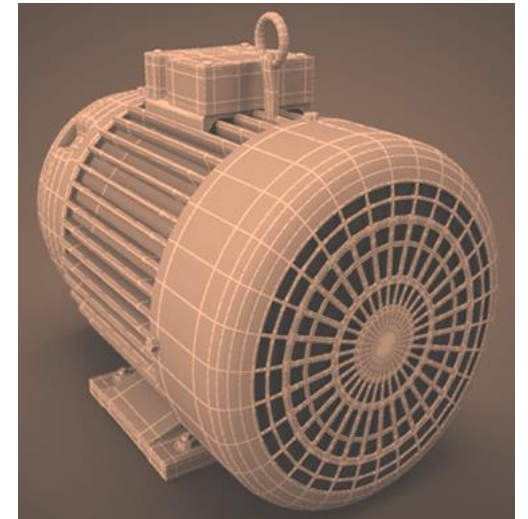




ΕΛΛΗΝΙΚΟ
ΜΕΣΟΓΕΙΑΚΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

Εγκαταστάσεις Ηλεκτρικής Κίνησης

Βιομηχανικές Εγκαταστάσεις



Δρ-Μηχ Κυρ. Σιδεράκης,
Αναπληρωτής Καθηγητής

Εργαστήριο Υψηλών Τάσεων,
Εσταυρωμένος, Τ.Θ. 1939,
Τ.Κ. 71004, Ηράκλειο Κρήτης

Τηλ: 2810379231

email: ksiderakis@hmu.gr



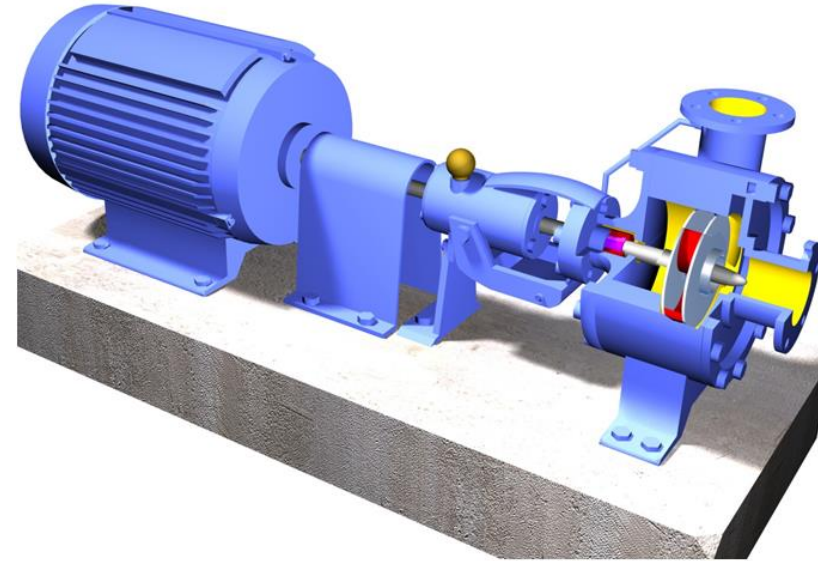
0811.9.001.0

9^ο Εξάμηνο

ΔΕΔΔΗΕ

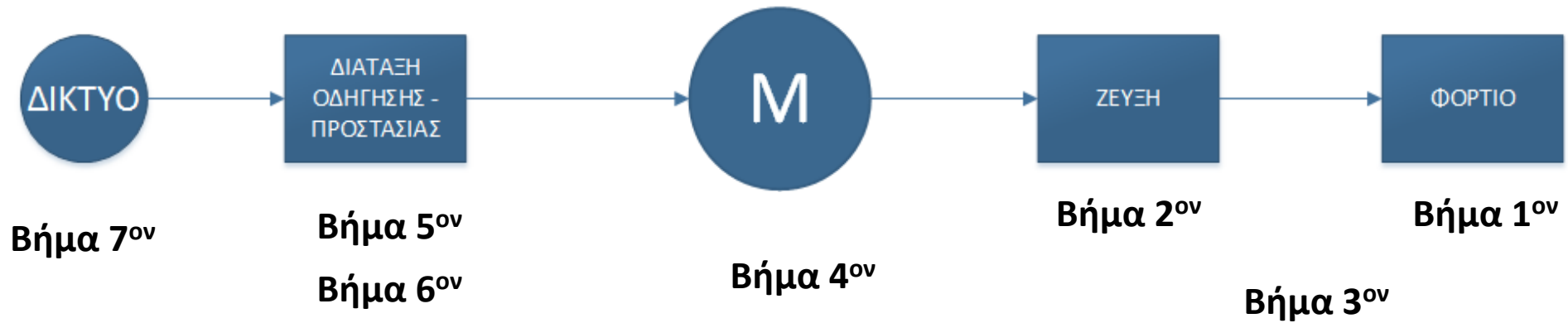
Ηλεκτρικά Κινητήρια Συστήματα

- Σύστημα όπου η ηλεκτρική ενέργεια μετατρέπεται σε μηχανική, σύμφωνα με τις **ανάγκες – προδιαγραφές του φορτίου**
- Βασικό στοιχείο ο **ηλεκτροκινητήρας**
- Συνοδεύεται από
 - Ηλεκτρικά συστήματα προστασίας
 - Ηλεκτρικά συστήματα εκκίνησης
 - Ηλεκτρονικοί μετατροπείς ισχύος
 - Μηχανικά συστήματα ζεύξης
 - Μηχανικά συστήματα πέδησης
 - Άλλα συστήματα
- Ενδιαφέρει η κάλυψη των προδιαγραφών λειτουργίας του φορτίου με τον **μέγιστη δυνατή ενεργειακή απόδοση**



Ηλεκτρικά Κινητήρια Συστήματα

Βασική δομή



Σύνθεση ενός κινητηρίου συστήματος

Βήμα 1^{ον}: Καταγραφή των αναγκών του φορτίου

Βήμα 2^{ον}: Επιλογή σύζευξης

Βήμα 3^{ον}: Καταγραφή των συνθηκών λειτουργίας

Βήμα 4^{ον}: Επιλογή του ηλεκτροκινητήρα

Βήμα 5^{ον}: Μελέτη εκκίνησης και λειτουργίας - αυτοματισμοί

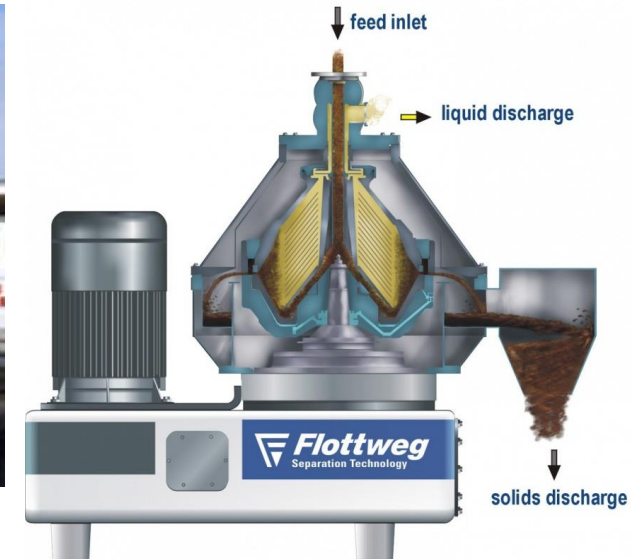
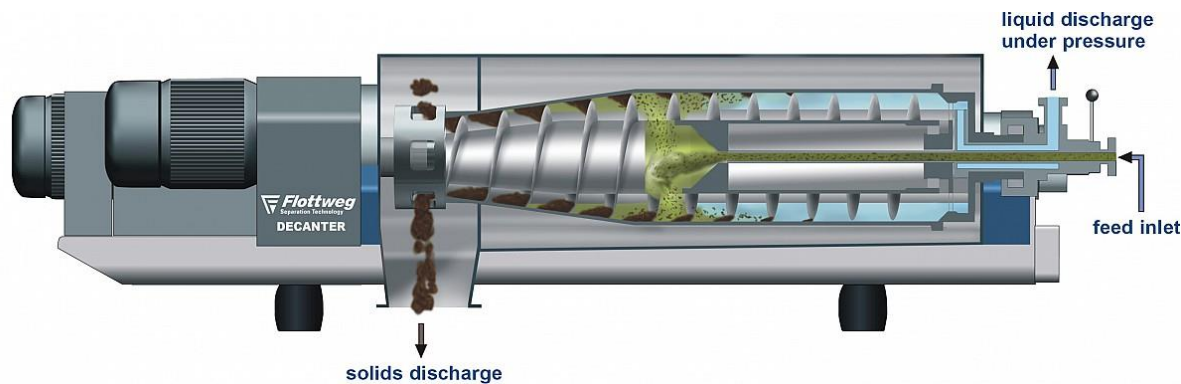
Βήμα 6^{ον}: Μελέτη προστασίας

Βήμα 7^{ον}: Σύνδεση στο δίκτυο

Ηλεκτρικά Κινητήρια Συστήματα

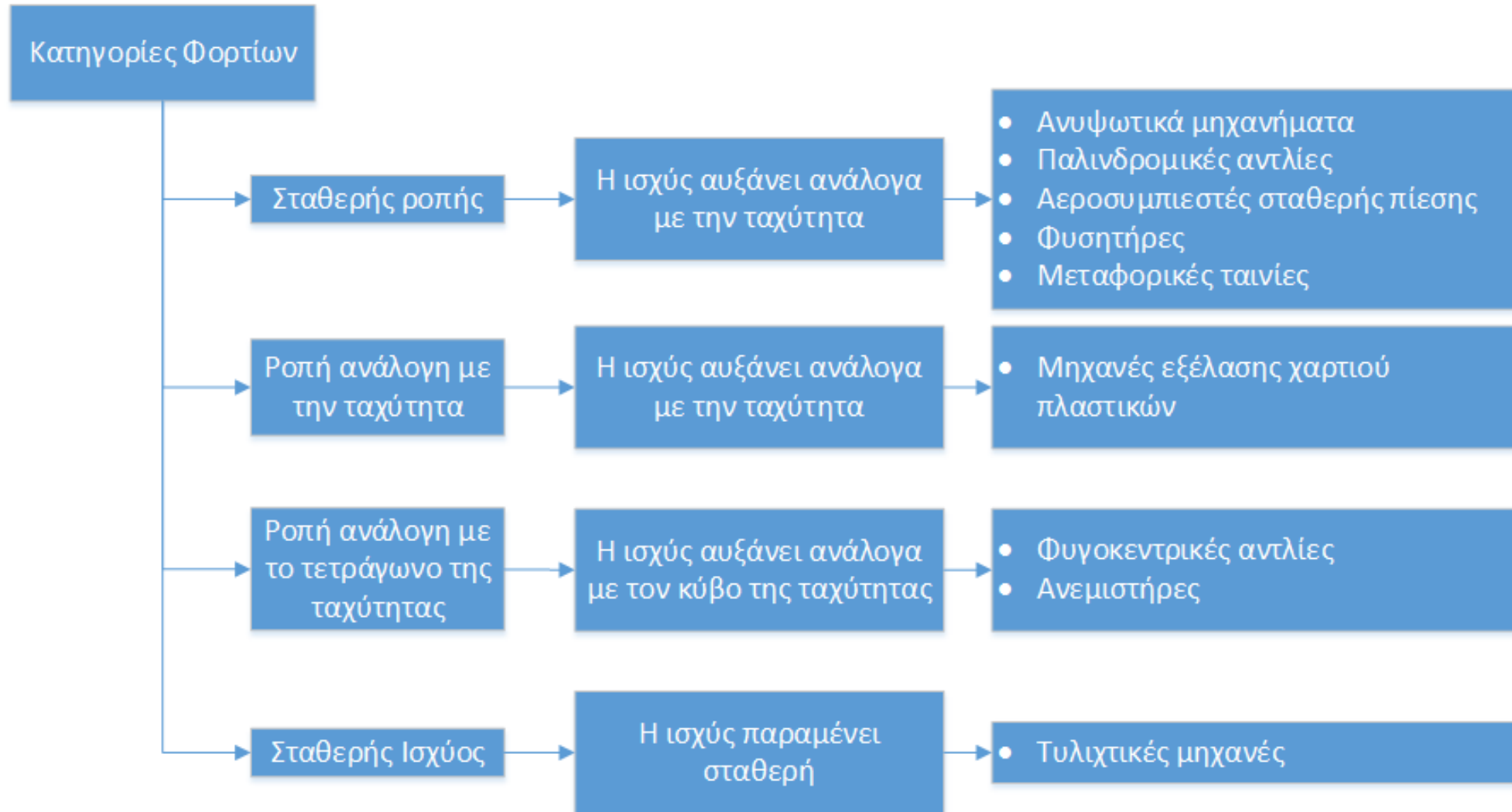
Φορτία ηλεκτρικών κινητήρων

- *Ισχύς*
- *Ροπή*
 - *Εκκίνησης*
 - *Λειτουργίας*
- *Στροφές*
- *Τρόπος λειτουργίας*



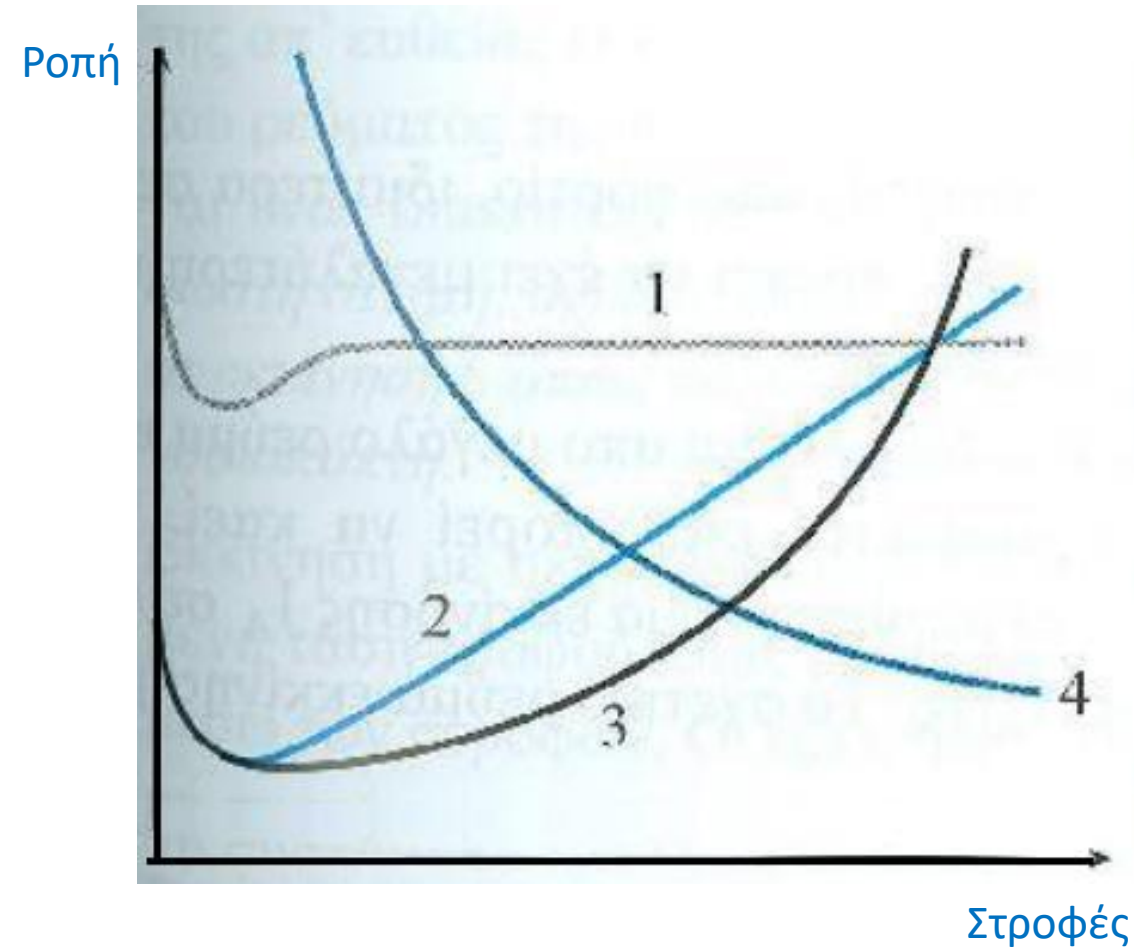
Ηλεκτρικά Κινητήρια Συστήματα

Φορτία ηλεκτρικών κινητήρων

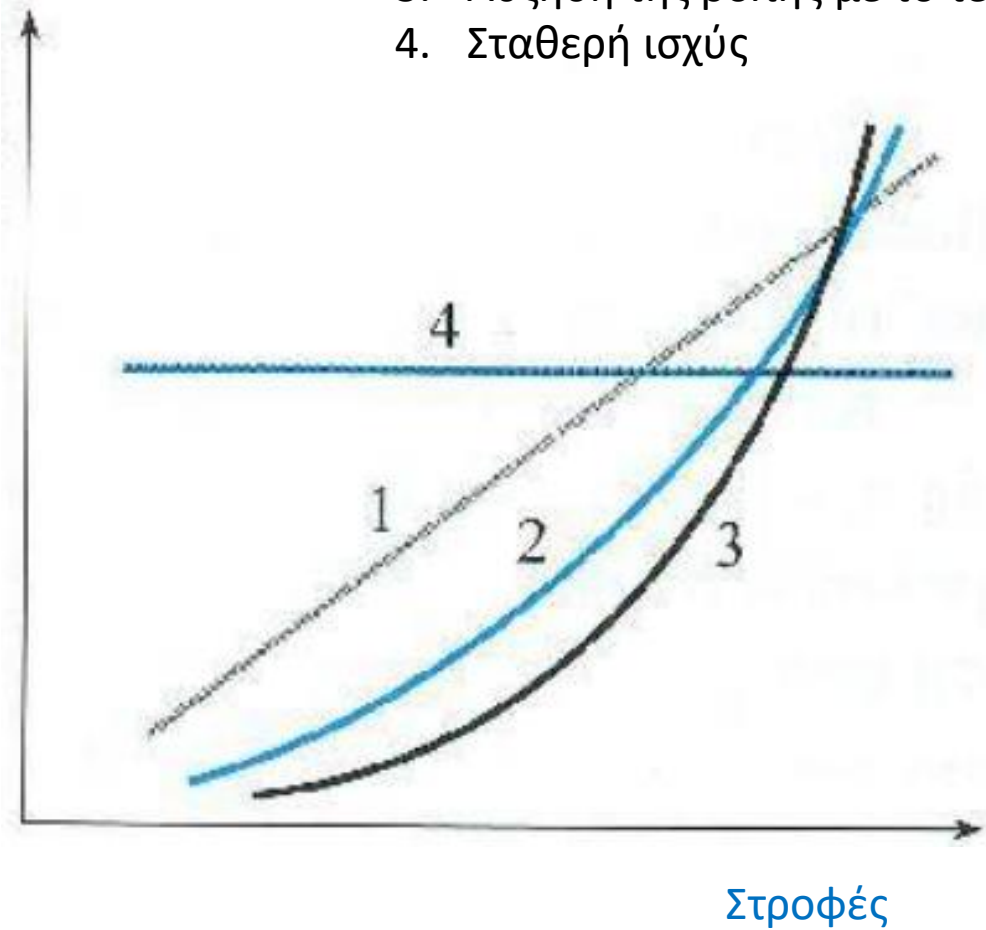


Ηλεκτρικά Κινητήρια Συστήματα

Φορτία ηλεκτρικών κινητήρων



Ισχύς



1. Σταθερή ροπή
2. Γραμμική αύξηση της ροπής
3. Αύξηση της ροπής με το τετράγωνο
4. Σταθερή ισχύς

Ηλεκτρικά Κινητήρια Συστήματα

Φορτία ηλεκτρικών κινητήρων

Σύνθεση ενός κινητηρίου συστήματος

Βήμα 1^{ον}: Καταγραφή των αναγκών του φορτίου

(α) ροπή και στροφές

**Βαθμός απόδοσης
του φορτίου**

Κυκλική κίνηση

$$P = \frac{M n}{9.55 \cdot 1000}$$

P : Ίσχυς σε KW
M : Απαιτούμενη ροπή σε Nm
n : Στροφές του φορτίου ανά λεπτό (rpm)

Κατακόρυφη κίνηση

$$P = \frac{m g v}{1000}$$

P : Ίσχυς εις KW
m : Μάζα εις Kg
g : Επιτάχυνση της βαρύτητας 9.81 m/s²
v : Ταχύτητα σε m/s.

Γραμμική κίνηση

$$M = \frac{9.55 F v}{n}$$

M : Ροπή σε Nm
F : Δύναμη σε N
v : Ταχύτητα σε m/s
n : Στροφές ανά λεπτό (rpm)



Ηλεκτρικά Κινητήρια Συστήματα

Φορτία ηλεκτρικών κινητήρων

Σύνθεση ενός κινητηρίου συστήματος

Βήμα 1^{ον}: Καταγραφή των αναγκών του φορτίου

(α) ροπή και στροφές

**Βαθμός απόδοσης
του φορτίου**

Αντλίες

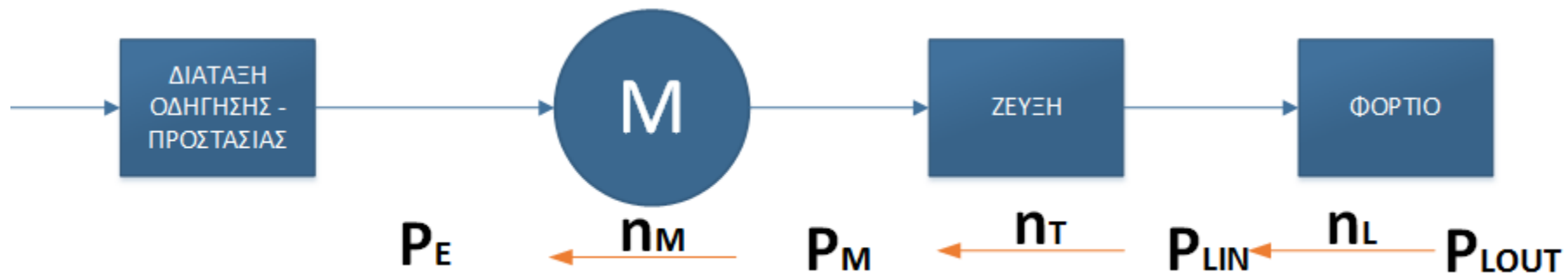
$$P = \frac{Q H \gamma}{270}$$

- P : Ίσχύς σε HP
- Q : Παροχή σε m³/h
- H : Μανομετρικό ύψος σε m
- γ : Ειδικό βάρος του υγρού σε Kg/dm³

Ανεμιστήρες

$$P = \frac{V p}{102}$$

- P : Ίσχύς σε kW
- p : Πίεση έξόδου σε kgf/m²
- V : Παροχή σε m³/s



Ηλεκτρικά Κινητήρια Συστήματα

Φορτία ηλεκτρικών κινητήρων

□ Ροπή αδράνειας:

- Αντίστοιχο με την μάζα στην ευθύγραμμη κίνηση εκφράζει την αντίσταση ενός σώματος στις μεταβολές της γωνιακής ταχύτητας
- εξαρτάται από την μάζα και το τετράγωνο της απόστασης από τον άξονα περιστροφής ($I = m \cdot r^2$)
- Μονάδα της ροπής αδρανείας είναι το : $1 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$
- Μας χρειάζεται για να εκτιμήσουμε την δυσκολία εκκίνησης και την συμπεριφορά στην φάση της πέδησης
- Σώμα διαμέτρου d

$$J = \frac{m d^2}{8} \quad \text{όπου}$$

J : Ροπή αδρανείας σε kgm^2
d : Διάμετρος σε m
m : Μάζα σε kg

Ηλεκτρικά Κινητήρια Συστήματα

Ροπή Άδρανείας

Σε κυκλικό δακτύλιο εξωτερικής διαμέτρου d_1 και έσωτερικής d_2

$$D = \frac{\sqrt{d_1^2 + d_2^2}}{2} \quad \text{όπου}$$

και ή ροπή άδρανείας

$$J = m \frac{d_1^2 + d_2^2}{8}$$

J : Ροπή άδρανείας σε kgm^2
 d_1, d_2 : Διάμετροι σε m
 m : Μάζα σε kg

Όπως και στην περίπτωση τής ροπής, έτσι και ή ροπή άδρανείας ανάγεται στις στροφές του κινητήρα. Έχουμε λοιπόν

$$J_{\varphi\kappa} = J_{\varphi} \frac{n_{\varphi}^2}{n_{\kappa}^2}$$

όπου

$J_{\varphi\kappa}$: Ροπή άδρανείας φορτίου άνηγμένη στις στροφές του κινητήρα
 J_{φ} : Ροπή άδρανείας φορτίου
 n_{φ} : Στροφές Φορτίου
 n_{κ} : Στροφές Κινητήρα

Συνεπώς ή συνολική ροπή άδρανείας, ή αναγόμενη στον άξονα του κινητήρα είναι:

$$\Sigma J = J_m + J_{\varphi\kappa}$$

όπου

J_m : Ροπή άδρανείας Κινητήρα



Ηλεκτρικά Κινητήρια Συστήματα

Φορτία ηλεκτρικών κινητήρων

Σύνθεση ενός κινητηρίου συστήματος

Βήμα 1^ο: Καταγραφή των αναγκών του φορτίου

(α) ροπή και στροφές

(β) τρόπος λειτουργίας (IEC60034-1)

Τα διάφορα είδη λειτουργίας μπορούμε τελικά να τα κατατάξουμε στις έξι τρεις βασικές κατηγορίες:

1. **Συνεχής μέγιστη λειτουργία** κατά την οποία ο κινητήρας αποδίδει συνεχώς τὸ πλήρες φορτίο.
2. **Μικρῆς διάρκειας λειτουργία** κατά την οποία ο κινητήρας ἐργάζεται για μία περιορισμένη περίοδο, ἐκκινώντας πάντα ἀπὸ τὴν ψυχρὰ κατάσταση.
3. **Κυκλική λειτουργία** κατά την οποία ο κινητήρας ἐκτελεῖ κύκλους φορτίσεων με ἐκκινήσεις ποὺ ἐπηρεάζουν τὴν τελικὴ του θερμοκρασία.

Ἐὰν στὴν πινακίδα δὲν ἀναγράφεται συμβολισμὸς εἴδους λειτουργίας, τότε ἡ λειτουργία εἶναι S1.

Ηλεκτρικά Κινητήρια Συστήματα

Φορτία ηλεκτρικών κινητήρων

Σύνθεση ενός κινητηρίου συστήματος

Βήμα 1^{ον}: Καταγραφή των αναγκών του φορτίου

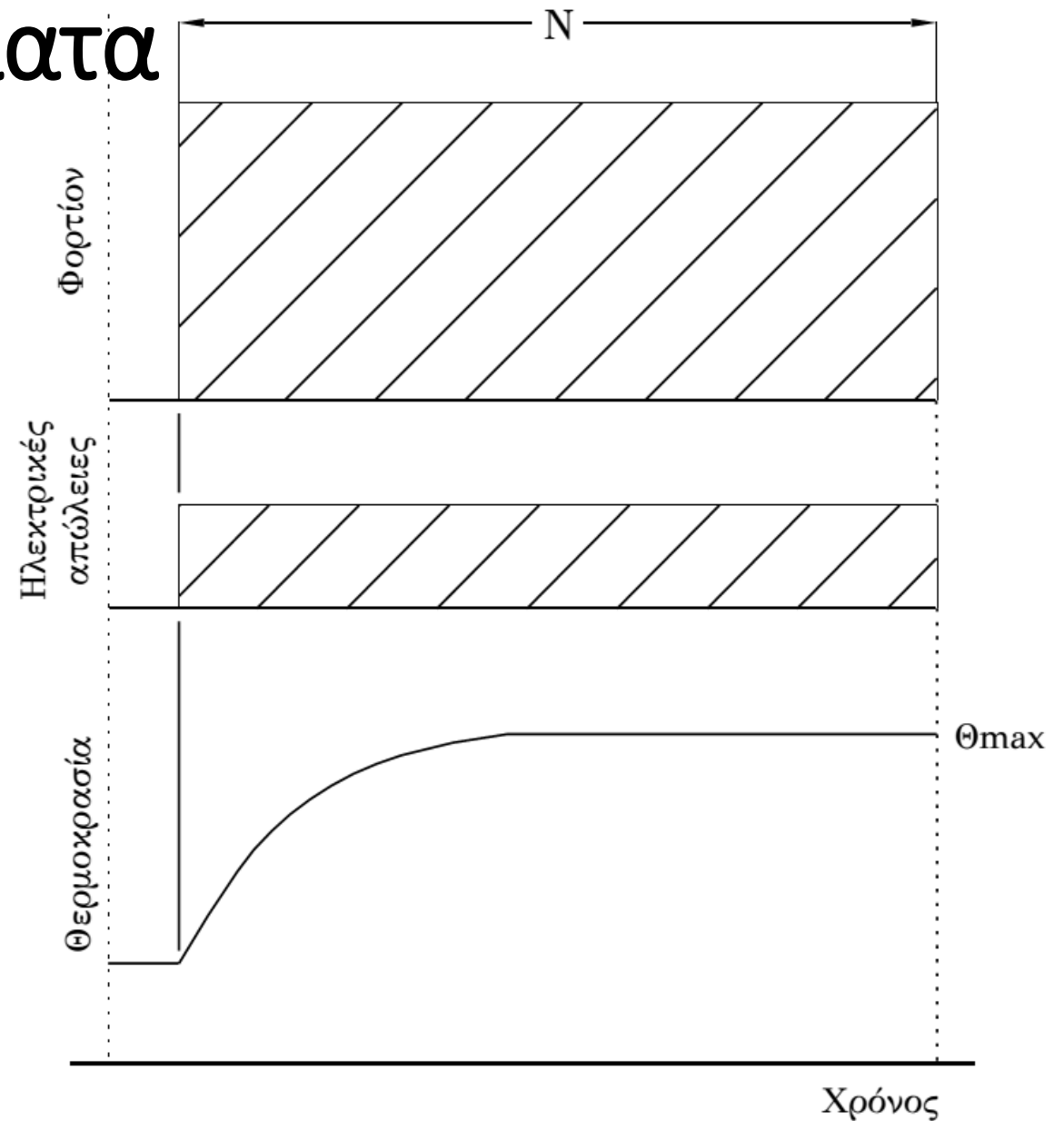
(α) ροπή και στροφές

(β) τρόπος λειτουργίας (IEC60034-1)

S1

Συνεχής λειτουργία (S1)

Ο κινητήρας εργάζεται υπό σταθερό φορτίο, επί αρκετό χρονικό διάστημα, ώστε να επέλθει ή θερμική ισορροπία.



Ηλεκτρικά Κινητήρια Συστήματα

Φορτία ηλεκτρικών κινητήρων

Σύνθεση ενός κινητηρίου συστήματος

Βήμα 1^{ον}: Καταγραφή των αναγκών του φορτίου

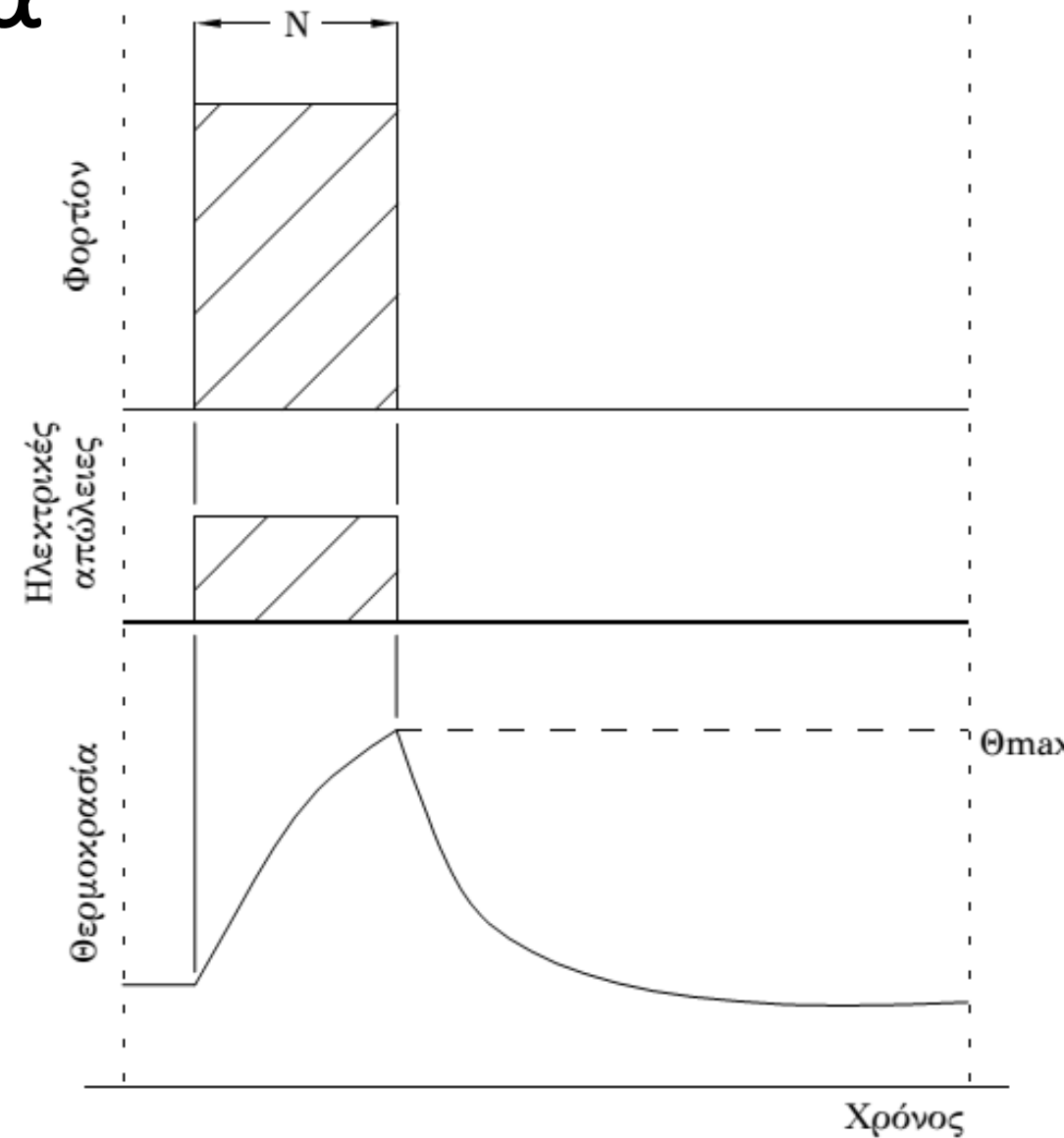
(α) ροπή και στροφές

(β) τρόπος λειτουργίας (IEC60034-1)

S2

Λειτουργία μικρής διάρκειας (S2)

Ο κινητήρας εργάζεται επί μικρό χρονικό διάστημα, τόσο ώστε δεν αποκαθίσταται ή θερμική ισορροπία και η διακοπή λειτουργίας είναι τόσο μεγάλη, ώστε η θερμοκρασία του επανέρχεται στη θερμοκρασία περιβάλλοντος. Τυποποιημένοι χρόνοι για τη διάρκεια λειτουργίας: 10min, 30min, 60min και 90min.



Ηλεκτρικά Κινητήρια Συστήματα

Φορτία ηλεκτρικών κινητήρων

Σύνθεση ενός κινητηρίου συστήματος

Βήμα 1^{ον}: Καταγραφή των αναγκών του φορτίου

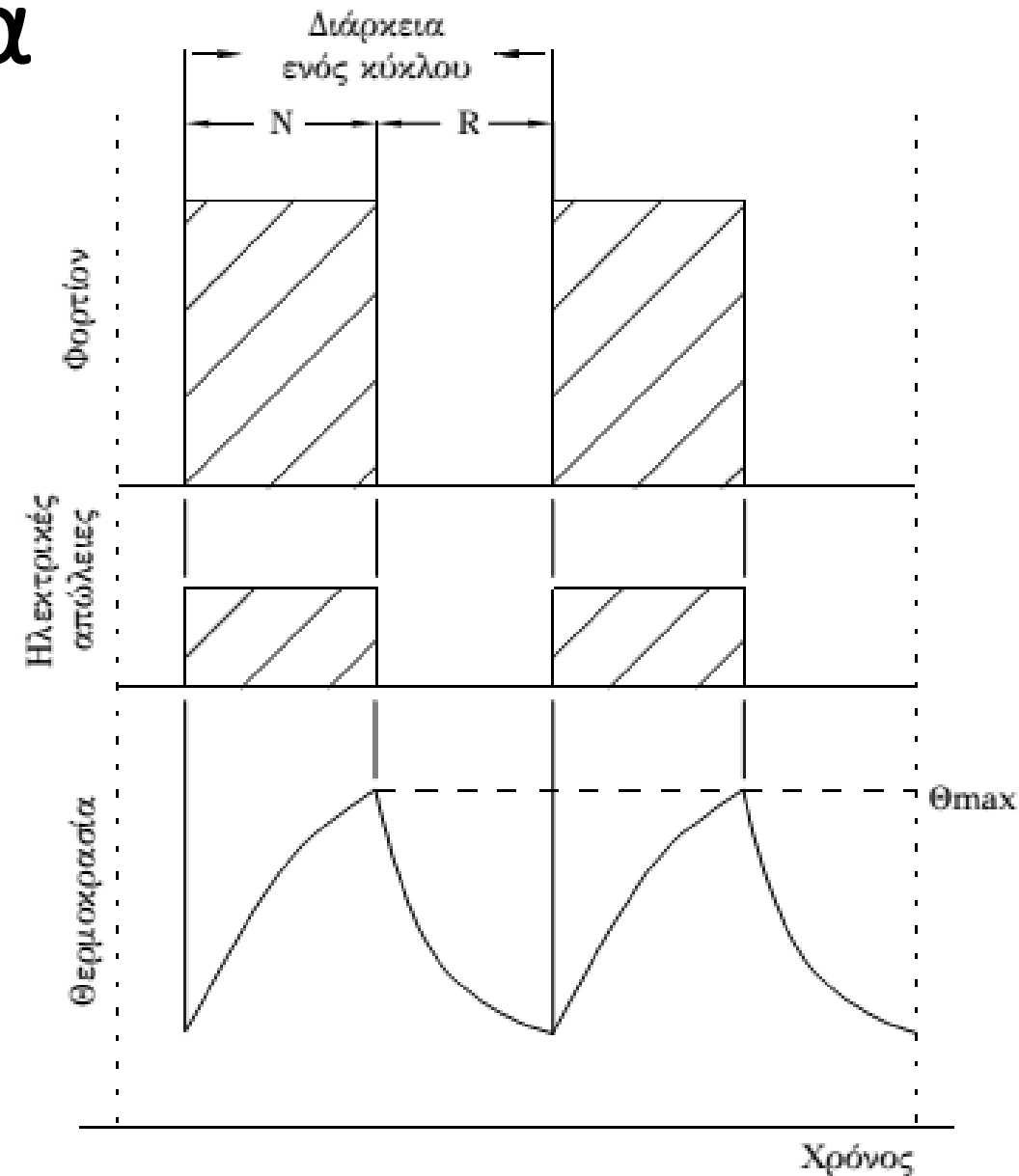
(α) ροπή και στροφές

(β) τρόπος λειτουργίας (IEC60034-1)

S3

Διακοπτόμενη περιοδική λειτουργία (S3)

Ο κινητήρας εκτελεί ίδιους κύκλους φορτίσεων (υπό σταθερό φορτίο) – στάσεων, τέτοιας χρονικής διάρκειας, ώστε δεν φθάνει ή θερμοκρασία του την μέγιστη επιτρεπόμενη και το ρεύμα εκκινήσεως δεν επιδρά στην θερμοκρασία. Τυποποιημένες τιμές για τον συντελεστή διάρκειας λειτουργίας: 15%, 25%, 40%, 60%.



Ηλεκτρικά Κινητήρια Συστήματα

Φορτία ηλεκτρικών κινητήρων

Σύνθεση ενός κινητηρίου συστήματος

Βήμα 1^{ον}: Καταγραφή των αναγκών του φορτίου

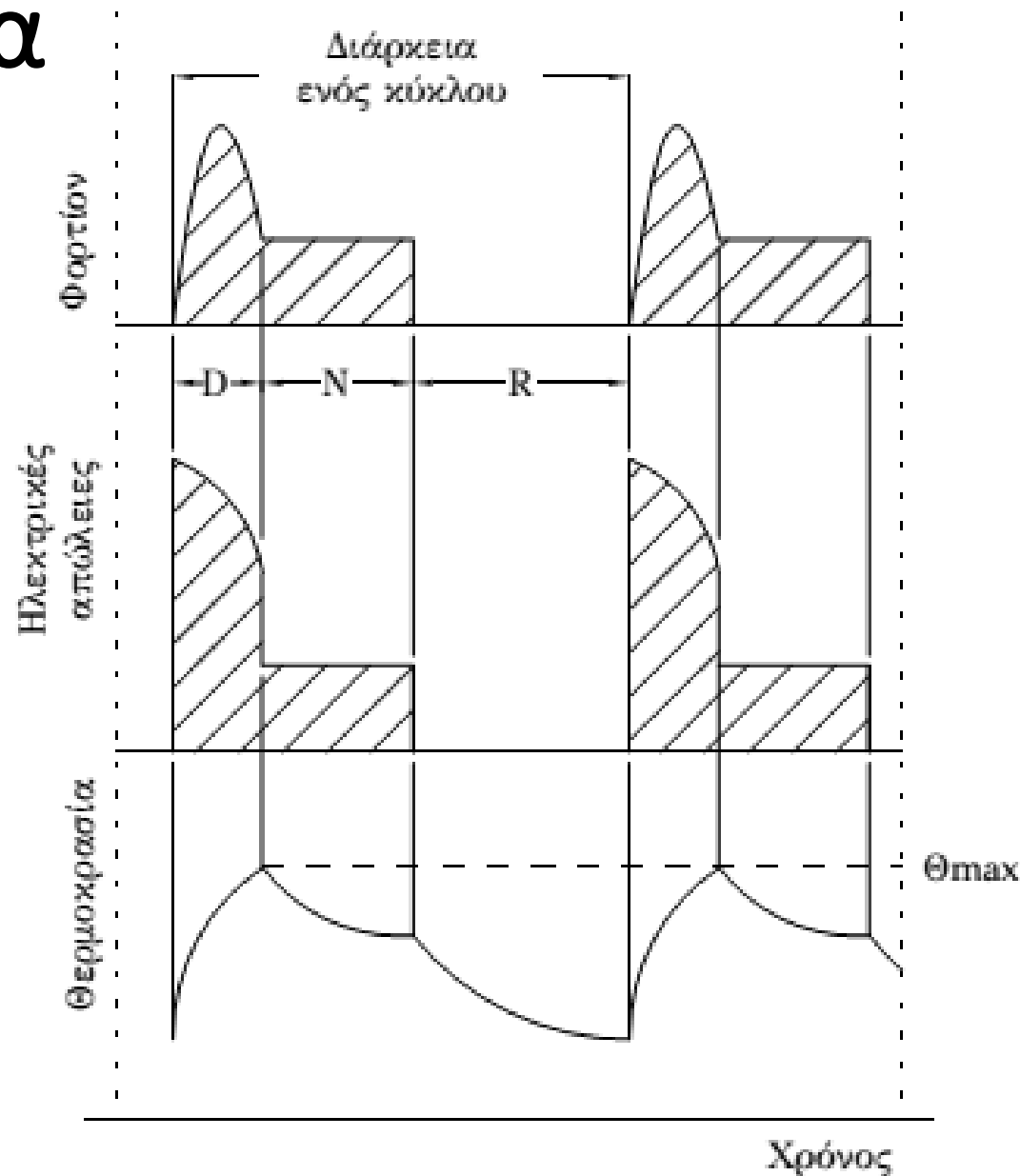
(α) ροπή και στροφές

(β) τρόπος λειτουργίας (IEC60034-1)

S4

Διακοπτόμενη περιοδική λειτουργία με επίπτωση των εκκινήσεων (S4)

Ο κινητήρας εκτελεί ίδιους κύκλους φορτίσεων (υπό σταθερό φορτίο) – στάσεων, και το ρεύμα εκκινήσεως επιδρά επί της τελικής θερμοκρασίας. Τυποποιημένες τιμές για τον συντελεστή διάρκειας λειτουργίας: 15%, 25%, 40%, 60%.



Ηλεκτρικά Κινητήρια Συστήματα

Φορτία ηλεκτρικών κινητήρων

Σύνθεση ενός κινητηρίου συστήματος

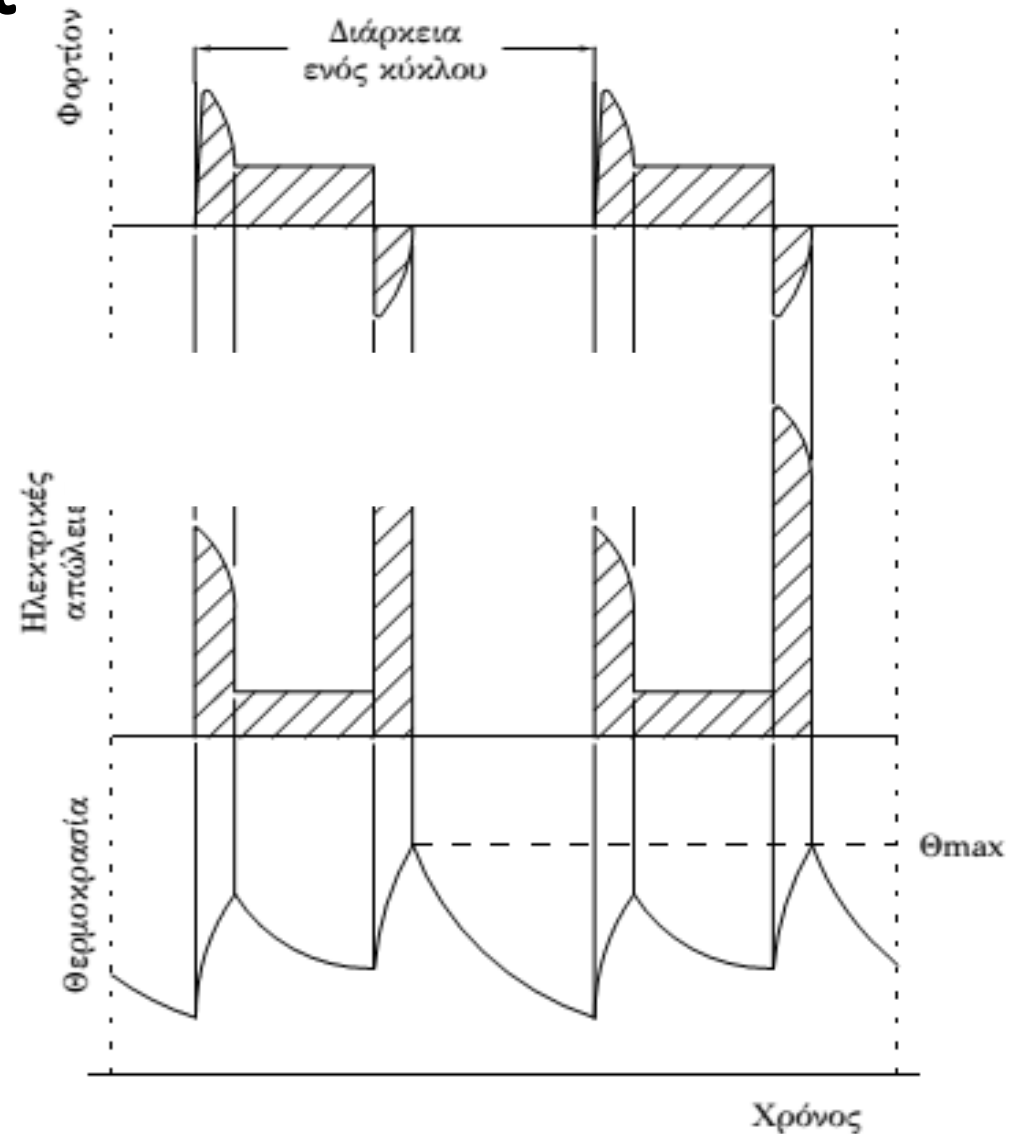
Βήμα 1^{ον}: Καταγραφή των αναγκών του φορτίου

(α) ροπή και στροφές

(β) τρόπος λειτουργίας (IEC60034-1)

S5

Διακοπτόμενη περιοδική λειτουργία με επίπτωση των έκκινήσεων και ηλεκτρική πέδηση (S5)
Λειτουργία όμοια με την S4 αλλά και με ηλεκτρική πέδηση.



Ηλεκτρικά Κινητήρια Συστήματα

Φορτία ηλεκτρικών κινητήρων

Σύνθεση ενός κινητηρίου συστήματος

Βήμα 1^{ον}: Καταγραφή των αναγκών του φορτίου

(α) ροπή και στροφές

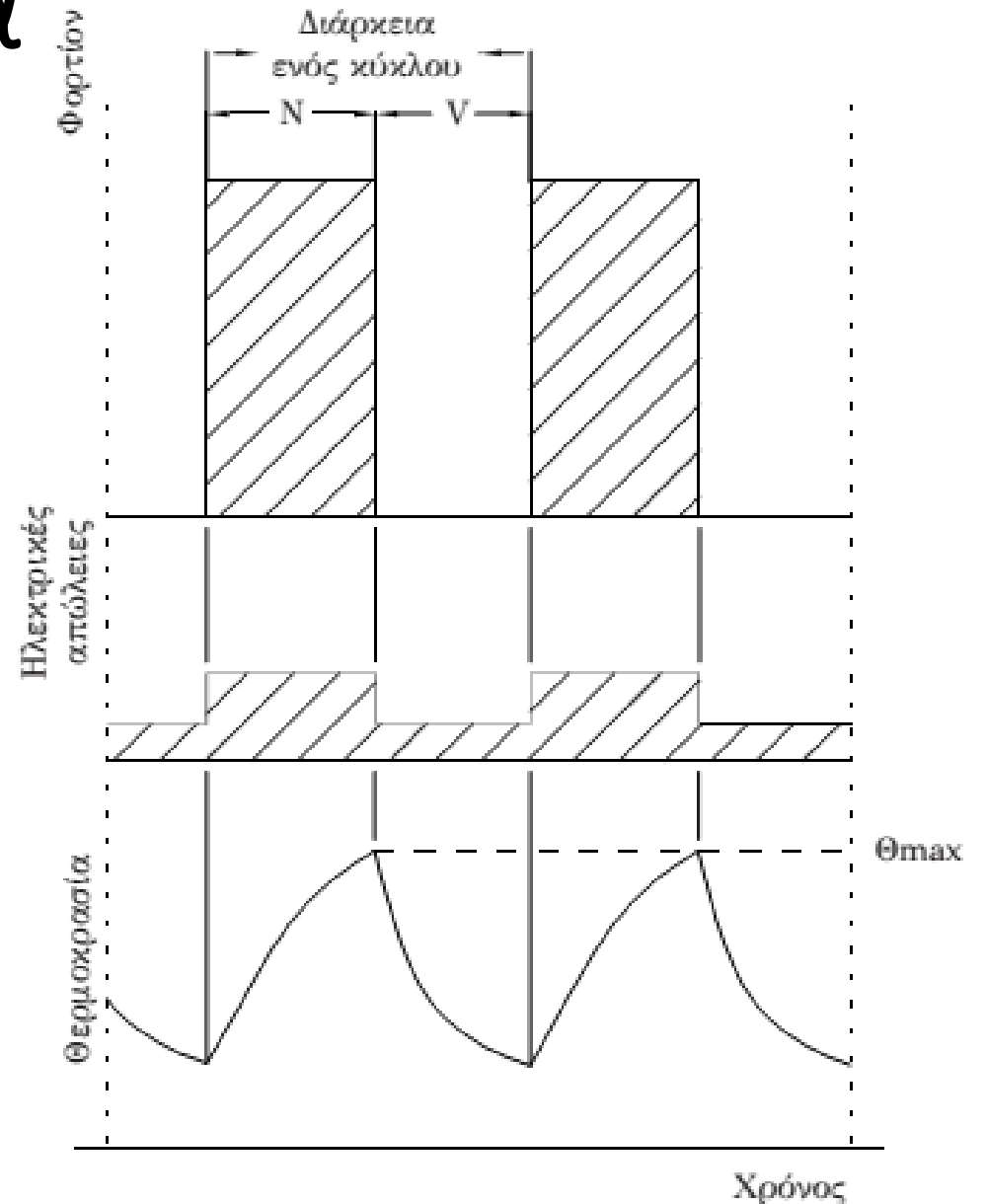
(β) τρόπος λειτουργίας (IEC60034-1)

S6

Συνεχής λειτουργία

περιοδικών φορτίσεων (S6)

Ο κινητήρας λειτουργεί συνεχώς εκτελώντας κύκλους με σταθερό φορτίο και έν κενῶ. Δεν υπάρχει περίοδος στάσης. Τυποποιημένες τιμές για τὸν συντελεστὴ διάρκειας λειτουργίας: 15%, 25%, 40%, 60%.



Ηλεκτρικά Κινητήρια Συστήματα

Φορτία ηλεκτρικών κινητήρων

Σύνθεση ενός κινητηρίου συστήματος

Βήμα 1^{ον}: Καταγραφή των αναγκών του φορτίου

(α) ροπή και στροφές

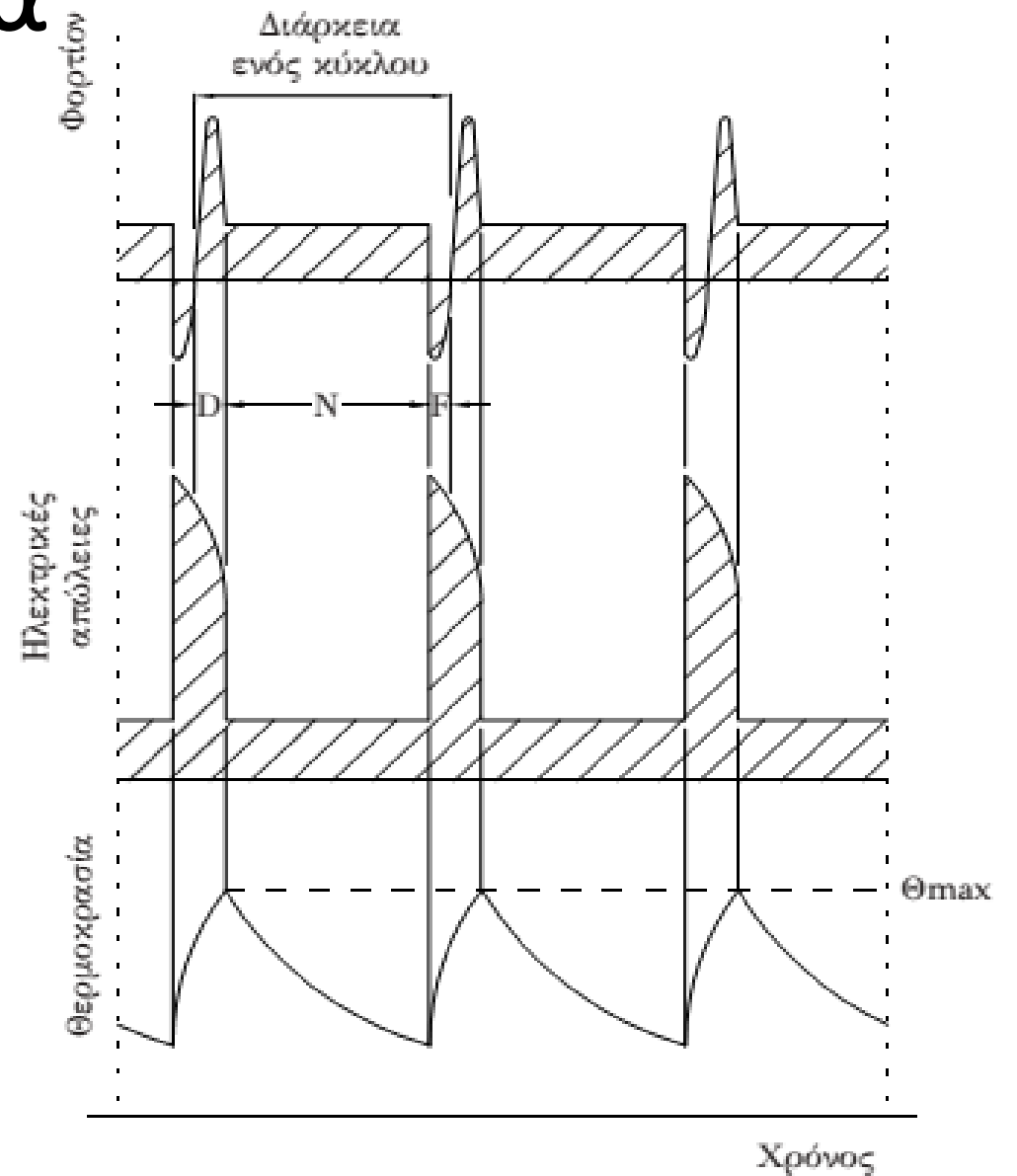
(β) τρόπος λειτουργίας (IEC60034-1)

S7

Συνεχής λειτουργία

περιοδικών ηλεκτρικών πεδήσεων (S7)

Ο κινητήρας λειτουργεί συνεχώς εκτελώντας κύκλους με σταθερό φορτίο και ηλεκτρική πέδηση. Δεν υπάρχει περίοδος στάσης. Συντελεστής διάρκειας λειτουργίας 1.



Ηλεκτρικά Κινητήρια Συστήματα

Φορτία ηλεκτρικών κινητήρων

Σύνθεση ενός κινητηρίου συστήματος

Βήμα 1^{ον}: Καταγραφή των αναγκών του φορτίου

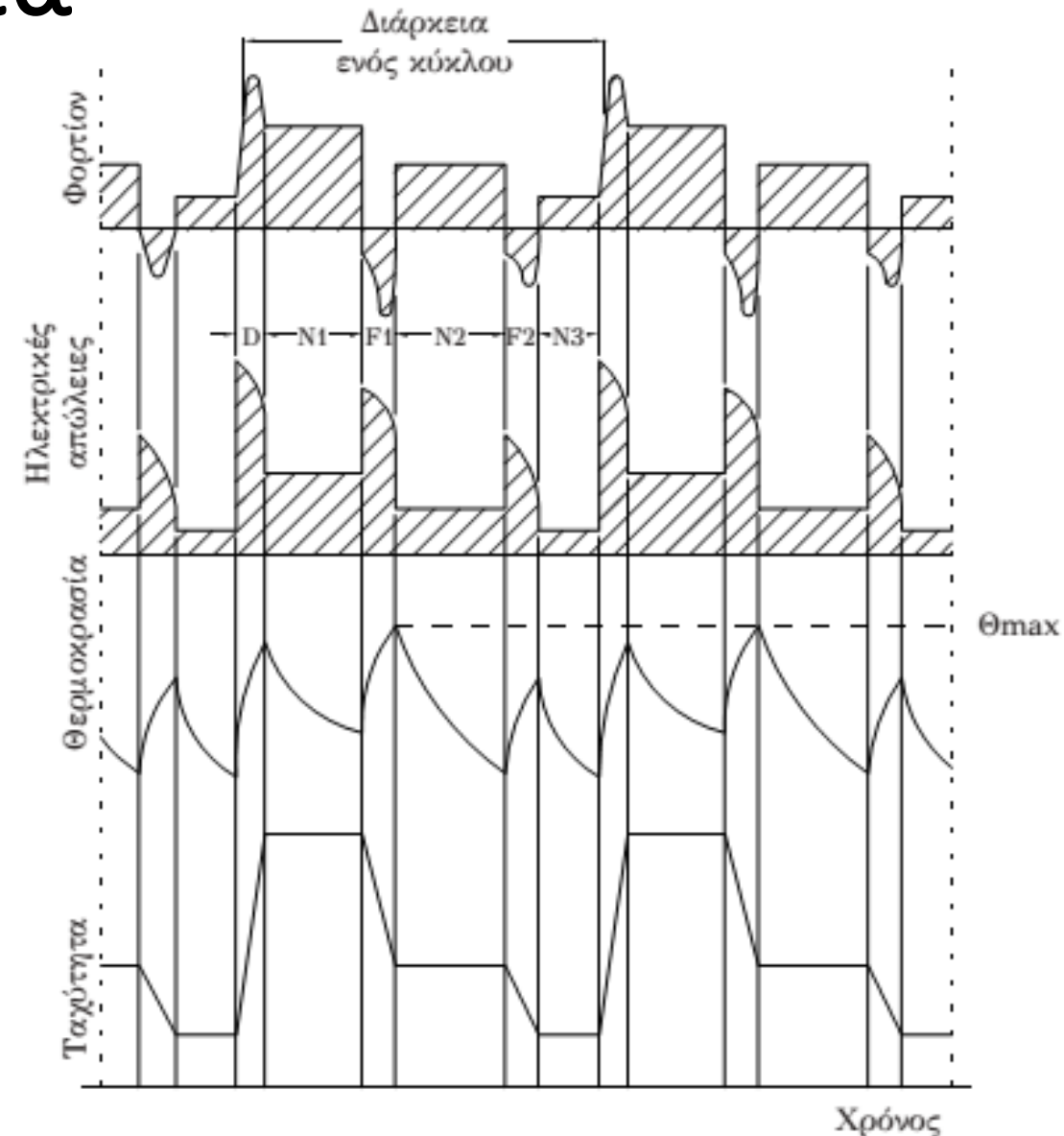
(α) ροπή και στροφές

(β) τρόπος λειτουργίας (IEC60034-1)

S8

Συνεχής λειτουργία περιοδικών αλλαγών στροφών και φορτίου (S8)

Ο κινητήρας λειτουργεί συνεχώς εκτελώντας ίδιους κύκλους, καθένας από τους οποίους αποτελείται από μία περίοδο με σταθερό φορτίο και μία ωρισμένη ταχύτητα περιστροφής, ακολουθούμενη από μία ή περισσότερες περιόδους λειτουργίας σε διαφορετικά σταθερά φορτία και διαφορετικές ταχύτητες περιστροφής. Δεν υπάρχει περίοδος στάσης.



Ηλεκτρικά Κινητήρια Συστήματα

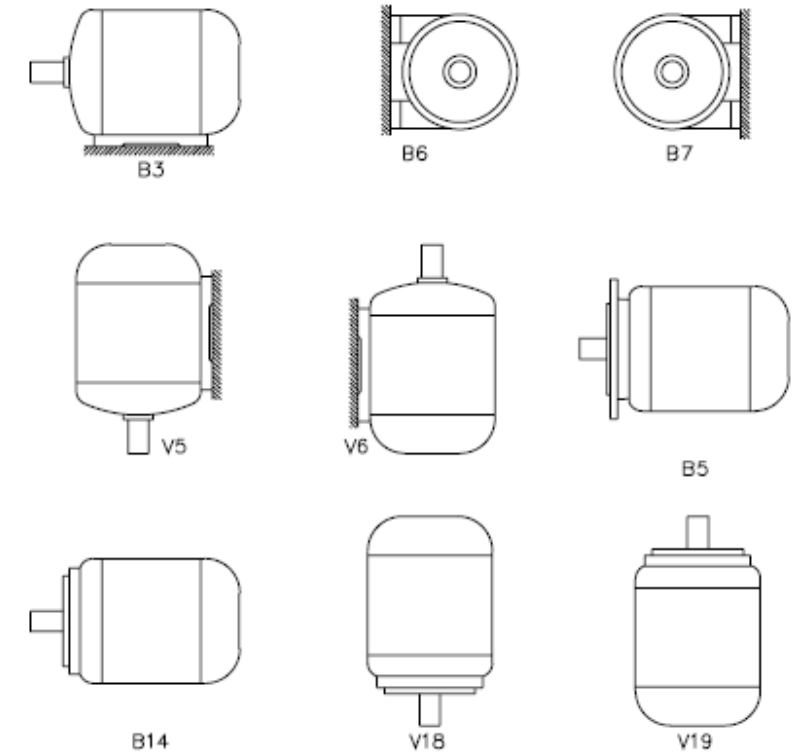
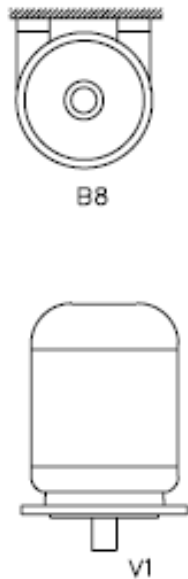
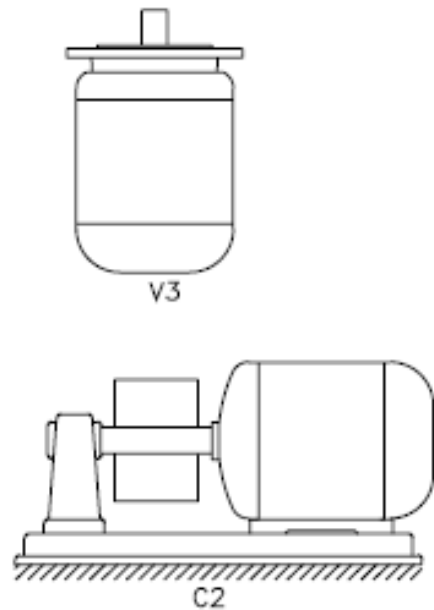
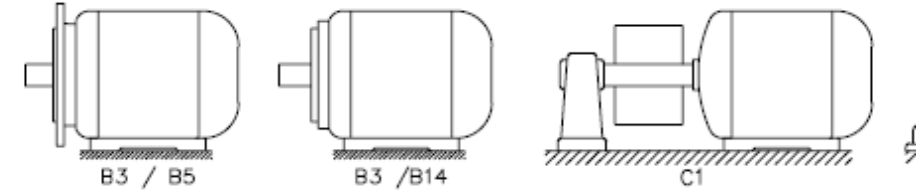
Φορτία ηλεκτρικών κινητήρων

Σύνθεση ενός κινητηρίου συστήματος

Βήμα 1^{ον}: Καταγραφή των αναγκών του φορτίου

(α) ροπή και στροφές

(β) τρόπος λειτουργίας (IEC60034-1)



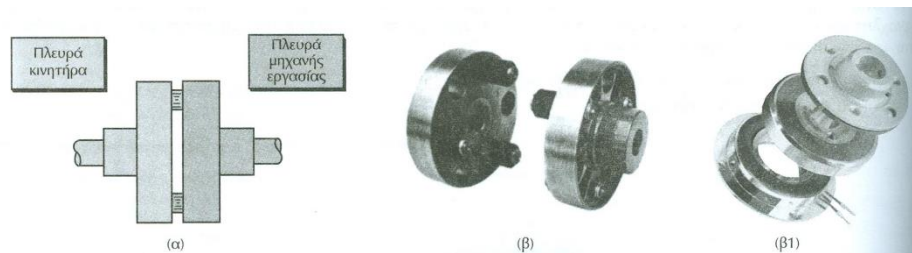
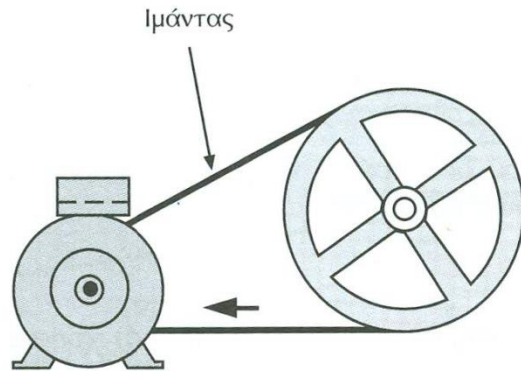
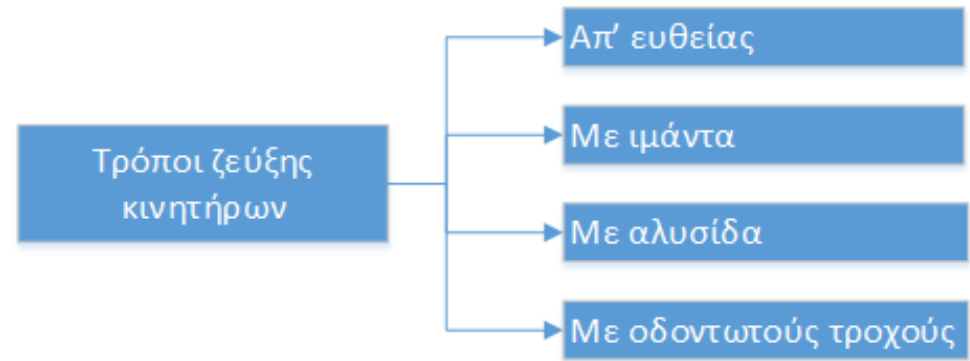
Ηλεκτρικά Κινητήρια Συστήματα

Φορτία ηλεκτρικών κινητήρων

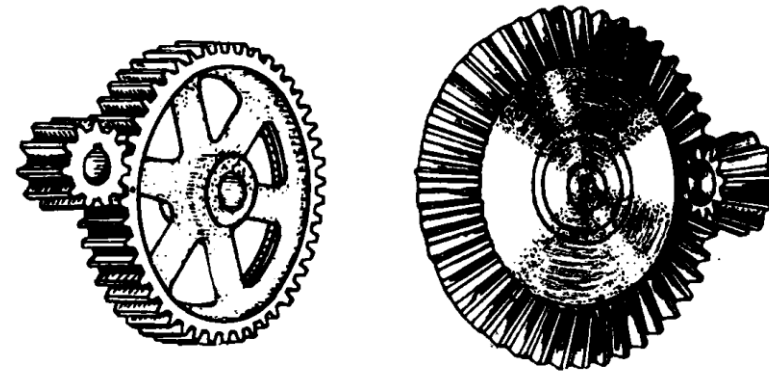
Σύνθεση ενός κινητηρίου συστήματος

Βήμα 1^{ον}: Καταγραφή των αναγκών του φορτίου

Βήμα 2^{ον}: Επιλογή σύζευξης



Σχήμα 7.13 (α) Ζεύξη ηλεκτροκινητήρα με τη μηχανή εργασίας (β) Σύστημα συνδέσμου (κόμπλερ) αξόνων, (β1) απλό και (β2) ηλεκτρομαγνητικό



Βαθμός απόδοσης

Ηλεκτρικά Κινητήρια Συστήματα

Φορτία ηλεκτρικών κινητήρων

Σύνθεση ενός κινητηρίου συστήματος

Βήμα 1^{ον}: Καταγραφή των αναγκών του φορτίου

Βήμα 2^{ον}: Επιλογή σύζευξης

Βήμα 3^{ον}: Καταγραφή των συνθηκών λειτουργίας

(α) Βαθμός Προστασίας IP

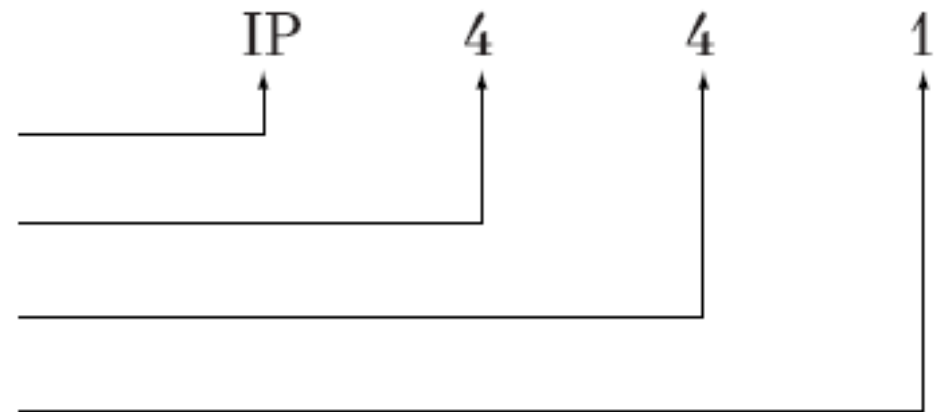
1. Τὴν προστασία τοῦ ἀνθρώπου ἔναντι ἐπαφῆς μὲ μέρη ὑπὸ τάση ἢ κινούμενα μέρη, ἐκτὸς ἀπὸ τὸ ἄκρο τοῦ ἄξονα.
2. Τὴν προστασία τῆς μηχανῆς ἔναντι εἰσχωρήσεως ξένων στερεῶν σωμάτων.
3. Τὴν προστασία τῆς μηχανῆς ἔναντι εἰσχωρήσεως ὕδατος.
4. Τὸν κωδικοποιημένο χαρακτηρισμὸ τῶν διαφόρων βαθμῶν προστασίας καὶ τέλος
5. Τὶς δοκιμὲς γιὰ τὴν πιστοποίηση τοῦ βαθμοῦ προστασίας.

Χαρακτηριστικά γράμματα

1ος χαρακτηριστικός ἀριθμὸς

2ος χαρακτηριστικός ἀριθμὸς

3ος χαρακτηριστικός ἀριθμὸς



Ηλεκτρικά Κινητήρια Συστήματα

1ο χαρακτηριστικό ψηφίο		
Προστασία στην επαφή και στην εισχώρηση στερεών Σύμφωνα με IEC, NFC, DIN		
IP	Σχηματική παράσταση	Επεξήγηση
0		Χωρίς προστασία
1	 & 50mm	Προστασία από στερεά σώματα μεγαλύτερα από 50 mm (π.χ. ακούσια επαφή με το χέρι)
2	 & 12,5 mm	Προστασία από στερεά σώματα μεγαλύτερα από 12 mm (π.χ. επαφή με το δάχτυλο)



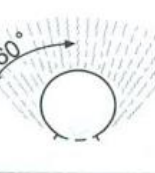


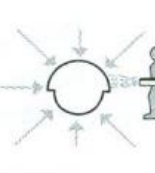

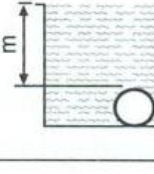
3	 & 2,5 mm	Προστασία από στερεά σώματα μεγαλύτερα από 2.5 mm (εργαλεία, καλώδια)
4	 & 1 mm	Προστασία από στερεά σώματα μεγαλύτερα από 1 mm (λεπτά εργαλεία, λεπτά σύρματα)
5		Προστασία από τη σκόνη (Διαπερατότητα μόνο από ορατά σωματίδια)
6		Απόλυτη προστασία από τη σκόνη

1ος Χαρακτηριστικός αριθμός

- 0 Χωρίς Προστασία
- 1 Προστασία έναντι στερεών σωμάτων διαμέτρου έως 50mm
- 2 Προστασία έναντι στερεών σωμάτων διαμέτρου έως 12mm
- 3 Προστασία έναντι στερεών σωμάτων διαμέτρου έως 2.5mm
- 4 Προστασία έναντι στερεών σωμάτων διαμέτρου έως 1mm
- 5 Προστασία έναντι σκόνης.

Ηλεκτρικά Κινητήρια Συστήματα

2ος Χαρακτηριστικός αριθμός

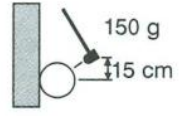
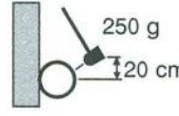
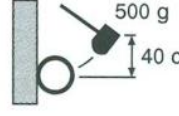
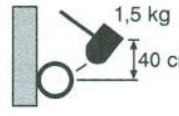
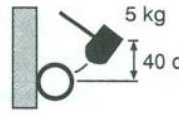
2ο χαρακτηριστικό ψηφίο		
Προστασία στην εισχώρηση υγρών Σύμφωνα με IEC, NFC, DIN		
IP	Σχηματική παράσταση	Επεξήγηση
0		Χωρίς προστασία
1		Προστασία από κάθετη πτώση σταγόνων νερού
2		Προστασία από πτώση σταγόνων νερού υπό γωνία έως 15° από τον κατακόρυφο άξονα
3		Προστασία από πτώση νερού βροχής υπό γωνία έως 60° από τον κατακόρυφο άξονα
4		Προστασία από πτώση νερού από όλες τις κατευθύνσεις
5		Προστασία από ρίψη νερού υπό πίεση από όλες τις κατευθύνσεις
6		Προστασία από ρίψη νερού υπό πίεση ισοδύναμη με θαλάσσια κύματα
7		Προστασία από επιρροές βύθισης
8		Προστασία από επιρροές βύθισης διάρκειας, σε καθορισμένες συνθήκες

- 0 Χωρίς Προστασία
- 1 Προστασία έναντι κατακόρυφης πτώσης ύδατος σε σταγόνες
- 2 Προστασία έναντι κατακόρυφης πτώσης ύδατος σε σταγόνες με τόν κινητήρα σε οποιαδήποτε γωνιακή απόκλιση έως 15 °.
- 3 Προστασία έναντι ψεκασμού ύδατος υπό γωνία έως 60° από την κατακόρυφο.
- 4 Προστασία έναντι ψεκασμού ύδατος από όλες τις κατευθύνσεις.
- 5 Προστασία έναντι έκτοξεύσεως ύδατος από όλες τις κατευθύνσεις.
- 6 Προστασία έναντι πτώσης θαλασσίων κυμάτων ή ισχυρά έκτοξευόμενων ποσοτήτων ύδατος.
- 7 Προστασία έναντι βύθισης – έμβαπτισης της μηχανής εντός ύδατος υπό ώρισμένη πίεση και χρόνο.
- 8 Προστασία της μηχανής έναντι μονίμου έμβαπτίσεως εντός ύδατος υπό συνθήκες που προδιαγράφονται από τον κατασκευαστή. Έννοείται ότι ή μηχανή είναι έρμητικά στεγανή. Πάντως σε όρισμένες περιπτώσεις τὸ νερό μπορεί νά εισέλθει αλλά κατά τρόπον ὥστε νά μὴ προκαλέσει τὴν καταστροφή τῆς μηχανῆς.

Ηλεκτρικά Κινητήρια Συστήματα

3ος Χαρακτηριστικός αριθμός

- 0 Χωρίς Προστασία
- 1 Προστασία έναντι κρούσεως ενέργειας έως 0.225 J (150gr/15cm)
- 2 Προστασία έναντι κρούσεως ενέργειας έως 0.375 J (250gr/15cm)
- 3 Προστασία έναντι κρούσεως ενέργειας έως 0.500 J (250gr/20cm)
- 5 Προστασία έναντι κρούσεως ενέργειας έως 2 J (500gr/40cm)
- 7 Προστασία έναντι κρούσεως ενέργειας έως 6 J (1.5Kgr/40cm)
- 9 Προστασία έναντι κρούσεως ενέργειας έως 20 J (5Kgr/40cm)

3ο χαρακτηριστικό ψηφίο		
Προστασία στη μηχανική βλάβη Σύμφωνα με NFC		
Βαθμός προστασίας	Σχηματική παράσταση	Επεξήγηση
0		Χωρίς προστασία
1		0,225
3		0,225
5		2,00
7		6,00
9		20,00

- 1) IP 23: Ό κινητήρας είναι εσωτερικώς αεριζόμενος.
Έχει προστασία έναντι επαφών με τα δάχτυλα και έναντι στερεών σωμάτων διαμέτρου μεγαλύτερης από 12mm.
Έχει προστασία έναντι ραντισμού ύδατος υπό γωνία μικρότερη ή ίση των 60° από την κατακόρυφο.
- 2) IP 44: Ό κινητήρας είναι εξωτερικώς αεριζόμενος.
Έχει προστασία έναντι επαφών με εργαλεία, σύρματα και παρόμοια αντικείμενα καθώς και έναντι στερεών σωμάτων διαμέτρου μεγαλύτερης από 1mm.
Έχει προστασία έναντι ψεκασμού ύδατος προς όλες τις κατευθύνσεις.
- 3) IP 54: Ό κινητήρας είναι εξωτερικώς αεριζόμενος.
Έχει πλήρη προστασία έναντι επαφών και προστασία έναντι σκόνης.
Έναντι ύδατος έχει την ίδια προστασία όπως ο IP 44.
- 4) IP 55: Ό κινητήρας είναι εξωτερικώς αεριζόμενος.
Έχει την ίδια προστασία όπως ο IP 54, έναντι επαφών και ξένων σωμάτων.
Έχει προστασία έναντι εκτοξεύσεως ύδατος από όλες τις κατευθύνσεις.

Ηλεκτρικά Κινητήρια Συστήματα

Φορτία ηλεκτρικών κινητήρων

Σύνθεση ενός κινητηρίου συστήματος

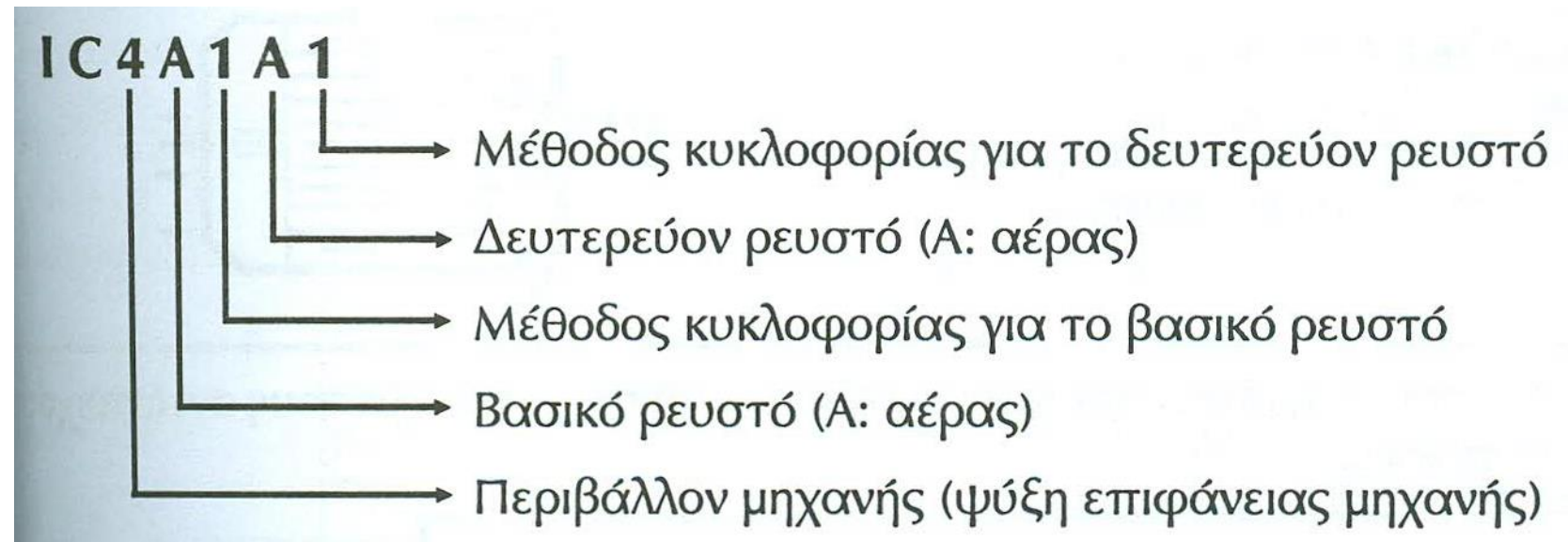
Βήμα 1^{ον}: Καταγραφή των αναγκών του φορτίου

Βήμα 2^{ον}: Επιλογή σύζευξης

Βήμα 3^{ον}: Καταγραφή των συνθηκών λειτουργίας

(α) Βαθμός Προστασίας IP

(β) Κλάση Ψύξης IC



Ηλεκτρικά Κινητήρια Συστήματα

Διάταξη του κυκλώματος ψύξεως

Χαρακτηριστικός αριθμός	Σύντομη περιγραφή	Όρισμός
0	Ελεύθερη Κυκλοφορία	Το ψυκτικό μέσο εισέρχεται και εξέρχεται από την μηχανή ελεύθερα. Το ψυκτικό μέσο προέρχεται από το περιβάλλον της μηχανής και επιστρέφει σε αυτό.
1	Μηχανή με σύστημα άναρροφήσεως του ψυκτικού μέσου.	Το ψυκτικό μέσο που δεν λαμβάνεται από το περιβάλλον της μηχανής, οδηγείται εντός αυτής από ένα σύστημα άναρροφήσεως και εξέρχεται ελεύθερα από την μηχανή εις το περιβάλλον της.
2	Μηχανή με σύστημα καταθλίψεως του ψυκτικού μέσου.	Το ψυκτικό μέσο λαμβάνεται από το περιβάλλον της μηχανής, ελεύθερα άναρροφούμενον από αυτήν, και εξέρχεται από την μηχανή μέσω του συστήματος καταθλίψεως, οδηγείται δε σε ένα περιβάλλον διαφορετικό από αυτό της μηχανής.
3	Μηχανή με δύο συστήματα (άναρροφήσεως και καταθλίψεως).	Το ψυκτικό μέσο λαμβάνεται από διαφορετικό περιβάλλον από αυτό της μηχανής, οδηγείται εντός αυτής μέσω του συστήματος άναρροφήσεως και εξέρχεται από αυτήν μέσω συστήματος καταθλίψεως εις περιβάλλον διαφορετικό από αυτό της μηχανής.
4	Μηχανή ψυχόμενη διά της επιφανείας της χρησιμοποιώντας το μέσον που περιβάλλει αυτήν.	Το πρωτεύον ψυκτικό μέσο κυκλοφορεί σε ένα κλειστό κύκλωμα και μεταφέρει την θερμότητά του στο δευτερεύον ψυκτικό μέσον, το οποίο είναι αυτό που περιβάλλει την μηχανή και διατρέχει επί της επιφανείας της. Η επιφάνεια αυτή της μηχανής μπορεί να είναι λεία ή να έχει πτερύγια.
5	Ένωματωμένος έναλλάκτης θερμότητας (χρησιμοποιώντας το μέσον που περιβάλλει την μηχανή).	Το πρωτεύον ψυκτικό μέσον κυκλοφορεί σε ένα κλειστό κύκλωμα και μεταφέρει την θερμότητά του στο δευτερεύον ψυκτικό μέσον, το οποίο είναι αυτό που περιβάλλει την μηχανή, εντός έναλλάκτου θερμότητας τοποθετημένου επί της μηχανής και σχηματίζοντας ένα ένιαιο σώμα με αυτήν.

6	Έναλλάκτης θερμότητας επί της μηχανής (χρησιμοποιώντας το μέσον που περιβάλλει την μηχανή).	Το πρωτεύον ψυκτικό μέσον κυκλοφορεί σε ένα κλειστό κύκλωμα και μεταφέρει την θερμότητά του στο δευτερεύον ψυκτικό μέσον, το οποίο είναι αυτό που περιβάλλει την μηχανή, εντός έναλλάκτου θερμότητας ο οποίος είναι ανεξάρτητος, αλλά συναρμολογημένος επί της μηχανής.
7	Ένωματωμένος έναλλάκτης θερμότητας (μή χρησιμοποιώντας το μέσον που περιβάλλει την μηχανή).	Το πρωτεύον ψυκτικό μέσον κυκλοφορεί σε ένα κλειστό κύκλωμα και μεταφέρει την θερμότητά του στο δευτερεύον ψυκτικό μέσον, το οποίο δεν είναι αυτό που περιβάλλει την μηχανή, εντός έναλλάκτου θερμότητας τοποθετημένου επί της μηχανής και σχηματίζοντας ένα ένιαιο σώμα με αυτήν.
8	Έναλλάκτης θερμότητας επί της μηχανής (μή χρησιμοποιώντας το μέσον που περιβάλλει την μηχανή).	Το πρωτεύον ψυκτικό μέσον κυκλοφορεί σε ένα κλειστό κύκλωμα και μεταφέρει την θερμότητά του στο δευτερεύον ψυκτικό μέσον, το οποίο δεν είναι αυτό που περιβάλλει την μηχανή, εντός έναλλάκτου θερμότητας ο οποίος είναι ανεξάρτητος, αλλά συναρμολογημένος επί της μηχανής.
9	Ξεχωριστός έναλλάκτης θερμότητας (χρησιμοποιώντας ή όχι το μέσον που περιβάλλει την μηχανή).	Το πρωτεύον ψυκτικό μέσον κυκλοφορεί σε ένα κλειστό κύκλωμα και μεταφέρει την θερμότητά του στο δευτερεύον ψυκτικό μέσον, εντός έναλλάκτου θερμότητας, ο οποίος είναι ανεξάρτητος και τοποθετείται ξεχωριστά από την μηχανή.

Ηλεκτρικά Κινητήρια Συστήματα

Μέθοδος κυκλοφορίας		
Χαρακτηριστικός αριθμός	Σύντομη Περιγραφή	Όρισμός
0	Έλεύτερη μεταγωγή	Η κυκλοφορία του ψυκτικού μέσου γίνεται μόνον χάριν εις την διαφορά της θερμοκρασίας. Ο άερισμός που προέρχεται από τον δρομέα είναι άμελητός.
1	Αυτόκυκλοφορία	Η κυκλοφορία του ψυκτικού μέσου εξαρτάται από την ταχύτητα περιστροφής της μηχανής και προέρχεται είτε μόνον από τον δρομέα, είτε από μία διάταξη (εξάρτημα) που έχει συναρμολογηθεί επί του δρομέα.
2, 3, 4		Δέν έχουν ακόμα προσδιοριστεί.
5	Άνεξάρτητη διάταξη	Η κυκλοφορία του ψυκτικού μέσου επιτυγχάνεται από μία ανεξάρτητη διάταξη της οποίας η ισχύς δέν επηρεάζεται από την ταχύτητα περιστροφής της μηχανής.
6	Άνεξάρτητη Διάταξη συναρμολογημένη επί της μηχανής.	Η κυκλοφορία του ψυκτικού μέσου επιτυγχάνεται από μία ανεξάρτητη διάταξη συναρμολογημένη επί της μηχανής. Η ισχύς αυτής της διατάξεως είναι ανεξάρτητη της ταχύτητος περιστροφής της μηχανής.
7	Ξεχωριστή και ανεξάρτητη διάταξη ή κυκλοφορία του ψυκτικού μέσου υπό πίεση.	Η κυκλοφορία του ψυκτικού μέσου επιτυγχάνεται από ξεχωριστή διάταξη, ηλεκτρική ή μηχανική, η οποία δέν είναι συναρμολογημένη επί της μηχανής ή η κυκλοφορία γίνεται διά πίεσεως του ψυκτικού μέσου.
8	Σχετική κυκλοφορία.	Η κυκλοφορία του ψυκτικού μέσου επιτυγχάνεται από σχετική κίνηση μεταξύ της μηχανής και του ψυκτικού μέσου ή κινείται ή μηχανή εν σχέσει με το ψυκτικό μέσο, ή το ψυκτικό μέσον που περιβάλλει την μηχανή.
9	Άλλες μέθοδοι	Η κυκλοφορία του ψυκτικού μέσου πραγματοποιείται με άλλες μεθόδους από τις άνωτέρω αναφερόμενες. Πρέπει να περιγράφωνται αναλυτικώς.

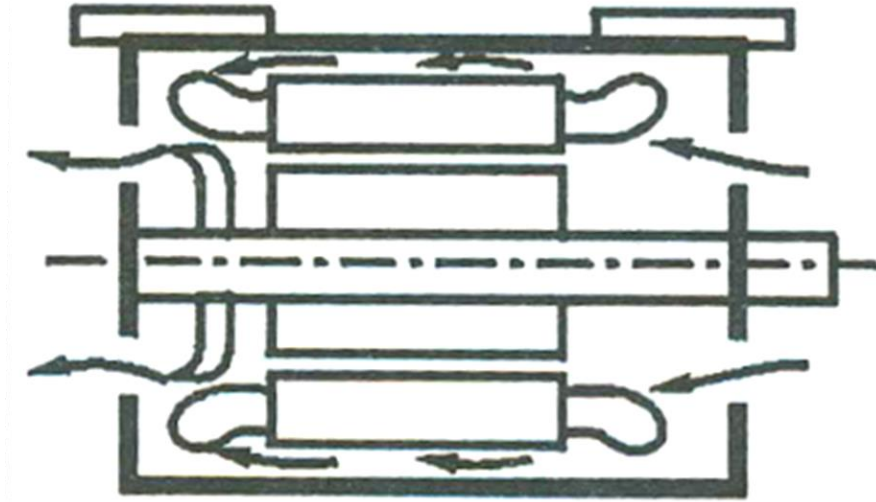
ΨΥΚΤΙΚΟ ΜΕΣΟΝ	
Χαρακτηριστικό Γράμμα	Είδος Ψυκτικού Μέσου
A	Άερας
F	Φρέον
H	Υδρογόνο
N	Άζωτο
C	Διοξειδίου του Άνθρακος
W	Υδωρ
U	Έλαιον
S	Οιοδήποτε άλλο ρευστό (πρέπει να προσδιορίζεται ιδιαίτερως)
Y	Το μέσον φύξως δέν έχει επιλεγεί (έχρησιμοποιήθη προσωρινά)

Ηλεκτρικά Κινητήρια Συστήματα

Βασική κωδικοποίηση τρόπων ψύξης ATK

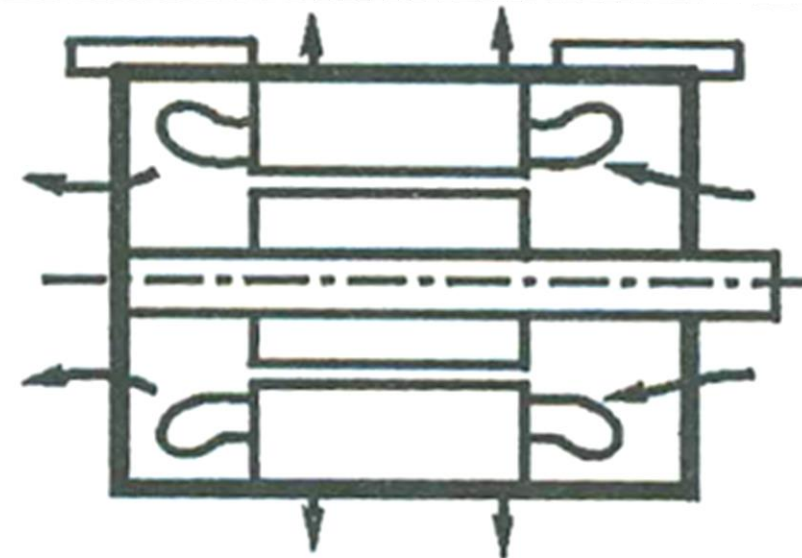
IC01

Μηχανή ανοιχτού τύπου που ψύχεται από μόνη της. Υπάρχει ανεμιστήρας που στηρίζεται στον άξονα.



IC410

Μηχανή κλειστού τύπου, που η εξωτερική της επιφάνεια ψύχεται με φυσικό τρόπο με μετάδοση ή ακτινοβολία από το περιβάλλον.

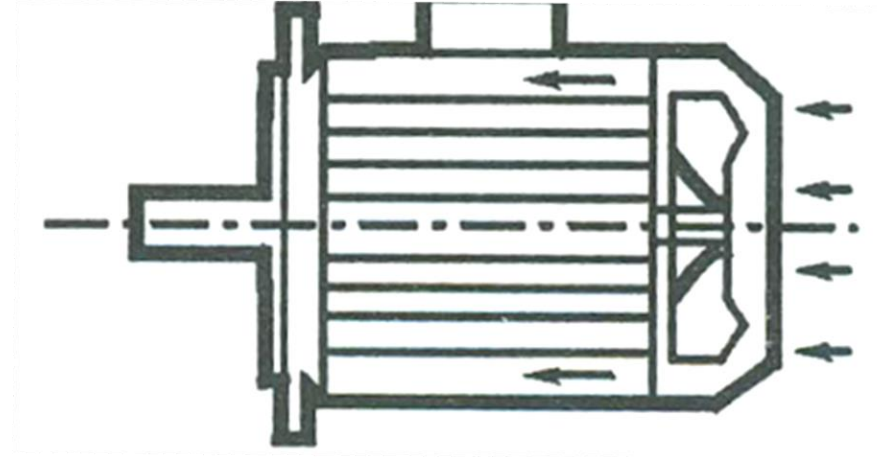


Ηλεκτρικά Κινητήρια Συστήματα

Βασική κωδικοποίηση τρόπων ψύξης ATK

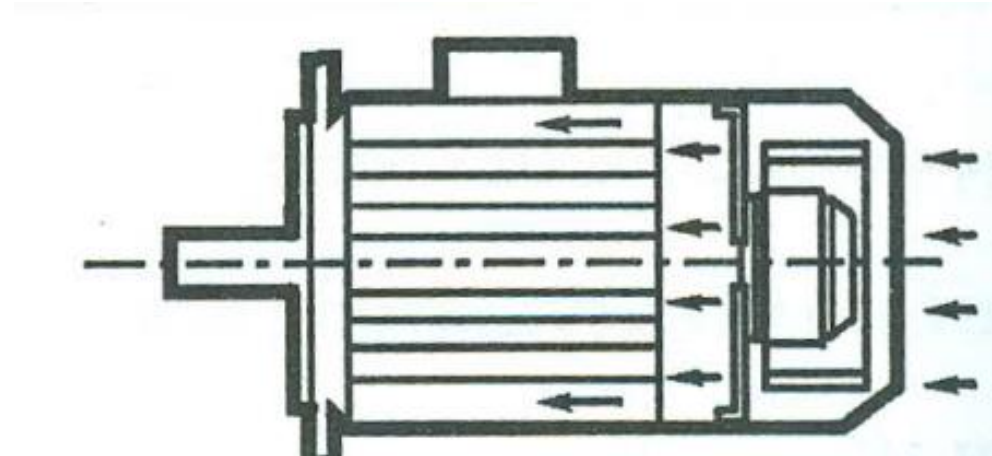
IC411

Μηχανή κλειστού τύπου.
Επίπεδο ή με πτερύγιο αεριζόμενο περίβλημα.
Υπάρχει προεξέχων άξονας, που στην άλλη του πλευρά
έχει προσαρμοσμένο ανεμιστήρα.



IC416A

Μηχανή κλειστού τύπου.
Επίπεδο ή με πτερύγιο αεριζόμενο περίβλημα.
Υπάρχει αξονικός (Α) ανεμιστήρας, ο οποίος παρέχεται
με την μηχανή.

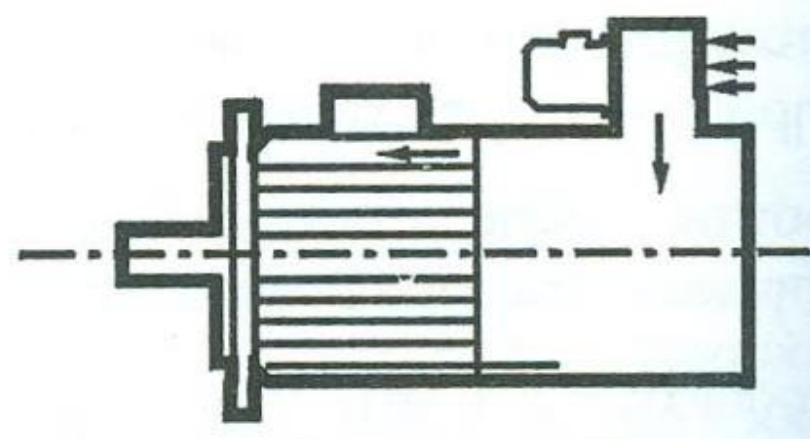


Ηλεκτρικά Κινητήρια Συστήματα

Βασική κωδικοποίηση τρόπων ψύξης ATK

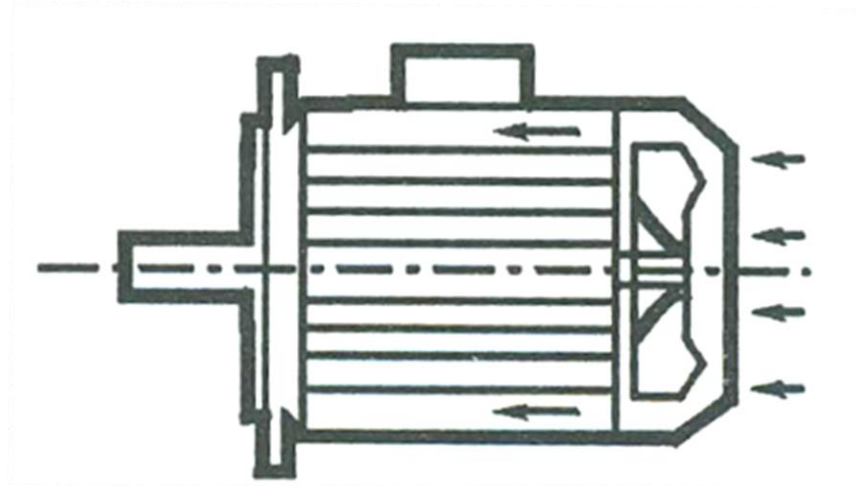
IC416R

Μηχανή κλειστού τύπου.
Επίπεδο ή με πτερύγιο αεριζόμενο περίβλημα.
Υπάρχει ακτινωτός (R) ανεμιστήρας, ο οποίος παρέχεται με την μηχανή.



IC418

Μηχανή κλειστού τύπου.
Επίπεδο ή με πτερύγιο αεριζόμενο περίβλημα.
Υπάρχει προεξέχων άξονας, που στην άλλη του πλευρά έχει προσαρμοσμένο ανεμιστήρα.



Ηλεκτρικά Κινητήρια Συστήματα

- Συνθήκες λειτουργίας

Σύνθεση ενός κινητηρίου συστήματος

Βήμα 1^{ον}: Καταγραφή των αναγκών του φορτίου

Βήμα 2^{ον}: Επιλογή σύζευξης

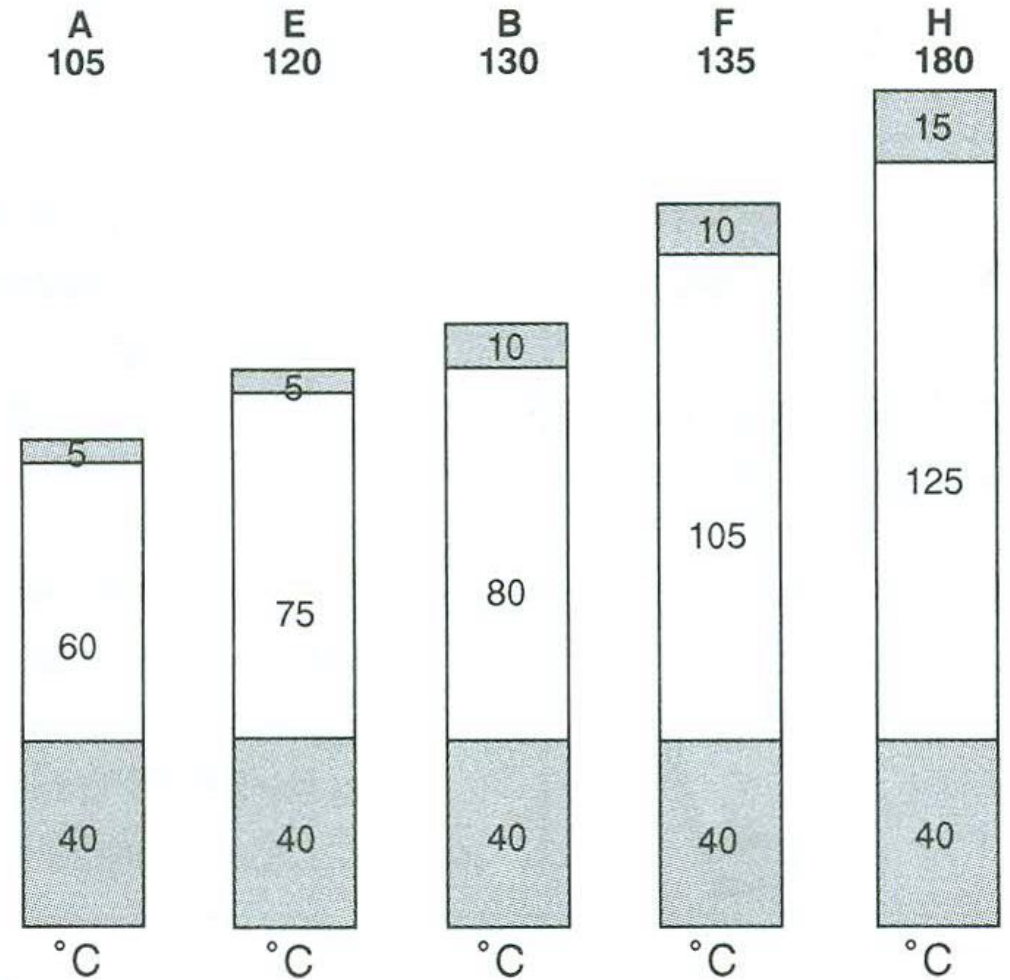
Βήμα 3^{ον}: Καταγραφή των συνθηκών λειτουργίας

(α) Βαθμός Προστασίας IP

(β) Κλάση Ψύξης IC

(γ) Κλάση μόνωσης

Κλάση Μόνωσης	Μέγιστη Έπιτρεπόμενη Αύξηση Θερμοκρασίας °C	Τελική Θερμοκρασία σε περιβάλλον 40°C
A	60	100
E	70	110
B	80	120
F	100	140
H	125	165



Ηλεκτρικά Κινητήρια Συστήματα

- Συνθήκες λειτουργίας

Σύνθεση ενός κινητηρίου συστήματος

Βήμα 1^{ον}: Καταγραφή των αναγκών του φορτίου

Βήμα 2^{ον}: Επιλογή σύζευξης

Βήμα 3^{ον}: Καταγραφή των συνθηκών λειτουργίας

(α) Βαθμός Προστασίας IP

(β) Κλάση Ψύξης IC

(γ) Κλάση μόνωσης

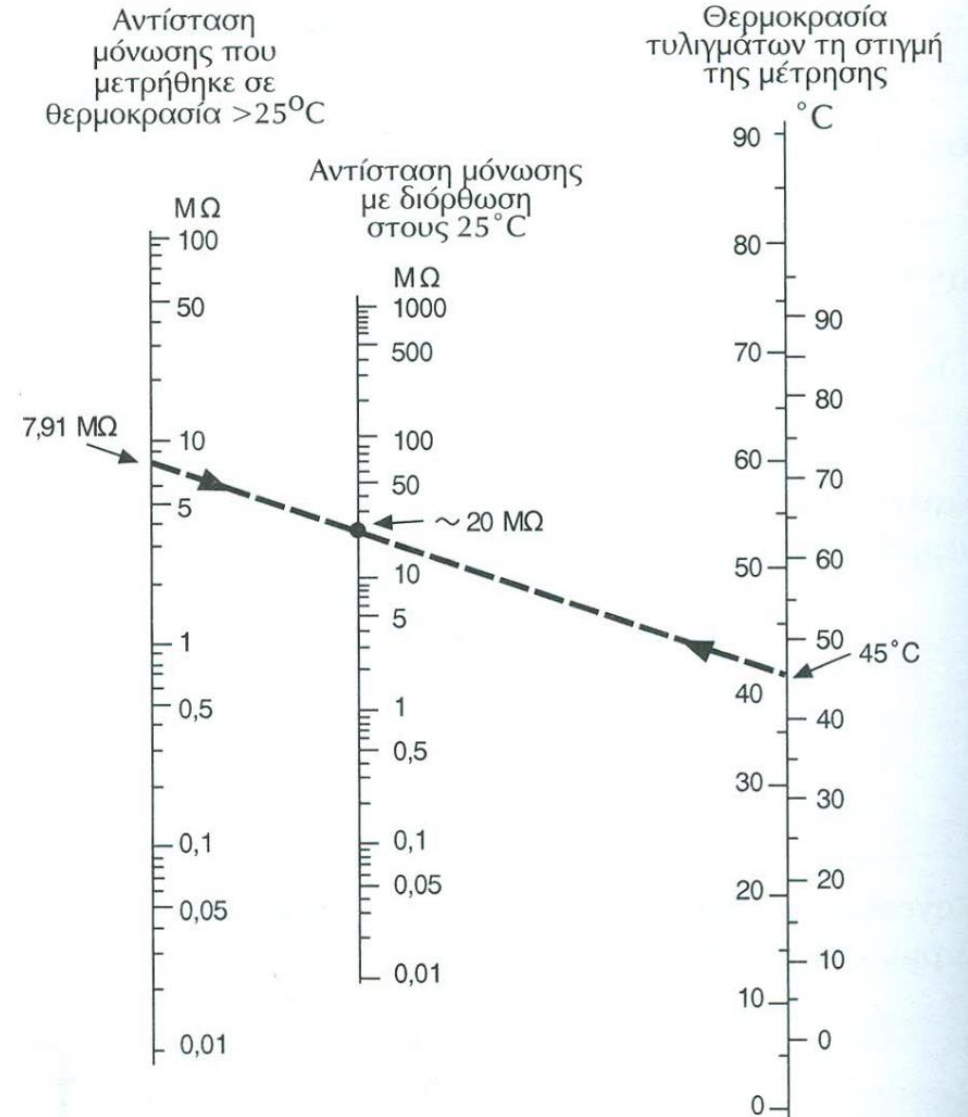
Ελάχιστη αντίσταση μόνωσης

$$R_i = \frac{20 \cdot U}{1000 + 2P} \quad (\text{M}\Omega)$$

όπου: U = η τάση λειτουργίας του ηλεκτροκινητήρα (V)

P = η ισχύς (kW)

R_i = η αντίσταση μόνωσης (MΩ)



Ηλεκτρικά Κινητήρια Συστήματα

- Συνθήκες λειτουργίας

Σύνθεση ενός κινητηρίου συστήματος

Βήμα 1^{ον}: Καταγραφή των αναγκών του φορτίου

Βήμα 2^{ον}: Επιλογή σύζευξης

Βήμα 3^{ον}: Καταγραφή των συνθηκών λειτουργίας

(α) Βαθμός Προστασίας IP

(β) Κλάση Ψύξης IC

(γ) Κλάση μόνωσης

(δ) θερμοκρασία και υψόμετρο

Θερμοκρασία (°C)	Ποσοστό επιτρεπόμενης φόρτισης επί της ονομαστικής
Κάτω από 30	100
30 - 40	100
45	96
50	92
55	87
60	82
70	79
Υψόμετρο (m)	Ποσοστό επιτρεπόμενης φόρτισης επί της ονομαστικής
1000	100
1500	97
2000	94
2500	90
3000	86
3500	82
4000	77



Ηλεκτρικά Κινητήρια Συστήματα

- Συνθήκες λειτουργίας

Σύνθεση ενός κινητηρίου συστήματος

Βήμα 1^{ον}: Καταγραφή των αναγκών του φορτίου

Βήμα 2^{ον}: Επιλογή σύζευξης

Βήμα 3^{ον}: Καταγραφή των συνθηκών λειτουργίας

(α) Βαθμός Προστασίας IP

(β) Κλάση Ψύξης IC

(γ) Κλάση μόνωσης

(δ) Θερμοκρασία και υψόμετρο

(ε) Δίκτυο

i. Συμμετρικό τριφασικό δίκτυο 50Hz

- Συνιστώσα αρνητικής ακολουθίας μικρότερη από 1% της θετικής ακολουθίας (για μεγάλο χρονικό διάστημα), ή 1,5% για χρόνο μικρότερο από μερικά λεπτά,
- Συνιστώσα μηδενικής ακολουθίας μικρότερη από 1% της θετικής ακολουθίας

ii. Ημιτονοειδής τάση τροφοδοσίας:

- Διακύμανση της τάσης μικρότερη από 5%
- (Harmonics Voltage Factor)<0,02

$$HVF = \sqrt{\sum_{n=2}^k \frac{u_n^2}{n}}$$

where

u_n is the ratio of the harmonic voltage U_n to the rated voltage U_N ;

n is the order of harmonic (not divisible by three in the case of three-phase a.c. motors);

$k = 13$.

Ηλεκτρικά Κινητήρια Συστήματα

• Επιλογή Ηλεκτροκινητήρα

Σύνθεση ενός κινητηρίου συστήματος

Βήμα 1^{ον}: Καταγραφή των αναγκών του φορτίου

Βήμα 2^{ον}: Επιλογή σύζευξης

Βήμα 3^{ον}: Καταγραφή των συνθηκών λειτουργίας

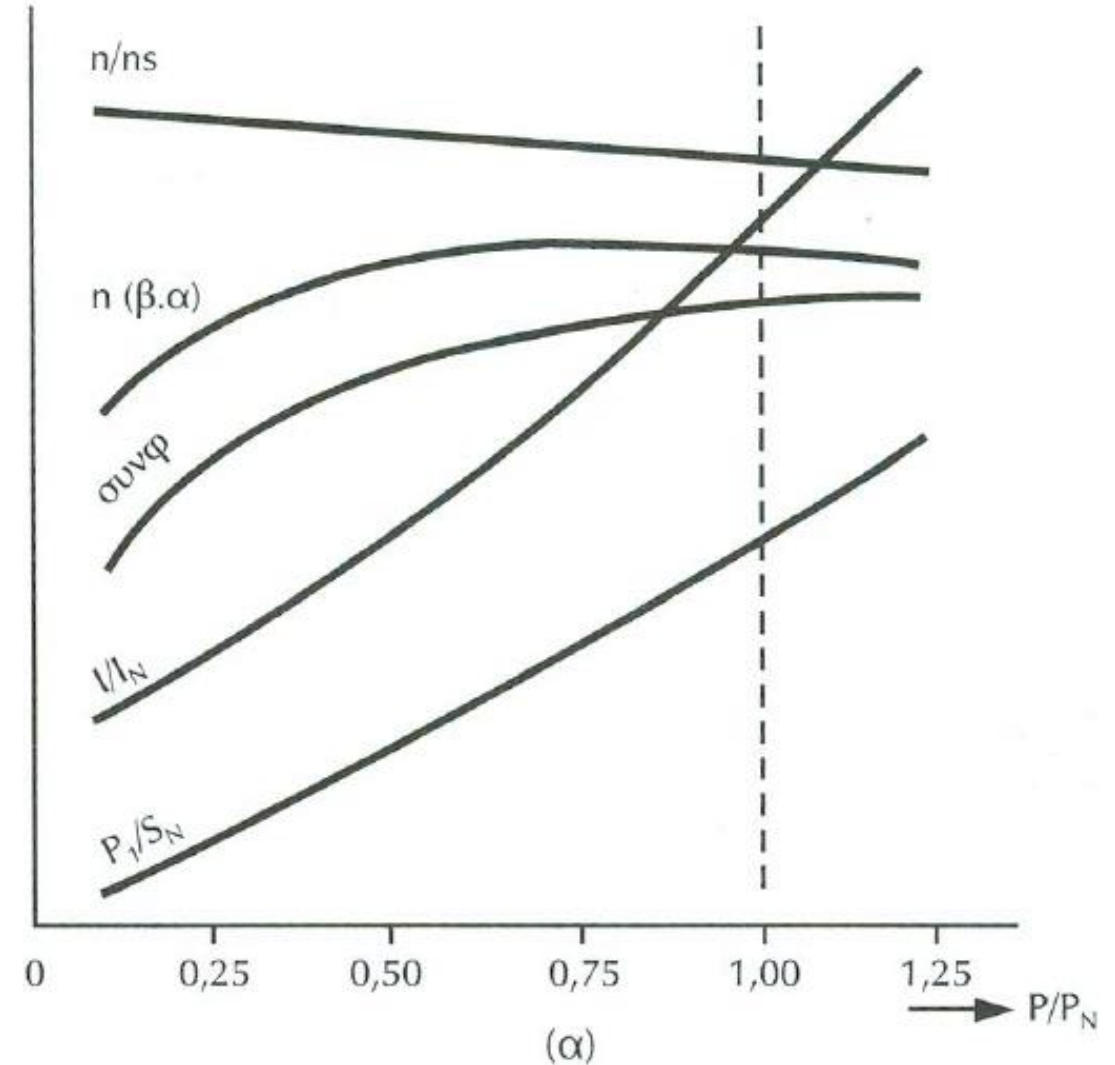
Βήμα 4^{ον}: Επιλογή του ηλεκτροκινητήρα

Η ισχύς του ηλεκτροκινητήρα πρέπει να είναι ίδια ή λίγο μεγαλύτερη από αυτή του φορτίου που θα κινηθεί μαζί με το σύστημα ζεύξης:

$$P_{\text{motor}} = P_{\text{load}} \text{ σε kW ή Hp}$$

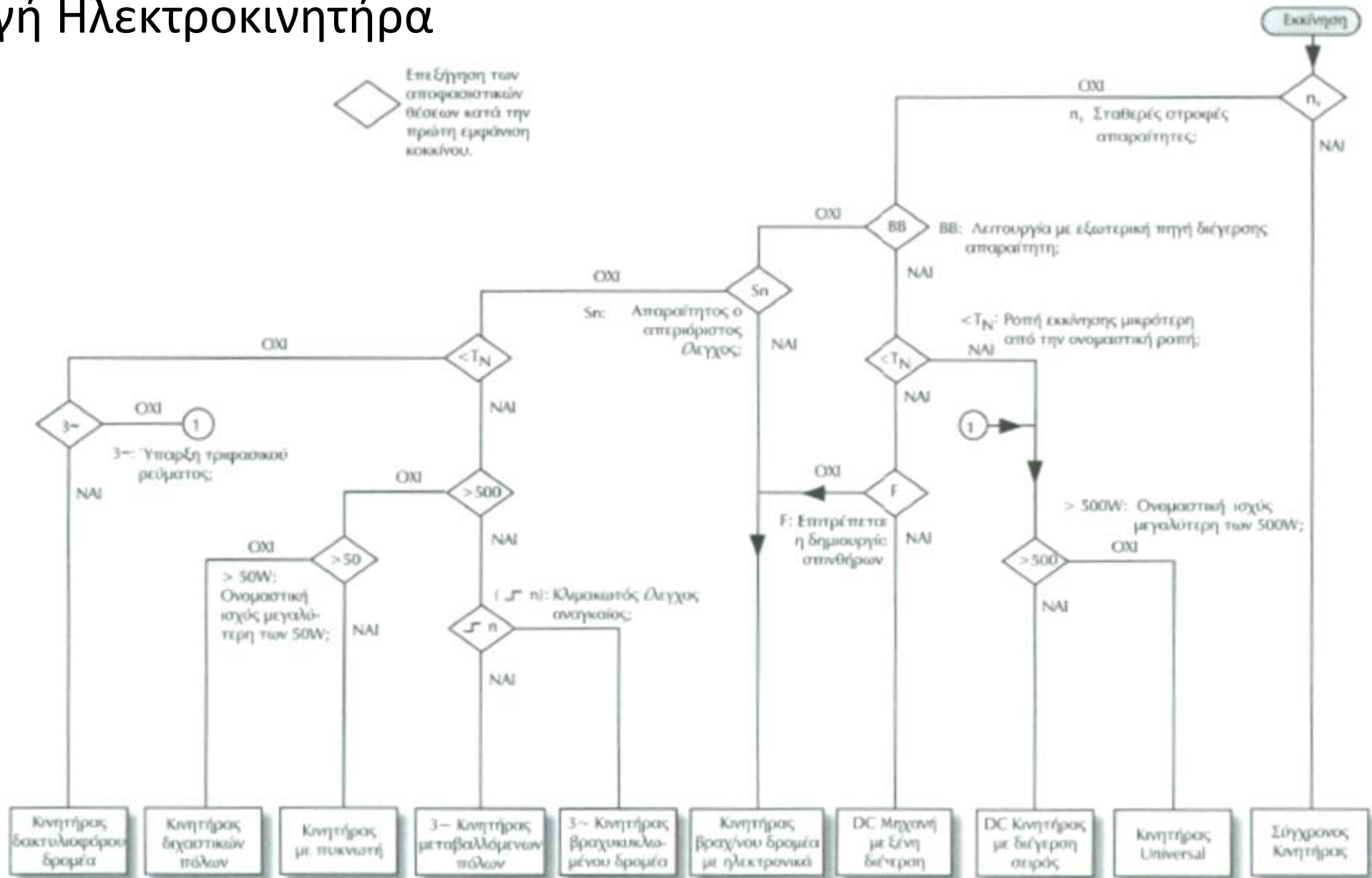
Ο κινητήρας προσαρμόζεται μόνος του στις απαιτήσεις του φορτίου.

- (α) Αν η ισχύς είναι μεγαλύτερη τότε η λειτουργία του κινητήρα δεν είναι αποδεκτή (χαμηλός βαθμός απόδοσης, χαμηλό $\cos\phi$)
- (β) Αν η ισχύς είναι μικρότερη τότε ο κινητήρας υπερθερμαίνεται.

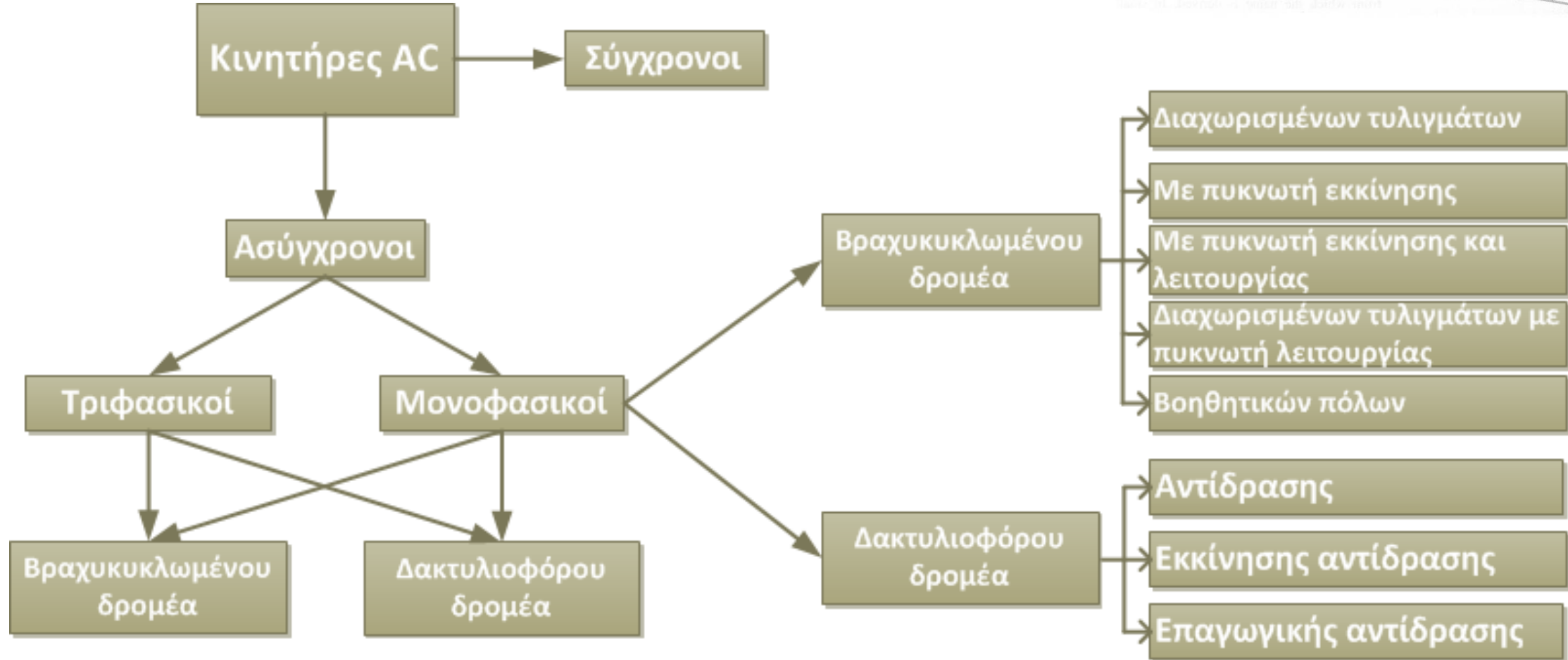
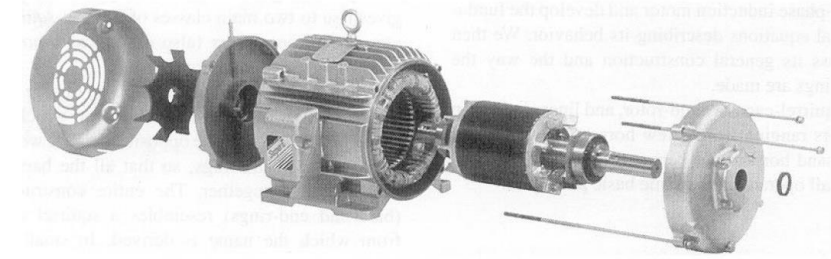


Ηλεκτρικά Κινητήρια Συστήματα

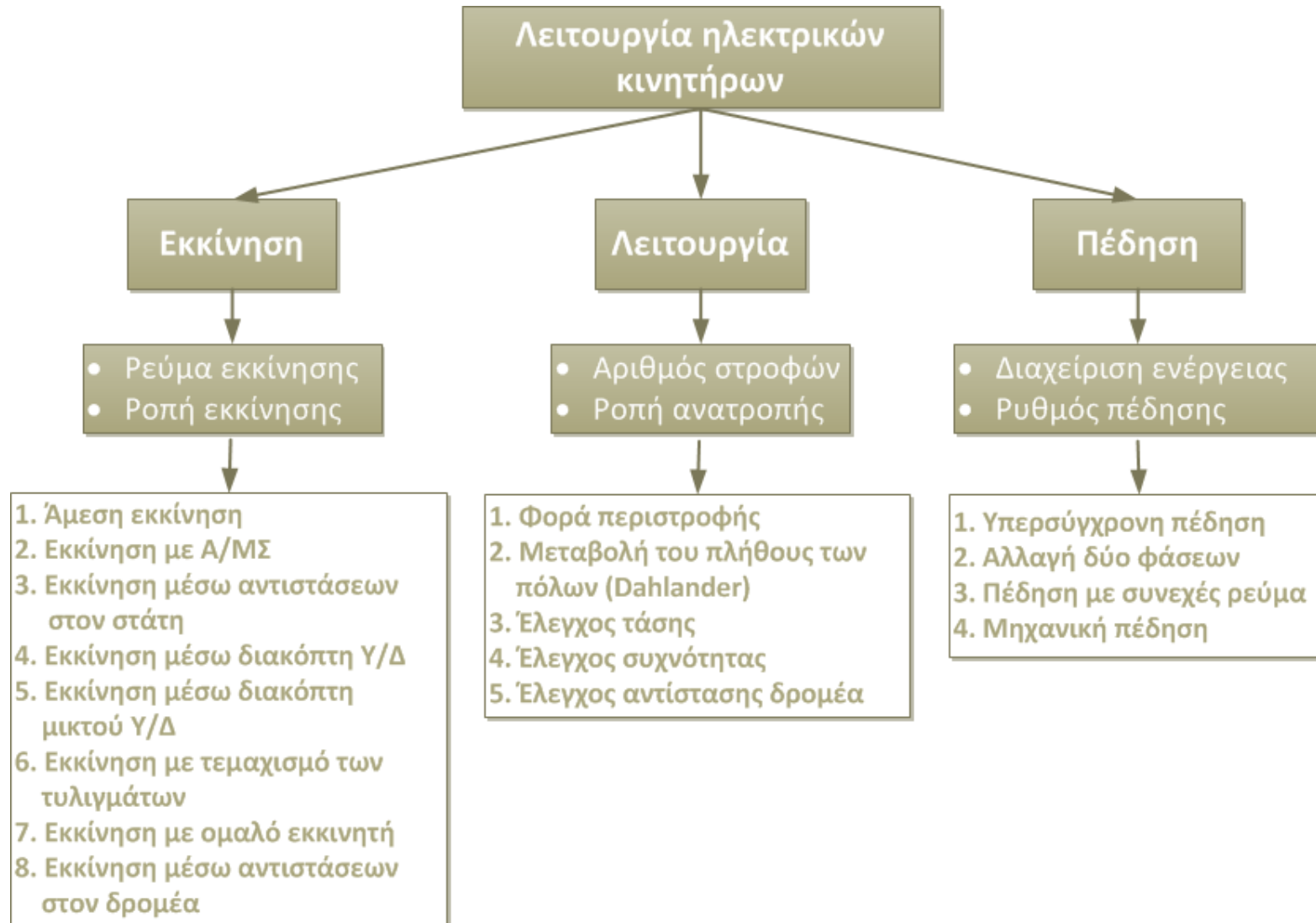
- Επιλογή Ηλεκτροκινητήρα



Ασύγχρονος Ηλεκτρικός Κινητήρας

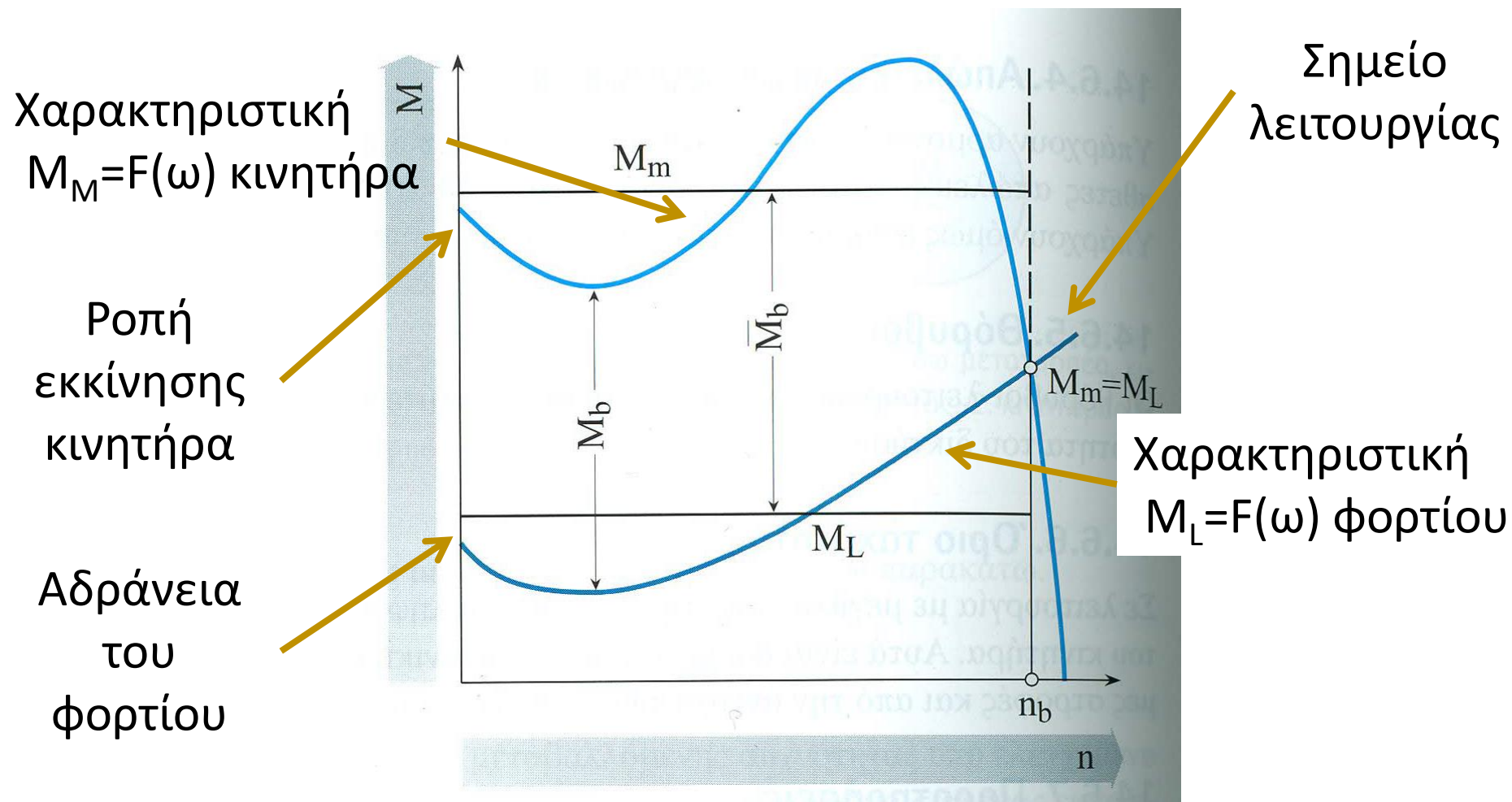


Ασύγχρονος Ηλεκτρικός Κινητήρας



Α.Η.Κ. Μόνιμη Κατάσταση λειτουργίας

Εκκίνηση – Ισοροπία ροπών



Α.Η.Κ. Μόνιμη Κατάσταση λειτουργίας

Εκκίνηση – Ισοροπία ροπών

Εξίσωση λειτουργίας:

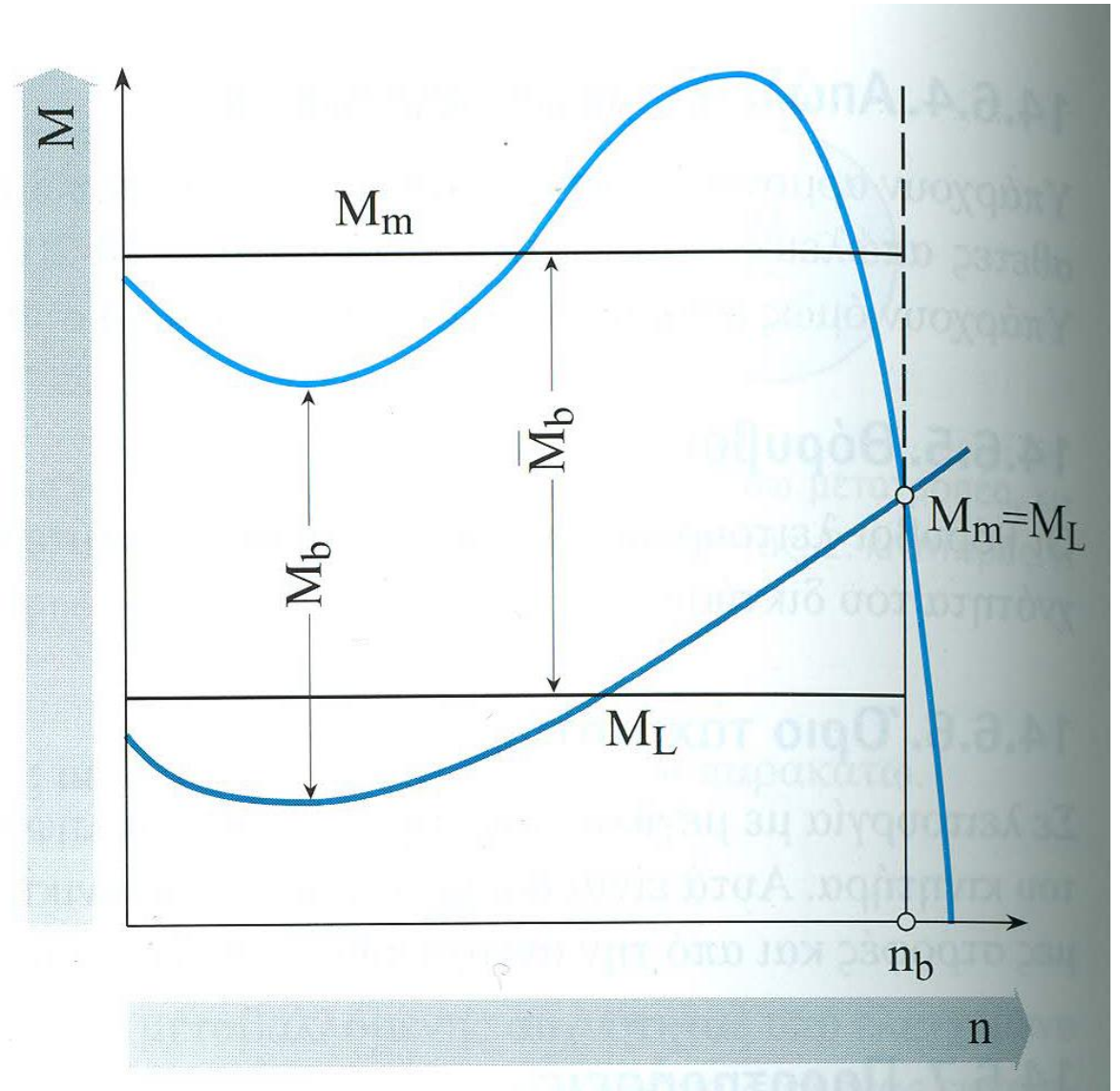
$$M_M - M_L = J \frac{d\omega}{dt}$$

J : Ροπή αδράνειας συστήματος (kgm^2)

ω : γωνιακή ταχύτητα (rad/sec)

$$t_{\text{εκκ}} = J \frac{J\omega}{M_b}$$

M_b : Μέση ροπή επιτάχυνσης (Nm)



A.H.K. Μόνιμη Κατάσταση λειτουργίας

AB-series

Three-phase motors with squirrel cage, protection degree IP23

Ονομαστική λειτουργία

2 POLES-3.000 Rpm

660-725/380-420 VY/Δ 50 Hz

Insulation class F

$$n_s = \frac{f \cdot 60}{p} = \frac{50 \cdot 60}{2} = \frac{3000}{2} = 1500 \text{ rpm}$$

TYPE	Power		Speed Rpm	Efficiency %	Power factor cosφ	Rated current (400V) Amp	Nominal Torque Nm	Moment of inertia GD²/4 Kcm²	Starting current ratio I₀/Iₙ	Starting Torque ratio M₀/Mₙ	Break- down Torque Mₘ/Mₙ	Net weight Kg
	KW	HP										
AB160-2	15	20	2920	89,5	0,88	28	49	0,067	6,5	2,0	2,5	132
AB160-2	18,5	25	2925	91,0	0,88	33	60	0,068	6,8	2,1	2,6	141
AB160-2	22	30	2925	89,2	0,87	41	71	0,070	7,0	2,1	2,6	152
AB180-2	30	40	2935	90,8	0,89	34	97	0,125	7,0	2,2	2,8	210
AB180-2	37	50	2940	91,2	0,89	66	120	0,135	7,0	2,2	2,8	222
AB200-2	45	60	2945	91,8	0,89	80	145	0,188	7,0	2,1	2,7	285
AB200-2	55	75	2945	91,7	0,89	97	177	0,210	7,0	2,1	2,7	297
AB225-2	75	100	2950	92,5	0,89	131	241	0,362	7,2	2,1	2,8	367
AB250-2	90	125	2960	93,5	0,90	154	289	0,531	7,5	2,4	3,0	507
AB250-2	110	150	2965	94,5	0,90	187	353	0,584	7,5	2,4	3,0	543
AB280-2	132	180	2960	94,0	0,91	223	423	0,793	7,5	2,2	3,0	700
AB315-2	160	220	2970	94,4	0,89	275	513	1,592	6,5	1,6	2,8	942
AB315-2	200	270	2965	94,2	0,87	352	641	1,751	7,2	1,6	2,8	976
AB315-2	250	340	2965	94,4	0,87	439	801	1,935	7,2	1,6	2,8	1.035
AB315-2	315	430	2970	95,6	0,90	528	1009	2,503	7,0	1,9	3,0	1.180
AB315X-2	355	480	2965	95,5	0,87	617	1140	2,629	7,0	1,5	2,7	1.286
AB315X-2	400	540	2970	95,9	0,91	662	1284	2,997	7,0	1,8	3,0	1.350
AB315X-2	450	610	2970	95,5	0,87	782	1447	3,145	7,0	1,5	2,7	1.420
AB355-2	500	680	2970	96,0	0,92	817	1608	4,500	6,5	1,3	2,7	1.620
AB355-2	560	760	2970	96,0	0,92	915	1801	4,980	6,5	1,3	2,7	1.750
AB355-2	630	850	2970	96,0	0,92	1029	2026	5,340	6,5	1,3	2,7	1.855
AB355-2	710	965	2970	96,0	0,92	1160	2283	5,340	6,5	1,3	2,7	1.880

Ονομαστική ροπή M_N (Nm)

$$M_N = \frac{P_N}{\omega} = \frac{P_N}{\frac{2\pi n}{60}} \rightarrow M_N = 9,55 \cdot \frac{P_N}{n}$$

Ισχύς στην είσοδο P_{EN} (Nm)

$$P_{EN} = \frac{P_{MN}}{\eta}$$

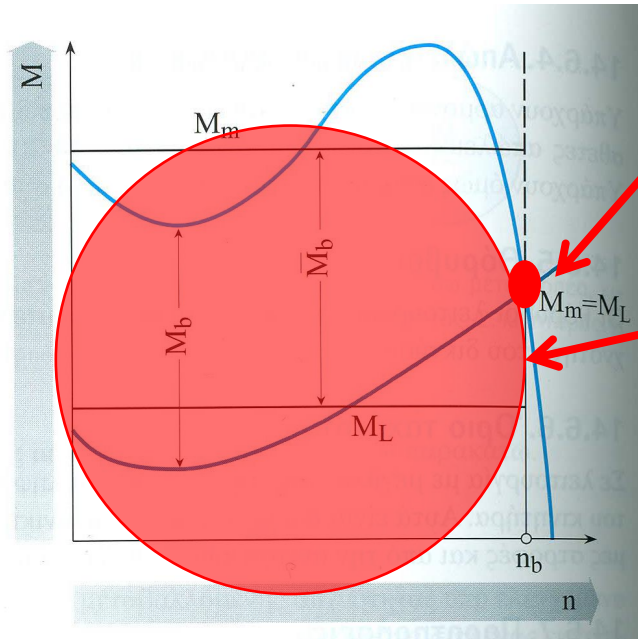
$$I_N = \frac{P_{EN}}{U_N \cos\phi_N}$$

Ροπές εκκίνησης και ανατροπής (KL – MrX10)



Α.Η.Κ. Μόνιμη Κατάσταση λειτουργίας

Σημείο λειτουργίας – εκκίνηση



Προκύπτει σε συνδυασμό με το φορτίο

$$\frac{P_L}{P_N} = \frac{M_L}{M_N} = \frac{S_L}{S_N}$$

Εκκίνηση: Ροπή και ρεύμα εκκίνησης από τον πίνακα

Απευθείας εκκίνηση: μεγάλο ρεύμα το οποίο είναι κακό και για τον κινητήρα και για το δίκτυο

Επιτρέπεται μόνο αν:

(α) $I_{εκ} < 30A$ ή

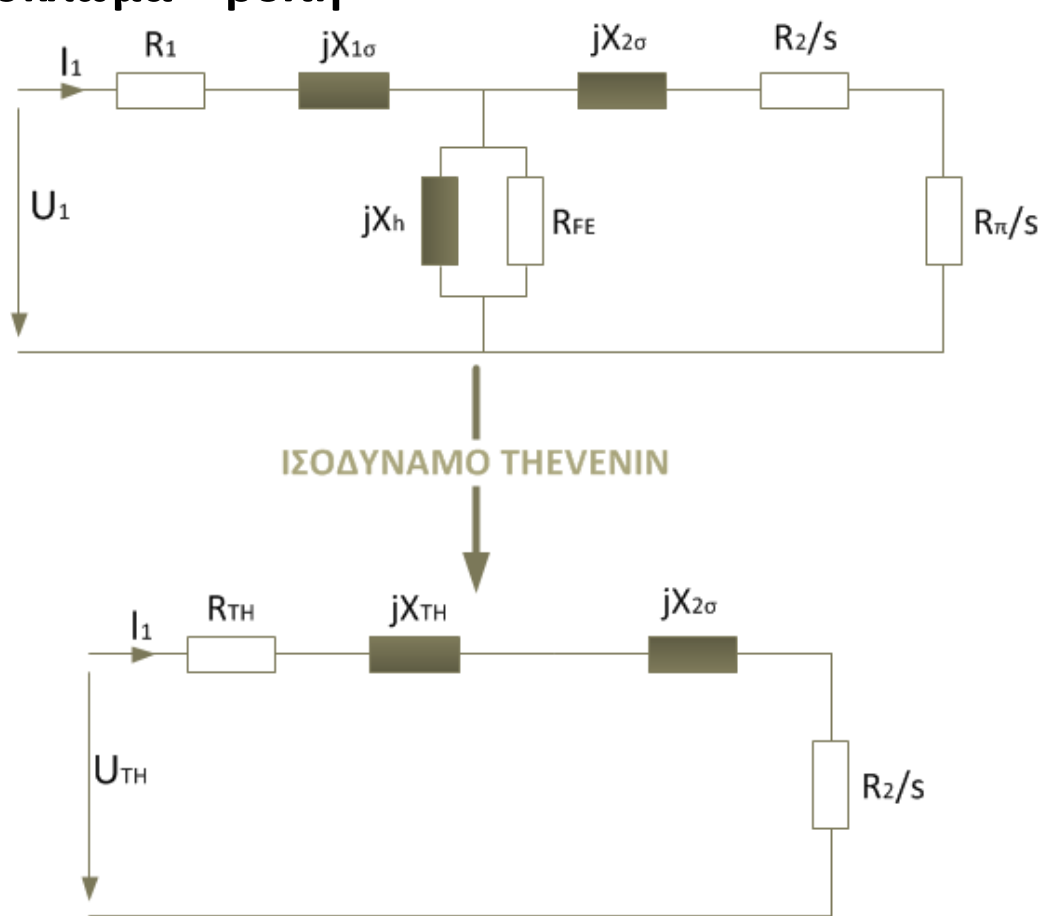
(β) $I_{εκ} < 2I_N$ για $P < 10Hp$ ή $I_{εκ} < 1.6I_N$ για $P > 10Hp$ ή

(γ) Αν η εγκατάσταση έχει δικό της Μ/Σ και το $I_{εκκ}$ είναι μικρότερο από:

S(kVA)	15	25	50	75	100	150	250-500
$I_{εκκ}$ (A)	30	42	85	125	170	250	300

Α.Η.Κ. Μόνιμη Κατάσταση λειτουργίας

Ηλεκτρικοί κινητήρες – Ασύγχρονος ηλεκτρικός κινητήρας ισοδύναμο κύκλωμα - ροπή



$$T = \frac{q}{\omega_s} \cdot \frac{V_{TH}^2 \cdot \left(\frac{R_2}{s}\right)}{\left(R_{TH} + \frac{R_2}{s}\right)^2 + (X_{TH} + X_2)^2}$$

$$X_{TH} = X_m \cdot \frac{R_1^2 + X_1 X_{11}}{R_1^2 + X_{11}^2}$$

$$R_{TH} = \frac{X_m^2 R_1}{R_1^2 + X_{11}^2}$$

$$X_{11} = X_1 + X_m$$

$q = \text{αριθμός φάσεων}$

Α.Η.Κ. Μόνιμη Κατάσταση λειτουργίας

Ηλεκτρικοί κινητήρες – Ασύγχρονος ηλεκτρικός κινητήρας ισοδύναμο κύκλωμα - ροπή

Έλεγχος μέσω μεταβολής της τάσης

Έλεγχος μέσω μεταβολής της συχνότητας ή του πλήθους των πόλων

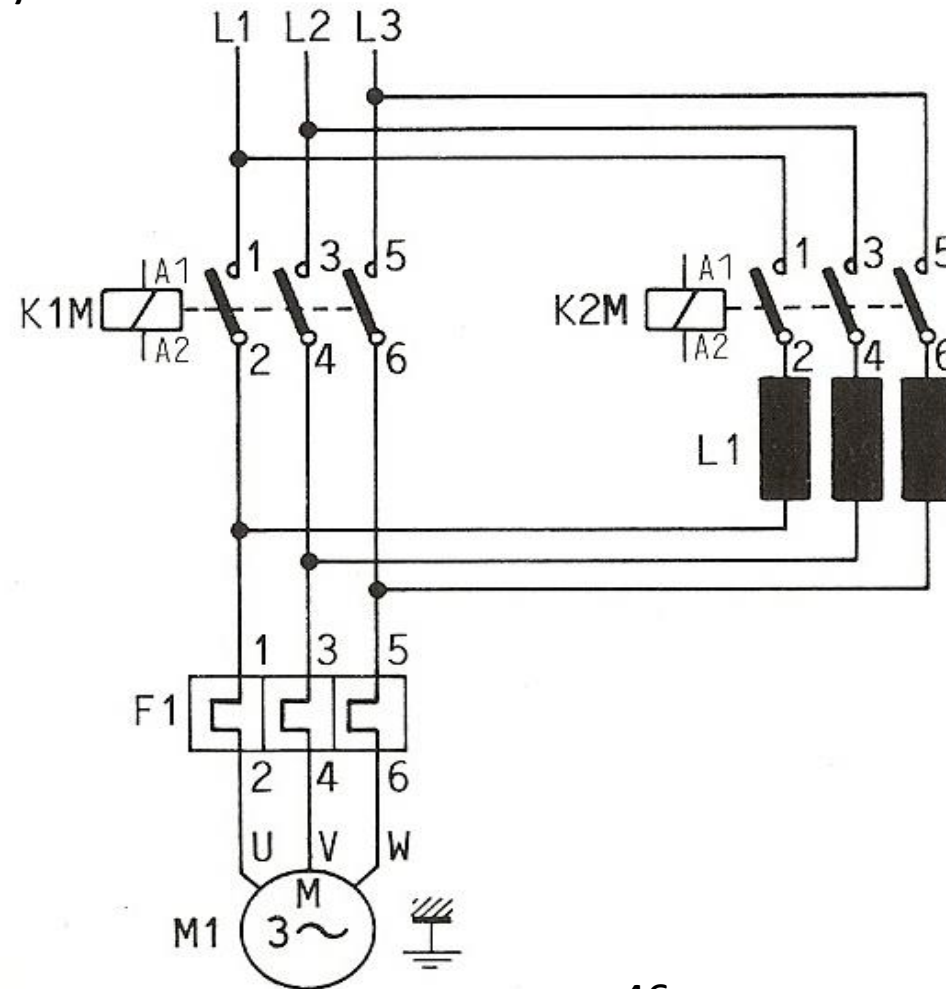
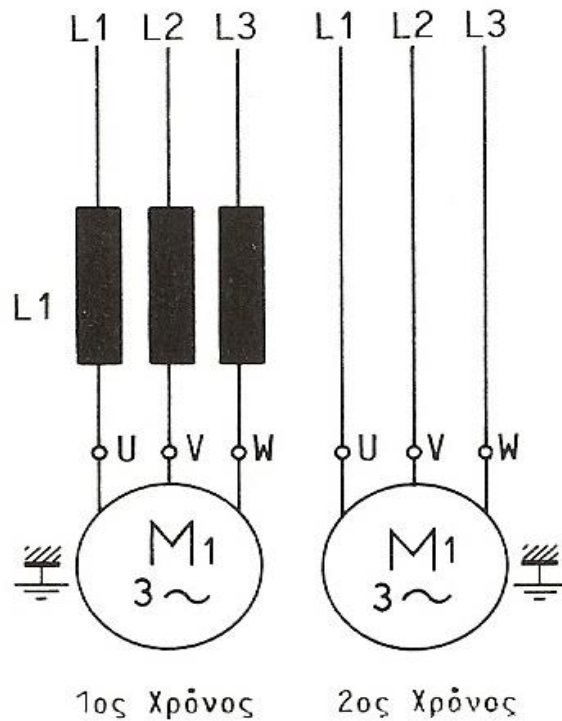
Έλεγχος μέσω μεταβολής της αντίστασης στον δρομέα

$$T = \frac{q}{\omega_s} \cdot \frac{V_{TH}^2 \cdot \left(\frac{R_2}{s}\right)}{\left(R_{TH} + \frac{R_2}{s}\right)^2 + (X_{TH} + X_2)^2}$$

Α.Η.Κ. Μόνιμη Κατάσταση λειτουργίας

Σημείο λειτουργίας – εκκίνηση

Εκκίνηση με εν σειρά αυτεπαγωγές ή αντιστάσεις

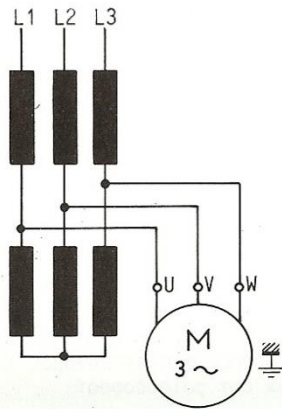


Α.Η.Κ. Μόνιμη Κατάσταση λειτουργίας

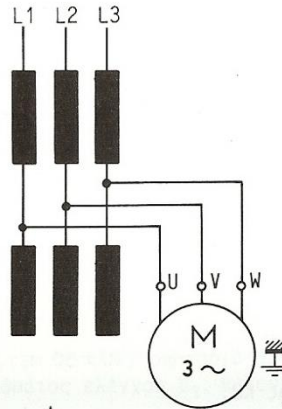
Σημείο λειτουργίας – εκκίνηση

Εκκίνηση με αυτομετασχηματιστή

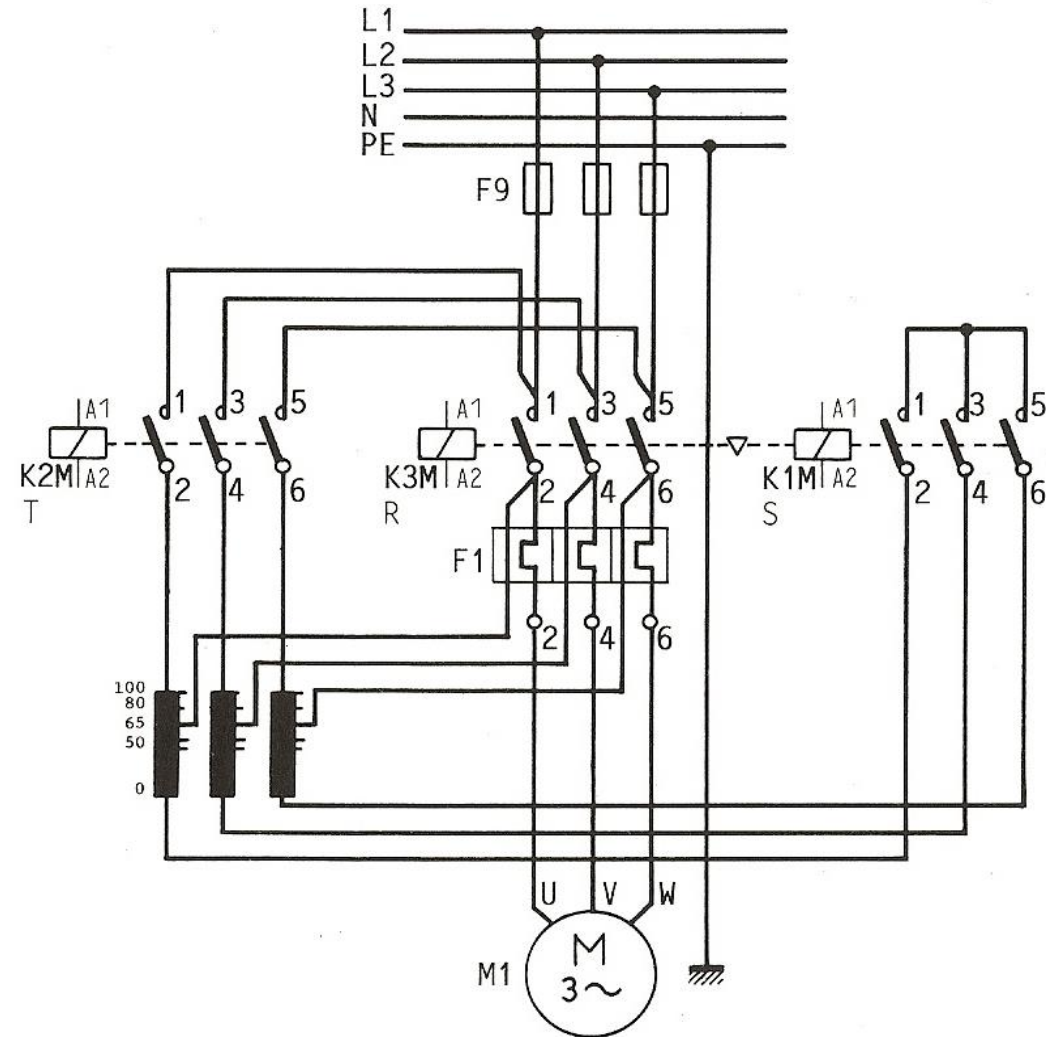
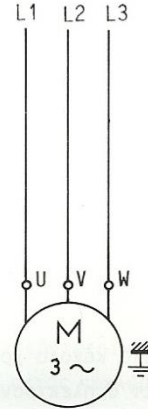
1^{ος} χρόνος



2^{ος} χρόνος



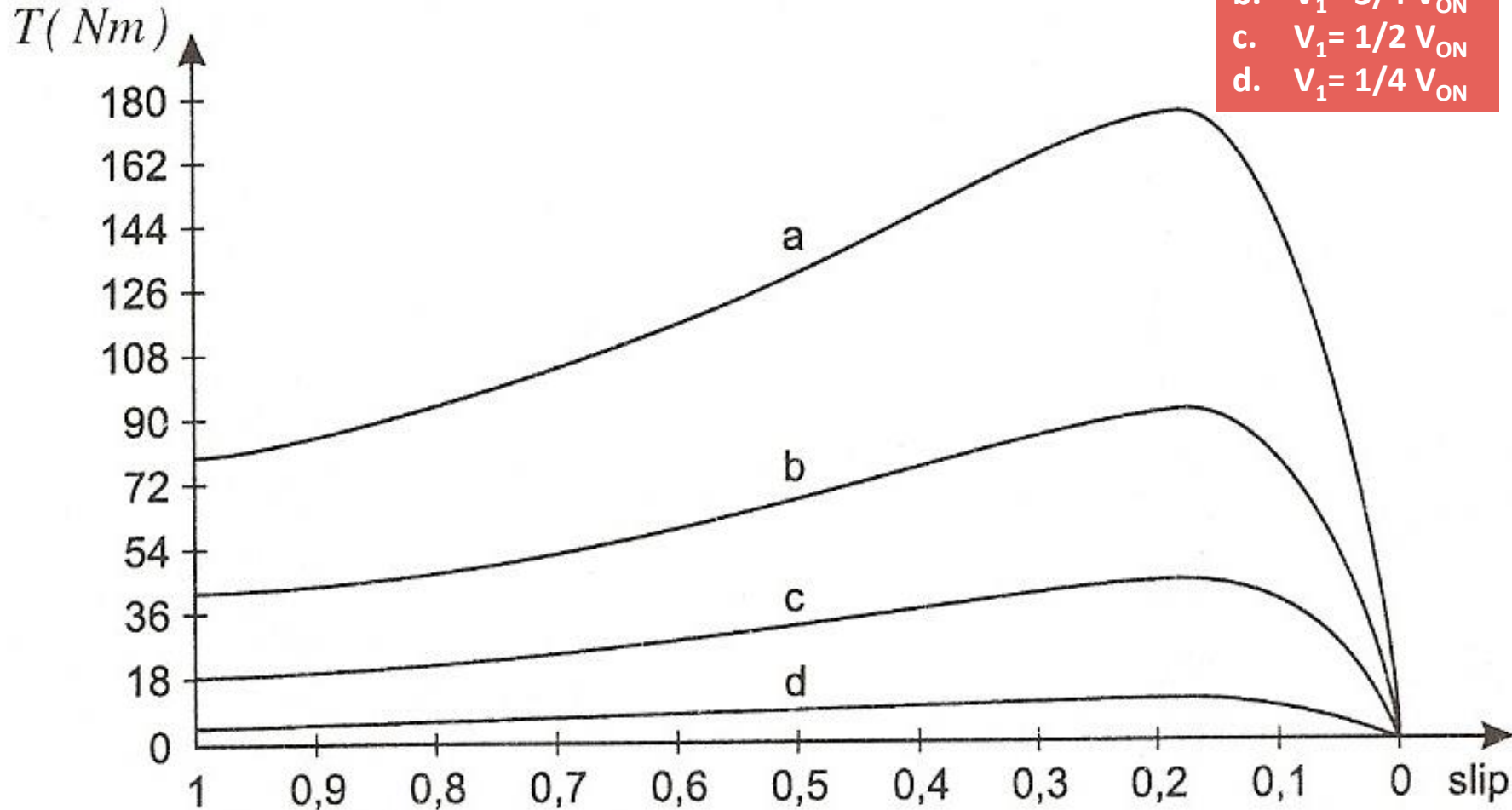
3^{ος} χρόνος



Α.Η.Κ. Μόνιμη Κατάσταση λειτουργίας

Σημείο λειτουργίας – εκκίνηση

Εκκίνηση με αυτομετασχηματιστή

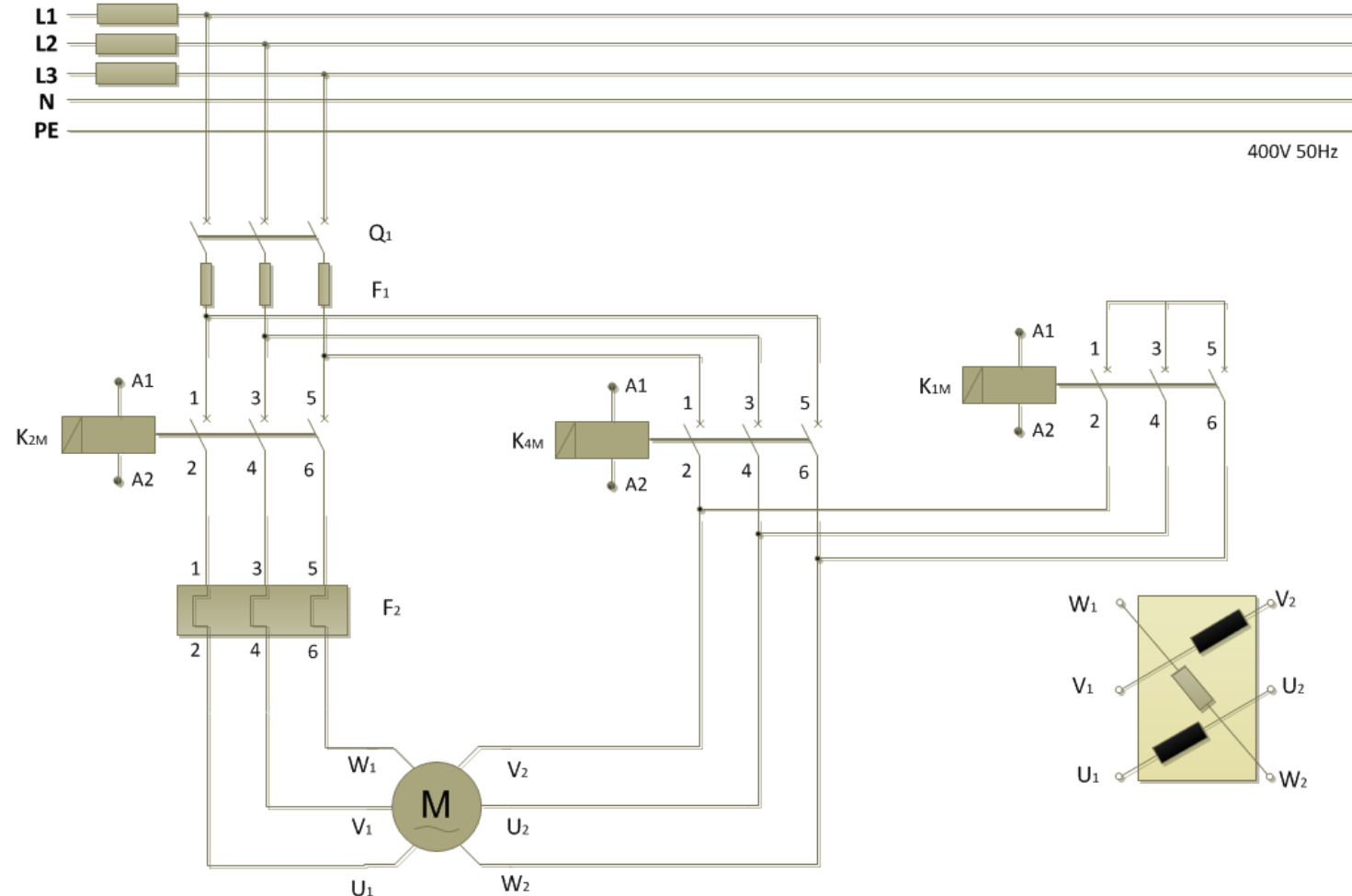


- a. $V_1 = V_{ON}$
- b. $V_1 = 3/4 V_{ON}$
- c. $V_1 = 1/2 V_{ON}$
- d. $V_1 = 1/4 V_{ON}$

Α.Η.Κ. Μόνιμη Κατάσταση λειτουργίας

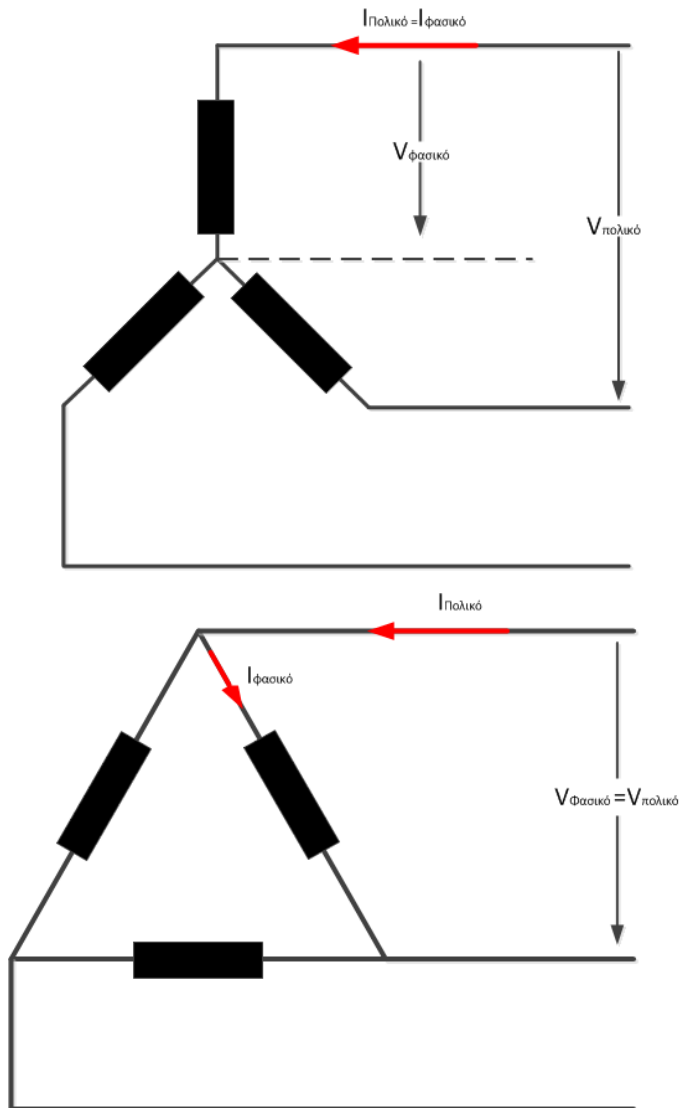
Σημείο λειτουργίας – εκκίνηση

Εκκίνηση με διακόπτη Υ/Δ



Α.Η.Κ. Μόνιμη Κατάσταση λειτουργίας

Σημείο λειτουργίας – εκκίνηση



Υπολογισμός στο ρεύμα του τυλίγματος (εμπέδηση Z_{τ}):

Αστέρας:
$$I_{\tau\gamma} = \frac{V_{\text{φασικό}}}{Z_{\tau}}$$

Τρίγωνο:
$$I_{\tau\Delta} = \frac{V_{\text{πολικό}}}{Z_{\tau}}$$

Άρα:
$$\frac{I_{\tau\gamma}}{I_{\tau\Delta}} = \frac{V_{\text{φασικό}}}{V_{\text{πολικό}}} = \frac{1}{\sqrt{3}}$$

Προσοχή: στο τρίγωνο $I_{\text{πολικό}} = \sqrt{3} I_{\text{φασικό}}$

Άρα:
$$I_{\text{γραμμής},\Delta} = 3 I_{\text{γραμμής},\gamma}$$

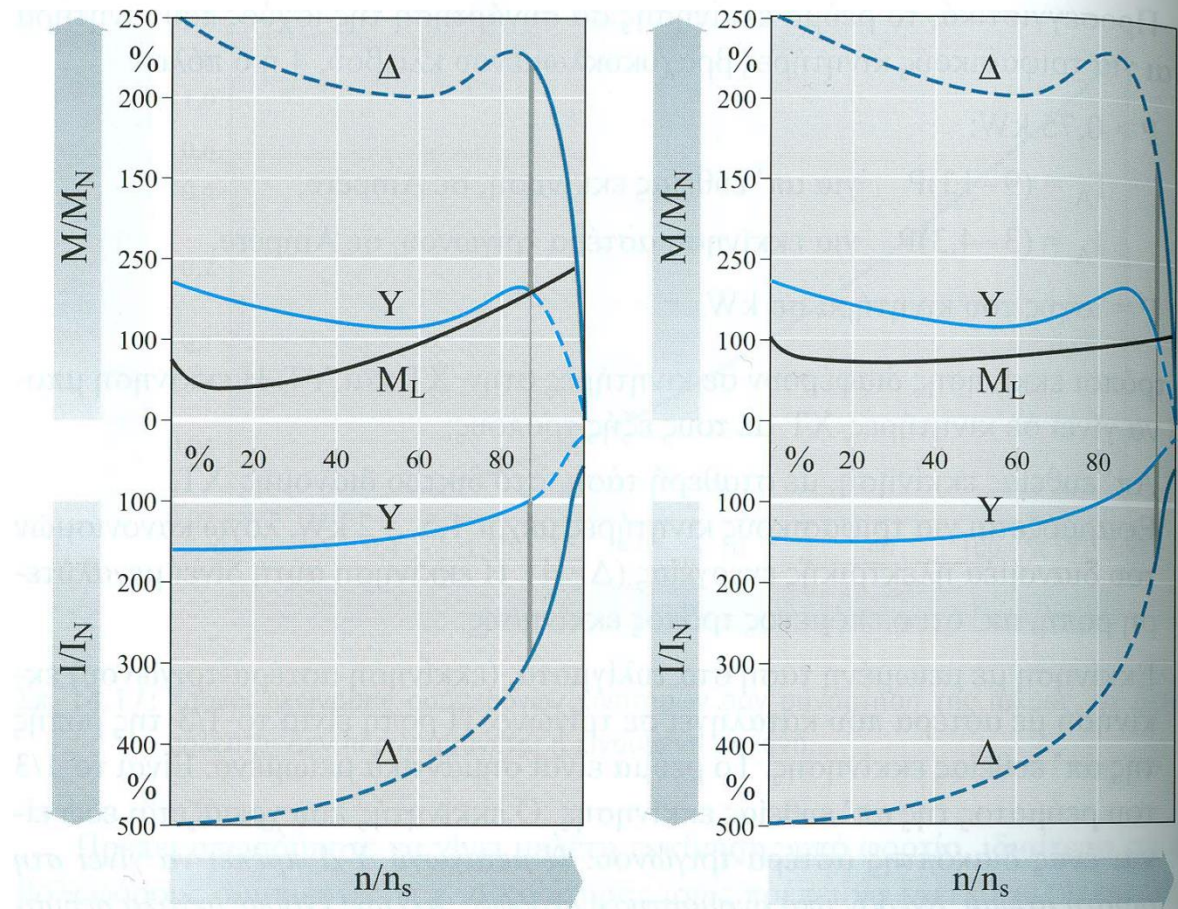
Προσοχή:
$$M = kBI\cos\varphi \rightarrow M_{\gamma} = \frac{M_{\Delta}}{3}$$

Α.Η.Κ. Μόνιμη Κατάσταση λειτουργίας

Σημείο λειτουργίας – εκκίνηση

Εκκίνηση με διακόπτη Υ/Δ

Χρόνος μεταγωγής



α) Λάθος εκκίνηση αστέρα – τριγώνου

α) Σωστή εκκίνηση αστέρα – τριγώνου

Α.Η.Κ. Μόνιμη Κατάσταση λειτουργίας

Επιθυμητές συνθήκες λειτουργίας

Υπερφόρτιση: αν δεν προβλέπεται από τον κατασκευαστή ισχύει

(α) $I=1,5I_N$ για χρόνο 2min

(β) $M=1,6M_N$ για χρόνο 15sec, υπό ονομαστική τάση και συχνότητα

Τάση: επιτρέπεται $U_N \pm 5\%$, διαφορετικά

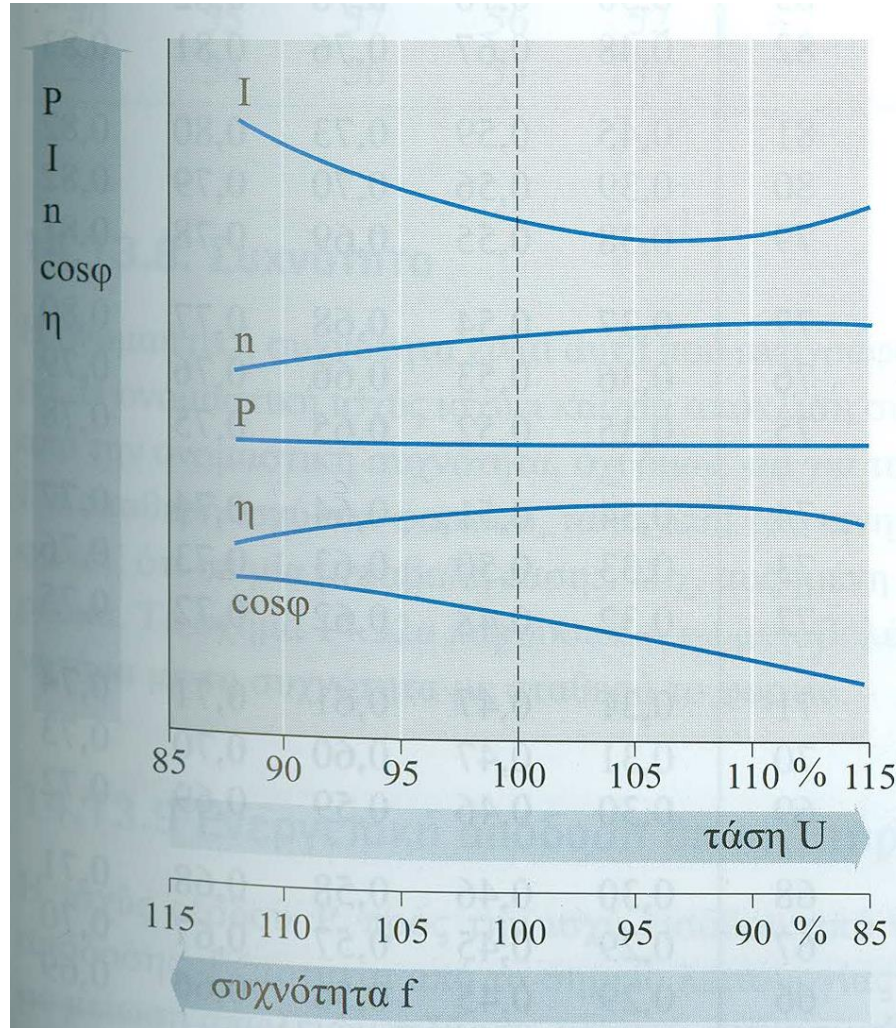
Τάση	Ροπή	Ροπή ανατροπής	Ρεύμα	Ολίσθηση	Απώλειες
Αύξηση	↑	↑	↓	↓	↑
Μείωση	↓	↓	↑	↑	↑

Συχνότητα: επιτρέπεται $f_N \pm 5\%$, διαφορετικά

Συχνότητα	Ροπή	Ροπή ανατροπής	Ρεύμα	Ολίσθηση	Απώλειες
Αύξηση	↓	↓	↑	↑	↑
Μείωση	↑	↑	↓	↓	↑

Α.Η.Κ. Μόνιμη Κατάσταση λειτουργίας

Επιθυμητές συνθήκες λειτουργίας



απόδοση η σε %					συντελεστής ισχύος cosφ				
1/4	2/4	3/4	4/4	5/4	1/4	2/4	3/4	4/4	5/4
91	95	96	95	94	0,62	0,80	0,89	0,92	0,92
90	94	95	94	93	0,61	0,79	0,88	0,91	0,91
89	93	94	93	91	0,60	0,78	0,87	0,90	0,90
88	92	93	92	90	0,59	0,77	0,86	0,89	0,90
85	91	92	91	89	0,58	0,76	0,85	0,88	0,89
83	90	91	90	88	0,57	0,75	0,84	0,87	0,88
82	89	90	89	87	0,56	0,74	0,83	0,86	0,87
81	88	89	88	86	0,53	0,72	0,81	0,85	0,86
80	87	88	87	85	0,52	0,71	0,80	0,84	0,85
79	86	87	86	84	0,51	0,70	0,79	0,83	0,84
78	86	87	85	83	0,50	0,70	0,78	0,82	0,83
77	84	85	84	82	0,48	0,67	0,76	0,81	0,83
76	83	84	83	81	0,45	0,59	0,73	0,80	0,82
74	82	83	82	80	0,39	0,56	0,70	0,79	0,82
72	81	82	81	79	0,38	0,55	0,69	0,78	0,81
70	80	81	80	77	0,37	0,54	0,68	0,77	0,80
68	78	81	79	76	0,36	0,53	0,66	0,76	0,79
64	75	79	78	75	0,35	0,52	0,65	0,75	0,78
62	74	78	77	74	0,34	0,51	0,64	0,74	0,77
60	73	77	76	73	0,33	0,50	0,63	0,73	0,76
58	72	76	75	72	0,32	0,48	0,62	0,72	0,75
57	71	75	74	71	0,31	0,47	0,61	0,71	0,74
56	70	74	73	70	0,31	0,47	0,60	0,70	0,73
55	69	73	72	69	0,30	0,46	0,59	0,69	0,72
54	68	72	71	68	0,30	0,46	0,58	0,68	0,71
53	67	71	70	67	0,29	0,45	0,57	0,67	0,70
52	66	70	69	66	0,29	0,45	0,56	0,66	0,69



Α.Η.Κ. Μόνιμη Κατάσταση λειτουργίας

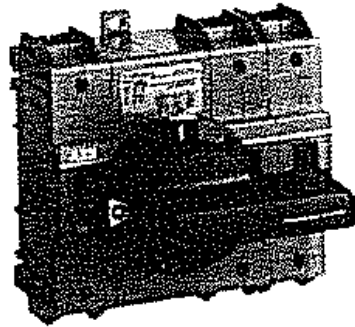
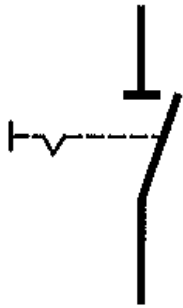
Λειτουργία και προστασία

Σύμπτωμα	Αιτία	Προστασία
Υπερθέρμανση	<ul style="list-style-type: none"><input type="checkbox"/> Μεγάλη ροπή φορτίου<input type="checkbox"/> Μειωμένη τάση<input type="checkbox"/> Βαριά εκκίνηση<input type="checkbox"/> Επανειλημμένες εκκινήσεις<input type="checkbox"/> Έλλειψη μιας φάσης<input type="checkbox"/> Λάθος ακολουθία	<ul style="list-style-type: none">▪ Θερμικά στοιχεία▪ Θερμίστορ στα τυλίγματα▪ Θερμομετρικές αντιστάσεις▪ ΗΝ κινητήρων
Βραχυκύκλωμα	<ul style="list-style-type: none"><input type="checkbox"/> Διάσπαση στην μόνωση<input type="checkbox"/> Σφάλμα στην γραμμή<input type="checkbox"/> Σφάλμα στο κιβώτιο σύνδεσης	<ul style="list-style-type: none">▪ Ασφάλειες τήξεως▪ Μικροαυτόματοι▪ ΗΝ κινητήρων

Α.Η.Κ. Μόνιμη Κατάσταση λειτουργίας

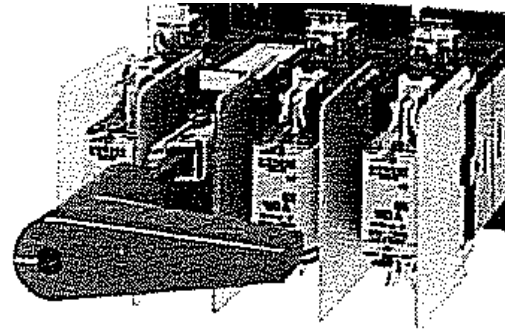
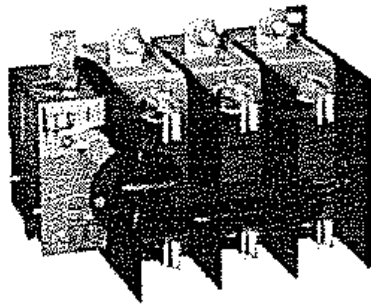
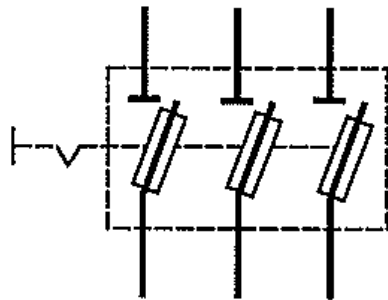
Λειτουργία και προστασία

(α) απόζευξη



Ορατή διακοπή του κυκλώματος για λόγους ασφαλείας, δεν είναι ικανός να κάνει διακοπή του ρεύματος φορτίου ή βραχυκυκλώματος.

Ασφαλειοαποζεύκτης: φέρει επιπλέον ασφάλειες τήξεως (συνήθως NH)



Α.Η.Κ. Μόνιμη Κατάσταση λειτουργίας

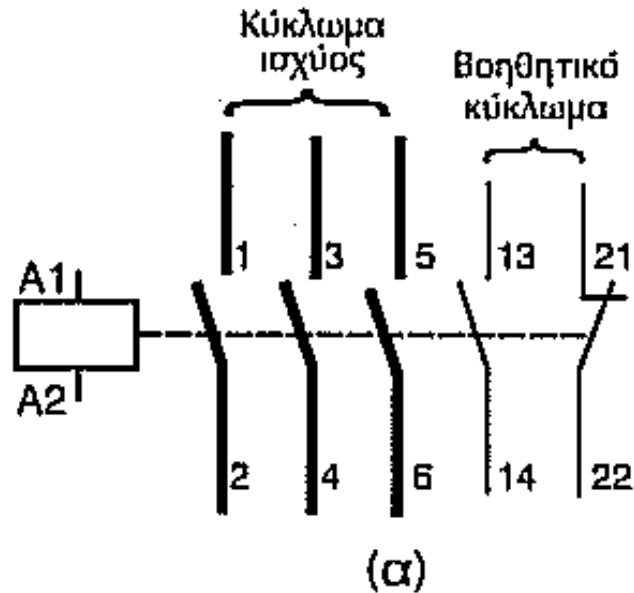
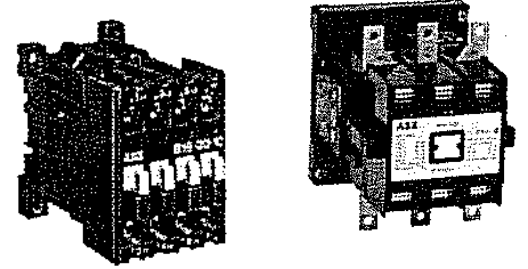
Λειτουργία και προστασία

(α) απόζευξη

(β) ζεύξη

Χειροκίνητη → διακόπτες

Αυτόματη → ηλεκτρονόμοι ρελέ



α/α	Κατηγορία ηλεκτρονόμου	Είδος συσκευής και τρόπος λειτουργίας	Εφαρμογή
1.	AC1	Συσκευές εναλλασσομένου ρεύματος με συντελεστή ισχύος τουλάχιστον ίσο με 0,95 (συνφ \geq 0,95)	Θέρμανση, διανομή
2.	AC2	Δακτυλιοφόροι κινητήρες, κατά την εκκίνηση, το σταμάτημα και κατά τη λειτουργία με βήματα "σταμάτημα-ξεκίνημα". Στην ζεύξη, ο ηλεκτρονόμος αποκαθιστά το ρεύμα εκκίνησης που είναι 2,5 φορές μεγαλύτερο από το ονομαστικό του κινητήρα. Στην απόζευξη, ο ηλεκτρονόμος διακόπτει το ρεύμα εκκίνησης υπό τάση, ίση με την τάση του δικτύου.	Ανυψωτικά μηχανήματα, μεταλλουργία.
3.	AC3	Κινητήρες βραχυκυκλωμένου δρομέα, στους οποίους η διακοπή γίνεται με την ονομαστική ταχύτητα. Στην ζεύξη, ο ηλεκτρονόμος αποκαθιστά το ρεύμα εκκίνησης που είναι 5 μέχρι 7 φορές μεγαλύτερο από το ονομαστικό του κινητήρα. Στην απόζευξη, ο ηλεκτρονόμος διακόπτει εύκολα το ονομαστικό ρεύμα του κινητήρα, γιατί η τάση σ' αυτόν είναι περίπου το 20% της τάσης του δικτύου.	Ανελκυστήρες, μεταφορικές ταινίες, συμπιεστές, αντλίες, κλιματιστικά μηχανήματα, ψυκτικά μηχανήματα, ηλεκτροβάννες.
4.	AC4	Κινητήρες βραχυκυκλωμένου δρομέα, στους οποίους η λειτουργία γίνεται με βήματα "σταμάτημα-ξεκίνημα" και στις εφαρμογές πέδησης με διανορεύματα. Στην ζεύξη, ο ηλεκτρονόμος αποκαθιστά το ρεύμα εκκίνησης που είναι 5 μέχρι 7 φορές μεγαλύτερο από το ονομαστικό του κινητήρα. Στην απόζευξη, ο ηλεκτρονόμος διακόπτει δύσκολα το ίδιο περίπου ρεύμα, υπό τάση τόσο μεγαλύτερη, όσο μικρότερη είναι η ταχύτητα του κινητήρα. Η τάση αυτή είναι δυνατόν να γίνει ίση με την τάση του δικτύου.	Μηχανήματα εκτύπωσης, εργαλειομηχανές, μεταλλουργία, ανυψωτικά μηχανήματα, μηχανήματα συρματοποίησης, ηλεκτρομαγνήτες.

A.H.K. Μόνιμη Κατάσταση λειτουργίας

Πίνακας 5.2 Κατηγορίες χρήσης ηλεκτρονόμων ισχύος ΣΡ		
α/α	Κατηγορία ηλεκτρονόμου	Είδος συσκευής και τρόπος λειτουργίας
1.	DC1	Συσκευές που για τη λειτουργία τους χρησιμοποιούν συνεχές ρεύμα και που έχουν σταθερό χρόνο (L/R) μικρότερη ή ίση του 1 ms.
2.	DC2	Κινητήρες Σ.Ρ. παράλληλης διέγερσης, που η διακοπή του ρεύματος προκαλείται στις ονομαστικές του στροφές. Η σταθερά χρόνου κυμαίνεται συνήθως στα 7,5 ms. Κατά την ενεργοποίηση του ηλεκτρονόμου αποκαθίσταται ρεύμα εκκίνησης 2,5 φορές μεγαλύτερο από το ονομαστικό του κινητήρα. Κατά την απενεργοποίηση του ηλεκτρονόμου διακόπτεται το ονομαστικό ρεύμα του κινητήρα. Η τάση στα άκρα του επαγωγικού τυμπάνου του κινητήρα εξαρτάται από την ΑΗΕΔ του και δίνεται από τη σχέση: $U = E + I_T \cdot R_T$.
3.	DC3	Κινητήρες ΣΡ παράλληλης διέγερσης κατά την εκκίνηση, το φρενάρισμα, το αντίστροφο ρεύμα καθώς και την βηματική τους κίνηση. Η σταθερά χρόνου είναι μικρότερη των 2 ms. Κατά την ενεργοποίηση του ηλεκτρονόμου αποκαθίσταται το ρεύμα εκκίνησης που είναι περίπου 2,5 φορές μεγαλύτερο από το ονομαστικό του κινητήρα. Κατά την απενεργοποίηση του ηλεκτρονόμου διακόπτεται ρεύμα 2,5 φορές μεγαλύτερο από το ονομαστικό, με τάση το πολύ ίση με αυτή του δικτύου. Η τάση είναι τόσο πιο υψηλή, όσο μικρότερη είναι η ταχύτητα του κινητήρα και κατ' επέκταση η ΑΗΕΔ του χαμηλή. Γενικά, η διακοπή αυτή κρίνεται ως δύσκολη.
4.	DC4	Κινητήρες ΣΡ διέγερσης σειράς, στους οποίους η διακοπή προκαλείται στις ονομαστικές στροφές του κινητήρα. Η σταθερά χρόνου είναι της τάξης των 10 ms. Κατά την ενεργοποίηση του ηλεκτρονόμου αποκαθίσταται το ρεύμα εκκίνησης που είναι περίπου 2,5 φορές μεγαλύτερο από το ονομαστικό του κινητήρα. Κατά την απενεργοποίηση του ηλεκτρονόμου διακόπτεται ρεύμα περίπου το 1/3 του ονομαστικού, με τάση στα άκρα του επαγωγικού του τυμπάνου περίπου το 20% αυτής του δικτύου. Ο αριθμός των διακοπών, που κρίνονται ως εύκολες, μπορεί να είναι υψηλός.
5.	DC5	Κινητήρες ΣΡ διέγερσης σειράς κατά την εκκίνηση, το φρενάρισμα, το αντίστροφο ρεύμα καθώς και την βηματικής τους κίνηση. Η σταθερά χρόνου είναι της τάξης των 10 ms. Κατά την ενεργοποίηση του ηλεκτρονόμου αποκαθίσταται το ρεύμα εκκίνησης, που είναι περίπου 2,5 φορές μεγαλύτερο από το ονομαστικό τους ρεύμα. Κατά την απενεργοποίηση του ηλεκτρονόμου διακόπτεται ένταση ρεύματος που αντιστοιχεί σε τάση τόσο πιο υψηλή, όσο πιο μικρή είναι η ταχύτητα του κινητήρα. Η τιμή της τάσης αυτής μπορεί να είναι ίση με αυτή του δικτύου. Γενικά, η διακοπή αυτή κρίνεται ως δύσκολη.



Α.Η.Κ. Μόνιμη Κατάσταση λειτουργίας

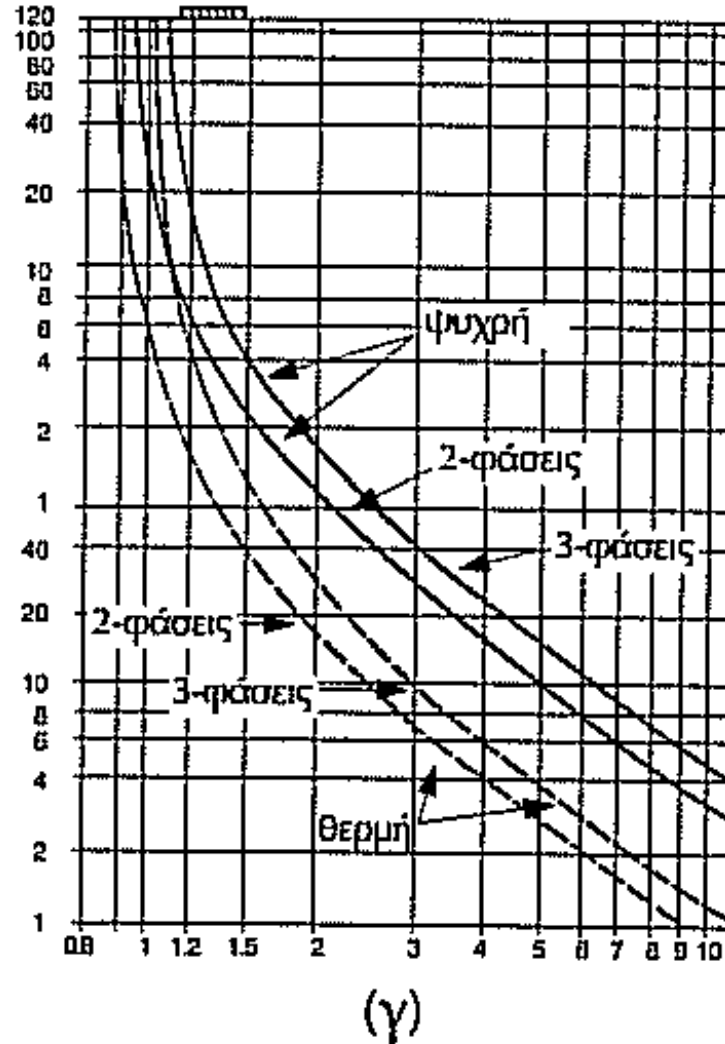
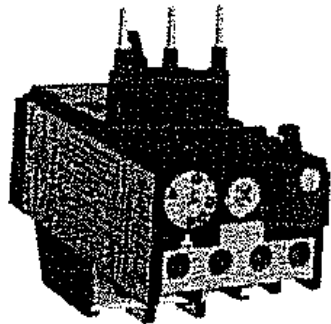
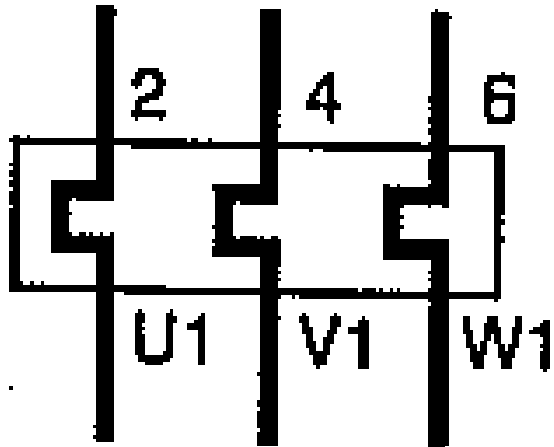
Λειτουργία και προστασία

(α) απόζευξη

(β) ζεύξη

(γ) προστασία από υπερφόρτιση

Θερμικό



Υ	$I_{th}=I_N$
Δ	$I_{th}=I_N/\sqrt{3}I_{th}=0,58I_N$

— Ψυχρή κατάσταση
— Θερμή κατάσταση

2 φάσεις:
καμπύλη απώλειας φάσης

3 φάσεις:
καμπύλη υπερέντασης

Α.Η.Κ. Μόνιμη Κατάσταση λειτουργίας

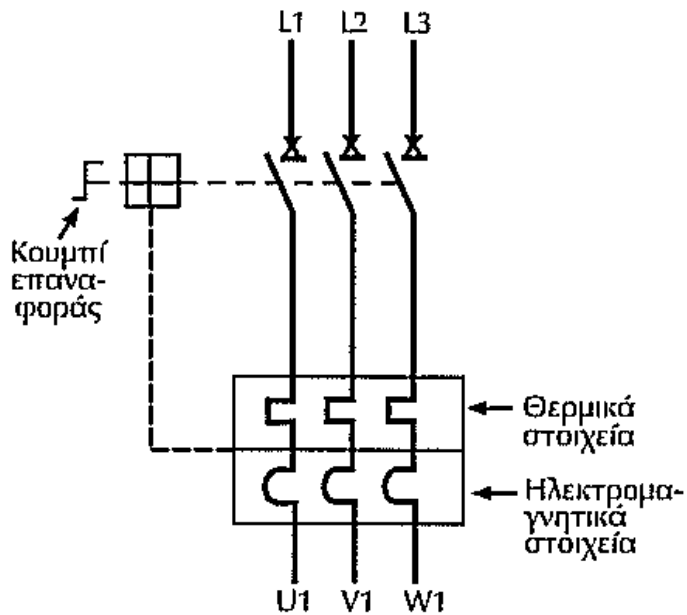
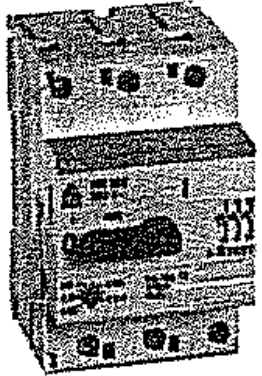
Λειτουργία και προστασία

(α) απόζευξη

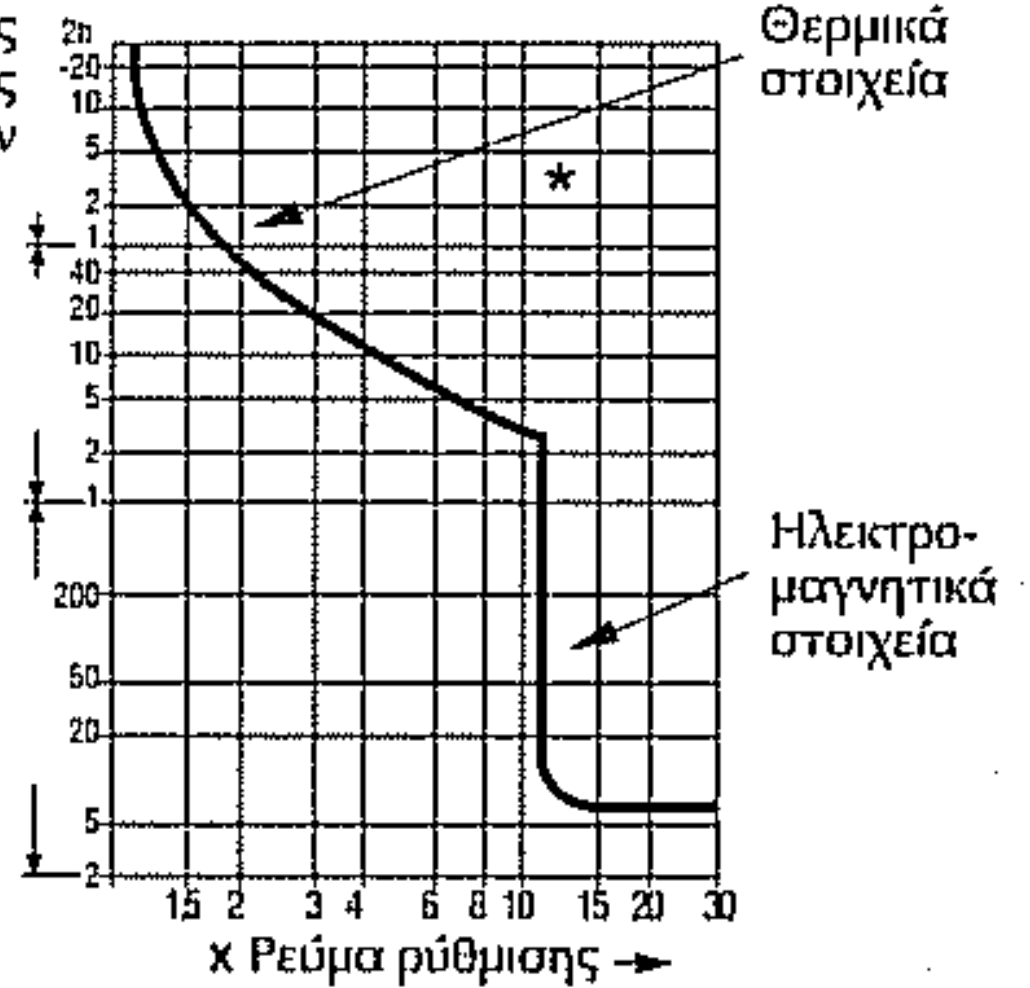
(β) ζεύξη

(γ) προστασία από υπερφόρτιση

Αυτόματος θερμομαγνητικής προστασίας



Χρόνος ανοίγματος πόλων



Α.Η.Κ. Μόνιμη Κατάσταση λειτουργίας

Λειτουργία και προστασία

(α) απόζευξη

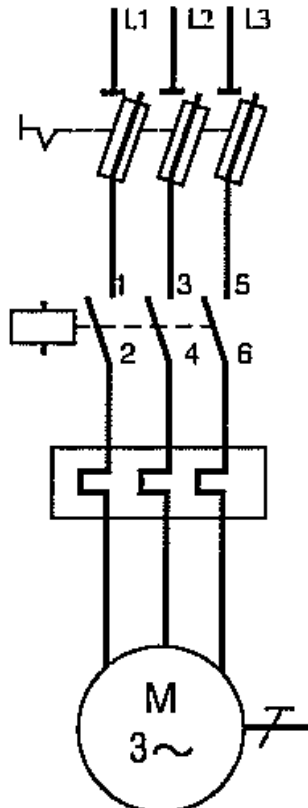
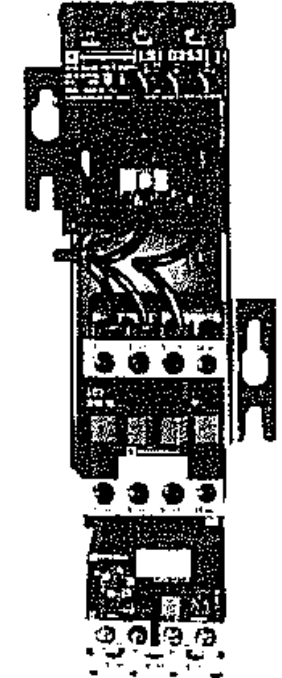
(β) ζεύξη

(γ) προστασία από υπερφόρτιση

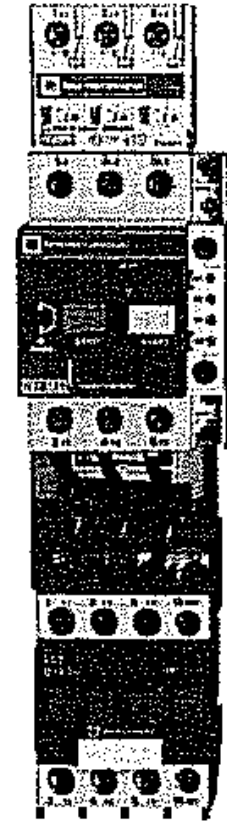
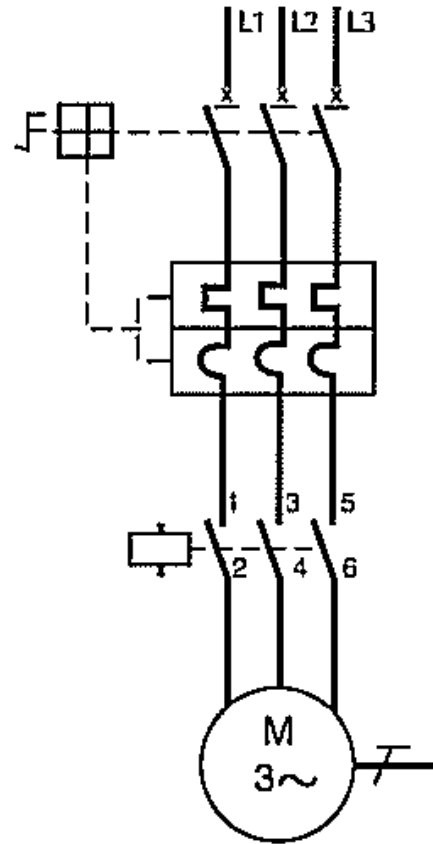
Αυτόματος μαγνητικής προστασίας

α/α	Είδος Λειτουργίας	Αποζεύκτης	Ασφάλειες	Ηλεκτρονόμος (Ρελέ) Ισχύος	Θερμικό (Thermistor)	Αυτόματος διακόπτης θερμομαγνητικής προστασίας	Αυτόματος διακόπτης μαγνητικής προστασίας
1	Απόζευξη	■					
2	Προστασία από βραχυκύκλωμα		■			■	■
3	Προστασία από υπερφόρτιση				■	■	
4	Έλεγχος λειτουργίας <ul style="list-style-type: none">■ Αυτόματος■ Χειροκίνητος			■		■	■

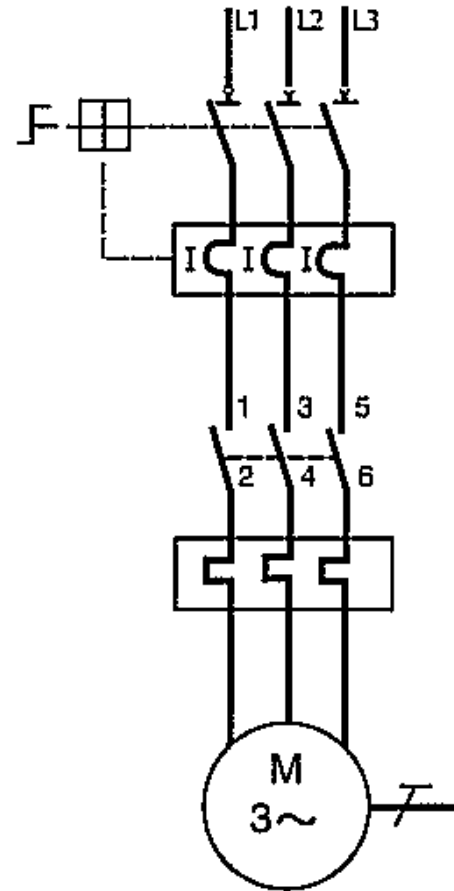
Πίνακας 5.6. Βασικές συνδεσμολογίες πλήρους προστασίας λειτουργίας ηλεκτροκινητήρων

α/α	Εξαρτήματα συντονισμού για την πλήρη προστασία λειτουργίας ηλεκτροκινητήρα	Ηλεκτρολογική συνδεσμολογία εξαρτημάτων πλήρους προστασίας	Πραγματική μορφή συνδεσμολογίας εξαρτημάτων πλήρους προστασίας
1.	<ul style="list-style-type: none"> • Ασφαλειοζεύκτης • Ηλεκτρονόμος ισχύος • Θερμικό 		

- 2.
- Αυτόματος θερμομαγνητικός διακόπτης
 - Ηλεκτρονόμος ισχύος



- 3.
- Αυτόματος μαγνητικός διακόπτης
 - Ηλεκτρονόμος ισχύος
 - Θερμικό



Πίνακας 5.6. (συνέχεια)

α/α	Εξαρτήματα συντονισμού για την πλήρη προστασία λειτουργίας ηλεκτροκινητήρα	Ηλεκτρολογική συνδεσμολογία εξαρτημάτων πλήρους προστασίας	Πραγματική μορφή συνδεσμολογίας εξαρτημάτων πλήρους προστασίας
4.	<ul style="list-style-type: none"> • Ασφαλειοαποζεύκτης • Ηλεκτρονόμος ισχύος • Αυτόματος διακόπτης προστασίας με thermistor 		