

**ΔΗΜΟΚΡΙΤΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΡΑΚΗΣ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ**

**«ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΑ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΑ &
ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΙ»**

7^η ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ

**ΔΙΔΑΣΚΩΝ
ΚΑΡΑΚΑΤΣΑΝΗΣ Σ. ΘΕΟΚΛΗΤΟΣ
ΕΠΙΚΟΥΡΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ Δ.Π.Θ.**



ΕΙΔΗ ΚΙΝΗΤΗΡΩΝ

ΣΥΝΕΧΟΥΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ DC

$$\tau = k \Phi I_a = P \omega$$

- Ξένης διέγερσης
- Μόνιμου μαγνήτη
- Παράλληλης διέγερσης
- Διέγερσης σειράς
- Σύνθετης διέγερσης

Χρήσεις: ανελκυστήρες υψηλών κτιρίων, σιδηρόδρομος, έλξη, τρόλευ.

Πλεονεκτήματα:
εύκολη ρύθμιση στροφών

Μειονεκτήματα:
ψήκτρες – διέγερση, είδος ρεύματος

ΕΝΑΛΛΑΣΣΟΜΕΝΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ AC

- Σύγχρονοι $n_s = 60 \frac{f}{p}$

Χρήσεις: ως σύγχρονοι πυκνωτές για βελτίωση του συντελεστή ισχύος.

- Ασύγχρονοι ή επαγωγικοί $n < n_s$

Ολίσθηση : $s = \frac{n_s - n}{n_s}$

- i) Βραχυκυκλωμένου δρομέα
- ii) Δακτυλιοφόρου ή τυλιγμένου δρομέα

Πλεονεκτήματα: χωρίς ψήκτρες, απλή σταθερή κατασκευή.

Μειονεκτήματα: ρύθμιση στροφών με ηλεκτρονικά ισχύος.



ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΠΙΛΟΓΗΣ ΚΙΝΗΤΗΡΩΝ

- Επιλογή Ισχύος
- Χαρακτηρισμός λειτουργίας (αριθμός ζεύξεων)
- Έδραση και τρόπος τοποθέτησης του
- Τρόπος ζεύξης με το φορτίο
- Κατηγορίες ψύξης και μόνωσης τυλιγμάτων
- Μέσα προστασίας και αυτοματισμών
- Βαθμός απόδοσης και συντελεστής ισχύος
- Κόστος συντήρησης (περιοδικός έλεγχος)

ΚΥΚΛΩΜΑΤΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΚΑΙ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΚΙΝΗΤΗΡΩΝ

ΑΥΤΟΜΑΤΟΣ ΔΙΑΚΟΠΤΗΣ

ΜΑΓΝΗΤΙΚΟΣ Συσκευή που ενεργοποιείται μαγνητικά για επαναλαμβανόμενες αποκατάσταση ή διακοπή ηλεκτρικού κυκλώματος ισχύος. Βαθμονομούνται (NEMA) σύμφωνα με την ικανότητά τους να άγουν βαθμονομημένο ρεύμα για 8 ώρες χωρίς να θερμαίνονται υπερβολικά. Τοποθετούνται σε καλύμματα με βάση το περιβάλλον στο οποίο πρέπει να λειτουργήσουν. Εκτός από τις κύριες επαφές μπορούν να έχουν και βοηθητικές επαφές που χρησιμοποιούνται σαν ηλεκτρονόμοι.

ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟΣ Για μεταγωγή ισχύος ac χρησιμοποιεί δύο SCR συνδεδεμένα ανάστροφα παράλληλα. Ο σκανδαλισμός στο μηδέν αναφέρεται σε έναρξη λειτουργίας του SCR στην διέλευση μηδενός της τάσης της εφαρμοζόμενης κυματομορφής ac. Χρησιμοποιούνται κυρίως σε βιομηχανικούς φούρνους και κλιβάνους, σε εφαρμογές ορυχείων και υλικών και σε άλλες βιομηχανικές εφαρμογές θερμότητας.

ΗΛΕΚΤΡΟΝΟΜΟΣ ΥΠΕΡΦΟΡΤΙΣΗΣ

ΘΕΡΜΙΚΟΣ Αποτελείται από θερμαντήρα που συνδέεται ηλεκτρικά σε σειρά με την τροφοδοσία του κινητήρα και μηχανικά με μια επαφή NC. Υπάρχει α) ο διμεταλλικός τύπος και β) ο τύπος τηκομένου κράματος. Το μέγεθος του θερμαντήρα επιλέγεται σύμφωνα με το ρεύμα για πλήρες φορτίο του κινητήρα, την θερμοκρασία λειτουργίας, τον συντελεστή λειτουργίας και την θερμοκρασία περιβάλλοντος.

ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟΣ Χρησιμοποιεί μετασχηματιστή ρεύματος που ανιχνεύει διέλευση ρεύματος και ηλεκτρονικά κυκλώματα που ανιχνεύουν μεταβολές του ρεύματος του κινητήρα.



ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΑΣΦΑΛΕΙΩΝ

- Έχουν χονδρική διαβάθμιση (τυποποίηση) και γι αυτό η ονομαστική τους τιμή δεν ανταποκρίνεται σε εκείνη του κινητήρα.
- Τήκονται σε απότομες υπερφορτίσεις μικρής χρονικής διάρκειας οι οποίες όμως δεν δημιουργούν προβλήματα στον κινητήρα.
- Η τήξη μιας ασφάλειας στη γραμμή, σημαίνει μονοφασική ή διφασική λειτουργία του κινητήρα.
- Σε περίπτωση αποκατάστασης της τάσης, μετά από απρόβλεπτη διακοπή της, επαναλειτουργούν οι κινητήρες με ενδεχόμενους κινδύνους λόγω της εκκίνησης αυτής (ασφάλεια, λειτουργία αλυσίδας κλπ.)²



ΜΕΣΑ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ

- Έναντι βραχυκυκλώματος.
- Έναντι μονοφασικής ή διφασικής λειτουργίας.
- Έναντι υπερφόρτισης (υπερθέρμανση), λόγω πολλών εκκινήσεων.
- Έναντι υπερέντασης (μαγνητική προστασία)
- Έναντι λαθών χειρισμών σε αλυσίδες εκκίνησης.
- Έναντι επαναλειτουργίας σε περίπτωση διακοπής τάσης.



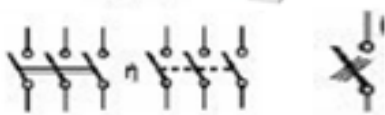
ΔΙΑΚΟΠΤΗΣ ΦΟΡΤΙΟΥ

- Αποζεύκτης ή ασφαλειοαποζεύκτης.

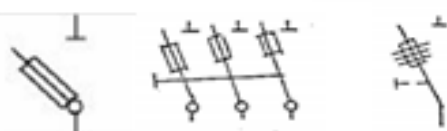
Διακόπτης μονοφασικός



Διακόπτης τριφασικός



Ασφαλειοαποζεύκτης



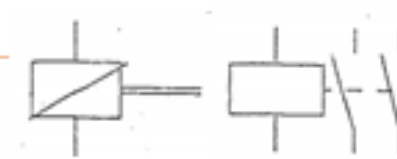
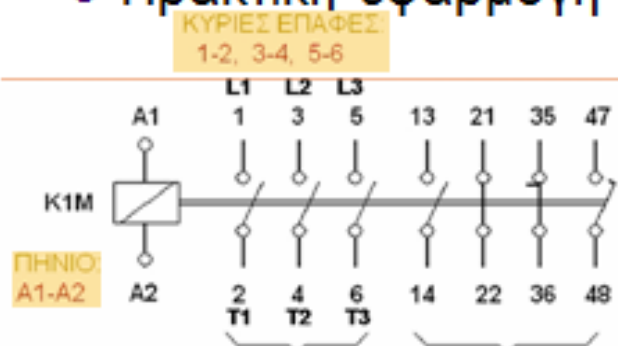
Παρέχει: απόζευξη, προστασία από βραχυκύκλωμα, προστασία από υπερφόρτιση, έλεγχο λειτουργίας.

4



ΗΛΕΚΤΡΟΝΟΜΟΣ (ΡΕΛΕ) ΙΣΧΥΟΣ

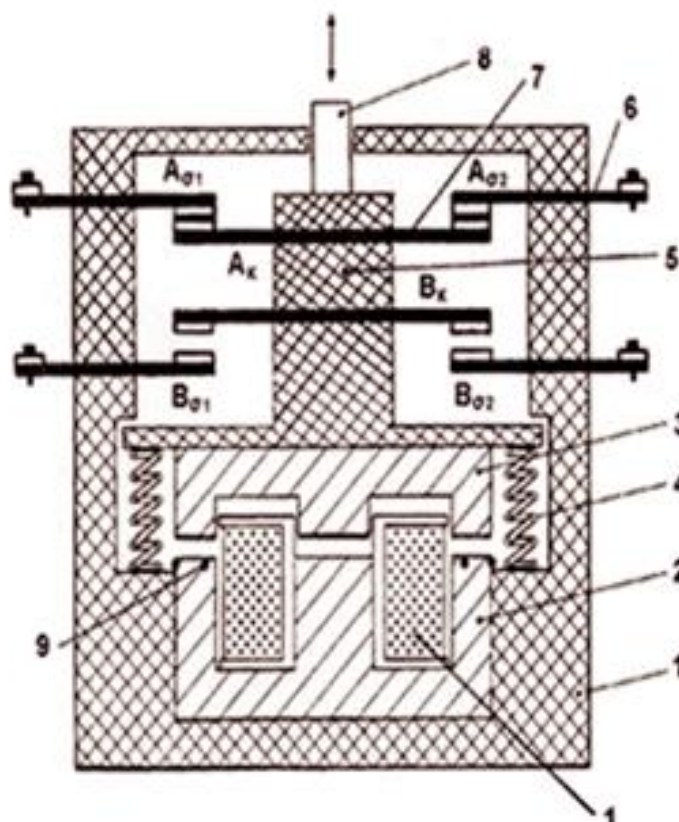
- Πρακτική εφαρμογή του ηλεκτρομαγνήτη



ΒΟΗΘΗΤΙΚΕΣ ΕΠΑΦΕΣ:
 ... 1-... 2: κανονικά κλειστή (N.C.)
 ... 3-... 4: κανονικά ανοιχτή (N.O.)
 ... 5-... 6: καθυστερημένης ηρεμίας
 ... 7-... 8: πρόωρης εργασίας



- Το πηνίο: είναι το πιο σημαντικό τμήμα του ηλεκτρονόμου. Δημιουργεί το ηλεκτρομαγνητικό πεδίο που είναι απαραίτητο για να δημιουργηθεί η μαγνητική δύναμη.
- Ο πυρήνας: είναι η σιδερένια μάζα που γίνεται ηλεκτρομαγνήτης μόλις βρεθεί μέσα σε μαγνητικό πεδίο. Ο πυρήνας είναι το σταθερό τμήμα του ηλεκτρομαγνήτη.
- Ο σπλισμός: είναι το κινητό τμήμα του ηλεκτρομαγνήτη. Όταν βρεθεί κάτω από την επίδραση του μαγνητικού πεδίου κινείται προς τον πυρήνα.
- Σταθερές επαφές: αποτελούν τις σταθερές άκρες μέσα από τις οποίες θα περάσει το φορτίο που θα συνδεθεί μέσω του ηλεκτρονόμου.
- Κινητές επαφές: αποτελούν το δεύτερο τμήμα των επαφών του ηλεκτρονόμου. Είναι μηχανικά συνδεδεμένες με τον σπλισμό του ηλεκτρομαγνήτη και όταν αυτός κινείται, συνδέονται με τις σταθερές επαφές και αποκαθιστούν το κύκλωμα.



1. Πηνίο
2. Πυρήνας
3. Οπλισμός
4. Ελατήρια επαναφοράς
5. Στέλεχος
6. Σταθερά μέρη επαφών
7. Κινητά μέρη επαφών
8. Δείκτης κατάστασης
9. Πηνία σκιάσεως
10. Μονωτικό περίβλημα

Προδιαγραφές ηλεκτρονόμων (ρελέ)



- Τάση 400, 230, 110, 48, 24, 12V
- DC ή AC 50Hz ή 60Hz
- Ισχύς , βαθμονόμηση επαφών σε A
- Αριθμός χειρισμών ανά ώρα
- Ημερήσια λειτουργία
- Χρόνος αποκατάστασης
- Αριθμός και είδος βοηθητικών επαφών
- Διάρκεια ζωής

ΗΛΕΚΤΡΟΝΟΜΟΙ (ΡΕΛΕ)

Πιλοτικές συσκευές ελέγχου που χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο κυκλώματος μεγάλου φορτίου μέσω κυκλώματος ελέγχου μικρής τάσης. Για έλεγχο πολλών λειτουργιών μεταγωγής χρησιμοποιούνται ηλεκτρονόμοι με πολλές βοηθητικές επαφές.

- **ΗΛΕΚΤΡΟΜΗΧΑΝΙΚΟΙ (EMR)** Λειτουργεί με την ενεργοποίηση ηλεκτρομαγνήτη ο οποίος με την σειρά του ανοίγει ή κλείνει επαφές (NO ή NC). Τα πηνία βαθμονομούνται σε τάση, ρεύμα, αντίσταση και ισχύ. Οι επαφές μπορεί να είναι απλής ή διπλής επαφής και βαθμονομούνται στο κρουστικό ρεύμα, στο συνεχές ρεύμα και στο ρεύμα έναρξης λειτουργίας.
- **ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟΙ (SSR)** Χρησιμοποιούν SCR ή TRIAC για τον έλεγχο φορτίων AC, και διπολικά τρανζίστορ ή MOSFET για τον έλεγχο φορτίων DC. Όταν υπάρχει οπτική σύζευξη, η έξοδος είναι μονωμένη από την είσοδο με ένα LED. Οι υβριδικοί SSR έχουν ενσωματωμένο ένα μικρό ηλεκτρονόμο με γλωσσίδα που λειτουργεί σαν συσκευή ενεργοποίησης.
- **ΧΡΟΝΙΣΜΟΥ** Οι επαφές χρονισμού καθυστερούν στην αλλαγή θέσης όταν ενεργοποιείται ή απενεργοποιείται το πηνίο. Μπορεί να υπάρχουν και στιγμιαίες επαφές που λειτουργούν από το ίδιο ενεργοποιημένο πηνίο. Υπάρχουν ηλεκτρονόμοι καθυστέρησης λειτουργίας (DOE) ή ηλεκτρονόμοι καθυστέρησης διακοπής λειτουργίας (DODE).
 - α. Πνευματικός** Χρησιμοποιεί μηχανική σύνδεση και ένα σύστημα κώδωνα με αέρα για να πετύχει τον κύκλο χρονισμού του.
 - β. Ηλεκτρονικός** Χρησιμοποιεί ρολόι χαλαζία ή σταθερά χρόνου RC για την περίοδο χρονισμού του.
- **ΜΑΝΔΑΛΩΣΗΣ** (ηλεκτρονόμος με μνήμη). Χρησιμοποιούνται εκεί όπου χρειάζεται οι επαφές να μένουν ανοικτές ή κλειστές ακόμη και αν το πηνίο ενεργοποιείται μόνο για μια στιγμή.

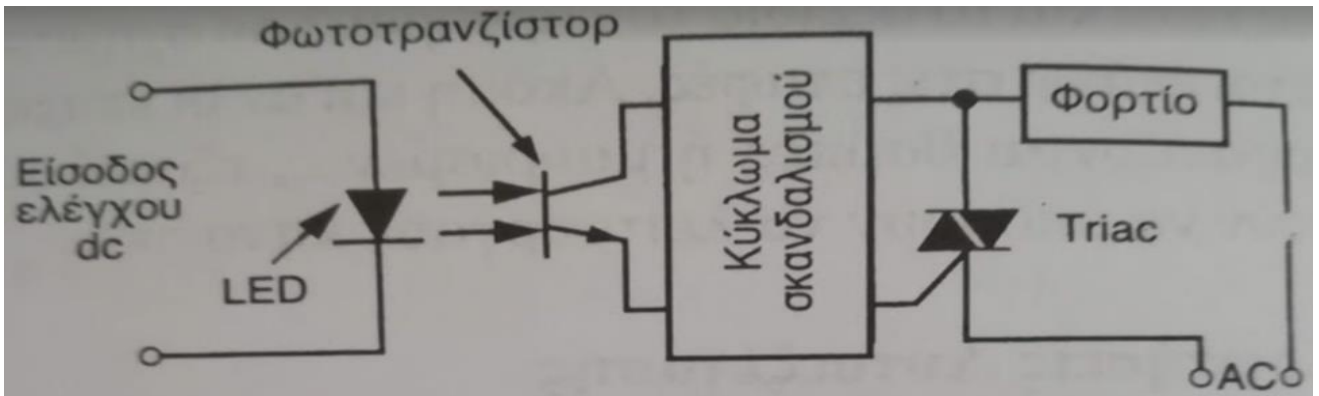
- **ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ SSR ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ EMR**

- a. Μεγαλύτερη αξιοπιστία.
- b. Μεγαλύτερη διάρκεια ζωής.
- c. Περισσότερη συμβατότητα με τα ηλεκτρονικά κυκλώματα.
- d. Δημιουργία λιγότερων ηλεκτρομαγνητικών παρεμβολών.
- e. Μεγαλύτερη αντοχή σε κραδασμούς.
- f. Μικρότερος χρόνος απόκρισης.
- g. Απουσία αναπηδήσεων επαφής.

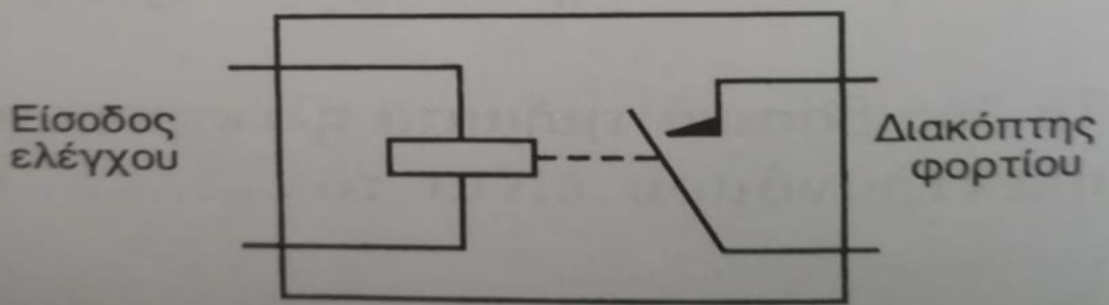
Ορισμένα SSR που χρησιμοποιούνται σε έλεγχο φορτίων AC έχουν ως χαρακτηριστικό γνώρισμα την **μεταγωγή μηδενός**, η οποία εξασφαλίζει ότι ο ηλεκτρονόμος λειτουργεί και διακόπτει την λειτουργία του στην αρχή της κυματομορφής ac στο σημείο μηδενικής μετάβασης. Η μεταγωγή μηδενικής τάσης χρειάζεται συχνά για ελάττωση του κρουστικού ρεύματος και για ελάττωση της παρεμβολής ραδιοσυχνοτήτων.

- **ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ SSR ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ EMR**

- a. Έχουν σημαντική ωμική αντίσταση λειτουργίας.
- b. Έχουν σημαντικό ρεύμα διαρροής σε κατάσταση διακοπής λειτουργίας.
- c. Είναι επιρρεπή σε βλάβες που οφείλονται σε εξάρσεις τάσης και ρεύματος.

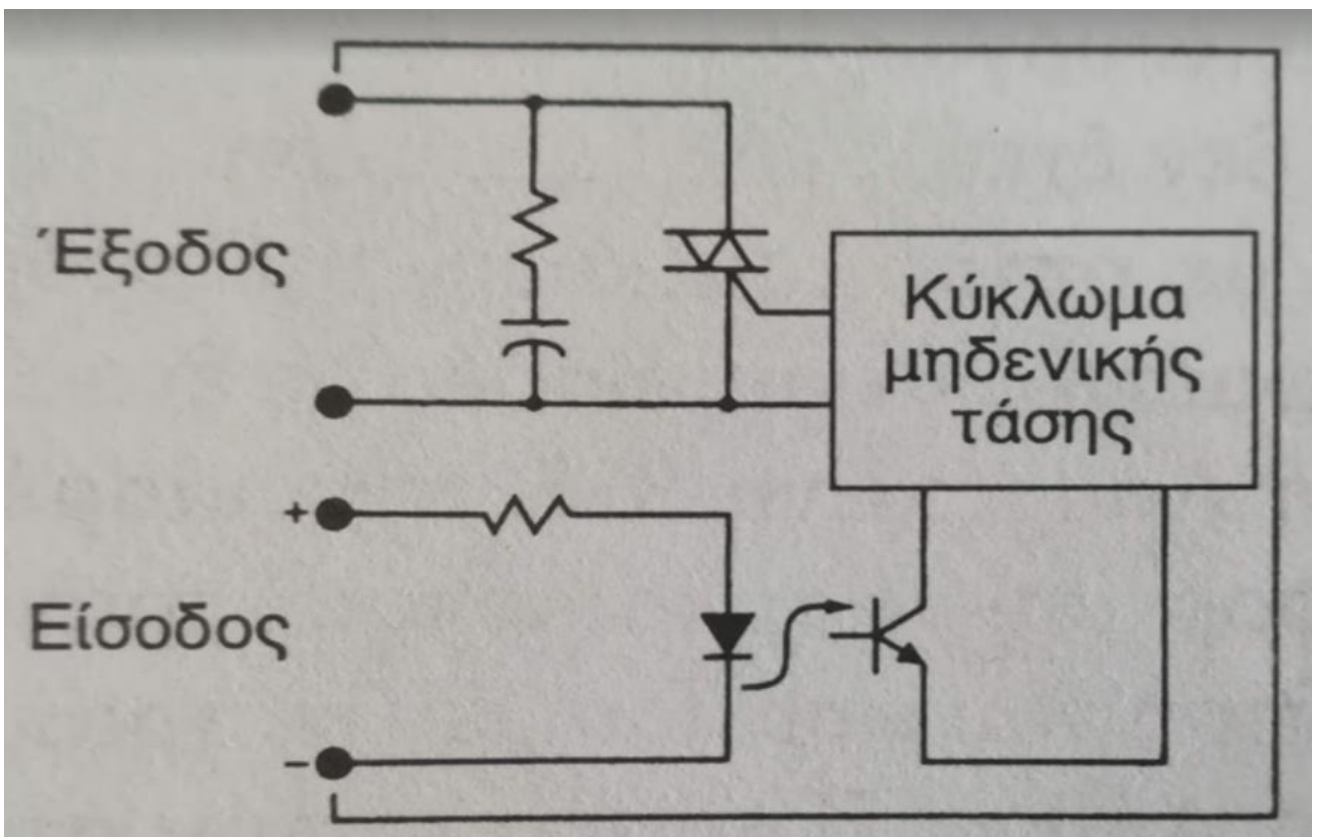


(α) Εσωτερικό κύκλωμα

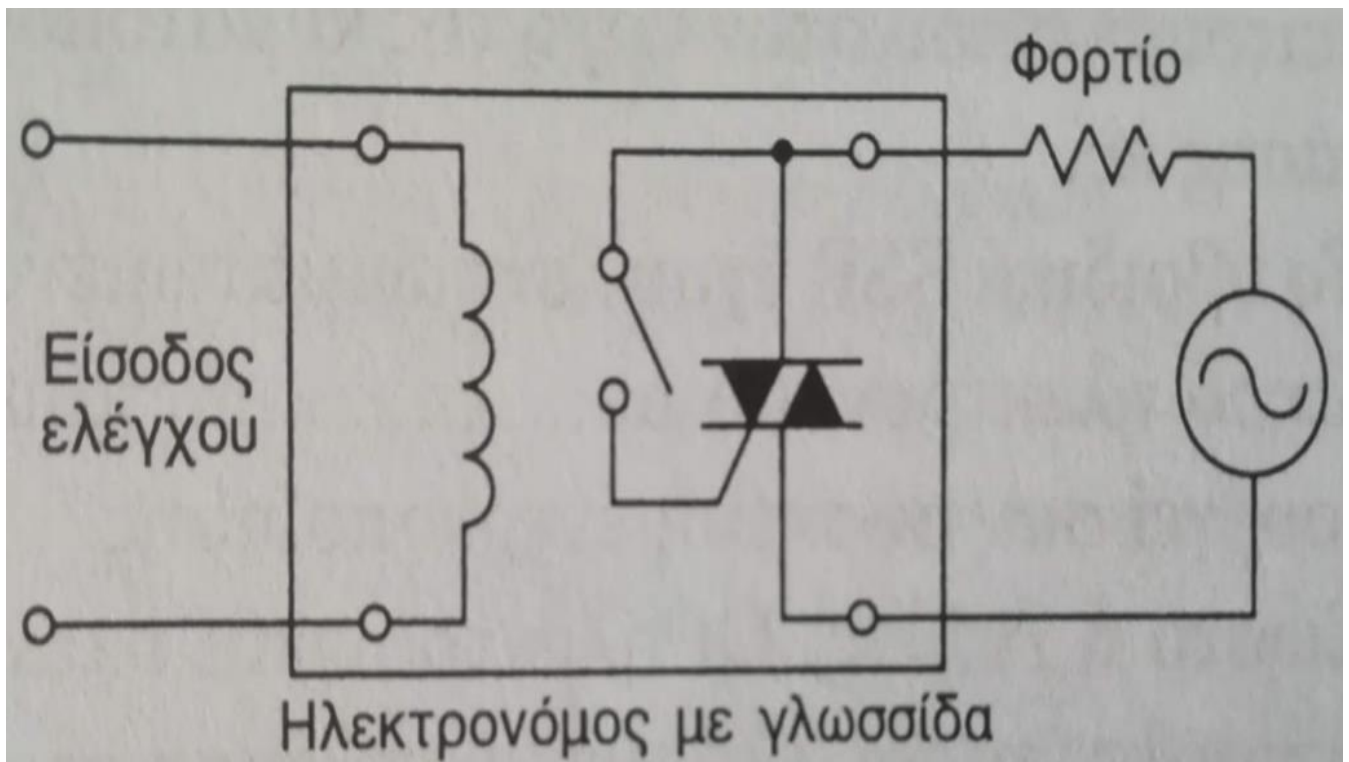


(β) Σχηματικό σύμβολο

Οπτική σύζευξη

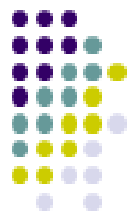


Μεταγωγή μηδενός



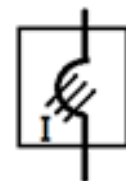
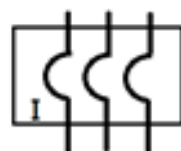
Υβριδικός ηλεκτρονικός ηλεκτρονόμος με γλωσσίδα

Δυνατότητες Ηλεκτρονόμων



- Διακοπή ή αποκατάσταση ενός κυκλώματος υπό φορτίο
- Αυτόματη διακοπή της τροφοδοσίας σε περίπτωση μείωσης της τιμής της τάσης
- Αυτόματη διακοπή της τροφοδοσίας σε περίπτωση αύξησης της τιμής της έντασης ρεύματος.
- Έλεγχος από απόσταση (τηλεχειρισμός).
- Εξάρτηση της λειτουργίας του από φυσικά μεγέθη (πίεση, θερμοκρασία, ταχύτητα, ένταση, κλπ.
- Αυτόματη λειτουργία σύμφωνα με ένα προκαθορισμένο πρόγραμμα (κύκλος).
- Αποτελεί το εκτελεστικό όργανο των (PLC) προγραμματιζόμενων λογικών ελεγκτών.

ΜΑΓΝΗΤΙΚΗ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ



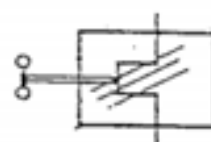
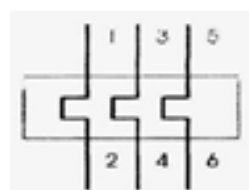
- Ο διακόπτης μαγνητικής προστασίας μπορεί να είναι είτε χειροκίνητος είτε αυτόματος.
- Οφείλει να συνεργάζεται πάντα με το θερμικό.
- Διακόπτει το κύκλωμα σε προκαθορισμένη τιμή ρεύματος μέχρι και 10 φορές μεγαλύτερο από το ονομαστικό σε χρόνο της τάξης ms.
 - Ηλεκτρομαγνητικά στοιχεία
 - Σύστημα επαναφοράς (Reset)
 - Χειροκίνητο σύστημα ζεύξης πόλων (start)
 - Χειροκίνητο σύστημα απόζευξης πόλων (stop)



Παρέχει: απόζευξη, προστασία από βραχυκύκλωμα, προστασία από υπερένταση, έλεγχο λειτουργίας.

10

ΘΕΡΜΙΚΟ



Ρύθμιση θερμικού

Μηχανικά
με διμεταλλικά ελάσματα

Ηλεκτρονικά

Συνδεσμολογία αστέρα (Y) $I_{th} = I_n$

Συνδεσμολογία τριγώνου (Δ) $I_{th} = I_n/\sqrt{3}$

- Τρία διμεταλλικά ελάσματα
- Σύστημα ρύθμισης ρεύματος
- Σύστημα επαναφοράς (Reset)
- Σύστημα δοκιμής (Test)



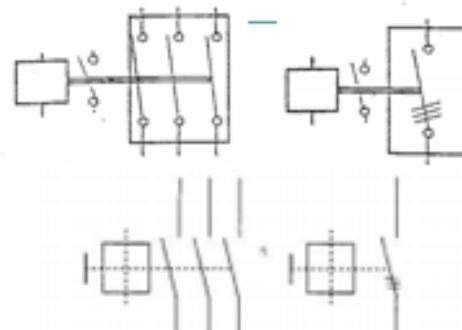
Παρέχει: θερμική προστασία, προστασία από επαναλαμβανόμενες εκκινήσεις, προστασία από έλλειψη φάσης, από πτώση τάσεως και από διαρροή ρεύματος.

9

ΑΥΤΟΜΑΤΟΣ ΔΙΑΚΟΠΤΗΣ

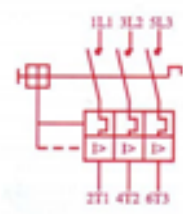
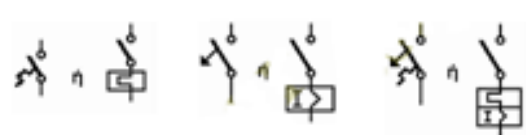


- Ελαίου
- Πτωχού ελαίου
- Αέρα
- Εξαφθοριούχου θείου SF6
- Κενού

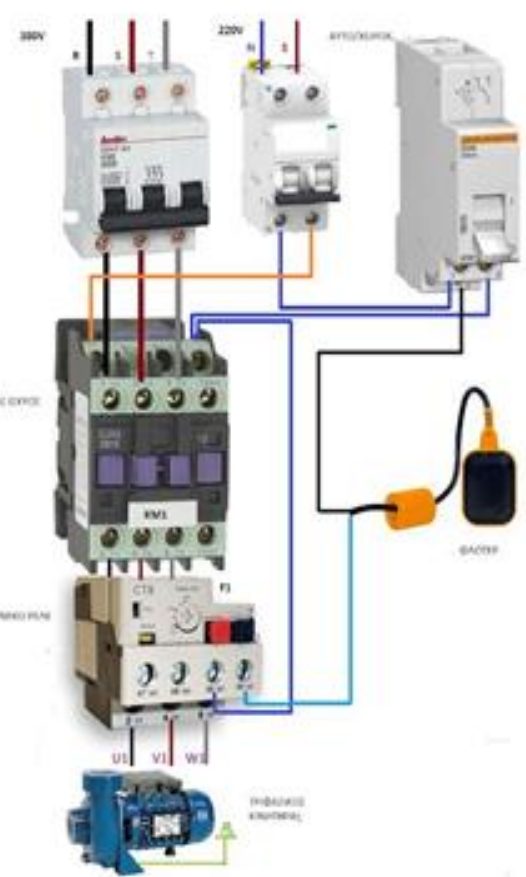
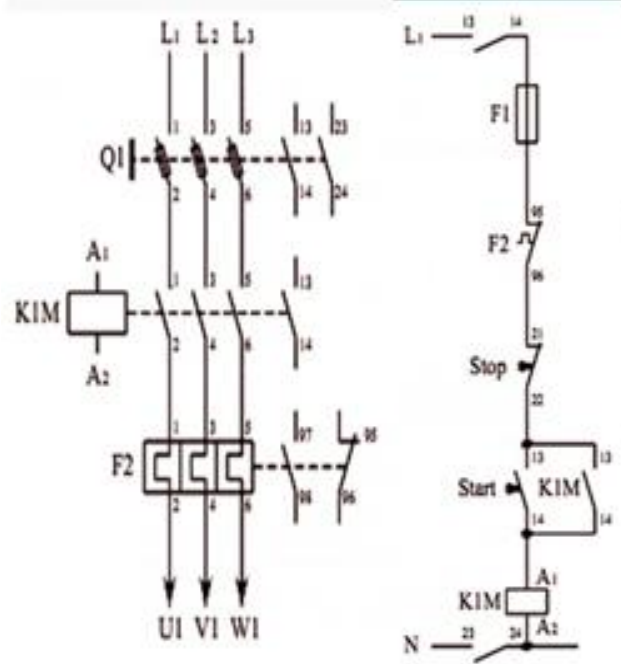


Διαθέτει πηνίο που μπορεί να ενεργοποιηθεί από

- Θερμικό
- Θερμομαγνητικό
- Επιτηρητή φάσης
- Άλλους αυτοματισμούς,
- όπως πιεζοστάτη, θερμοστάτη, διακόπτη ροής.



ΑΥΤΟΜΑΤΟΣ ΔΙΑΚΟΠΤΗΣ



ΕΚΚΙΝΗΣΗ ΚΙΝΗΤΗΡΩΝ

ΜΕ ΠΛΗΡΗ ΤΑΣΗ: Ο εκκινητής πλήρους τάσης συνδέεται απευθείας στη γραμμή τροφοδοσίας και μπορεί να είναι Χειροκίνητος, Μαγνητικός ή Σύνθετος.

ΜΕ ΜΕΙΩΜΕΝΗ ΤΑΣΗ: Περιορίζονται οι διαταραχές στη γραμμή τροφοδοσίας και ελαττώνεται η υπερβολική ροπή στον οδηγούμενο εξοπλισμό.

a. Με αυτομετασχηματιστές. Ελαττώνεται η τάση κατά την εκκίνηση ενώ όταν ο κινητήρας φτάσει την πλήρη ταχύτητα περιστροφής, οι αυτομετασχηματιστές παρακάμπτονται.

b. Με αντίσταση. Προσθέτει αντίσταση στο κύκλωμα του στάτη κατά την περίοδο εκκίνησης ελαττώνοντας το ρεύμα που απορροφάται από την γραμμή.

c. Με διακόπτη Υ-Δ. Εκκινεί τον κινητήρα πρώτα με συνδεσμολογία Υ και στη συνέχεια εφαρμόζεται η πλήρης τάση με επανασύνδεση του κινητήρα σε συνδεσμολογία Δ.

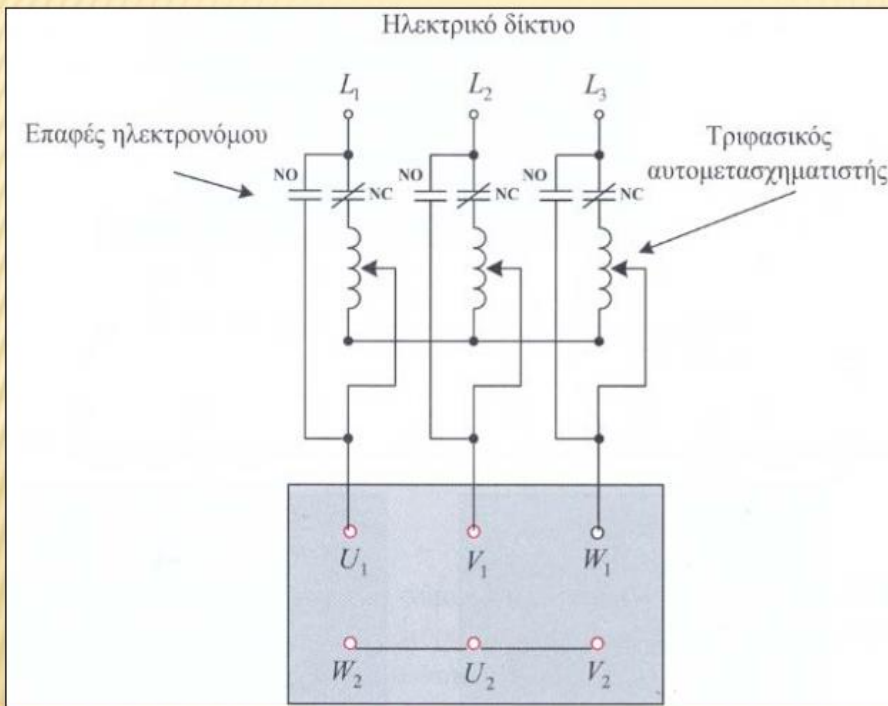
d. Μερικού τυλίγματος. Χρησιμοποιούνται σε κινητήρες που έχουν τυλίγματα για λειτουργία σε δύο τάσεις. Εκκινούν με αρχική ενεργοποίηση μόνο του τυλίγματος μικρής τάσης και στη συνέχεια όταν ο κινητήρας πλησιάζει την ταχύτητα λειτουργίας συνδέεται κανονικά το δεύτερο τύλιγμα.

e. Ηλεκτρονικοί. Χρησιμοποιούν ημιαγωγούς μεγάλης ισχύος όπως SCR και προσφέρουν εκκίνηση μειωμένης τάσης χωρίς βήματα.

- **Ανοικτή μετάβαση:** Ο κινητήρας είναι ουσιαστικά αποσυνδεδεμένος από την γραμμή για μικρή χρονική περίοδο όταν πραγματοποιείται η μετάβαση.
- **Κλειστή μετάβαση:** Ο κινητήρας παραμένει συνδεδεμένος στη γραμμή κατά την διάρκεια της μετάβασης.

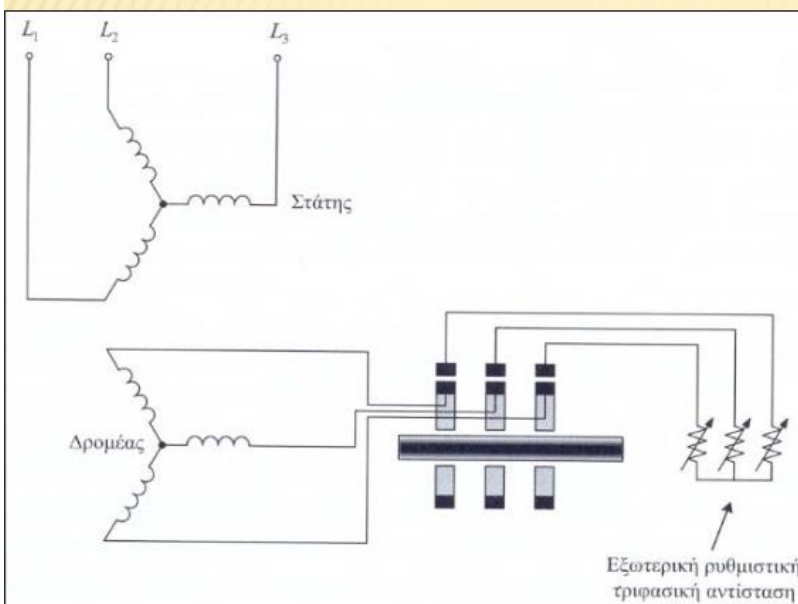
Η ανοικτή μετάβαση προκαλεί μεγαλύτερη έξαρση ρεύματος επειδή ο κινητήρας αποσυνδέεται για μια στιγμή από την γραμμή.

Εκκίνηση ΑΤΚ με Αυτομετασχηματιστή



- ✓ Δυνατότητα γραμμικής αύξησης της τάσης που εφαρμόζεται στο τύλιγμα του στάτη από μηδέν έως την ονομαστική τιμή.
- ✓ Μετά την ολοκλήρωση της διαδικασίας εκκίνησης του κινητήρα, ο αυτομετασχηματιστής τίθεται εκτός αυτόματα μέσω ηλεκτρονόμου (H/N).
- ✓ Κατά την ενεργοποίηση του H/N, κλείνουν οι κανονικά ανοικτές επαφές (NO) και ο κινητήρας τροφοδοτείται απευθείας από το δίκτυο.

Εκκίνηση με Αντιστάσεις στο δρομέα



- ✓ Οι αντιστάσεις εισάγονται κατά βαθμίδες στο κύκλωμα του δρομέα, συνήθως 2 ή 3, περιορίζοντας έτσι το ρεύμα εκκίνησης, ενώ ταυτόχρονα αυξάνεται η ροπή εκκίνησης του κινητήρα.
- ✓ Η σύνδεση των βαθμίδων των αντιστάσεων με το τύλιγμα του δρομέα επιτυγχάνεται μέσω των τριών δακτύλιων και των ψηκτρών που εφάπτονται σε αυτά.
- ✓ Μετά την εκκίνηση, οι δακτύλιοι βραχυκυκλώνονται, οι αντιστάσεις εκκίνησης τίθενται εκτός και ο κινητήρας συμπεριφέρεται ως ένας κινητήρας βραχυκυκλωμένου δρομέα.

ΔΙΑΚΟΠΤΗΣ ΑΣΤΕΡΑ-ΤΡΙΓΩΝΟΥ Υ-Δ



- Χρησιμοποιείται για την εκκίνηση των ασύγχρονων τριφασικών κινητήρων βραχυκυκλωμένου δρομέα με σκοπό τον περιορισμό του ρεύματος εκκίνησης.

Σύνδεση (Υ)

$$I_{\gamma\rho} = I_{\varphi} = \frac{V_{\varphi}}{Z}$$

$$V_{\varphi} = \frac{V_{\pi}}{\sqrt{3}}$$

$$I_{\gamma} = \frac{V_{\pi}}{\sqrt{3}Z}$$

$$I_{\gamma} = \frac{1}{3} I_{\Delta}$$

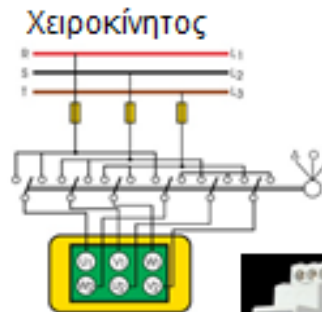
Σύνδεση (Δ)

$$I_{\gamma\rho} = \sqrt{3} I_{\varphi} = \sqrt{3} \frac{V_{\pi}}{Z}$$

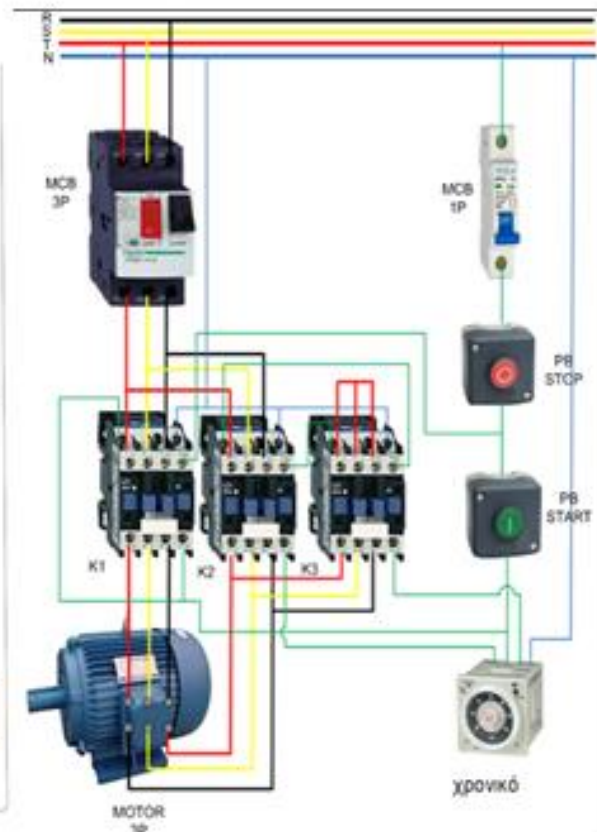
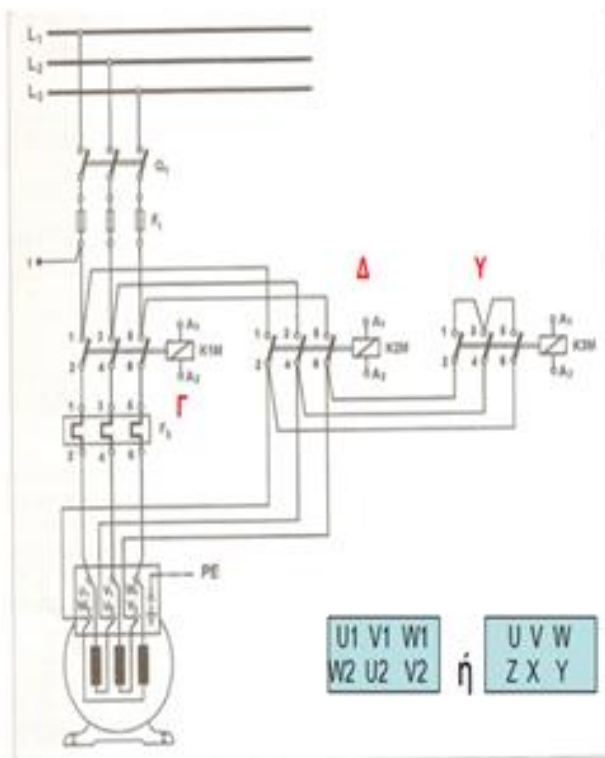
$$V_{\varphi} = V_{\pi}$$

$$I_{\Delta} = \sqrt{3} \frac{V_{\pi}}{Z}$$

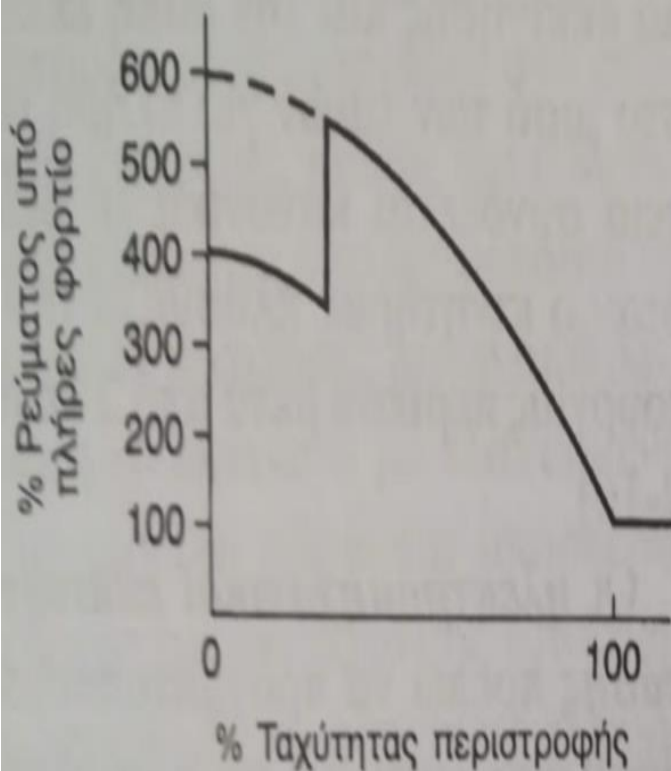
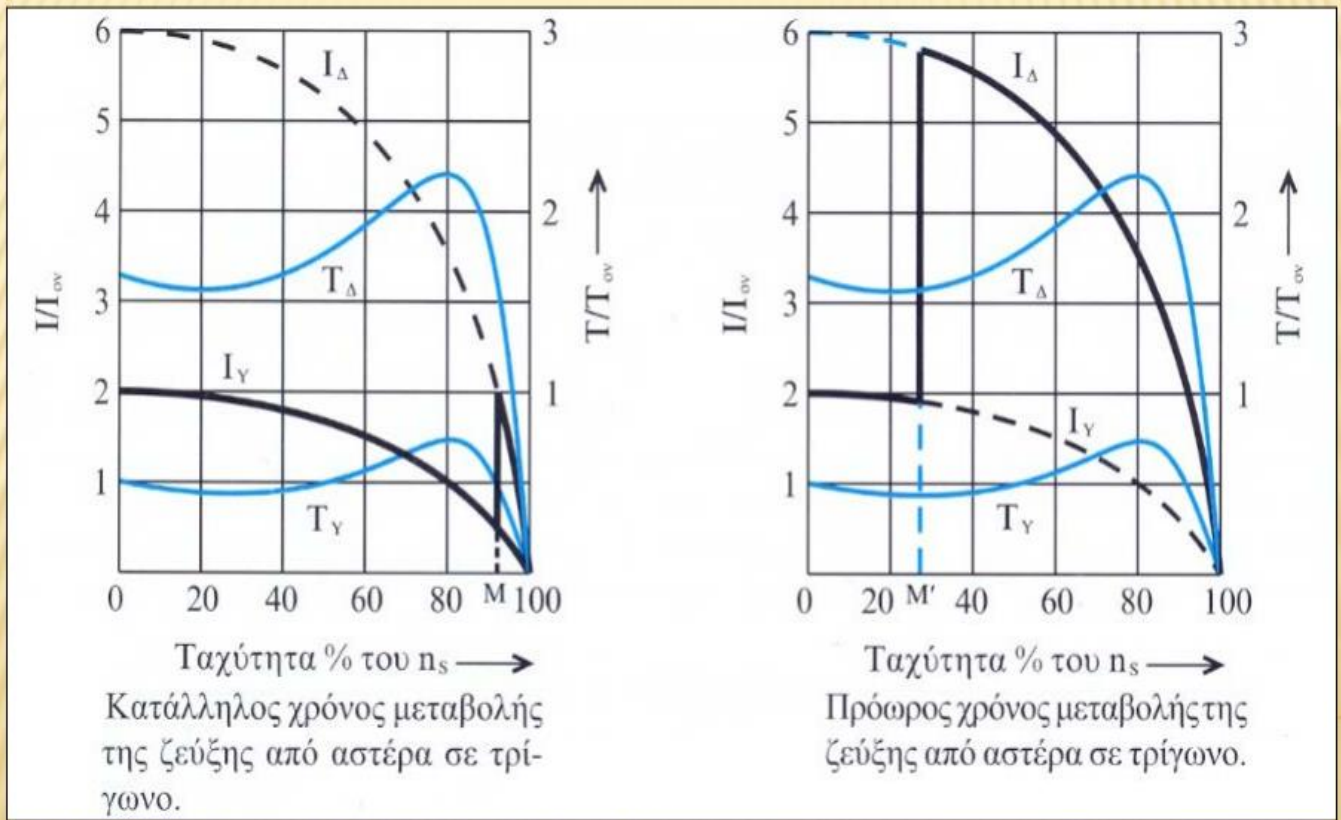
Αυτόματος με ρύθμιση του χρόνου μεταγωγής των τυλιγμάτων



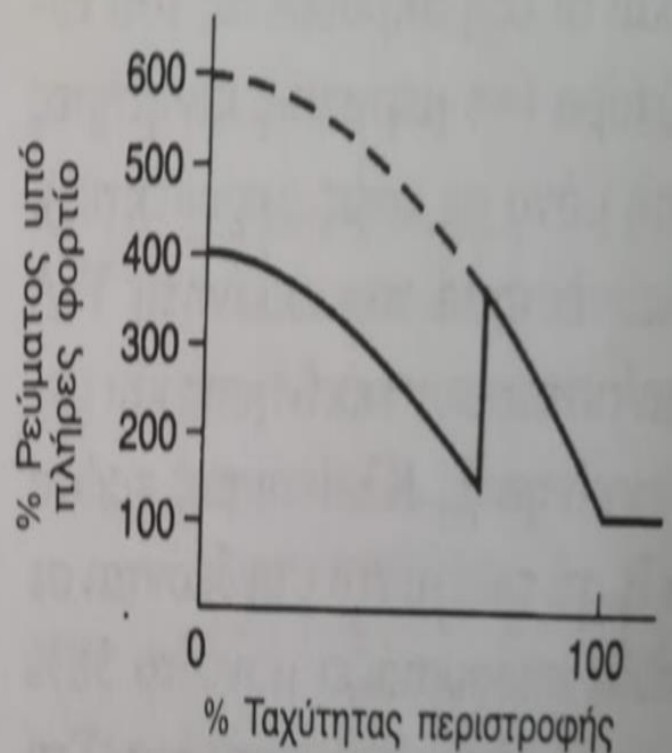
13



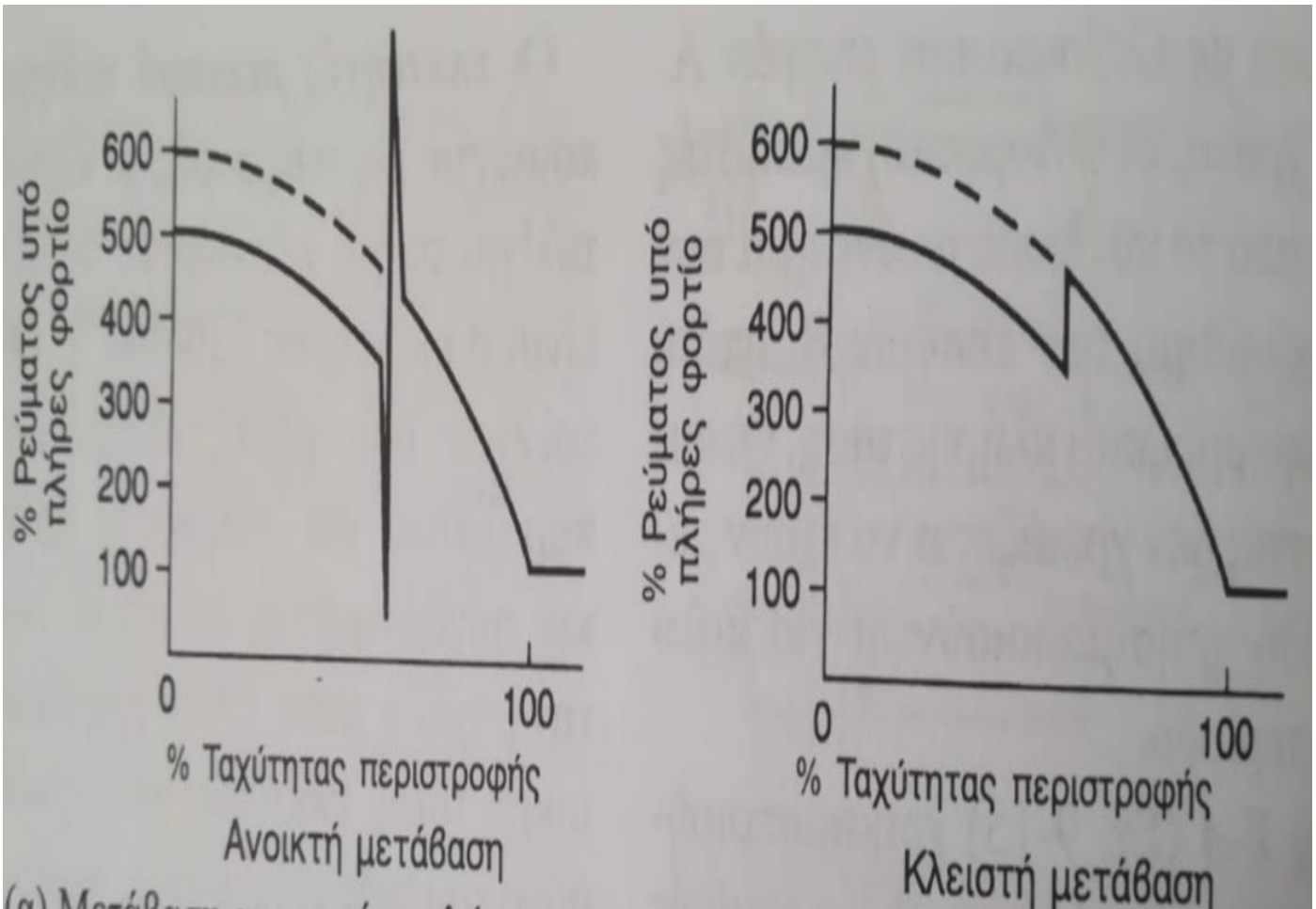
Παράδειγμα Σωστής και Λάθους Μεταγωγής Υ/Δ



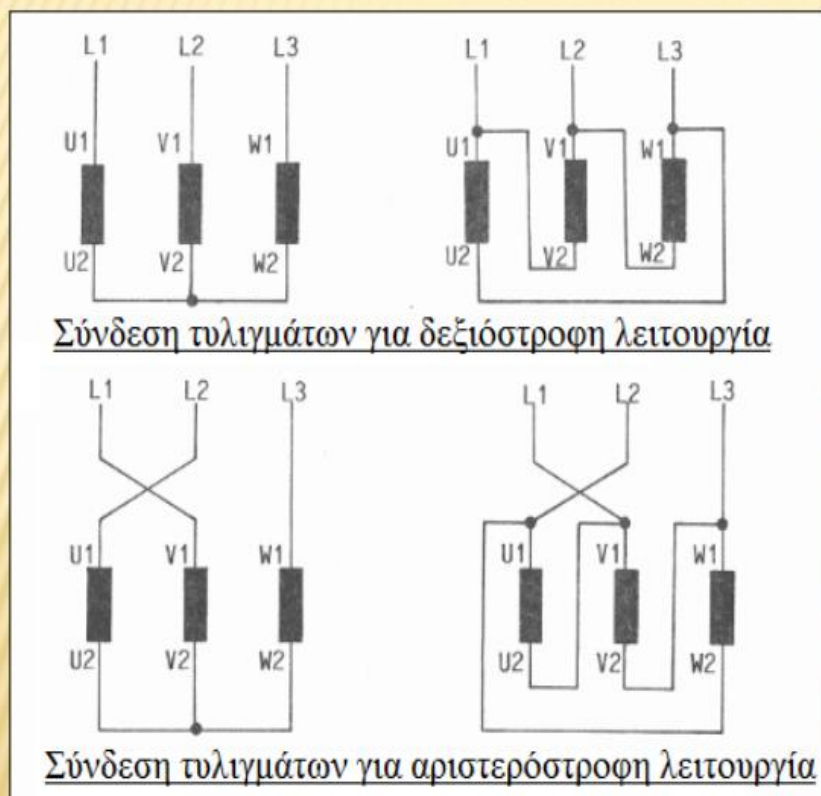
Μετάβαση σε μικρή ταχύτητα



Μετάβαση κοντά στην μέγιστη ταχύτητα

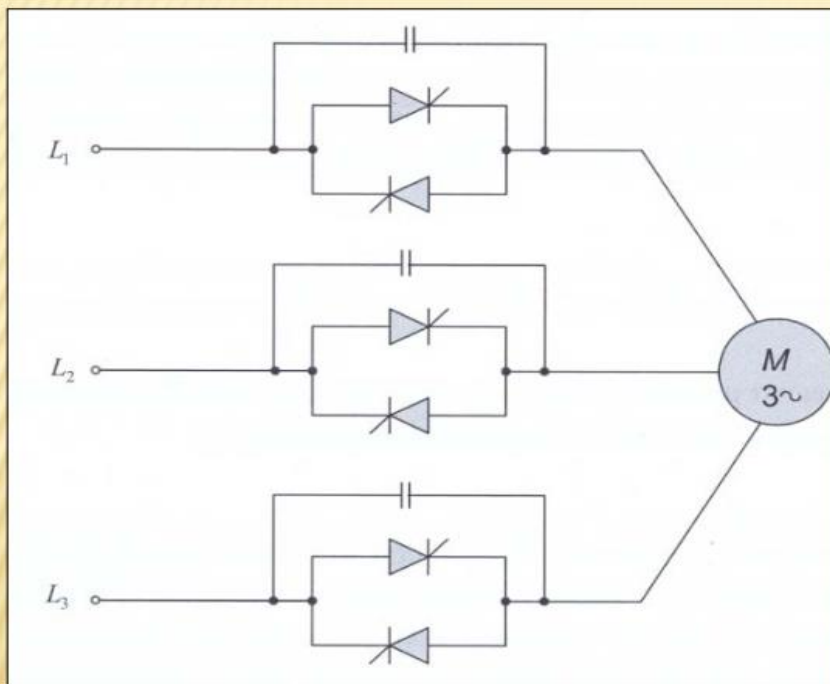


Αναστροφή της Φοράς Περιστροφής ΑΤΚ



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).

Εκκίνηση ΑΤΚ με Soft-Starter



- ✓ Πρόκειται για ηλεκτρονικό μετατροπέα ΕΡ/ΕΡ με δύο αντιπαράλληλα θυρίστορ σε κάθε φάση.
- ✓ Κατά την εκκίνηση, η γωνία έναυσης των θυρίστορ είναι μεγάλη, η ενεργός τιμή της τάσης που εφαρμόζεται στο στάτη μικρή και επομένως ο κινητήρας ξεκινά με μικρό ρεύμα εκκίνησης. Με την επιτάχυνση του κινητήρα, μειώνεται η γωνία έναυσης και εφαρμόζεται η ονομαστική τάση στον κινητήρα.
- ✓ Γραμμική μεταβολή της τάσης εκκίνησης.
- ✓ Μετά την εκκίνηση, ο ηλεκτρονικός μετατροπέας βραχυκυκλώνεται και τίθεται εκτός.



ΡΥΘΜΙΣΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ ΚΙΝΗΤΗΡΩΝ

Κινητήρες πολλών ταχυτήτων Η ταχύτητα περιστροφής επιλέγεται με σύνδεση των τυλιγμάτων σε διαφορετικές συνδεσμολογίες.

Κινητήρας ξεχωριστών τυλιγμάτων. Η μηχανική διάταξη των τυλιγμάτων καθορίζει το πλήθος των μαγνητικών πόλων ανά φάση και έτσι τις διαφορετικές ταχύτητες περιστροφής.

Κινητήρας διαδοχικών πόλων. Σταθερής ιπποδύναμης, σταθερής ροπής ή μεταβλητής ροπής. Πετυχαίνονται ταχύτητες περιστροφής με λόγο ταχυτήτων πάντοτε 2:1 .

Μηχανισμοί μεταβλητής ταχύτητας Παρέχουν διαδικασίες ελέγχου ταχύτητας περιστροφής για συνεχή περιοχή ταχυτήτων. Το ηλεκτρικό σύστημα αποτελείται από τον κινητήρα, από το κύκλωμα ελέγχου κίνησης και από τα χειριστήρια του χειριστή. (χειροκίνητα ή ηλεκτρικά).

Ανοικτού βρόχου. Δεν χρησιμοποιείται ανάδραση της πραγματικής ταχύτητας περιστροφής του κινητήρα.

Κλειστού βρόχου. Χρησιμοποιείται ανάδραση για ακριβέστερη ρύθμιση της ταχύτητας περιστροφής.

Έλεγχος επαγωγικών κινητήρων με περιελιγμένο ρότορα Η ταχύτητα περιστροφής μεταβάλλεται με μεταβολή της τιμής της εξωτερικής αντίστασης που συνδέεται στο κύκλωμα του ρότορα. (Όσο μικρότερη είναι η αντίσταση τόσο μεγαλύτερη θα είναι η ταχύτητα περιστροφής).

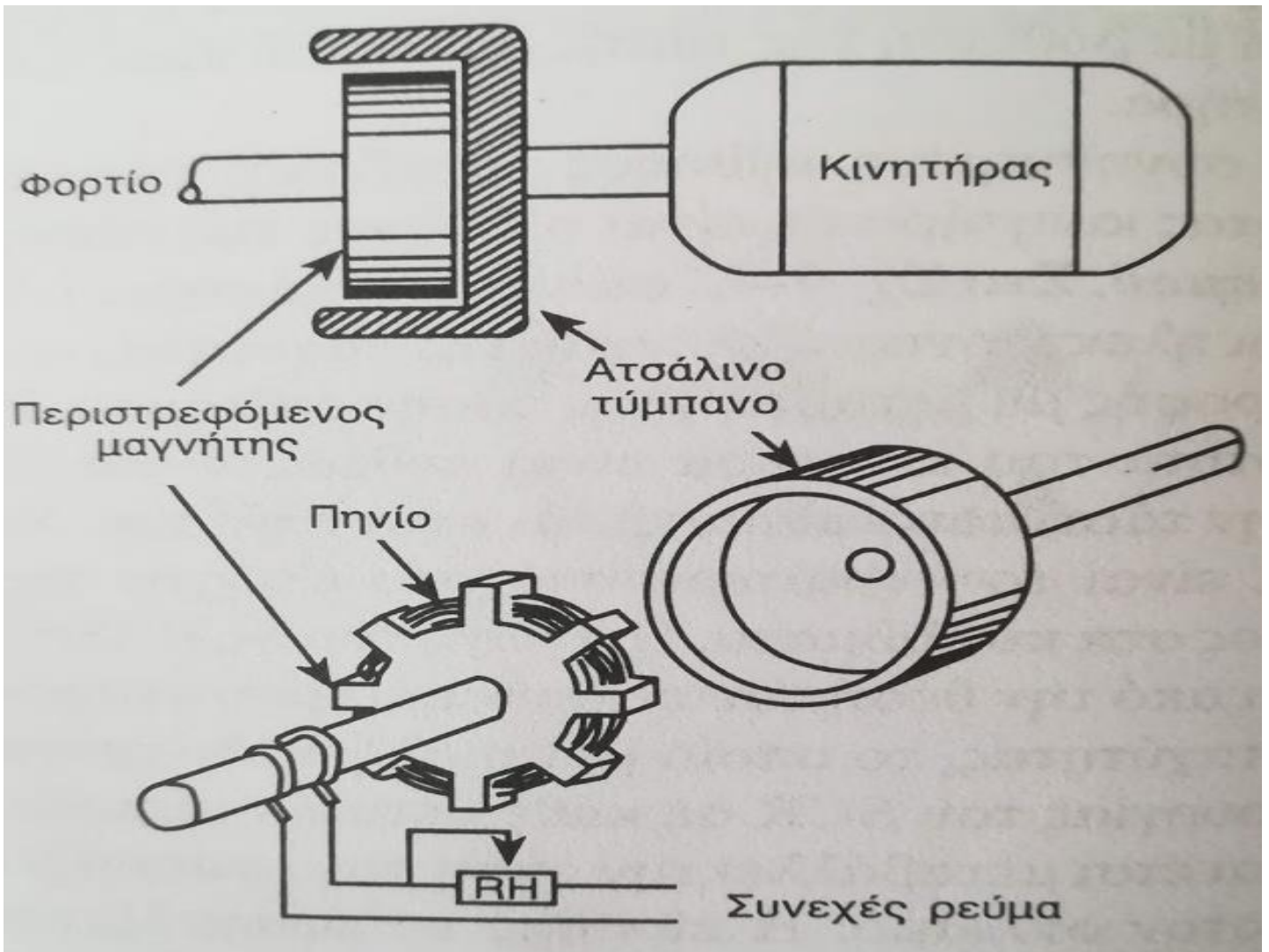
Μηχανισμοί δινορευμάτων Ο κινητήρας λειτουργεί με σταθερή ταχύτητα και αποτελεί την πηγή ενέργειας για τον συμπλέκτη. Η ολίσθηση μεταξύ του κινητήρα και του άξονα εξόδου μπορεί να ρυθμιστεί και η ταχύτητα εξόδου ελέγχεται με έλεγχο της διέγερσης του συμπλέκτη.

Κυκλώματα ελέγχου κινητήρων dc.

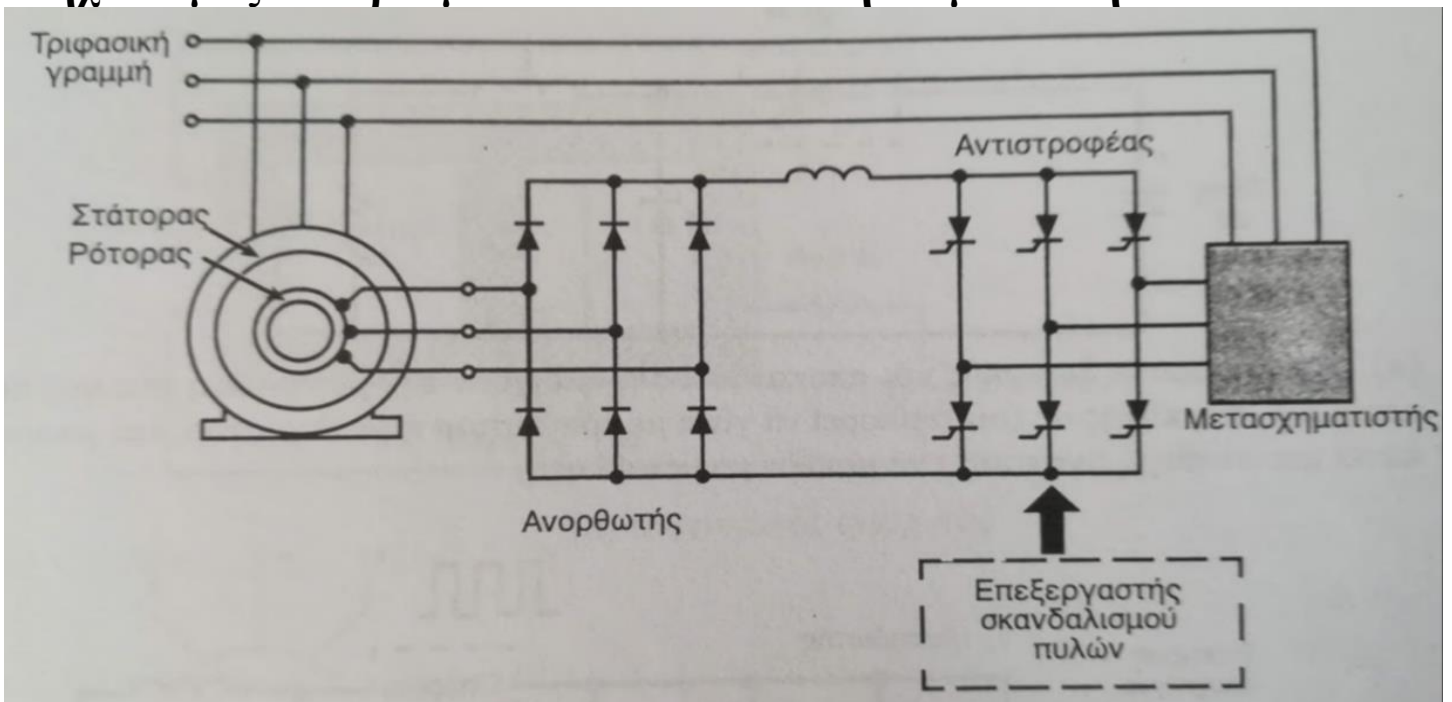
Μη αναγεννητικοί μηχανισμοί dc. Ο κινητήρας περιστρέφεται μόνο κατά την μια φορά.

Αναγεννητικοί μηχανισμοί dc. Μπορούν να αντιστρέψουν την ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από την περιστροφική μηχανική ενέργεια της γεννήτριας ή του κινητήρα.

Μηχανισμοί ac μεταβλητής συχνότητας. Η ταχύτητα περιστροφής επαγωγικού κινητήρα κλωβού είναι ανάλογη με την συχνότητα της τάσης. Αποτελούνται συνήθως από ανορθωτή – αντιστροφή.



Μηχανισμός δινορευμάτων – κατασκευή συμπλέκτη



Έλεγχος ταχύτητας περιστροφής κινητήρα με περιελιγμένο ρότορα που επιστρέφει ισχύ στην πηγή ac.

Η ΕΝΝΟΙΑ ΤΗΣ ΟΛΙΣΘΗΣΗΣ ΣΤΟΥΣ

ΕΠΑΓΩΓΙΚΟΥΣ ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ

Σύγχρονη ταχύτητα πεδίου στάτη B_s $n_{\text{sync}} = \frac{120 f_e}{P}$

Ταχύτητα ολίσθησης $n_{\text{slip}} = n_{\text{sync}} - n_m$

όπου n_m η μηχανική ταχύτητα του άξονα της μηχανής

ολίσθηση $s = \frac{n_{\text{slip}}}{n_{\text{sync}}} (\times 100\%)$

ή $s = \frac{n_{\text{sync}} - n_m}{n_{\text{sync}}} (\times 100\%)$ $s = \frac{\omega_{\text{sync}} - \omega_m}{\omega_{\text{sync}}} (\times 100\%)$

$n_m = (1 - s) n_{\text{sync}}$ ή $\omega_m = (1 - s) \omega_{\text{sync}}$

όταν ο δρομέας περιστρέφεται με την σύγχρονη ταχύτητα

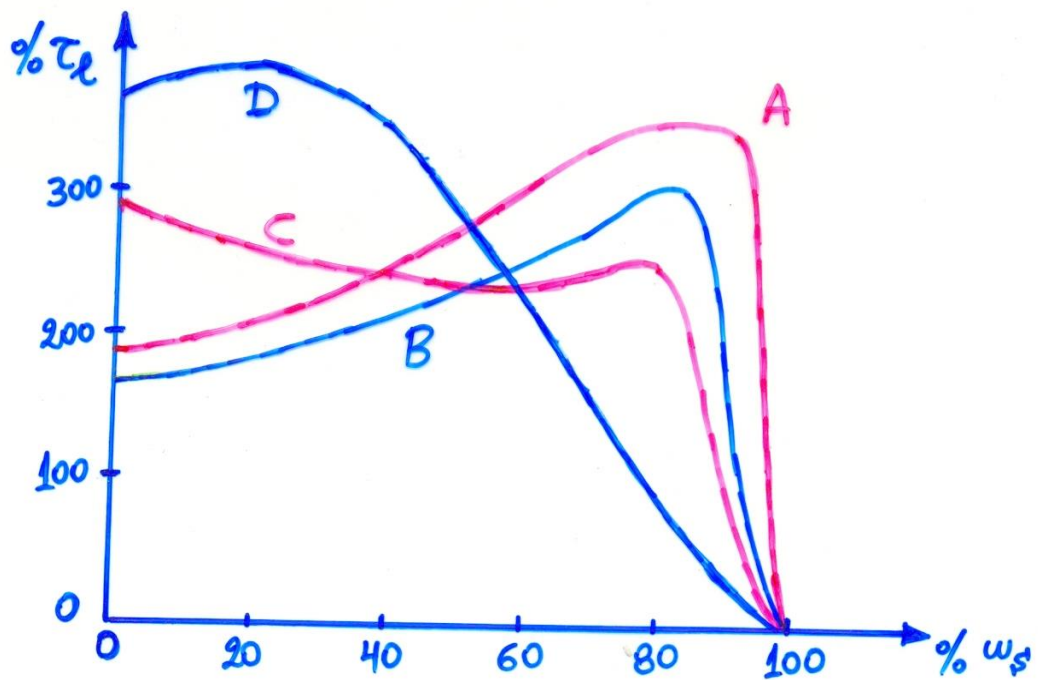
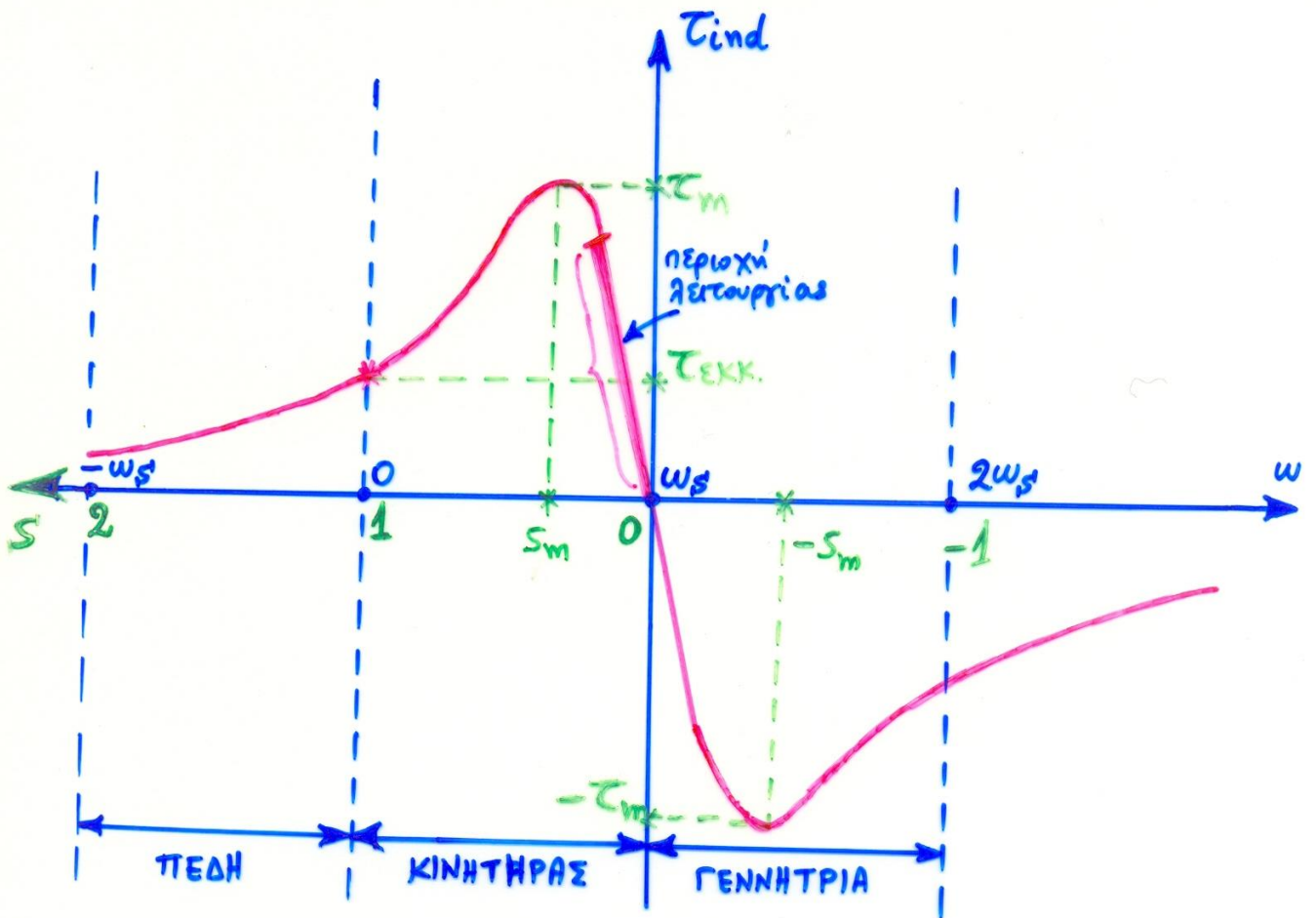
$n_m = n_{\text{sync}}$, $s = 0$, $fr = 0$

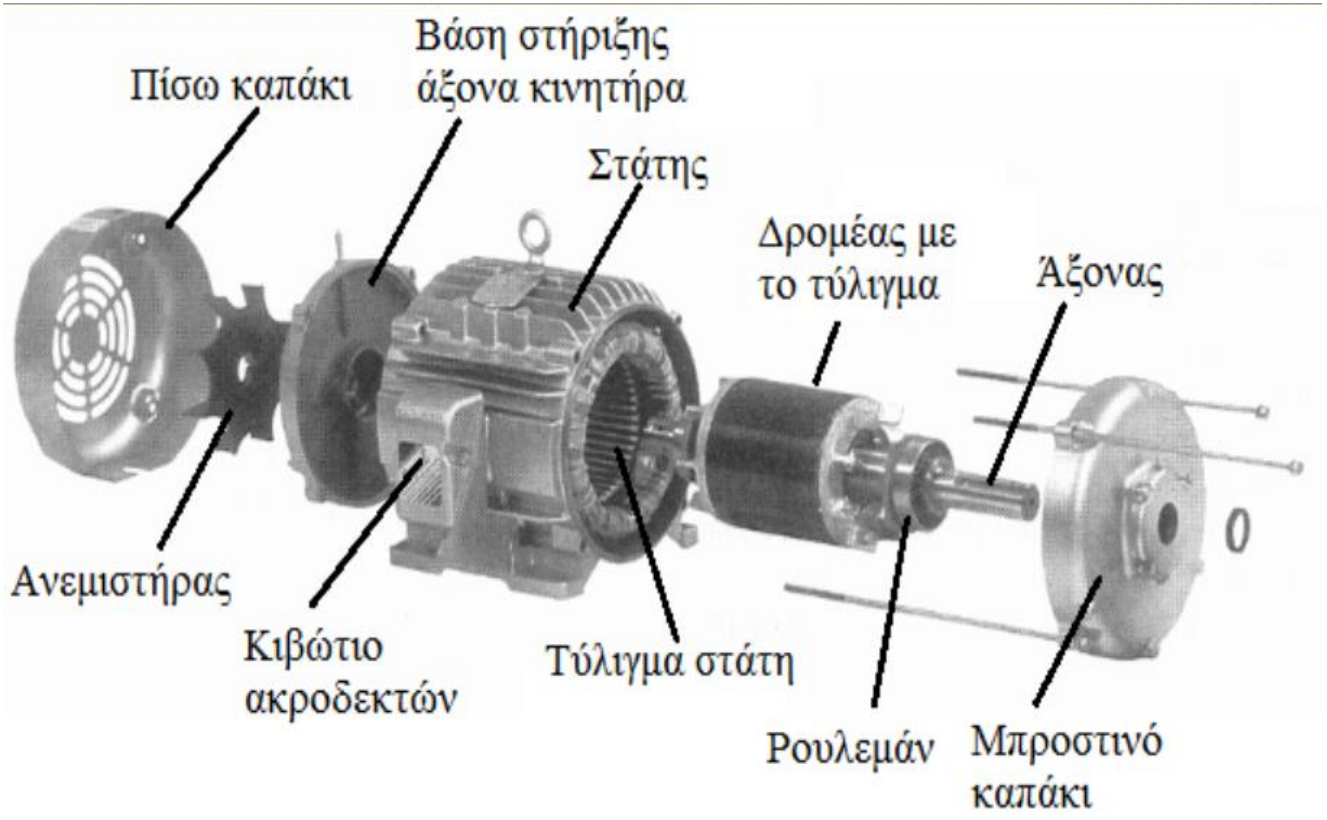
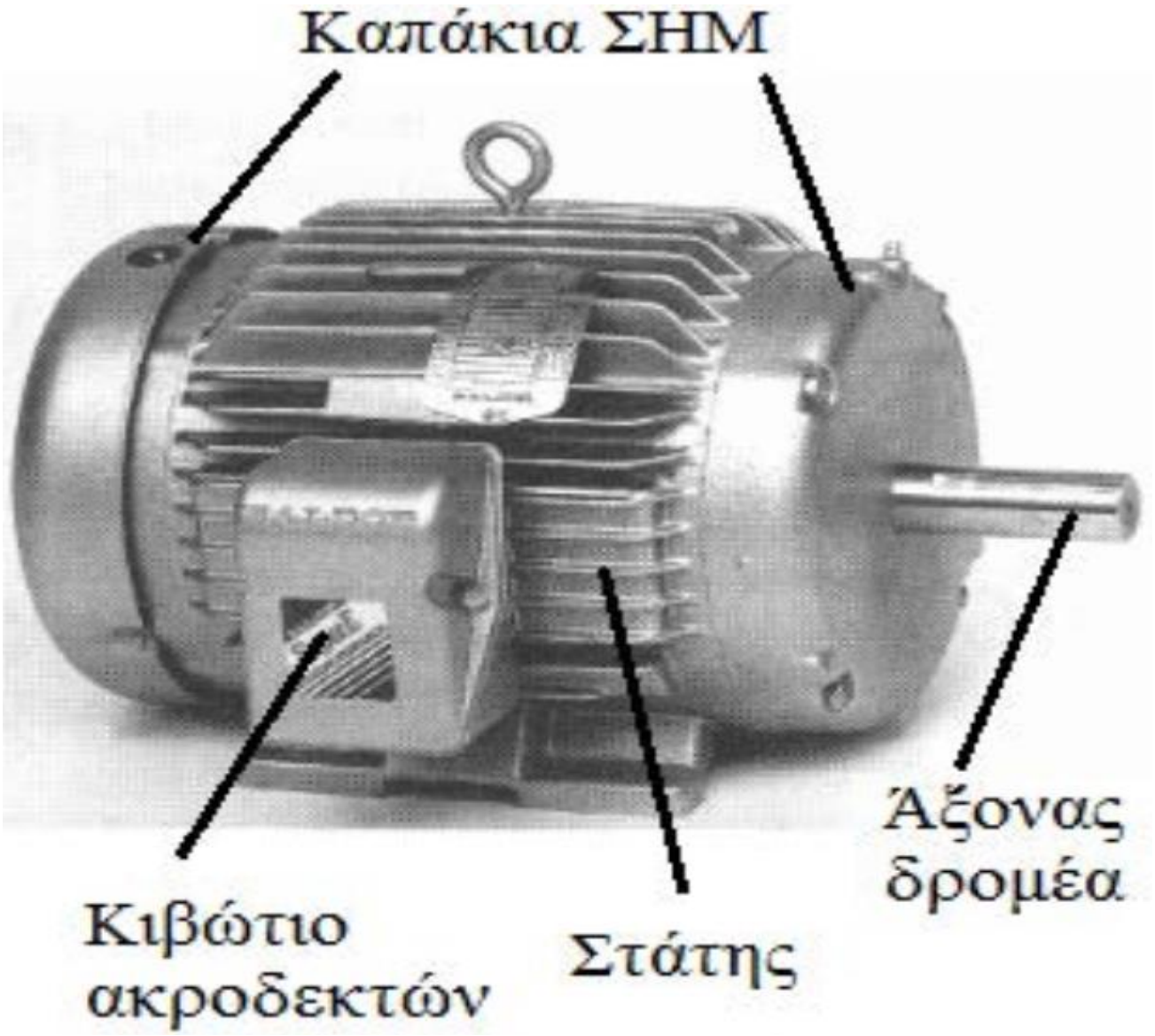
όταν ο δρομέας είναι ακινητοποιημένος

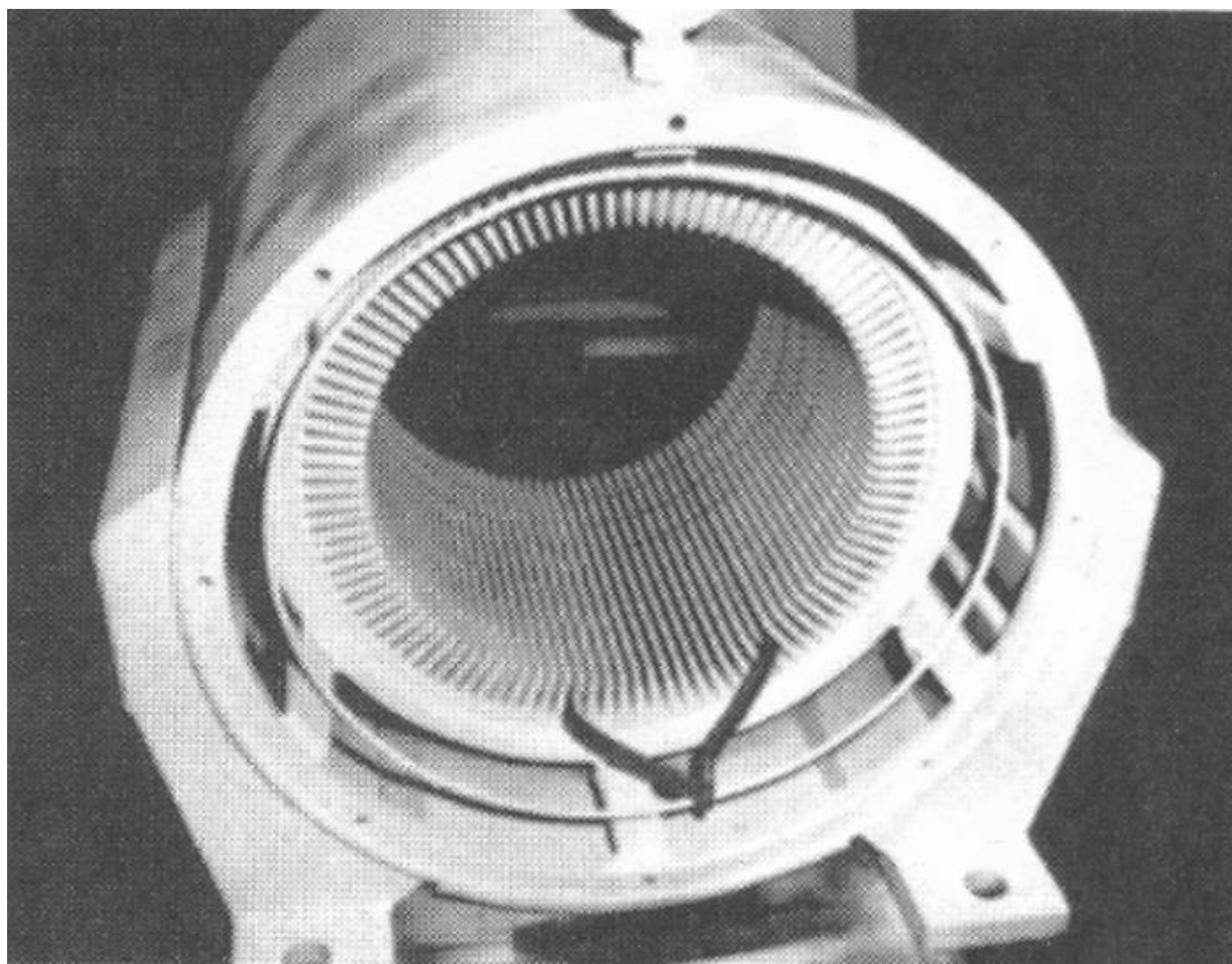
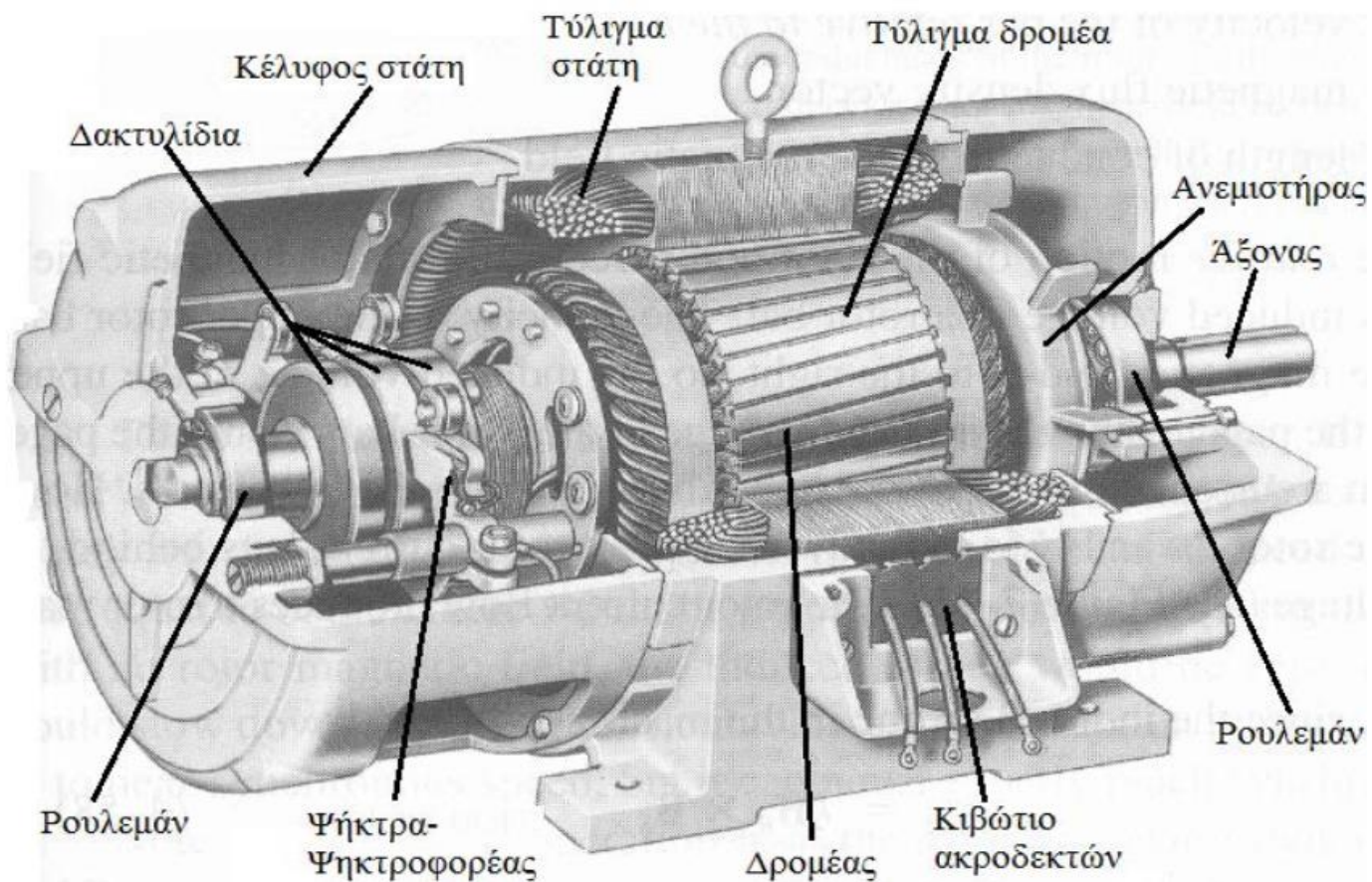
$n_m = 0$, $s = 1$, $fr = fe$

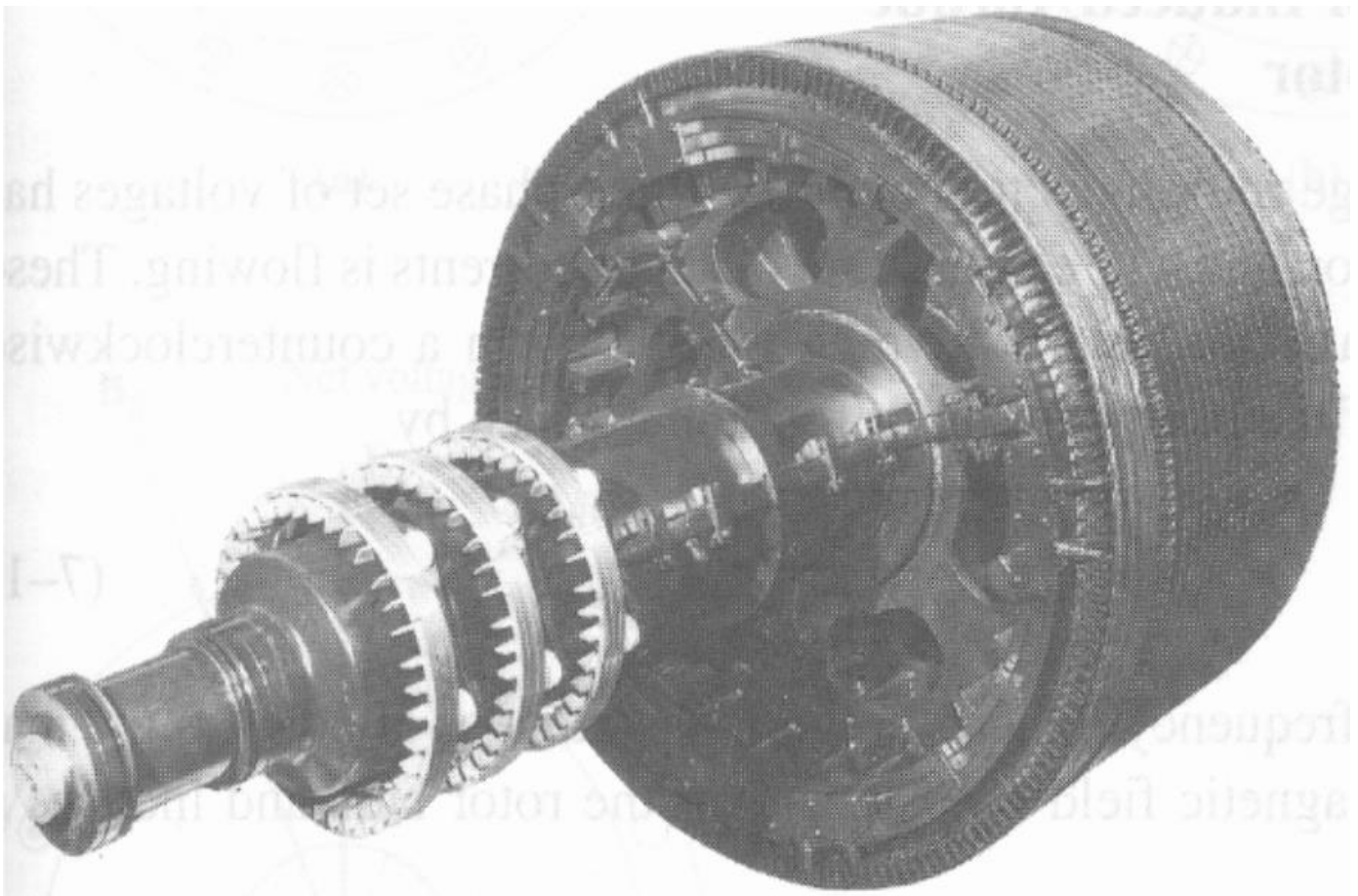
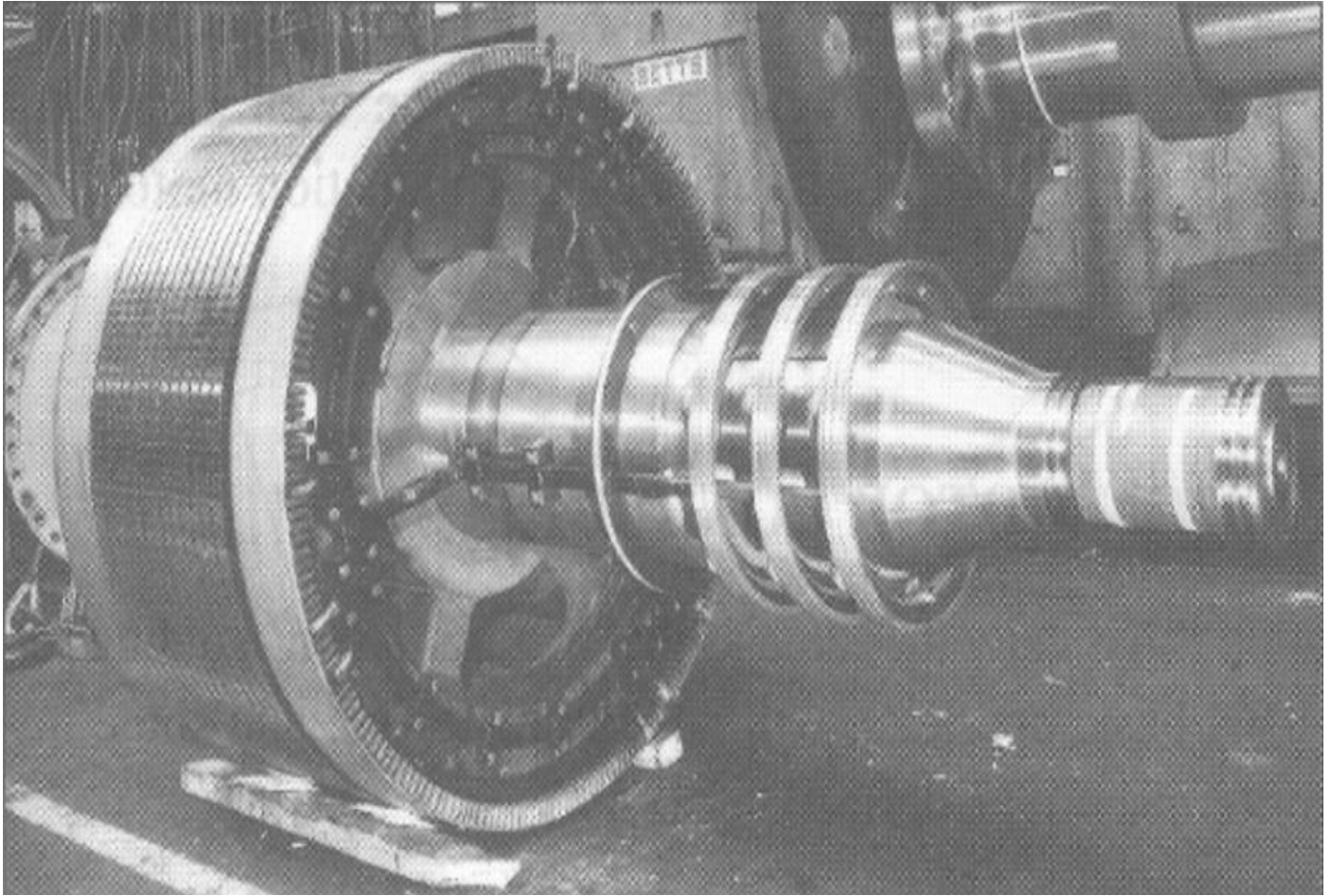
$fr = s fe$ ή $fr = \frac{P}{120} (n_{\text{sync}} - n_m)$

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΗ ΡΟΠΗΣ – ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ ΤΟΥ ΕΠΑΓΩΓΙΚΟΥ ΚΙΝΗΤΗΡΑ

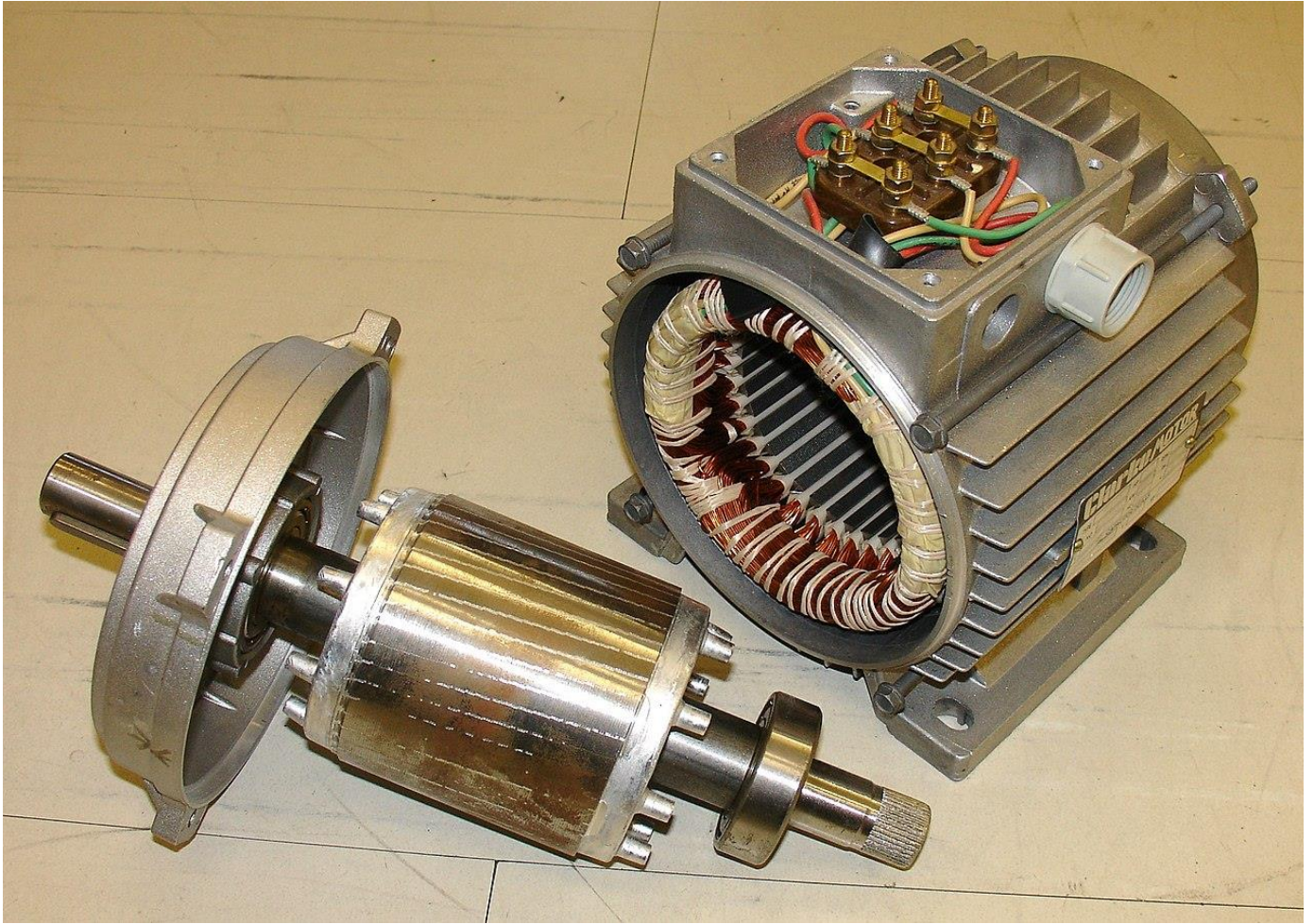








Δρομέας με δαχτυλίδια (περιελγμένος δρομέας)



Ροπή φορτίου $\tau = \frac{P}{\omega}$

$$\tau \sim \omega^n \quad \tau = \alpha\omega^n + \beta\omega^{n-1} + \dots + \gamma\omega + \delta$$



- I) $\tau = \text{σταθερό} \Rightarrow P \sim \omega$

Ανυψωτικά μηχανήματα, μεταφορικές ταινίες, ορισμένοι τύποι ανεμιστήρων, εργαλειομηχανές με σταθερή κοπτική μορφή.

- II) $\tau \sim \omega \Rightarrow P \sim \omega^2$

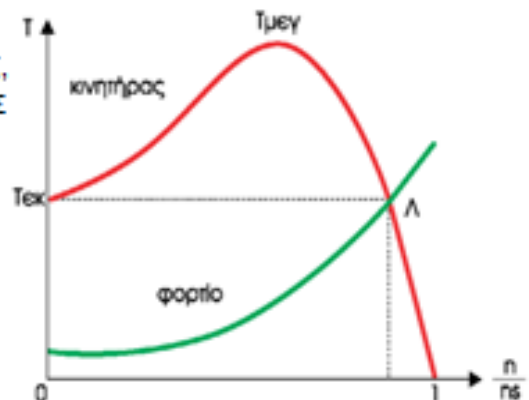
Έλαστρα, έμβολα και ορισμένοι τύποι αντλιών.

- III) $\tau \sim \omega^2 \Rightarrow P \sim \omega^3$

Παλινδρομικές μηχανές, φυγοκεντρικές αντλίες, ορισμένοι τύποι ανεμιστήρων.

- IV) $\tau \sim \omega^3 \Rightarrow P \sim \omega^4$

Εργαλειομηχανές, τórνοι, φρέζες, περιελκτικές μηχανές, μηχανές κατεργασίας ξύλου, σπαστήρες.



$$\text{Αν } \tau_{\varphi} > \tau_{\text{κιν}} \Rightarrow \omega \downarrow$$

$$\text{Αν } \tau_{\varphi} < \tau_{\text{κιν}} \Rightarrow \omega \uparrow$$

$$\text{Αν } \tau_{\varphi} = \tau_{\text{κιν}} \Rightarrow \omega = \text{στ.}$$

24

Ρύθμιση στροφών



- Στους κινητήρες Συνεχούς Ρεύματος DC

α) Με μεταβολή της τάσης τροφοδοσίας (V)

β) Με έλεγχο του ρεύματος διέγερσης (Φ)

γ) Με σύνδεση αντίστασης σε σειρά (R)

- Στους Επαγωγικούς κινητήρες AC

α) Με διπλά τυλίγματα και αλλαγή πόλων (P)

β) Με μεταβολή της τάσης τροφοδοσίας (V)

γ) Με σύνδεση αντιστάσεων (R) τυλιγμένος δρομέας

δ) Με μεταβολή της συχνότητας (f) VVVF

α) Αλλαγή πόλων $n_{\text{sync}} = \frac{120 f_e}{P}$

$n_m = (1 - s) n_{\text{sync}}$ ή $\omega_m = (1 - s) \omega_{\text{sync}}$

1. Μέθοδος διαδοχικών πόλων

Συγκεκριμένα βήματα αλλαγής 1:2

2. Πολλαπλά τυλίγματα στο στάτη

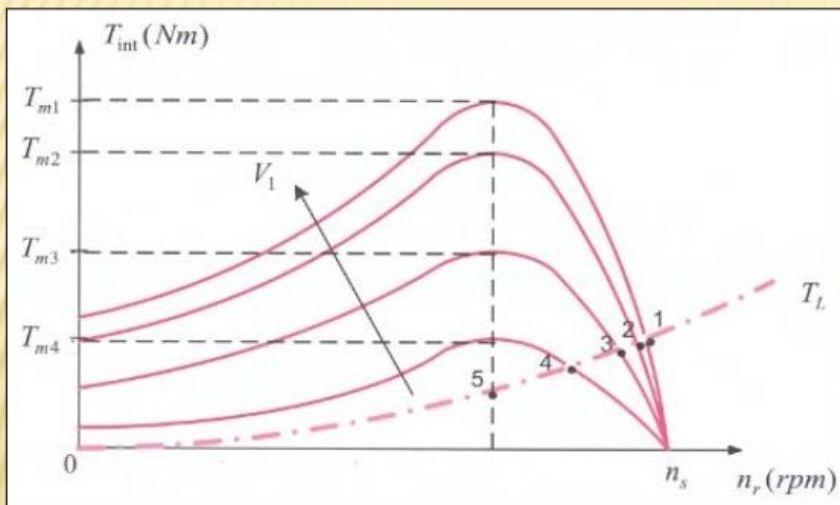
Αυξημένο κόστος κατασκευής

β) Μεταβολή της τάσης V

$T_{\text{max}} \sim V^2$

Εξάρτηση της Ροπής από την Τάση

➤ Με βάση τις προηγούμενες παρατηρήσεις, για σταθερή συχνότητα και για διαφορετικές τιμές της τάσης τροφοδοσίας, προκύπτει σμήνος χαρακτηριστικών ($T_{\text{int}}-s$) ή ($T_{\text{int}}-n_r$), της μορφής:

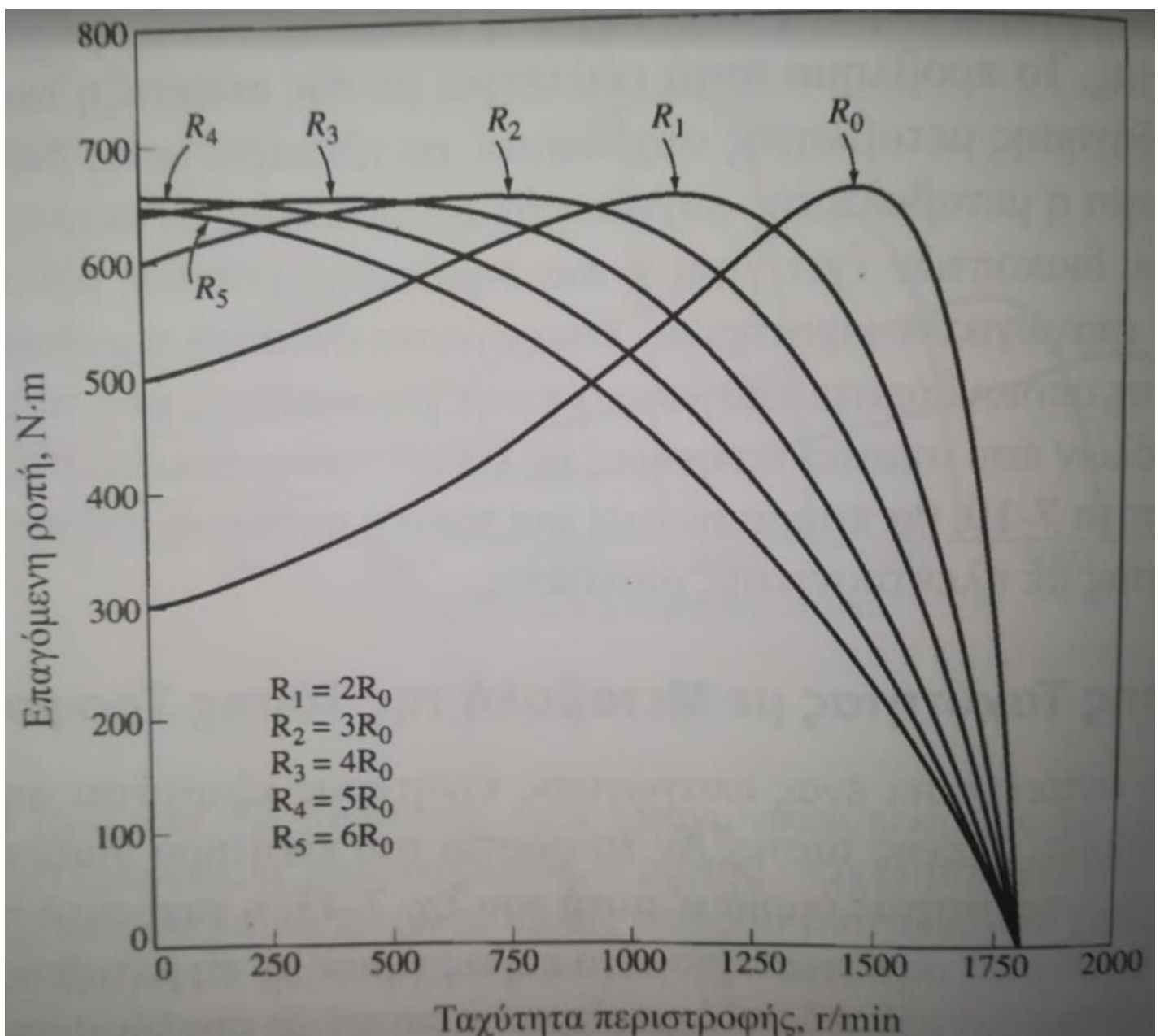


- Σημαντική εξάρτηση της τιμής της ροπής ανατροπής από τη μεταβολή της τάσης.
- Ισχυρή μείωση της αποδιδόμενης ροπής στο φορτίο του κινητήρα.
- Μείωση της ροπής εκκίνησης του κινητήρα.
- Περιορισμός της ταχύτητας λειτουργίας του φορτίου.

Για παράδειγμα, υποδιπλασιασμός της τάσης τροφοδοσίας του κινητήρα σημαίνει υποτετραπλασιασμό της αναπτυσσόμενης ροπής στον άξονα του κινητήρα !!!

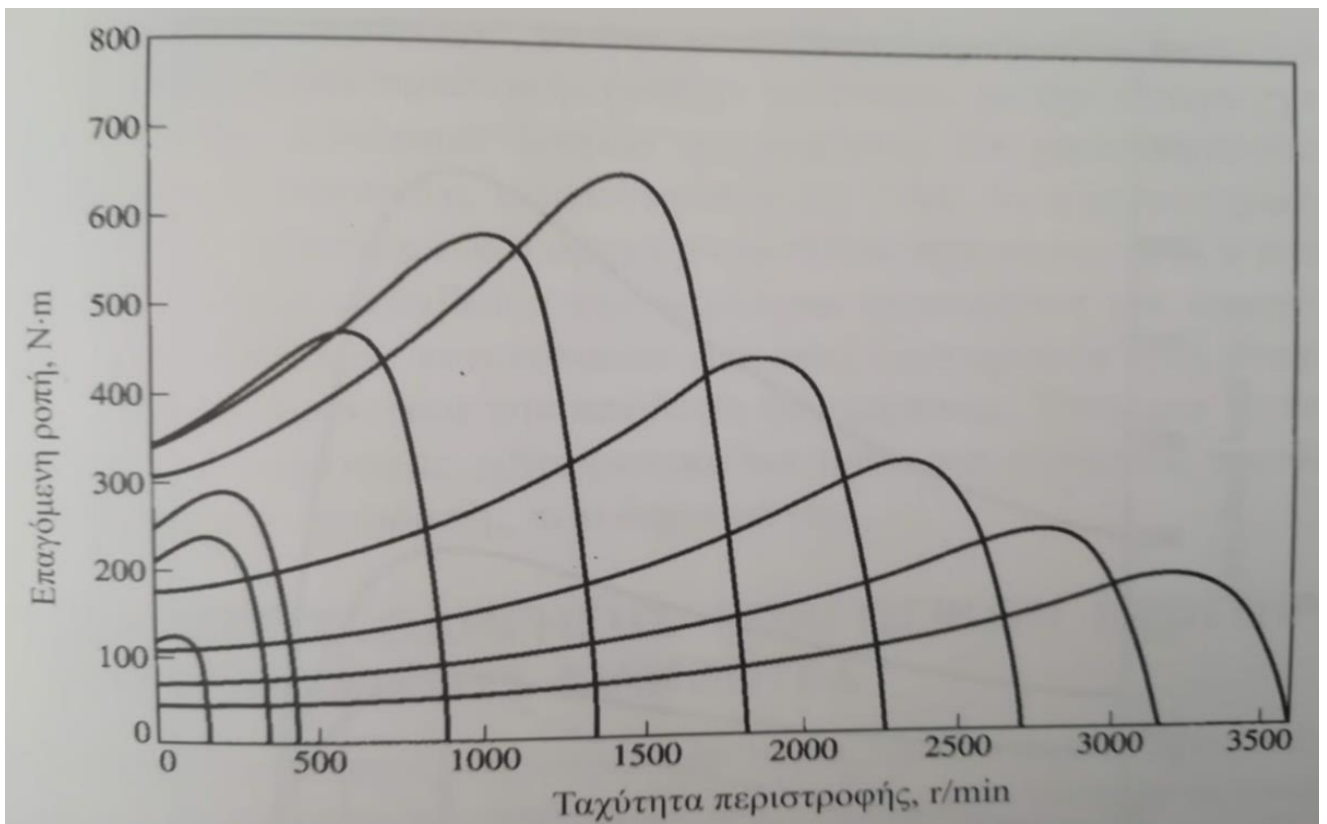
γ) Σύνδεση αντιστάσεων R

- ✓ Προσθέτοντας αντίσταση στο δρομέα, μετατοπίζεται το σημείο ανατροπής προς τα αριστερά, δηλαδή σε μικρότερο αριθμό στροφών.
- ✓ Με κατάλληλη επιλογή της προστιθέμενης ωμικής αντίστασης, είναι δυνατόν να επιτευχθεί ευρεία μεταβολή της τιμής της ροπής εκκίνησης του κινητήρα.

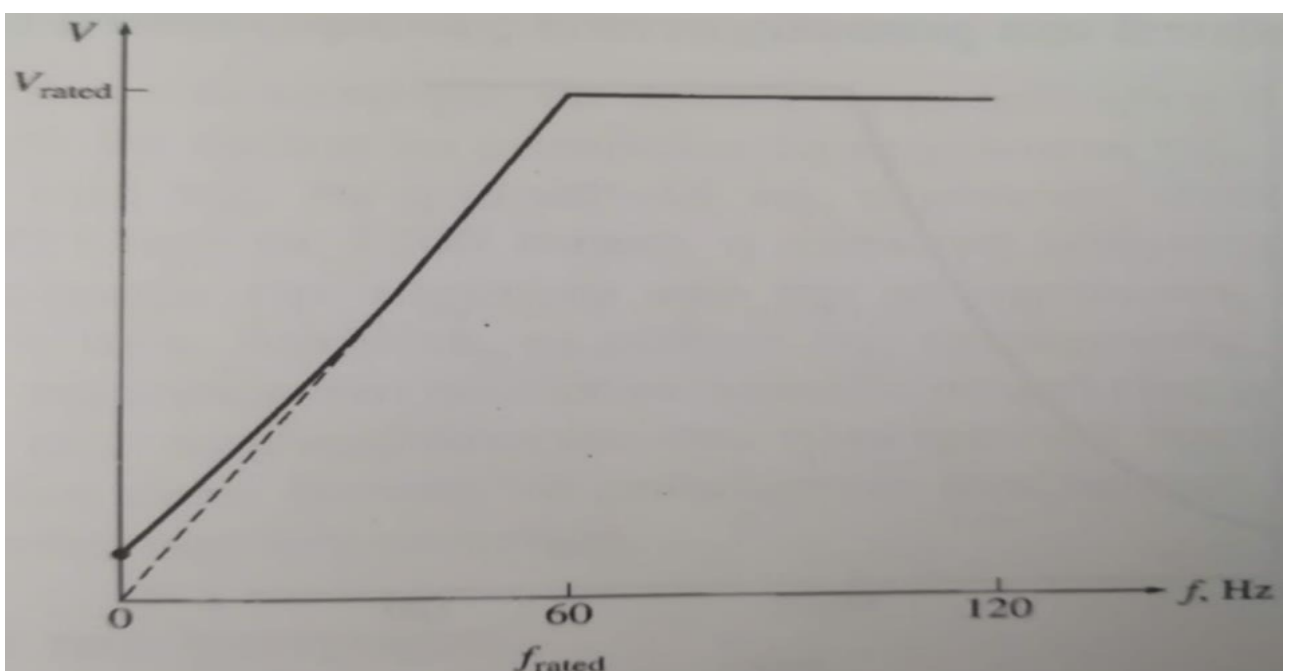


δ) Μεταβολή συχνότητας f

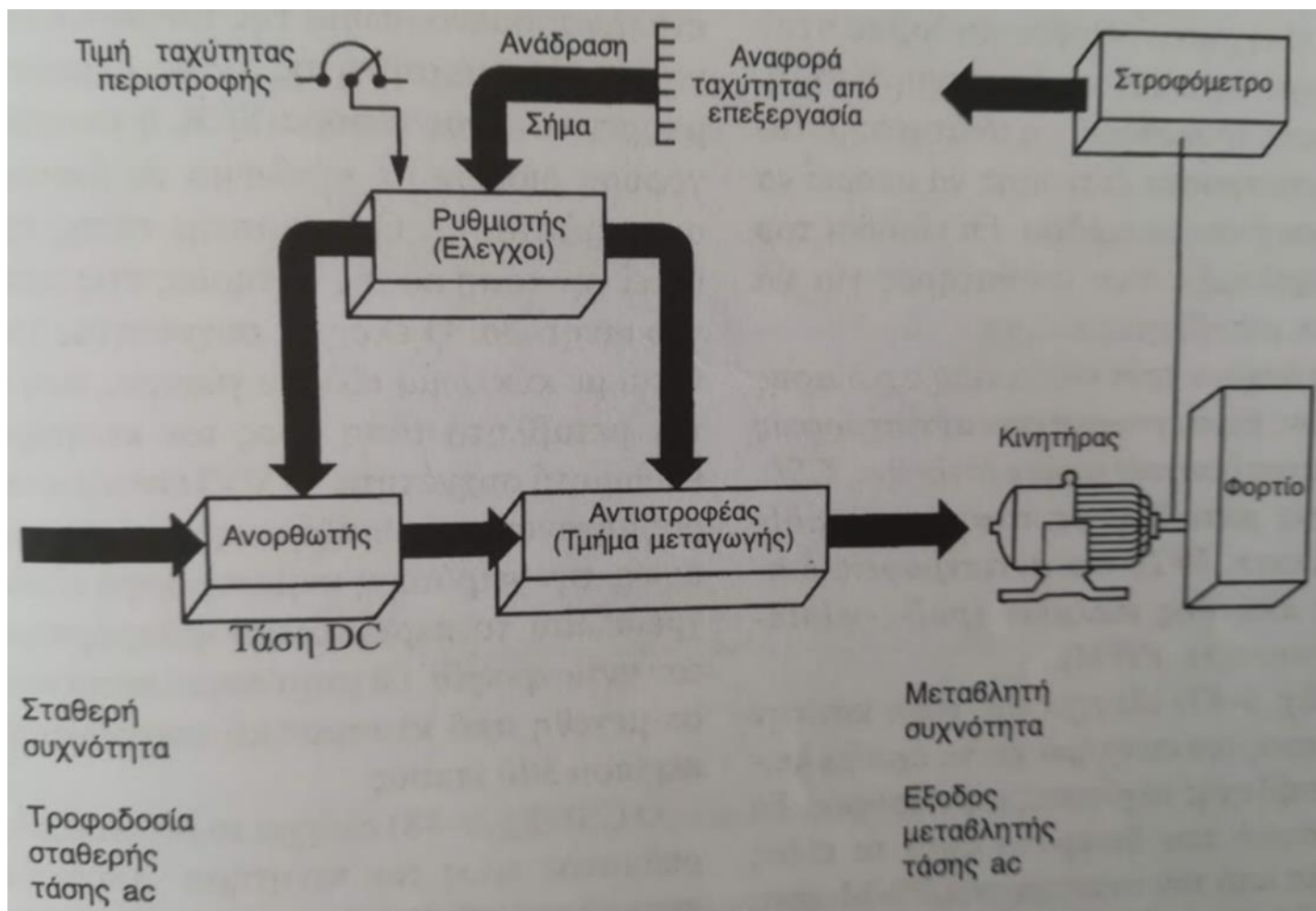
$$T_{\max} \sim 1 / \omega^2$$



$$\Phi(t) = - \frac{V_m}{\omega N_p} \cos(\omega t) \quad , \quad \omega = 2 \pi f$$



Μεταβολή της τάσης V συναρτήσει της συχνότητας f .



Μηχανισμός ac σταθεροποίησης ταχύτητας, μεταβλητής συχνότητας.

Ρυθμιστής στροφών (Inverter)

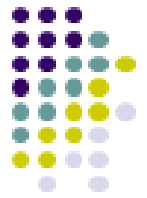


Ομαλός εκκινητής



Προγραμματιζόμενος Λογικός Ελεγκτής (PLC)





Βοηθητικές επαφές ή διακόπτες

- Θερμοστάτης
- Πιεζοστάτης
- Επιτηρητής φάσεων
- Τερματικός διακόπτης
- Διακόπτης στάθμης (φλοτεροδιακόπτης)
- Διακόπτης ροής
- Χρονοδιακόπτης
- Ρυθμιστές στροφών
- Προγραμματιζόμενοι λογικοί ελεγκτές (PLC)

15

Θερμοστάτης χώρου



επαφής



πιεζοστάτης

εμβαπτιζόμενος



Τερματικός διακόπτης

Διακόπτης στάθμης ή φλοτεροδιακόπτης



Διακόπτης ροής



Επιτηρητής φάσεων



Χρονοδιακόπτης αναλογικός

ψηφιακός

