

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ
ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

Μάθημα

«Εισαγωγή στο Σχέδιο και τα
Ηλεκτροτεχνικά Υλικά»

Γεώργιος Περαντζάκης
Δρ. Ηλεκτρολόγος Μηχανικός, ΕΜΠ

"Εισαγωγή στο Σχέδιο και τα Ηλεκτροτεχνικά Υλικά", Γ. Περαντζάκης

Γενικά Περί Ηλεκτρικών Κινητήρων

- Η μηχανική ισχύς που απαιτείται για την εξυπηρέτηση των φορτίων κίνησης στις βιομηχανικές και εμπορικές εγκαταστάσεις εξασφαλίζεται κατά κανόνα από τους ηλεκτρικούς κινητήρες.
- Οι ηλεκτρικοί κινητήρες είναι στρεφόμενες μηχανές και διακρίνονται, ανάλογα με το είδος της ηλεκτρικής τάσης που λειτουργούν, σε ηλεκτρικούς κινητήρες συνεχούς (ΣΡ) και ηλεκτρικούς κινητήρες εναλλασσόμενου ρεύματος (ΕΡ) [Direct Current (DC) and Alternating Current (AC) Motors].
- Οι κινητήρες ΕΡ είναι αυτοί που χρησιμοποιούνται κυρίως σήμερα στη βιομηχανία για την παραγωγή μηχανικής ισχύος, αφού το ΕΡ είναι αυτό που χρησιμοποιείται πια στις ηλεκτρολογικές εγκαταστάσεις. Οι κινητήρες ΣΡ έχουν περιορισμένη εφαρμογή και χρησιμοποιούνται σε ειδικές περιπτώσεις.

Γενικά Περί Ηλεκτρικών Κινητήρων

- Κατασκευάζονται μονοφασικοί και τριφασικοί ηλεκτρικοί κινητήρες.
- Οι μονοφασικοί κινητήρες τροφοδοτούνται από μονοφασική παροχή με τρεις αγωγούς, τη φάση (L), τον ουδέτερο (N) και τον αγωγό γείωσης (PE).
- Οι τριφασικοί κινητήρες τροφοδοτούνται από τριφασική παροχή με τέσσερις αγωγούς, τις τρεις φάσεις (L_1 , L_2 και L_3) και τον αγωγό προστασίας (PE). Ο τριφασικός κινητήρας συνιστά συμμετρικό τριφασικό φορτίο και επομένως εκλείπει η ανάγκη ουδέτερου αγωγού, αφού στην περίπτωση αυτή ο ουδέτερος αγωγός δε διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα.
- Οι ηλεκτρικοί κινητήρες είναι μηχανές, οι οποίες μετατρέπουν την ηλεκτρική ισχύ που παραλαμβάνουν από το ηλεκτρικό δίκτυο σε μηχανική ισχύ στον άξονά τους, όπου συνδέεται («κομπλάρεται») το μηχανικό φορτίο.

Γενικά Περί Ηλεκτρικών Κινητήρων

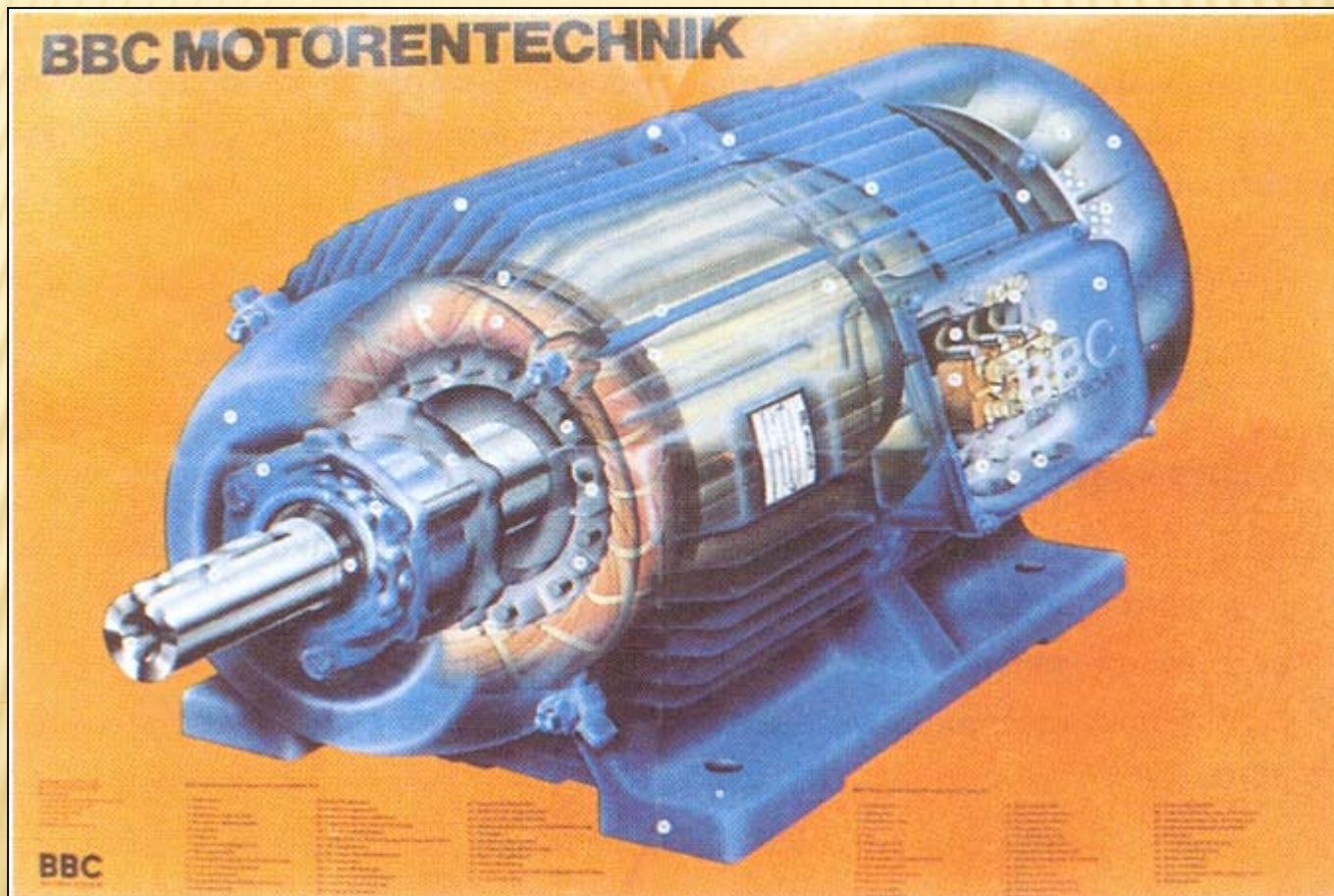
- Οι κινητήρες ΕΡ, ανάλογα με την κατασκευαστική διαμόρφωση και την αρχή λειτουργίας τους, διακρίνονται σε:
 - ❑ Ασύγχρονους ή επαγωγικούς κινητήρες ΕΡ, οι οποίοι ταξινομούνται στους επαγωγικούς κινητήρες βραχυκυκλωμένου δρομέα και στους δακτυλιοφόρους επαγωγικούς κινητήρες.
 - ❑ Σύγχρονοι κινητήρες ΕΡ.
 - ❑ Ειδικού τύπου μονοφασικοί κινητήρες ΕΡ.
- Οι ασύγχρονοι επαγωγικοί κινητήρες και ιδιαίτερα οι κινητήρες βραχυκυκλωμένου δρομέα είναι αυτοί που χρησιμοποιούνται κυρίως σήμερα στη βιομηχανία για την παραγωγή μηχανικής ισχύος, επειδή οι κινητήρες αυτοί είναι στιβαροί, οικονομικοί και παρουσιάζουν χαμηλό κόστος λειτουργίας. Με ειδικές διατάξεις ηλεκτρονικών ισχύος (π.χ. αντιστροφείς, inverters) είναι αποτελεσματικός και οικονομικός ο έλεγχος της λειτουργίας τους.

Γενικά Περί Ηλεκτρικών Κινητήρων

- Οι σύγχρονοι κινητήρες είναι συνήθως ηλεκτρικές μηχανές μεγάλης ισχύος, χρησιμοποιούνται για την κίνηση μεγάλων μηχανικών φορτίων υπό σταθερές στροφές, καθώς και σε περιπτώσεις όπου απαιτείται μαζί με την παροχή μηχανικής ισχύος να πραγματοποιείται και διόρθωση του συντελεστή ισχύος της ηλεκτρολογικής εγκατάστασης.
- Οι κινητήρες ΣΡ, ανάλογα με την κατασκευαστική διαμόρφωση και τον τρόπο λειτουργίας τους, διακρίνονται σε:
 - ❑ Κινητήρες ξένης ή ανεξάρτητης διέγερσης.
 - ❑ Κινητήρες παράλληλης διέγερσης.
 - ❑ Κινητήρες με διέγερση σειράς. Είναι οι κινητήρες ΣΡ που χρησιμοποιούνται κυρίως σήμερα στην πράξη, λόγω της μεγάλης ροπής εκκίνησης που μπορούν να αναπτύξουν στον άξονά τους.
 - ❑ Κινητήρες με σύνθετη αθροιστική ή διαφορική διέγερση.

Μέρη Ηλεκτρικών Κινητήρων

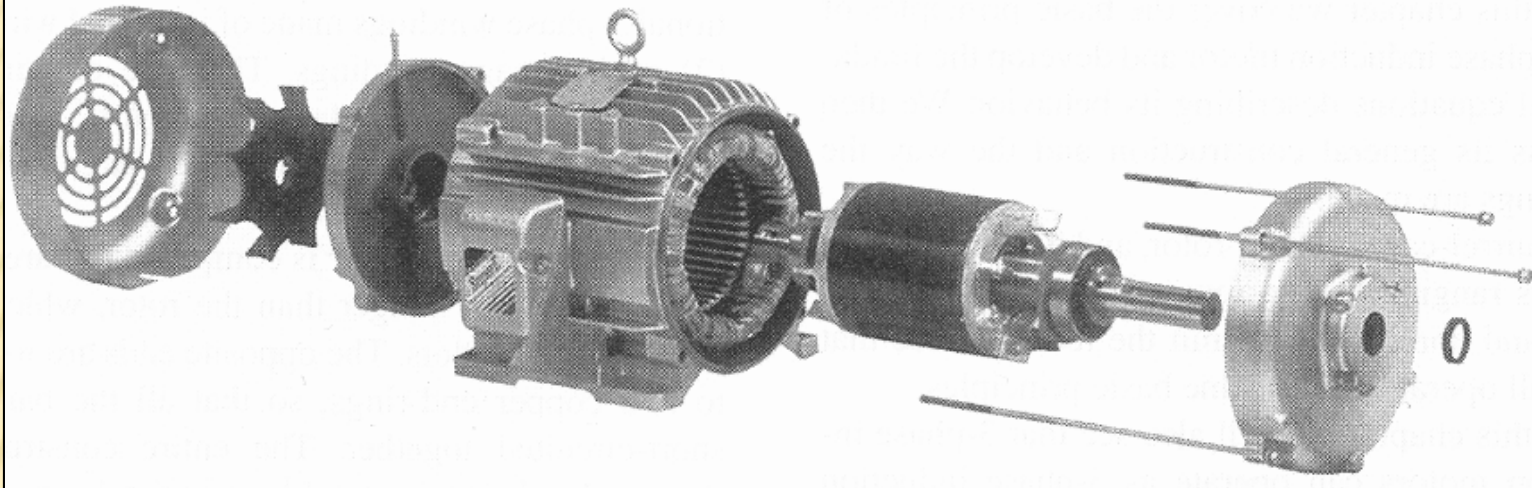
- Οι ηλεκτρικοί κινητήρες αποτελούνται από το σταθερό μέρος, που ονομάζεται στάτης (stator) και από το κινητό, περιστρεφόμενο μέρος που ονομάζεται επαγωγικό τύμπανο ή επαγωγίμο (armature) ή δρομέας ή ρότορας (rotor).



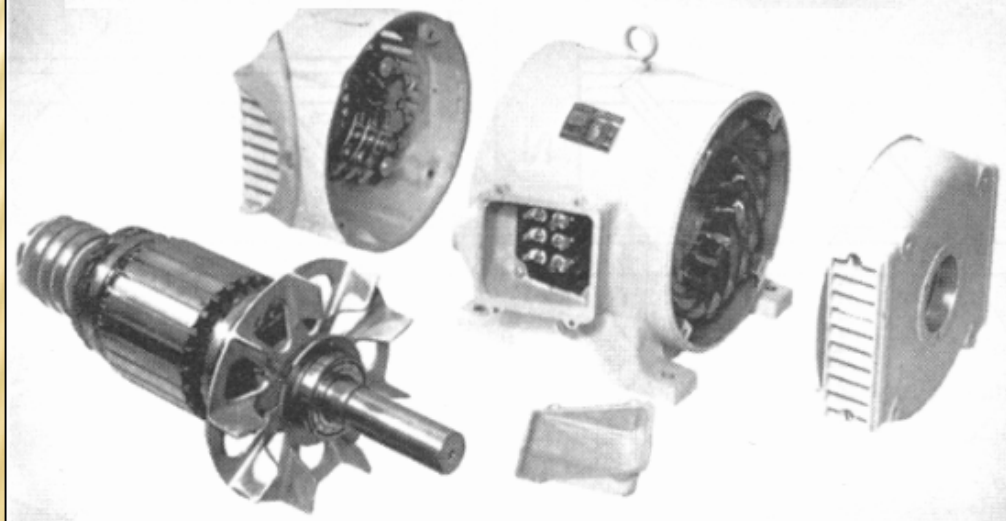
"Εισαγωγή στο Σχέδιο και τα Ηλεκτροτεχνικά Υλικά", Γ. Περαντζάκης

Μέρη Επαγωγικών Ηλεκτρικών Κινητήρων

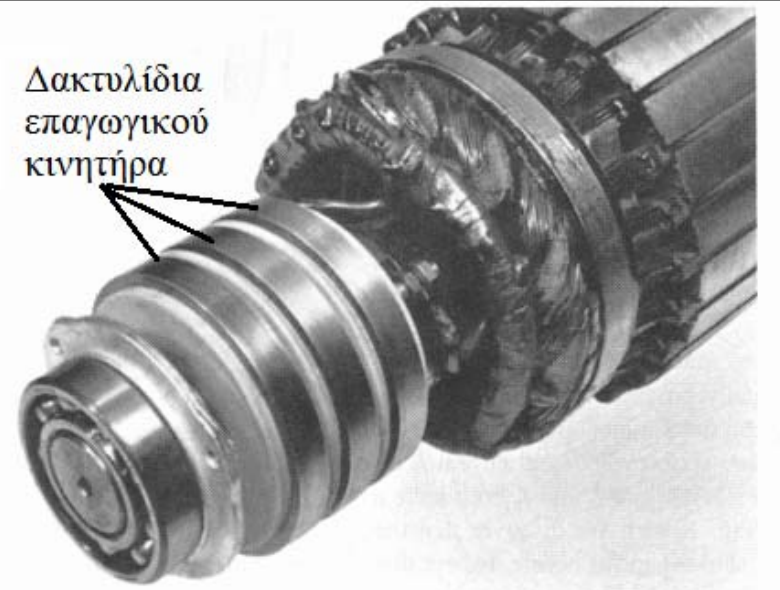
Επιμέρους τμήματα επαγωγικού κινητήρα βραχυκυκλωμένου δρομέα



Επιμέρους μέρη επαγωγικού κινητήρα με δακτυλίδια

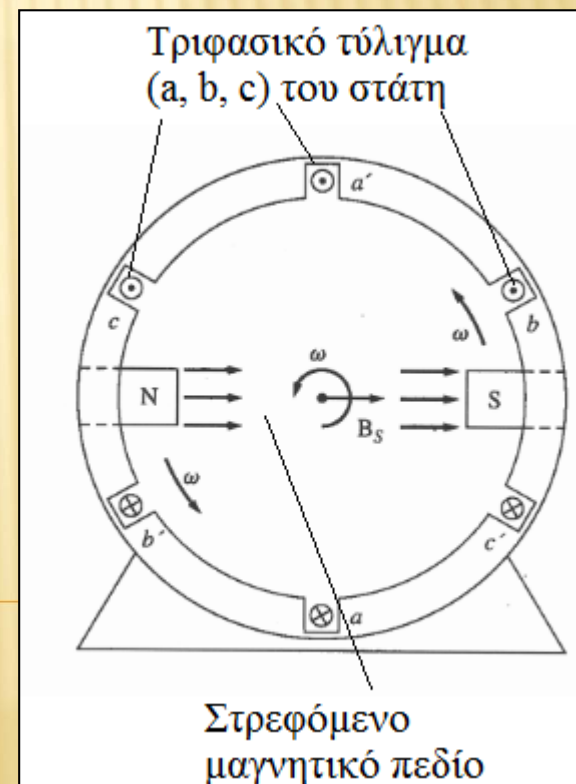
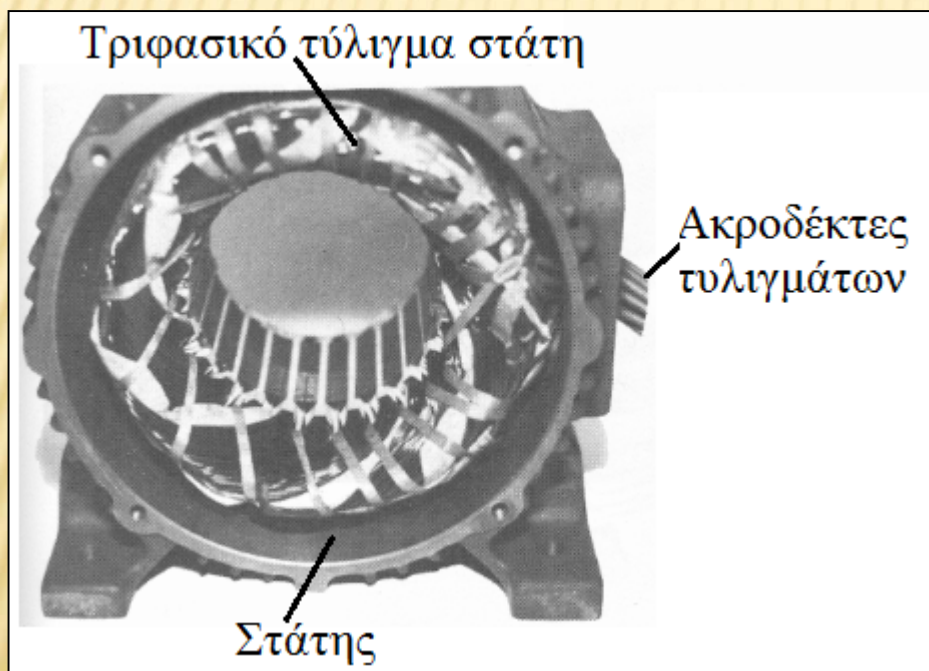


Δακτυλίδια
επαγωγικού
κινητήρα



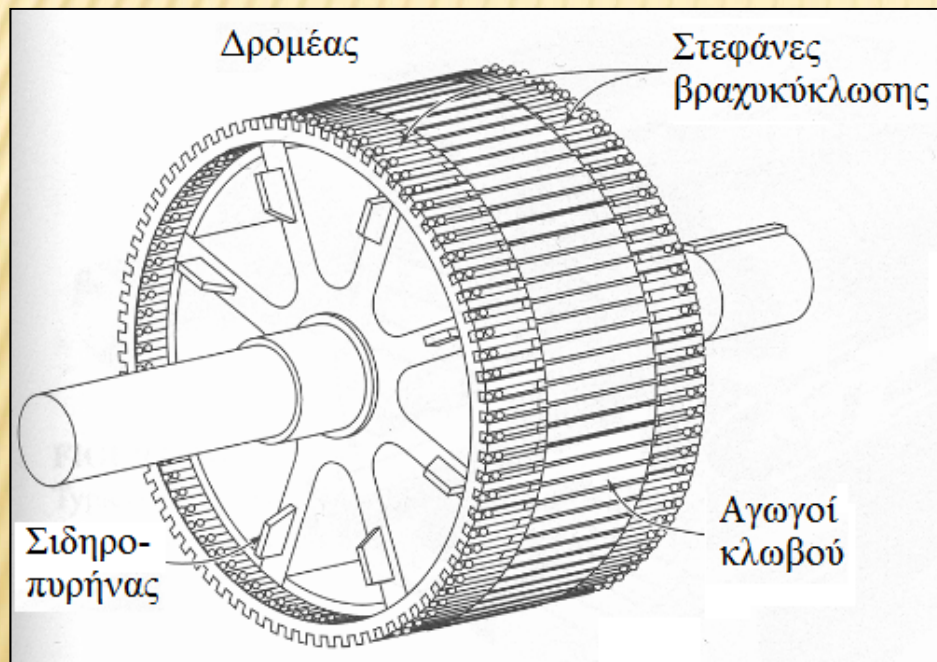
Αρχή Λειτουργίας Επαγωγικών Κινητήρων

- Στους επαγωγικούς τριφασικούς κινητήρες, στο εσωτερικό του στάτη και μέσα σε οδοντώσεις τοποθετείται συμμετρικό τριφασικό τύλιγμα, το οποίο τροφοδοτείται από συμμετρική τριφασική πηγή τάσης ΕΡ. Το τριφασικό τύλιγμα δημιουργεί ένα στρεφόμενο μαγνητικό πεδίο, το οποίο εμπλέκει τα τυλίγματα του στάτη και του δρομέα.



Αρχή Λειτουργίας Επαγωγικών Κινητήρων

- Το επαγωγικό τύμπανο στους κινητήρες βραχυκυκλωμένου δρομέα κατασκευάζεται από αγωγούς που τοποθετούνται σε οδοντώσεις περιμετρικά του δρομέα, οι οποίοι συνδέονται σε δύο μεταλλικές στεφάνες και το σύνολο ισοδυναμεί με ένα κλωβό (squirrel-cage motors).



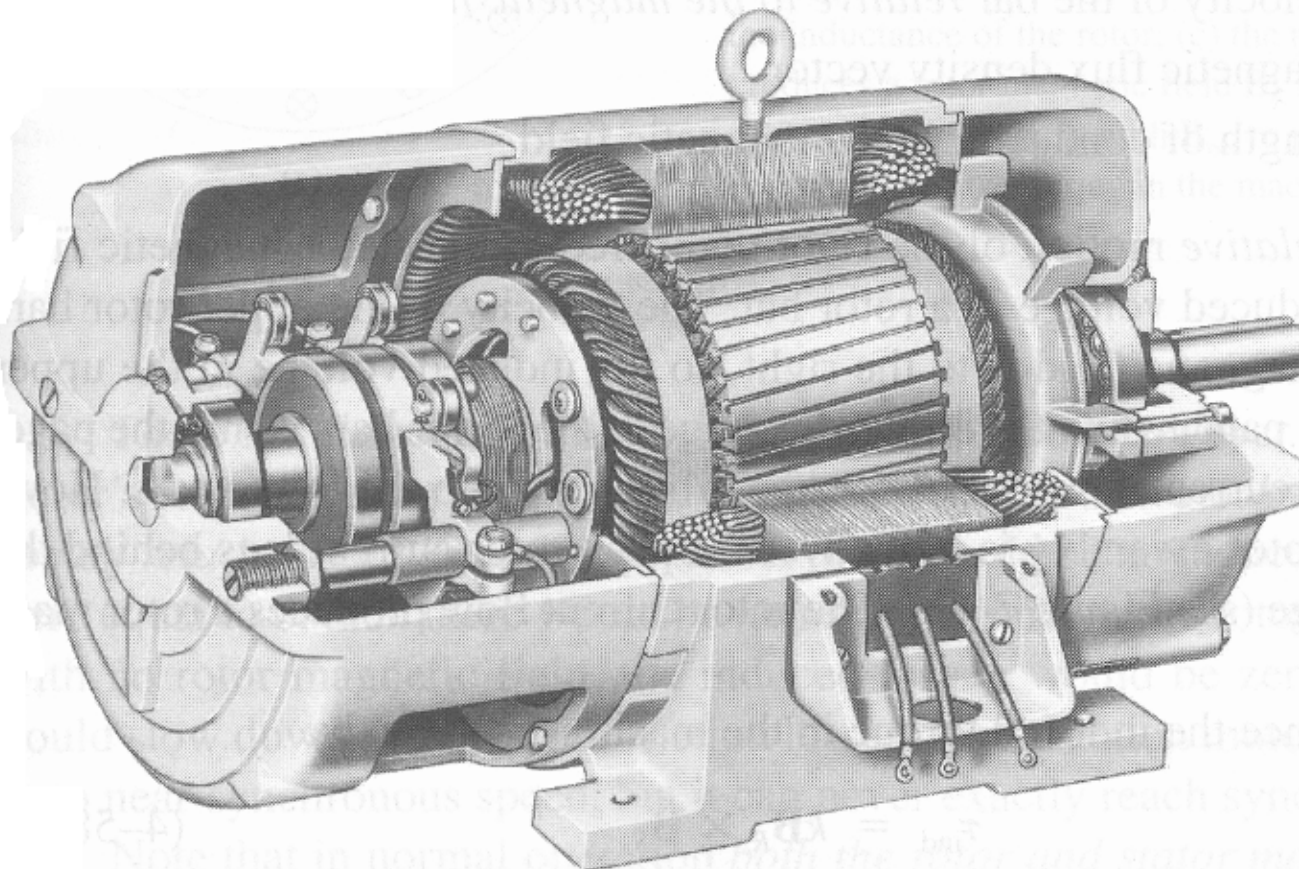
Το στρεφόμενο μαγνητικό πεδίο του στάτη επάγει τάσεις (νόμος του Faraday) στους αγωγούς του δρομέα και επειδή το κύκλωμα είναι κλειστό κυκλοφορούν ηλεκτρικά ρεύματα στους αγωγούς του δρομέα.



Αρχή Λειτουργίας Επαγωγικών Κινητήρων

- Το επαγωγικό τύμπανο στους δακτυλιοφόρους επαγωγικούς κινητήρες φέρει κανονικό τριφασικό τύλιγμα συνδεδεμένο σε αστέρα, τα άκρα του οποίου συνδέονται σε δακτυλίους προσαρμοσμένους στον άξονα του κινητήρα.

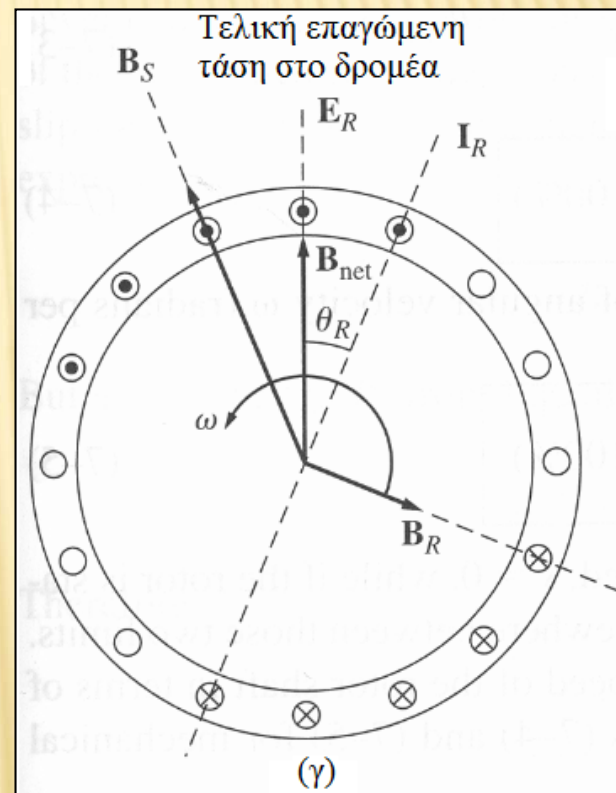
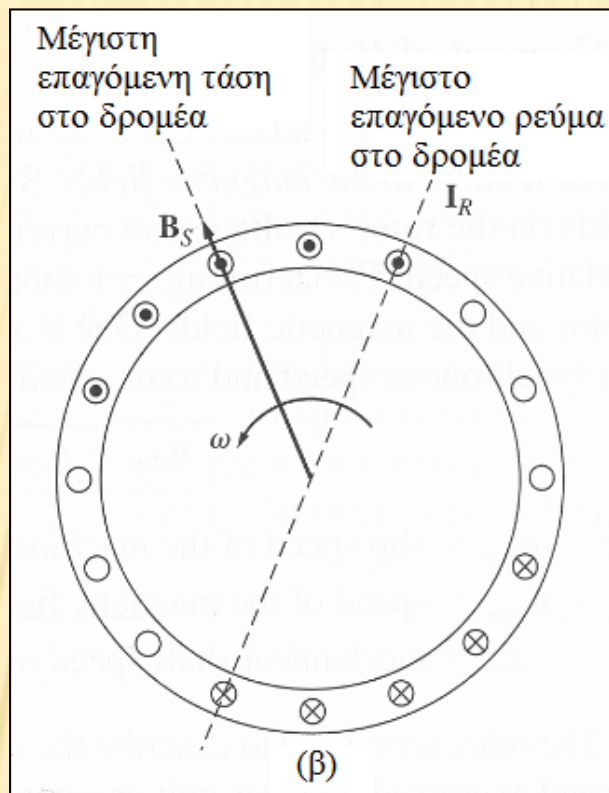
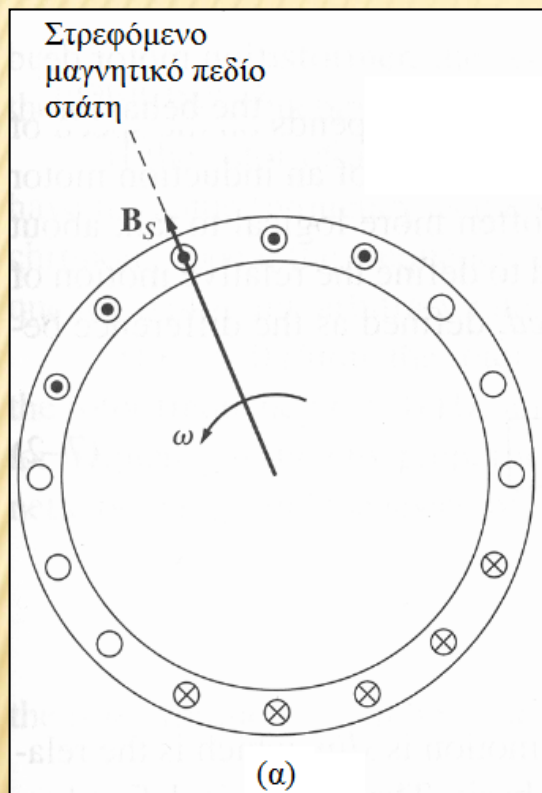
Μερική τομή δακτυλιοφόρου επαγωγικού κινητήρα



"Εισαγωγή στο Σχέδιο και τα Ηλεκτροτεχνικά Υλικά", Γ. Περαντζάκης

Αρχή Λειτουργίας Επαγωγικών Κινητήρων

➤ Ανάπτυξη μηχανικής ροπής στον άξονα επαγωγικού κινητήρα

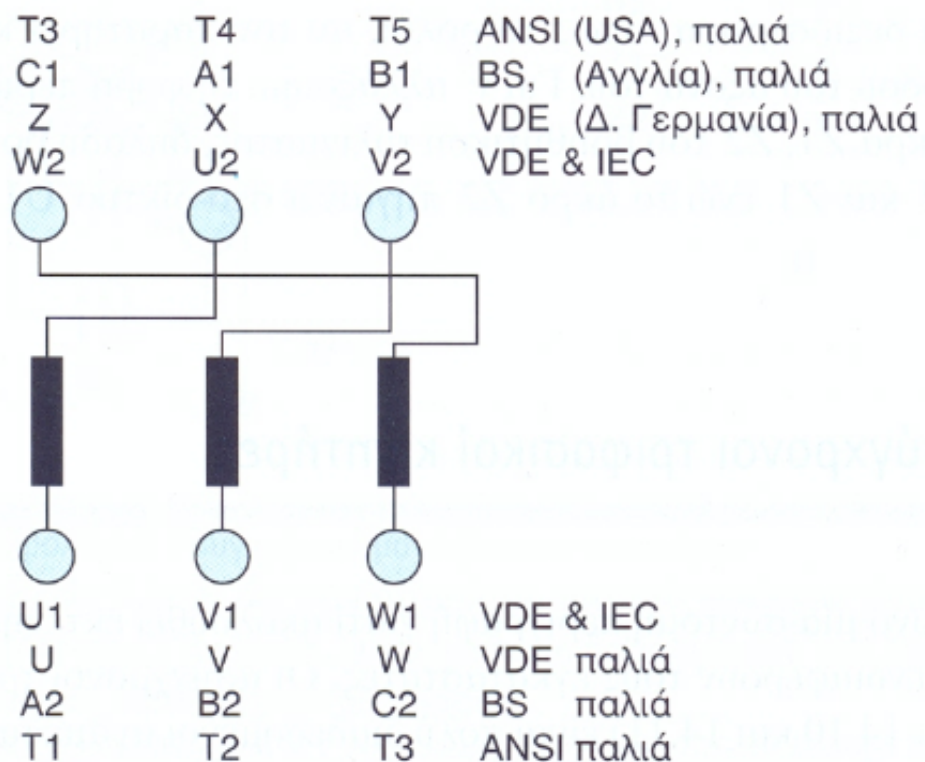


Το επαγόμενο ρεύμα στο δρομέα (I_R) δημιουργεί το μαγνητικό πεδίο του δρομέα (B_R), το οποίο τείνει να ευθυγραμμιστεί με το στρεφόμενο μαγνητικό πεδίο του στάτη (B_S). Από την αλληλεπίδραση του συνισταμένου μαγνητικού πεδίου (B_{net}) και του μαγνητικού πεδίου του ρότορα (B_R), δημιουργείται σταθερή ροπή στρέψης στο ρότορα, η οποία και τον περιστρέφει.

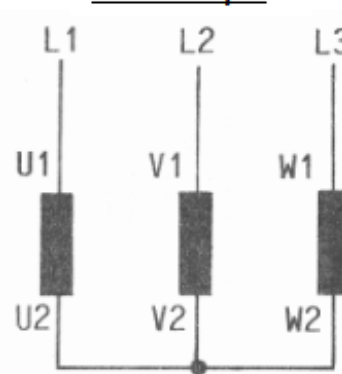
Χαρακτηρισμός Τυλιγμάτων- Σύνδεση Τυλιγμάτων

- Τα άκρα των τριών τυλιγμάτων τριφασικού κινητήρα χαρακτηρίζονται με τα γράμματα: (U_1-U_2) , (V_1-V_2) , (W_1-W_2) . Τα τυλίγματα (πηνία) του στάτη συνδέονται μεταξύ τους είτε σε αστέρα (Y), είτε σε τρίγωνο (Δ).

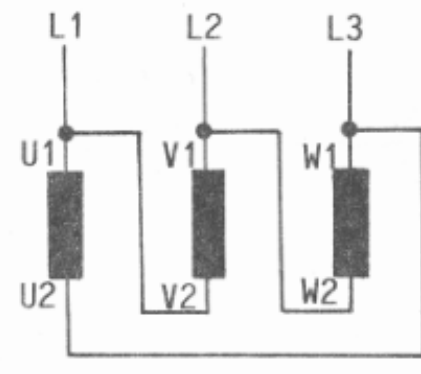
Τυποποίηση χαρακτηρισμού ακροδεκτών κινητήρα



Σύνδεση τυλιγμάτων σε αστέρα



Σύνδεση τυλιγμάτων σε τρίγωνο



Χαρακτηριστικά Λειτουργίας Επαγωγικών Κινητήρων

- Επαγωγικός κινητήρας που συνδέεται απευθείας με το δίκτυο ΕΡ απορροφά κατά την εκκίνησή του στιγμιαία ένταση ρεύματος ίση με 4 έως 8 φορές την ονομαστική του ένταση. Το γεγονός αυτό προκαλεί ισχυρή πτώση τάσης (βύθιση τάσης) στο δίκτυο και διαταράσσει τη λειτουργία των υπολοίπων φορτίων/καταναλωτών.
- Για το λόγο αυτό, η εκκίνηση του κινητήρα πρέπει να γίνεται με βοηθητικά μέσα, ώστε να περιορίζεται η ένταση του ρεύματος εκκίνησής του σε αποδεκτές τιμές.
- Στους τριφασικούς επαγωγικούς κινητήρες βραχυκυκλωμένου δρομέα, εφαρμόζεται συνήθως μικρότερη από την κανονική τάση στο τύλιγμα του στάτη, περιορίζοντας έτσι το ρεύμα εκκίνησης. Τούτο επιτυγχάνεται μέσω ειδικού διακόπτη Υ/Δ. Κατά την εκκίνηση του κινητήρα, τα τυλίγματα του στάτη συνδέονται σε αστέρα και όταν ο κινητήρας αποκτήσει την κανονική του ταχύτητα συνδέονται σε τρίγωνο. Στη συνδεσμολογία Υ κάθε φάση του τυλίγματος δέχεται τάση 230V(RMS) και στη συνδεσμολογία Δ δέχεται τάση 400V(RMS).

Χαρακτηριστικά Λειτουργίας Επαγωγικών Κινητήρων

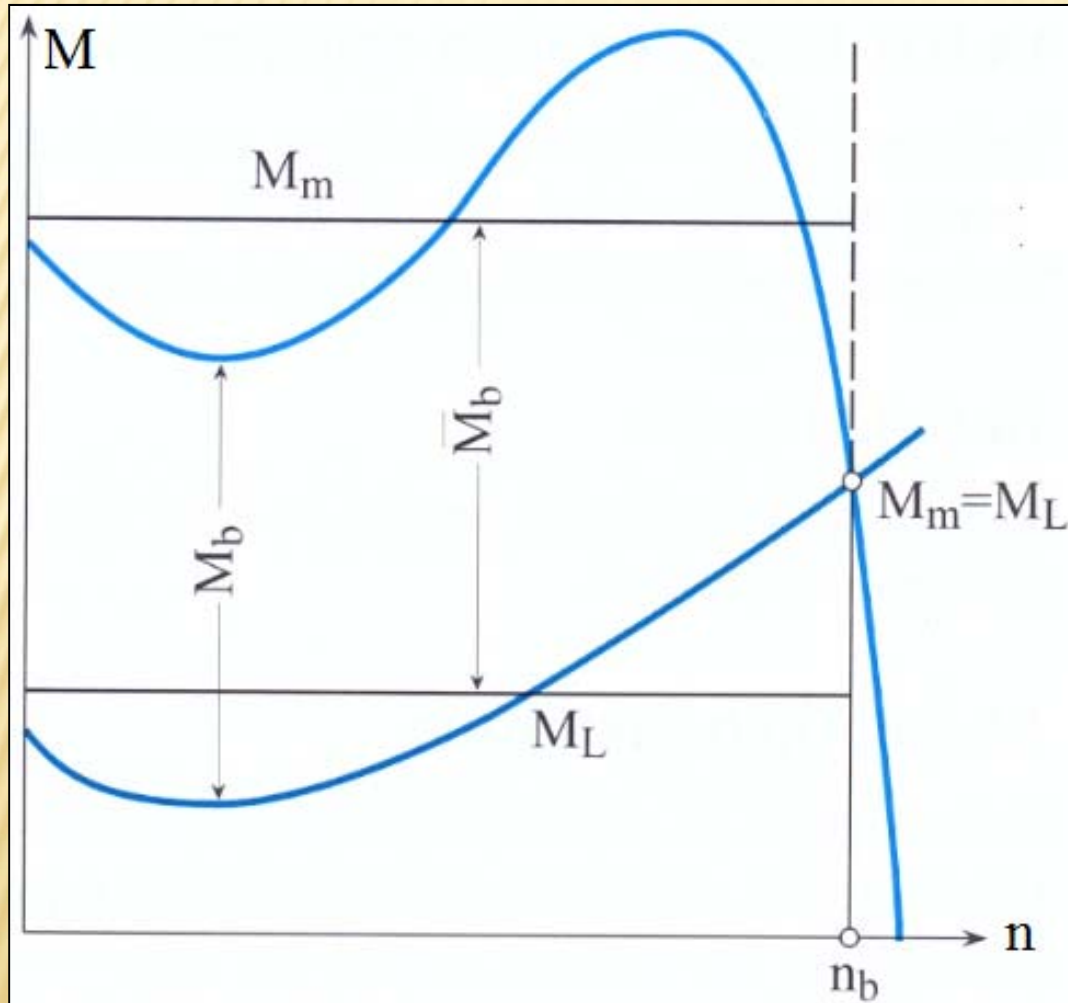
- Στους επαγωγικούς κινητήρες με δακτυλίδια, ο περιορισμός του ρεύματος εκκίνησης πραγματοποιείται με την εισαγωγή στο τύλιγμα του δρομέα βαθμίδων τριφασικών αντιστάσεων, οι οποίες τίθενται σταδιακά εκτός κυκλώματος, καθώς αυξάνεται η ταχύτητα του κινητήρα. Οι αντιστάσεις στο δρομέα συνδέονται με τα δακτυλίδια της μηχανής μέσω ψηκτρών, οι οποίες είναι στερεωμένες πάνω σε ειδική διάταξη, τον ψηκτροφορέα.
- Οι κινητήρες πρέπει να προστατεύονται κατά τη λειτουργία τους από υπερφορτίσεις και από ισχυρά ρεύματα βραχυκύκλωσης. Οι συνθήκες αυτές προκαλούν υπερθέρμανση του κινητήρα με κίνδυνο καταστροφής της μόνωσης των τυλιγμάτων ή μείωση της διάρκειας ζωής του κινητήρα.
- ✓ Υπερφόρτιση κινητήρα προκύπτει, όταν το μηχανικό φορτίο στον άξονά του είναι μεγαλύτερο από το κανονικό ή εργάζεται με μειωμένη τάση.
- ✓ Βραχυκύκλωμα προκύπτει, όταν προκληθεί άμεση σύνδεση, χωρίς την παρεμβολή αντίστασης, μεταξύ των φάσεων ή μεταξύ φάσης και μεταλλικού περιβλήματος κινητήρα ή μεταξύ φάσης και αγωγού προστασίας.

Χαρακτηριστικά Λειτουργίας Επαγωγικών Κινητήρων

- Η προστασία κινητήρα από υπερφορτίσεις γίνεται με τα θερμικά ρελαί και η προστασία από βραχυκυκλώματα με ασφάλειες τήξης. Στο εμπόριο υπάρχουν ειδικοί αυτόματοι διακόπτες (motor circuit breakers), οι οποίοι φέρουν εντός του ιδίου περιβλήματος θερμικό στοιχείο, για προστασία από υπερφορτίσεις και ηλεκτρομαγνητικό στοιχείο ακαριαίας λειτουργίας για προστασία από βραχυκυκλώματα.
- Η ταχύτητα περιστροφής του δρομέα των επαγωγικών κινητήρων είναι πάντοτε μικρότερη από τη ταχύτητα του στρεφόμενου μαγνητικού πεδίου, η οποία ονομάζεται σύγχρονη ταχύτητα. Η διαφορά αυτή της ταχύτητας ονομάζεται ολίσθηση του κινητήρα. Η ολίσθηση αυξάνει με την αύξηση του μηχανικού φορτίου.
- Οι επαγωγικοί κινητήρες έχουν την ικανότητα να προσαρμόζουν αυτόματα τη μηχανική ροπή στον άξονά τους, ανάλογα με τις απαιτήσεις του μηχανικού φορτίου, με την προϋπόθεση βέβαια ότι η μεταβολή της ροπής του φορτίου είναι εντός ορίων.

Χαρακτηριστικά Λειτουργίας Επαγωγικών Κινητήρων

Χαρακτηριστικές ροπές-στροφών επαγωγικού κινητήρα και φορτίου

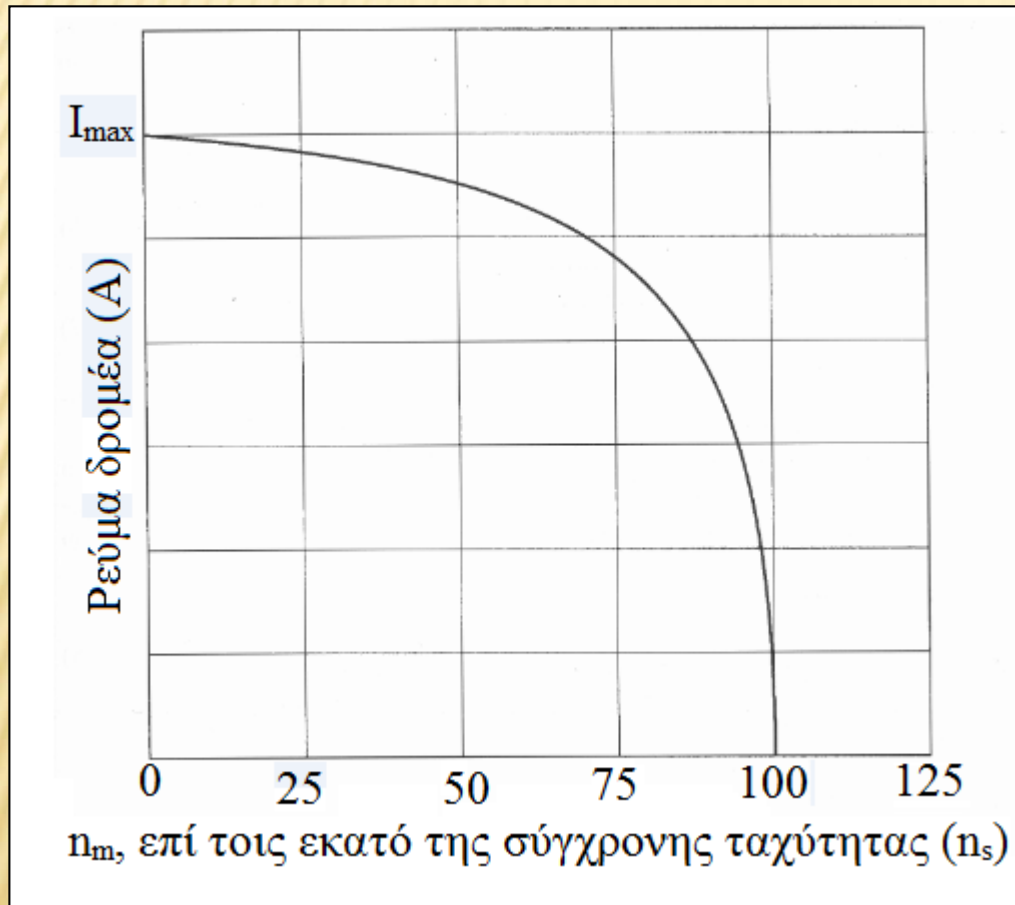


Χαρακτηριστικά Μεγέθη Κινητήρα

- ✓ Ροπή εκκίνησης κινητήρα και φορτίου.
- ✓ Ροπή ανατροπής.
- ✓ Ευσταθής και ασταθής περιοχή λειτουργίας κινητήρα.
- ✓ Αυτόματη προσαρμογή του κινητήρα στις απαιτήσεις του φορτίου.
- ✓ Σύγχρονη ταχύτητα κινητήρα.
- ✓ Ονομαστική ταχύτητα και ροπή κινητήρα.
- ✓ Ροπή επιτάχυνσης – Σημείο λειτουργίας (ισορροπίας).

Χαρακτηριστικά Λειτουργίας Επαγωγικών Κινητήρων

➤ Ρεύμα επαγωγικού κινητήρα

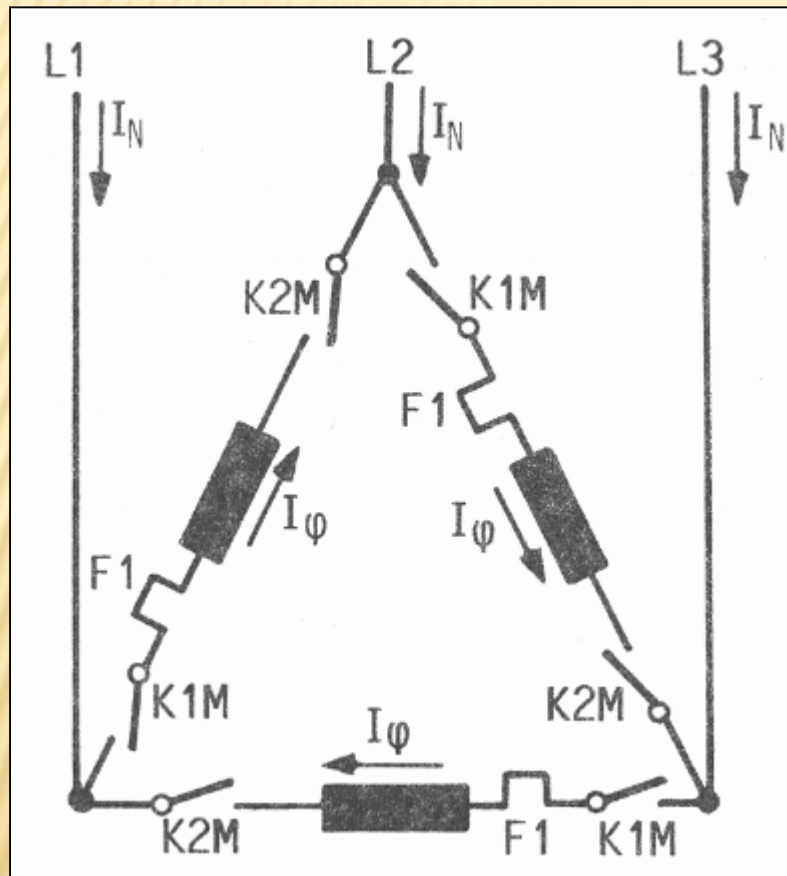


Χαρακτηριστικά Μεγέθη Κινητήρα

- ✓ Μέγιστο ρεύμα κινητήρα
- ✓ Ρεύμα απευθείας εκκίνησης κινητήρα.
- ✓ Ρεύμα εκκίνησης κινητήρα με βοηθητικά μέσα.
- ✓ Μεταβολή του ρεύματος κινητήρα με τις στροφές.
- ✓ Ονομαστικό ρεύμα λειτουργίας κινητήρα.
- ✓ Απώλειες ισχύος κινητήρα κατά την εκκίνηση.
- ✓ Μεταβολή συντελεστή ισχύος κινητήρα με το φορτίο.

Χαρακτηριστικά Λειτουργίας Επαγωγικών Κινητήρων

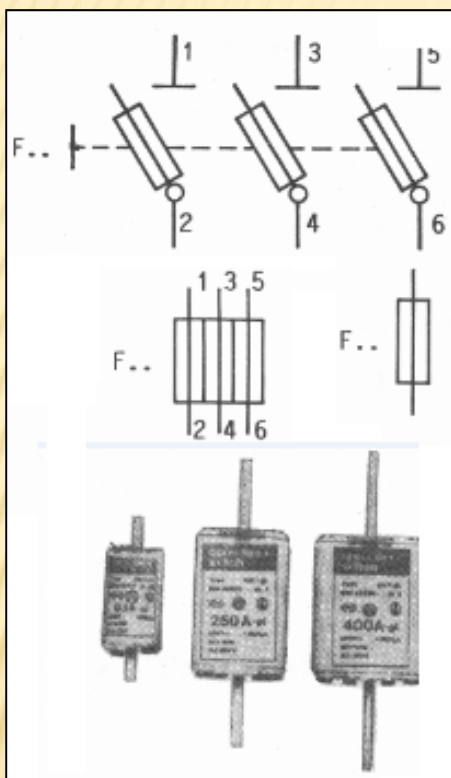
➤ Προστασία κινητήρα από υπερφόρτιση με θερμικά



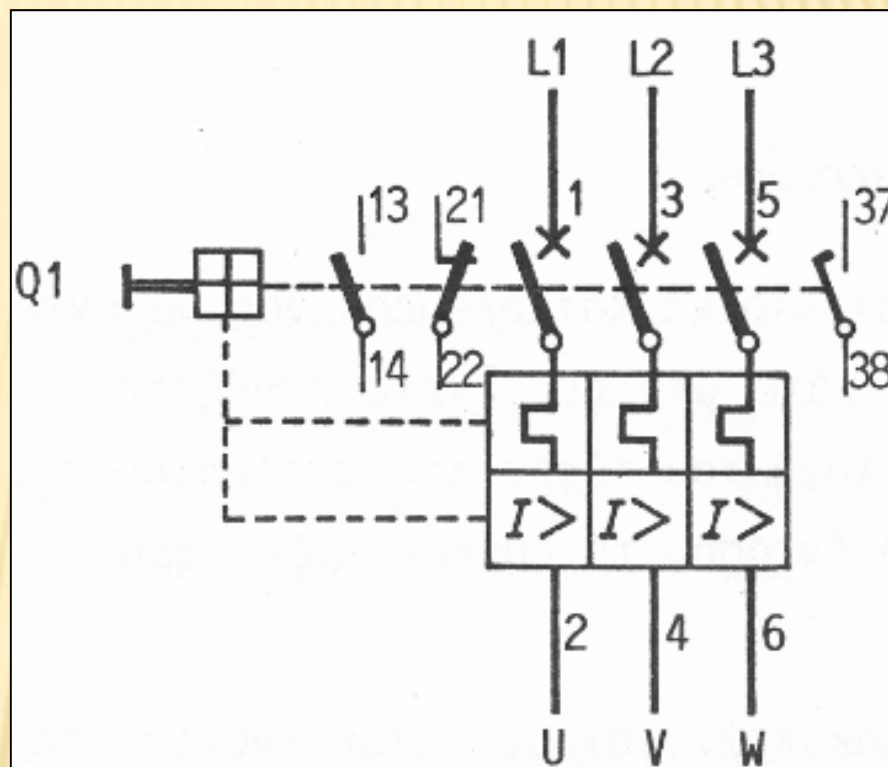
- ✓ Σε σύνδεση των τυλιγμάτων του κινητήρα σε Υ, τα θερμικά συνδέονται σε σειρά με τις φάσεις (L_1, L_2, L_3) και ρυθμίζονται στο ονομαστικό ρεύμα γραμμής (I_N).
- ✓ Σε σύνδεση των τυλιγμάτων του κινητήρα σε Δ, τα θερμικά συνδέονται σε σειρά με τα τυλίγματα του στάτη και ρυθμίζονται στην ένταση ρεύματος: $I_{th.} = 0,58 I_N$. Η σύνδεση αυτή των θερμικών προστατεύει τον κινητήρα από διφασική λειτουργία !.

Χαρακτηριστικά Λειτουργίας Επαγωγικών Κινητήρων

➤ Προστασία κινητήρα από υπερφόρτιση με θερμικά



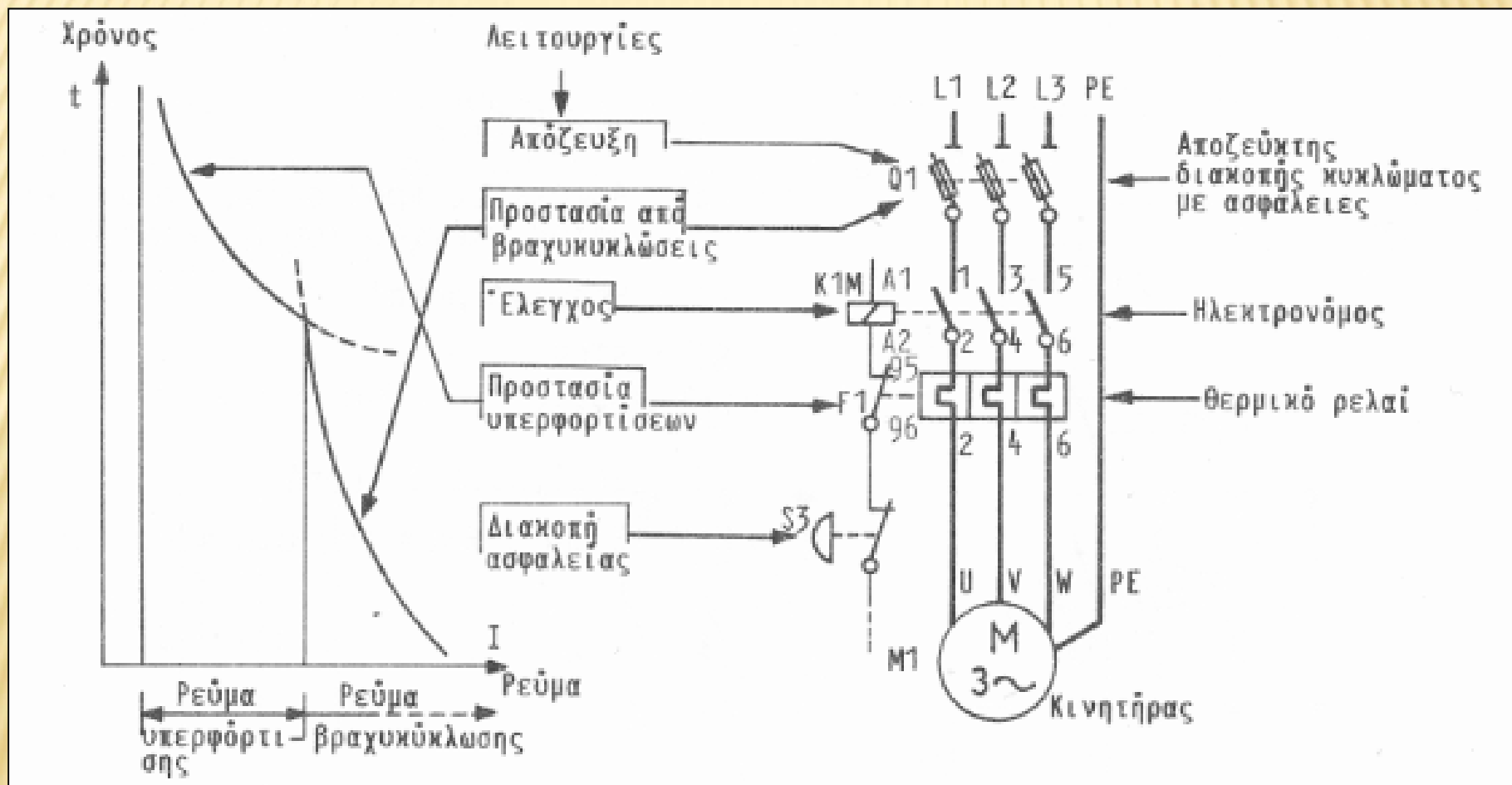
Προστασία κινητήρα από βραχυκυκλώματα με ασφάλειες τήξης (ασφαλειοαποζεύκτες)



Αυτόματος προστασίας τριφασικού κινητήρα με θερμικό και ηλεκτρομαγνητικό στοιχείο για προστασία από υπερφόρτιση και βραχυκυκλώματα αντίστοιχα.

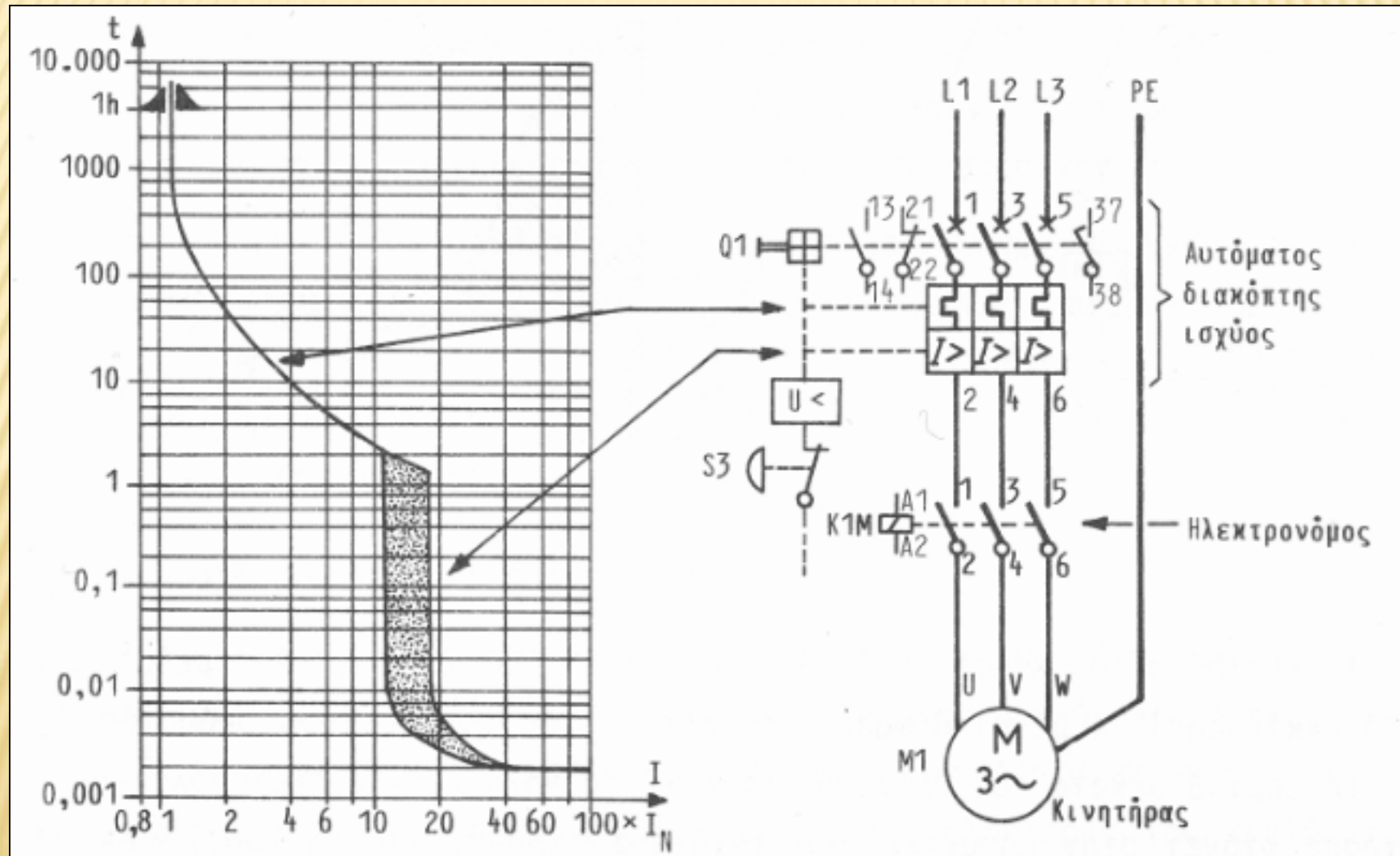
Χαρακτηριστικά Λειτουργίας Επαγωγικών Κινητήρων

- Προστασία κινητήρα από υπερφόρτιση και βραχυκύκλωμα με θερμικό και ασφάλειες βραδείας τήξης



Χαρακτηριστικά Λειτουργίας Επαγωγικών Κινητήρων

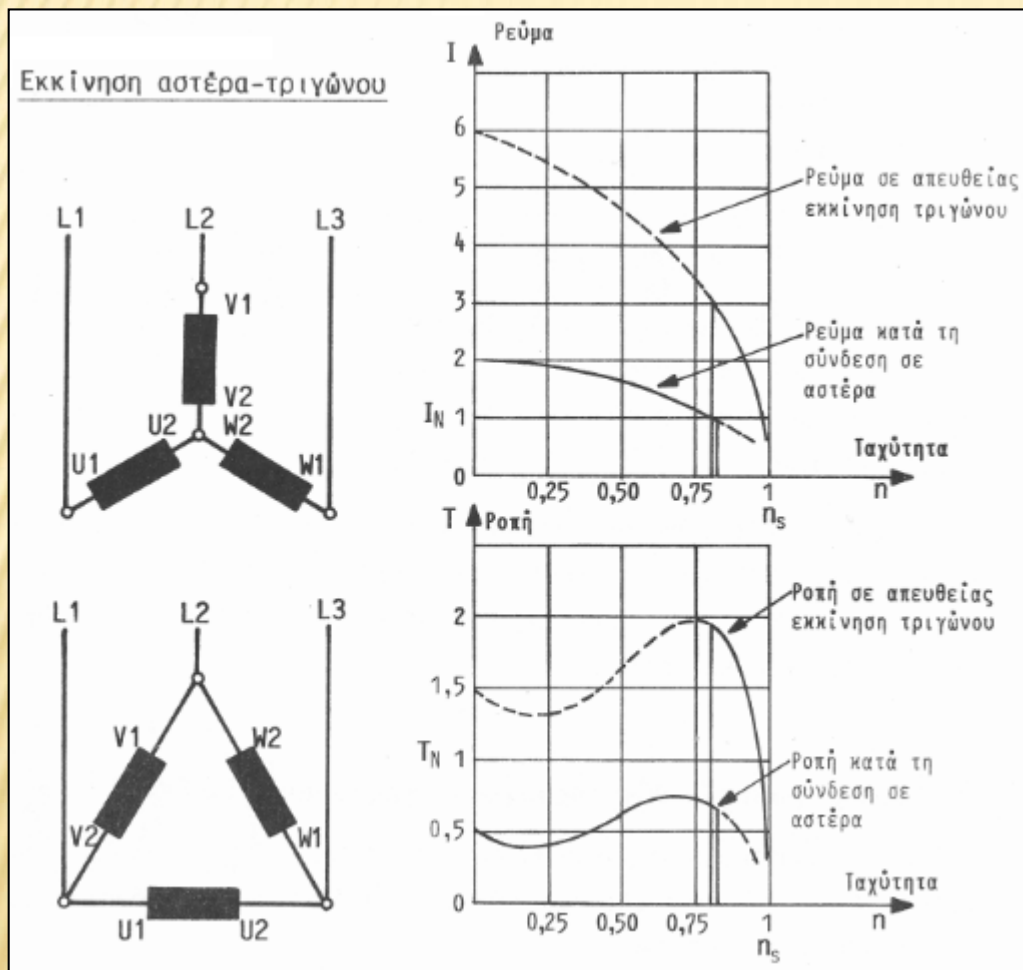
- Προστασία κινητήρα από υπερφόρτιση και βραχυκύκλωμα με αυτόματο διακόπτη (motor circuit breaker)



"Εισαγωγή στο Σχέδιο και τα Ηλεκτροτεχνικά Υλικά», Γ. Περαντζάκης

Εκκίνηση Κινητήρων Βραχυκυκλωμένου Δρομέα

➤ Εκκίνηση με διακόπτη αστέρα-τριγώνου (Υ/Δ)

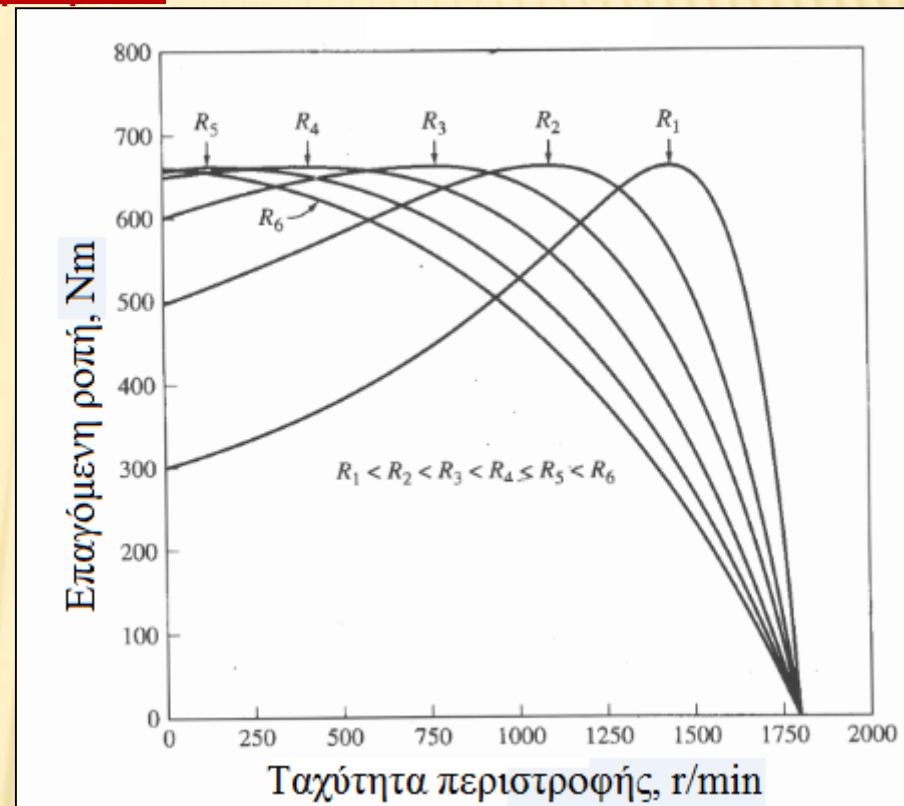
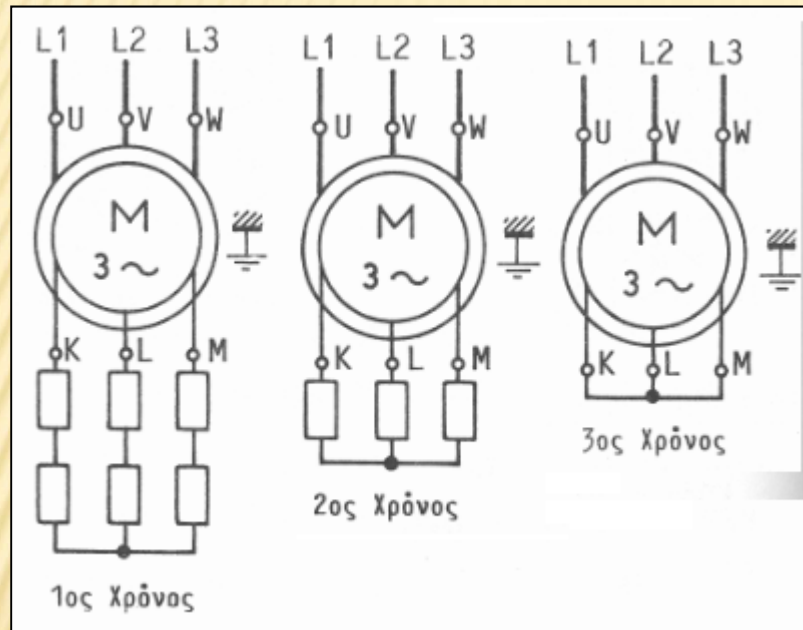


Χαρακτηριστικά Εκκίνησης Κινητήρα Βραχυκυκλωμένου Δρομέα με Διακόπτη Υ/Δ

- ✓ Χειροκίνητος ή αυτόματος διακόπτης Υ/Δ.
- ✓ Χρόνος μετάβασης από Υ σε Δ.
- ✓ Ρεύμα εκκίνησης με διακόπτη Υ/Δ.
- ✓ Ροπή εκκίνησης με διακόπτη Υ/Δ.
- ✓ Έλεγχος εκκίνησης κινητήρα με πλήρες φορτίο και διακόπτη Υ/Δ.
- ✓ Δυνατότητα τηλεχειρισμού και ελέγχου λειτουργίας κινητήρα με αυτόματο διακόπτη Υ/Δ.
- ✓ Έλεγχος για δυνατότητα εκκίνησης του κινητήρα με διακόπτη Υ/Δ.

Εκκίνηση Επαγωγικών Κινητήρων με Δακτυλίδια

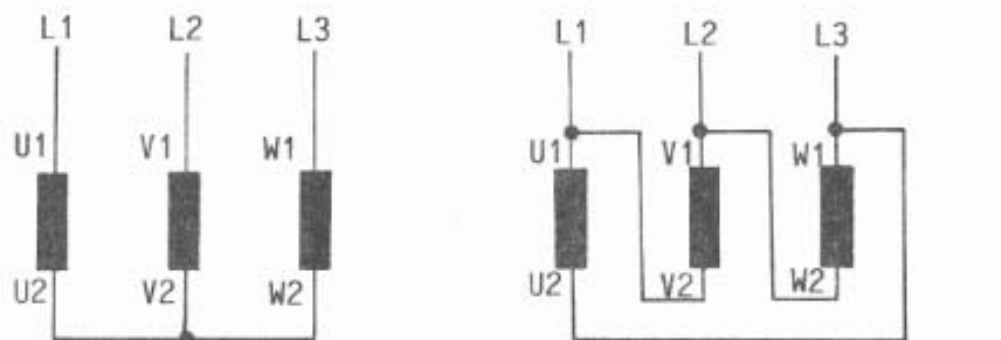
➤ Εκκίνηση με αντιστάσεις στο δρομέα



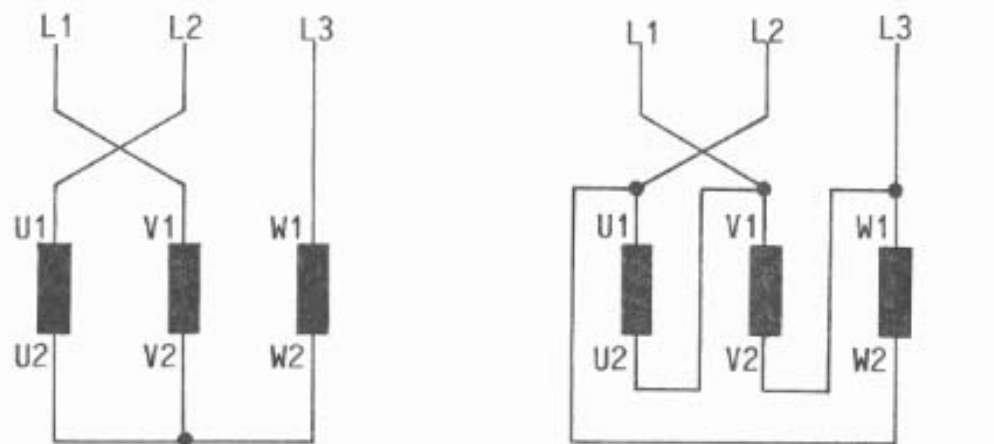
Χαρακτηριστικά Εκκίνησης Επαγωγικού Κινητήρα με Δακτυλίδια

- ✓ Δυνατότητα ευρείας ρύθμισης του ρεύματος εκκίνησης.
- ✓ Δυνατότητα ανάπτυξης μεγάλης ροπής εκκίνησης.
- ✓ Σταδιακή, αυτόματη απομάκρυνση των βαθμίδων αντίστασης, με την αύξηση της ταχύτητας του κινητήρα.

Αναστροφή της Φοράς Περιστροφής Κινητήρα



Σύνδεση τυλιγμάτων για δεξιόστροφη λειτουργία



Σύνδεση τυλιγμάτων για αριστερόστροφη λειτουργία

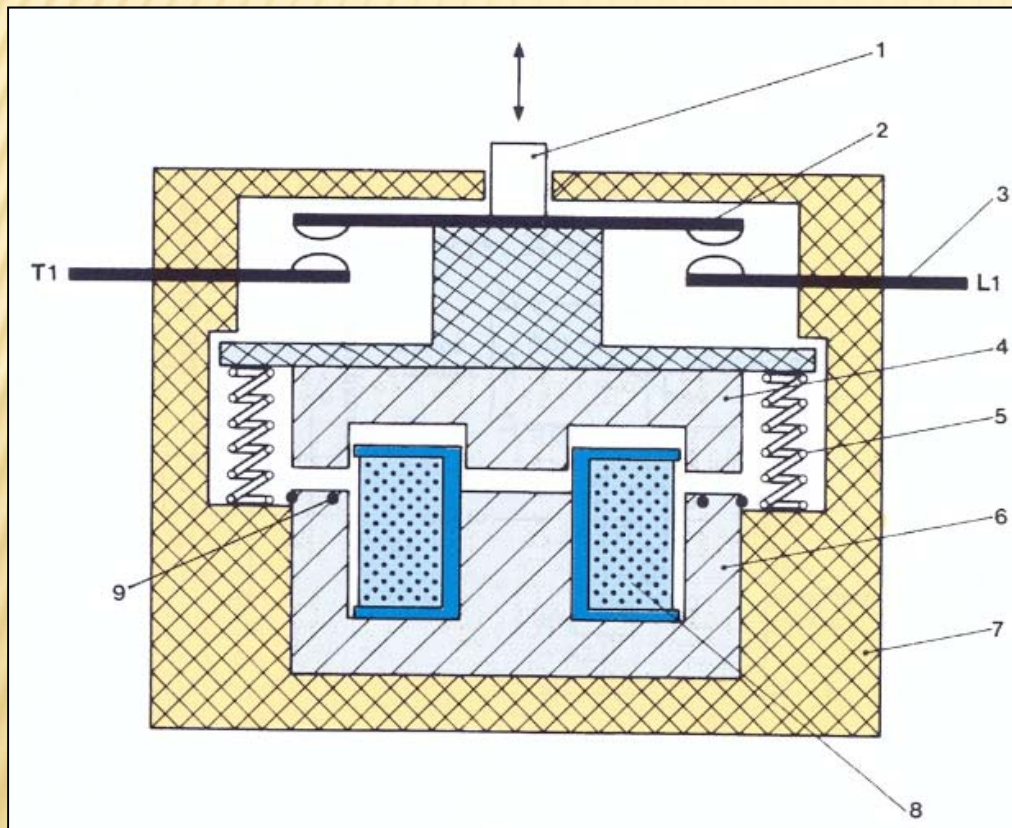
Η αναστροφή της φοράς περιστροφής τριφασικού κινητήρα επιτυγχάνεται με την αλλαγή της σειράς διαδοχής δύο εκ των τριών φάσεων του δικτύου τροφοδοσίας του κινητήρα (αντιμετάθεση δύο φάσεων). Η αλλαγή της σειράς των φάσεων γίνεται και στα δύο είδη συνδεσμολογιών (Υ και Δ).



Εξοπλισμός Διατάξεων Αυτοματισμών Κινητήρων

➤ Ηλεκτρονόμοι

- ✓ Οι ηλεκτρονόμοι (H/N), ονομάζονται και ρελαί (relay) ή τηλεχειριζόμενοι διακόπτες αέρος χρησιμοποιούνται στα κυκλώματα αυτοματισμού των κινητήρων.



(1) Δείκτης θέσης. (2) Κινούμενη επαφή. (3) Συνδέσεις της μόνιμης επαφής. (4) Κινούμενο ζύγωμα του ηλεκτρομαγνήτη από δυναμοελάσματα. (5) Ελατήριο. (6) Σταθερός πυρήνας. (7) Πλαίσιο από μονωτικό υλικό. (8) Πηνίο. (9) Βραχυκυκλωμένη σπείρα (βρόχος) για την απόσβεση των μηχανικών ταλαντώσεων.

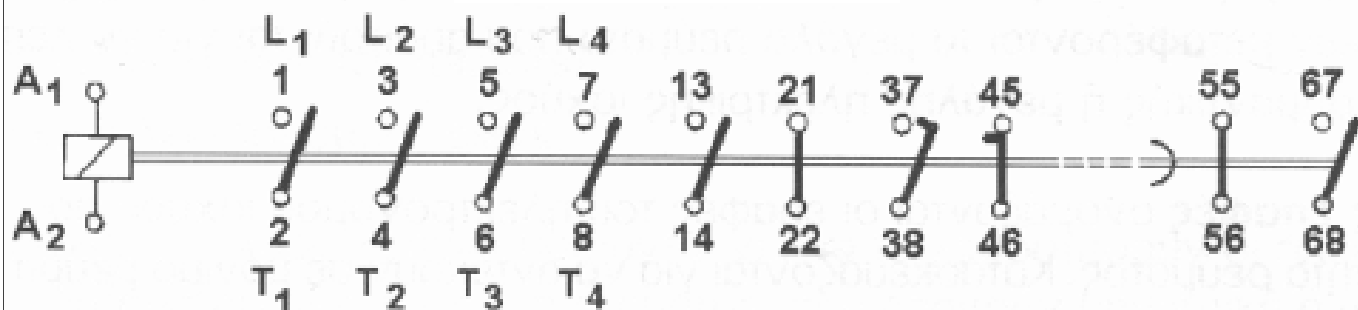
Εξοπλισμός Διατάξεων Αυτοματισμών Κινητήρων

➤ Δυνατότητες Η/Ν

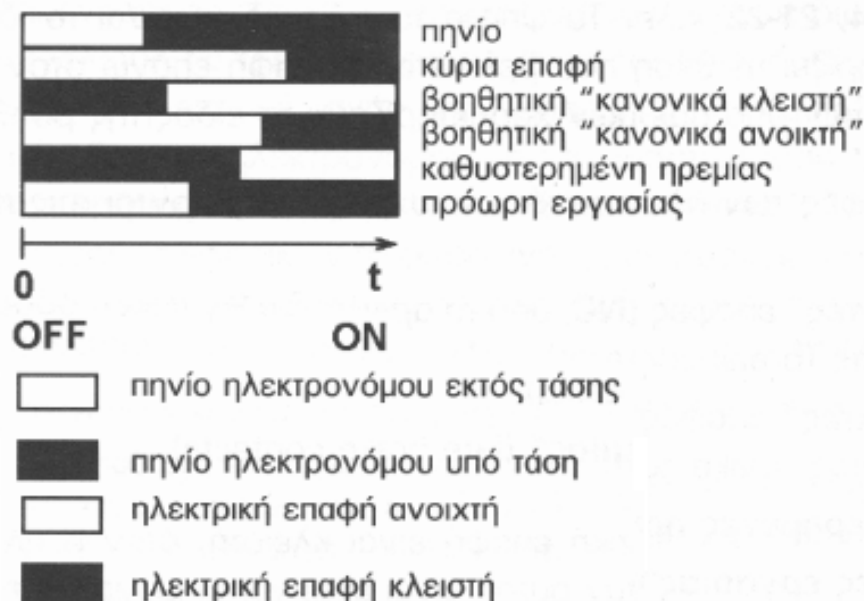
- ✓ Διακόπτει ή αποκαθιστά ένα κύκλωμα υπό φορτίο.
- ✓ Έχει δυνατότητα αυτόματης διακοπής της τροφοδοσίας, σε περίπτωση μείωση της τάσης τροφοδοσίας.
- ✓ Έχει τη δυνατότητα της αυτόματης διακοπής της τροφοδοσίας, σε περίπτωση αύξησης της τιμής του ρεύματος.
- ✓ Επιτρέπει τον έλεγχο της λειτουργίας φορτίου από απόσταση (τηλεχειρισμός).
- ✓ Επιτρέπει την εξάρτηση της λειτουργίας του με η βοήθεια ειδικών αισθητήρων από φυσικά μεγέθη, όπως πίεση, θερμοκρασία, ταχύτητα κ.λπ.).
- ✓ Επιτρέπει την αυτόματη λειτουργία του, σύμφωνα με προκαθορισμένο πρόγραμμα (κύκλο λειτουργίας).
- ✓ Αποτελεί το εκτελεστικό όργανο των προγραμματιζόμενων λογικών ελεγκτών.

Χαρακτηρισμός Επαφών Η/Ν Κατά EN και DIN

Επαφές κύριου Η/Ν



(A₁-A₂): Άκρα πηνίου εργασίας κύριου Η/Ν.
 (1-2, 3-4, 5-6, 7-8 ή L₁-T₁, L₂-T₂, L₃-T₃, L₄-T₄): Κύριες επαφές Η/Ν ισχύος.
 (13-14): «Κανονικά ανοικτή επαφή» (NC, Normally closed).
 (21-22): Κανονικά κλειστή επαφή (NO, Normally open).
 (37-38): «Πρόωρη εργασίας». Επαφή που αλλάζει κατάσταση πρόωρα.
 (45-46): «Καθυστερημένη ηρεμίας». Επαφή που αλλάζει κατάσταση καθυστερημένα
 (55-56, 67-68): Επαφές με καθυστέρηση στην απενεργοποίηση.

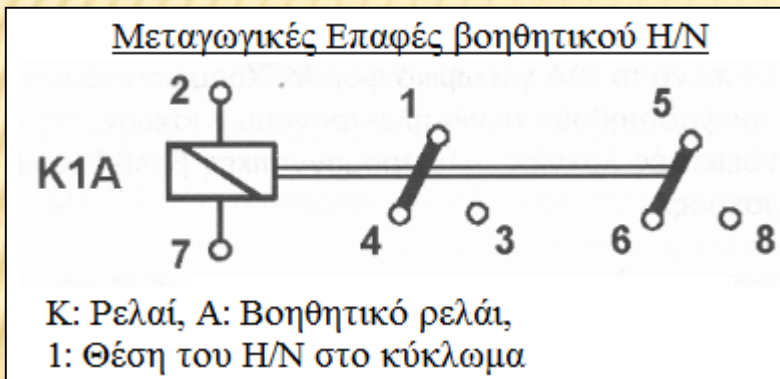


Λειτουργία Επαφών Κύριου Η/Ν

- Κύριες επαφές: Είναι 3 ή 4 κανονικά ανοικτές επαφές που κλείνουν όταν ενεργοποιείται ο Η/Ν. Πρέπει να είναι ικανές να μεταφέρουν το ονομαστικό ρεύμα λειτουργίας του κινητήρα. Τέσσερις επαφές χρησιμοποιούνται όταν υπάρχει ανάγκη διακοπής και του ουδέτερου αγωγού εκτός των φάσεων.
- Βοηθητικές επαφές NO και NC: Χρησιμοποιούνται για να ενεργοποιήσουν πηνία άλλων Η/Ν, ή κυκλώματα αυτοματισμού ή σήμανσης της κατάστασης λειτουργίας. Έχουν μικρή ικανότητα ρεύματος (2-5A).
- Κανονικά ανοικτές επαφές: Είναι ανοικτές όταν ο Η/Ν είναι απενεργοποιημένος και κλείνουν όταν ενεργοποιείται. Τα ψηφία των μονάδων των δύο διψήφιων αριθμών που τη χαρακτηρίζουν είναι 3 και 4.
- Κανονικά κλειστές επαφές: Είναι κλειστές όταν ο Η/Ν είναι απενεργοποιημένος και ανοίγουν όταν ενεργοποιείται. Τα ψηφία των μονάδων των δύο διψήφιων αριθμών που τη χαρακτηρίζουν είναι 1 και 2.
- Επαφή καθυστερημένη ηρεμίας: Είναι κλειστή επαφή, η οποία, με την ενεργοποίηση του Η/Ν, ανοίγει αργότερα από μια κανονικά κλειστή επαφή και συνήθως πριν από το κλείσιμο μιας κανονικά ανοικτής επαφής. Τα ψηφία των μονάδων των δύο διψήφιων αριθμών που τη χαρακτηρίζουν είναι 5 και 6.

Λειτουργία Επαφών Βοηθητικού Η/Ν

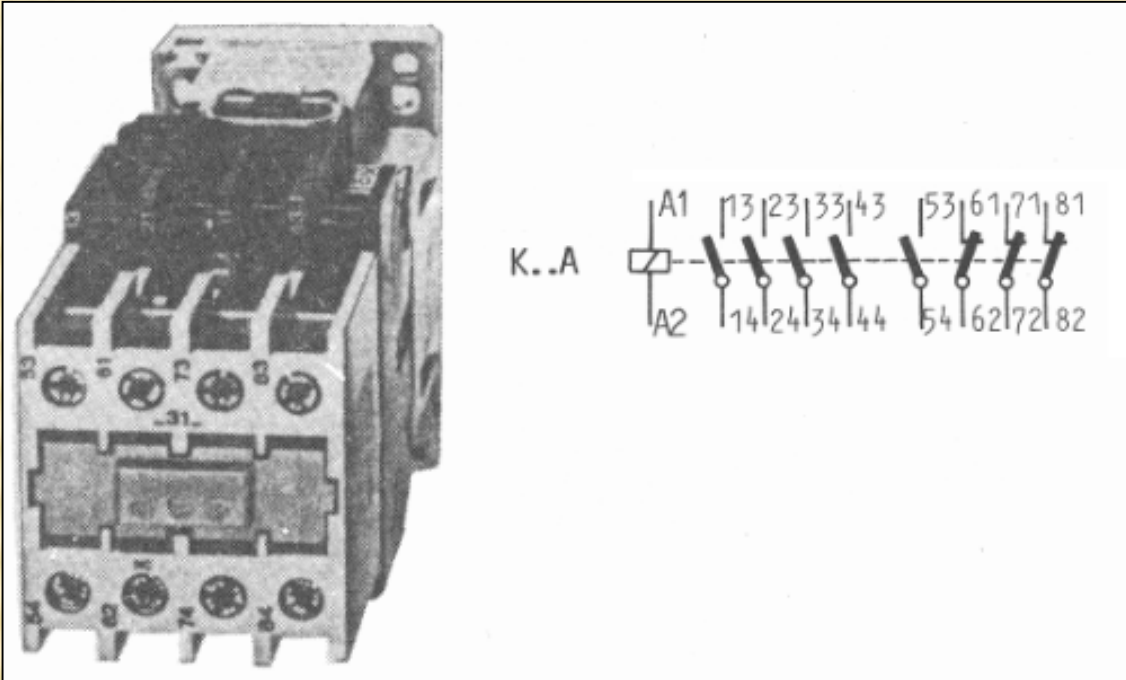
- Επαφή πρόωρης εργασίας: Είναι ανοικτή επαφή, η οποία, με την ενεργοποίηση του Η/Ν, κλείνει νωρίτερα από μια κανονικά ανοικτή επαφή και συνήθως μετά από το άνοιγμα μιας κανονικά κλειστής επαφής. Τα ψηφία των μονάδων των δύο διψήφιων αριθμών που τη χαρακτηρίζουν είναι 7 και 8.
- Ηλεκτρικές επαφές βοηθητικών Η/Ν (Κ...Α)



Όταν ο Η/Ν είναι απενεργοποιημένος, οι επαφές 1-4 και 5-6 είναι κλειστές και όταν ενεργοποιείται κλείνουν οι επαφές 1-3 και 5-8. Οι ακροδέκτες του πηνίου εργασίας του βοηθητικού ρελέ χαρακτηρίζονται με τους αριθμούς 2 και 7.

- Τάσεις λειτουργίας Η/Ν
- ✓ Για ΕΡ: 12, 24, 48, 60, 110, 220, 230, 240, 380 V.
- ✓ Για ΣΡ: 12, 24, 48, 50, 60, 75, 110, 125, 220, 250 V.

Είδη Ρελαί

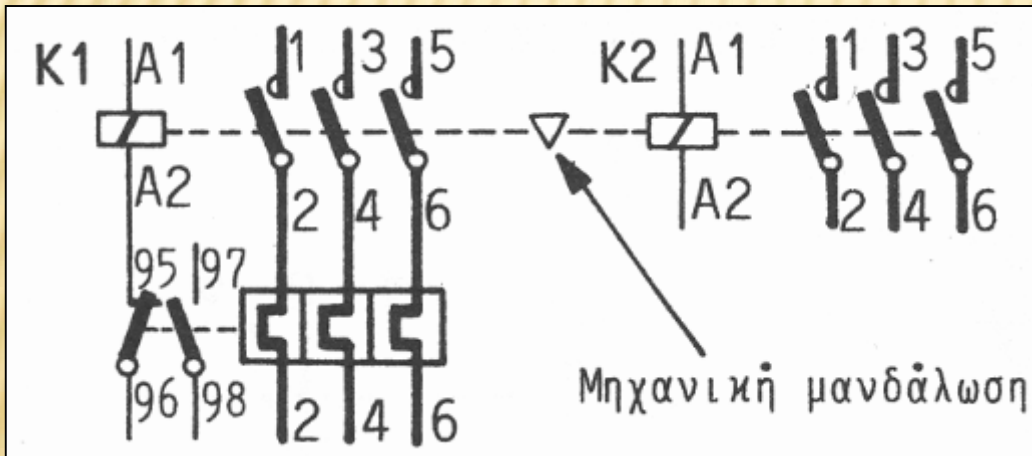


Βοηθητικό Ρελαί

Κ: Ρελαί

Α: Βοηθητικό ρελαί

Διαθέτει: 5 κανονικά ανοικτές επαφές (3-4) και 3 κανονικά κλειστές επαφές (1-2).

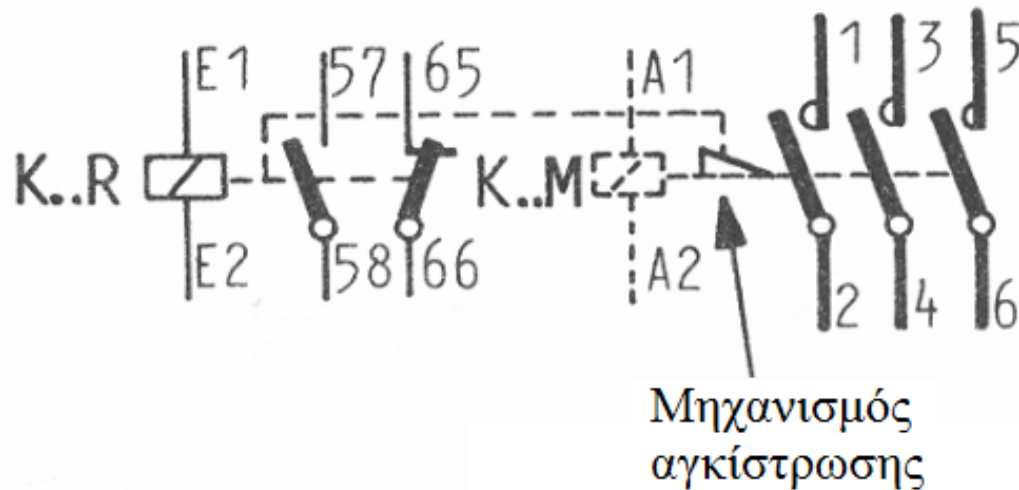


Ρελαί με Μηχανική Μανδάλωση

Η μηχανική μανδάλωση αποτρέπει την ταυτόχρονη λειτουργία των δύο Η/Ν, Κ1 και Κ2. Χρησιμοποιείται σε κυκλώματα αυτοματισμού, όπου δυο συνεργαζόμενοι Η/Ν δεν πρέπει να λειτουργούν ταυτόχρονα.

Είδη Ρελαί

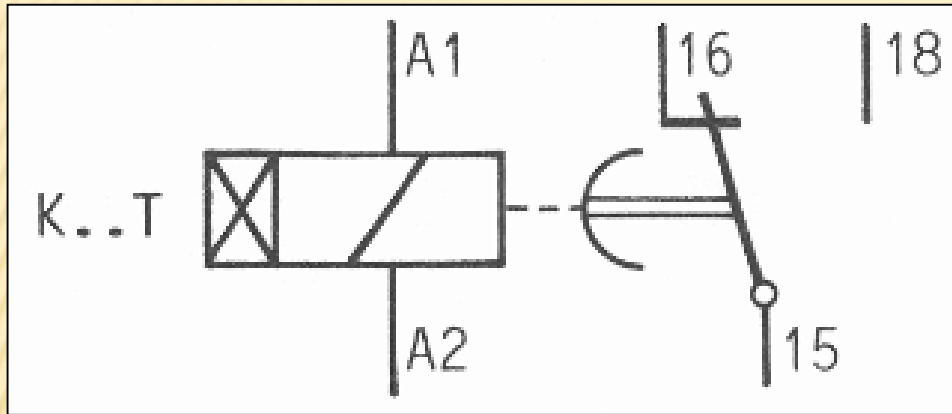
Ρελαί με μηχανική αγκίστρωση (Κ.Ρ) για τον έλεγχο λειτουργίας κύριου ρελαί (Κ.Μ.)



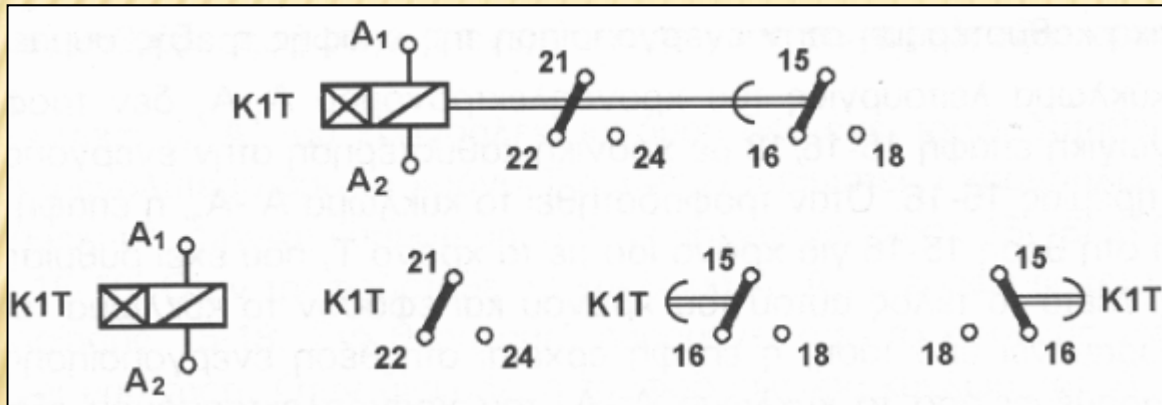
Ρελαί με
Μηχανική
Αγκίστρωση

Οι Η/Ν με μηχανισμό αγκίστρωσης έχουν δύο θέσεις λειτουργίας. Ο ρόλος του μηχανισμού αγκίστρωσης είναι να κρατά οπλισμένο (κλειστό) τον Η/Ν που ελέγχει με μηχανικό τρόπο, ακόμη και στην περίπτωση που το κύκλωμα ελέγχου (πηνίο) βρεθεί χωρίς τάση. Ο τρόπος αυτός ελέγχου είναι χρήσιμος, όταν, για παράδειγμα, μια στιγμιαία πτώση ή διακύμανση της τάσης θα είχε σαν αποτέλεσμα την απενεργοποίηση του πηνίου του κύριου ρελαί (ΚΜ), με αποτέλεσμα να τεθεί εκτός το φορτίο ή οι καταναλώσεις που ελέγχει. Με τη βοήθεια του ρελαί αγκίστρωσης το κύριο ρελαί παραμένει σε λειτουργία.

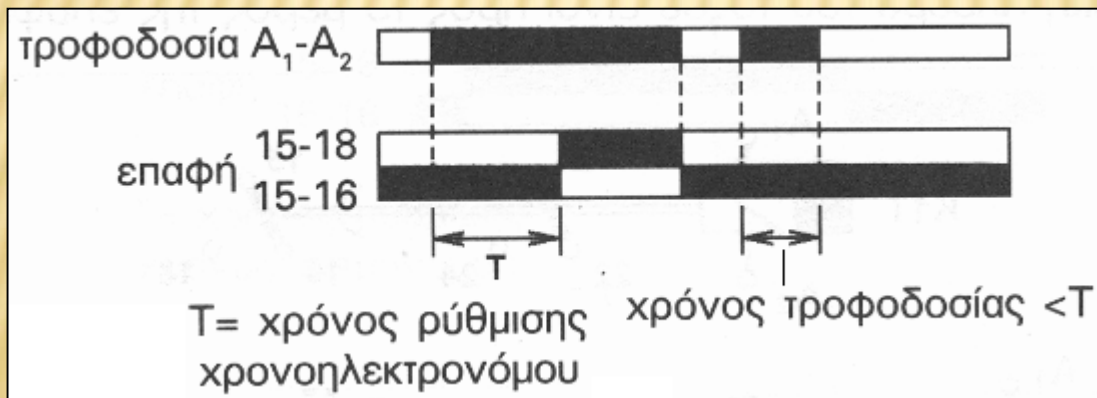
Είδη Ρελαί



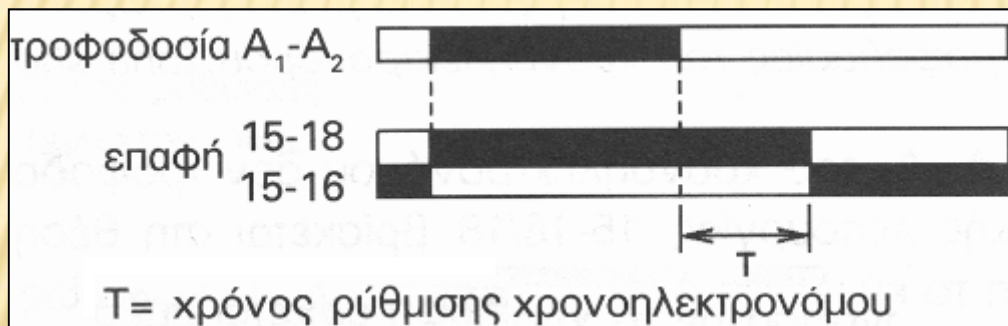
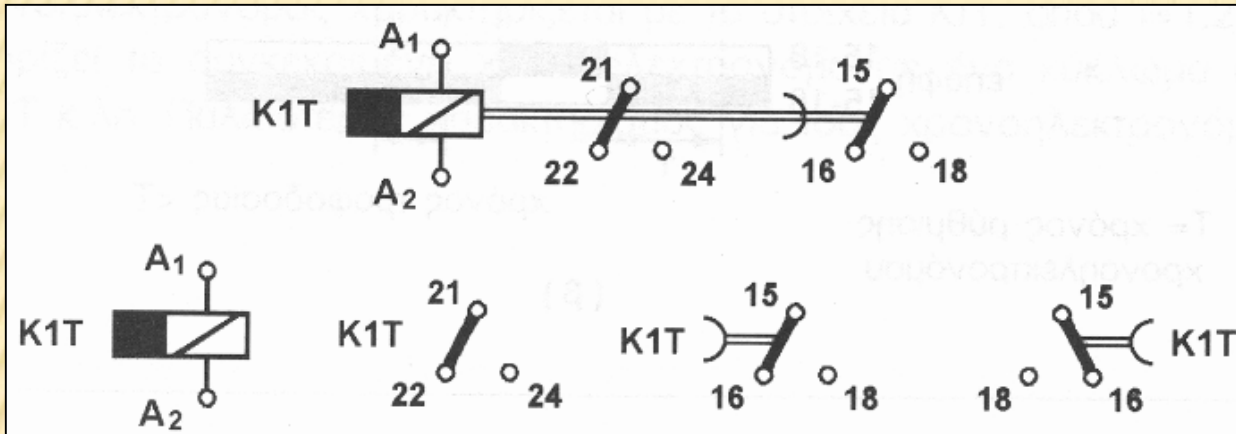
Χρονικό Ρελαί: Επιτρέπουν την καθυστέρηση μετάδοσης των εντολών που δέχονται για κάποιο χρονικό διάστημα. Υπάρχουν μηχανικά, πνευματικά και ηλεκτρονικά χρονικά ρελαί.



Παράδειγμα χρονικού ρελαί με χρονική καθυστέρηση στην ενεργοποίηση (delay on). Το ρελέ ελέγχει μια μεταγωγική επαφή με καθυστέρηση, 15-16/18, και μια κανονική επαφή (άμεσης λειτουργίας), 21-22/24, χωρίς χρονική καθυστέρηση.



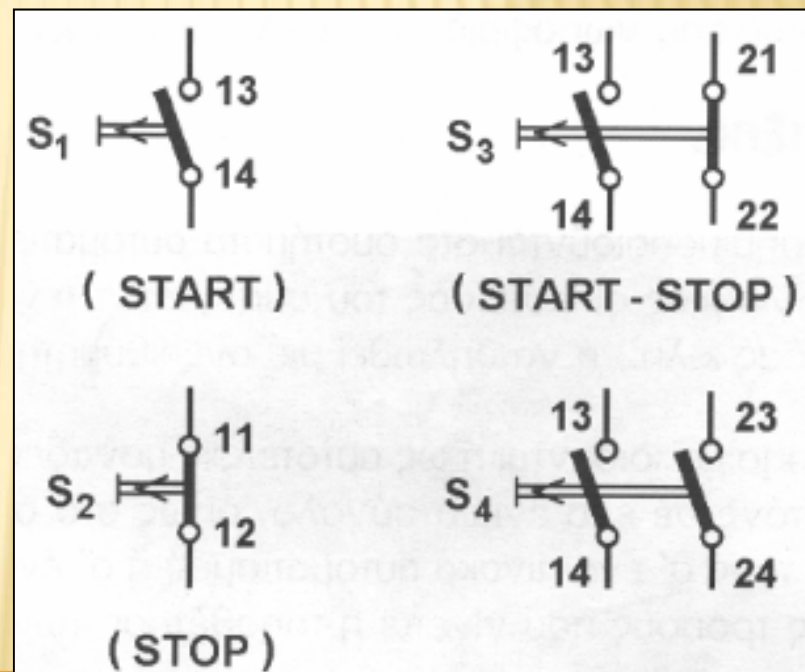
Είδη Ρελαί



Παράδειγμα χρονικού ρελαί με χρονική καθυστέρηση στην απενεργοποίηση (delay off). Το ρελαί ελέγχει μια μεταγωγική επαφή με καθυστέρηση στην απενεργοποίηση, 15-16/18, και μια κανονική επαφή (άμεσης λειτουργίας), 21-22/24, χωρίς χρονική καθυστέρηση.

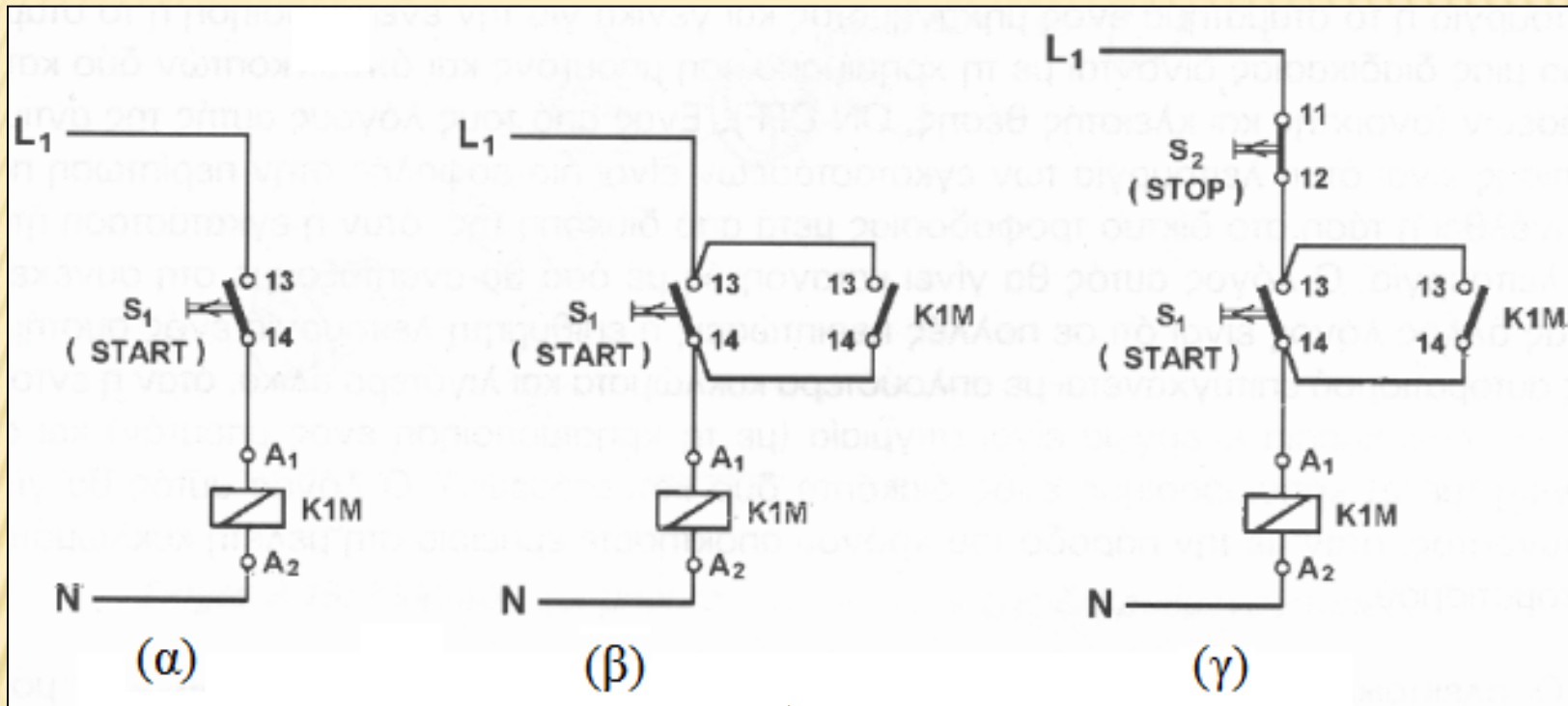
Χειροκίνητοι Διακόπτες Στιγμιαίας Λειτουργίας

- Χειροκίνητοι διακόπτες: Ονομάζονται και μπουτόνς (push-buttons) και είναι διακόπτες στιγμιαίας ενεργοποίησης, η οποία επιτυγχάνεται με το πάτημα του μπουτόν του διακόπτη. Ο διακόπτης επανέρχεται με τη βοήθεια ελατηρίου στην αρχική του θέση αμέσως μετά την απελευθέρωση του μπουτόν. Χρησιμοποιούνται σε κυκλώματα αυτοματισμού για την ενεργοποίηση Η/Ν ή κυκλωμάτων σήμανσης λειτουργίας.



- Μπουτόν «START» για την ενεργοποίηση Η/Ν
- Μπουτόν «STOP» για την απενεργοποίηση Η/Ν

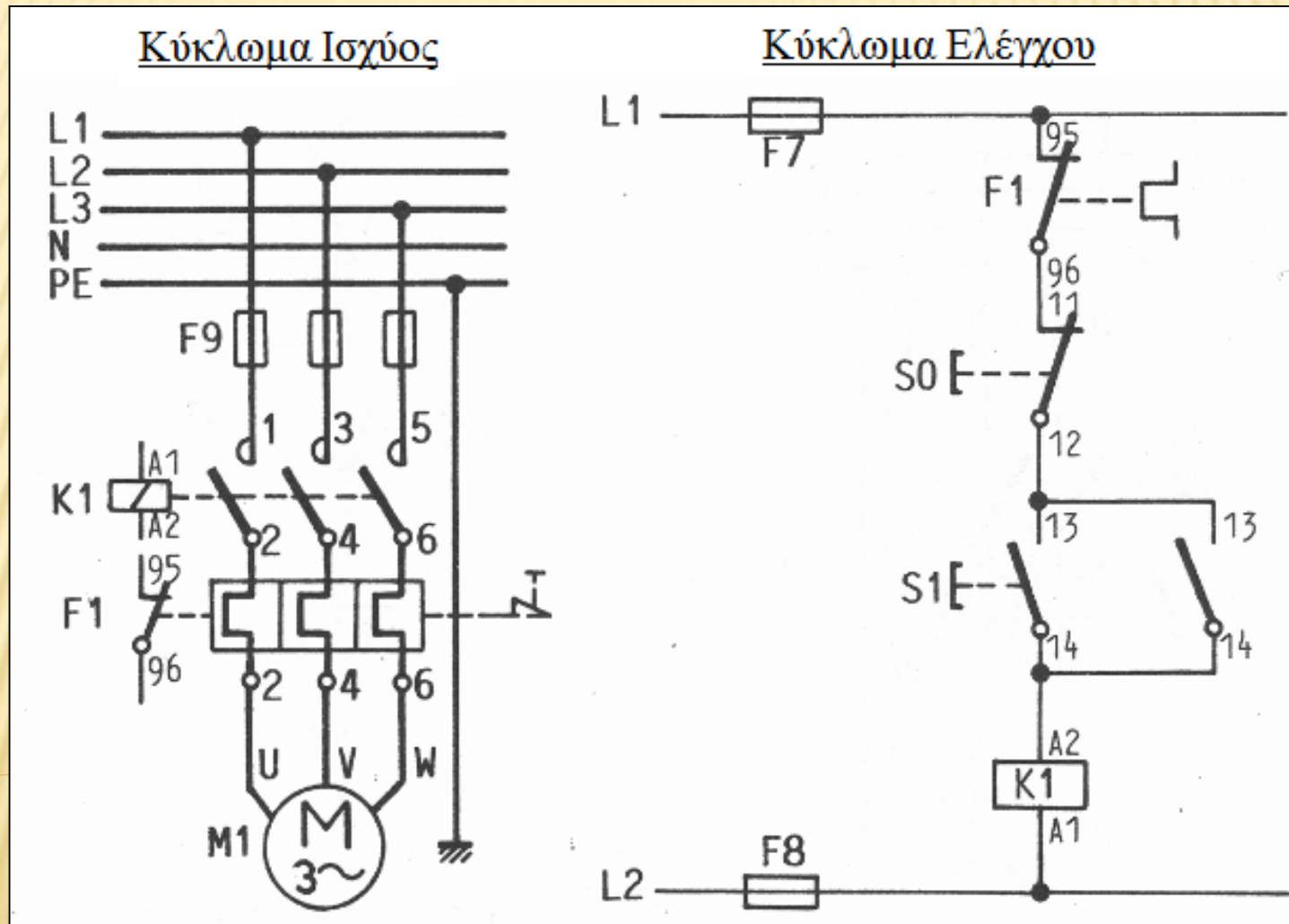
Διάταξη Αυτοσυγκράτησης Η/Ν



- (α) Ο Η/Ν παραμένει ενεργοποιημένος μόνο για όσο χρόνο πιέζεται το μπουτόν S₁. Η απενεργοποίηση του Η/Ν επιτυγχάνεται με διακοπή της τάσης τροφοδοσίας.
- (β) Ο Η/Ν παραμένει ενεργοποιημένος και μετά το άνοιγμα του μπουτόν START, S₁. Αυτό επιτυγχάνεται με την επαφή αυτοσυγκράτησης 13-14, η οποία είναι μια κανονικά ανοικτή επαφή του Η/Ν και συνδέεται παράλληλα προς τις επαφές του S₁. Η απενεργοποίηση του Η/Ν επιτυγχάνεται με διακοπή της τάσης τροφοδοσίας.
- (γ) Όπως το (β), αλλά με τη δυνατότητα απενεργοποίησης του Η/Ν με το μπουτόν STOP, S₂.

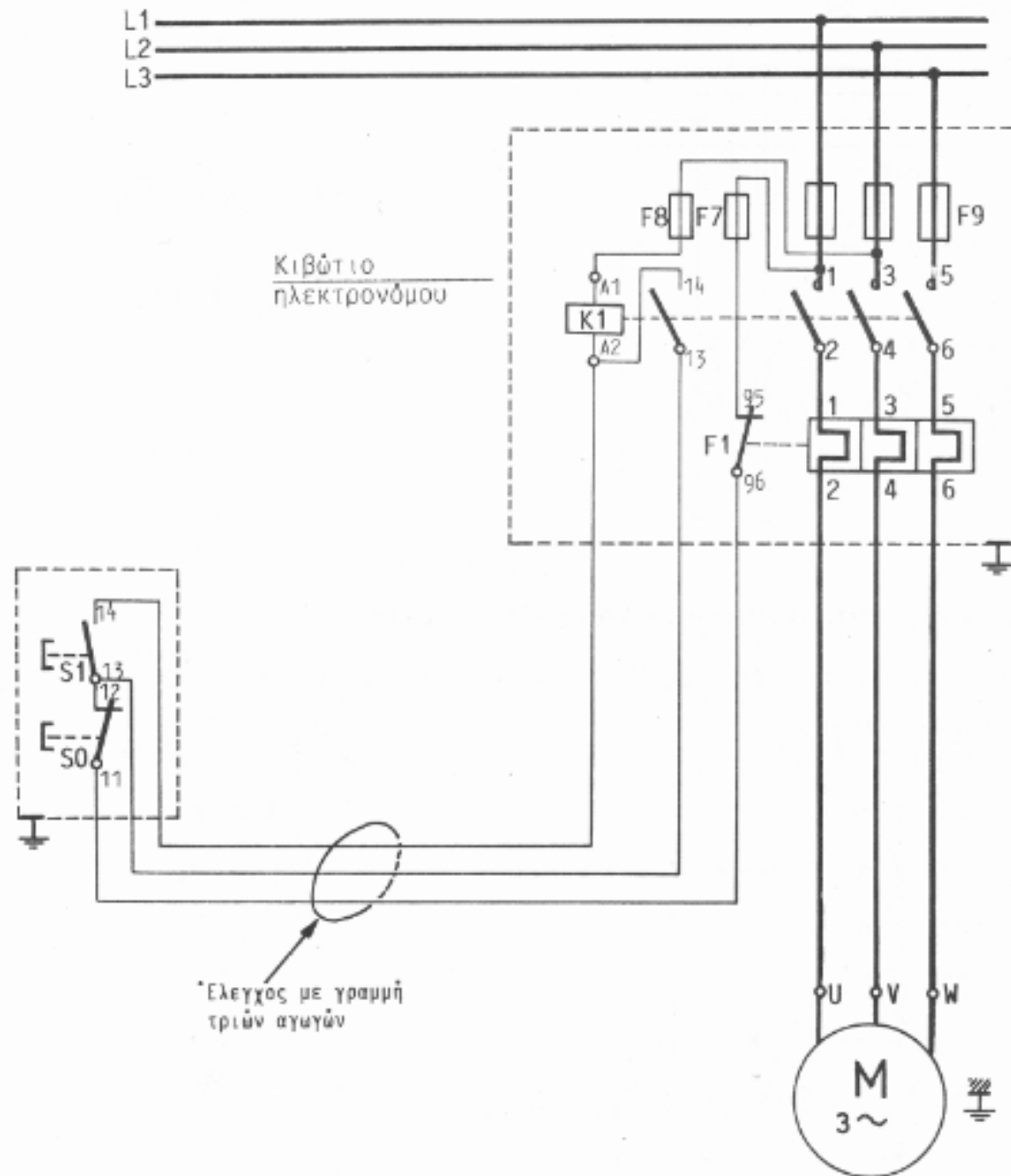
Βασικά Κυκλώματα Αυτοματισμού Κινητήρων

1. Κύκλωμα ελέγχου λειτουργίας τριφασικού κινητήρα βραχυκυκλωμένου δρομέα με ανατροφοδότηση (αυτοσυγκράτηση)



"Εισαγωγή στο Σχέδιο και τα Ηλεκτροτεχνικά Υλικά», Γ. Περαντζάκης

Αναλυτικό Διάγραμμα Συνδεσμολογίας



"Εισαγωγή στο Σχέδιο και τα
Ηλεκτροτεχνικά Υλικά», Γ.
Περαντζάκης

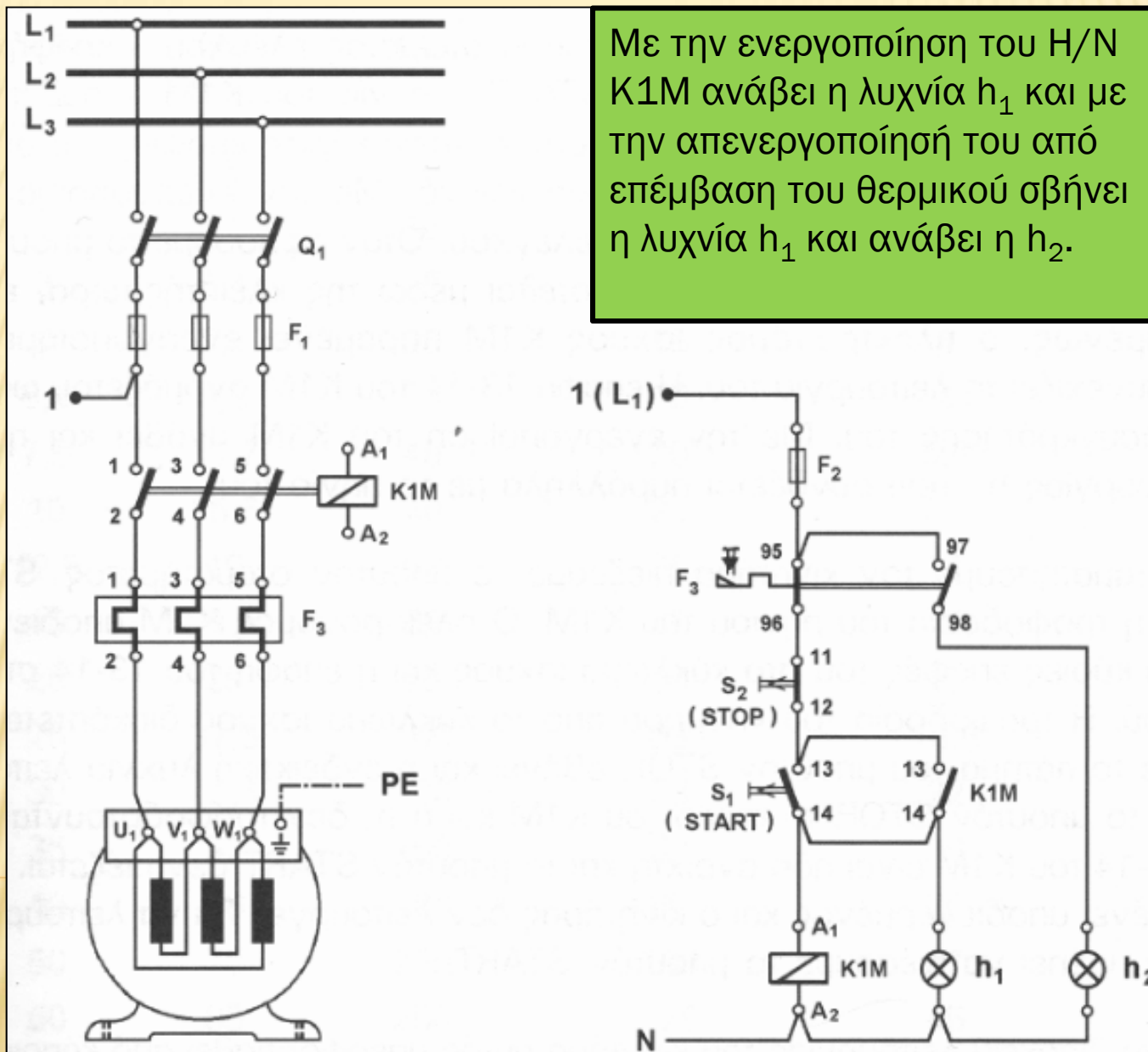
Περιγραφή Λειτουργίας

- ✓ Προστασία από βραχυκυκλώματα από ασφάλειες τήξης F9.
- ✓ Προστασία από υπερφορτίσεις από τα θερμικά F1.
- ✓ Τηλεχειρισμός θέσης σε λειτουργία και διακοπής λειτουργίας κινητήρα μέσω του Η/Ν Κ1.
- ✓ Ο Η/Ν ενεργοποιείται και θέτει σε λειτουργία τον κινητήρα με στιγμιαία πίεση του μπουτόν START, S1.
- ✓ Ο Η/Ν αυτοτροφοδοτείται μέσω της επαφής αυτοσυγκράτησης 13-14, κανονικά ανοικτής που ελέγχει ο Η/Ν Κ1, η οποία συνδέεται παράλληλα προς τις επαφές του διακόπτη S1, εξασφαλίζοντας έτσι τη συνέχιση λειτουργίας του κινητήρα.

Περιγραφή Λειτουργίας

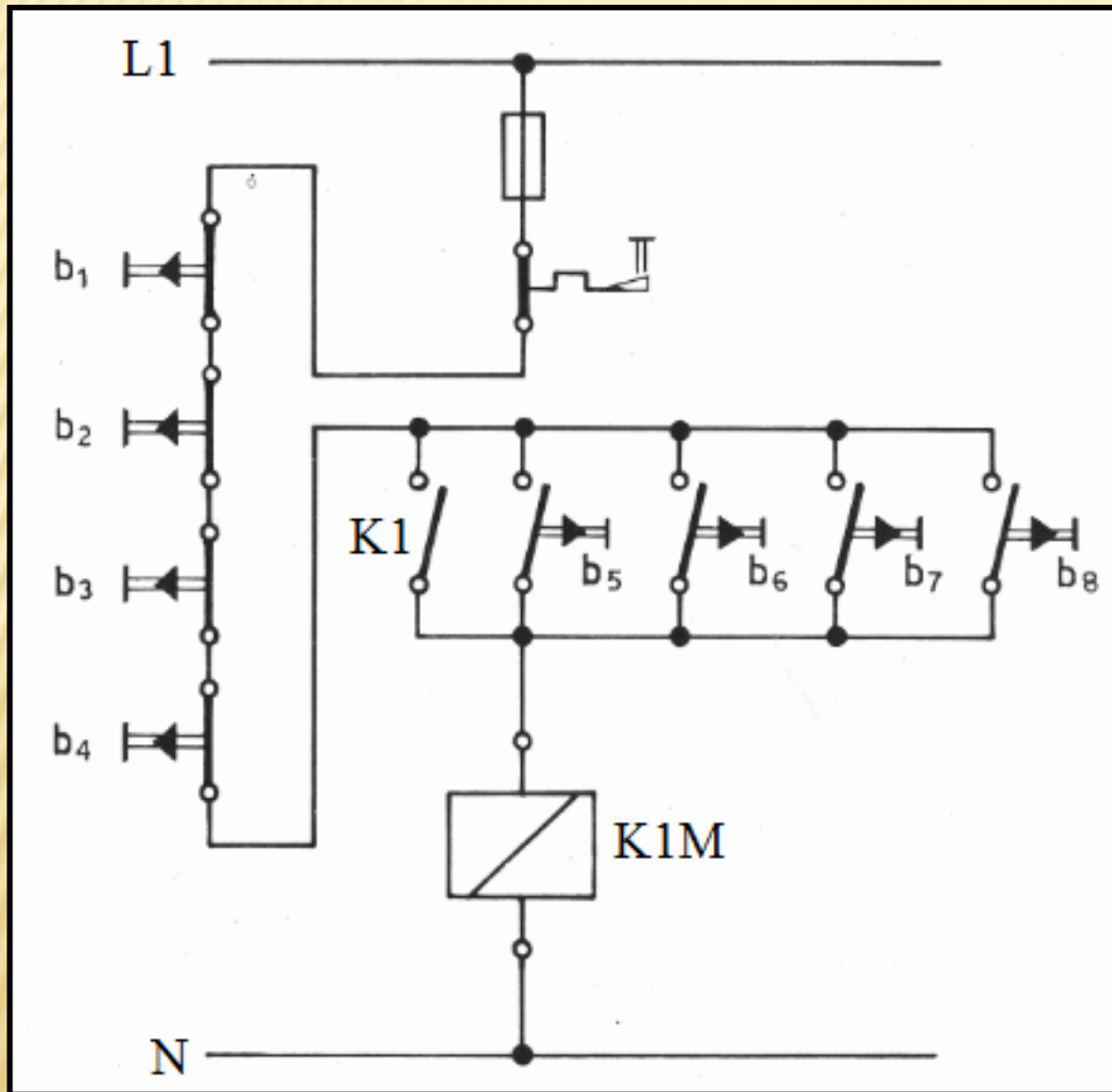
- ✓ Η λειτουργία του κινητήρα διακόπτεται είτε πατώντας στιγμιαία το μπουτόν STOP, είτε από τη λειτουργία του θερμικού λόγω υπερφόρτισης, οπότε ανοίγει η κανονικά κλειστή επαφή 95-96 που ελέγχει, είτε από τις ασφάλειες F9. Και στις δύο περιπτώσεις διακόπτεται η τροφοδοσία του H/N, οπότε και απενεργοποιείται.
- ✓ Το κύκλωμα ελέγχου τροφοδοτείται από τις δύο φάσεις του δικτύου, L_1 , L_2 και σε κάθε φάση προβλέπεται ασφάλεια τήξης (F7, F8). Εάν η τροφοδότηση του κυκλώματος ισχύος γίνονταν από τη μία φάση και τον ουδέτερο, τότε θα προβλέπονταν μόνο μία ασφάλεια στη φάση του κυκλώματος ελέγχου.

Έλεγχος Κινητήρα με START-STOP και Σήμανση



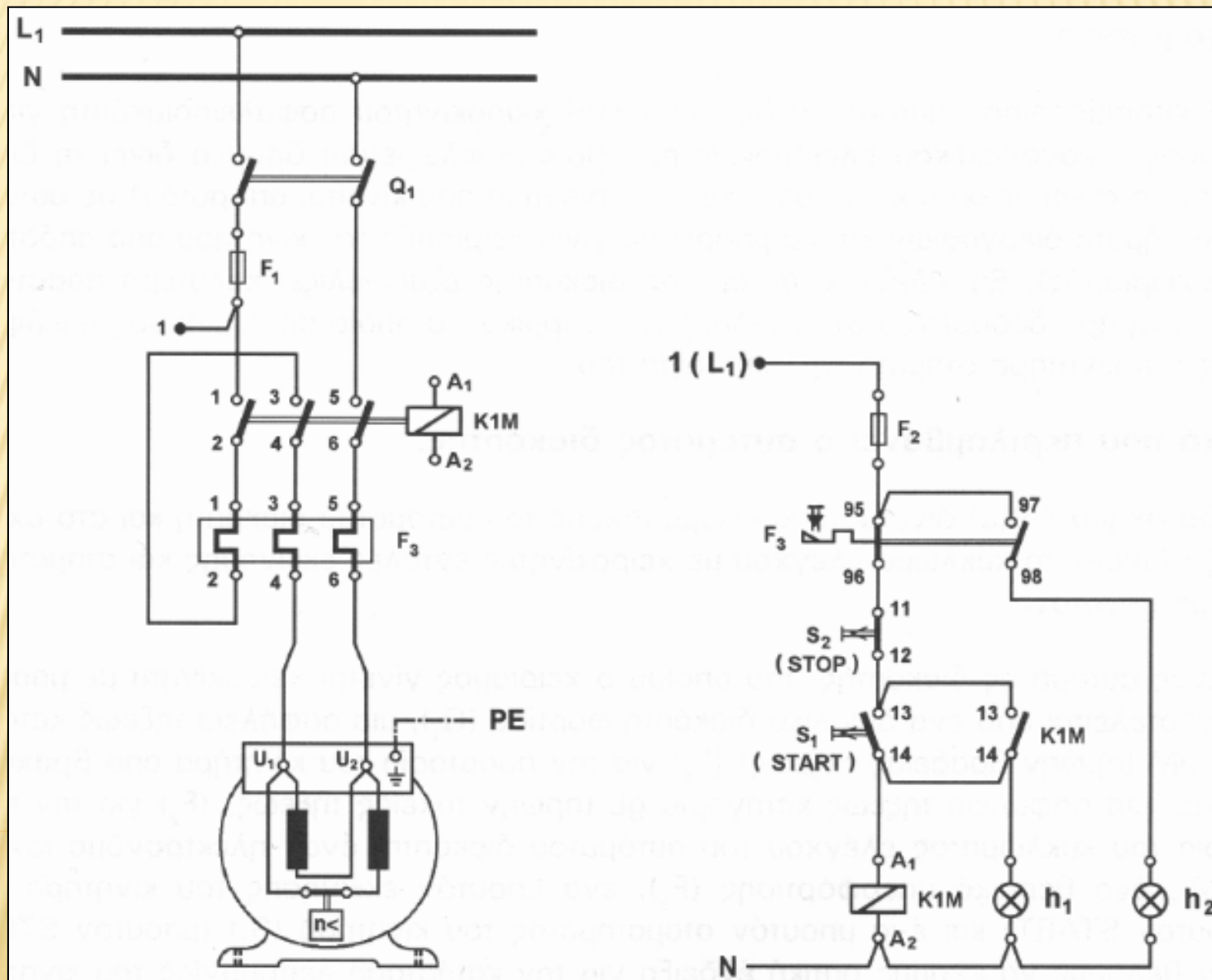
"Εισαγωγή στο Σχέδιο και τα Ηλεκτροτεχνικά Υλικά", Γ. Περαντζάκης

Έλεγχος Λειτουργίας Κινητήρα από Περισσότερες Θέσεις



- Τα μπουτόνς STOP συνδέονται σε σειρά μεταξύ τους και σε σειρά με την επαφή του θερμικού.
- Τα μπουτόνς START συνδέονται παράλληλα μεταξύ τους και προς την επαφή αυτοσυγκράτησης

Έλεγχος Λειτουργίας Μονοφασικού Κινητήρα Β.Δ.

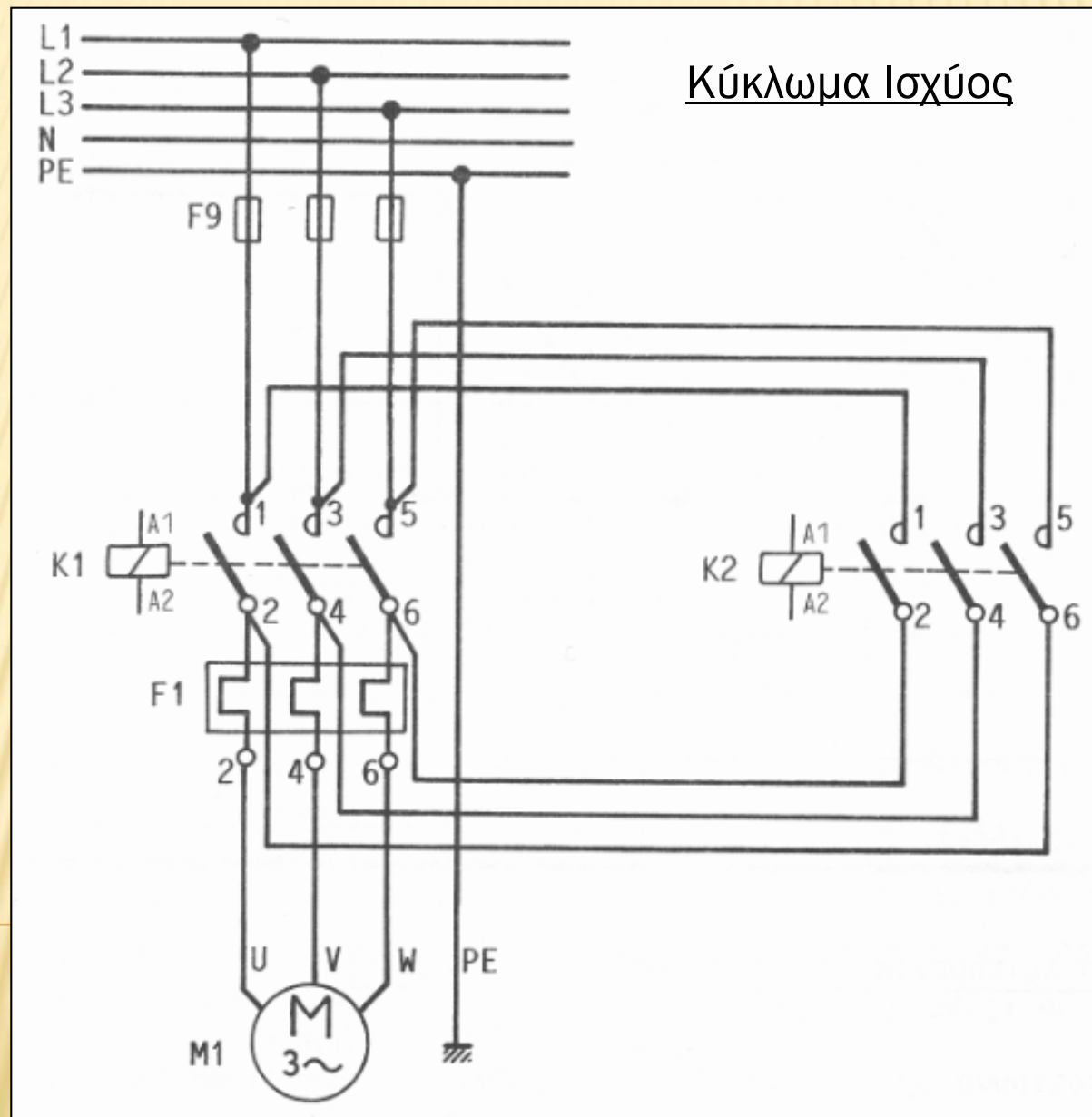


"Εισαγωγή στο Σχέδιο και τα Ηλεκτροτεχνικά Υλικά», Γ. Περαντζάκης

Έλεγχος Λειτουργίας Μονοφασικού Κινητήρα Β.Δ.

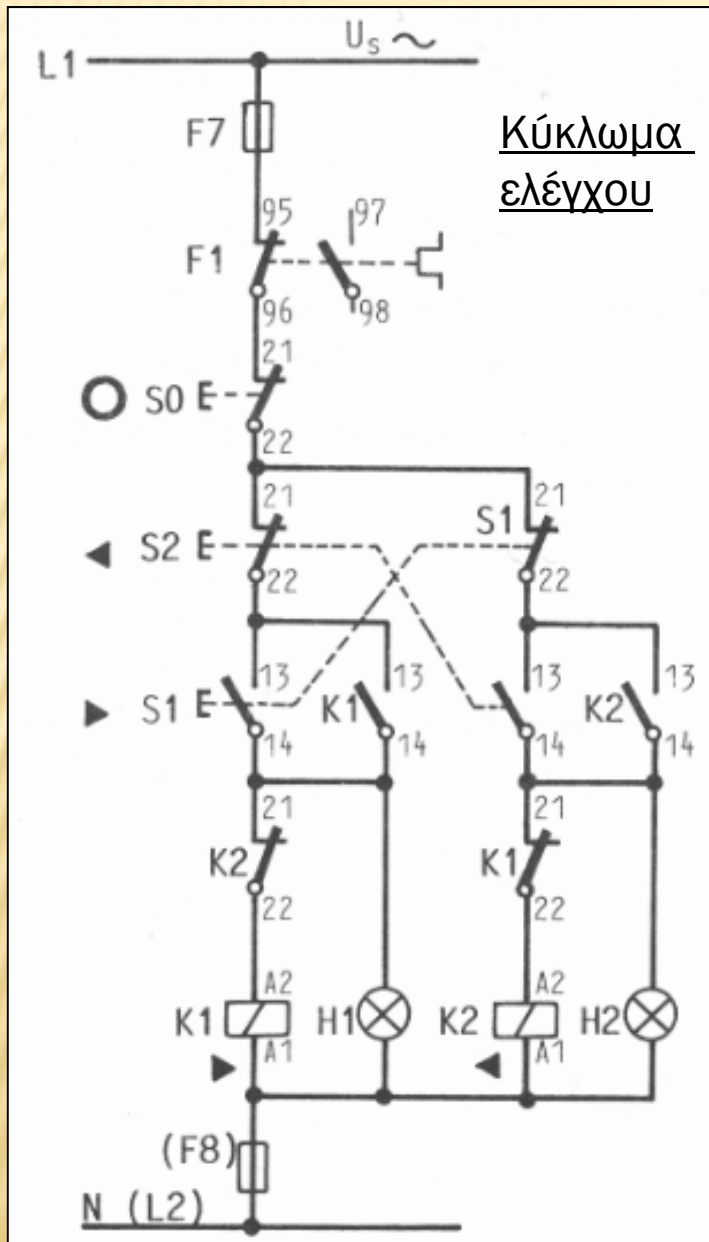
- ✓ Ταυτόχρονη διακοπή φάσης και ουδετέρου από το διακόπτη Q_1 .
- ✓ Η φάση διέρχεται διαδοχικά από τις επαφές 1-2 και 3-4, από τον Η/Ν Κ1Μ και από το θερμικό ρελαί F_3 και καταλήγει στο κιβώτιο ακροδεκτών. Έτσι, η αποκατάσταση και η διακοπή του κυκλώματος γίνεται σε τρία σημεία του κυκλώματος, δημιουργούνται μικρότερα ηλεκτρικά τόξα κατά το άνοιγμα των επαφών, επιμηκύνεται η διάρκεια ζωής των επαφών και επιτυγχάνεται πλήρης εκμετάλλευση του Η/Ν.
- ✓ Ο ουδέτερος διέρχεται διαδοχικά από τις επαφές 5-6 του Η/Ν Κ1Μ και του θερμικού F_3 και καταλήγει στο κιβώτιο ακροδεκτών.
- ✓ Η εκκίνηση του μονοφασικού κινητήρα γίνεται με την εισαγωγή στο κύκλωμα κατάλληλου βοηθητικού τυλίγματος, το οποίο στη συνέχεια τίθεται εκτός κυκλώματος με τη βοήθεια φυγοκεντρικού διακόπτη, μόλις ο κινητήρας αποκτήσει την ονομαστική του ταχύτητα.
- ✓ Σήμανση: Η λυχνία h_1 ανάβει όταν ο κινητήρας λειτουργεί και η λυχνία h_2 όταν ο κινητήρας είναι σταματημένος λόγω υπερφόρτισης.

Κύκλωμα Αυτοματισμού Ανάστροφης Λειτουργίας Τριφασικού Κινητήρα



"Εισαγωγή στο Σχέδιο και τα Ηλεκτροτεχνικά Υλικά», Γ. Περαντζάκης

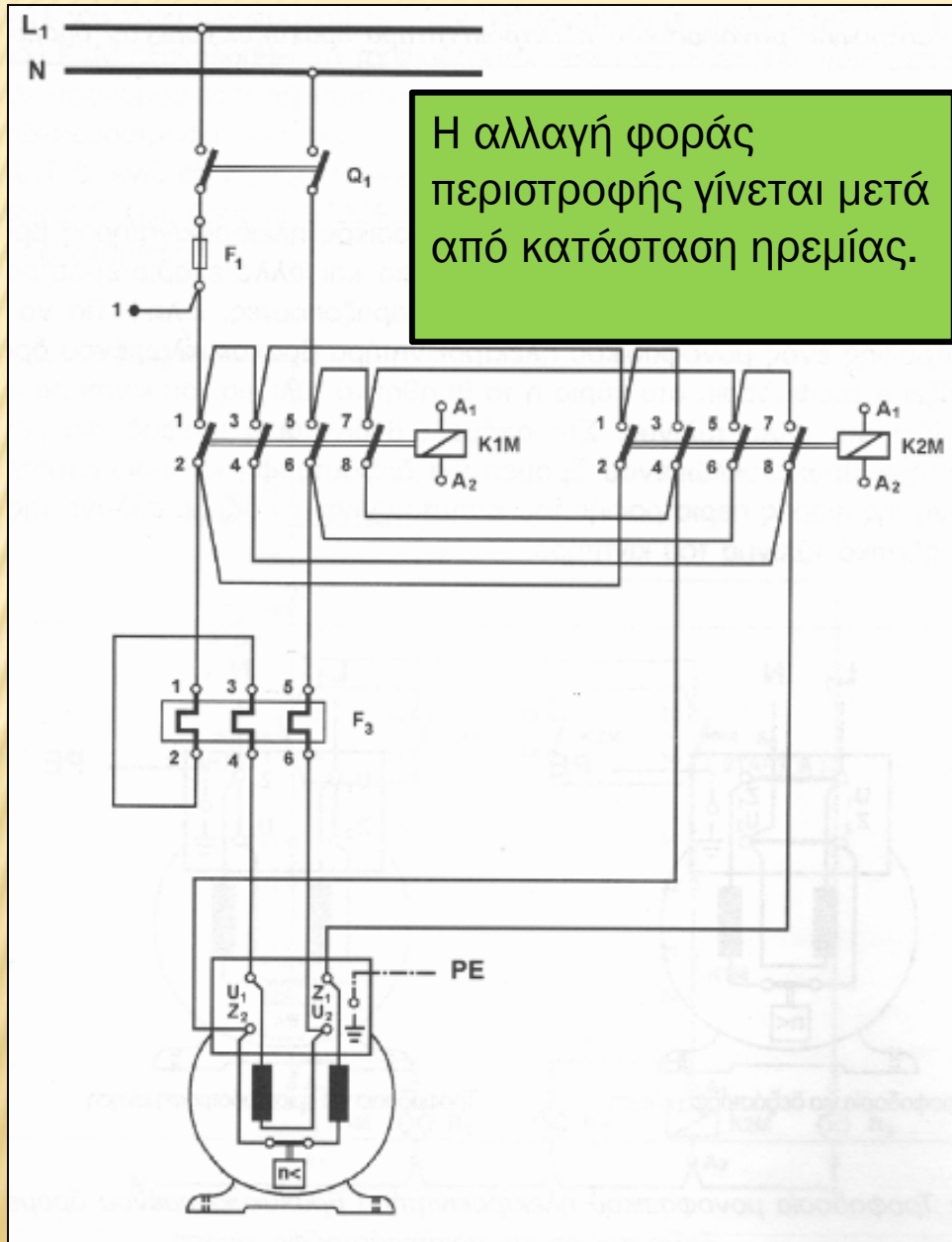
Κύκλωμα Αυτοματισμού Ανάστροφης Λειτουργίας Τριφασικού Κινητήρα



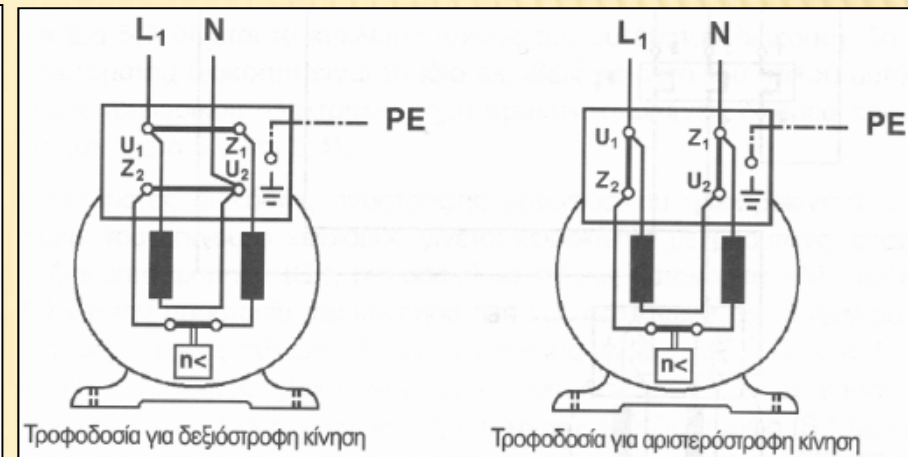
Περιγραφή Λειτουργίας

- Τα ρελαί K1 και K2 είναι για δεξιόστροφη και αριστερόστροφη κίνηση αντίστοιχα.
- Με το πάτημα του μπουτόν S1 ενεργοποιείται το ρελαί K1 και διακόπτεται η τροφοδότηση του K2. Το αντίθετο συμβαίνει με το πάτημα του μπουτόν S2. Αυτό εξασφαλίζεται με μηχανική μανδάλωση.
- Το ρελαί K1 ελέγχει τις βοηθητικές επαφές K1 13-14 (NO) και K1 21-22 (NC). Η επαφή 13-14 εξασφαλίζει την αυτοτροφοδότηση του ρελαί και η επαφή 21-22 αποκλείει την ταυτόχρονη λειτουργία του ρελαί K2 με το K1 (επαφή ηλεκτρικής μανδάλωσης). Αντίστοιχες επαφές διαθέτει και το ρελαί K2.
- Σήμανση με λυχνίες: H₁ για δεξιόστροφη και H₂ για αριστερόστροφη λειτουργία.
- Σταμάτημα κινητήρα: Από λειτουργία ασφαλειών F7, F8, F9 ή θερμικού και από πίεση του μπουτόν S0.

Κύκλωμα Αυτοματισμού Ανάστροφης Λειτουργίας Μονοφασικού Κινητήρα

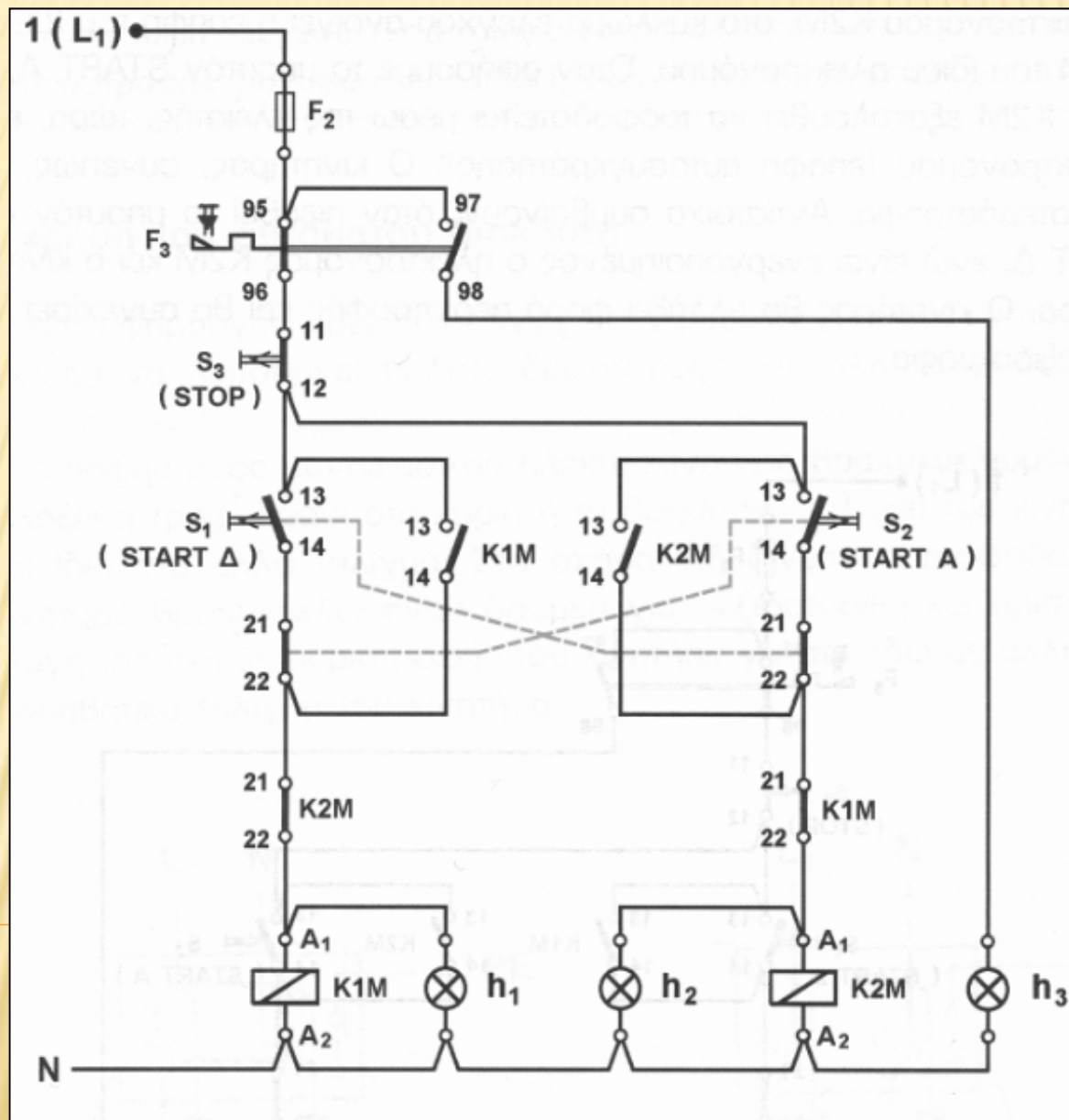


Η αλλαγή φοράς περιστροφής γίνεται μετά από κατάσταση ηρεμίας.



- ❑ Η αλλαγή φοράς περιστροφής μονοφασικού κινητήρα επιτυγχάνεται με την αλλαγή της τροφοδοσίας ενός από τα δύο τυλίγματα, ενώ παραμένει σταθερή η τροφοδοσία στο άλλο τύλιγμα.
- ❑ Κύριο τύλιγμα: U_1-U_2 . Βοηθητικό τύλιγμα Z_1-Z_2 , το οποίο βγαίνει εκτός κατά την κανονική λειτουργία.
- ❑ Η αλλαγή της τροφοδοσίας γίνεται εδώ στο βοηθητικό τύλιγμα.

Κύκλωμα Αυτοματισμού Ανάστροφης Λειτουργίας Μονοφασικού Κινητήρα



"Εισαγωγή στο Σχέδιο και τα Ηλεκτροτεχνικά Υλικά», Γ. Περαντζάκης

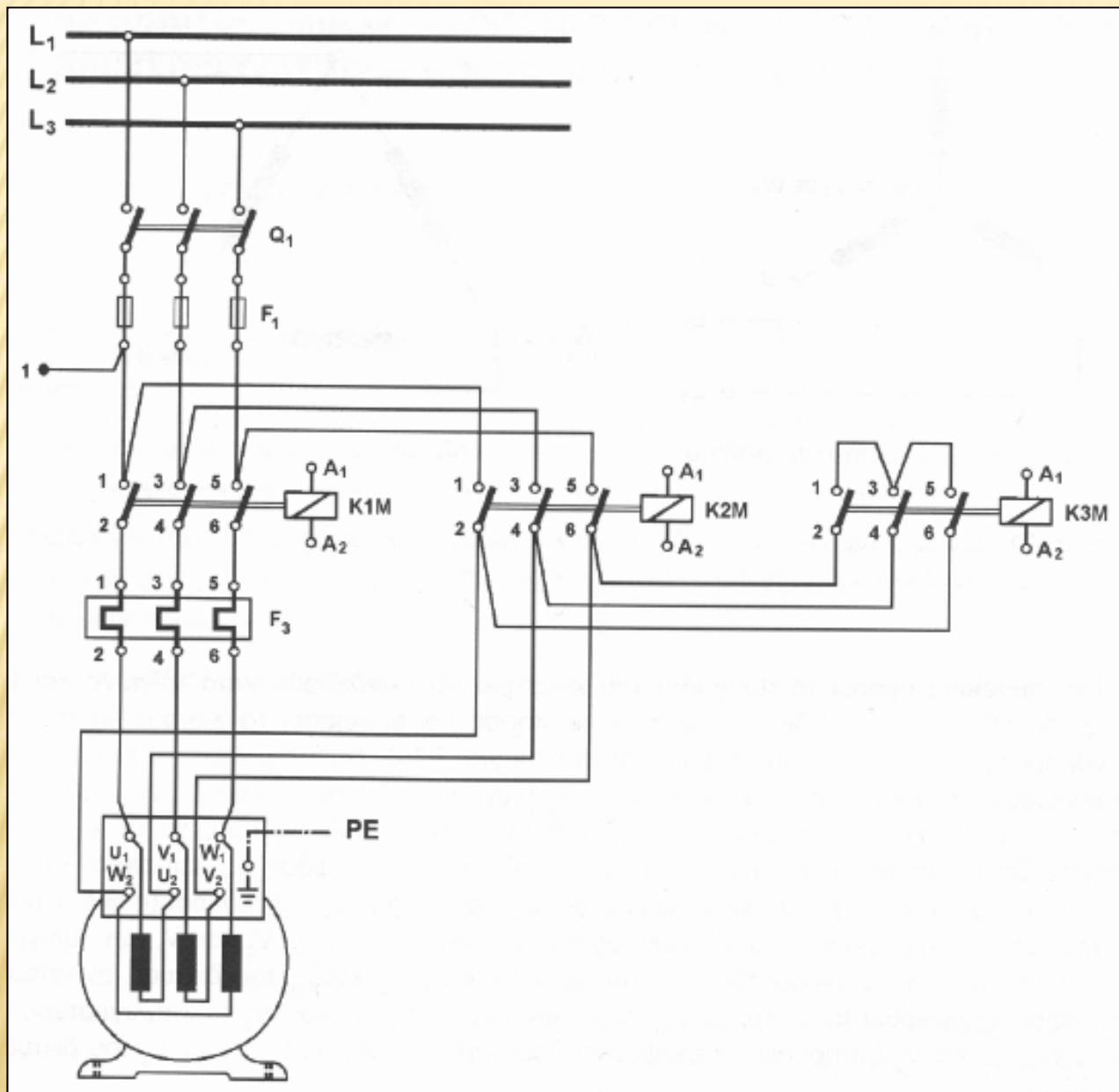
Κύκλωμα Αυτοματισμού Ανάστροφης Λειτουργίας Μονοφασικού Κινητήρα

- ✓ Ρελαί K1M για δεξιόστροφή κίνηση. Ρελαί K2M για αριστερόστροφη κίνηση.
- ✓ Δεξιόστροφη κίνηση από κατάσταση ηρεμίας: Πιέζεται το μπουτόν S1, κλείνει το κύκλωμα τροφοδότησης του H/N K1M ανοίγει το κύκλωμα τροφοδότησης του H/N K2M (λόγω μηχανικής μανδάλωσης), αποφεύγοντας έτσι την ταυτόχρονη λειτουργία των δύο H/N σε περίπτωση που πατηθούν ταυτόχρονα οι διακόπτες S1 και S2.
- ✓ Η αυτοτροφοδότηση του H/N K1M γίνεται μέσω της επαφής αυτοσυγκράτησης K1M 13-14 και ο αποκλεισμός της λειτουργίας του H/N K2M, για όσο χρόνο είναι σε λειτουργία ο H/N K1M, επιτυγχάνεται μέσω της επαφής ηλεκτρικής μανδάλωσης K1M 21-22. Αντίστοιχη λειτουργία ισχύει και κατά την αριστερόστροφη κίνηση, η οποία επιτυγχάνεται με την ενεργοποίηση του H/N K2M.

Κύκλωμα Αυτοματισμού Ανάστροφης Λειτουργίας Μονοφασικού Κινητήρα

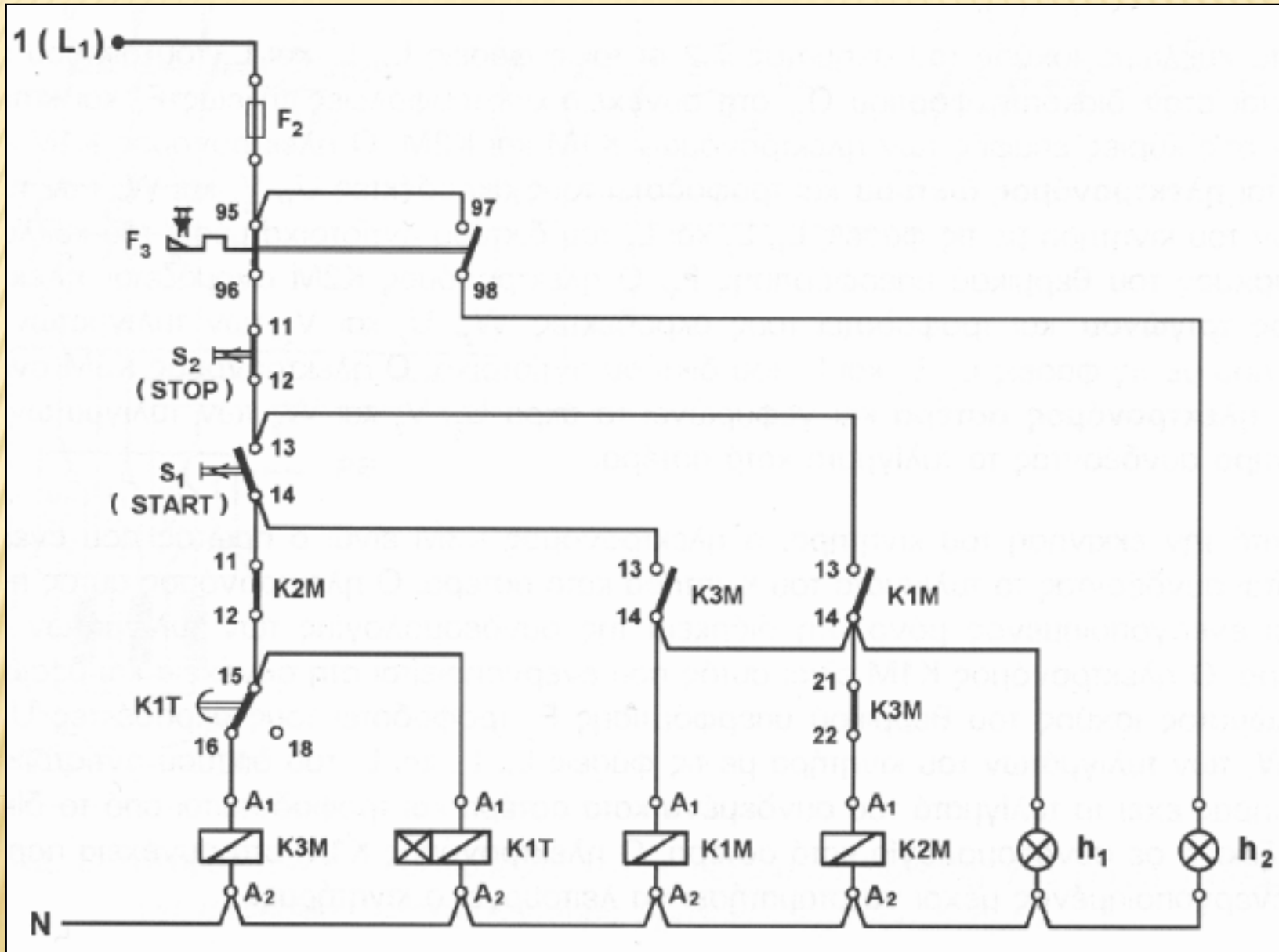
- ✓ Διακοπή λειτουργίας: από τις ασφάλειες F_1 , F_2 (λόγω βραχυκυκλώματος) ή από το θερμικό F_3 (λόγω υπερφόρτισης) ή από το μπουτόν S_3 (STOP).
- ✓ Σήμανση. Η λυχνία h_1 ανάβει για δεξιόστροφη κίνηση και η λυχνία h_2 για αριστερόστροφη κίνηση. Η λυχνία h_3 ανάβει μετά από επέμβαση του θερμικού. Το θερμικό διαθέτει μανδάλωση και διατηρείται στη θέση αυτή. Για να επανέλθει εκ νέου σε λειτουργία, απαιτείται ενεργοποίησή του.

Αυτόματος Εκκινητής Υ/Δ Τριφασικού Κινητήρα Β.Δ.



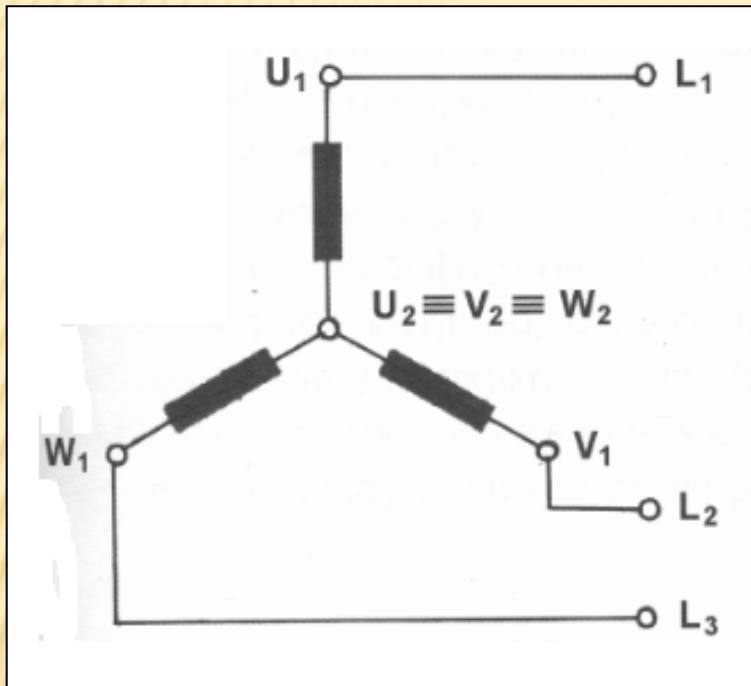
Με τη διάταξη εκκίνησης τριφασικού κινητήρα βραχυκυκλωμένου δρομέα, τα τυλίγματα του κινητήρα κατά την εκκίνηση συνδέονται σε αστέρα (Υ), οπότε ο κινητήρας απορροφά περιορισμένη ένταση ρεύματος και όταν αυτός αποκτήσει τις ονομαστικές του στροφές, τα τυλίγματα συνδέονται κατά τρίγωνο, συνδεσμολογία που διατηρεί για τη υπόλοιπη λειτουργία του.

Αυτόματος Εκκινητής Υ/Δ Τριφασικού Κινητήρα Β.Δ.

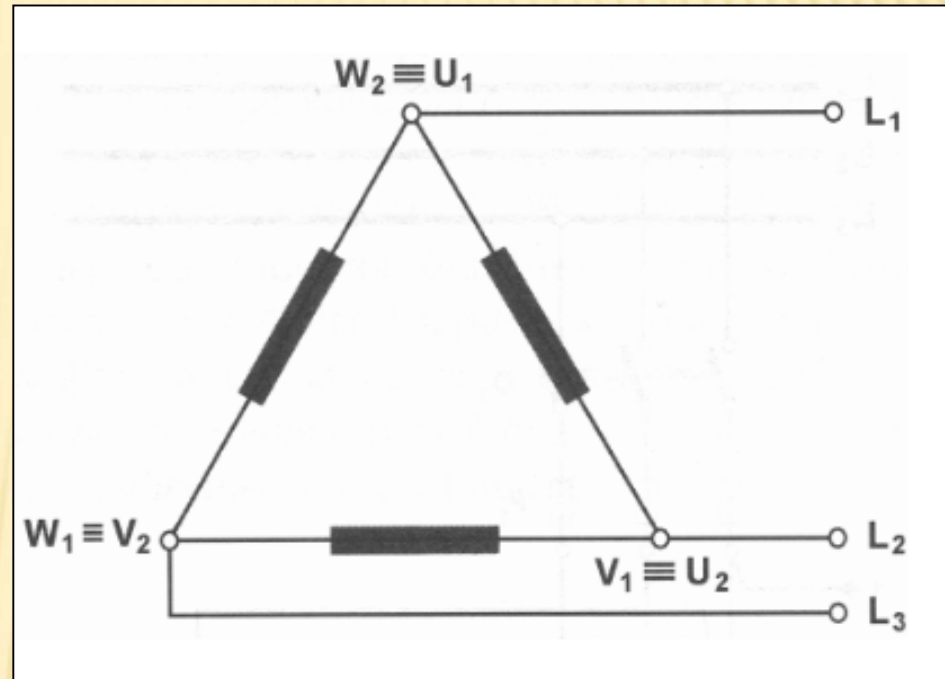


"Εισαγωγή στο Σχέδιο και τα Ηλεκτροτεχνικά Υλικά», Γ. Περαντζάκης

Αυτόματος Εκκινητής Υ/Δ Τριφασικού Κινητήρα Β.Δ.



Συνδεσμολογία τυλιγμάτων κατά αστέρα. Η συνδεσμολογία αυτή εξασφαλίζεται από τον Η/Ν Κ3Μ.



Συνδεσμολογία τυλιγμάτων κατά τρίγωνο. Η συνδεσμολογία αυτή εξασφαλίζεται από τον Η/Ν Κ2Μ.

Αυτόματος Εκκινητής Υ/Δ Τριφασικού Κινητήρα Β.Δ.

Περιγραφή Λειτουργίας

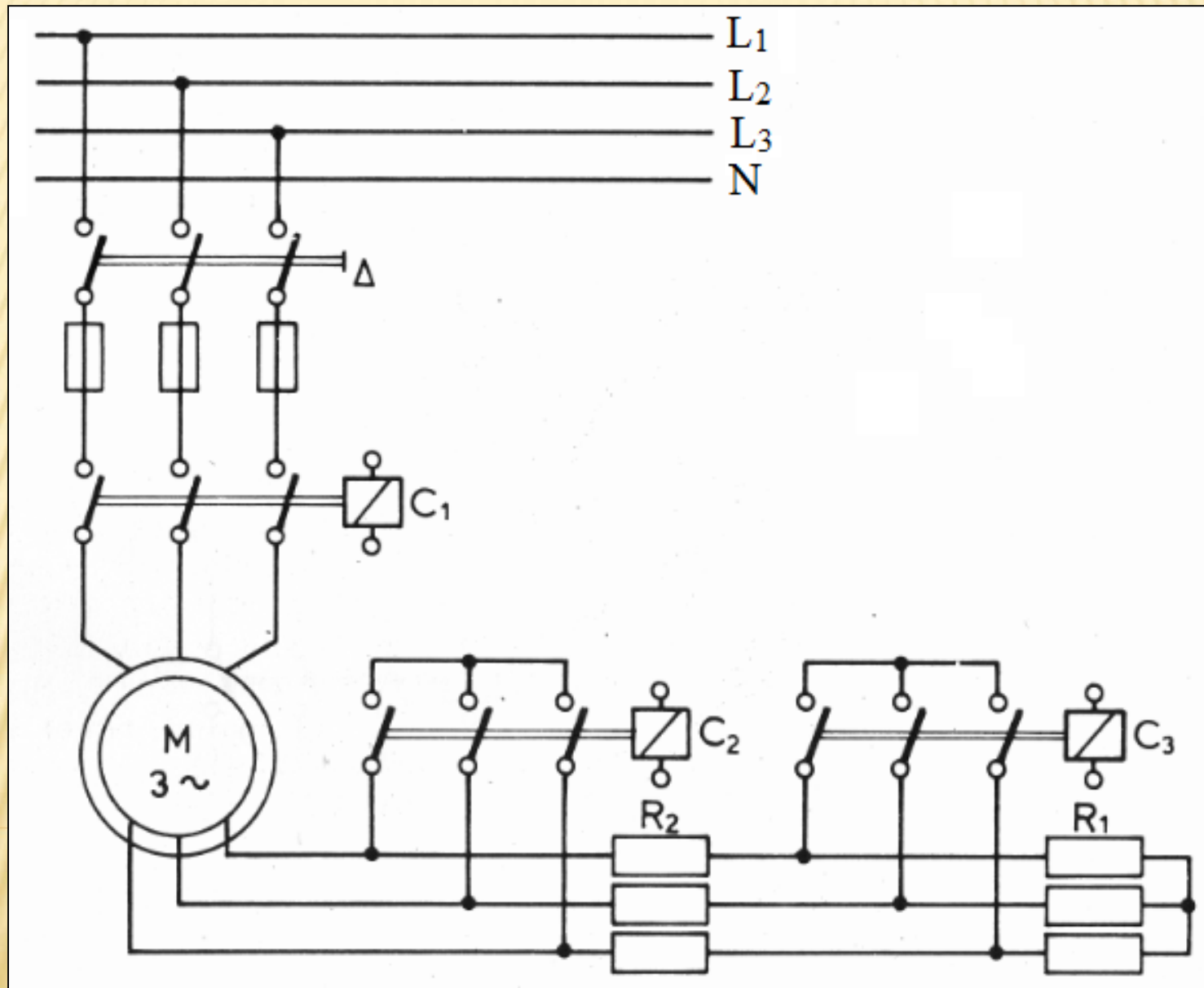
- ✓ Εκκίνηση κινητήρα με την πίεση του μπουτόν S_1 (Start).
- ✓ Ενεργοποιείται ο Η/Ν Κ3Μ και πραγματοποιούνται οι εξής λειτουργίες:
 - Γεφυρώνονται τα άκρα U_2, V_2, W_2 και συνδέονται τα τυλίγματα σε Υ.
 - Κλείνει η επαφή Κ3Μ (13-14) και τροφοδοτεί τον κύριο Η/Ν Κ1Μ, οπότε τροφοδοτείται με ηλεκτρική τάση ο κινητήρας και εκκινεί.
 - Κλείνει η επαφή αυτοσυγκράτησης Κ1Μ 13-14 και συνεχίζεται η τροφοδότηση των Η/Ν Κ3Μ και Κ1Μ.
 - Ανοίγει η επαφή Κ3Μ 21-22, οπότε αποκλείεται η ταυτόχρονη λειτουργία του Η/Ν Κ2Μ (ρελαί Δ) όσο χρόνο βρίσκεται σε λειτουργία ο Η/Ν Κ3Μ (επαφή ηλεκτρικής μανδάλωσης).
- ✓ Ταυτόχρονα με τον ΗΝ Κ3Μ, ενεργοποιείται και το χρονικό ρελαί Κ1Τ και αρχίζει η μέτρηση του χρόνου. Όταν περάσει ο χρόνος εκκίνησης, στον οποίο έχει ρυθμιστεί το χρονικό, κλείνει η επαφή Κ1Τ (15-18) και ανοίγει η επαφή Κ1Τ (15-16).

Αυτόματος Εκκινητής Υ/Δ Τριφασικού Κινητήρα Β.Δ.

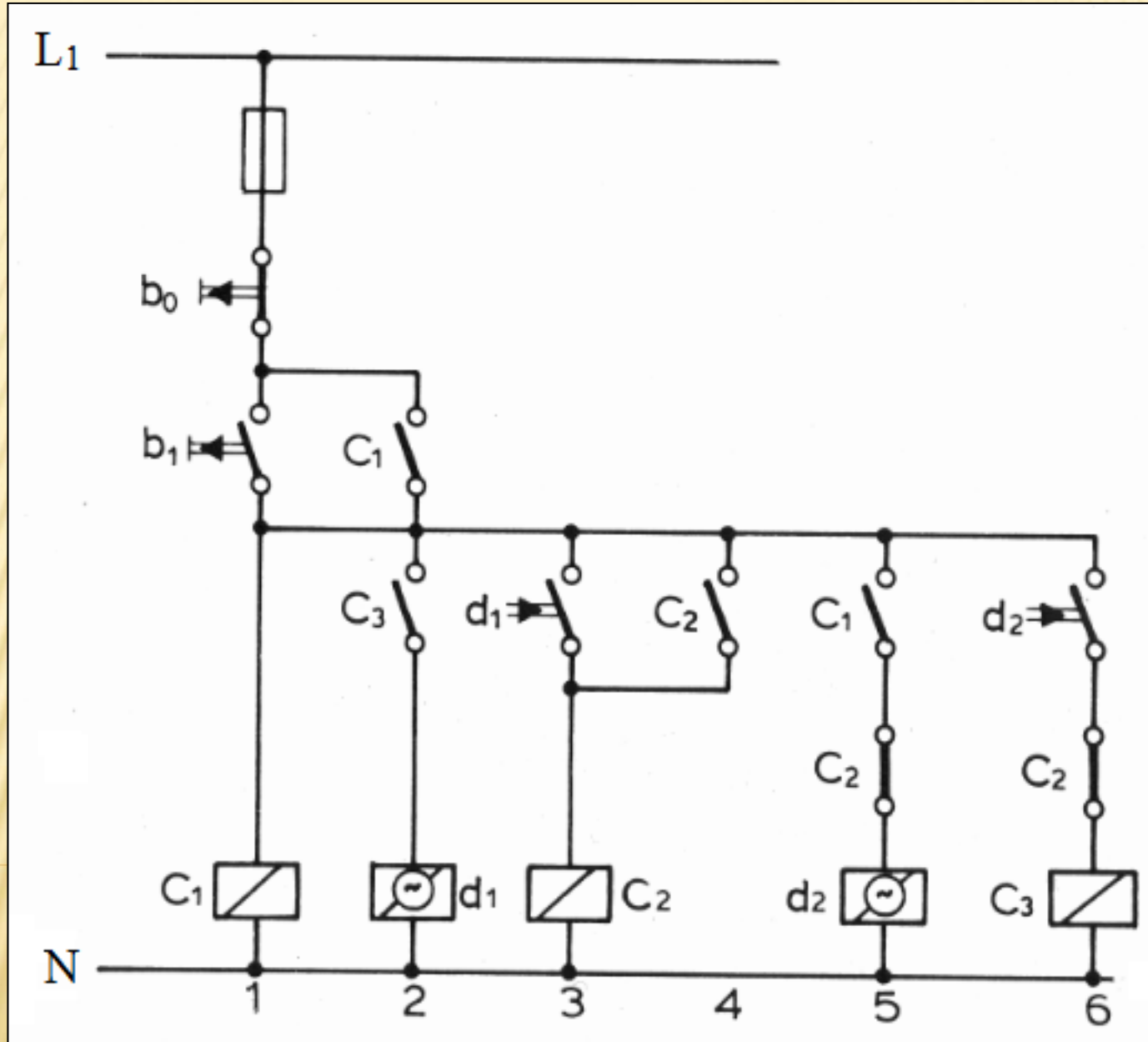
Περιγραφή Λειτουργίας (συνέχεια)

- ✓ Με το άνοιγμα της επαφής K1T (15-16) του Η/Ν Κ1Τ, ο Η/Ν Κ3Μ απενεργοποιείται και πραγματοποιούνται οι εξής λειτουργίες:
 - Τα τυλίγματα του κινητήρα αποσυνδέονται από τη συνδεσμολογία Υ.
 - Ο Η/Ν Κ1Μ συνεχίζει να είναι ενεργοποιημένος, μέσω της επαφής αυτοσυγκράτησης Κ1Μ (13-14).
 - Κλείνει η επαφή Κ3Μ 21-22 και ενεργοποιείται ο Η/Ν Κ2Μ (Η/Ν τριγώνου), οπότε τα τυλίγματα του κινητήρα συνδέονται κατά τρίγωνο και τα άκρα των τυλιγμάτων W_2 , U_2 , V_2 συνδέονται με τις αντίστοιχες φάσεις L_1 , L_2 , L_3 . Στην κατάσταση Δ συνεχίζει ο κινητήρας την κανονική λειτουργία του.
 - Διακοπή λειτουργίας: από τις ασφάλειες F_1 , F_2 , από το θερμικό F_3 με μανδάλωση ή από το μπουτόν STOP (S_2).
 - Σήμανση: η λυχνία h_1 ανάβει κατά την κανονική λειτουργία σε Δ. Η λυχνία h_2 ανάβει μετά από λειτουργία του θερμικού.

Εκκίνηση Κινητήρα με Δακτυλίδια και αντιστάσεις στο Δρομέα



Εκκίνηση Κινητήρα με Δακτυλίδια και αντιστάσεις στο Δρομέα



"Εισαγωγή στο Σχέδιο και τα Ηλεκτροτεχνικά Υλικά», Γ. Περαντζάκης

Εκκίνηση Κινητήρα με Δακτυλίδια και αντιστάσεις στο Δρομέα

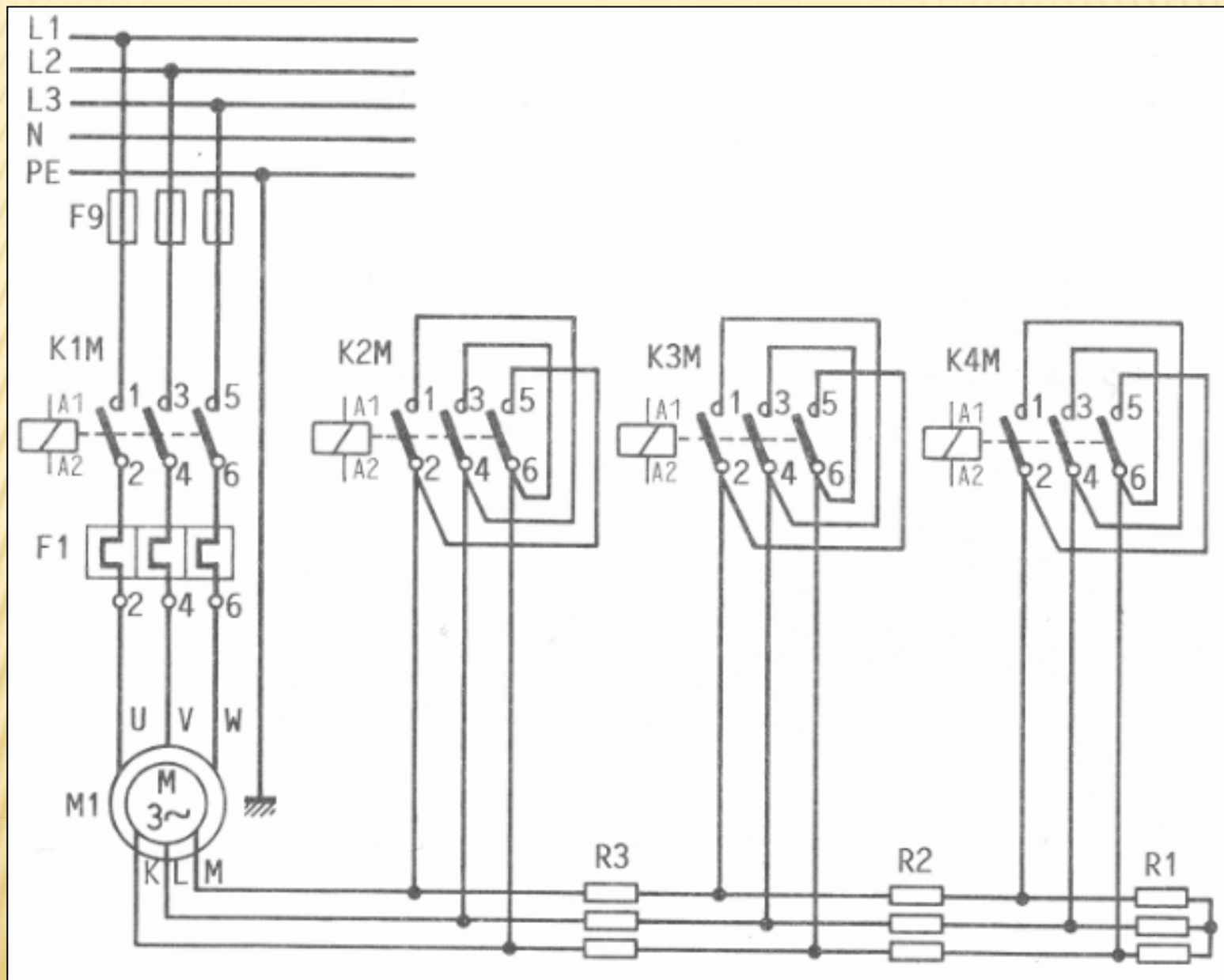
Περιγραφή Λειτουργίας

- Με την πίεση του μπουτόν b_1 (START), οπλίζει το κύριο ρελαί C_1 και πραγματοποιούνται οι εξής λειτουργίες:
 - Συνδέεται το τύλιγμα του στάτη στο τριφασικό δίκτυο.
 - Ο κινητήρας εκκινεί και με τις δύο βαθμίδες αντίστασης στο τύλιγμα του δρομέα. Το ρεύμα εκκίνησης είναι περιορισμένο στην επιθυμητή τιμή και η ροπή εκκίνησης είναι υψηλή.
 - Κλείνει η επαφή αυτοσυγκράτησης (NO) C_1 που βρίσκεται στον κλάδο ρεύματος 2 και εξασφαλίζεται η αυτοτροφοδότηση του ρελαί C_1 .
 - Κλείνει η επαφή (NO) C_1 που βρίσκεται στον κλάδο ρεύματος 5 και τροφοδοτείται με τάση το χρονικό ρελαί d_2 , οπότε αρχίζει και μετράει ο χρόνος για την επαφή (NO) d_2 με χρονική καθυστέρηση στην ενεργοποίηση (delay on) που βρίσκεται στον κλάδο 6.
 - Κλείνει η επαφή d_2 , μετά την παρέλευση του χρόνου ρύθμισης στο ρελαί d_2 , και θέτει υπό τάση το ρελαί C_3 , οπότε τίθεται εκτός η πρώτη βαθμίδα αντιστάσεων R_1 στο δρομέα του κινητήρα.

Εκκίνηση Κινητήρα με Δακτυλίδια και Αντιστάσεις στο Δρομέα Περιγραφή Λειτουργίας (συνέχεια)

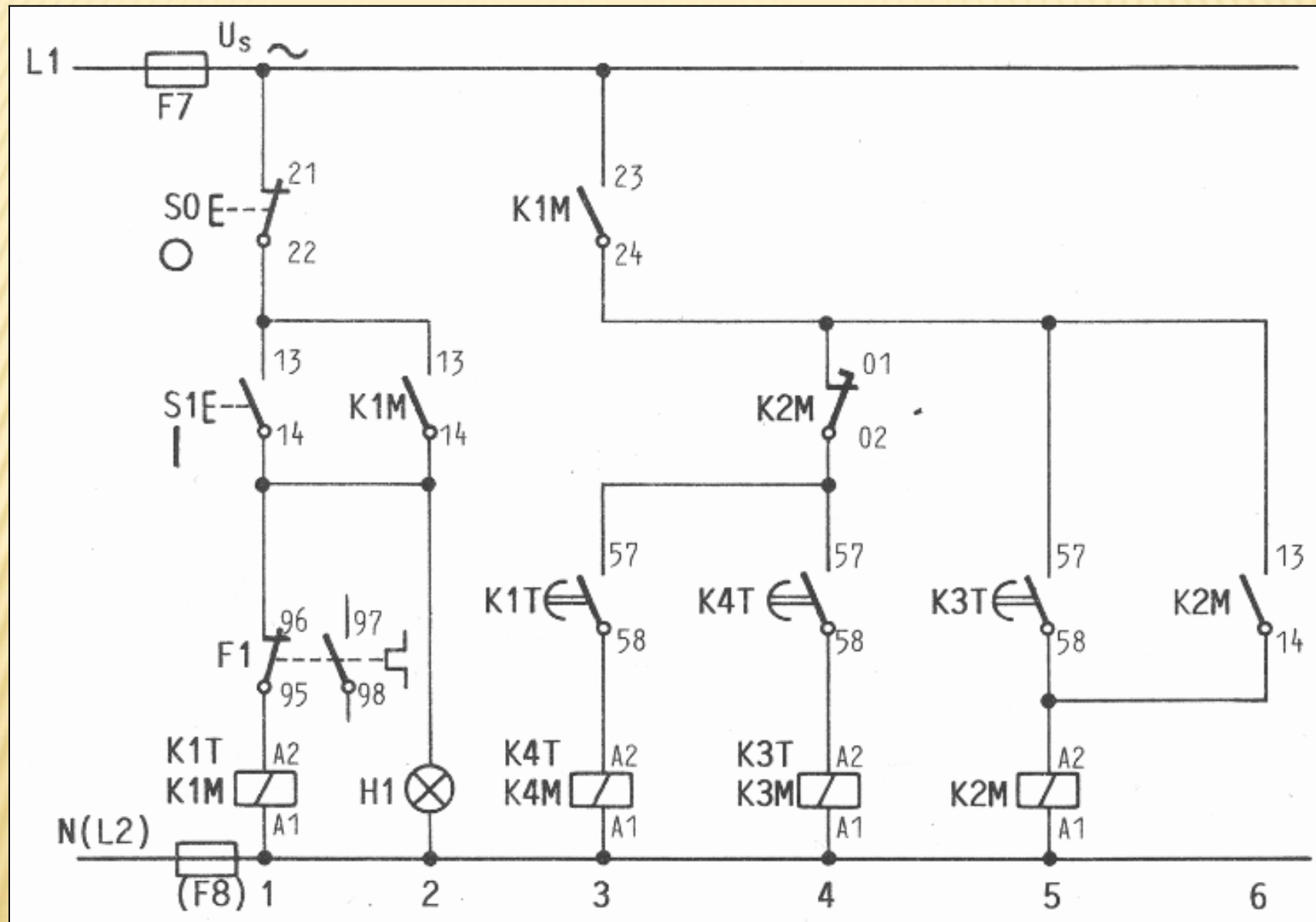
- Κλείνει η επαφή (NO) C_3 που βρίσκεται στον κλάδο ρεύματος 2 και θέτει υπό τάση το χρονικό ρελαί d_1 οπότε αρχίζει και μετράει ο χρόνος για την επαφή (NO) d_1 με χρονική καθυστέρηση στην ενεργοποίηση (delay on) που βρίσκεται στον κλάδο 3.
- Κλείνει η επαφή d_1 στον κλάδο ρεύματος 3, μετά την παρέλευση του χρόνου ρύθμισης στο ρελαί d_2 , και θέτει υπό τάση το ρελαί C_2 , οπότε τίθεται εκτός και η δεύτερη βαθμίδα αντιστάσεων R_2 στο δρομέα.
- Κλείνει η επαφή (NO) C_2 στον κλάδο ρεύματος 4 και εξασφαλίζεται μέσω αυτής της επαφής (αυτοσυγκράτησης) η αυτοτροφοδότηση του ρελαί C_2 , το οποίο παραμένει στο κύκλωμα κατά την κανονική λειτουργία του κινητήρα, προκειμένου να βραχυκυκλώνει τα τρία άκρα του τυλίγματος.
- Η εκκίνηση του δακτυλιοφόρου κινητήρα έχει ολοκληρωθεί, τα άκρα των τυλιγμάτων του δρομέα βραχυκυκλώνονται μέσω του ρελαί C_2 και ο κινητήρας συμπεριφέρεται στη συνέχεια (κατά την κανονική λειτουργία του) ως ένας κινητήρας βραχυκυκλωμένου δρομέα.

Αυτόματη Εκκίνηση Επαγωγικού Κινητήρα με Δακτυλίδια



"Εισαγωγή στο Σχέδιο και τα Ηλεκτροτεχνικά Υλικά", Γ. Περαντζάκης

Αυτόματη Εκκίνηση Επαγωγικού Κινητήρα με Δακτυλίδια



"Εισαγωγή στο Σχέδιο και τα Ηλεκτροτεχνικά Υλικά», Γ. Περαντζάκης

Αυτόματη Εκκίνηση Επαγωγικού Κινητήρα με Δακτυλίδια

Περιγραφή Λειτουργίας

- Η περιγραφή της λειτουργίας είναι παρόμοια με την περίπτωση εκκίνησης δακτυλιοφόρου κινητήρα με δύο βαθμίδες αντιστάσεων εκκίνησης που εξετάστηκε προηγουμένως.
- Εδώ, η εκκίνηση του κινητήρα πραγματοποιείται με τρεις βαθμίδες αντιστάσεων. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται περεταίρω μείωση του ρεύματος εκκίνησης αφενός και αύξηση της ροπής εκκίνησης αφετέρου, κάτι που είναι επιθυμητό όταν πρόκειται ο κινητήρας να εκκινήσει με το πλήρες φορτίο στον άξονά του και μάλιστα όταν το μηχανικό φορτίο είναι πολύ μεγάλο.
- Η εκκίνηση πραγματοποιείται με την ενεργοποίηση του μπουτόν S_1 , οπότε ακολουθούν οι εξής εργασίες:
 - Τίθεται υπό τάση και ενεργοποιείται το κύριο ρελαί K1M και το χρονικό ρελαί K1T (το χρονικό ρελαί K1T έχει προσαρμοστεί πάνω στο κύριο ρελαί K1M).

Αυτόματη Εκκίνηση Επαγωγικού Κινητήρα με Δακτυλίδια

Περιγραφή Λειτουργίας (συνέχεια)

- Κλείνει η επαφή αυτοσυγκράτησης (NO) K1M (13-14) που βρίσκεται στον κλάδο ρεύματος 2 και εξασφαλίζεται η αυτοτροφοδότηση του κύριου ρελαί K1M.
- Κλείνει η επαφή (NO) K1M (23-24) που βρίσκεται στον κλάδο 3 και εξασφαλίζεται η τροφοδότηση των ρελαί K4M/K4T, K3M/K3T και K2M.
- Μετά από κάποιο χρόνο που έχει προρυθμιστεί, το χρονικό ρελαί K1T κλείνει την επαφή (NO) K1T (57-58) με καθυστέρηση στην ενεργοποίηση, που βρίσκεται στον κλάδο ρεύματος 3, και θέτει υπό τάση τα ρελαί K4M/K4T.
- Με την ενεργοποίηση του ρελαί K4M βραχυκυκλώνονται τα άκρα των αντιστάσεων της πρώτης βαθμίδας R_1 , η οποία και τίθεται εκτός.
- Μετά από κάποιο χρόνο που έχει προρυθμιστεί, το χρονικό ρελαί K4T κλείνει την επαφή (NO) K4T (57-58) με καθυστέρηση στην ενεργοποίηση, που βρίσκεται στον κλάδο ρεύματος 4, και θέτει υπό τάση τα ρελαί K3M/K3T.

Αυτόματη Εκκίνηση Επαγωγικού Κινητήρα με Δακτυλίδια

Περιγραφή Λειτουργίας (συνέχεια)

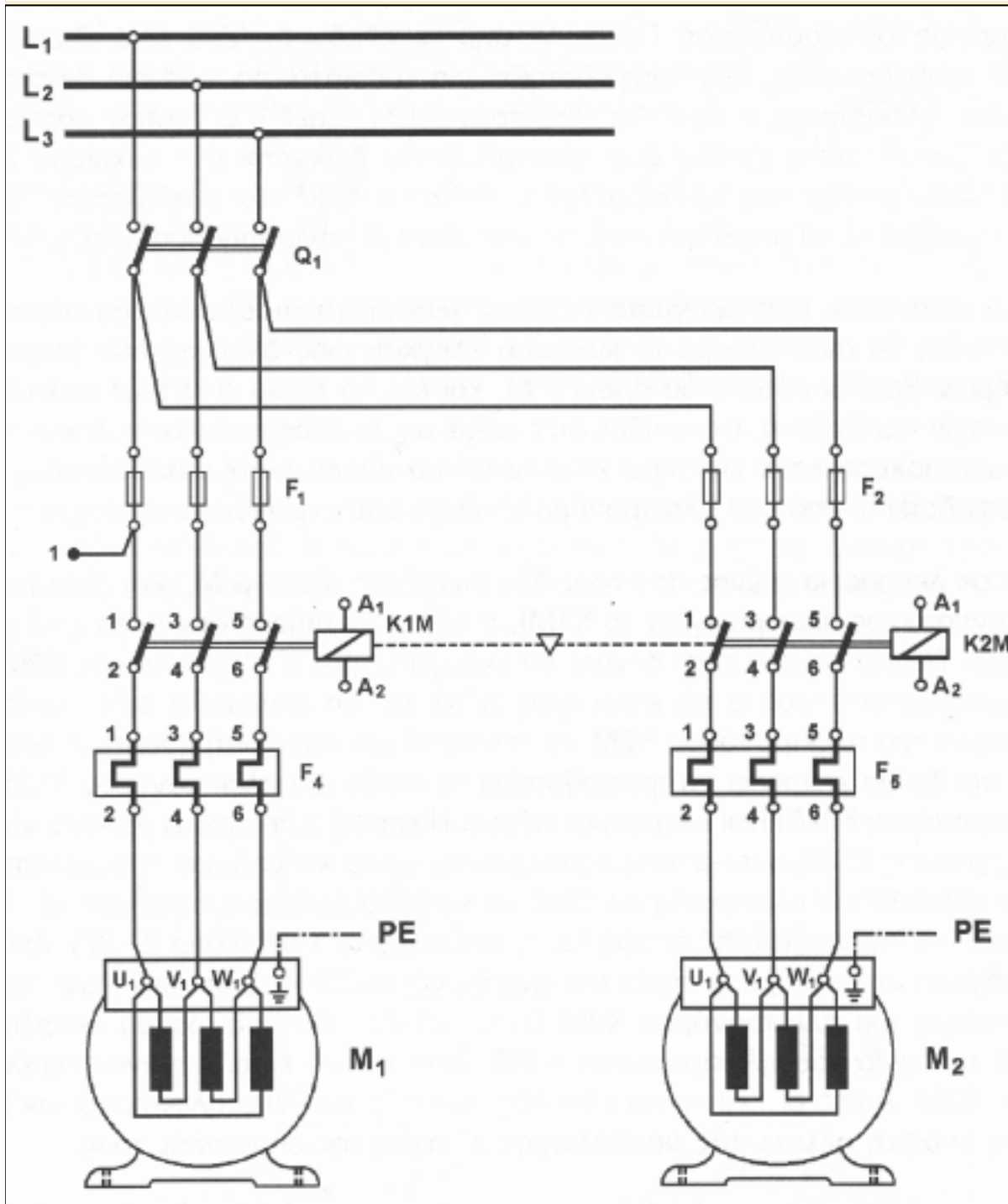
- Με την ενεργοποίηση του ρελαί K3M βραχυκυκλώνονται τα άκρα των αντιστάσεων της δεύτερης βαθμίδας R_2 , η οποία και τίθεται εκτός.
- Μετά από κάποιο χρόνο που έχει προρυθμιστεί, το χρονικό ρελαί K3T κλείνει την επαφή (NO) K3T (57-58) με καθυστέρηση στην ενεργοποίηση, που βρίσκεται στον κλάδο ρεύματος 5, και θέτει υπό τάση το ρελαί K2M.
- Με την ενεργοποίηση του ρελαί K2M,
 - ❖ Βραχυκυκλώνονται τα άκρα των αντιστάσεων της τρίτης βαθμίδας R_3 , η οποία και τίθεται εκτός, οπότε ολοκληρώνεται και η εκκίνηση του κινητήρα.
 - ❖ Κλείνει η επαφή αυτοσυγκράτησης (NO) K2M (13-14) στον κλάδο ρεύματος 6 και εξασφαλίζεται η αυτοτροφοδότηση του ρελαί K2M σε όλη τη διάρκεια λειτουργίας του κινητήρα.
 - ❖ Ανοίγει η επαφή (NC) K2M (01-02) στον κλάδο ρεύματος 4 και τίθενται εκτός τα ρελαί K4M/K4T και K3M/K3T, τα οποία είναι υπεύθυνα για τη βραχυκύκλωση των βαθμίδων αντιστάσεων R_1 και R_2 αντίστοιχα.

Αυτόματη Εκκίνηση Επαγωγικού Κινητήρα με Δακτυλίδια

Περιγραφή Λειτουργίας (συνέχεια)

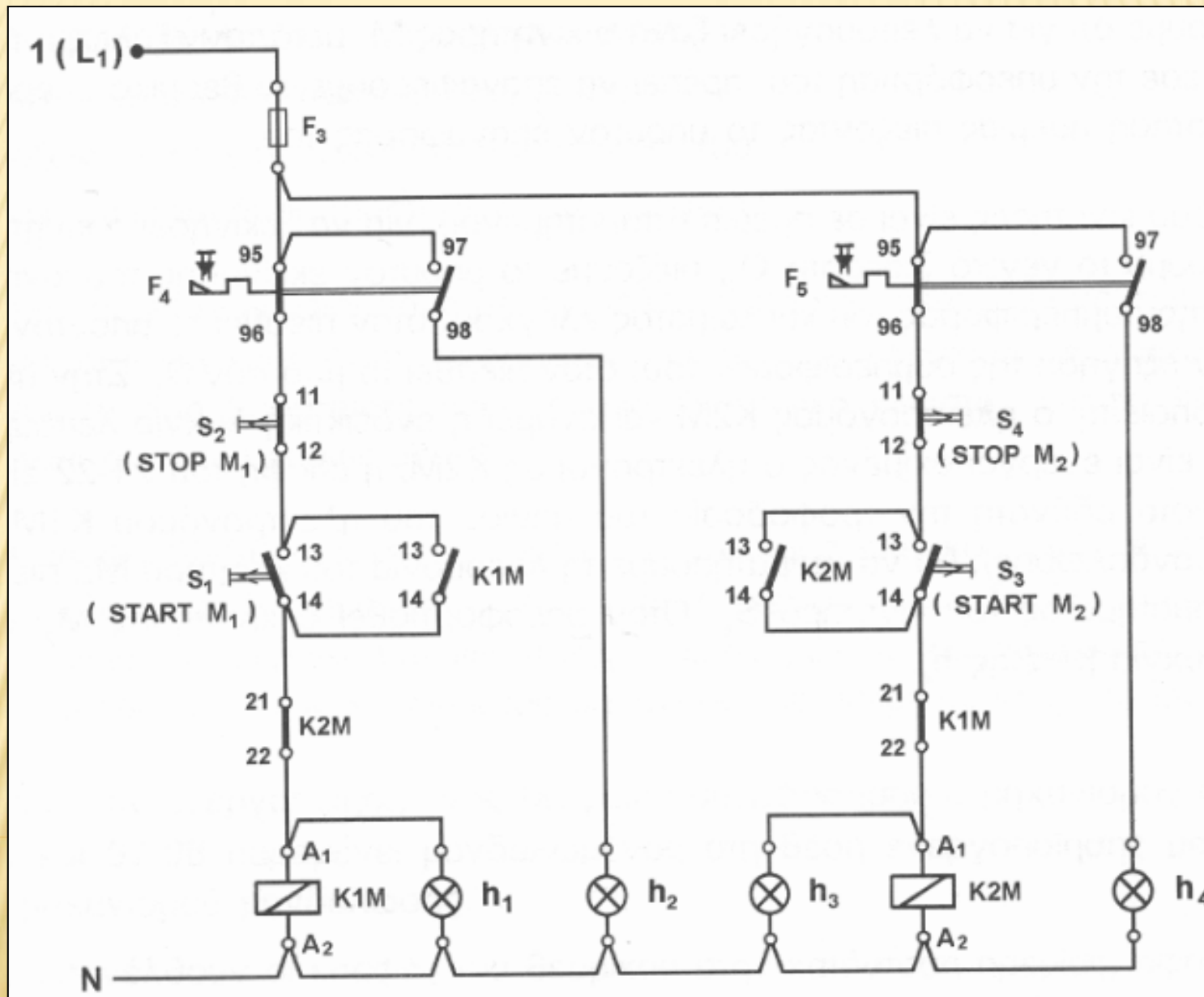
- Ο λαμπτήρας H1 ανάβει αμέσως μετά την ενεργοποίηση του κύριου ρελαί K1M και σηματοδοτεί τη λειτουργία του κινητήρα.
- Η διακοπή της λειτουργίας του κινητήρα συμβαίνει με τη διακοπή της τροφοδοσίας του κύριου ρελαί K1M, η οποία μπορεί να επέλθει εάν συμβεί μία από τις παρακάτω ενέργειες:
 - Με την ενεργοποίηση του μπουτόν (STOP) S0 (21-22), που βρίσκεται στον κλάδο ρεύματος 1.
 - Με την ενεργοποίηση του θερμικού στοιχείου F1 σε περίπτωση υπερφόρτισης του κινητήρα, το οποίο ανοίγει την επαφή (NC) F1 (96-95), που βρίσκεται στον κλάδο ρεύματος 1.
 - Με την τήξη των ασφαλειών F9 ή F7/F8 μετά από βραχυκύκλωμα.
- Η βραχυκύκλωση των πόλων των ρελαί K2M, K3M και K4M επιτυγχάνεται με διάταξη τριγώνου, ώστε το ρεύμα να είναι περιορισμένο στην τιμή: $0,58 I_{\Delta\rho\rho\mu\acute{\epsilon}\alpha}$

Μανδάλωση της Λειτουργίας Δύο Κινητήρων



"Εισαγωγή στο Σχέδιο και τα
Ηλεκτροτεχνικά Υλικά», Γ.
Περαντζάκης

Μανδάλωση της Λειτουργίας Δύο Κινητήρων



Μανδάλωση της Λειτουργίας Δύο Κινητήρων

Περιγραφή Λειτουργίας

- Μανδάλωση της λειτουργίας δύο κινητήρων επιβάλλεται όταν πρέπει να αποκλειστεί η περίπτωση της ταυτόχρονης ενεργοποίησης των κύριων ρελαί των κινητήρων.
- Η μανδάλωση με ηλεκτρικά μέσα, ονομάζεται ηλεκτρική μανδάλωση, είναι υποχρεωτική, ενώ η μηχανική μανδάλωση (με μηχανικά μέσα) είναι συμπληρωματική για περισσότερη ασφάλεια.
- Η ενεργοποίηση των κινητήρων γίνεται μέσω των μπουτόνς S_1 και S_3 (START) και η θέση τους σε λειτουργία εξασφαλίζεται από τις επαφές αυτοσυγκράτησης (NO) K1M (13-14) για το ρελαί K1M και (NO) K2M (13-14) για το ρελαί K2M.
- Ο αποκλεισμός της ταυτόχρονης λειτουργίας των ρελαί K1M και K2M εξασφαλίζεται από τις επαφές ηλεκτρικής μανδάλωσης (NC) K1M (21-22), η οποία ανοίγει όταν ενεργοποιείται το ρελαί K1M και αποκλείει την ταυτόχρονη λειτουργία του ρελαί K2M, και (NC) K2M (21-22), η οποία ανοίγει όταν ενεργοποιείται το ρελαί K2M και αποκλείει την ταυτόχρονη λειτουργία του ρελαί K1M.

Μανδάλωση της Λειτουργίας Δύο Κινητήρων

Περιγραφή Λειτουργίας (συνέχεια)

- Η σήμανση λειτουργίας των κύριων ρελαί K1M και K2M γίνεται με το άναμμα των λαμπτήρων h_1 και h_3 αντίστοιχα.
- Η διακοπή του κυκλώματος τροφοδοσίας των κύριων ρελαί K1M και K2M λόγω υπερφόρτισης από τα θερμικά στοιχεία F_4 , F_5 επισημαίνεται με το άναμμα των λαμπτήρων h_2 και h_4 αντίστοιχα.
- Η διακοπή λειτουργίας των κυκλωμάτων γίνεται με την ενεργοποίηση των μπουτόνς (STOP) S_2 και S_4 .
- Προστασία από βραχυκυκλώματα εξασφαλίζεται από τις ασφάλειες τήξης F_1 και F_3 .

Αναλυτικό Σχέδιο Βασικών Διατάξεων Αυτοματισμών Κινητήρων

- Το αναλυτικό ή κατασκευαστικό σχέδιο διάταξης αυτοματισμού κινητήρα είναι το πολυγραμμικό σχέδιο της συνδεσμολογίας. Στο σχέδιο αυτό περιλαμβάνονται αναλυτικά όλες οι καλωδιώσεις και οι συνδέσεις μεταξύ των κυκλωμάτων ισχύος και ελέγχου, όπως ακριβώς υλοποιείται στην πραγματικότητα η συνδεσμολογία της όλης διάταξης.
- Το αναλυτικό ή κατασκευαστικό σχέδιο προκύπτει αφού προηγουμένως έχουν σχεδιαστεί τα κυκλώματα ισχύος και ελέγχου της διάταξης αυτοματισμού.
- Εάν τώρα υπάρχει το αναλυτικό σχέδιο, εύκολα μπορούν να σχεδιαστούν τα κυκλώματα ισχύος και ελέγχου της συνδεσμολογίας.
- Στην πράξη, με βάση το κύκλωμα ισχύος και το κύκλωμα ελέγχου ενός αυτοματισμού πραγματοποιείται η συνδεσμολογία μεταξύ των διαφόρων στοιχείων της διάταξης. Επομένως, ο τελικός στόχος είναι η υλοποίηση της συνδεσμολογίας της όλης διάταξης αυτοματισμού που απεικονίζει το αναλυτικό σχέδιο.

Αναλυτικό Σχέδιο Βασικών Διατάξεων Αυτοματισμών Κινητήρων

- Το αναλυτικό σχέδιο περιλαμβάνει όλες τις καλωδιώσεις του κυκλώματος ισχύος και του κυκλώματος ελέγχου, βάσει του οποίου κατασκευάζεται η όλη συνδεσμολογία της διάταξης αυτοματισμού του κινητήρα. Για την αναλυτική σχεδίαση διατάξεων αυτοματισμών κινητήρων, ακολουθούνται τα εξής βήματα:
 - Σχεδιάζονται οι (οριζόντιοι) αγωγοί τροφοδοσίας του κινητήρα, οι αγωγοί των φάσεων L_1, L_2, L_3 , του ουδέτερου αγωγού N και του αγωγού προστασίας PE . Η τροφοδοσία των τυλιγμάτων γίνεται από τις τρεις φάσεις. Ο κινητήρας δε χρειάζεται ουδέτερο αγωγό, αφού αυτός συνιστά ένα συμμετρικό τριφασικό φορτίο. Ο αγωγός προστασίας συνδέεται στο μεταλλικό κέλυφος του κινητήρα και τα μεταλλικά περιβλήματα των συσκευών.
 - Σχεδιάζεται το κύκλωμα ισχύος με τους (κάθετους) αγωγούς και τον εξοπλισμό προστασίας, ελέγχου και χειρισμού λειτουργίας του κινητήρα, ο οποίος διαρρέεται από το ονομαστικό ρεύμα του κινητήρα. Ο εξοπλισμός αυτός είναι ο εξής:

Αναλυτικό Σχέδιο Βασικών Διατάξεων Αυτοματισμών Κινητήρων

- ✓ Διακόπτης φορτίου (εάν προβλέπεται) για την αποκατάσταση και διακοπή του κυκλώματος κατά την κανονική λειτουργία του κινητήρα. Διακόπτει μόνο ονομαστικά ρεύματα φορτίου.
- ✓ Οι ασφάλειες τήξης. Τοποθετούνται στην αρχή του κυκλώματος και προστατεύουν τον κινητήρα και τον (τους) κύριο (κύριους) Η/Ν από βραχυκυκλώματα. Ο διακόπτης φορτίου μαζί με τις ασφάλειες τήξης μπορεί να αποτελεί ενιαία μονάδα, οπότε ονομάζεται ασφαλειοαποζεύκτης.
- ✓ Ο κύριος (κύριοι) ηλεκτρονόμος (ηλεκτρονόμοι) με όλες τις κύριες και βοηθητικές επαφές που ελέγχει και οι οποίες είναι οι κανονικά ανοικτές και κανονικά κλειστές επαφές και οι επαφές με χρονική καθυστέρηση. Όλες οι επαφές του (των) Η/Ν σχεδιάζονται στη φυσική τους θέση.
- ✓ Τα θερμικά στοιχεία για την προστασία του κινητήρα από υπερφόρτιση. Τα θερμικά στοιχεία ελέγχουν μία κανονικά κλειστή επαφή, για τη διακοπή της τροφοδοσίας του κύριου Η/Ν και μία κανονικά ανοικτή επαφή για την ενεργοποίηση της σήμανσης. Οι επαφές των θερμικών σχεδιάζονται στη φυσική τους θέση.

Αναλυτικό Σχέδιο Βασικών Διατάξεων Αυτοματισμών Κινητήρων

- ✓ Τα τυλίγματα του κινητήρα σε συνδεσμολογία αστέρα ή τριγώνου. Τα έξι άκρα των τυλιγμάτων καταλήγουν στο κιβώτιο ακροδεκτών, το οποίο βρίσκεται στο κέλυφος του στάτη, προκειμένου να γίνει αφενός η επιθυμητή συνδεσμολογία και αφετέρου να συνδεθούν οι τρεις φάσεις τροφοδοσίας του κινητήρα.
- Σχεδιάζεται η θέση των μπουτόνς ελέγχου λειτουργίας (START, STOP) του κινητήρα στη φυσική τους θέση. Στις περισσότερες περιπτώσεις, τα μπουτόνς ελέγχου βρίσκονται μακριά από τη θέση του κινητήρα και η σύνδεση των μπουτόνς με τις επαφές του Η/Ν γίνεται με πολυπολικό καλώδιο διατομής 1,5mm². Ο έλεγχος λειτουργίας κινητήρα μπορεί να πραγματοποιείται από περισσότερες από μία θέσεις. Στην περίπτωση αυτή, σε κάθε θέση ελέγχου προβλέπεται ξεχωριστό ζεύγος μπουτόνς START και STOP. Τα STOP συνδέονται σε σειρά μεταξύ τους και τα START παράλληλα μεταξύ τους.
- Σχεδιάζονται οι αγωγοί που συνδέουν τις διάφορες επαφές μεταξύ τους, λαμβάνοντας ως βάση το λειτουργικό σχέδιο του κυκλώματος ελέγχου.

Αναλυτικό Σχέδιο Βασικών Διατάξεων Αυτοματισμών Κινητήρων

- Για τη σχεδίαση των γραμμών σύνδεσης του κυκλώματος τροφοδοσίας των Η/Ν, ακολουθείται η σειρά σύνδεσης επαφών σύμφωνα με το λειτουργικό σχέδιο του κυκλώματος ελέγχου. Ισχύει η εξής σειρά σύνδεσης των στοιχείων.
- ✓ Αρχικά πρέπει να αποφασιστεί η τροφοδοσία των Η/Ν, η οποία εξαρτάται από την τάση λειτουργίας των πηνίων εργασίας.
 - Για τάση λειτουργίας 400V(RMS), η τροφοδοσία γίνεται από δύο φάσεις.
 - Για τάση λειτουργίας 230V(RMS), η τροφοδοσία γίνεται από μία φάση και ουδέτερο.
- ✓ Το ένα άκρο των Η/Ν συνδέεται σταθερά στον ουδέτερο αγωγό ή στη μία από τις δύο φάσεις. Η σύνδεση του άλλου άκρου των Η/Ν ελέγχεται μέσω επαφών και στοιχείων προστασίας, τα οποία παρεμβαίνουν στο κύκλωμα με την εξής σειρά:
 - Ασφάλεια (-ες) τήξης 10Α για προστασία του κυκλώματος ελέγχου από βραχυκυκλώματα. Ασφάλειες τοποθετούνται μόνο στις φάσεις και όχι στον ουδέτερο αγωγό !.

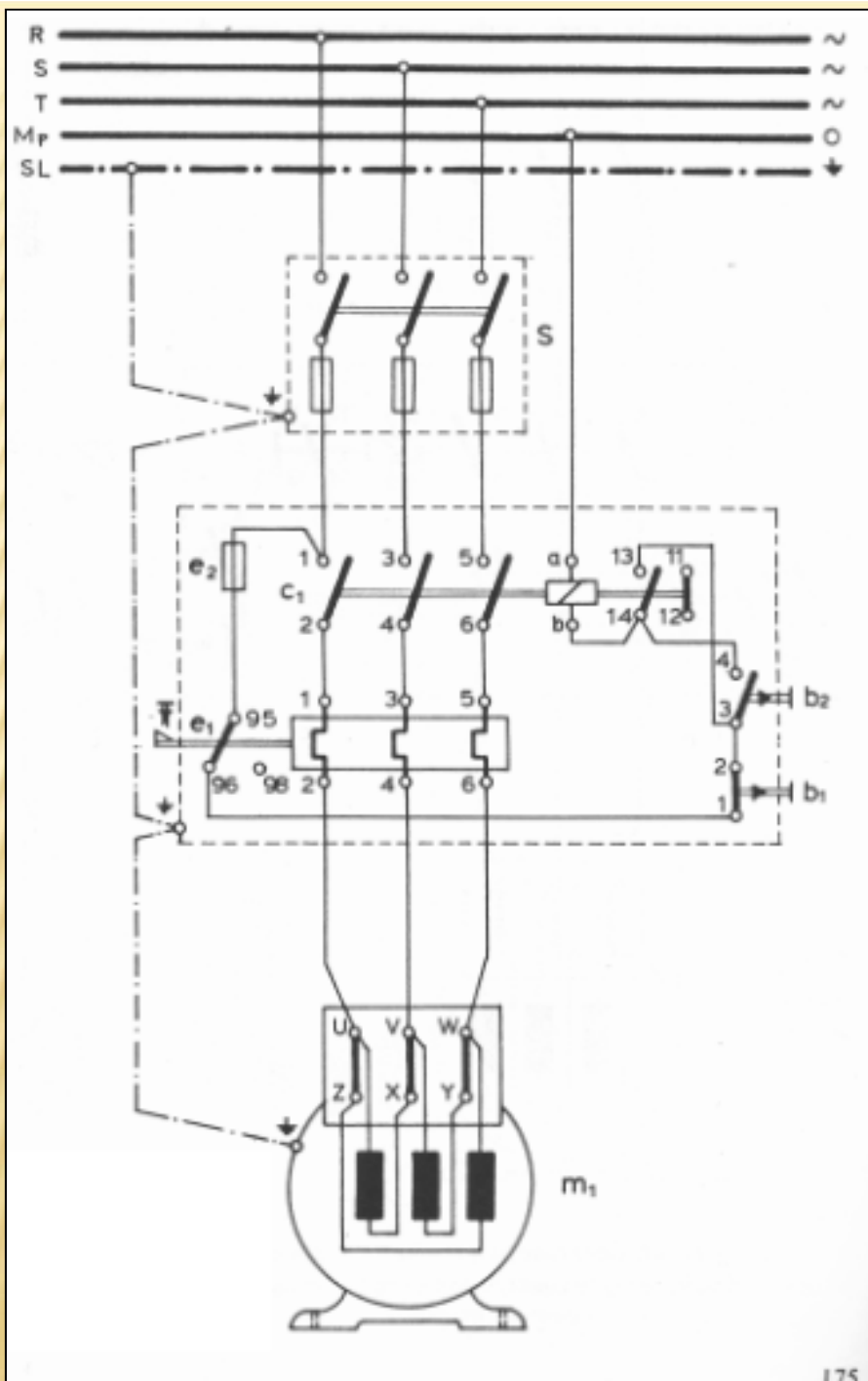
Αναλυτικό Σχέδιο Βασικών Διατάξεων Αυτοματισμών Κινητήρων

- Κανονικά κλειστή επαφή των θερμικών, ώστε να ανοίξει και να διακόψει την τροφοδοσία του κύριου Η/Ν σε περίπτωση υπερφόρτισης. Η δεύτερη κανονικά ανοικτή επαφή των θερμικών αξιοποιείται για την ενεργοποίηση του λαμπτήρα σήμανσης.
- Κανονικά κλειστή επαφή του μπουτόν STOP για την άμεση διακοπή λειτουργίας του κινητήρα, όταν αυτό είναι επιθυμητό.
- Κανονικά ανοικτή επαφή START για την ενεργοποίηση του κυρίως Η/Ν για την εκκίνηση του κινητήρα.
- Οι αγωγοί σύνδεσης των βοηθητικών επαφών με τα μπουτόνς ελέγχου, καθώς και οι αγωγοί ισχύος με τους Η/Ν αποφασίζονται με βάση το κύκλωμα ισχύος και το κύκλωμα ελέγχου της συνδεσμολογίας.
- Οι αγωγοί του κυκλώματος ισχύος που διαρρέονται από το ονομαστικό ρεύμα λειτουργίας του κινητήρα σχεδιάζονται με παχύτερη γραμμή από τους αγωγούς σύνδεσης του κυκλώματος ελέγχου.
- Με βάση την αναλυτική συνδεσμολογία αποφασίζεται το πλήθος των αγωγών των καλωδίων που θα χρησιμοποιηθούν.

Αναλυτικό Σχέδιο Βασικών Διατάξεων Αυτοματισμών Κινητήρων

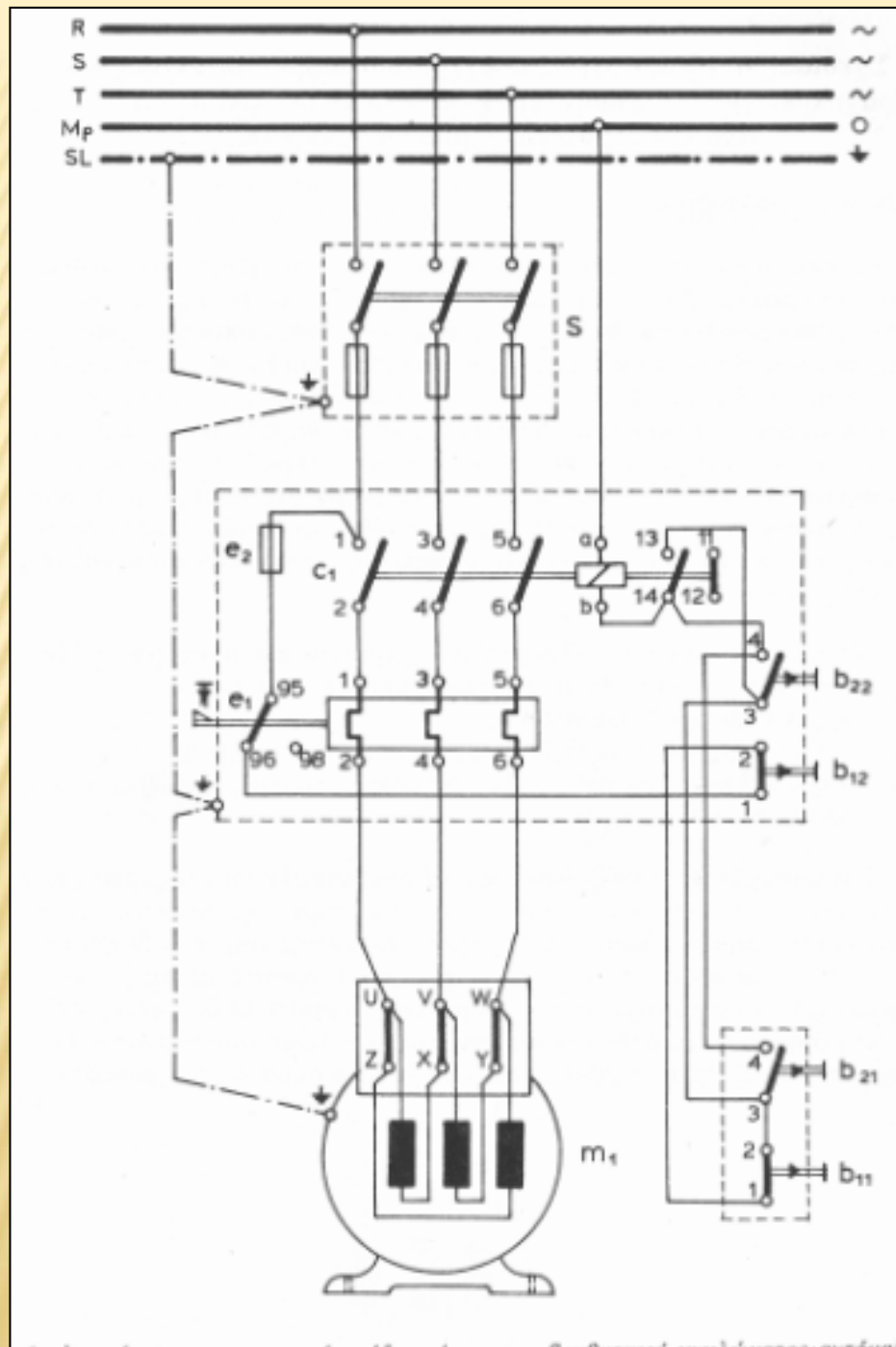
- Σχεδιάζονται οι συνδέσεις του αγωγού προστασίας PE με τα μεταλλικά κιβώτια του εξοπλισμού και με το κέλυφος του κινητήρα.
- Στη συνέχεια, παρουσιάζονται παραδείγματα αναλυτικής σχεδίασης βασικών συνδεσμολογιών αυτοματισμών κινητήρων, τα οποία έχουν πραγματοποιηθεί με βάση τις παραπάνω οδηγίες.

Παραδείγματα



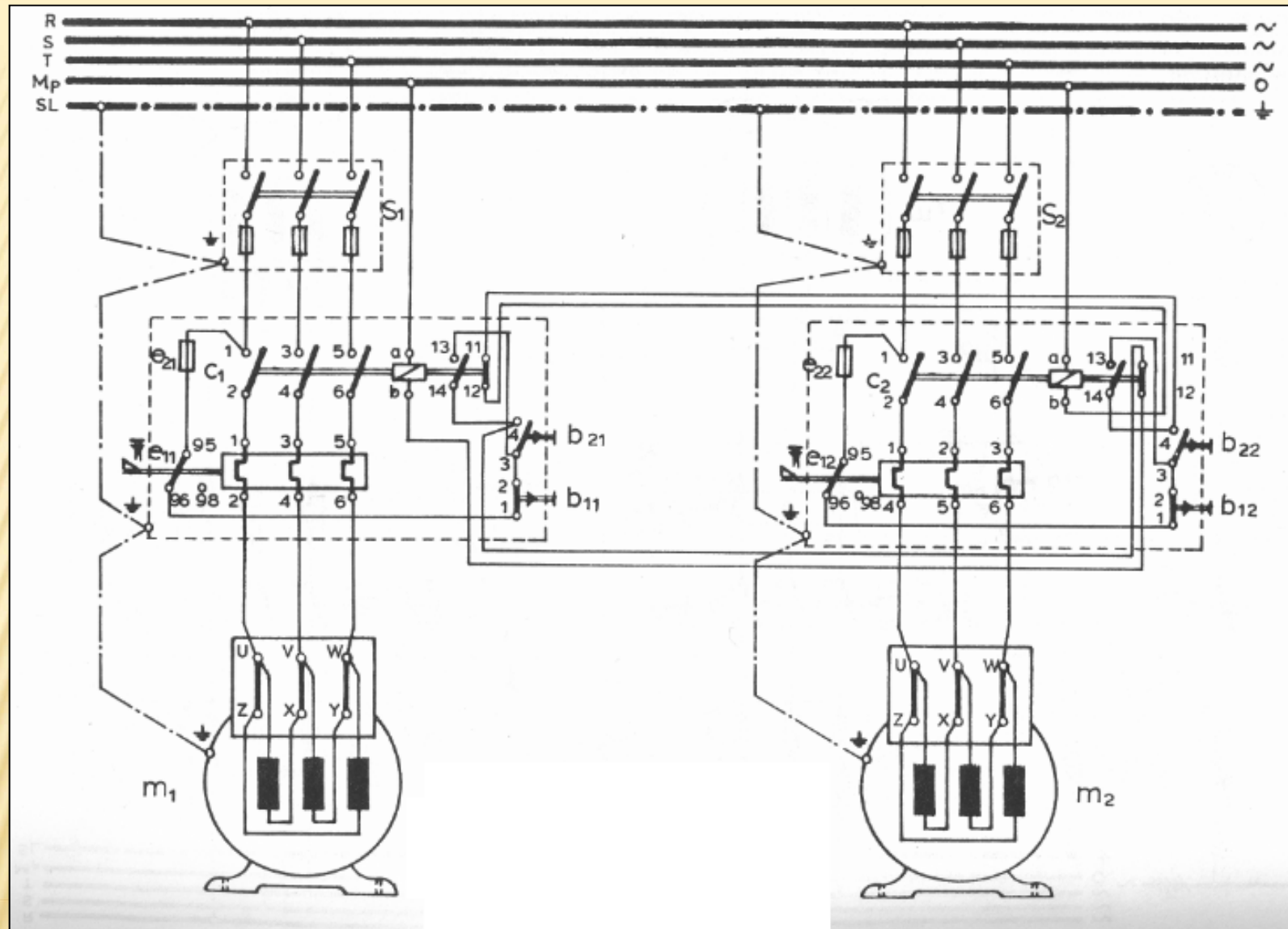
Αναλυτικό – κατασκευαστικό –
πολυγραμμικό σχέδιο κυκλώματος
ισχύος και ελέγχου αυτόματης
λειτουργίας τριφασικού κινητήρα.

"Εισαγωγή στο Σχέδιο και τα
Ηλεκτροτεχνικά Υλικά», Γ. Περαντζάκης



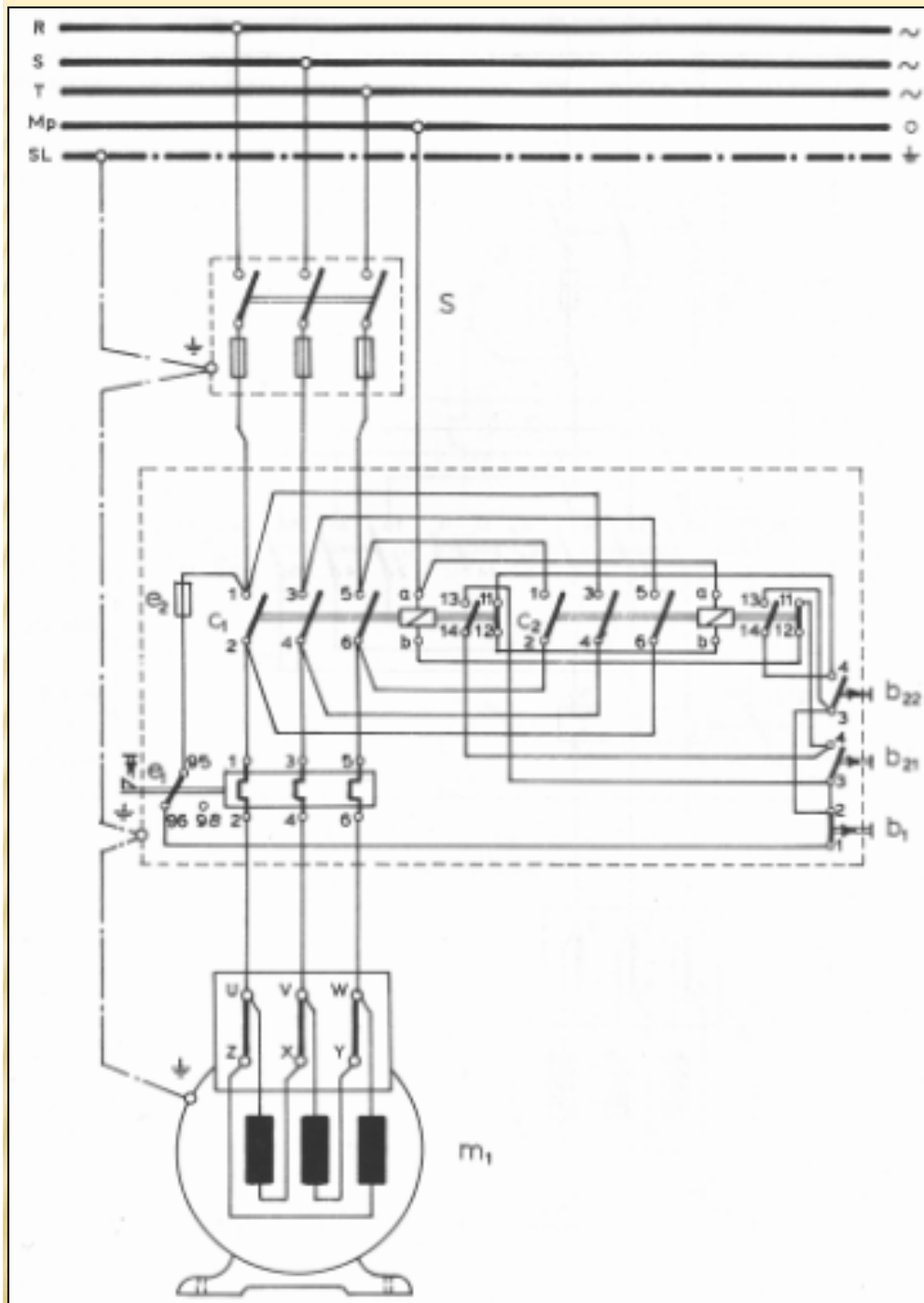
Αναλυτικό – κατασκευαστικό –
 πολυγραμμικό σχέδιο κυκλώματος
 ισχύος και ελέγχου αυτόματης
 λειτουργίας τριφασικού κινητήρα.
 Ο κινητήρας ελέγχεται από
 περισσότερες από μία θέσεις
 χειρισμού ή εντολών.

"Εισαγωγή στο Σχέδιο και τα
 Ηλεκτροτεχνικά Υλικά», Γ. Περαντζάκης



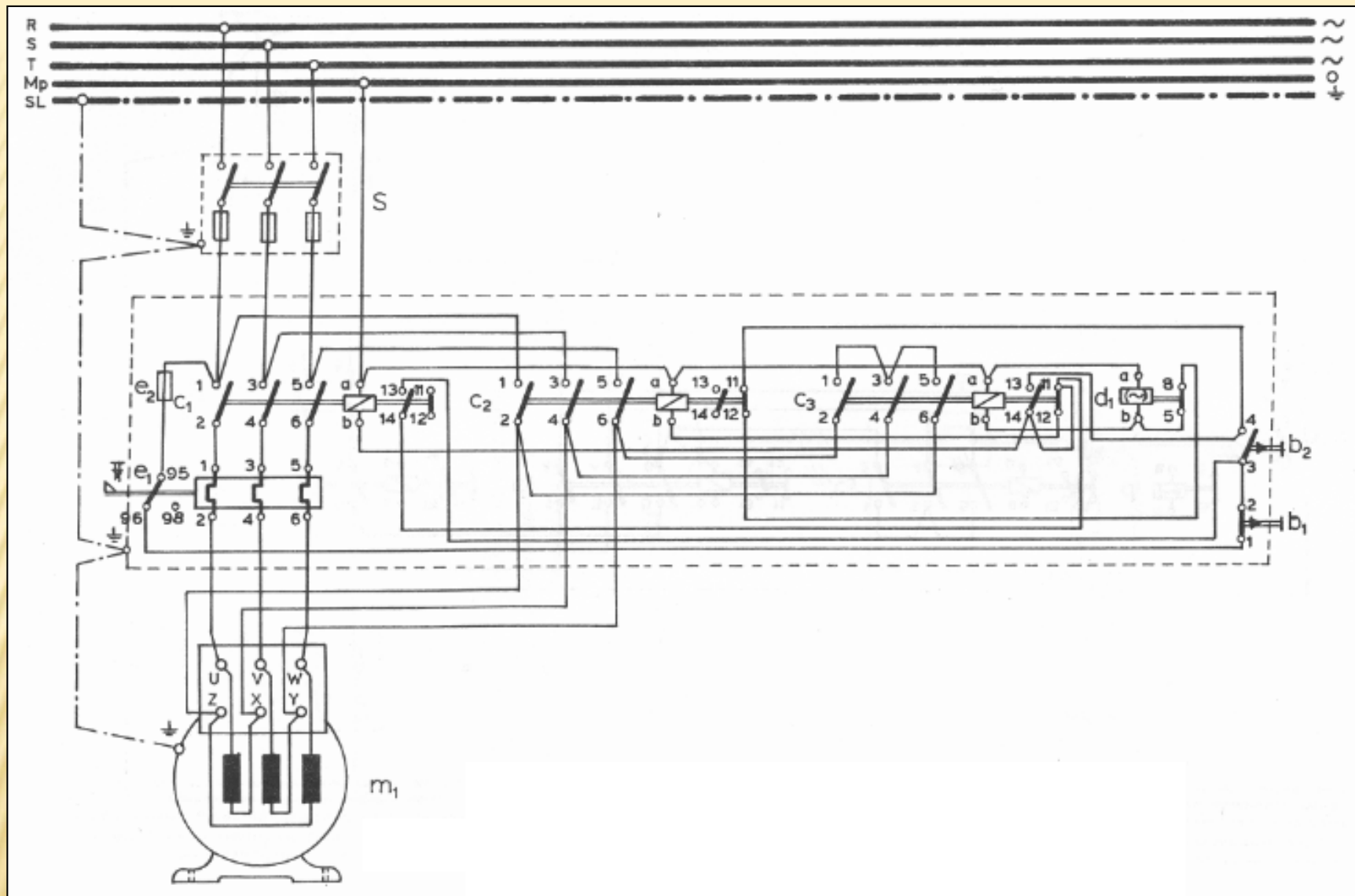
Αναλυτικό σχέδιο κυκλώματος αποφυγής ταυτόχρονης λειτουργίας δυο κινητήρων με ηλεκτρική μανδάλωση.

"Εισαγωγή στο Σχέδιο και τα Ηλεκτροτεχνικά Υλικά», Γ. Περαντζάκης



Αναλυτικό σχέδιο κυκλώματος
 αυτόματου συστήματος
 αναστροφής τριφασικού
 κινητήρα με μπουτόν μιας
 επαφής και με απλή
 μανδάλωση.

"Εισαγωγή στο Σχέδιο και τα
 Ηλεκτροτεχνικά Υλικά«, Γ.
 Περαντζάκης



Αναλυτικό σχέδιο κυκλώματος αυτόματου συστήματος εκκίνησης τριφασικού κινητήρα με διακόπτη αστέρα - τριγώνου (Υ/Δ).

Αναλυτικό Σχέδιο Αυτόματης Εκκίνησης ΑΤΚ με Υ/Δ

Περιγραφή Λειτουργίας Κυκλώματος Ελέγχου

- Η εκκίνηση του κινητήρα επιτυγχάνεται με την ενεργοποίηση του μπουτόν b_1 (START), οπότε ακολουθούν οι εξής λειτουργίες:
 - Κλείνει η επαφή (4-3) του μπουτόν b_1 .
 - Τροφοδοτούνται με τάση ο Η/Ν C_3 και ο χρονικός Η/Ν d_1 , μέσω της κανονικά κλειστής επαφής (11-12) του Η/Ν C_2 (ηλεκτρική μανδάλωση) και της κανονικά κλειστής επαφής με χρονική καθυστέρηση στην ενεργοποίηση (8-5) του Η/Ν d_1 .
 - Με την ενεργοποίηση του Η/Ν C_3 ,πραγματοποιούνται οι εξής λειτουργίες:
 - ✓ Τα τυλίγματα του κινητήρα συνδέονται σε αστέρα.
 - ✓ Κλείνει η κανονικά ανοικτή επαφή (13-14) του Η/Ν C_3 και τροφοδοτεί με τάση τον κύριο Η/Ν C_1 .
 - ✓ Ανοίγει η κανονικά κλειστή επαφή (11-12) του Η/Ν C_3 (ηλεκτρική μανδάλωση) και αποκλείει τη λειτουργία του Η/Ν (τριγώνου) C_2 .

Αναλυτικό Σχέδιο Αυτόματης Εκκίνησης ΑΤΚ με Υ/Δ

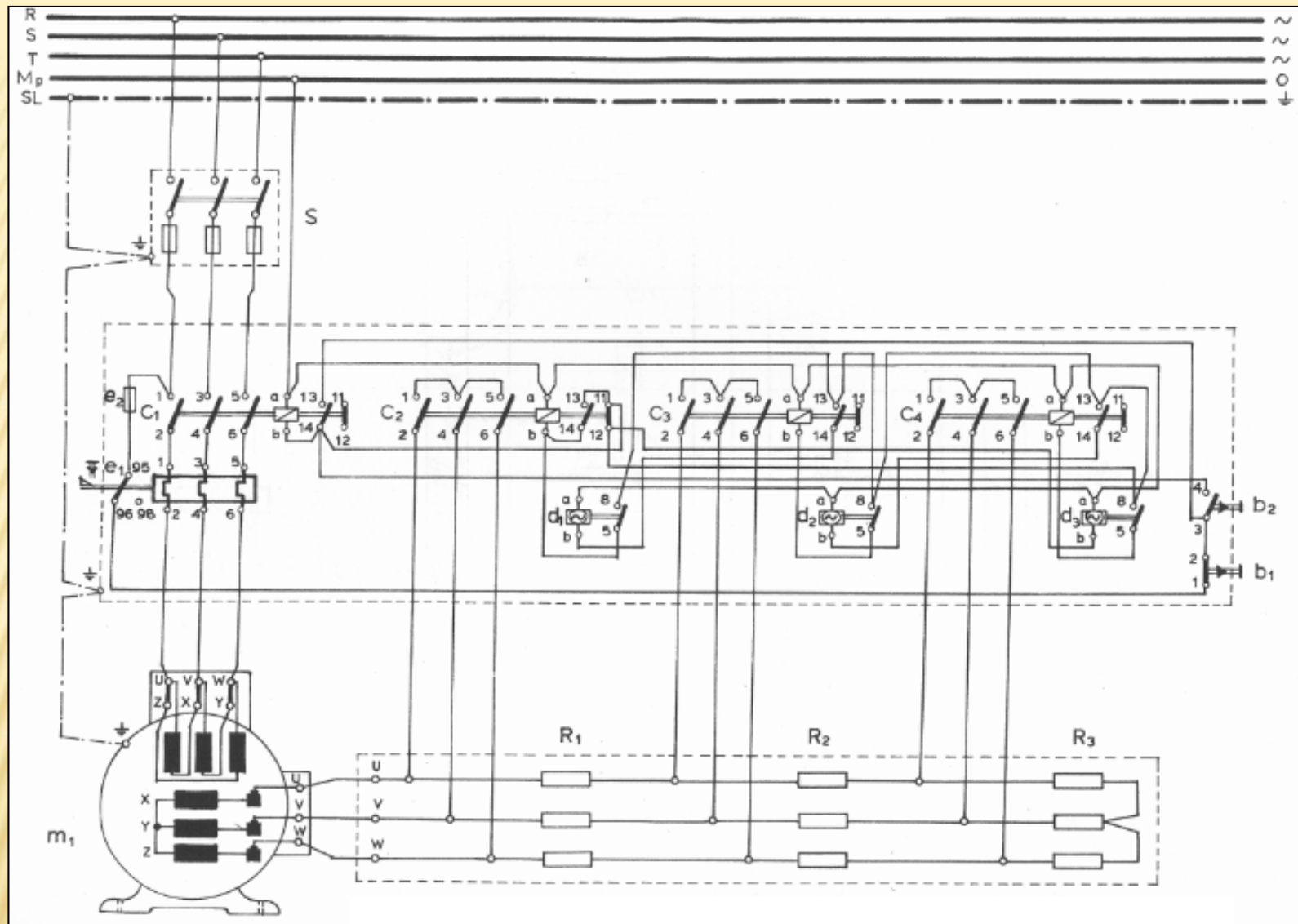
Περιγραφή Λειτουργίας Κυκλώματος Ελέγχου (συνέχεια)

- Με την ενεργοποίηση του κύριου Η/Ν C_1 , πραγματοποιούνται οι εξής λειτουργίες:
 - ✓ Τροφοδοτείται με ρεύμα ο κινητήρας και εκκινεί με συνδεσμολογία των τυλιγμάτων σε αστέρα.
 - ✓ Κλείνει η κανονικά ανοικτή επαφή (13-14) του C_1 και εξασφαλίζεται η αυτοτροφοδότηση του C_1 (επαφή αυτοσυγκράτησης).
- Μετά την παρέλευση του χρόνου (εκκίνησης) που έχει ρυθμιστεί ο Η/Ν d_1 , ανοίγει η επαφή (8-5) του d_1 και ακολουθούν οι εξής λειτουργίες:
 - ✓ Απενεργοποιείται ο Η/Ν C_3 και τα τυλίγματα αποσυνδέονται από τη συνδεσμολογία αστέρα.
 - ✓ Κλείνει η κανονικά κλειστή επαφή (11-12) του C_3 και τροφοδοτείται με τάση ο Η/Ν τριγώνου C_2 .
- Με την ενεργοποίηση του Η/Ν C_2 , πραγματοποιούνται οι εξής λειτουργίες:

Αναλυτικό Σχέδιο Αυτόματης Εκκίνησης ΑΤΚ με Υ/Δ

Περιγραφή Λειτουργίας Κυκλώματος Ελέγχου (συνέχεια)

- ✓ Τα τυλίγματα του κινητήρα συνδέονται σε τρίγωνο και ο κινητήρας συνεχίζει την κανονική λειτουργία του με τη συνδεσμολογία τριγώνου.
- ✓ Ανοίγει η κανονικά κλειστή επαφή (11-12) του Η/Ν C₂ και αποκλείει την ταυτόχρονη λειτουργία του Η/Ν C₃ (ηλεκτρική μανδάλωση).
- Ο κινητήρας τίθεται εκτός λειτουργίας ένα συμβεί μία από τις παρακάτω λειτουργίες:
 - Από τήξη των ασφαλειών λόγω βραχυκυκλώματος.
 - Από τα θερμικά στοιχεία λόγω υπερφόρτισης.
 - Από την ενεργοποίηση του μπουτόν STOP.



Αναλυτικό σχέδιο κυκλώματος αυτόματη εκκίνηση με βαθμίδες τριφασικού επαγωγικού δακτυλιοφόρου κινητήρα.

Βιβλιογραφία

1. «Τεχνικό Σχέδιο», Σ. Γ. Μουρούτσος, Γ. Μάλιαρης, Εκδόσεις ΤΣΟΤΡΑΣ, Ξάνθη, 2013.
2. «Το Ηλεκτρολογικό Σχέδιο, Μέρος II», Α. Γούτη, 4^η Έκδοση, Εκδόσεις ΙΩΝ, Αθήνα, 2008.
3. «Ηλεκτρολογικό Σχέδιο», Ι. Β. Καρατράσογλου, 12^η Έκδοση, Εκδόσεις ΙΩΝ, 1998.
4. «Ηλεκτρικές Εγκαταστάσεις Κτιρίων», Σ. Τουλόγλου, Εκδόσεις ΙΩΝ, 2004.
5. «Ηλεκτρικές Εγκαταστάσεις Καταναλωτών», Π. Ντοκόπουλος, Εκδόσεις ΖΗΤΗ, Θεσσαλονίκη, 2005.
6. «Βιομηχανικές Ηλεκτρικές Εγκαταστάσεις», Β. Μπιτζιώνης, Εκδόσεις ΤΖΙΟΛΑ, Θεσσαλονίκη, 2011.
7. «Ηλεκτρικές Μηχανές», Π. Μαλατέστας, Εκδόσεις ΤΖΙΟΛΑ, Θεσσαλονίκη, 2012.