοδο του κυκλώματος.
- 4. Ρυθμίστε τη γεννήτρια σε πλάτος $100mV$, συχνότητα $1Hz$ και το ποτενσιόμετρο σε τιμή 300Ω (χρησιμοποιήστε ωμόμετρο).
- 5. Τροφοδοτήστε τις συσκευές.
- 6. Παρακολουθήστε τις κυματομορφές στην οθόνη του παλμογράφου. Μετρήστε τις τάσεις εισόδου και εξόδου.
- 7. Ρυθμίστε τη συχνότητα στα $10 Hz$ και μετά στα $100Hz$.
- 8. Παρακολουθήστε τις κυματομορφές στην οθόνη του παλμογράφου. Μετρήστε τις τάσεις εισόδου και εξόδου.
- 9. Άλλαξε η τάση εξόδου του κυκλώματος ολκλήρωσης; Πώς επηρεάζει η συχνότητα της γεννήτριας (στην εφαρμογή αντιστοιχεί στη συχνότητα του σήματος του σφάλματος) την απόκριση του κυκλώματος;
- 10. Μειώστε την τιμή του ποτενσιόμετρου μέχρι να μηδενιστεί, ενώ παρακολουθείτε στον παλμογράφο το σήμα εξόδου. Πώς μεταβλήθηκε;
- 11. Κλείστε και αποσυνδέστε τις συσκευές χωρίς όμως να χαλάσετε το κύκλωμα.

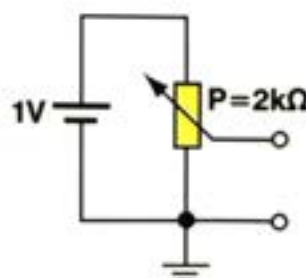
Ε. Κατασκευή κυκλώματος μονάδας διαφόρισης

1. Συνδέστε τα εξαρτήματα και κατασκευάστε έναν διαφοριστή (υλοποιεί το D). Ρυθμίστε το ποτενσιόμετρο του συγκριτή τάσης, ώστε οι τάσεις εξόδου να μην παραμορφώνονται και τα σήματα εισόδου να ενισχύονται επαρκώς. Διαπιστώστε την λειτουργία του διαφοριστή.
2. Κατασκευάστε το κύκλωμα διαφόρισης του σήματος 24.7 (ακολουθήστε τις οδηγίες που δόθηκαν στο ερώτημα B.4 και B.6), χρησιμοποιώντας:
 - ένα Τελεστικό Ενισχυτή 741 (προτιμήστε τον τύπο με τους οκτώ ακροδέκτες)
 - ένα πυκνωτή $C2=1\mu F$
 - ένα ποτενσιόμετρο $R3=1K\Omega$.
3. Συνδέστε στην είσοδο μία γεννήτρια εναλλασσόμενης τάσης και στην έξοδο τη μια είσοδο ενός παλμογράφου. Τη δεύτερη είσοδο του παλμογράφου συνδέστε τη στην είσοδο του κυκλώματος.
4. Ρυθμίστε τη γεννήτρια σε πλάτος $100mV$, συχνότητα $1Hz$ και το ποτενσιόμετρο σε τιμή 100Ω (χρησιμοποιήστε ωμόμετρο).
5. Τροφοδοτήστε τις συσκευές.
6. Παρακολουθήστε τις κυματομορφές στην οθόνη του παλμογράφου. Μετρήστε τις τάσεις εισόδου και εξόδου.
7. Ρυθμίστε τη συχνότητα στα $10 Hz$ και μετά στα $100Hz$.

8. Παρακολουθήστε τις κυματομορφές στην οθόνη του παλμογράφου. Μετρήστε τις τάσεις εισόδου και εξόδου.
9. Άλλαξε η τάση εξόδου του κυκλώματος διαφόρισης; Πώς επηρεάζει η συχνότητα της γεννήτριας (στην εφαρμογή αντιστοιχεί στη συχνότητα του σήματος του σφάλματος) την απόκριση του κυκλώματος;
10. Αυξήστε την τιμή του ποτενσιόμετρου, ενώ παρακολουθείτε στον παλμογράφο το σήμα εξόδου. Πώς μεταβλήθηκε;
11. Κλείστε και αποσυνδέστε τις συσκευές μέτρησης χωρίς όμως να χαλάσετε το κύκλωμα.

ΣΤ. Κατασκευή κυκλώματος αθροιστή και αφαιρέτη

1. Συνδέστε τα εξαρτήματα και κατασκευάστε έναν αντιστροφέα. Ρυθμίστε το ποτενσιόμετρο του συγκριτή τάσης, ώστε οι τάσεις εξόδου να μην παραμορφώνονται και τα σήματα εισόδου να ενισχύονται επαρκώς. Διαπιστώστε την λειτουργία του αντιστροφέα.
2. Συνδέστε τα εξαρτήματα και κατασκευάστε ένα συγκριτή τάσης. Ρυθμίστε το ποτενσιόμετρο του συγκριτή τάσης, ώστε οι τάσεις εξόδου να μην παραμορφώνονται και τα σήματα εισόδου να ενισχύονται επαρκώς. Διαπιστώστε την λειτουργία του συγκριτή τάσης.
3. Συνδέστε τα εξαρτήματα και κατασκευάστε έναν αθροιστή. Ρυθμίστε τον αθροιστή ώστε οι τάσεις εξόδου να μην παραμορφώνονται και τα σήματα εισόδου να ενισχύονται επαρκώς. Διαπιστώστε την λειτουργία του αθροιστή.
4. Δημιουργήστε το κύκλωμα του αθροιστή του σχήματος 24.8, χρησιμοποιώντας τέσσερις αντιστάσεις του $1\text{K}\Omega$.
5. Συνδέστε στις εισόδους τρεις γεννήτριες συνεχούς τάσης και στην έξοδο ένα βοητόμετρο.
6. Ρυθμίστε τις γεννήτριες σε τιμές 2V , 4V , 5V . Μετρήστε την τάση εξόδου. Επαληθεύεται η σχέση (24.4);
7. Δημιουργήστε το κύκλωμα αφαίρεσης τάσεων του σχήματος 24.10, χρησιμοποιώντας τέσσερις αντιστάσεις $1\text{K}\Omega$.
8. Στο κύκλωμα αυτό θα θεωρήσουμε σαν επιθυμητή τιμή την V_1 και σαν μετρούμενη τιμή την V_2 . Την επιθυμητή τιμή μπορούμε να τη δημιουργήσουμε με το κύκλωμα του σχήματος χρησιμοποιώντας ένα ποτενσιόμετρο $2\text{K}\Omega$ και μία πηγή 1V .



9. Συνδέστε στις δύο εισόδους δύο πηγές συνεχούς τάσης με τιμές 100mV και 80mV.
10. Με ένα βολτόμετρο μετρήστε την τάση στην έξοδο του κυκλώματος. Επαληθεύεται η σχέση 24.5;
11. Αθροίστε τις τάσεις εξόδου του ενισχυτή τάσης, ολοκληρωτή, διαφοριστή (υλοποιεί το $PID = P + I + D$).

2^ο τρίωρο

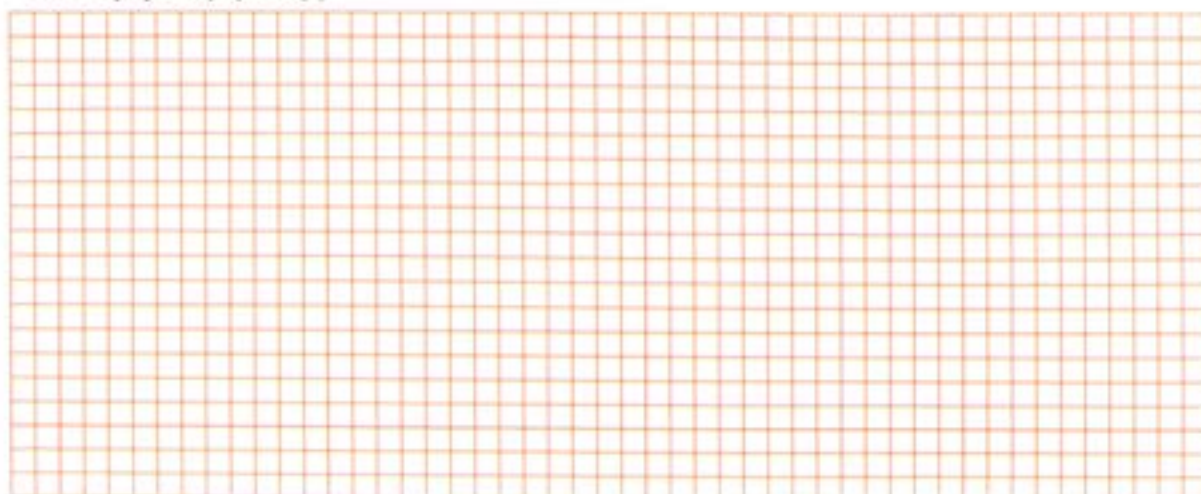
Ζ. Κατασκευή PI και PID ελεγκτών

1. Μέχρι τώρα έχετε κατασκευάσει όλα τα δομικά μέρη μιας μονάδας ελέγχου. Συνδέστε τις διάφορες μονάδες και δημιουργήστε έναν ελεγκτή PI.
2. Ρυθμίστε την επιθυμητή τιμή στα 100mV.
3. Συνδέστε στην είσοδο του κυκλώματος μια πηγή εναλλασσόμενης τάσης με πλάτος 10mV, τάση offset 100mV και συχνότητα 10Hz.
4. Συνδέστε στην έξοδο του κυκλώματος ένα παλμογράφο και παρακολουθήστε την τάση εξόδου.
5. Αλλάξτε τη συχνότητα της γεννήτριας σε 100Hz. Τι άλλαξε στην τάση εξόδου;
6. Αλλάξτε διαδοχικά το κέρδος και το συντελεστή ολοκλήρωσης του ελεγκτή και παρατηρήστε τις μεταβολές της τάσης εξόδου. Τι παρατηρείτε;
7. Συνδέστε τις διάφορες μονάδες και δημιουργήστε έναν ελεγκτή PID.
8. Ρυθμίστε την επιθυμητή τιμή στα 100mV.
9. Συνδέστε στην είσοδο του κυκλώματος μια πηγή εναλλασσόμενης τάσης με πλάτος 10mV, τάση offset 100mV και συχνότητα 10Hz.
10. Συνδέστε στην έξοδο του κυκλώματος ένα παλμογράφο και παρακολουθήστε την τάση εξόδου.
11. Αλλάξτε τη συχνότητα της γεννήτριας σε 100Hz. Τι άλλαξε στην τάση εξόδου;
12. Αλλάξτε διαδοχικά το κέρδος, το συντελεστή ολοκλήρωσης και το συντελεστή διαφορίσματος του ελεγκτή και παρατηρήστε τις μεταβολές της τάσης εξόδου. Τι παρατηρείτε;

Η. Τελικός έλεγχος - Έλεγχος Λειτουργίας/Αξιολόγηση PID ελεγκτή

1. Ελέγξτε τις συνδέσεις και την κατασκευή.
2. Όταν ολοκληρωθεί η καλωδίωση του P ελεγκτή, το τροφοδοτούμε συνολικά με τάση από το τροφοδοτικό (μέχρι τώρα τροφοδοτήσαμε τάση ανά βαθμίδα).
3. Ελέγξτε προκαταρκτικά την λειτουργία κάθε βαθμίδας και συνολικά.

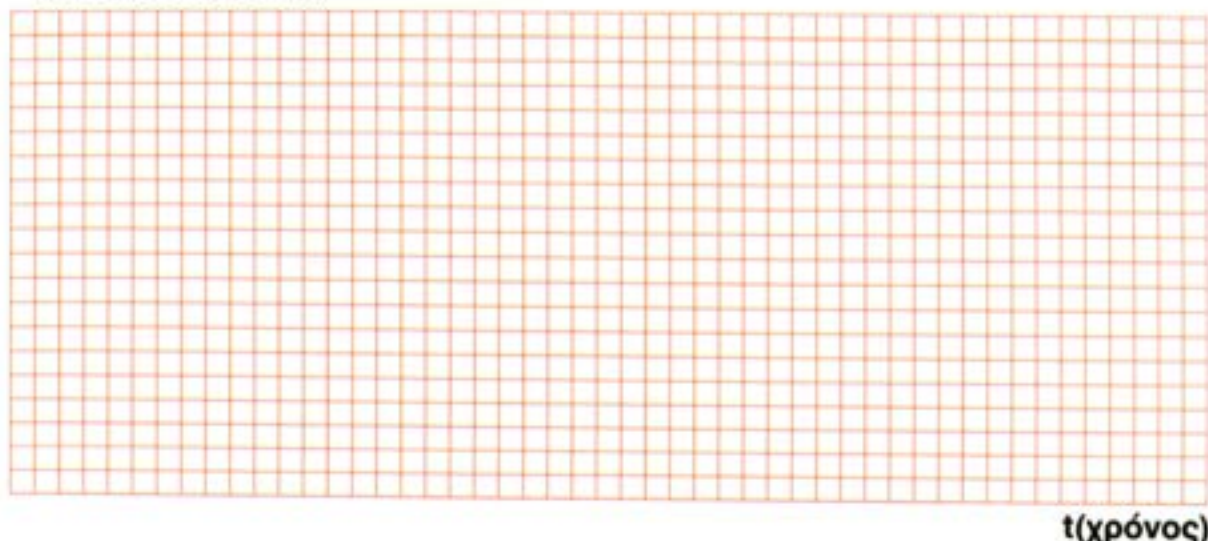
ταχύτητα κινητήρα ή στάθμη δεξαμενής



t(χρόνος)

- Επιλέξτε έναν σύστημα για έλεγχο, δηλ. πειραματικές διατάξεις προς έλεγχο από τις προηγούμενες ασκήσεις, π.χ. έλεγχος ταχύτητας κινητήρα συνεχούς ρεύματος ή έλεγχος στάθμης δεξαμενής.
- Ρυθμίστε το κέρδος του P ελεγκτή και καταγράψτε με P ελεγκτή την απόκριση της εξόδου του συστήματος και την απόκριση της εξόδου (MV, Y) του ελεγκτή.
- Αξιολογήστε - σχολιάστε τις παραπάνω διαπιστώσεις για δράση (έξοδο) του πειραματικού PID ελεγκτή.
- Καταγράψτε διαφορετικές αποκρίσεις του συστήματος με γρήγορη / αργή απόκριση με / χωρίς υπερακόντιση. Καταγράψτε το κέρδος του P ελεγκτή για κάθε περίπτωση.
- Υλοποιήστε βηματική αλλαγή και επαληθεύστε την απόκριση των ελεγκτών σε κάθε ρυθμό λειτουργίας (P, I, D) και σε συνδυασμούς τους, με ρυθμίσεις των αντίστοιχων ποτενσιόμετρων P, I, D.
- Υλοποιήστε και τον PI, PID και PD ελεγκτή σύμφωνα με τα ανωτέρω.
- Επαναλάβετε τα παραπάνω βήματα αξιολόγησης του ελεγκτή και προσπαθήστε να σχεδιάσετε (επιτύχετε) τη βηματική απόκριση εξόδου συστήματος (όχι εξόδου ελεγκτή), βλ. σχήμα 24.2 και τη βηματική απόκριση εξόδου ελεγκτή (όχι εξόδου συστήματος), βλ. σχήμα 24.3, με επιλογή των P, I και D δράσεων.
- Μελετήστε τις εισόδους και εξόδους, επιθυμητή τιμή (Set Value, SV / W), μετρούμενη τιμή (Process Value, PV / X), έξοδος ελεγκτή, (Manipulated Value, MV / Y) στη συνδεσμολογία του ελεγκτή.

ταχύτητα κινητήρα ή
στάθμη δεξαμενής



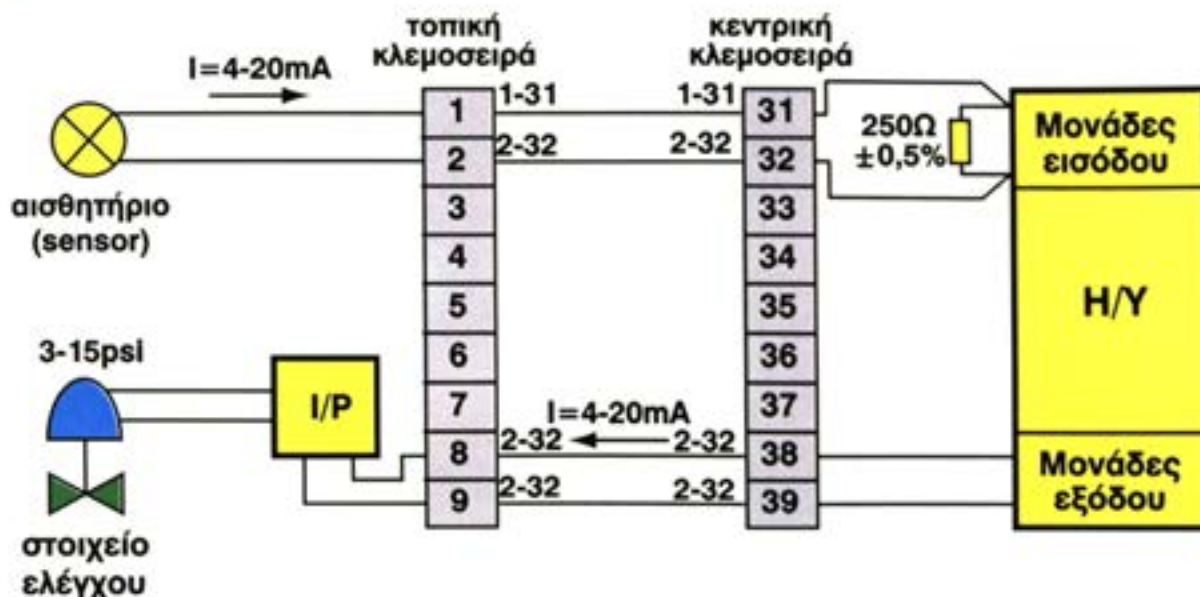
Σχήμα 24.13: Πειραματική μέτρηση απόκρισης συστήματος υπό PID έλεγχο

12. Ελέγξτε χειροκίνητα τον ελεγκτή σας. Τι παρατηρείτε;
13. Μετρήστε / καταγράψετε εξόδους του ελεγκτή 4 - 20 mA σε χειροκίνητο (MANUAL) ρυθμό.

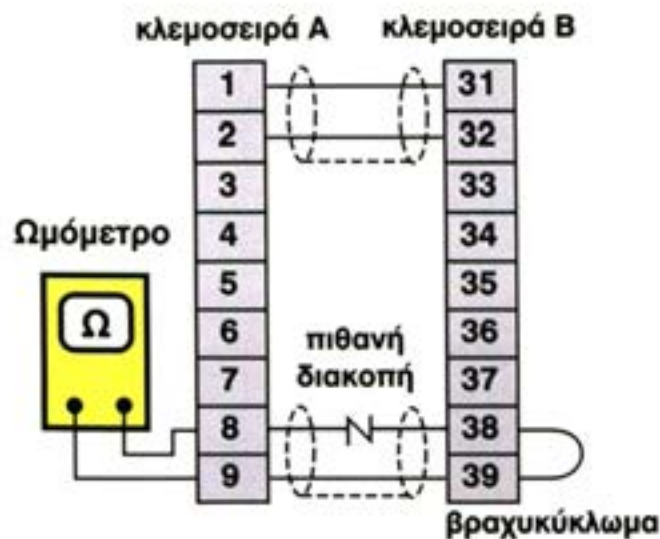
Θ. Εγκατάσταση PID ελεγκτή

Στο σχήμα 24.10 δίνεται η βασική συνδεσμολογία σήματος κλειστού βρόχου στα ΣΑΕ. Αποτελείται από τη μέτρηση (αισθητήρα, sensor) και το στοιχείο ελέγχου (actuator).

1. Μελετήστε την συνδεσμολογία του ελεγκτή βλ. σχήμα 24.14.
2. Καθορίστε τα βήματα συντήρησης ενός ελεγκτή, βλ. σχήματα 24.14 και 24.15.
3. Δημιουργήστε μια πιθανή διακοπή καλωδίου και ανιχνεύστε τη θέση της διακοπής του καλωδίου με ωμόμετρο (το συνοδικό καλώδιο αντικαθίσταται από διαθέσιμα (spare) καλώδια).
4. Μια πιθανή διαρροή ρεύματος ανιχνεύεται με μεγερόμετρο (γεννήτρια 500 V) αφού αποσυνδεθούν όλα τα ηλεκτρονικά για να μην κεραυνοβοληθούν και καούν από την τάση 500 V (σε περίπτωση διαρροής το συνοδικό καλώδιο αντικαθίσταται από διαθέσιμα (spare) καλώδια). Κάντε μεγερομέτρηση.



Σχήμα 24.14: Βασική συνδεσμολογία σήματος στα ΣΑΕ - Συνδεσμολογία κλειστού βρόχου



Σχήμα 24.15(α): Ανίχνευση πιθανής διακοπής με ωμόμετρο



Σχήμα 24.15(β): Ανίχνευση πιθανής διακοπής με μεγγέρομετρο

I. Ερωτήσεις

1. Δώστε τις τεχνικές προδιαγραφές ενός ελεγκτή.
2. Εάν ένας ή περισσότεροι τελεστικοί ενισχυτές σε κάθε βαθμίδα του σχήματος 24.8 οδηγηθεί στον κόρο έχουμε παραμορφώσεις του σήματος, οπότε υποβαθμίζεται η λειτουργία του PID ελεγκτή. Ποιο το αποτέλεσμα μιας τέτοιας κατάστασης κόρου;
3. Εάν ένας ή περισσότεροι τελεστικοί ενισχυτές σε κάθε βαθμίδα του σχήματος 24.8 οδηγηθεί στον κόρο έχουμε παραμορφώσεις του σήματος, οπότε υποβαθμίζεται η λειτουργία του PID ελεγκτή. Πιστεύετε ότι χάνεται εντελώς ο έλεγχος σε μια τέτοια κατάσταση κόρου;
4. Τι είναι ο ευφυής ελεγκτής;
5. Κατασκευάστε έναν αναλογικό (P) ελεγκτή και δευτερευόντως τον I και D ελεγκτή.
6. Ελέγξτε και ρυθμίστε τον PID ελεγκτή.
7. Πώς κατασκευάζεται ένας PID ελεγκτής με ψηφιακά στοιχεία;
8. Ποια η διαφορά μεταξύ διακοπής και διαρροής καλωδίου;
9. Ποιος είναι και γιατί ο καλύτερος έλεγχος μεταξύ του ελέγχου διακοπής και ελέγχου διαρροής καλωδίου;

ΙΑ. Παρατηρήσεις - Συμπεράσματα

IB. Παράρτημα

IB1. ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ PID ΕΛΕΓΚΤΗ	
Λειτουργία	συνεχής, διακοπτόμενη εξωτερικά
Ασφάλεια λειτουργίας	διαχωρισμός λειτουργίας και ρύθμισης, κλειδωμένες παράμετροι, αξιοπιστία χειρισμών
Είσοδοι	ρεύματος, θερμοζευγών, αντίστασης, ρεύματος, τάσης
Παρουσίαση (Display)	LCD (PV, SV, MV, κατάσταση) ± 9999
Πρόσθετα χαρακτηριστικά	- χωρίς διαταραχές (bumpless) μεταφορά από manual σε auto - αυτορύθμιση (self-tuning) - έλεγχος προγράμματος - εξωτερική επιθυμητή τιμή (SV) - έλεγχος λόγου (ratio control) - ανάδραση θέσης για βηματικούς ελεγκτές τριών σημείων - είσοδος δεύτερης μέτρησης - είσοδος διαφοράς θερμοκρασίας
Θερμοκρασία περιβάλλοντος	60° C
Κατανάλωση	Χαμηλή
MTBF (χρόνος βλάβης)	6 χρόνια
Προστασία σκόνης / υγρασία	IP 54 / 65
RF παρεμβολές	Υψηλή ανοσία και μείωση
EEPROM	με ασφάλεια δεδομένων (data security)

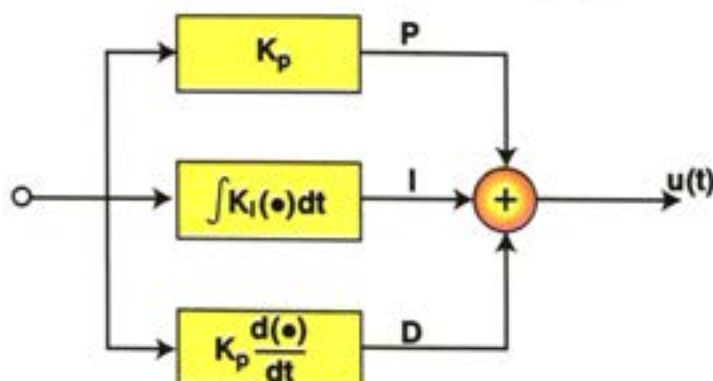
IB2. ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΕΛΕΓΚΤΗ

Ο ελεγκτής συντηρείται (από εκπαιδευμένο κατάλληλο προσωπικό) με:

1. οπτικό έλεγχο συνδέσεων (καλή κατάσταση και καθαριότητα, έλεγχος χρώματος)
2. έλεγχο λειτουργίας (και έλεγχο χρησιμοποιούμενων λειτουργιών)
4. έλεγχο πλήκτρων και παρουσίαση πληροφοριών (display)
5. έλεγχο ηλεκτρικής και ηλεκτρονικής απομόνωσης τους (π.χ. γαλβανικής)
6. έλεγχο συνδέσεων εισόδου (π.χ. πολικότητας σημάτων)
6. έλεγχο τροφοδοσίας
7. έλεγχο περιοχών μέτρησης με ρυθμιστές (calibrators) ή με πηγές σήματος ακρίβειας
9. επίδειξη συμπεριφοράς ευσταθείας σε διάφορες μεταβολές
10. αν δεν είναι δυνατή η συντήρηση στο πεδίο (on-site) επιστροφή στον κατασκευαστή για συντήρηση

IB3. ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ PID ΕΛΕΓΚΤΗ

Εδώ δίνονται με αυστηρά μαθηματικά οι τύποι του PID ελεγκτή που χρησιμοποιήθηκαν στην άσκηση 24.



Σχήμα 24.16: Σχηματική αναλογική υλοποίηση των PID ελεγκτών

Η αναλογική υλοποίηση των P, PI και PID ελεγκτών του PID ελεγκτή δίνεται στους παρακάτω τύπους:

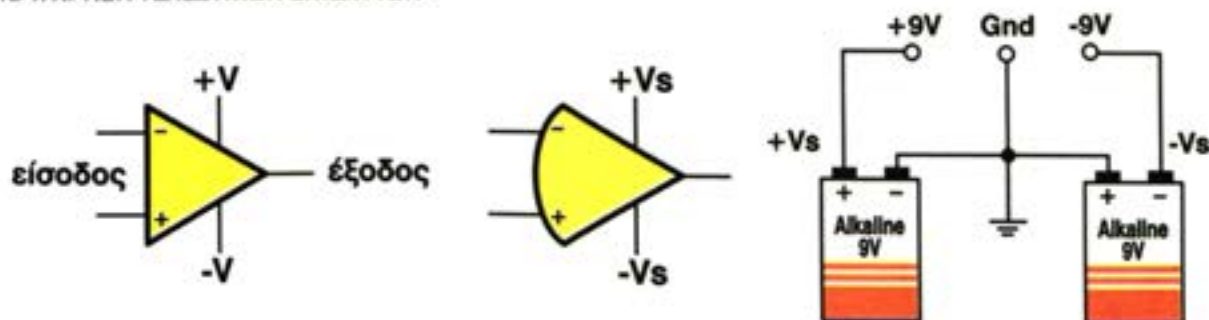
ΠΙΝΑΚΑΣ 1

P ελεγκτής	$OUTPUT = K_p[e(t)]$
PI ελεγκτής	$OUTPUT = K_p[e(t)] + \frac{1}{I} \int e(t)dt$
PID ελεγκτής	$OUTPUT = K_p[e(t)] + \frac{1}{I} \int e(t)dt + D \frac{de(t)}{dt}$

Ενώ η ψηφιακή υλοποίηση του PID ελεγκτή δίνεται στον παρακάτω τύπο:

$$c(t) = c_0 + K_C \left[e(t) + \frac{\Delta t}{\tau_I} \sum_{i=1}^K e(i\Delta t) + \tau_D \frac{e(t) - e(t - \Delta t)}{\Delta t} \right]$$

IB4. ΧΡΗΣΗ ΤΕΛΕΣΤΙΚΩΝ ΕΝΙΣΧΥΤΩΝ



Σχήμα 24.17: Τελεστικοί ενισχυτές και τρόπος δημιουργίας τάσης -9 Volts ≈ +9 Volts

ΜΕΓΙΣΤΕΣ ΤΙΜΕΣ ΣΥΝΔΕΣΗΣ – ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ του 741 ΤΕΛΕΣΤΙΚΟΥ ΕΝΙΣΧΥΤΗ	
Τάση τροφοδοσίας	$\pm 18 \text{ Volts}$
Εσωτερική κατανάλωση ισχύος	500 mW
Διαφορική τάση εισόδου	$\pm 30 \text{ Volts}$
Τάση εισόδου	$\pm 15 \text{ Volts}$
Τάση μετατόπισης μηδέν / V-	$\pm 0.5 \text{ Volt}$
Περιοχή θερμοκρασίας λειτουργίας	$0^\circ \text{C} \div + 70^\circ \text{C}$
Περιοχή θερμοκρασίας αποθήκευσης	$- 65^\circ \text{C} \div + 150^\circ \text{C}$
Θερμοκρασία κόλλησης για 60 sec	300°C
Βραχυκύκλωμα εξόδου	Μεγάλης διάρκειας

Δίνονται ενδεικτικές (και όχι μοναδικές) τιμές των αντιστάσεων και πυκνωτών $R_1, R_2, R_3, R_4, C_1, C_2$ των παραπάνω κυκλωμάτων, βλ. σχήμα 24.12:

$$\begin{aligned}
 R_1 &= 100 \text{ k}\Omega & R_2, R_{22} &= 1 - 2 - 50 - 100 \text{ k}\Omega \\
 P_1 &= 5 \text{ k}\Omega & P_2 &= 10 \text{ k}\Omega \\
 R_3, R_{21} &= 100 - 200 \Omega & R_4 &= 2 - 10 - 100 \text{ k}\Omega \\
 C_1 &= 100 \text{ nF} - 10 \mu\text{F} & C_2 &= 100 \text{ nF} - 1 \mu\text{F}
 \end{aligned}$$

(Οσόσο ανάλογα τις διαθέσιμες πειραματικές διατάξεις, τόσο ο διδάσκων, όσο και οι μαθητές θα πρέπει να πειραματισθούν και με άλλες πιθανές τιμές των αντιστάσεων και πυκνωτών, για λόγους εξοικείωσης. Σκοπός της επιλογής των τιμών των αντιστάσεων και πυκνωτών είναι να λειτουργήσει κάθε βαθμίδα του σχήματος 24.12 χωρίς να οδηγηθεί στον κόρο, οπότε έχουμε παραμορφώσεις τους σήματος).



παράρτημα Α

παράρτημα Β

παράρτημα Γ

ορολογία Α

ορολογία Β

βιβλιογραφία

Διαφορές στο συμβολισμό εντολών

Στο κύριο μέρος του βιβλίου παρουσιάστηκε μια σειρά ασκήσεων που υλοποιήθηκαν με βάση ένα Instruction Set. Όμως η κάθε εταιρεία διαθέτει το δικό της Instruction Set, που διαφέρει σε αρκετά σημεία από τα άλλα. Στο μέρος αυτό του βιβλίου θα αναφέρουμε μερικές διαφορές που παρουσιάζουν οι εντολές προγραμματισμού PLC στις διάφορες εταιρείες.

Μια πρώτη διαφορά είναι στον συμβολισμό και τη διευθυνσιοδότηση των επαφών (contacts) και των εξόδων (coils). Στον ΠΙΝΑΚΑ 1 εικονίζεται μια συνοπτική παράσταση των διαφόρων συμβολισμών και διευθυνσιοδοτήσεων.

Διευθυνσιοδότηση	AX.Y	AX	X
επαφή NO			
επαφή NC			
έξοδος			
ανάστροφη έξοδος			
επεξήγηση	A : I για είσοδο, Q για έξοδο, M για εσωτ. σημείο. X : αριθμός οκτάδας Y : αριθμός εισόδου (0-7)	A : I για είσοδο, Q για έξοδο, M για εσωτ. σημείο. X : αριθμός εισόδου	X : 00000-000LL για είσοδο 00200-002PP για έξοδο (ο μέγιστος αριθμός LL και PP εξαρτάται από το μοντέλο) μετά το 2PP είναι τα εσωτ. σημεία

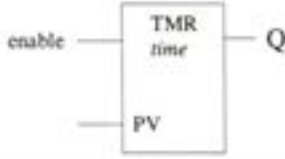
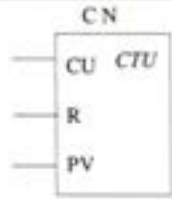
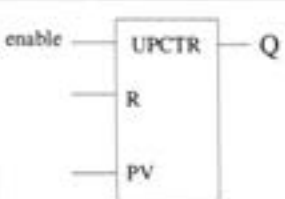
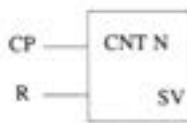
ΠΙΝΑΚΑΣ 1

Ας δούμε ένα παράδειγμα. Έστω ότι διαθέτουμε ένα PLC 14 εισόδων και θέλουμε να ελέγξουμε την δέκατη είσοδο. Σύμφωνα με τη διευθυνσιοδότηση της δεύτερης στήλης πάνω από τη επαφή θα γράψουμε I1.1, με της τρίτης I10 και με της τέταρτης 00010.

Μια δεύτερη διαφορά είναι η παράσταση χρονικών και μετρητών. Ήδη έχουμε αναφέρει ότι μια σημαντική διαφορά των μονάδων αυτών είναι αν το κουτάκι (box) της εντολής διαθέτει έξοδο ή όχι. Στην περίπτωση που η μονάδα δεν έχει έξοδο (όπως στις στήλες 2^η και 4^η) δημιουργούμε επαφές (contacts) με τον ίδιο αριθμό με τη μονάδα, που αλληλάζει κατάσταση όπως αυτή (βλέπε στις ασκήσεις του βιβλίου). Όταν η μονάδα έχει έξοδο (όπως στη 3^η στήλη), τότε αυτή καταλήγει σε (coil) εσωτερικό σημείο, που παρακολουθεί τις αλλαγές κατάστασης της μονάδας.

Διαφορές παρουσιάζονται επίσης στον τρόπο χειρισμού των συμβόλων. Στον ΠΙΝΑΚΑ 2 φαίνονται οι διαφορές στη χρήση των χρονικών καθυστερήσεων και των πάνω μετρητών.

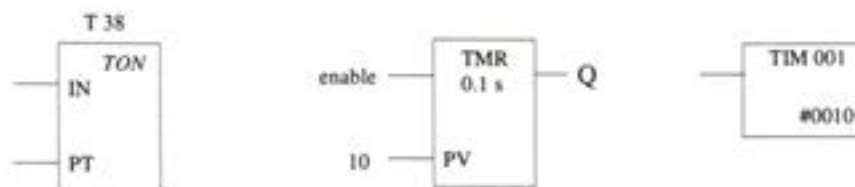
ΠΙΝΑΚΑΣ 2

Χρονικό			
Μετρητής			
Επεξήγηση	N: αριθμός χρονικού ή μετρητής (στο χρονικό σχετίζεται με τη βάση χρόνου). IN: ενεργοποίηση χρονικού CU: είσοδος απαρίθμησης R: είσοδος επανεκκίνησης PV: προτοποθετημένη τιμή (αριθμός ή θέση μνήμης)	enable: είσοδος ενεργοποίησης χρονικού ή απαρίθμησης R: είσοδος επανεκκίνησης Q: έξοδος PV: προτοποθετημένη τιμή (αριθμός ή θέση μνήμης) time: γράφεται η βάση χρόνου	N: αριθμός χρονικού ή μετρητής CP: είσοδος απαρίθμησης R: είσοδος επανεκκίνησης SV: προτοποθετημένη τιμή (αριθμός ή θέση μνήμης)

Όπως φαίνεται στον ΠΙΝΑΚΑ 2 τα χρονικά της δεύτερης και της τρίτης στήλης λειτουργούν με λογική βάσης χρόνου ενώ της τέταρτης όχι.

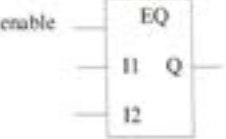
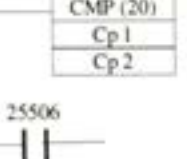
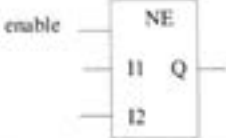
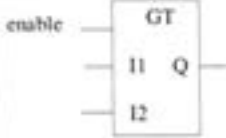
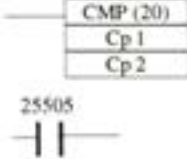
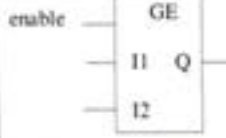
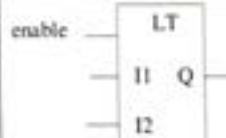
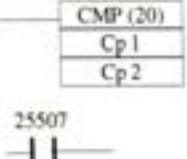
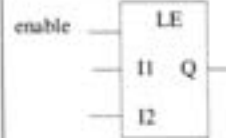
Στον ορισμό της προτοποθετημένης τιμής, όταν πρόκειται για αριθμό, στην πρώτη περίπτωση γράφεται απλώς ο αριθμός, στη δεύτερη περίπτωση πριν από τον αριθμό γράφεται η λέξη const, ενώ στη τρίτη περίπτωση πριν τον αριθμό μπαίνει το σύμβολο # και το τελευταίο ψηφίο είναι δεκαδικό μέρος. Αν πρόκειται για θέση μνήμης, αυτή στη πρώτη περίπτωση έχει τη μορφή VWαριθμός (W: word), στη δεύτερη %R, ενώ στη τρίτη αναγράφεται απλά ο αριθμός της θέσης μνήμης.

Έτσι για να δημιουργήσουμε χρονική καθυστέρηση έστω 1sec, χρησιμοποιούμε τις αντίστοιχες μονάδες ως εξής



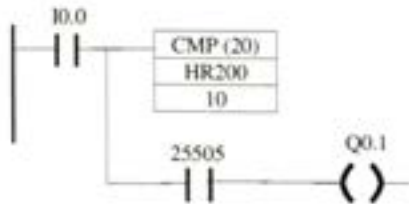
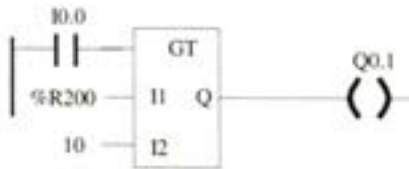
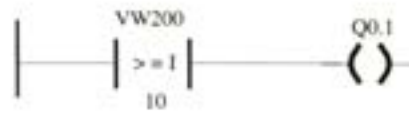
Τέλος, στις εντολές που έχουμε γνωρίσει στις ασκήσεις του βιβλίου, υπάρχει διαφορά στον τρόπο που γίνεται η σύγκριση. Στον ΠΙΝΑΚΑ 3 φαίνονται συνοπτικά οι διαφορές αυτές. Όπως μπορείτε να παρατηρήσετε στον ΠΙΝΑΚΑ 3, άλλες μονάδες έχουν έξοδο (στήλη 3) και άλλες όχι (στήλεις 2 και 4). Ο τρόπος χειρισμού τους είναι όμοιος με αυτόν που περιγράψαμε στα χρονικά.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3

Ίσο με	$\begin{array}{c} n1 \\ = X \\ n2 \end{array}$		
Διάφορο από			
Μεγαλύτερο από			
Μεγαλύτερο ή ίσο	$\begin{array}{c} n1 \\ > = X \\ n2 \end{array}$		
Μικρότερο από			
Μικρότερο ή ίσο	$\begin{array}{c} n1 \\ < = X \\ n2 \end{array}$		
Επεξηγήσεις	Η σύγκριση είναι n1?n2 n1,n2: αριθμός, θέση μνήμης X: το είδος των συγκρι- νόμενων (B,W,I)	Η σύγκριση είναι I1?I2 enable: είσοδος ενεργο- ποίησης Q: έξοδος I1,I2: αριθμός, θέση μνήμης	Αρχικά γίνεται σύγκριση μεταξύ Cp1 και Cp2. Αν είναι ίσα ενεργοποιείται η επαφή 2506, αν το πρώτο είναι μεγαλύτερο, ενεργοποιείται η 2505, ενώ αν είναι μικρότερο η 2507. Cp1,Cp2: αριθμός, θέση μνήμης

Όπως παρατηρείτε στους συγκριτές της τρίτης στήλης απαιτούνται δύο βήματα : αρχικά γίνεται η σύγκριση και αφού διαμορφωθούν τα κατάλληλα flags, ενεργοποιείται μία από τις επαφές 2505, 2506 ή 2507, ανάλογα με το αποτέλεσμα της σύγκρισης.

Έστω ότι θέλουμε να ενεργοποιούμε μια έξοδο αν το περιεχόμενο μιας συγκεκριμένης θέσης μνήμης γίνεται μεγαλύτερο από τον αριθμό 10. Στο κάτωθι σχήμα βλέπουμε τις τρεις διαφορετικές προσεγγίσεις



Όπως βλέπετε μεταξύ των εταιρειών υπάρχουν σημαντικές διαφορές στο συμβολισμό και τον τρόπο χρήσης πολλών εντολών. Για το λόγο αυτό **είναι απαραίτητο πριν προχωρήσετε στο σχεδιασμό ενός προγράμματος, να μελετήσετε προσεκτικά το Instruction Set της εταιρείας, το PLC της οποίας θα χρησιμοποιήσετε.**

Βασικές εντολές σε γλώσσα λογικών συναρτήσεων

Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται οι βασικές εντολές για προγραμματισμό ενός PLC σε γλώσσα λογικών συναρτήσεων. Οι εντολές αυτές χρησιμοποιούνται και για τον προγραμματισμό μικρών PLC.

Σημείωση: όταν στη λειτουργία των λογικών συναρτήσεων αναφέρεται ότι μια είσοδος ή έξοδος ενεργοποιείται, σημαίνει ότι παίρνει την τιμή λογικό 1.

ΟΝΟΜΑΣΙΑ	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ	ΣΥΜΒΟΛΟ
AND	Η έξοδος ενεργοποιείται όταν ενεργοποιούνται <u>ΟΛΕΣ</u> οι είσοδοι	
OR	Η έξοδος ενεργοποιείται, όταν ενεργοποιείται <u>ΜΙΑ ΤΟΥΛΑΧΙΣΤΟΝ</u> είσοδος	
NOT	Η έξοδος ενεργοποιείται όταν <u>ΔΕΝ</u> είναι ενεργοποιημένη η είσοδος	
NAND	Η έξοδος <u>απενεργοποιείται</u> όταν ενεργοποιούνται <u>ΟΛΕΣ</u> οι είσοδοι	
NOR	Η έξοδος ενεργοποιείται, όταν <u>δεν</u> ενεργοποιείται <u>ΚΑΜΙΑ</u> είσοδος	
XOR	Η έξοδος ενεργοποιείται όταν ενεργοποιείται <u>ΜΙΑ</u> και <u>ΜΟΝΟ</u> είσοδος	
SET-RESET	Η έξοδος ενεργοποιείται όταν ενεργοποιείται η είσοδος SET και απενεργοποιείται όταν ενεργοποιείται η είσοδος RESET	
Έξοδος		
Χρονικό καθυστέρησης	Η έξοδος ενεργοποιείται μετά από χρόνο T από τη στιγμή που ενεργοποιείται η είσοδος Trs.	

Βασικές εντολές σε γλώσσα λίστας εντολών

Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται οι βασικές εντολές για προγραμματισμό ενός PLC σε γλώσσα λίστας εντολών.

Σημείωση: όταν στη λειτουργία των λογικών συναρτήσεων αναφέρεται ότι μια είσοδος ή έξοδος ενεργοποιείται, σημαίνει ότι παίρνει την τιμή λογικό 1.

ΟΝΟΜΑΣΙΑ	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ	ΣΥΜΒΟΛΟ
LOAD	Φορτώνει την κατάσταση εισόδων, εξόδων, μνημών κλπ. στον καταχωρητή.	LD ή L
AND	Η έξοδος ενεργοποιείται όταν ενεργοποιούνται ΟΛΕΣ οι εισοδοί.	A
OR	Η έξοδος ενεργοποιείται, όταν ενεργοποιείται ΜΙΑ ΤΟΥΛΑΧΙΣΤΟΝ είσοδος.	O
EQUAL	Αναφέρεται σε εισόδους και βοηθητικές μνήμες. Το αποτέλεσμα μιας σειράς λογικών πράξεων.	=
NOT	Φορτώνει ή κάνει λογική πράξη με τη συμπληρωματική κατάσταση των εισόδων, εξόδων, μνημών, χρονικών κλπ.	AN, ON, LDN
SET-RESET	Η έξοδος ενεργοποιείται όταν ενεργοποιείται η είσοδος SET και απενεργοποιείται όταν ενεργοποιείται η είσοδος RESET.	S, R
Χρονικό καθυστέρησης	Η έξοδος ενεργοποιείται μετά από χρόνο T από τη στιγμή που ενεργοποιείται η είσοδος του χρονικού.	TON
ALOAD OLOAD	Γίνεται λογική πράξη AND ή OR ενός συνόλου εντολών με κάποιο άλλο σύνολο εντολών που αρχίζουν με την εντολή LD ή LDN.	ALD, OLD
Integer to double Integer	Μετατρέπει τον ακέραιο στην είσοδο σε διηλέσιας παράστασης ακέραιο στην έξοδο.	ITD
Double Integer to Real	Μετατρέπει τον διηλό ακέραιο στην είσοδο σε πραγματικό αριθμό στην έξοδο.	
Divide Real	Διαιρεί δύο 32-bit πραγματικούς αριθμούς.	DTR
Συγκρίσεις	Συγκρίνει την τιμή μιας μεταβλητής με την τιμή αναφοράς.	LDR>, LDR>=, LDW=
Παλμός	Επιτρέπει τη ροή ισχύος για ένα μόνο κύκλο μετά από Off σε ON μετάβαση.	EU

όρος	όρος αγοράς εργασίας	Ξενόγλωσσος όρος
- αισθητήρας	αισθητήριο	sensor
- ακολουθιακός έλεγχος	έλεγχος ακολουθιακής λογικής	sequential control
- αποθήκευση σαν	αποθήκευση σαν	save as
- βοηθητικός ηλεκτρονόμος	βοηθητικό ρελαί	relay
- Ladder, διάγραμμα επαφών (γλώσσα προγραμματισμού)	διάγραμμα επαφών, Ladder	Ladder, LAD
- διακόκτης ελέγχου ροής υγρών	διακόκτης ελέγχου ροής υγρών	liquid flow switch
- διακόκτης ελέγχου στάθμης υγρών	διακόκτης ελέγχου στάθμης υγρών	liquid level switch, float switch
- διασύνδεση (κυκλωμάτων)	διασύνδεση	interface
- εκκίνηση	εκκίνηση	start
- εξάρτημα βοηθητικής επαφής	μπλοκ βοηθητικής επαφής	auxiliary contact block
- έξοδος ηλεκτρονόμων	έξοδος ρελαί	relay output
- επαφή ισχύος, κύρια επαφή	επαφή ισχύος, κύρια επαφή	main contact
- επαφή "κανονικά ανοιχτή"	επαφή "κανονικά ανοιχτή"	normally open contact (NO)
- επαφή "κανονικά κλειστή"	επαφή "κανονικά κλειστή"	normally closed contact (NC)
- επαφή μεταγωγική, επαφή μεταγωγής	επαφή μεταγωγική	changeover contact (CO)
- επαφή χρονικής λειτουργίας	επαφή χρονικής λειτουργίας	timed contact, delayed contact
- επαφή χωρίς καθυστέρηση, επαφή άμεσης λειτουργίας	επαφή χωρίς καθυστέρηση	no delayed contact, instantaneous contact
- ηλεκτρική κατανάλωση	(ηλεκτρικό) φορτίο	electric load
- ηλεκτρομηχανική τεχνολογία	ηλεκτρομηχανική τεχνολογία	electromechanical technology
- ηλεκτρονόμος (γενικά)	ρελαί (ή ρελέ)	relay
- ηλεκτρονόμος ημιαγωγών	ηλεκτρονόμος ημιαγωγών	solid state relay

όρος	όρος αγοράς εργασίας	ξενόγλωσσος όρος
- θερμικός ηλεκτρονόμος υπερφόρτισης	θερμικό, θερμικός ηλεκτρονόμος υπερφόρτισης	thermal overload relay
- ηλεκτρονόμος ισχύος	ρελái ισχύος	contactor
- θερμίστορ	θερμίστορ	thermistor
- κεντρική μονάδα επεξεργασίας	κεντρική μονάδα επεξεργασίας, CPU	central processing unit, CPU
- κύκλωμα εισόδου	κύκλωμα εισόδου	input circuit
- κύκλωμα ελέγχου	κύκλωμα ελέγχου βοηθητικό κύκλωμα, κύκλωμα αυτοματισμού	control circuit
- κύκλωμα εξόδου	κύκλωμα εξόδου	switching circuit
- κύκλωμα ισχύος	κύκλωμα ισχύος, κύριο κύκλωμα	power circuit, load circuit
- κύκλωμα σκανδάλης	κύκλωμα σκανδαλισμού	trigger circuit
- λειτουργία χρονικής καθυστέρησης στην απενεργοποίηση	χρονική λειτουργία καθυστέρησης στην απενεργοποίηση	delay off function
- λειτουργία χρονικής καθυστέρησης στην ενεργοποίηση	χρονική λειτουργία καθυστέρησης στην ενεργοποίηση	delay on function
- λίστα εντολών (γλώσσα προγραμματισμού)	λίστα εντολών, STL	statement list, STL
- πιυχνία ένδειξης	ενδεικτική πιυχνία	pilot lamp, indicator light
- μετρητής	μετρητής	counter
- μηχανική μανδάτωση	μηχανική μανδάτωση	mechanical interlock
- μικροδιακόπτες	μικροδιακόπτες	dip switches
- μονάδα εισόδων	μονάδα εισόδων	input module
- μονάδα εξόδων	μονάδα εξόδων	output module
- μονάδες εισόδων / εξόδων	μονάδες εισόδων / εξόδων	I / O modules
- μονάδα τροφοδοσίας, τροφοδοτικό	μονάδα τροφοδοσίας, τροφοδοτικό	power source module
- οπτικές ίνες	οπτικές ίνες	fiber optics
- οπτικός απομονωτής	οπτικός απομονωτής, optocoupler	optocoupler

όρος	όρος αγοράς εργασίας	Ξενόγλωσσος όρος
- πίνακας αληθείας	πίνακας αληθείας	truth table
- προγραμματιζόμενος λογικός ελεγκτής	προγραμματιζόμενος λογικός ελεγκτής, PLC	programmable logic controller, PLC
- σταμάτημα	σταμάτημα	stop
- συσκευή προγραμματισμού, προγραμματιστής	συσκευή προγραμματισμού, προγραμματιστής	programmer
- τερματικός διακόπτης	τερματικός διακόπτης	limit switch
- τεχνολογία ημιαγωγών	τεχνολογία ημιαγωγών	solid state technology
- τροφοδοτικό Συνεχούς Ρεύματος	τροφοδοτικό Σ.Ρ.	D.C. Power Supply
- τροφοδοτικό Εναλλασσόμενου Ρεύματος	τροφοδοτικό Ε.Ρ.	A.C. Power Supply
- φόρτωση στοιχείων	φόρτωση στοιχείων	download
- φωτοκύτταρο	φωτοκύτταρο	photoelectric switch
- χειριστήριο με μπουτόν	μπουτονιέρα	push-button enclosure, push-button station
- χρονοδιακόπτης	χρονοδιακόπτης	time switch
- χρονοηλεκτρονόμος	χρονικό	time relay, timer
- χρονοηλεκτρονόμος με τεχνολογία ημιαγωγών	ηλεκτρονικό χρονικό	electronic timer
- χρονική λειτουργία παλμού	χρονική λειτουργία παλμού	pulse function, one shot function
- χρονική λειτουργία σηματοδότησης	χρονική λειτουργία φλάσερ	cyclic timing function, flasher function
- ψηφιακή λογική	ψηφιακή λογική	digital logic
- ψηφιακή τεχνολογία	ψηφιακή τεχνολογία	digital technology

Ορολογία Συστημάτων Αυτομάτου Ελέγχου (ΣΑΕ)

Ξενόγλωσσος όρος	Ελληνικός όρος	Άλλοι χρησιμοποιούμενοι όροι
Automatic Gain Control (AGC)	Αυτόματος Έλεγχος Κέρδους	
Automatic (Auto)	Αυτόματο	
Clock-wise (cw)	Περιστροφή κατά την ωρολογιακή φορά	Δεξιόστροφα
Closed loop	Κλειστός βρόχο	
Controller	Ελεγκτής	
Counter clock-wise (ccw)	Περιστροφή κατά την ανωρολογιακή φορά	Αριστερόστροφα
Coupler	Συζεύκτης	
Cycling	Ταλάντωση	
Deadband	Νεκρή ζώνη	
Derivative action (D)	Διαφορική Δράση	
Differential	Διαφορικός	
Direct current (D.C.)	Συνεχές ρεύμα (Σ.Ρ.)	
Driver	Κύκλωμα οδήγησης	
Hardware	Υλικό μέρος	
Hysteresis	Υστέρηση	
Integral Action (I)	Ολοκληρωτική δράση	
Manipulated Value (MV=Y)	Ελεγχόμενη τιμή	
Manual	Χειροκίνητο	χειροκίνητος έλεγχος
On-medium-off controllers	Ελεγκτές τριών καταστάσεων	
ON/OFF	Κλειστό/ανοικτό	
Open loop	Ανοικτός βρόχος	
Optical isolator	Οπτικός απομονωτής	
Output	Έξοδος	
Overlap	Αλληλεπικάλυψη	
Overshoot	Υπερακόντιση, υπερύψωση	
Positive Temperature (P.T.C.) thermistor	Θερμίστορ με θετικό συντελεστή θερμοκρασίας	
Proportional Band (P.B.)	Αναλογική ζώνη	
Proportional + Integral (P.I.D.) + Derivative	Αναλογικός + Ολοκληρωτικός + Διαφορικός	
Proximity	Προσέγγιση	
Process Value (PV=X)	Μετρούμενη τιμή διεργασίας	

Ξενόγλωσσος όρος	Ελληνικός όρος	Άλλοι χρησιμοποιούμενοι όροι
Pulse Width Modulation (P.W.M.)	Διαμόρφωση διάρκειας παλμού	
Recorder	Καταγραφικό	
Relay	Ηλεκτρονόμος (γενικά)	Ρελάι (ή ρελέ)
Rotations per minute (rpm)	Στροφές ανά λεπτό (σ.α.λ.)	
Set point	Επιθυμητή τιμή	
Set Value (SV=W)	Επιθυμητή τιμή	
Signal-to-Noise Ratio (S.N.R.)	Λόγος σήματος-προς-θόρυβο	
Software	Λογισμικό / πρόγραμμα	
Solid state	Στερεάς κατάστασης	
Steady state error (e_{ss})	Σφάλμα σταθερής κατάστασης	
Step	Βήμα	
Switch	Διακόπτης	
Switching frequency	συχνότητα ανοιγοκλεισίματος	
Threshold value	Οριακή τιμή	Τιμή κατωφλίου
Time constants	Χρονικές σταθερές	
Time proportioning control	Έλεγχος αναλογικού χρόνου	
Tuning	Ρύθμιση, ρεγουλάρισμα, καλιμπράρισμα, συντονισμός	
Time constant (τ)	Σταθερά χρόνου	

Βιβλιογραφία

1. Ν. Μαραντίδη: **Αυτοματισμός με SIMATIC S7**, ΣΗΜΕΝΣ ΑΕ, 2000.
2. Στ. Ρουμπή: **Αυτοματισμός με προγραμματιζόμενους ελεγκτές**, ΣΗΜΕΝΣ ΑΕ, 1989.
3. Klaus Bieder: **ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΟΙ & ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟΙ ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΙ** [έκδοση στην Ελληνική γλώσσα], ΕΥΡΩΠΑΪΚΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΚΔΟΣΕΙΣ (Εκδοτικός όμιλος "ΙΟΝ"), 1998.
4. Ν. Α. Πανταζής: **ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΖΟΜΕΝΟΙ ΛΟΓΙΚΟΙ ΕΛΕΓΚΤΕΣ**, Εκδόσεις "ΙΟΝ", 1992.
5. Ν. Α. Πανταζής: **ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΙ ΜΕ PLC**, Εκδόσεις Α. ΣΤΑΜΟΥΛΗΣ, 1998.
6. Petruzella: **PLC Προγραμματιζόμενοι Λογικοί Ελεγκτές**.
7. Collins: **Προγραμματιζόμενοι Λογικοί Ελεγκτές Πρακτικός Οδηγός**.
8. J.Stenerson: **Fundamentals of Programmable Logic Controllers, Sensors and Communications**.
9. PHunt: **Programmable Logic Control Workbook**.
10. A. Crispin: **Programmable Logic Controllers & Applications**.
11. A. Crispin: **Programmable Logic Controllers and Their Engineering Applications**.
12. Berger: **Automating with Step 7 in LAD**.
13. K. Xanders, H. H. Enders, **Συστήματα Αυτομάτου Ελέγχου με Ηλεκτρονικά Στοιχεία**, Μ. Γκιούρδας, 1981 [Από Γερμανικά]
14. Π. Παρασκευόπουλος, **Εισαγωγή στον Αυτόματο Έλεγχο**, Αθήνα 1991, ΕΜΠ
15. Σ. Τσαφέστας, **ΣΑΕ Ι-II-III**, Πάτρα - Αθήνα 1975
16. R. King, **Βιομηχανικός Έλεγχος**, Αθήνα 1996, Παπασωτηρίου
17. Ν. Κουμούτσας, Λυγερός Β., Μπάφας Γ., **Δυναμική Συστημάτων και Ρύθμιση Διεργασιών**, Ε.Μ.Π., 1986
18. Ν. Κρικέλης, **ΣΑΕ Ι, ΙΙ, ΙΙΙ**, Αθήνα 1987, Ε.Μ.Π.
19. Ν. Κρικέλης, **Εισαγωγή στον Αυτόματο Έλεγχο**, Αθήνα 1985
20. Δ. Βέντζας, **ΣΑΕ: Εισαγωγή στα ΣΑΕ**, Λαμία, 1995
21. Β. Πετρίδης, **ΣΑΕ**, Τόμοι 1 και 2, Θεσσαλονίκη 1987, ΑΠΘ

Τεχνικά εγχειρίδια – κατάλογοι εταιρειών.

1. SIEMENS: **S7-200 Programmable Controller System Manual**.
2. SIEMENS: **LOGO!**, εγχειρίδιο λειτουργίας του ομώνυμου προγραμματιζόμενου λογικού ελεγκτή.
3. FESTO: **Πνευματικά, Ηλεκτροπνευματικά**
4. ΚΑΛΑΜΑΡΑΚΗΣ ΣΑΠΟΥΝΑΣ ΑΕΤΒΕ - OMRON
5. TECNORPNEUMATIC

ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ

Σταμάτης Αλαχιώτης

Καθηγητής Γενετικής Πανεπιστημίου Πατρών

Πρόεδρος του Παιδαγωγικού Ινστιτούτου

- Επιστημονικός Υπεύθυνος του Έργου:
Γεώργιος Βούτσινος,
Σύμβουλος του Παιδαγωγικού Ινστιτούτου
- Υπεύθυνος του Ηλεκτρολογικού Τομέα:
Ιγνάτιος Χατζηευστρατίου,
Μόνιμος Πάρεδρος Παιδαγωγικού Ινστιτούτου

