

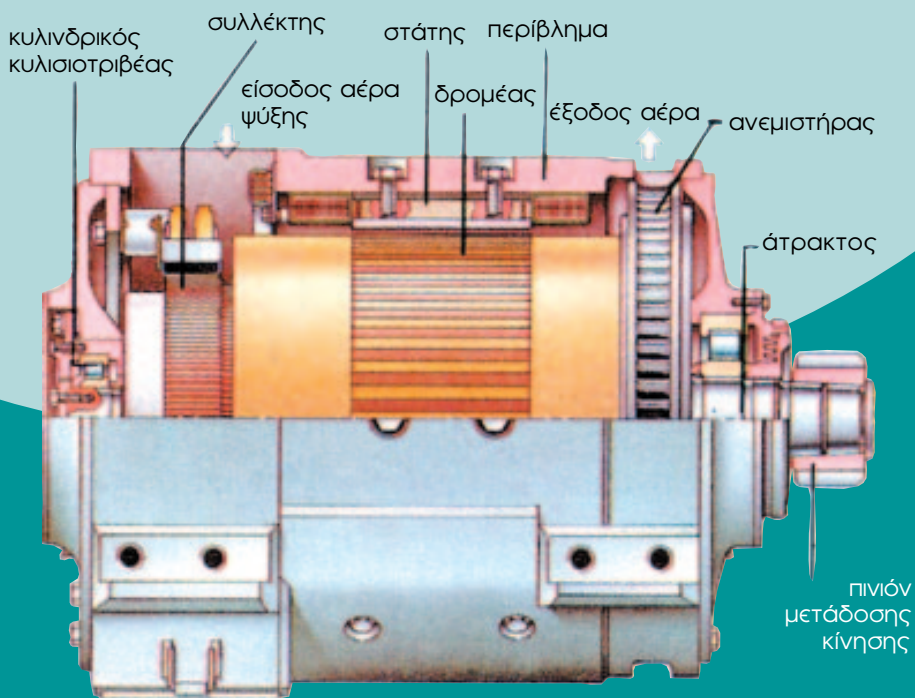
# κεφάλαιο 2

## ηλεκτρικές μηχανές

### Συνεχούς Ρεύματος (Σ.Ρ.)

➔ Είναι ευρύτατα γνωστό, ότι το ποσό της ηλεκτρικής ενέργειας που καταναλώνει μια χώρα, χαρακτηρίζει και το επίπεδο της τεχνικής ανάπτυξής της.

Ο ηλεκτρισμός διαδόθηκε χάρη στην κατασκευή φθηνών και αποδοτικών ηλεκτρικών μηχανών. Σήμερα κάθε βιομηχανική εγκατάσταση χρησιμοποιεί ηλεκτρικές μηχανές. Η γνώση της λειτουργίας και των χαρακτηριστικών αυτών των μηχανών κυρίως κρίνεται απαραίτητη για την ορθή αντιμετώπιση των προβλημάτων που αφορούν στην επιλογή, εγκατάσταση, στη χρησιμοποίηση και στη συντήρησή τους.



αυτόψυκτος ηλεκτροκινητήρας έλξης συνεχούς ρεύματος για αυτοκινητάμαξες

## Ενότητα 2.1.

# Σύντομη ιστορική ανασκόπηση, χρήσεις μηχανών Σ.Ρ., αρχή λειτουργίας

### Διδακτικοί στόχοι

➔ Μετά από τη μελέτη της ενότητας αυτής, θα πρέπει να μπορείτε:

1. Να απαριθμείτε τα στάδια εξέλιξης των Ηλεκτρικών Μηχανών Σ.Ρ.
2. Να αναφέρετε τα πεδία εφαρμογής των Γεννητριών και των Κινητήρων Σ.Ρ. στις σημερινές συνθήκες παραγωγής.
3. Να διατυπώνετε την αρχή λειτουργίας των Γεννητριών Σ.Ρ.
4. Να διατυπώνετε την αρχή λειτουργίας των Κινητήρων Σ.Ρ.

### 2.1.1. Σύντομη ιστορική ανασκόπηση και χρήσεις των μηχανών Σ.Ρ.

Η ανακάλυψη του νόμου της επαγωγής από τον **Faraday**, ο οποίος βασίστηκε στα πειράματα του **Oersted** και **Ampere** το 1820, βοήθησε το Γάλλο **Hippolyte Pixii** το 1832 να κατασκευάσει την πρώτη μηχανή Συνεχούς Ρεύματος (Σ.Ρ.) ως γεννήτρια.

Ο ίδιος κατασκεύασε την ίδια χρονολογία και μια απλή γεννήτρια (Ε.Ρ.) Α.Σ., η οποία όμως δεν έγινε γνωστή.

Η πρώτη ηλεκτρική μηχανή του **Pixii** είχε συλλέκτη δύο τομέων για την ανόρθωση της εναλλασσόμενης τάσης που παραγόταν στους αγωγούς. Η κυμάτωση της ανορθωμένης τάσης ήταν πολύ μεγάλη.

Η πρώτη μηχανή Σ.Ρ. με περιέλιξη τυμπάνου που τοποθετήθηκε μέσα στα λούκια του δρομέα και με συλλέκτη αρχικά δύο τομέων έγινε από τον **Werner Von Siemens** το 1856. Η κατασκευή αυτή έγινε αφορμή για την εξέλιξη των ηλεκτρικών μηχανών.

Το 1860 ο **Pacinotti** κατασκεύασε τη μηχανή με τον επαγωγικό δακτύλιο και συλλέκτη με πολλούς τομείς.

Το 1870 ο **Gramme** κατασκεύασε μηχανή που είχε το πλεονέκτημα της μικρής κυμάτωσης της ανορθωμένης τάσης της.

Η μηχανή αυτή εγκαταλείφθηκε σύντομα λόγω των μεγάλων τεχνικοοικονομικών μειονεκτημάτων της δακτυλιοειδούς της περιέλιξης.

Ο τύπος της μηχανής Σ.Ρ. που επικράτησε τελικά ήταν αυτός του **F.V. Hefner - Alteneck** (1872) που είχε περιέλιξη τυμπάνου και συλλέκτη με πολλούς τομείς.

Σήμερα, είναι γνωστό, ότι για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας χρησιμοποιείται Ε.Ρ.

Παρ' όλα αυτά όμως οι μηχανές Σ.Ρ. κατέχουν ένα σημαντικό μέρος στην ηλεκτρική κίνηση πολύ μικρών, μικρών, μεσαίων και μεγάλων ισχύων (μέχρι 8MW).

Πολλά εργοστάσια χρησιμοποιούν γεννήτριες Σ.Ρ. για την παραγωγή της απαιτούμενης ισχύος για τη λειτουργία κινητήρων Σ.Ρ.

**Ηλεκτροκινητήρες Σ.Ρ.** χρησιμοποιούνται σε ηλεκτρικές κινήσεις με έλεγχο της περιτροφικής ταχύτητας, όπως μεταφορικές εγκαταστάσεις, εργαλειομηχανές, τροχιοδρομικά οχήματα κ.λπ.

➤ Συγκριτικά με τους κινητήρες Ε.Ρ., οι κινητήρες Σ.Ρ. παρουσιάζουν ορισμένα χαρακτηριστικά ανωτερότητας που τους κάνουν αναντικατάστατους σε κινήσεις υψηλών απαιτήσεων όπως π.χ. στα έλαστρα.

Η τροφοδότηση με **ηλεκτρονικά ισχύος** τελειοποίησε πολλές από τις εφαρμογές αυτές. Οι μικροί κινητήρες Σ.Ρ. χρησιμοποιούνται γενικά σε όλες τις εφαρμογές όπου διατίθεται συνεχής ή ημιανορθωμένη τάση, όπως σε αυτοματισμούς αεροπλάνων, συστήματα ψύξης ηλεκτρονικών κυκλωμάτων, μικρούς διεγέρτες, σερβομηχανισμούς, παιχνίδια, μαγνητόφωνα, μονάδες μαγνητικών ταινιών, εκτυπωτές υπολογιστών, μηχανές συγχρονισμών, φωτοτυπικά μηχανήματα κ.λπ.

### 2.1.2. Αρχή λειτουργίας των Γεννητριών Σ.Ρ.

Για τη λειτουργία των ηλεκτρικών μηχανών απαιτούνται τρία είδη υλικών:

- α) ηλεκτρικοί αγωγοί**, για τη δίοδο του ρεύματος (κατά κανόνα χάλκινοι, σπανιότερα από αλουμίνιο, ορείχαλκο ή μπρούντζο).
- β) μονωτικά υλικά**, για την παρεμπόδιση διαρροής του ηλεκτρικού ρεύματος από τους αγωγούς (ελαστικό, συνθετικά υλικά, χαρτί εμποτισμένο σε μονωτικό βερνίκι).
- γ) σίδηρος**, (σιδηροελάσματα) για την οδήγηση του μαγνητικού πεδίου.

Με άλλα λόγια για να λειτουργήσει μια γεννήτρια πρέπει να πληρούνται οι παρακάτω βασικές συνθήκες:

1. Να υπάρχει **μαγνητικό πεδίο (B)**.
2. Να υπάρχει **αγωγός** (ή πλαίσιο) εντός του μαγνητικού πεδίου, δηλαδή, να υπάρχει τύλιγμα στη μηχανή.
3. Να υπάρχει σχετική **κίνηση του αγωγού** (ή πλαισίου) ως προς το μαγνητικό πεδίο ή **του πεδίου ως προς τον αγωγό**.

Αποτέλεσμα των παραπάνω συνθηκών είναι η ανάπτυξη ηλεκτρεγερτικής δύναμης (ΗΕΔ) στα άκρα αυτού του αγωγού (ή πλαισίου).

Αυτή η ΗΕΔ προέρχεται από επαγωγή και είναι ανάλογη:

- της μαγνητικής επαγωγής (B) του ομογενούς μαγνητικού πεδίου,

$$\text{(σε Tesla ή } 1\text{T} = 1 \frac{\text{V} \cdot \text{s}}{\text{m}^2}\text{),}$$

- του μήκους (ℓ) του τμήματος του αγωγού το οποίο βρίσκεται υπό την επίδραση του μαγνητικού πεδίου (ενεργό μήκος σε m),

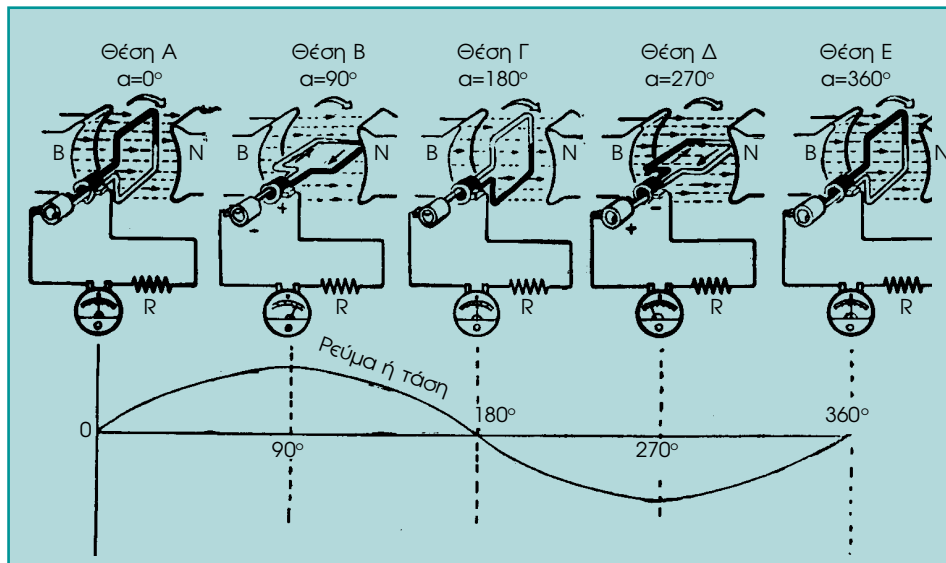
- της ταχύτητας ( $u=2\pi \cdot r \cdot n$ , όπου n: στρ/s) της μεταβολής της κίνησης του αγωγού (σε m/s),

- του ημίτονου της γωνίας (α), η οποία σχηματίζεται μεταξύ των κατευθύνσεων της κίνησης και του μαγνητικού πεδίου.

Η σχέση που δίνει την ΗΕΔ είναι:

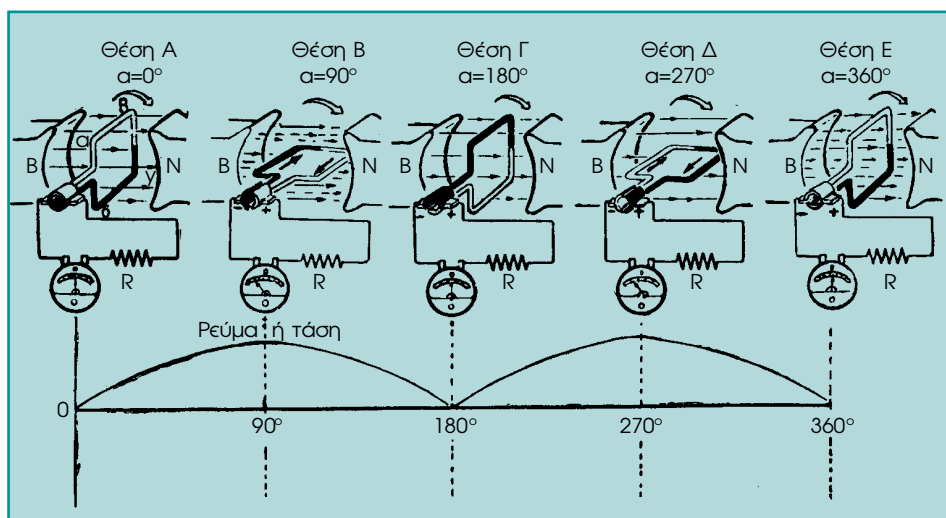
$$E = B \cdot \dot{\varphi} \text{-\eta\mu\alpha} \text{ (σε V)} \quad (2.1)$$

Στο σχήμα 2.2 φαίνεται η πορεία και τα στάδια της αναπτυσσόμενης από το πλαίσιο ΗΕΔ, καθώς αυτό στρέφεται σε σταθερό μαγνητικό πεδίο. Στο ίδιο σχήμα φαίνεται και η εναλλασσόμενη μορφή του παραγόμενου ρεύματος.



**Σχ. 2.2:** Πορεία της ανάπτυξης εναλλασσόμενης Η.Ε.Δ. σε πλαίσιο στρεφόμενου μέσα σε σταθερό μαγνητικό πεδίο.

Στο σχήμα 2.3 φαίνεται η πορεία και τα στάδια της ανόρθωσης, δηλαδή, της μετατροπής του Ε.Ρ. σε Σ.Ρ. η οποία εκτελείται από **το συλλέκτη**.



**Σχ.2.3:** Ανορθωτική δράση του συλλέκτη.

### 2.1.3. Αρχή λειτουργίας των κινητήρων Σ.Ρ.

Όταν ένας αγωγός διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα, ενώ βρίσκεται μέσα σε μαγνητικό πεδίο, αναπτύσσεται σ' αυτόν από το μαγνητικό πεδίο δύναμη που τείνει να τον κινήσει προς ορισμένη κατεύθυνση.

Η δύναμη αυτή είναι η συνισταμένη των δυνάμεων Laplace, στις οποίες υπόκεινται τα ελεύθερα ηλεκτρόνια, τα οποία κινούνται μέσα στον αγωγό.

Το μέγεθος της δύναμης αυτής είναι ανάλογο προς:

- α.** τη μαγνητική επαγωγή ( $B$ ) του πεδίου (σε T).
- β.** την ένταση του ρεύματος ( $I$ ), που διαρρέει τον αγωγό (σε A).
- γ.** το μήκος του αγωγού ( $l$ ), ο οποίος βρίσκεται μέσα στο μαγνητικό πεδίο (ενεργό μήκος σε m).
- δ.** τη γωνία ( $\alpha$ ), την οποία σχηματίζουν οι διευθύνσεις του αγωγού και του πεδίου.

Το μέτρο της δύναμης ( $F$ ) που ασκείται στον αγωγό δίνεται από τη σχέση:

$$F = B \cdot I \cdot l \cdot \eta \mu \alpha \quad (\text{σε N}) \quad (2.2)$$

### 2.1.4. Παραδείγματα

1. Η ΗΕΔ που αναπτύσσεται σε αγωγό κινούμενο εντός ομοιομόρφου μαγνητικού πεδίου με ταχύτητα 20m/s είναι 10V. Να βρεθούν: **α)** Η ΗΕΔ, εάν η μαγνητική επαγωγή του πεδίου αυξηθεί κατά 20% και **β)** η ΗΕΔ, εάν η ταχύτητα του αγωγού μειωθεί κατά 10%.

#### Λύση

Το μέγεθος της ΗΕΔ, η οποία αναπτύσσεται σε αγωγό κινούμενο εντός ομοιομόρφου μαγνητικού πεδίου, δίνεται από τη σχέση  **$E = B \cdot l \cdot u \cdot \eta \mu \alpha$  (σε V)**.

Από την παραπάνω σχέση φαίνεται, ότι η ΗΕΔ είναι ανάλογη της μαγνητικής επαγωγής  $B$  του πεδίου, της ταχύτητας κίνησης του αγωγού  $u$ , καθώς και του μήκους του αγωγού  $l$ .

Έτσι για την αύξηση της  $B$  κατά 20% θα έχουμε και αύξηση της ΗΕΔ κατά 20%.

Για μείωση της ταχύτητας  $u$  κατά 10% θα έχουμε και μείωση της ΗΕΔ κατά 10%.

Επομένως:

$$\text{α) } \frac{E_1}{E_2} = \frac{B_1}{B_2} \quad \text{ή} \quad \frac{10}{E_2} = \frac{B_1}{1,20B_1}, \quad E_2 B_1 = 10 \cdot 1,20 B_1, \quad E_2 = 12V$$

$$\text{β) } \frac{E_1}{E_2} = \frac{u_1}{u_2} \quad \text{ή} \quad \frac{10}{E_2} = \frac{u_1}{0,90 \cdot u_1}, \quad E_2 \cdot u_1 = 10 \cdot 0,90 \cdot u_1, \quad E_2 = 9V$$

2. Με ποια ταχύτητα πρέπει να κινείται αγωγός μήκους  $l=0,5\text{m}$ , μέσα σε ομοιόμορφο μαγνητικό πεδίο που έχει μαγνητική επαγωγή  $B=0,8\text{T}$ , αν η γωνία που κόβει τις μαγνητικές γραμμές είναι  $60^\circ$  και η παραγόμενη ΗΕΔ από επαγωγή στον αγωγό είναι  $E=9,4\text{V}$ .

### Λύση

Από τη σχέση της ΗΕΔ από επαγωγή

$$\mathbf{E}=\mathbf{B}\cdot\ell\cdot\mathbf{u}\cdot\eta\mu\alpha \text{ βρίσκουμε: } \mathbf{u}=\frac{\mathbf{E}}{\mathbf{B}\cdot\ell\cdot\eta\mu\alpha}=\frac{9,4}{0,8\cdot 0,5\cdot 0,866}=\frac{9,4}{0,3464}=27,1\text{m/s}$$

3. Αγωγός μήκους 15cm κινείται με ταχύτητα 4m/s κάθετα προς τις μαγνητικές γραμμές ομοιομόρφου μαγνητικού πεδίου επαγωγής 0,8Τ. Ο αγωγός αποτελεί τμήμα κλειστού κυκλώματος, του οποίου η ωμική αντίσταση είναι 0,6Ω. Να βρεθεί η δύναμη που ασκείται επί του αγωγού και αντιτίθεται στην κίνησή του.

### Λύση

Η αναπτυσσόμενη εντός του αγωγού ΗΕΔ είναι:  $\mathbf{E}=\mathbf{B}\cdot\ell\cdot\mathbf{u}\cdot\eta\mu\alpha$

Εδώ είναι  $\alpha=90^\circ$  ή  $\eta\mu\alpha=1$  και  $\ell=0,15\text{m}$

Άρα:  $E=0,8\cdot 0,15\cdot 4\cdot 1=0,48\text{V}$

Συνεπώς η ένταση του ρεύματος που διαρρέει τον αγωγό είναι:

$$\mathbf{I}=\frac{\mathbf{E}}{\mathbf{R}}=\frac{0,48}{0,6}=0,8\text{A}$$

Η ασκούμενη δύναμη επί του αγωγού θα υπολογισθεί από τη σχέση:

$$\mathbf{F}=\mathbf{B}\cdot\ell\cdot\mathbf{I}\cdot\eta\mu\alpha$$

$$F=0,8\cdot 0,15\cdot 0,8\cdot \eta\mu 90^\circ=0,096\text{N}$$

## 2.1.5. Ερωτήσεις

1. Να αναφέρετε πού χρησιμοποιούνται οι γεννήτριες και πού οι κινητήρες Σ.Ρ.;
2. Ποια είναι η αρχή λειτουργίας των γεννητριών Σ.Ρ.;
3. Ποια είναι η αρχή λειτουργίας των κινητήρων Σ.Ρ.;
4. Με ποιο τρόπο γίνεται η ανόρθωση του Ε.Ρ. σε Σ.Ρ.;
5. Να σχεδιαστεί η πορεία της ανάπτυξης εναλλασσόμενης ΗΕΔ σε πλαίσιο που στρέφεται μέσα σε σταθερό μαγνητικό πεδίο.
6. Να σχεδιαστεί η πορεία και τα στάδια της ανόρθωσης του Ε.Ρ. σε Σ.Ρ. που εκτελείται από το συλλέκτη.
7. Πότε στα άκρα αγωγού κινούμενου μέσα σε μαγνητικό πεδίο δεν αναπτύσσεται ΗΕΔ από επαγωγή;
8. Πώς μειώνουμε τις κυματώσεις του ρεύματος που παράγεται στις ηλεκτρικές γεννήτριες;
9. Με ποια ταχύτητα πρέπει να κινείται αγωγός μήκους  $l=0,8\text{m}$  μέσα σε ομοιόμορφο μαγνητικό πεδίο που έχει μαγνητική επαγωγή  $B=0,9\text{T}$ , αν η γωνία που κόβει τις μαγνητικές γραμμές είναι  $60^\circ$  και η παραγόμενη ΗΕΔ από επαγωγή στον αγωγό είναι  $E=6,23\text{V}$ . **(ΑΠ. 10m/sec)**
10. Η δύναμη που ασκείται σε αγωγό μήκους  $l=0,4\text{m}$  κατά την κίνησή του υπό γωνία  $45^\circ$  μέσα σε μαγνητικό πεδίο  $B=0,9\text{T}$  είναι  $12\text{N}$ . Ζητείται η ένταση του ρεύματος, που θα διαρρέεται ο αγωγός. **(ΑΠ. 47,2Α)**

### ➡ Βάλτε σε κύκλο το γράμμα μπροστά από τη σωστή απάντηση

11. Η ΗΕΔ μιας στοιχειώδους γεννήτριας δίνεται από τη σχέση:
  - α.  $E=B \cdot l \cdot \omega \cdot \sin \alpha$ .
  - β.  $E=B \cdot l \cdot \omega \cdot \eta \cdot \mu \alpha$ .
  - γ.  $E=B \cdot l \cdot \eta \cdot \mu \alpha$ .
12. Το μέτρο της δύναμης (F) που ασκείται στον αγωγό δίνεται από τη σχέση:
  - α.  $F=B \cdot u \cdot l \cdot \eta \cdot \mu \alpha$ .
  - β.  $F=B \cdot l \cdot \eta \cdot \mu \alpha$ .
  - γ.  $F=B \cdot l \cdot \omega \cdot \sin \alpha$ .

## Ενότητα 2.2.

# Κατασκευαστικά στοιχεία Μηχανών Σ.Ρ. Είδη προστασίας, Τυποποίηση ακροδεκτών

### Διδακτικοί στόχοι

➡ Μετά από μελέτη της ενότητας αυτής θα πρέπει να μπορείτε:

1. Να περιγράψετε τα βασικά εξαρτήματα των ηλεκτρικών μηχανών Σ.Ρ.
2. Να αναγνωρίζετε την τυποποίηση των ακροδεκτών στις μηχανές Σ.Ρ.
3. Να ερμηνεύετε την τυποποίηση που υπάρχει για την προστασία των ηλεκτρικών μηχανών και τη σημασία κάθε γράμματος και αριθμού.

### 2.2.1. Κατασκευαστικά στοιχεία Μηχανών Σ.Ρ.

Κάθε μηχανή Σ.Ρ. αποτελείται από το ακίνητο μέρος, το οποίο ονομάζεται **στάτης** και από το κινητό μέρος, το οποίο ονομάζεται **δρομέας**.

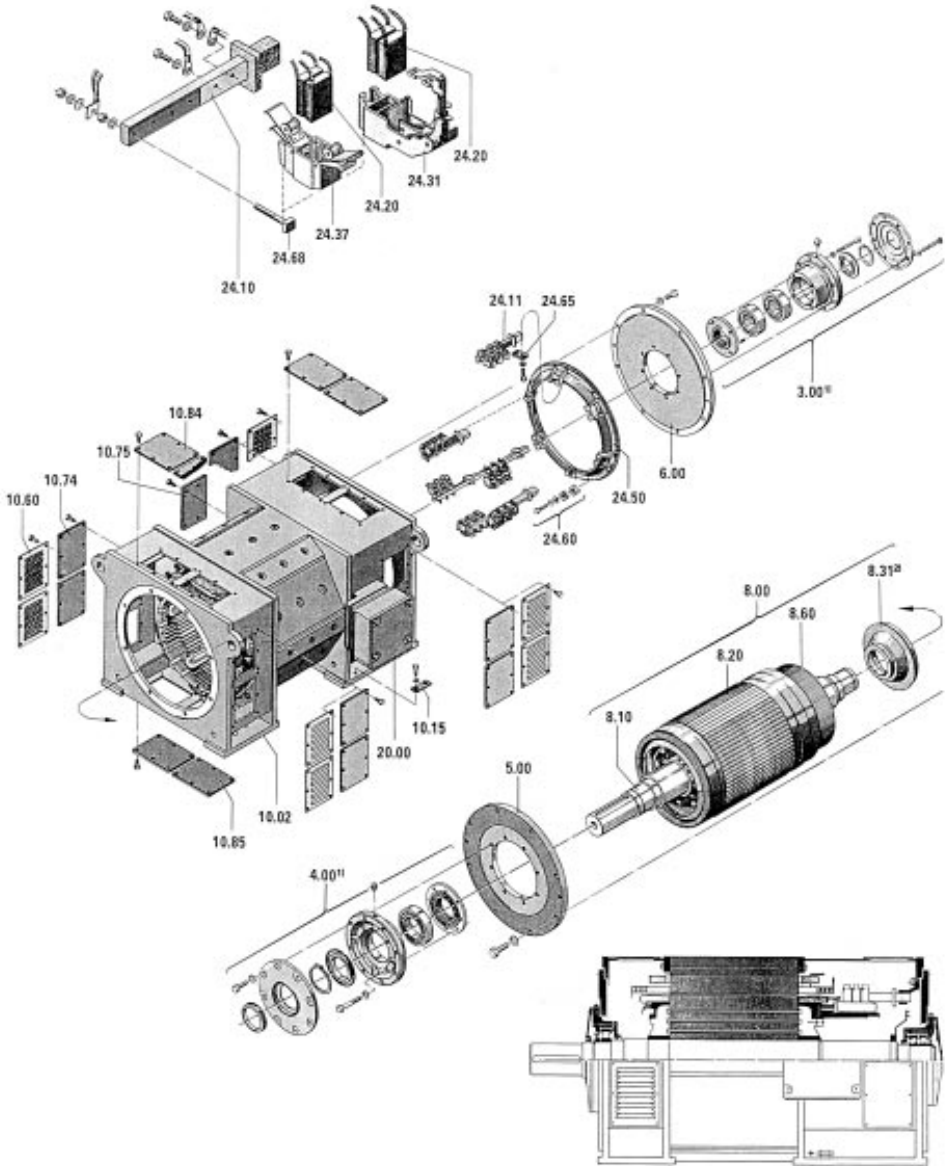
➤ Ο **στάτης** είναι το συγκρότημα των ακίνητων τμημάτων της μηχανής και έχει ως κύριο προορισμό του να δημιουργεί καθορισμένη μαγνητική ροή.

Ο στάτης αποτελείται από:

- το ζύγωμα
- τους μαγνητικούς πόλους
- τα πέδιλα των πόλων
- τα τυλίγματα των πόλων
- τα καλύμματα (καπάκια)
- τους ψηκτροφορείς
- τα σιδερένια δακτυλίδια
- τους βραχίονες
- τις ψηκτροθήκες
- τις ψήκτρες
- τα ελατήρια πίεσης των ψηκτρών

Στο σχήμα 2.4 φαίνεται παραστατικά αποσυναρμολογημένη μηχανή Σ.Ρ.





**Σχ. 2.4:** Αποσυναρμολογημένη μηχανή Σ.Ρ.

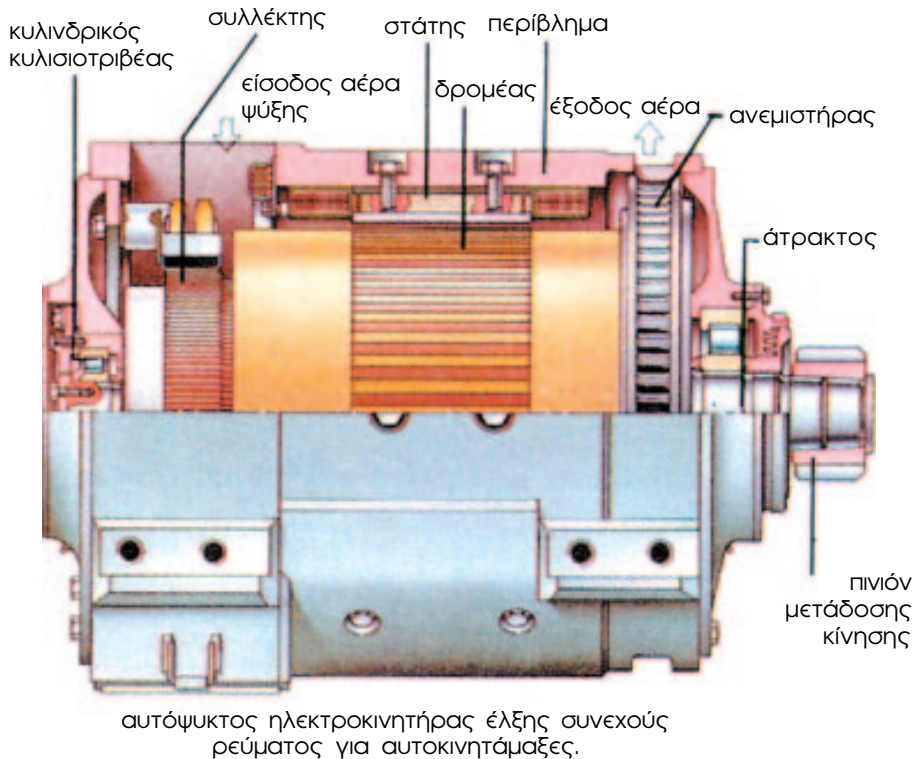
3.00 σταθερό έδρανο 4.00 κινούμενο έδρανο 5.00 ακραίο προστατευτικό κάλυμμα 6.00 ακραίο προστατευτικό κάλυμμα 8.00 σύνολο δρομέα 8.10 άξονας 8.20 πυρήνας δρομέα με την περιέλιξη του 8.31 δακτύλιος σταθεροποίησης του άξονα 8.60 συλλέκτης 10.02 πλαίσιο στάτη με τους κύριους πόλους και τους πόλους αντιστάθμισης 10.15 ιμάντας σύσφιξης γείωσης 10.60 έλασμα ρύθμισης αέρα 10.74-10.75 πλευρικό κάλυμμα με τσιμούχα 10.84 -10.85 επάνω κάλυμμα με τσιμούχα

20.0 κιβώτιο ακροδεκτών 24.10 βραχίονας ψηκτροφορέα 24.11 βραχίονας με τον ψηκτροφορέα και τις ψήκτρες άνθρακα 24.20 ψήκτρες άνθρακα 24.31 ψηκτροθήκη 24.37 διαδοχικά ελατήρια πίεσης ψηκτροφορέα 24.50 δακτύλιος ψήκτρας 24.60 ατομικώς ενεργούντες γάτζοι σύσφιξης για το δακτύλιο της ψήκτρας 24.65 ιμάντας σύσφιξης για το βραχίονα του ψηκτροφορέα 24.68 βίδες στερέωσης ψηκτροφορέα

➤ Ο **δρομέας** είναι το συγκρότημα των κινητών τμημάτων της μηχανής, και αποτελείται από:

- τον άξονα,
- τον πυρήνα του επαγωγικού τυμπάνου,
- το τύλιγμα του επαγωγικού τυμπάνου,
- το συλλέκτη,
- τον ανεμιστήρα,
- την πλήμνη.

Στο σχήμα 2.5 φαίνεται σε τομή αυτόψυκτος ηλεκτροκινητήρας Σ.Ρ. που χρησιμοποιείται σε αυτοκινητάμαξες.



**Σχ.2.5:** Τομή ηλεκτροκινητήρα Σ.Ρ.

## 2.2.2. Τα μέρη μιας μηχανής Σ.Ρ.

**Α. Στάτης.** Ο στάτης αποτελείται από:

1. Το **ζύγωμα** που αποτελεί τον κορμό της μηχανής και κατασκευάζεται από χυτοχάλυβα ή ελατό σίδηρο. Μέσα από το ζύγωμα κλείνει το μαγνητικό κύκλωμα.
2. Τους **μαγνητικούς πόλους** που στερεώνονται στο ζύγωμα και κατασκευάζονται από ελατό σίδηρο, εφ' όσον ανήκουν σε δυναμογεννήτρια, δηλαδή, σε γεννήτρια που έχει τύλιγμα στους πόλους. Στις μαγνητογεννήτριες, δηλαδή στις γεννήτριες με μόνιμους μαγνήτες, οι πόλοι κατασκευάζονται από χάλυβα. Προορισμός των πόλων

είναι να εξασφαλίσουν τη μαγνητική ροή που γεννιέται από τα τυλίγματα, τα οποία περιβάλλουν τους πόλους.

Το ρεύμα με το οποίο τροφοδοτούνται οι πόλοι καλείται ρεύμα διέγερσης.

Κάθε πόλος αποτελείται από τον πυρήνα και το τύλιγμά του που μεταξύ τους παρεμβάλλεται μόνωση. Ο πυρήνας συγκροτείται συνήθως από μονωμένα ειδικά ελάσματα σιδήρου, πάχους περίπου 1,5mm.

**3. Τα πέδιλα των πόλων** είναι το πλατύτερο μέρος του πόλου και βρίσκονται πλησιέστερα στο επαγωγικό τύμπανο.

Αποτελούν συνήθως ξεχωριστή κατασκευή και βιδώνονται στερεότατα κάτω από τους πόλους. Σκοπός του πέδιλου είναι να διαχέει τη ροή σε ένα μεγαλύτερο μέρος της περιφέρειας του δρομέα, από όσο καλύπτει ο κορμός του πυρήνα και να υποβαστάζει το τύλιγμα του πόλου.

Κατασκευάζονται από μονωμένα φύλλα σιδήρου, για την αποφυγή θερμάνσεων και απωλειών από τα ρεύματα Foucault (Φουκώ), τα οποία εμφανίζονται εδώ εξ αιτίας των διαταραχών του μαγνητικού πεδίου κατά τη λειτουργία της μηχανής. Υπενθυμίζουμε ότι τα ρεύματα Foucault (Φουκώ) ή δινορρεύματα είναι επαγωγικά ρεύματα τα οποία εμφανίζονται μέσα στη μάζα του υλικού σε μορφή κλειστών τροχιών (δινών) και προξενούν απώλειες.

**4. Το τύλιγμα του πόλου** αποτελείται από πολλές σπείρες χάλκινου μονωμένου σύρματος, οι οποίες, αφού λάβουν με τη βοήθεια καλουπιού τη μορφή του πυρήνα, τυλίγονται με βαμβακερή ταινία και βαφτίζονται σε μονωτικό βερνίκι.

Τα άκρα του τυλίγματος μένουν ελεύθερα για την ηλεκτρική του σύνδεση. Το σύνολο των τυλιγμάτων των μαγνητικών πόλων ονομάζεται **τύλιγμα διέγερσης** της μηχανής.

Σε πολλές μηχανές Σ.Ρ. έχουμε δύο τυλίγματα σε κάθε πόλο, το καθένα ανεξάρτητο από το άλλο. Το ένα τύλιγμα, που αποτελείται από πολλές σπείρες με λεπτό σύρμα, ονομάζεται παράλληλο τύλιγμα, ενώ το άλλο που αποτελείται από λίγες σπείρες και χονδρό σύρμα, ονομάζεται τύλιγμα σειράς.

**5. Τα καλύμματα** (καπάκια) στερεώνονται με κοχλίες στο ζύγωμα και χρησιμεύουν για να στηρίζουν τον άξονα του δρομέα και τον ψηκτροφορέα και να προφυλάσσουν το εσωτερικό της μηχανής. Τα καλύμματα φέρουν ενσωματωμένο και από ένα έδρανο μέσω του οποίου στρέφεται ο άξονας του δρομέα.

**6. Τον ψηκτροφορέα** που είναι το σύστημα στο οποίο στερεώνονται οι ψηκτροθήκες. Ο ψηκτροφορέας στερεώνεται στο κάλυμμα της μηχανής το οποίο βρίσκεται από την πλευρά του συλλέκτη.

Η στερέωση γίνεται κατά τρόπο ώστε να είναι δυνατή η μετάθεση της θέσης επαφής των ψηκτρών πάνω στο συλλέκτη.

Ο ψηκτροφορέας αποτελείται από ένα **σιδερένιο δακτύλιο**, τους **βραχίονες** των ψηκτροθηκών και τις **ψηκτροθήκες**.

Στο σιδερένιο δακτύλιο στερεώνονται οι βραχίονες υποστήριξης των ψηκτροθηκών. Οι βραχίονες είναι δυο, τέσσερις ή περισσότεροι και είναι ηλεκτρικά μονωμένοι ως προς το σιδερένιο δακτύλιο. Στους βραχίονες στηρίζονται οι ψηκτροθήκες, δηλαδή μεταλλικές θήκες, μέσα στις οποίες τοποθετούνται οι ψηκτρες.

**7. Τις ψήκτρες** που είναι συνήθως τεμάχια από σκληρό άνθρακα ή γραφίτη ή από ένα μίγμα άνθρακα και χαλκού. Τοποθετούνται μέσα στις ψηκτροθήκες και πιέζονται από **ελατήριο**, ώστε να επιτυγχάνεται καλή επαφή με την επιφάνεια του συλλέκτη. Τα ελατήρια αυτά ρυθμίζονται έτσι, ώστε η πίεση που ασκεί η ψήκτρα στο συλλέκτη να μην είναι ούτε πολύ μεγάλη, ούτε πολύ μικρή. Αν η πίεση είναι μικρή, θα έχουμε κακή επαφή ψηκτρών και συλλέκτη, σπινθηρισμούς και κάψιμο του συλλέκτη. Αντίθετα, αν η πίεση είναι πολύ μεγάλη, θα έχουμε μεγάλη φθορά των ψηκτρών και υπερθέρμανση του συλλέκτη.

**B. Δρομέας.** Ο δρομέας αποτελείται από:

**1. Τον άξονα**, που φέρει το επαγωγικό τύμπανο, το συλλέκτη και τον ανεμιστήρα και στρέφεται πάντοτε μαζί με αυτά.

**2. Τον πυρήνα** του επαγωγικού τυμπάνου, ο οποίος παρέχει μια οδό μικρής μαγνητικής αντίστασης για τη δίοδο των μαγνητικών γραμμών των πόλων και φέρει σε αυτό, το τύλιγμα του τυμπάνου. Κατασκευάζεται από πολλά μαγνητικά ελάσματα, τα οποία κάμπτονται σε ειδικές πρέσες. Τα μαγνητικά ελάσματα είναι μονωμένα μεταξύ τους, για να μειωθούν οι απώλειες λόγω δινορρευμάτων.

**3. Το τύλιγμα του επαγωγικού τυμπάνου**, το οποίο κατασκευάζεται από μονωμένο χάλκινο αγωγό κυκλικής ή ορθογωνικής διατομής. Ο αγωγός κυκλικής διατομής χρησιμοποιείται κυρίως στις μηχανές μικρής ισχύος ή στις μηχανές υψηλής τάσης. Σε όλες τις άλλες περιπτώσεις προτιμάται ο αγωγός ορθογωνικής διατομής, διότι με αυτόν κατασκευάζονται σπείρες μεγαλύτερης αντοχής και γίνεται μεγαλύτερη εκμετάλλευση του χώρου των οδοντώσεων.

**4. Το συλλέκτη** που κατασκευάζεται από πολλά χάλκινα ελάσματα τα οποία ονομάζονται τομείς του συλλέκτη.

Για να αποφευχθεί βραχυκύκλωση των τομέων του συλλέκτη, τοποθετούνται μονώσεις μεταξύ τους και προς τις πλευρές των τεμαχίων συγκράτησης. Η μεταξύ τους μόνωση γίνεται με μίκα και φίμπερ.

Ο σκοπός του συλλέκτη είναι να παίρνει ή να μεταβιβάζει το ρεύμα (περίπτωση κινητήρα ή γεννήτριας).

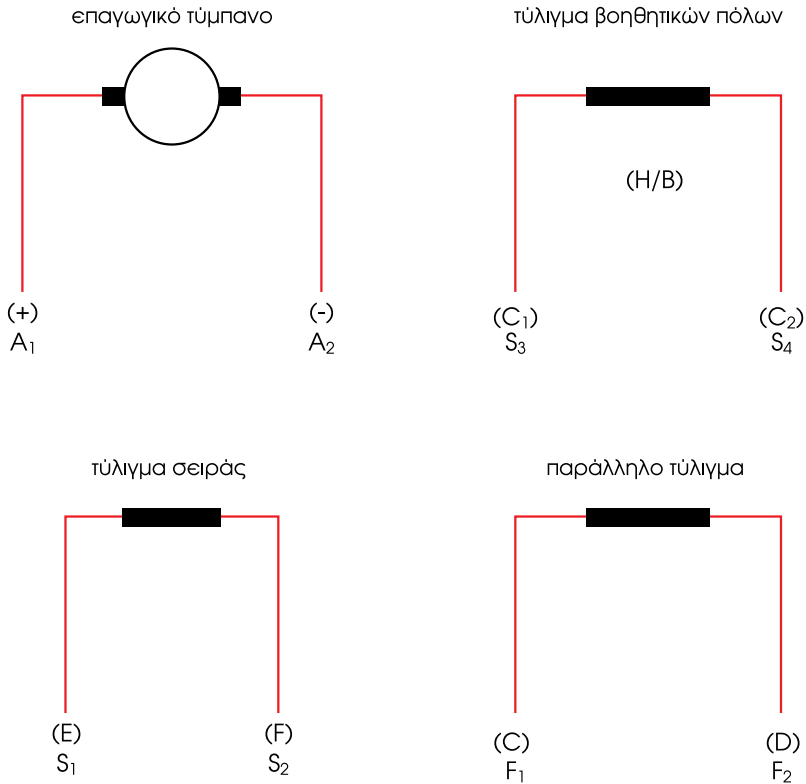
**5. Τον ανεμιστήρα** που στερεώνεται στον άξονα και δημιουργεί κατά την περιστροφή του ρεύμα αέρα, που εισέρχεται στη μηχανή από το άνοιγμα του ενός καλύμματος και εξέρχεται από το άνοιγμα του άλλου καλύμματος.

**6. Την πλήμνη** που χρησιμοποιείται στις μηχανές μεγάλης σχετικά ισχύος, για να μειώσουμε το βάρος των μαγνητικών ελασμάτων, που στοιχίζουν ακριβά, αλλά και για να διευκολύνουμε την ψύξη του πυρήνα.

### 2.2.3. Τυποποίηση ακροδεκτών γεννητριών και κινητήρων Σ.Ρ.

Η τυποποίηση των ακροδεκτών τόσο των γεννητριών όσο και των κινητήρων είναι ακριβώς η ίδια. Σκοπός της τυποποίησης είναι να αναγνωρίζονται εύκολα οι ακροδέ-

κτες της μηχανής που καταλήγουν εξωτερικά στο κουτί της (κιβώτιο ακροδεκτών). Στο σχήμα 2.6 απεικονίζεται η παλαιά τυποποίηση των ακροδεκτών σε παρένθεση, ενώ εκτός παρένθεσης η νέα.



**Σχ. 2.6:** Αναγνώριση ακροδεκτών μηχανών Σ.Ρ.

Όπως παρατηρούμε και στο σχήμα 2.6, οι ακροδέκτες του επαγωγίμου μέσω των ψηκτρών συμβολίζονται με τα γράμματα A<sub>1</sub> και A<sub>2</sub> και οι βοηθητικοί πόλοι συμβολίζονται με τα γράμματα C<sub>1</sub> και C<sub>2</sub> ή S<sub>3</sub> και S<sub>4</sub> αντί του H/B που ίσχυε παλαιότερα.

Οι ακροδέκτες του τυλιγματος σειράς συμβολίζονται με S<sub>1</sub> και S<sub>2</sub> αντί των E και F. Τέλος το παράλληλο τύλιγμα συμβολίζεται με F<sub>1</sub> και F<sub>2</sub> αντί C και D.

## 2.2.4. Είδη προστασίας κινητήρων

Όταν πρόκειται να κατασκευάσουμε έναν κινητήρα, θα πρέπει για λόγους ασφάλειας να γνωρίζουμε και τις συνθήκες στις οποίες θα εργαστεί.

Πρέπει απαραίτητως, κάθε φορά, να καθορίζουμε το είδος του περιβλήματός του, τον τρόπο στήριξής του, αλλά και τον τρόπο ψύξης των τυλιγμάτων του. Από το τελευταίο εξαρτάται η διαμόρφωση του περιβλήματος, ώστε να αποφεύγεται η εισχώρηση στο εσωτερικό του ξένων σωμάτων, σκόνης, νερού κ.λπ.

Έτσι, ανάλογα με το περίβλημα, διακρίνουμε τους παρακάτω τύπους κινητήρων:

- κινητήρες με κοινό (ανοικτό) περίβλημα.
- κινητήρες με κλειστό περίβλημα.
- κινητήρες με τμήμα του περιβλήματος κλειστό.
- κινητήρες με ειδική μορφή περιβλήματος.

### ➡ Συνθήκες λειτουργίας

Οι τυποποιημένοι κινητήρες μπορούν να εργασθούν στις παρακάτω συνθήκες σύμφωνα με τους Διεθνείς Κανονισμούς IEC 34-1. Βέβαια, κατόπιν ειδικής παραγγελίας, είναι δυνατή η κατασκευή κινητήρων που να ανταποκρίνονται σε διαφορετικές συνθήκες.

#### Υψόμετρο

Το υψόμετρο δεν πρέπει να ξεπερνά τα **1000m** από την επιφάνεια της θάλασσας.

#### Θερμοκρασία περιβάλλοντος

Η θερμοκρασία περιβάλλοντος και, συγκεκριμένα, η θερμοκρασία του ψυκτικού μέσου πρέπει να είναι έως **40°C**.

Εάν ένας κινητήρας προορίζεται να εργασθεί σε υψόμετρο μεγαλύτερο από 1000m, πρέπει αντίστοιχα η θερμοκρασία περιβάλλοντος να είναι μικρότερη των 40°C.

### ➡ Βαθμός προστασίας

Ο βαθμός προστασίας των περιστροφικών ηλεκτρικών μηχανών προδιαγράφεται από τους IEC 34-5, οι οποίοι μας ορίζουν:

- 1. Την προστασία του ανθρώπου** έναντι επαφής με μέρη υπό τάση ή κινούμενα μέρη, εκτός από το άκρο του άξονα.
- 2. Την προστασία της μηχανής** έναντι εισχώρησης ξένων στερεών σωμάτων.
- 3. Την προστασία της μηχανής** έναντι εισχώρησης νερού.
- 4. Τον κωδικοποιημένο χαρακτηρισμό** των διάφορων βαθμών προστασίας.
- 5. Τις δοκιμές για την πιστοποίηση** του βαθμού προστασίας.

Οι προδιαγραφές αυτές δεν ορίζουν βαθμούς προστασίας έναντι μηχανικών βλαβών της μηχανής, ή έναντι συνθηκών υγρασίας (που έχει προέλθει π.χ. από συμπύκνωση), ή έναντι οξειδωτικών ατμών, ή μούχλας, ή ζωυφίων. Επίσης οι προδιαγραφές αυτές δεν αναφέρονται σε προστασία για χρήση της μηχανής σε εκρηκτική ατμόσφαιρα.

Εξωτερικά περιφράγματα, τα οποία τοποθετούνται για την προστασία των ανθρώπων, δεν λαμβάνονται υπ' όψιν στο βαθμό προστασίας.

### ➡ Συμβολισμός

Ο κωδικός που χαρακτηρίζει το βαθμό προστασίας αποτελείται από τα γράμματα IP συνοδευόμενα από δυο χαρακτηριστικούς αριθμούς. **Ο πρώτος χαρακτηριστικός αριθμός συμβολίζει την προστασία των ανθρώπων και την προστασία της μηχανής έναντι εισχώρησης ξένων στερεών σωμάτων. Ο δεύτερος χαρακτηριστικός αριθμός συμβολίζει την προστασία της μηχανής έναντι εισχώρησης νερού.**

**Παράδειγμα κωδικού χαρακτηρισμού**



👉 Στον παρακάτω πίνακα επεξηγούνται οι δυο αυτοί χαρακτηριστικοί αριθμοί.

1 <sup>ος</sup> 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

2 <sup>ος</sup> χαρακτηριστικός αριθμός	
0	Χωρίς προστασία
1	Προστασία έναντι κατακόρυφης πτώσης νερού σε σταγόνες
2	Προστασία έναντι κατακόρυφης πτώσης νερού σε σταγόνες με το κινητήριο σε οποιαδήποτε γωνιακή απόκλιση έως 15°
3	Προστασία έναντι ψεκασμού νερού υπό γωνία έως 60° από την κατακόρυφο
4	Προστασία έναντι ψεκασμού νερού από όλες τις κατευθύνσεις
5	Προστασία έναντι εκτόξευσης νερού από όλες τις κατευθύνσεις
6	Προστασία έναντι πτώσης θαλάσσιων κυμάτων ή ισχυρά εκτοξευόμενων ποσοτήτων νερού
7	Προστασία έναντι βύθισης - εμβάπτισης της μηχανής μέσα σε νερό υπό ορισμένη πίεση και χρόνο
8	Προστασία της μηχανής έναντι μόνιμης εμβάπτισης μέσα σε νερό υπό συνθήκες που προδιαγράφονται από τον κατασκευαστή. Εννοείται ότι η μηχανή είναι ερμητικά στεγανή. Πάντως σε ορισμένες περιπτώσεις το νερό μπορεί να εισέλθει, αλλά κατά τρόπο ώστε να μην προκαλέσει την καταστροφή της μηχανής.

Οι πιο συνηθισμένοι βαθμοί προστασίας των ηλεκτροκινητήρων είναι οι εξής:

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

Όταν μας ενδιαφέρει να ορίσουμε το βαθμό προστασίας μόνο όσον αφορά στην προστασία έναντι νερού ή μόνο έναντι επαφών, ένας χαρακτηριστικός αριθμός αρκεί. Ο παραλειπόμενος αριθμός πρέπει να συμπληρωθεί με το γράμμα X, π.χ. IPX5 ή IP2X.

### Συμπληρωματικά γράμματα

Πρόσθετες πληροφορίες περί της προστασίας, εκτός από τα παραπάνω, υποδηλώνονται με συμπληρωματικό γράμμα που ακολουθεί το 2<sup>ο</sup> χαρακτηριστικό αριθμό.

Σε ειδικές εφαρμογές, (όπως σε μηχανές με ψύξη ανοικτού κυκλώματος εγκατεστημένες σε καταστρώματα πλοίων με θυρίδες εισόδου και εξόδου αέρα κλειστές σε περίοδο στάσης) οι χαρακτηριστικοί αριθμοί μπορεί να ακολουθούνται από ένα γράμμα το οποίο προσδιορίζει, εάν η προστασία έναντι βλαβερών αποτελεσμάτων από εισροή νερού είναι επαρκής ή έχει δοκιμαστεί. Με το γράμμα S υποδηλώνεται ότι η δοκιμή έγινε σε στάση (μηχανή εκτός λειτουργίας), ενώ με το γράμμα M υποδηλώνεται ότι η δοκιμή έγινε σε λειτουργία. Στις περιπτώσεις αυτές ο βαθμός προστασίας αναγράφεται IP55S και IP20M αντίστοιχα.

Η απουσία γραμμάτων S και M υποδηλώνει ότι ο αναφερόμενος βαθμός προστασίας καλύπτει όλες τις ομαλές συνθήκες λειτουργίας.

Για αερόψυκτες μηχανές ανοικτού τύπου κατάλληλες για ειδικές κλιματολογικές συνθήκες και εφοδιασμένες με πρόσθετα μέτρα προστασίας θα πρέπει να αναγράφεται το γράμμα W.



### **Οπές διαφυγής συμπεκνωμάτων**

Σε εξωτερικά αεριζόμενους κινητήρες, πολλές φορές στο κάτω μέρος του κελύφους, υπάρχουν δυο οπές για τη διαφυγή των συμπεκνωμάτων των υδρατμών. Ανάλογα με το σχεδιασμό του κινητήρα οι οπές αυτές προβλέπεται να είναι μόνιμα ανοιχτές ή να είναι ανοιχτές μόνο κατά τη λειτουργία και να κλείνουν όταν ο κινητήρας είναι σε στάση.

### **Εξωτερικοί ανεμιστήρες**

Οι ανεμιστήρες, που βρίσκονται εκτός του κελύφους του ηλεκτροκινητήρα, πρέπει να προστατεύονται έναντι επαφών, μέσω προφυλακτήρα με πλέγμα (σίτα). Οι οπές του πλέγματος πρέπει να μην είναι διαπερατές από σώματα διαμέτρου μεγαλύτερης των 50mm για βαθμό προστασίας του κινητήρα IP1X. Για μεγαλύτερο βαθμό προστασίας (IP2X έως IP5X) το πλέγμα δεν πρέπει να είναι διαπερατό από δάκτυλο.

## 2.2.5. Ερωτήσεις

1. Ποιος είναι ο προορισμός του στάτη μιας μηχανής Σ.Ρ.;
2. Ποιος είναι ο προορισμός του δρομέα;
3. Από ποια μέρη αποτελείται ο στάτης;
4. Από ποια μέρη αποτελείται ο δρομέας;
5. Ποιος είναι ο προορισμός του κάθε μέρους του στάτη;
6. Ποιος είναι ο προορισμός του κάθε μέρους του δρομέα;
7. Πατί ο πυρήνας των μαγνητικών πόλων και ο πυρήνας του δρομέα δεν είναι ολόσωμοι, αλλά κατασκευάζονται από πολλά μεμονωμένα μαγνητικά ελάσματα;
8. Τι ονομάζουμε διέγερση και τι τύλιγμα διέγερσης;
9. Πώς διακρίνονται οι κινητήρες με βάση τη μορφή του προβλήματός τους;
10. Ποιος είναι ο σκοπός της τυποποίησης των ακροδεκτών των μηχανών Σ.Ρ. και με ποια γράμματα συμβολίζονται;
11. Πώς ορίζονται οι βαθμοί προστασίας των περιστροφικών ηλεκτρικών μηχανών;

### ➡ Βάλτε σε κύκλο το χράμμα μπροστά από τη σωστή απάντηση

12. Τα πέδιλα του πόλου βρίσκονται πλησιέστερα:
  - α. στις ψήκτρες.
  - β. στο τύλιγμα του πόλου.
  - γ. στο επαγωγικό τύμπανο.
13. Σκοπός του συλλέκτη στον κινητήρα είναι:
  - α. να παίρνει το ρεύμα.
  - β. να μεταβιβάζει το ρεύμα.
  - γ. να περιορίζει τις απώλειες.
14. Κατά την τυποποίηση των ακροδεκτών στις γεννήτριες και τους κινητήρες με τα γράμματα Α και Β συμβολίζουμε:
  - α. το τύλιγμα σειράς.
  - β. το παράλληλο τύλιγμα.
  - γ. τους βοηθητικούς πόλους.
  - δ. κανένα από τα παραπάνω.

## Ενότητα 2.3.

# Διάκριση και χρήσεις των γεννητριών Σ.Ρ. ως προς τα κατασκευαστικά τους στοιχεία

### Διδακτικοί στόχοι

➡ *Μετά από τη μελέτη της ενότητας αυτής θα πρέπει να μπορείτε:*

1. *Να απαριθμείτε τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του τυλίγματος του στάτη και του δρομέα.*
2. *Να περιγράψετε τους τρόπους σύνδεσης τυλίγματος τυμπάνου και διέγερσης.*
3. *Να γνωρίζετε τα είδη και τις χρήσεις των γεννητριών Σ.Ρ.*
4. *Να απαριθμείτε τα βασικά χαρακτηριστικά των γεννητριών Σ.Ρ. (ισχύς, απώλειες, βαθμός απόδοσης).*

### 2.3.1. Τύλιγμα επαγωγικού τυμπάνου

Το τύλιγμα του επαγωγικού τυμπάνου των ηλεκτρικών μηχανών είναι το σπουδαιότερο μέρος αυτών, διότι μέσα σε αυτό αναπτύσσονται ΗΕΔ (γεννήτριες) ή ζεύγη δυνάμεων (κινητήρες).

Για να παράγονται σημαντικές τάσεις και εντάσεις και για να μειώσουμε την κυμάτωση του ρεύματος, που παράγει η στοιχειώδης γεννήτρια Σ.Ρ., χρησιμοποιούμε στην πράξη πολλές αντί μιας σπείρας κατάλληλα συνδεδεμένες. Αντίστοιχα στους κινητήρες έχουμε αύξηση των δυνάμεων.

Ανεξάρτητα από τον τρόπο σύνδεσης των σπειρών, οι πλευρικοί αγωγοί κάθε σπείρας απέχουν μεταξύ τους, όσο περίπου και οι άξονες δυο γειτονικών πόλων, για να προστίθενται οι ΗΕΔ που αναπτύσσονται σε αυτές.

Ανάλογα με τον τρόπο που συνδέονται οι σπείρες διακρίνουμε δυο μεγάλες κατηγορίες τυλιγμάτων: τα βροχοτυλίγματα και τα κυματοτυλίγματα.

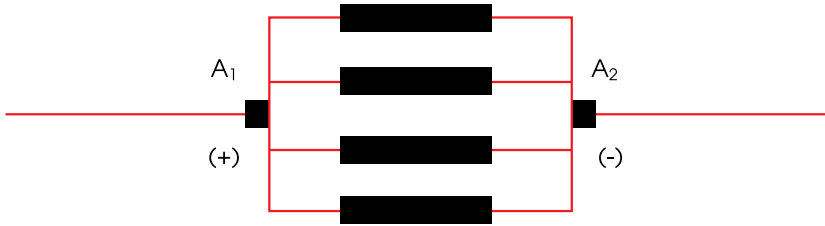
➤ Τα **βροχοτυλίγματα** χρησιμοποιούνται σε μηχανές χαμηλής τάσης και υψηλής έντασης ρεύματος. Η διατομή των αγωγών αυτών, λόγω της υψηλής έντασης που διαρρέονται είναι μεγάλη.

Τύμπανα αυτού του είδους χρησιμοποιούνται στις μίζες των αυτοκινήτων.

Στα απλά βροχοτυλίγματα συνήθως δημιουργούνται τόσοι παράλληλοι κλάδοι όσοι είναι οι πόλοι της μηχανής. Έτσι και τα ζεύγη των ψηκτρών είναι όσα και τα ζεύγη των πόλων.

Τα τυλίγματα τοποθετούνται συνήθως σε δυο στρώσεις μέσα στα διάκενα των οδοντώσεων.

Οι περιελίξεις αυτών των επαγωγικών τυμπάνων συνδέονται μεταξύ τους παράλληλα (σχ. 2.7).



**Σχ. 2.7:** Παράλληλη σύνδεση περιελίξης σε βροχοειδές τύλιγμα.

➤ Τα **κυματοτυλίγματα** χρησιμοποιούνται σε μηχανές υψηλής τάσης και χαμηλής έντασης ρεύματος.

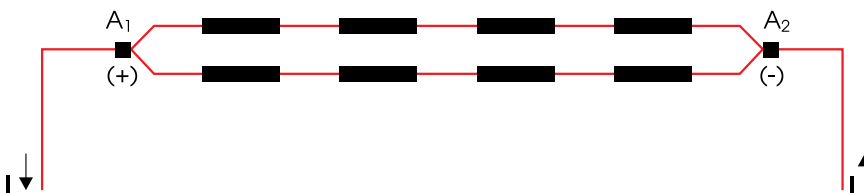
Στα απλά κυματοτυλίγματα δημιουργούνται πάντοτε δυο παράλληλοι κλάδοι τυλίγματος ανεξάρτητα από τους πόλους της μηχανής.

Σε κάθε κυματοτύλιγμα χρειάζονται μόνο δύο ψήκτρες, μια αρνητική και μια θετική.

Αν χρησιμοποιήσουμε όμως μόνο δύο ψήκτρες αντί π.χ. τεσσάρων, από κάθε ψήκτρα θα περνάει διπλάσιο ρεύμα και επομένως θα πρέπει να έχει διπλάσια διατομή. Για να αποφύγουμε το πρόβλημα αυτό, είναι ανάγκη να χρησιμοποιούμε τόσες ψήκτρες, όσοι και οι πόλοι της μηχανής.

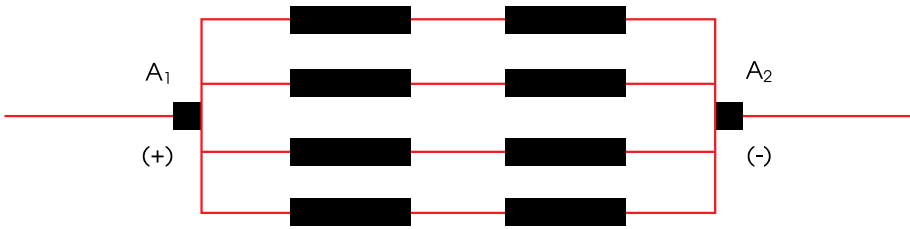
Δύο ψήκτρες χρησιμοποιούνται μόνο, όταν είναι δυσχερής η προσέγγισή τους σε όλη την περιφέρεια του συλλέκτη.

Στα κυματοτυλίγματα, οι περιελίξεις τους συνδέονται σε σειρά (σχ. 2.8). Από τις ιδιότητες των κυκλωμάτων σε σειρά είναι γνωστό, ότι οι τάσεις τους προστίθενται αλλά η ικανότητα παροχής ρεύματος παραμένει η ίδια. Τυλίγματα αυτού του είδους συναντάμε στις μικρές χειροκίνητες γεννήτριες, τα γνωστά μας MEGGER (Μέγγερ).



**Σχ. 2.8:** Σύνδεση περιελίξης σε σειρά σε κυματοειδές τύλιγμα.

➤ Τα **μικτά τυλίγματα** χρησιμοποιούνται σε μηχανές μεσαίας τάσης και μεσαίας έντασης ρεύματος. Είναι τα πλέον χρησιμοποιούμενα τυλίγματα σε μεγάλες μηχανές Σ.Ρ. και οι περιελίξεις τους συνδέονται σε σειρά και παράλληλα (σχ. 2.9).



Σχ. 2.9: Σύνδεση μικτής περιέλιξης.

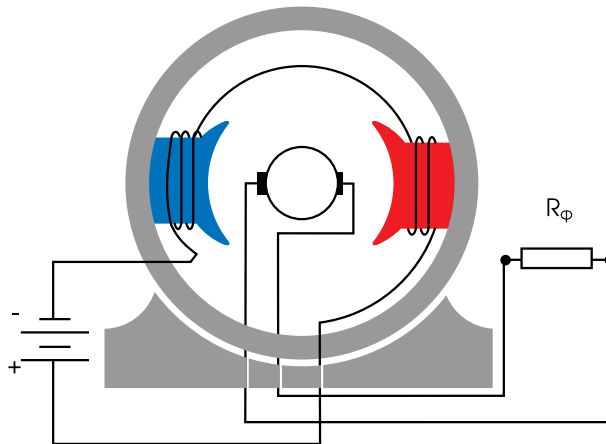
### 2.3.2. Τύλιγμα διέγερσης

Το μαγνητικό πεδίο της γεννήτριας, μέσα στο οποίο θα κινηθούν οι αγωγοί του τυμπάνου, δημιουργείται από την τροφοδότηση του τυλίγματος των πόλων με συνεχές ρεύμα.

Το ρεύμα το οποίο διαρρέει το πηνίο κάθε πόλου, καλείται ρεύμα **διέγερσης**. Γενικά, η δημιουργία του μαγνητικού πεδίου μιας δυναμομηχανής από ηλεκτρικό ρεύμα, ονομάζεται **διέγερση**. Τα τυλίγματα των πόλων ονομάζονται **τυλίγματα της διέγερσης** της μηχανής.

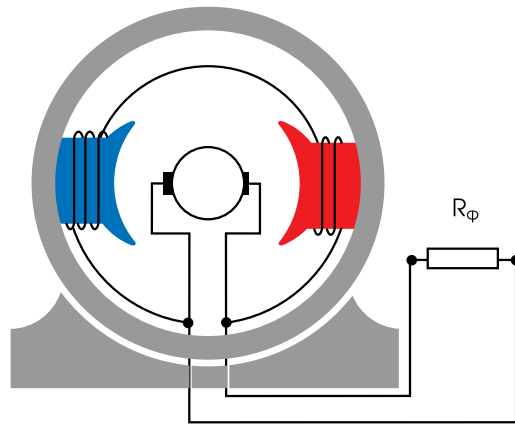
Το ρεύμα διέγερσης στους πόλους είναι δυνατόν να παρέχεται με τέσσερις διαφορετικούς τρόπους:

1. Από μια συστοιχία ή άλλη μικρή γεννήτρια Σ.Ρ. (διεγέρτρια). Στην περίπτωση αυτή η γεννήτρια χαρακτηρίζεται ως γεννήτρια ανεξάρτητης (ή ξένης) διέγερσης (σχ. 2.10).



Σχ. 2.10: Διπολική μηχανή ανεξάρτητης διέγερσης.

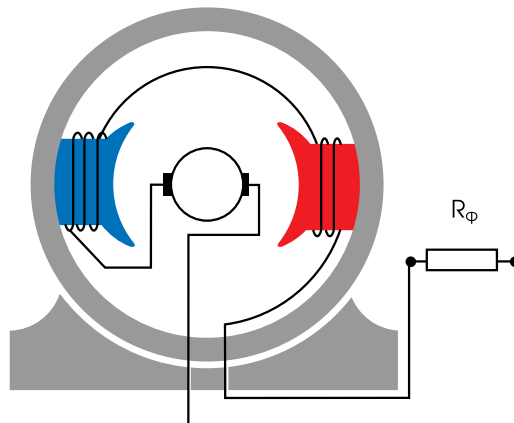
2. Από το παραγόμενο ρεύμα της μηχανής οπότε τα πηνία των πόλων, είναι συνδεδεμένα κατά τέτοιο τρόπο ώστε να τροφοδοτούνται παράλληλα με το κύκλωμα του τυμπάνου και το εξωτερικό κύκλωμα. Τότε η γεννήτρια χαρακτηρίζεται ως γεννήτρια **παράλληλης διέγερσης** (σχ. 2.11).



Σχ. 2.11: Διπολική μηχανή παράλληλης διέρξεως.

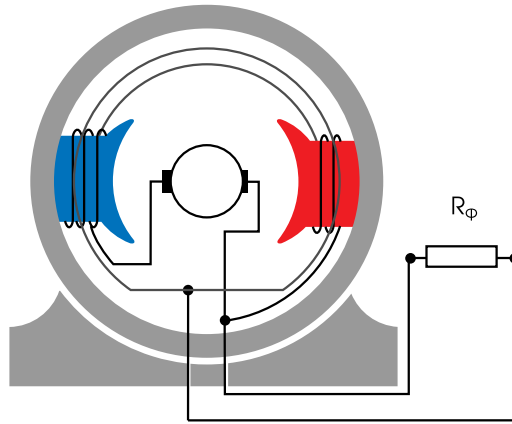
3. Από το παραγόμενο ρεύμα της μηχανής οπότε τα πηνία των πόλων τροφοδοτούνται σε σειρά με το κύκλωμα του τυμπάνου και με το εξωτερικό κύκλωμα (φορτίο  $R_\phi$ ). Τότε η γεννήτρια χαρακτηρίζεται ως γεννήτρια **με διέγερση σειράς** (σχ. 2.12).

Γεννήτριες διέγερσης σειράς χρησιμοποιούνται σπάνια γιατί η παραγόμενη τάση μεταβάλλεται με τη μεταβολή του φορτίου.



Σχ. 2.12: Διπολική μηχανή με διέγερση σειράς.

4. Από το παραγόμενο ρεύμα της μηχανής όταν τα πηνία των πόλων αποτελούνται από δυο τυλίγματα, από τα οποία το ένα συνδέεται σε σειρά προς το τύλιγμα του τυμπάνου και το φορτίο, ενώ το άλλο παράλληλα προς αυτά. Τότε η γεννήτρια χαρακτηρίζεται ως **γεννήτρια σύνθετης διέγερσης** (σχ. 2.13).



Σχ. 2.13: Διπολική μηχανή συνθετης διέγερσης.

Διευκρινίζεται ότι, το τύλιγμα σειράς αποτελείται από πηνίο μικρού αριθμού σπειρών και σύρματος μεγάλης διατομής που παρουσιάζει μικρή ωμική αντίσταση, κατάλληλο ώστε να περνάει ολόκληρο το ρεύμα της μηχανής χωρίς δυσκολία. Το παράλληλο τύλιγμα αποτελείται από πηνίο μεγάλου αριθμού σπειρών και σύρματος μικρής διατομής, που παρουσιάζει πολύ υψηλότερη ωμική αντίσταση από το τύλιγμα σειράς, κατάλληλο ώστε να περνάει ακίνδυνα τα ρεύμα διέγερσης.

Τέλος αναφέρουμε ότι, ορισμένες γεννήτριες Σ.Ρ. δεν έχουν για τη δημιουργία του μαγνητικού πεδίου ηλεκτρομαγνήτες, αλλά μόνιμους μαγνήτες. Οι μηχανές αυτές ονομάζονται **μαγνητογεννήτριες** (μανιατό ή δυναμό) και χρησιμοποιούνται για μικρές ισχύεις μέχρι ενός ίππου (HP) ή και λιγότερο.

### 2.3.3. Βοηθητικοί πόλοι

Είναι μικροί μαγνητικοί πόλοι, οι οποίοι τοποθετούνται στις ουδέτερες ζώνες της γεννήτριας.

Οι πόλοι αυτοί αποτελούνται από πυρήνα και τύλιγμα, όπως και οι κύριοι πόλοι της γεννήτριας. Τα τυλίγματά τους συνδέονται σε σειρά με το τύλιγμα του τυμπάνου, και για το λόγο αυτό, αποτελούνται από λίγες σπείρες χοντρού μονωμένου σύρματος. Τα τυλίγματά τους στις γεννήτριες συνδέονται κατά τέτοιο τρόπο, ώστε κατά τη φορά περιστροφής του τυμπάνου, μετά από κάθε βόρειο κύριο πόλο να υπάρχει ένας νότιος βοηθητικός πόλος και μετά από κάθε νότιο κύριο πόλο να ακολουθεί ένας βόρειος βοηθητικός. Στους κινητήρες ισχύει ότι, μετά από βόρειο κύριο μαγνητικό πόλο πρέπει να υπάρχει βόρειος βοηθητικός κ.ο.κ.

Ο σκοπός που τοποθετούμε βοηθητικούς πόλους στις ηλεκτρικές μηχανές είναι η δημιουργία ενός άλλου μαγνητικού πεδίου αντιστάθμισης, ώστε να αποφεύγονται οι σπινθηρισμοί μεταξύ των ψηκτρών και των τομέων του συλλέκτη.

Οι βοηθητικοί πόλοι χρησιμοποιούνται στις περισσότερες μηχανές μέσης και μεγάλης ισχύος.

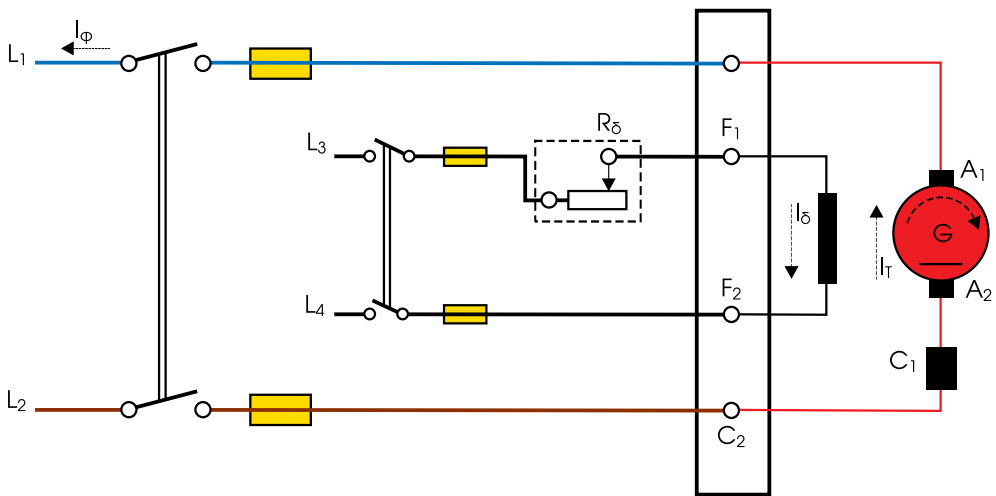
## 2.3.4. Είδη γεννητριών Σ.Ρ. και χαρακτηριστικά τους

Τις γεννήτριες Σ.Ρ., ανάλογα με τον τρόπο με τον οποίο είναι συνδεδεμένο το τύλιγμα διέγερσής τους, τις διακρίνουμε σε τέσσερις κατηγορίες:

- α. γεννήτριες ξένης διέγερσης
- β. γεννήτριες παράλληλης διέγερσης
- γ. γεννήτριες διέγερσης σειράς
- δ. γεννήτριες σύνθετης διέγερσης.

### ➔ Γεννήτριες ξένης διέγερσης

Στις γεννήτριες αυτές το τύλιγμα διέγερσης τροφοδοτείται από μια ξένη πηγή (σχ. 2.14).



Σχ. 2.14: Γεννήτρια ξένης διέγερσης.

Χρησιμοποιούνται εκεί όπου απαιτείται τάση εξόδου ικανή να μεταβάλλεται σε μεγάλα όρια, με τη βοήθεια της μεταβολής του ρεύματος διέγερσης. Χρησιμοποιούνται επίσης για την τροφοδότηση της διέγερσης των πολύ μεγάλων γεννητριών εναλλασσόμενου ρεύματος και σε ορισμένες περιπτώσεις, για ηλεκτροσυγκολλήσεις.

Στις γεννήτριες ξένης διέγερσης, η **διακύμανση τάσης** είναι 5-10 %, όταν λειτουργούν με την κανονική τους ένταση διέγερσης και τις κανονικές τους στροφές. Διευκρινίζεται ότι η διακύμανση τάσης δίνεται από τη σχέση:

$$\varepsilon\% = \frac{U_0 - U_N}{U_N} \cdot 100\% \quad (2.3)$$

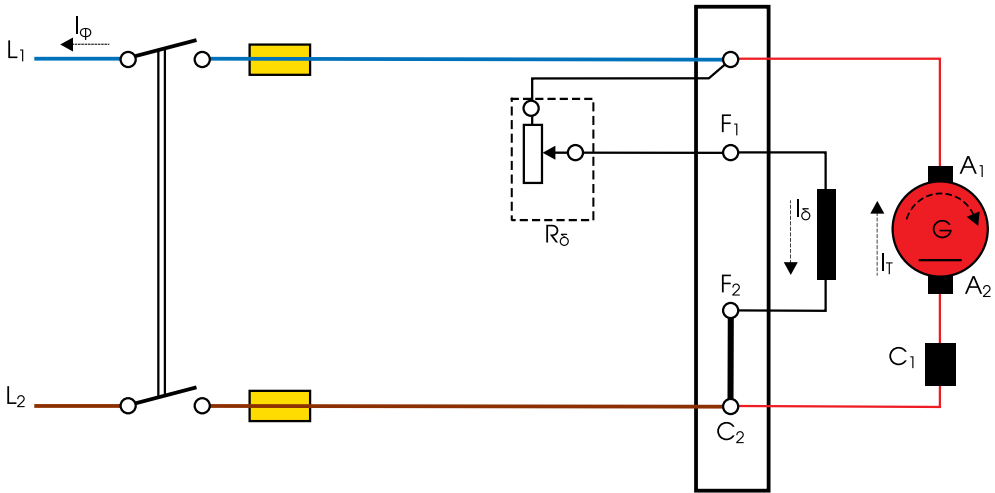
όπου  $U_0$ : είναι η τάση της γεννήτριας όταν εργάζεται χωρίς φορτίο και

$U_N$ : είναι η τάση της γεννήτριας όταν εργάζεται με το πλήρες φορτίο της, δηλαδή όταν δίνει την ισχύ για την οποία είναι κατασκευασμένη.



### ➤ Γεννήτριες παράλληλης διέγερσης

Οι γεννήτριες παράλληλης διέγερσης ή γεννήτριες διακλάδωσης (σχ. 2.15) είναι αυτοδιεγερόμενες μηχανές.



Σχ. 2.15: Γεννήτρια παράλληλης διέγερσης.

Για την αυτοδιέγερση χρησιμοποιούν τη μαγνητική ροή του παραμένουτος στους πυρήνες των πόλων μαγνητισμού. Ως τιμή της μαγνητικής ροής του παραμένουτος μαγνητισμού λαμβάνεται συνήθως το 2-8% της τιμής της μαγνητικής ροής που απαιτείται για την κανονική λειτουργία.

Το τυλίγμα διέγερσης που αποτελείται από μεγάλο αριθμό σπειρών, συνδέεται παράλληλα προς το εξωτερικό φορτίο και προς το επαγωγικό τύμπανο, γι' αυτό οι γεννήτριες αυτές ονομάζονται γεννήτριες παράλληλης διέγερσης.

Κατά τη συνδεσμολογία της μηχανής, ιδιαίτερη προσοχή δίδεται στο κύκλωμα διέγερσης.

Είναι απαραίτητο κατά την τροφοδότηση του τυλίγματος διέγερσης, να ενισχύεται το μαγνητικό πεδίο των πόλων και όχι να εξασθενεί, διότι η μηχανή θα πάψει να αυτοδιεγείρεται.

➤ Επομένως, τα πηνία των πόλων (πηνία διέγερσης) πρέπει να εξασφαλίζουν μαγνητικό πεδίο όμοιας πολικότητας προς εκείνο του παραμένουτος στον πυρήνα μαγνητισμού. Λόγω του μαγνητισμού αυτού παράγεται στη γεννήτρια μια αρχική τάση εξόδου. Η τάση αυτή χρησιμοποιείται για τη διέλευση του ρεύματος μέσα από τα τυλίγματα του πεδίου. Το ρεύμα αυτό, αυξάνει την ένταση του μαγνητικού πεδίου και στη συνέχεια αυξάνει και την παρεχόμενη τάση εξόδου. Η αύξηση αυτής της τάσης φτάνει μια μέγιστη τιμή που εξαρτάται από την ταχύτητα περιστροφής, τις σπείρες του επαγωγίμου και τις σπείρες των μαγνητικών πόλων. Στις γεννήτριες με παράλληλη διέγερση επιτρέπεται η ανάπτυξη της πλήρους τάσης εξόδου, πριν συνδέσουμε σ' αυτές το φορτίο.

Στις γεννήτριες παράλληλης διέγερσης, η διακύμανση της τάσης είναι μικρή, αλλά οπωσδήποτε μεγαλύτερη από αυτή των γεννητριών ξένης διέγερσης.

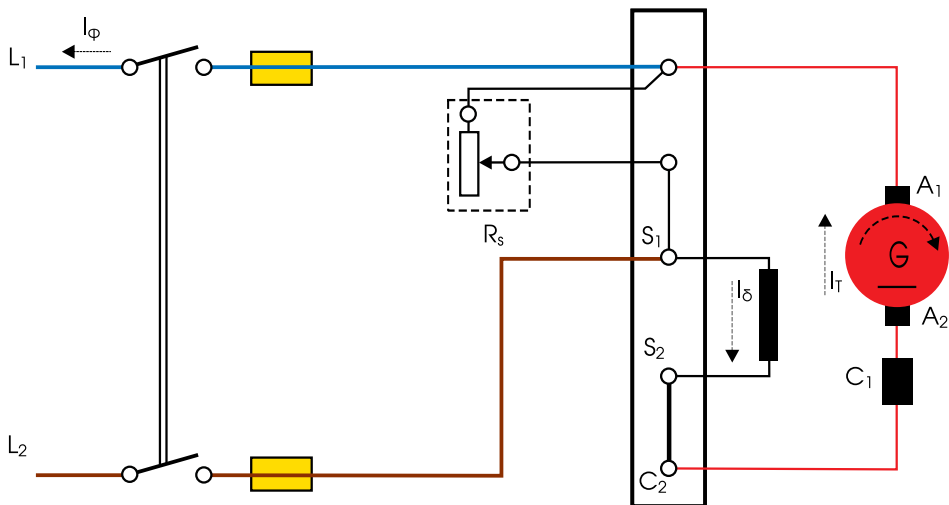
Αυτό συμβαίνει, διότι με τη φόρτιση της μηχανής ελαττώνεται η ένταση διέγερσης στις γεννήτριες παράλληλης διέγερσης, ενώ στις γεννήτριες ξένης διέγερσης η ένταση διέγερσης παραμένει σταθερή.

Φυσικά μπορούμε να ελαττώσουμε τη διακύμανση τάσης πολύ ή ακόμη και να τη μηδενίσουμε σε ορισμένες περιπτώσεις, όταν μεταβάλλουμε κατάλληλα τη ρυθμιστική αντίσταση διέγερσης.

Εάν η γεννήτρια εξακολουθήσει να φορτίζεται πέραν του κανονικού της φορτίου, θα παρουσιάσει σημαντικά μεγαλύτερη και συνεχώς αυξανόμενη πτώση τάσης.

### ➡ Γεννήτριες διέγερσης σειράς

Οι γεννήτριες διέγερσης σειράς είναι αυτοδιεγχειρόμενες μηχανές, όπως και οι γεννήτριες παράλληλης διέγερσης. Ονομάζονται γεννήτριες διέγερσης σειράς διότι το τύλιγμα διέγερσής τους συνδέεται σε σειρά με το φορτίο της μηχανής (σχ. 2.16).



Σχ. 2.16: Γεννήτρια διέγερσης σειράς.

Η αυτοδιέγερσή τους επιτυγχάνεται, όπως και στις γεννήτριες παράλληλης διέγερσης, με τη διαφορά ότι, στις γεννήτριες διέγερσης σειράς το φορτίο πρέπει να είναι συνδεδεμένο μόνιμα στη μηχανή, ώστε να υπάρξει η δυνατότητα της κυκλοφορίας του ρεύματος διέγερσης στο τύλιγμα των πόλων. Είναι αυτονόητο ότι το ρεύμα φόρτισης είναι και ρεύμα διέγερσης, οπότε το τύλιγμα της διέγερσης θα πρέπει να κατασκευάζεται από σύρμα μεγάλης διατομής και μικρού αριθμού σπειρών.

Όταν μεταβάλλεται το φορτίο, μεταβάλλεται η πτώση τάσης στα άκρα του τυλίγματος διέγερσης. Αυτή η πτώση τάσης έχει ως συνέπεια τη μεταβολή της πολικής τάσης.

## Συμπέρασμα

Οι γεννήτριες σειράς δεν παρουσιάζουν σταθερότητα τάσης, σε αντίθεση με τις γεννήτριες ξένης και παράλληλης διέγερσης.

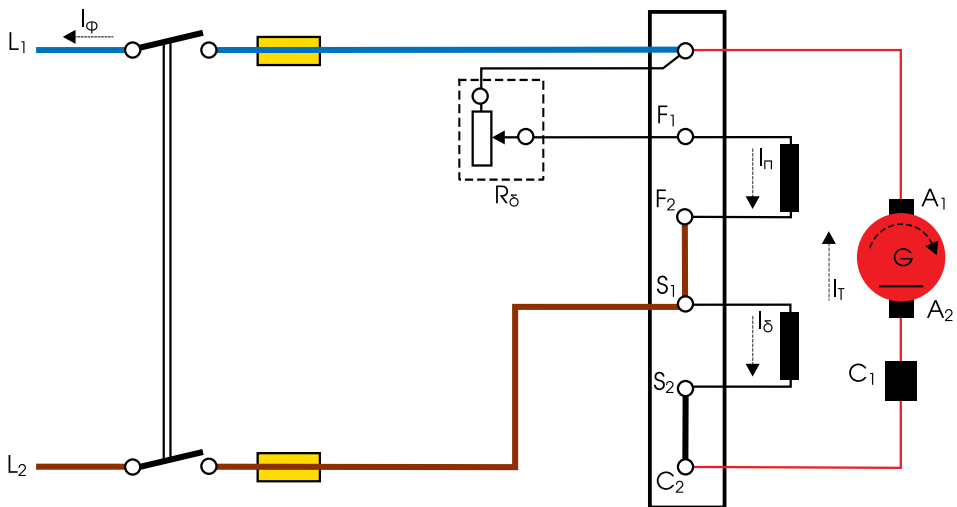
Έτσι οι γεννήτριες σειράς δε χρησιμοποιούνται για την τροφοδότηση δικτύων με μεταβλητό φορτίο (φωτισμός, κίνηση) και έχουν μόνο περιορισμένες και ειδικές εφαρμογές. Η σπουδαιότερη εφαρμογή είναι η χρησιμοποίησή τους σε δίκτυα μεγάλου μήκους, όπως τα δίκτυα έλξης, όπου η αύξηση του φορτίου εμφανίζει μεγάλες πτώσεις τάσης στις γραμμές μεταφοράς.

Η γεννήτρια σειράς τοποθετείται κατά μήκος της γραμμής έτσι ώστε, όταν αυξάνει το φορτίο, αυξάνει η παραγόμενη από αυτήν τάση, η οποία αντισταθμίζει τις πτώσεις τάσης στις γραμμές.

Μια άλλη εφαρμογή των γεννητριών αυτών είναι στις ηλεκτροσυγκολλήσεις (όπου το ρεύμα πρέπει να είναι σταθερό, παρά τις μεγάλες διακυμάνσεις τάσης, οι οποίες προκαλούνται από το ηλεκτρικό τόξο), για να έχουμε την ίδια ανάπτυξη θερμότητας  $RI^2$  και επομένως καλές συγκολλήσεις.

## ➔ Γεννήτριες σύνθετης διέγερσης

Ονομάζονται γεννήτριες σύνθετης διέγερσης, διότι το τύλιγμα διέγερσης αποτελείται από τύλιγμα σειράς και από παράλληλο τύλιγμα (σχ. 2.17).



Σχ. 2.17: Γεννήτρια (αδραιοστικίς) σύνθετης διέγερσης.

Το τύλιγμα σειράς είναι δυνατό να συνδεθεί κατά δυο τρόπους:

**1<sup>ος</sup> Τρόπος:** Το τύλιγμα σειράς συνδέεται έτσι ώστε να ενισχύεται το μαγνητικό πεδίο που προκαλείται από το παράλληλο τύλιγμα. Με αυτή τη σύνδεση, οι γεννήτριες παρουσιάζουν μικρή μεταβολή της τάσης, όταν μεταβάλλεται το φορτίο. Χαρακτηρίζονται ως γεννήτριες με **υπερσύνθετη** ή με **αθροιστική σύνθετη διέγερση**.

Λόγω αυτής της ιδιαιτερότητας, οι γεννήτριες αυτές είναι κατάλληλες για την τροφοδότηση δικτύων μεταβαλλόμενου φορτίου, τα οποία παρουσιάζουν μεγάλες πτώσεις τάσης (δίκτυα μεγάλου μήκους), όπως είναι τα δίκτυα κίνησης, έλξης κ.λπ. Το πλεονέκτημα των γεννητριών αυτών είναι ότι προσφέρουν μεγάλο ρεύμα βραχυκύκλωσης.

**2<sup>ος</sup> Τρόπος:** Το τύλιγμα σειράς συνδέεται κατά τρόπο τέτοιο ώστε να εξασθενεί το μαγνητικό πεδίο, (αλλαγή σύνδεσης του  $S_1$ - $S_2$ ) που προκαλείται από το παράλληλο τύλιγμα. Αυτή η σύνδεση καλείται σύνδεση σε αντίζευξη. Οι γεννήτριες αυτές ονομάζονται γεννήτριες με **διαφορική σύνθετη διέγερση**. Με αυτή τη σύνδεση οι γεννήτριες παρουσιάζουν μεγάλη πτώση τάσης και μικρό ρεύμα βραχυκύκλωσης. Λόγω αυτής της ιδιότητας, οι γεννήτριες αυτές χρησιμοποιούνται για την τροφοδότηση συσκευών στις οποίες το βραχυκύκλωμα είναι σύνθητες, όπως π.χ. στις συσκευές ηλεκτροσυγκόλλησης - βολταϊκού τόξου κ.λπ.

## Βασικά χαρακτηριστικά ονομαστικά μεγέθη

### α) Ισχύς των γεννητριών Σ.Ρ.

Η ισχύς που λαμβάνεται από μια γεννήτρια Σ.Ρ. Ισούται προς το γινόμενο της τάσης  $U$  επί την ένταση  $I$ .

$$P=UI \text{ (σε watt)} \text{ ή } P = \frac{U \cdot I}{1000} \text{ (σε kW)} \quad (2.4)$$

Όπου  $U$ : η τάση που επικρατεί στους ακροδέκτες της γεννήτριας κατά τη στιγμή των μετρήσεων (σε  $V$ )

$I$ : η ένταση του παραγόμενου ρεύματος (σε  $A$ ).

**Ονομαστική ισχύς** γεννήτριας καλείται η μεγαλύτερη τιμή ισχύος που μπορεί να προσφέρει συνεχώς η γεννήτρια, όταν εργάζεται με την **ονομαστική τάση και ταχύτητα** χωρίς να υπάρχει κίνδυνος να πάθει βλάβη η μηχανή από υπερφόρτιση.

### β) Απώλειες γεννήτριας

Είναι το συνολικό ποσό της κινητικής ενέργειας, το οποίο δε μετατρέπεται σε ηλεκτρική ενέργεια αλλά σε θερμότητα και θερμαίνει τα μέρη της μηχανής.

Οι απώλειες των γεννητριών Σ.Ρ., οι οποίες λειτουργούν με σταθερή περίπου τάση και με σταθερή ταχύτητα περιστροφής, διακρίνονται σε:

- **απώλειες σταθερές**, δηλαδή ανεξάρτητες του φορτίου της γεννήτριας και
- **απώλειες μεταβλητές**, δηλαδή μεταβαλλόμενες με το φορτίο.

➤ **Σταθερές απώλειες** είναι οι μηχανικές απώλειες και οι μαγνητικές απώλειες, που διακρίνονται σε απώλειες υστέρησης και σε απώλειες δινορρευμάτων.

**α. Μηχανικές απώλειες** είναι οι απώλειες τριβής του άξονα του δρομέα στα έδρανα του στάτη, των ψηκτρών με το συλλέκτη, του αέρα με τον περιστρεφόμενο δρομέα και του μηχανικού έργου που απορροφάται από τον ανεμιστήρα της γεννήτριας.

Οι απώλειες αυτές είναι ανάλογες προς την ταχύτητα περιστροφής του δρομέα της γεννήτριας και, επειδή κατά κανόνα οι στροφές είναι σταθερές, είναι και οι μηχανικές απώλειες σταθερές και ανεξάρτητες του φορτίου της γεννήτριας.

**β. Μαγνητικές απώλειες.**

**1. Απώλειες υστέρησης:** είναι ανάλογες προς τις στροφές της γεννήτριας και προς τη ροή των μαγνητικών πόλων της. Επομένως για σταθερές στροφές και για σταθερή ένταση διέγερσης είναι ίδιες άσχετα του αν έχουν ή όχι φορτίο.

Οι απώλειες υστέρησης οφείλονται στις διαδοχικές μεταβολές της μαγνήτισης του πυρήνα του επαγωγικού τυμπάνου, όταν αυτό περιστρέφεται μέσα στο σταθερό μαγνητικό πεδίο που δημιουργούν οι πόλοι.

**2. Απώλειες δινορρευμάτων:** οφείλονται στα ρεύματα που κυκλοφορούν στον πυρήνα του επαγωγικού τυμπάνου λόγω της περιστροφής του μέσα στο μαγνητικό πεδίο της μηχανής. Οι απώλειες δινορρευμάτων είναι απώλειες θερμότητας και είναι ανάλογες του τετραγώνου της έντασης αυτών.

Επομένως, εφόσον η ένταση που κυκλοφορεί στον πυρήνα του επαγωγικού τυμπάνου είναι ανάλογη προς την τάση η οποία τα προκαλεί και η τάση είναι ανάλογη προς τη ροή και τις στροφές, οι απώλειες είναι ανάλογες προς το τετράγωνο των στροφών και της ροής. Άρα, για σταθερές στροφές και για σταθερή ένταση διέγερσης οι απώλειες είναι σταθερές και ανεξάρτητες του φορτίου.

➤ **Μεταβλητές απώλειες** είναι οι ηλεκτρικές απώλειες και οφείλονται στη θερμότητα που παράγεται στα διάφορα κυκλώματα της γεννήτριας, όταν διαρρέονται από ηλεκτρικό ρεύμα, γι' αυτό και ονομάζονται **ηλεκτρικές απώλειες**.

Το μεγαλύτερο μέρος της μηχανικής ενέργειας που παραλαμβάνει μια γεννήτρια από κάποια κινητήρια μηχανή, με σκοπό να τη μετατρέψει σε ηλεκτρική, μετατρέπεται πράγματι σε ηλεκτρική, ενώ ένα μικρό μέρος της χάνεται, επειδή εμφανίζονται απώλειες στο σύστημα.

Η τιμή της ισχύος εισόδου  $P_{είσ}$ , που παίρνει η γεννήτρια, είναι πάντοτε μεγαλύτερη από την τιμή της ισχύος  $P$  που δίνει. Η διαφορά αυτών είναι η ισχύς των απωλειών  $P_{αν}$

$$P_{αν} = P_{είσ} - P \quad (2.5)$$

Οι ηλεκτρικές απώλειες της μηχανής είναι ίσες προς το άθροισμα των γινομένων  $RI^2$  των επιμέρους κυκλωμάτων της, δηλαδή:

$$\text{Ηλεκτρικές απώλειες} = R_r \cdot I_r^2 + R_o \cdot I_o^2 + R_g \cdot I_g^2 \quad (2.6)$$

όπου  $R_r$ : η αντίσταση του τυλίγματος του επαγωγικού τυμπάνου της γεννήτριας, στην οποία περιλαμβάνονται η αντίσταση των ψηκτρών και η αντίσταση του τυλίγματος των βοηθητικών πόλων

$R_o$ : η ωμική αντίσταση του τυλίγματος σειράς

$R_g$ : η ωμική αντίσταση του παράλληλου τυλίγματος μαζί με τη ρυθμιστική αντίσταση.

Από τις απώλειες αυτές, μόνο εκείνες που οφείλονται στο παράλληλο τύλιγμα διέγερσης ( $R_g \cdot I_g^2$ ) παραμένουν σταθερές κατά τις διακυμάνσεις του φορτίου της γεννήτριας, (εφόσον βέβαια δε μεταβάλλεται η ρυθμιστική αντίσταση διέγερσης), αφού η ένταση μέσα από αυτό παραμένει πρακτικά σταθερή.

### γ) Βαθμός απόδοσης ( $\eta$ )

Βαθμός απόδοσης μιας γεννήτριας καλείται ο λόγος της ισχύος, την οποία αποδίδει η γεννήτρια, προς την απαιτούμενη κινητική ισχύ που προσδίδεται στον άξονά της από την κινητήρια μηχανή.

Ο βαθμός απόδοσης είναι πάντοτε μικρότερος από τη μονάδα και δίνεται από τη σχέση:

$$\eta = \frac{P}{P_{\text{εισ}}} = \frac{P}{P + P_{\text{αν}}} < 1 \quad (2.7)$$

Ο βαθμός απόδοσης των γεννητριών δεν είναι σταθερός, αλλά μεταβάλλεται ανάλογα με το φορτίο τους.

Αποδεικνύεται ότι γίνεται μέγιστος, όταν οι **σταθερές απώλειες** εξισωθούν προς τις **μεταβλητές απώλειες** της γεννήτριας.

Οι περισσότερες γεννήτριες έχουν μέγιστο βαθμό απόδοσης, όταν αποδίδουν ισχύ λίγο μικρότερη της ονομαστικής τους ή ίση με αυτήν.

## 2.3.5. Παραδείγματα

1. Σε μια γεννήτρια Σ.Ρ. η διακύμανση της τάσης της είναι  $\epsilon=6,9\%$ . Αν η τάση εν κενώ είναι  $U_o=230V$ , να βρεθεί η τιμή της τάσης της υπό πλήρες φορτίο.

### Λύση

Η σχέση που δίνει τη διακύμανση της τάσης είναι:  $\epsilon\% = \frac{U_o - U_N}{U_N} \cdot 100\%$

$$\begin{aligned} \text{και απ' αυτή βρίσκουμε: } & 6,9U_N = (U_o - U_N) \cdot 100 \\ & 6,9U_N = U_o \cdot 100 - U_N \cdot 100 \\ & 106,9U_N = U_o \cdot 100 \\ & U_N = \frac{23.000}{106,9} = 215V \end{aligned}$$

2. Ζητείται να βρεθεί ο βαθμός απόδοσης γεννήτριας Σ.Ρ. η οποία αποδίδει ισχύ 10kW.

Η γεννήτρια παίρνει κίνηση από κινητήρα ο οποίος της προσδίδει κινητική ισχύ με 12kW.

**Λύση**

Ο βαθμός απόδοσης της γεννήτριας δίνεται από τη σχέση:

$$\eta = \frac{P}{P_{\text{εισ}}}$$

όπου  $P$ : είναι η ισχύς που αποδίδει η γεννήτρια

$P_{\text{εισ}}$ : είναι η απαιτούμενη κινητική ισχύς.

$$\eta = \frac{P}{P_{\text{εισ}}} = \frac{10}{12} = 0,83 \text{ ή } 83\%$$

3. Ζητείται ο βαθμός απόδοσης μιας γεννήτριας Σ.Ρ. η οποία αποδίδει ισχύ 6HP (1HP=0,736kW) με σταθερές απώλειες 500W και μεταβλητές απώλειες 300W.

**Λύση**

Ο βαθμός απόδοσης της γεννήτριας δίνεται από τη σχέση:

$$\eta = \frac{P}{P_{\text{εισ}}} = \frac{P}{P + P_{\text{απ}}}$$

όπου  $P = 6 \text{ HP} \cdot 0,736 = 4,416 \text{ kW} = 4,416 \text{ W}$

$$P_{\text{απ}} = P_{\text{σταθ}} + P_{\text{μεταβλ}} = 500 + 300 = 800 \text{ W}$$

$$\eta = \frac{P}{P + P_{\text{απ}}} = \frac{4416}{4416 + 800} = \frac{4416}{5216} = 0,84 \text{ ή } 84\%$$

## 2.3.6. Ερωτήσεις

1. Ποιος είναι ο σκοπός του τυλίγματος του επαγωγικού τυμπάνου;
2. Πόσο απέχουν οι πλευρικοί αγωγοί κάθε σπείρας στο επαγωγικό τύμπανο;
3. Ποιος είναι ο λόγος που χρησιμοποιούμε περισσότερες από μια σπείρες στις γεννήτριες Σ.Ρ.;
4. Που χρησιμοποιούνται τα βροχοτυλίγματα και που τα κυματοτυλίγματα;
5. Ποιος είναι ο αριθμός των ψηκτρών στα βροχοτυλίγματα και ποιος στα κυματοτυλίγματα;
6. Πού χρησιμοποιούνται τα μικτά τυλίγματα;
7. Γιατί μια γεννήτρια Σ.Ρ. ονομάζεται:
  - α) ξένης διέγερσης;
  - β) παράλληλης διέγερσης;
  - γ) διέγερσης σειράς;
  - δ) σύνθετης διέγερσης;
8. Πότε μια γεννήτρια ονομάζεται:
  - α) αθροιστικής σύνθετης διέγερσης;
  - β) διαφορικής σύνθετης διέγερσης;
9. Τι είναι οι βοηθητικοί πόλοι και ποιος ο σκοπός τοποθέτησής τους;
10. Ποια είναι η διαδοχή των βοηθητικών πόλων στις γεννήτριες μετά από τους κύριους πόλους;
11. Τι είναι ο παραμένων μαγνητισμός και σε τι χρησιμεύει;
12. Ποιες γεννήτριες ονομάζονται αυτοδιεγερόμενες;
13. Τι ονομάζεται ονομαστική ισχύς γεννήτριας Σ.Ρ.;
14. Σε ποιες κατηγορίες διακρίνονται οι απώλειες των γεννητριών Σ.Ρ.;
15. Τι ονομάζεται βαθμός απόδοσης γεννήτριας Σ.Ρ.;
16. Που οφείλονται οι απώλειες υστέρησης;
17. Που οφείλονται οι απώλειες δινορρευμάτων;



➔ **Βάλτε σε κύκλο το γράμμα μπροστά από τη σωστή απάντηση**

18. Τα βροχοτυλίγματα χρησιμοποιούνται σε μηχανές:
- α. χαμηλής έντασης και υψηλής τάσης.
  - β. υψηλής έντασης και χαμηλής τάσης.
  - γ. μεγάλου βαθμού απόδοσης.
19. Ρεύμα διέγερσης είναι το ρεύμα που διαρρέει:
- α. το πηνίο κάθε πόλου.
  - β. το επαγωγικό τύμπανο.
  - γ. τους βοηθητικούς πόλους.
20. Οι μηχανικές απώλειες στις γεννήτριες είναι:
- α. μεταβλητές.
  - β. σταθερές.
  - γ. σύνθετες.
21. Ο βαθμός απόδοσης των γεννητριών είναι:
- α. σταθερός και δεν μεταβάλλεται με το φορτίο τους.
  - β. μεταβλητός και μεταβάλλεται με το φορτίο τους.
  - γ. ανεξάρτητος από το φορτίο τους.

## Ενότητα 2.4. Εφαρμογές γεννητριών Σ.Ρ. στα οχήματα

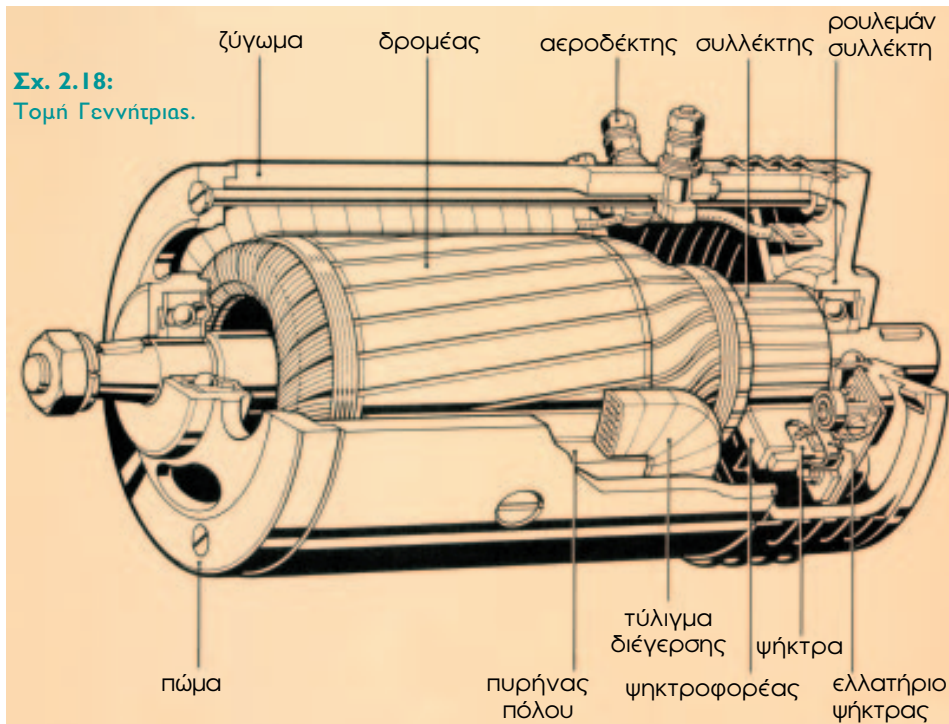
### Διδακτικοί στόχοι

➡ Μετά από τη μελέτη της ενότητας αυτής θα πρέπει να μπορείτε:

1. Να απαριθμείτε τα βασικά χαρακτηριστικά της γεννήτριας (δυναμό).
2. Να γνωρίζετε ποιες απαιτήσεις έχουμε από μια γεννήτρια που χρησιμοποιείται στα οχήματα.
3. Να διατυπώνετε την αρχή λειτουργίας της γεννήτριας παλμών τύπου Hall (Χολ).

### 2.4.1. Εφαρμογές γεννητριών στα οχήματα (δυναμό)

**Γενικά** η γεννήτρια είναι το μηχάνημα που παράγει την ηλεκτρική ενέργεια στο αυτοκίνητο. Παίρνει μηχανικό έργο από την κινητήρια μηχανή του αυτοκινήτου και το μετατρέπει σε ηλεκτρική ενέργεια. Η ενέργεια αυτή καταναλώνεται στους καταναλωτές ή αποθηκεύεται στο συσσωρευτή. Ο τύπος της γεννήτριας που χρησιμοποιείται από πολλά χρόνια, είναι η γεννήτρια Σ.Ρ. παράλληλης διέγερσης. Το σχήμα 2.18 δείχνει μια γεννήτρια τύπου Bosch (Μπος) σε τομή.



Τα μέρη και η χρήση τους έχουν ήδη περιγραφεί. Το βασικό γνώρισμα των γεννητριών του αυτοκινήτου είναι το μακρόστενο σχήμα τους, που οφείλεται κυρίως στο περιορισμένο πλάτος του χώρου που υπάρχει στην περιοχή του κινητήρα.

### - Τάση λειτουργίας της γεννήτριας

Σε μικρά και σε μεσαίου μεγέθους αυτοκίνητα, η ηλεκτρική τάση είναι 6V ή 12V και σε μεγάλα, πετρελαιοκίνητα κυρίως, είναι 24V.

Η κλίμακα των τάσεων 6V, 12V και 24V είναι τυποποιημένη για όλα τα αυτοκίνητα.

Σήμερα χρησιμοποιούνται περισσότερο οι γεννήτριες με ονομαστική τάση 12V.

### - Ισχύς της γεννήτριας

Η ισχύς και επομένως το μέγεθος της γεννήτριας του αυτοκινήτου, εξαρτάται από τις ανάγκες των καταναλωτών από τους οποίους άλλοι τη θέλουν συνέχεια και άλλοι μόνο στιγμιαία.

Ανάλογα με το χρόνο που χρειάζονται την ισχύ, οι καταναλωτές διακρίνονται σε δυο κατηγορίες:

**α)** σε καταναλωτές διαρκείας

**β)** σε καταναλωτές στιγμιαίους

Το πόση ισχύ θα έχει μια γεννήτρια εξαρτάται από το πόση είναι η ισχύς που χρειάζονται οι καταναλωτές διαρκείας. Η ισχύς αυτή λέγεται **ονομαστική ισχύς** της γεννήτριας.

Σε επιβατικά αυτοκίνητα π.χ. μεσαίου μεγέθους, η ονομαστική ισχύς της γεννήτριας είναι 140W. Η ίδια όμως γεννήτρια με υπερφόρτιση φτάνει ως τα 200W, χωρίς κίνδυνο καταστροφής.

Αυτή λέγεται **μέγιστη ισχύς**.

### - Στροφές της γεννήτριας

Ανεξάρτητα από τον τρόπο με τον οποίο μεταδίδεται η κίνηση από τον κινητήρα του αυτοκινήτου στη γεννήτρια, το πηλίκο της διαίρεσης των στροφών της, δια των στροφών του κινητήρα, μας δίνει μια σχέση, που λέγεται **σχέση μετάδοσης της κίνησης**.

Συνηθισμένες τιμές της σχέσης αυτής είναι: 1,2-2,5.

### - Τι απαιτήσεις έχουμε από μια γεννήτρια αυτοκινήτου;

Όπως από κάθε γεννήτρια, έτσι και από τις γεννήτριες του αυτοκινήτου έχουμε τις ίδιες γενικά απαιτήσεις. Δηλαδή απαιτούμε να λειτουργεί χωρίς συχνές βλάβες, να έχει μεγάλη διάρκεια ζωής, εύκολη συντήρηση, καλό βαθμό απόδοσης κ.λπ.

Από τη γεννήτρια του αυτοκινήτου όμως έχουμε επιπλέον τις ακόλουθες δυο ειδικές απαιτήσεις:

**α)** η γεννήτρια να φτάνει τις ονομαστικές της στροφές για να παρέχει την ονομαστική της ισχύ και να φορτίζεται η εγκατάσταση με τις λιγότερες στροφές του κινητήρα.

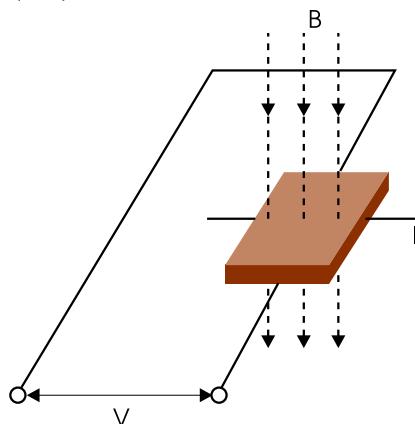
**β)** η γεννήτρια να μην ξεπερνά τις μέγιστες στροφές της, με τις μέγιστες στροφές του κινητήρα.

## 2.4.2. Γεννήτρια παλμών τύπου Hall (Χολ)

### ➡ Εφαρμογή στην ανάφλεξη οχημάτων

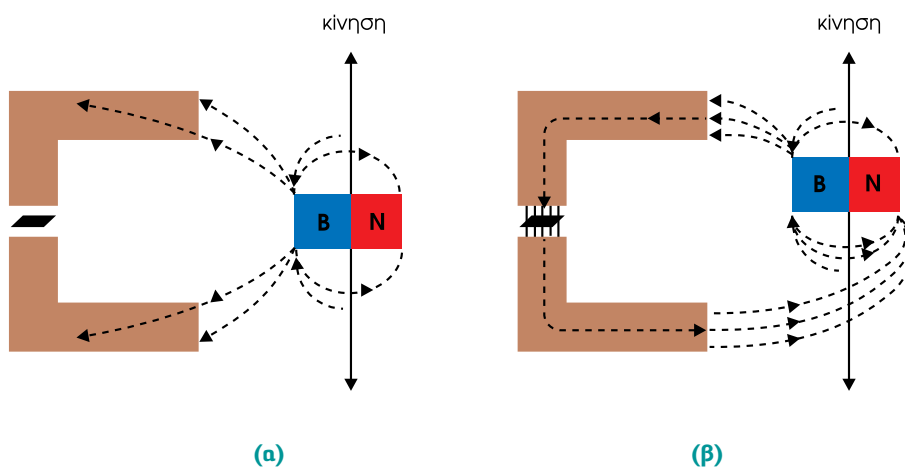
Η αρχή λειτουργίας αυτής της γεννήτριας παλμών στηρίζεται στο φαινόμενο Hall (Χολ).

Όταν ένας ημιαγωγός που μεταφέρει ρεύμα τοποθετηθεί σε ένα μαγνητικό πεδίο κάθετα προς την κατεύθυνση της φοράς του ρεύματος, δημιουργείται μια διαφορά δυναμικού κατά μήκος του ημιαγωγού σε κατεύθυνση κάθετη και στη ροή του ρεύματος και στο μαγνητικό πεδίο. Αυτό το φαινόμενο (σχ. 2.19) είναι γνωστό ως γεννήτρια παλμών τύπου Hall (Χολ).



Σχ. 2.19: Γεννήτρια παλμών τύπου Hall (Χολ).

Μια από τις εφαρμογές αυτού του φαινομένου είναι η χρήση αυτών των γεννητριών στη μέτρηση μικρών μετακινήσεων (σχ. 2.20).



Σχ. 2.20: Μέτρηση μικρών μετακινήσεων.

Όπως παρατηρούμε στο σχήμα, η γεννήτρια αποτελείται από ένα μαγνητικό πυρήνα σχήματος C με ένα μικρό διάκενο.

Ένα μικρό κομμάτι υλικού του ημιαγωγού με τις απαραίτητες συνδέσεις τοποθετείται στο διάκενο. Το μαγνητικό πεδίο για το διάκενο δίνεται από ένα μικρό μαγνήτη, ο οποίος συνδέεται με το κινούμενο αντικείμενο που πρόκειται να ελεγχθεί. Εάν το ρεύμα  $I$  διατηρηθεί σταθερό, η τάση που δημιουργείται θα είναι ευθέως ανάλογη προς την πυκνότητα της μαγνητικής ροής.

Όταν ο μαγνήτης είναι στο κέντρο (σχ. 2.20α), η κατανομή της ροής είναι συμμετρική για τα δυο μισά του πυρήνα και το αποτέλεσμα είναι ότι, το πεδίο στο διάκενο θα είναι μηδέν, οπότε και η τάση εξόδου είναι μηδέν.

Μικρή μετακίνηση του μαγνήτη, όπως δείχνει το σχήμα 2.20β, διαφοροποιεί την κατανομή της ροής (αυξάνοντας τη ροή στη μια πλευρά και μειώνοντάς την στην άλλη). Τότε δημιουργείται μια τάση της οποίας το δυναμικό είναι γραμμικά ανάλογο προς τη μετακίνηση και της οποίας η πολικότητα εξαρτάται από την κατεύθυνση της κίνησης. Οι μηχανισμοί που βασίζονται σ' αυτή την αρχή είναι πολύ ευαίσθητοι και μπορούν να εντοπίσουν πολύ μικρές μετακινήσεις.

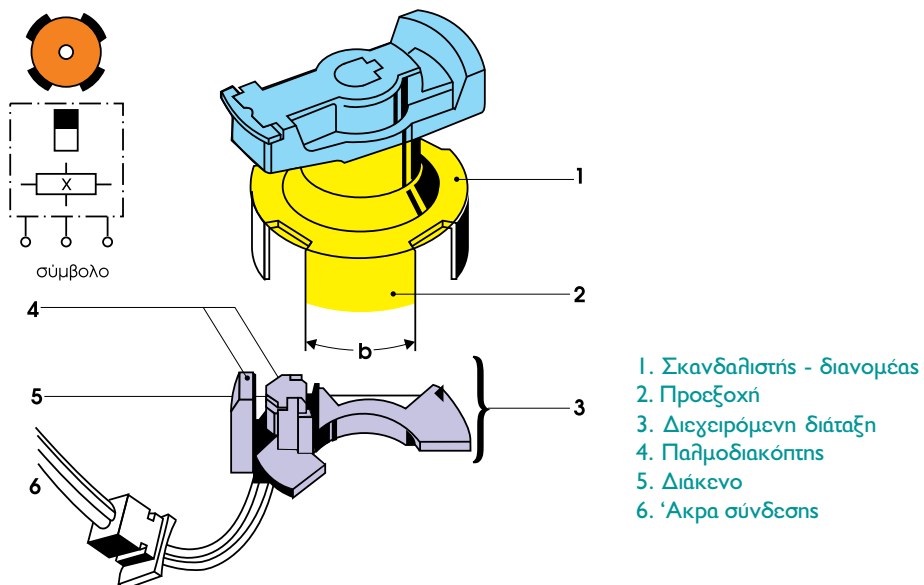
Στην ίδια αρχή λειτουργίας στηρίζεται και ο διακόπτης φαινομένου Hall (Χολ).

Ο **διακόπτης φαινομένου Hall (Χολ)**, επειδή έχει ακρίβεια στην ανίχνευση της θέσης και επειδή δίνει σήμα εξόδου ψηφιακού τύπου, αποτελεί πολύ γνωστό είδος συσκευής σκανδαλισμού, σε συστήματα που ελέγχονται από υπολογιστή.

Τα σήματα ψηφιακού τύπου έχουν πολύ μικρούς χρόνους ανόδου και καθόδου και γι' αυτό είναι ευκολότερο να χρησιμοποιηθούν σαν παλμοί σκανδαλισμού.

Ένας διπλός διακόπτης τύπου Hall (Χολ) μπορεί να δίνει την πληροφορία για την ταχύτητα περιστροφής του στροφαλοφόρου άξονα αλλά και την πληροφορία για τη θέση του άνω νεκρού σημείου στον υπολογιστή σε σύστημα ανάφλεξης χωρίς διανομέα.

Στο σχήμα 2.21 φαίνεται μια γεννήτρια παλμών τύπου Hall (Χολ).



Σχ. 2.21: Βασικά μέρη γεννήτριας παλμών τύπου Hall (Χολ).

## 2.4.3. Ερωτήσεις

1. Ποιος τύπος γεννήτριας χρησιμοποιείται στα αυτοκίνητα και ποιο είναι το βασικό γνώρισμά τους;
2. Τι ονομάζεται ονομαστική και τι μέγιστη ισχύς της γεννήτριας του αυτοκινήτου;
3. Τι ονομάζεται σχέση μετάδοσης της κίνησης της γεννήτριας του αυτοκινήτου και ποιες είναι οι συνηθισμένες τιμές της;
4. Ποιες απαιτήσεις έχουμε από τη γεννήτρια του αυτοκινήτου;
5. Ποια είναι η αρχή λειτουργίας της γεννήτριας παλμών τύπου Hall (Χολ);
6. Τι είναι ο διακόπτης τύπου Hall και που χρησιμοποιείται;

### Βάλτε σε κύκλο το χράμμα μπροστά από τη σωστή απάντηση

7. Η ονομαστική ισχύς της γεννήτριας σε επιβατικά αυτοκίνητα είναι:
  - α. 100W.
  - β. 300W.
  - γ. 200W.
8. Η τάση λειτουργίας της γεννήτριας στα αυτοκίνητα μπορεί να είναι:
  - α. 60V.
  - β. 24V.
  - γ. 4V.
  - δ. 30V.

## Ενότητα 2.5.

# Ηλεκτρικοί κινητήρες Σ.Ρ.

### Διδακτικοί στόχοι

➔ *Μετά από τη μελέτη της ενότητας αυτής πρέπει να μπορείτε:*

1. *Να απαριθμείτε τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά μιας μηχανής Σ.Ρ., όταν λειτουργεί σαν κινητήρας.*
2. *Να διατυπώνετε τις βασικές εξισώσεις ροπής, ρεύματος, στρωφών του κινητήρα Σ.Ρ.*
3. *Να αναφέρετε πού και γιατί χρησιμοποιείται κάθε τύπος κινητήρα Σ.Ρ. στην παραγωγή και στα οχήματα.*
4. *Να γνωρίζετε τους τρόπους αλλαγής φοράς περιστροφής των κινητήρων Σ.Ρ.*
5. *Να ερμηνεύετε τις συνθήκες λειτουργίας των κινητήρων από τις χαρακτηριστικές τους καμπύλες.*

### 2.5.1. Γενικά

Οι μηχανές Σ.Ρ. που λειτουργούν ως κινητήρες, ονομάζονται κινητήρες Σ.Ρ. Η ίδια ηλεκτρική μηχανή είναι δυνατόν να λειτουργεί τόσο ως γεννήτρια, όσο και ως κινητήρας, γεγονός που προσδιορίζεται αποκλειστικά από τη φορά ροής της ισχύος.

Στις βιομηχανικές χώρες, οι ηλεκτρικοί κινητήρες καταναλώνουν περίπου το 65% της συνολικής διαθέσιμης ενέργειας. Το 8% αυτής της κατανάλωσης οφείλεται σε κινητήρες Σ.Ρ., που χρησιμοποιούνται συνήθως σε συστήματα ελεγχόμενης λειτουργίας. Το υπόλοιπο, μεγαλύτερο μέρος της ενέργειας, καταναλώνεται από κινητήρες Ε.Ρ., που λειτουργούν συνήθως με μη ελεγχόμενες ταχύτητες περιστροφής. Τα συστήματα Σ.Ρ. είναι ακόμη αναντικατάστατα στα επιβατικά αυτοκίνητα, στα φορτηγά και στα αεροπλάνα. Όταν ένα όχημα διαθέτει κάποιο σύστημα ισχύος που τροφοδοτείται με Σ.Ρ., προφανώς χρησιμοποιεί κινητήρες Σ.Ρ. Οι κινητήρες αυτοί εμφανίζονται επίσης πολύ συχνά σε εφαρμογές όπου απαιτούνται μεγάλες μεταβολές στην ταχύτητα περιστροφής. Σε τέτοιες εφαρμογές ελέγχου της ταχύτητας οι κινητήρες Σ.Ρ. είναι πραγματικά αξεπέραστοι. Ακόμη και όταν δεν είναι διαθέσιμη μια πηγή Σ.Ρ., συνήθως χρησιμοποιούνται ηλεκτρονικοί ανορθωτές ή κυκλώματα μετατροπής σταθερής συνεχούς τάσης, σε συνεχή τάση μεταβλητής τιμής.

### 2.5.2. Αρχή λειτουργίας των κινητήρων Σ.Ρ.

Όπως περιγράφεται στην παράγραφο 2.1.3, υπενθυμίζεται ότι, το μέτρο της δύναμης ( $F$ ) που ασκείται στον αγωγό δίνεται από τη σχέση:

$$F = B \cdot l \cdot i \text{ ημα (σε N)} \quad (2.8)$$

## 2.5.3. Ιδιαίτερα χαρακτηριστικά κινητήρων Σ.Ρ.

### 1. Λειτουργία σε κενό (χωρίς φορτίο)

Ένας κινητήρας λειτουργεί σε κενό, όταν στον άξονά του δεν συνδέεται κανένα φορτίο. Στην περίπτωση αυτή, η συνισταμένη των δυνάμεων, που ασκούνται στους αγωγούς του επαγωγίμου, έχει να υπερνικήσει μόνο την αντίσταση των τριβών του κινητήρα. Επομένως, η ένταση  $I_T$  που απορροφά ο κινητήρας από την πηγή κατά τη λειτουργία του σε κενό είναι πολύ μικρή, σε σύγκριση με την ένταση που απορροφά ο κινητήρας, όταν εργάζεται με φορτίο.

### 2. Αντιηλεκτρεγερτική δύναμη (ΑΗΕΔ)

Όταν το επαγωγικό τύμπανο του κινητήρα τροφοδοτηθεί με ρεύμα, αρχίζει και στρέφεται μέσα στο μαγνητικό πεδίο των πόλων. Όμως, καθώς αυτό στρέφεται μέσα στο σταθερό μαγνητικό πεδίο, γεννιέται στους αγωγούς του Ηλεκτρεγερτική Δύναμη (ΗΕΔ). Αυτή η ΗΕΔ είναι επαγωγικό δημιούργημα και σύμφωνα με τον κανόνα του Lenz (Λεντς) αντιτίθεται προς την τάση της πηγής και αποτελεί μια ΑΗΕΔ. Για να διατηρηθεί το ρεύμα στο επαγωγίμο και να συνεχισθεί η κίνηση πρέπει η τάση που εφαρμόζεται στον κινητήρα, δηλαδή η τάση της πηγής  $U$ , να έχει την ικανότητα να υπερνικήσει αυτή την ΑΗΕΔ, καθώς και την πτώση τάσης που οφείλεται στις ωμικές αντιστάσεις των αγωγών, των επαφών και των ψηκτρών.

Η σχέση που επαληθεύει τα παραπάνω είναι:

$$U = E_a + I_T \cdot R_T \quad (2.9)$$

όπου  $U$ : τάση της πηγής (σε V)

$E_a$ : αναπτυσσόμενη ΑΗΕΔ (σε V)

$I_T$ : ένταση του ρεύματος του επαγωγίμου (σε A)

$R_T$ : σύνολο των αντιστάσεων του επαγωγίμου (σε  $\Omega$ ).

Στους πραγματικούς κινητήρες Σ.Ρ. που το επαγωγικό τους τύμπανο έχει πολλές σπείρες συνδεδεμένες σε σειρά, οι ΑΗΕΔ όλων των σπειρών προστίθενται και αποτελούν την ΑΗΕΔ  $E_a$  του κινητήρα. Το μέγεθός της υπολογίζεται από τη σχέση:

$$E_a = k \cdot \Phi \cdot n \quad (\text{σε V}) \quad (2.10)$$

όπου  $k$ : σταθερό μέγεθος που θα εξηγηθεί παρακάτω

$\Phi$ : μαγνητική ροή (σε Vs) κάθε μαγνητικού πόλου

$n$ : ταχύτητα περιστροφής του κινητήρα (σε στροφ./min).

### 3. Εκκίνηση των κινητήρων Σ.Ρ.

Κατά τη στιγμή της εκκίνησης, ο δρομέας δεν περιστρέφεται και επομένως δεν αναπτύσσεται ΑΗΕΔ  $E_a$  μέσα στους αγωγούς. Έτσι το μόνο εμπόδιο στην αύξηση του ρεύματος είναι η αντίσταση του τυλίγματος η οποία όμως είναι πολύ μικρή, συνήθως μικρότερη του 1  $\Omega$ . Το ρεύμα, κατά τη στιγμή της εκκίνησης, είναι μέγιστο, αφού ισχύει η σχέση:

$$I_e = \frac{U - 0}{R_T} = \frac{U}{R_T} \quad (2.11)$$



Το ρεύμα αυτό είναι ικανό να προκαλέσει βλάβη, όχι μόνο στην εγκατάσταση αλλά και στον κινητήρα.

Για να αποφύγουμε το πρόβλημα αυτό τοποθετούμε σε σειρά προς το επαγωγικό τύλιγμα μια μεταβλητή αντίσταση (ροοστάτης)  $R_e$  (ή εκκινητής). Ο ρόλος του εκκινητή είναι να μειώνει προσωρινά την εφαρμοσμένη τάση στους ακροδέκτες του κινητήρα. Το ρεύμα εκκίνησης δεν λαμβάνει επικίνδυνες εντάσεις και η εκκίνηση γίνεται ομαλά και με διαρκώς αυξανόμενη ταχύτητα του κινητήρα. Όταν η ταχύτητα του κινητήρα αυξάνει, τόσο η αντίσταση του εκκινητή μειώνεται, μέχρις να τεθεί εκτός κυκλώματος, όταν πλέον ο κινητήρας θα έχει φτάσει στην κανονική ταχύτητα περιστροφής.

Κατά το στάδιο της εκκίνησης ισχύει η σχέση:

$$I_e = \frac{U}{R_T + R_e} \quad (2.12)$$

Είναι προφανές ότι ο εκκινητής  $R_e$  έχει τη μέγιστη τιμή.

#### 4. Ροπή στρέψης των κινητήρων

Σύμφωνα με την αρχή λειτουργίας των κινητήρων, οι αναπτυσσόμενες στους αγωγούς δυνάμεις σχηματίζουν ζεύγος δυνάμεων, το οποίο ασκεί ροπή στρέψης, με αποτέλεσμα το πλαίσιο να στραφεί. Ειδικότερα, ροπή δύναμης ( $F$ ) ως προς άξονα καλείται το γινόμενο της δύναμης επί την απόστασή αυτής από τον άξονα (βραχίων), δίνεται δε από τη σχέση:

$$T = F \cdot r \quad (2.13)$$

όπου **T**: ροπή (σε Nm)

**r**: απόσταση δύναμης από τον άξονα (σε m)

**F**: δύναμη (σε N).

Η ροπή ( $T$ ) που ασκείται σε ένα πραγματικό κινητήρα Σ.Ρ. δίνεται από την ακόλουθη σχέση:

$$T = \frac{P \cdot S \cdot W}{2\pi \cdot \alpha} \cdot \Phi \cdot I_T \quad (2.14)$$

όπου **P**: αριθμός των ζευγών των μαγνητικών πόλων της μηχανής

**S**: αριθμός των στοιχείων του τυλίγματος

**W**: αριθμός των αγωγών του στοιχείου

**$\alpha$** : αριθμός των ζευγών των παράλληλων κλάδων

**$\Phi$** : μαγνητική ροή (σε Vs) κάθε μαγνητικού πόλου και

**$I_T$** : ένταση (σε A) του ρεύματος του τυμπάνου.

Την παραπάνω σχέση μπορούμε να τη γράψουμε και ως εξής:

$$T = k_1 \cdot \Phi \cdot I_T \quad (2.15)$$

όπου  $k_1 = \frac{P \cdot S \cdot W}{2\pi \cdot \alpha}$  είναι σταθερό μέγεθος για κάθε μηχανή.

## 5. Λειτουργία κινητήρων με φορτίο

Όταν στον άξονα του κινητήρα είναι συνδεδεμένο μηχανήμα ή συσκευή, τότε λέμε ότι ο κινητήρας εργάζεται με φορτίο. Σε αυτήν την περίπτωση η ηλεκτρική ισχύς που απορροφά από το δίκτυο εξαρτάται από το φορτίο και μεταβάλλεται αυτόματα, ανάλογα με τις μεταβολές του φορτίου. Δηλαδή, όταν το φορτίο μεγαλώνει, μεγαλώνει και η ηλεκτρική ισχύς που απορροφά ο κινητήρας και όταν το φορτίο μικραίνει, μικραίνει και η ηλεκτρική ισχύς.

Αυτό είναι εύκολο να φανεί από τους παρακάτω συλλογισμούς. Η ένταση που απορροφά το επαγωγικό τύμπανο του κινητήρα δίνεται από τη σχέση:

$$I_T = \frac{U - E_a}{R_T} \quad (2.16)$$

Όταν ο κινητήρας φορτιστεί, δηλαδή όταν αρχίσει να παρέχει μηχανική ισχύ σε κάποιο μηχανήμα, η ταχύτητα περιστροφής του θα ελαττωθεί λίγο. Με την ελάττωση της ταχύτητας θα ελαττωθεί και η ΑΗΕΔ του κινητήρα, όπως φαίνεται από τη σχέση:

$$E_a = k \cdot \Phi \cdot \eta \quad (2.17)$$

Ελάττωση όμως της  $E_a$  σημαίνει αύξηση της έντασης ( $I_T$ ) όπως προκύπτει από τη σχέση (2.16).

Όταν αυξηθεί η ένταση, η ροπή ( $T$ ) του κινητήρα αυξάνεται αφού:

$$T = k_1 \cdot \Phi \cdot I_T \quad (2.18)$$

Δηλαδή με τη μικρή ελάττωση της ταχύτητας ( $\eta$ ), έχουμε αύξηση της κινητήριας ροπής ( $T$ ). Η ελάττωση της ταχύτητας θα σταματήσει, μόλις η ροπή ( $T$ ) γίνει ίση με τη ροπή του φορτίου και τις απώλειες του κινητήρα.

Κάθε μεταβολή του μηχανικού φορτίου θα συνεπάγεται, όπως προκύπτει από τα παραπάνω, αντίστοιχη αυτόματη μεταβολή της έντασης ( $I_T$ ) και συνεπώς και στην ισχύ που ο κινητήρας απορροφά από το δίκτυο.

## 6. Ρύθμιση της ταχύτητας περιστροφής

Σημαντικό πλεονέκτημα των κινητήρων Σ.Ρ. σε σύγκριση με τους κινητήρες Ε.Ρ. είναι το γεγονός της εύκολης ρύθμισης των στροφών.

Ο αριθμός στροφών ανά λεπτό ( $\eta$ ) στους κινητήρες Σ.Ρ. μπορεί να μεταβάλλεται με δυο βασικούς τρόπους:

- Ο **πρώτος τρόπος** είναι να διατηρήσουμε σταθερή την τάση ( $U$ ) που εφαρμόζουμε στο επαγωγικό τύμπανο και να μεταβάλλουμε, με τη βοήθεια ενός ροοστάτη, το ρεύμα διέγερσης. Όταν το ρεύμα διέγερσης ελαττώνεται, τότε ο αριθμός στροφών ανά λεπτό ( $\eta$ ) του κινητήρα αυξάνεται, ενώ όταν το ρεύμα διέγερσης αυξηθεί, τότε ο αριθμός στροφών ελαττώνεται.
- Ο **δεύτερος τρόπος** είναι να διατηρήσουμε την ένταση διέγερσης σταθερή και να μεταβάλλουμε την τάση ( $U$ ) του επαγωγικού τυμπάνου.

Όταν η τάση ( $U$ ) του τυμπάνου αυξάνεται, τότε αυξάνεται και ο αριθμός στροφών ανά λεπτό ( $\eta$ ) του επαγωγικού τυμπάνου, δηλαδή μεγαλώνει η ταχύτητα περιστροφής.

## 2. ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΜΗΧΑΝΕΣ Σ.Ρ.

Τα παραπάνω δικαιολογούνται εύκολα από τις γνωστές σχέσεις:

$$E_g = U - I_T \cdot R_T \text{ και } E_g = k \cdot \Phi \cdot \eta$$

Από τις δυο αυτές σχέσεις προκύπτει για την ταχύτητα περιστροφής ( $n$ ) του κινητήρα η σχέση:

$$n = \frac{U - I_T R_T}{k \cdot \Phi} \quad (2.19)$$

Σημειώνουμε ότι, αν ( $U$ ) και ( $\Phi$ ) είναι σταθερά μεγέθη και αυξηθεί η ένταση ( $I_T$ ) του κινητήρα, λόγω αύξησης του φορτίου θα έχουμε μικρή μείωση της ταχύτητας του κινητήρα και αντίστροφα. Αυτό συμβαίνει γιατί το γινόμενο ( $I_T \cdot R_T$ ) είναι μικρό ποσοστό της ( $U$ ) και συνεπώς οι μεταβολές του λίγο επηρεάζουν την ταχύτητα ( $n$ ).

Διευκρινίζεται ότι η ρύθμιση της ταχύτητας περιστροφής των κινητήρων Σ.Ρ. γίνεται σήμερα μέσω ανορθωτικών γεφυρών με θυρίστορ.

## 7. Μηχανική ισχύς

Είναι ήδη γνωστό, ότι ο κινητήρας, με τη βοήθεια της τάσης εφαρμογής (τάση πηγής), η οποία υπερνικά την ΑΗΕΔ και προσφέρει ενέργεια, ώστε να συνεχιστεί η κίνηση του επαγωγίμου, επιτυγχάνει τη μετατροπή της ηλεκτρικής ενέργειας σε μηχανικό έργο.

Το μηχανικό αυτό έργο, καταναλώνεται στον άξονα του κινητήρα για την υπερνίκηση του φορτίου.

Η ισχύς ( $P_1$ ) που απορροφά ο κινητήρας με μορφή ηλεκτρικής ενέργειας από την πηγή που τον τροφοδοτεί με Σ.Ρ. δίνεται από τη σχέση:

$$P_1 = U \cdot I \quad (\text{σε W}) \quad (2.20)$$

Η ισχύς ( $P$ ) που δίνει ο κινητήρας στον άξονά του δίνεται από τη σχέση:

$$P = \frac{T_a \cdot n}{9,55} \quad (\text{σε W}) \quad (2.21)$$

όπου  $T_a$ : είναι η ροπή (σε Nm) που αναπτύσσει ο κινητήρας στον άξονά του και

$n$ : είναι η ταχύτητα περιστροφής του κινητήρα (σε στρ/min).

**Ονομαστική ισχύς**, που δίνεται σε kW ή HP (1HP=0,736kW), είναι η μεγαλύτερη ισχύς που μπορεί να δίνει στον άξονά του ο κινητήρας συνεχώς εργαζόμενος με την ονομαστική του τάση, χωρίς να υπάρχει κίνδυνος να πάθει βλάβη από υπερθέρμανση.

## 8. Απώλειες

Η ισχύς ( $P$ ) που δίνει ο κινητήρας στον άξονά του με μορφή μηχανικής ενέργειας είναι πάντοτε μικρότερη από την ηλεκτρική ισχύ ( $P_1$ ) που απορροφά από το δίκτυο.

Η διαφορά  $P_1 - P = P_{\text{στ}}$  καταναλώνεται σε απώλειες μέσα στη μηχανή. Οι απώλειες αυτές είναι ίδιες με αυτές που περιγράψαμε στην παράγραφο 2.3.4.5 στις γεννήτριες Σ.Ρ.

## 9. Βαθμός απόδοσης

Ως βαθμός απόδοσης του κινητήρα Σ.Ρ. λαμβάνεται ο λόγος της μηχανικής ισχύος στον άξονά του (ισχύς εξόδου) προς την ηλεκτρική ισχύ που απορροφάται (ισχύς εισόδου) από το δίκτυο:

$$\eta = \frac{P}{P_1} = \frac{P}{P + P_{\text{αν}}} < 1 \quad (2.22)$$

Ο βαθμός απόδοσης είναι πάντοτε αριθμός μικρότερος από τη μονάδα και κυμαίνεται από 75% για τους μικρότερους κινητήρες έως 90% για τους μεγαλύτερους.

Διευκρινίζεται ότι, ο βαθμός απόδοσης των κινητήρων αναφέρεται πάντοτε σε πλήρη φόρτιση.

### 2.5.4. Είδη κινητήρων Σ.Ρ.

Ανάλογα με τον τρόπο με τον οποίο είναι συνδεδεμένο το τύλιγμα διέγερσης των κινητήρων Σ.Ρ., αυτοί διακρίνονται σε:

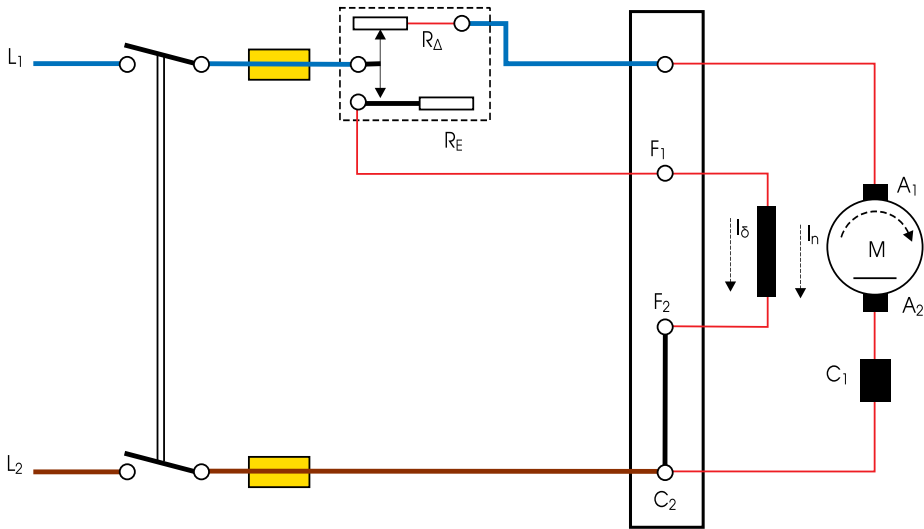
- α) κινητήρες με ξένη διέγερση,
- β) κινητήρες με παράλληλη διέγερση,
- γ) κινητήρες με διέγερση σειράς,
- δ) κινητήρες με σύνθετη διέγερση.

Οι τελευταίοι, όπως και οι γεννήτριες Σ.Ρ., διακρίνονται σε κινητήρες με **αθροιστική σύνθετη διέγερση** και σε κινητήρες με **διαφορική σύνθετη διέγερση**.

#### 2.5.4.1. Κινητήρες παράλληλης διέγερσης

Το κύκλωμα διέγερσης ενός κινητήρα Σ.Ρ. παράλληλης διέγερσης τροφοδοτείται από το κύκλωμα του οπλισμού του, ενώ το αντίστοιχο κύκλωμα ενός κινητήρα ξένης διέγερσης τροφοδοτείται από μια ανεξάρτητη πηγή Σ.Ρ. Αν θεωρηθεί πως η τάση τροφοδοσίας ενός κινητήρα παραμένει σταθερή δεν υπάρχει καμία πρακτική διαφορά ανάμεσα στους δύο τύπους κινητήρων. Έτσι η ανάλυση ενός κινητήρα Σ.Ρ. παράλληλης διέγερσης περιλαμβάνει και την ανάλυση κινητήρα ξένης διέγερσης.

Στο σχήμα 2.22 φαίνεται η συνδεσμολογία κινητήρα παράλληλης διέγερσης.



**Σχ. 2.22:** Κινητήρας παράλληλης διέγερσης.

Σε σειρά με το επαγωγικό τύμπανο, συνδέεται ο ροοστάτης εκκίνησης  $R_{\epsilon}$  που χρησιμεύει για την εκκίνηση. Ο εκκινήτης, όπως παρατηρούμε, συνδυάζεται με το ροοστάτη διέγερσης  $R_{\Delta}$  και έτσι έχουμε κοινή συσκευή αντιστάσεων ( $R_{\epsilon}$  και  $R_{\Delta}$ ).

Στο ίδιο σχήμα φαίνεται ότι το τύλιγμα διέγερσης είναι παράλληλα συνδεδεμένο προς το επαγωγικό τύμπανο. Επομένως, το ρεύμα διέγερσης προκαλείται από τη σταθερή τάση εφαρμογής της μηχανής ( $U$ ). Αυτό σημαίνει ότι η διέγερση δρα ανεξάρτητα από το φορτίο. Το γεγονός αυτό αποτελεί πλεονέκτημα για την περίπτωση που ο κινητήρας καλείται να κινήσει μηχανήματα μεταβλητού φορτίου ή να διατηρεί σταθερή ταχύτητα περιστροφής, όπως είναι οι αντλίες, τα μηχανουργικά και υφαντουργικά μηχανήματα κ.λπ.

#### - Αλλαγή φοράς περιστροφής

Εάν θέλουμε να αλλάξουμε τη φορά περιστροφής στους κινητήρες αυτούς, μπορούμε να το πετύχουμε με δυο τρόπους:

**α) με την αλλαγή της φοράς του ρεύματος διέγερσης,** δηλαδή αλλάζοντας την πολικότητα των μαγνητικών πόλων, χωρίς να μεταβληθεί η φορά του ρεύματος του τυμπάνου.

**β) με την αλλαγή της φοράς του ρεύματος τυμπάνου,** χωρίς να μεταβληθεί η πολικότητα των μαγνητικών πόλων.

Συνήθως προτιμούμε το δεύτερο τρόπο. Είναι προφανές, ότι για να ισχύει η διαδοχή κύριων και βοηθητικών πόλων, είναι απαραίτητο να αλλάξει και η πολικότητα των βοηθητικών πόλων του κινητήρα.

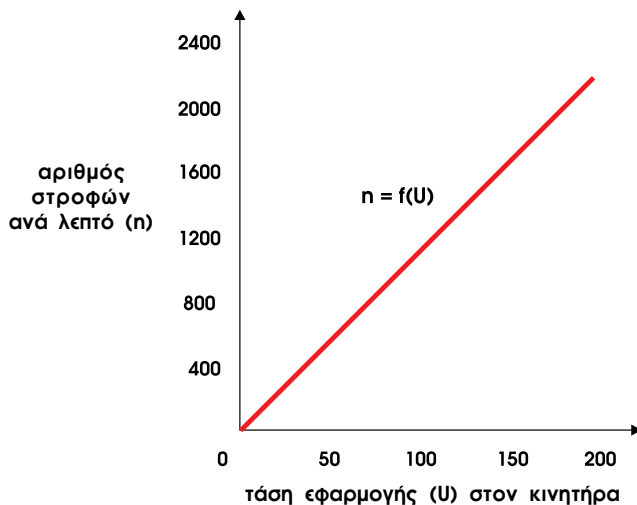
## Χαρακτηριστικές καμπύλες κινητήρα παράλληλης διέγερσης

Η απεικόνιση των χαρακτηριστικών των κινητήρων παρέχει τη δυνατότητα της μελέτης των συνθηκών λειτουργίας τους κατά την μεταβολή του αριθμού των στροφών, σε σχέση με άλλα στοιχεία.

**α. Μεταβολή των στροφών ( $n$ ), όταν μεταβάλλεται η τάση εφαρμογής ( $U$ ) με σταθερό το φορτίο του κινητήρα.**

Συνάρτηση  $n=f(U)$

Η μορφή αυτής της χαρακτηριστικής φαίνεται στο σχήμα 2.23.



**Σχ. 2.23:** Χαρακτηριστική καμπύλη της μεταβολής του αριθμού των στροφών ανά λεπτό ( $n$ ) ως προς την μεταβολή της τάσης εφαρμογής ( $U$ ) στον κινητήρα για ρεύμα φορτίου ( $I_T$ ) σταθερό.

### Συμπεράσματα και δικαιολόγηση της μορφής της $n=f(U)$

1. Όταν η τάση ( $U$ ) αυξάνεται, αυξάνεται και ο αριθμός στροφών/λεπτό ( $n$ ) του κινητήρα.
2. Οι αμοιβαίες αυξήσεις είναι γραμμικές, πράγμα που σημαίνει ομαλή λειτουργία κατά την εκκίνηση.

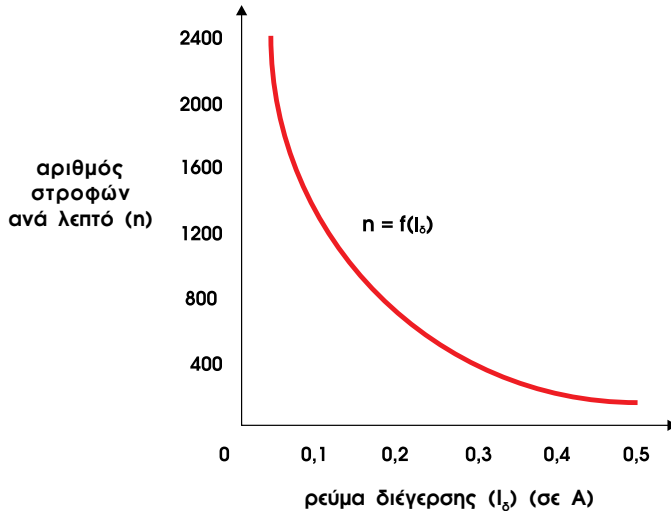
3. Από τη σχέση (2.19)  $n = \frac{U - I_T R_T}{k \cdot \Phi}$  είναι δυνατόν να δικαιολογηθεί η μορφή της

χαρακτηριστικής. Το ποσοστό  $I_T R_T$  είναι όπως εξηγήσαμε και προηγούμενα ένα μικρό ποσοστό της εφαρμοζόμενης τάσης, επειδή το ρεύμα φόρτισης  $I_T$  παραμένει σταθερό. Σταθερή παραμένει επίσης και η τιμή της αντίστασης του επαγωγίμου  $R_T$ . Έπεται ότι ο αριθμός στροφών/λεπτό ( $n$ ) του κινητήρα μεταβάλλεται σε σχέση με την εφαρμοζόμενη τάση ( $U$ ) και εξαρτάται μόνο από αυτή.

**β. Μεταβολή του αριθμού των στροφών (n), όταν μεταβάλλεται το ρεύμα διέγερσης ( $I_g$ ), με σταθερά (U) και ( $I_T$ ).**

Συνάρτηση  $n=f(I_g)$

Η μορφή αυτής της χαρακτηριστικής, φαίνεται στο σχήμα 2.24 από όπου παρατηρούμε ότι οι στροφές του κινητήρα είναι δυνατόν να μεταβάλλονται σε μεγάλα όρια.



**Σχ. 2.24:** Καμπύλη της μεταβολής του αριθμού των στροφών ανά λεπτό (n) του κινητήρα παράλληλης διέγερσης σε συνάρτηση με την μεταβολή του ρεύματος διέγερσης ( $I_g$ ) με σταθερό το ρεύμα φόρτισης ( $I_T$ ) και την εφαρμοζόμενη στον κινητήρα τάση (U).

### Συμπεράσματα και δικαιολόγηση της μορφής της $n=f(I_g)$

1. Όταν το ρεύμα διέγερσης ( $I_g$ ) αυξάνεται, ο αριθμός των στροφών (n) του κινητήρα ελαττώνεται (δηλαδή, όταν το  $I_g \rightarrow \infty$  το  $n \rightarrow 0$ ).

2. Όσο το ρεύμα διέγερσης ( $I_g$ ) ελαττώνεται, οι στροφές ανά λεπτό του κινητήρα (n) αυξάνονται (δηλαδή, όταν το  $I_g \rightarrow 0$  το  $n \rightarrow \infty$ ). Αυτό σημαίνει, ότι ο κινητήρας παράλληλης διέγερσης δεν πρέπει ποτέ κατά τη λειτουργία του, να μείνει χωρίς διέγερση.

3. Από τη σχέση  $n = \frac{U - I_T R_T}{k \cdot \Phi}$  παρατηρούμε ότι, όταν η μαγνητική ροή  $\Phi$  που

μεταβάλλεται ανάλογα με το ρεύμα διέγερσης ( $I_g$ ) αυξάνεται, τότε το κλάσμα ελαττώνεται και επομένως ελαττώνεται και ο αριθμός στροφών (n) του κινητήρα.

Η ρύθμιση των στροφών με μεταβολή του ρεύματος διέγερσης έχει τα ακόλουθα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα:

● **Πλεονεκτήματα:**

- ρύθμιση των στροφών χωρίς απώλειες (μικρό  $I_g$  διαρρέει την  $R_g$ )
- μικρή διακύμανση των στροφών.

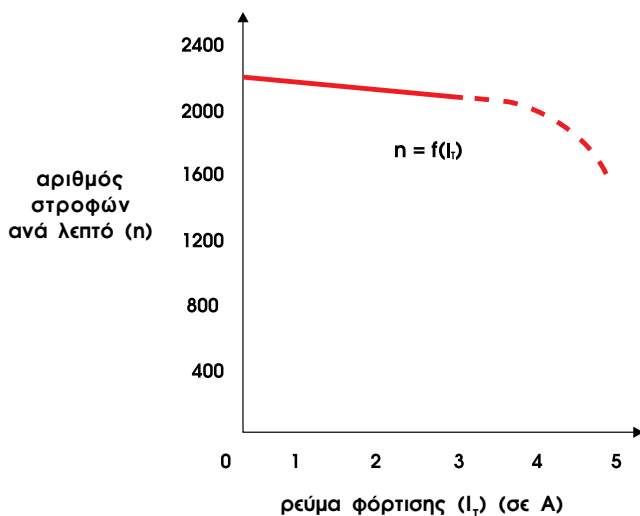
● **Μειονεκτήματα:**

- σπινθηρισμοί στο συλλέκτη, όταν ελαττωθεί η ένταση διέγερσης
- μεγάλη εξασθένηση της ροπής στρέψης όταν εξασθενίσει πολύ το πεδίο διέγερσης.

γ. Μεταβολή του αριθμού των στροφών/λεπτό ( $n$ ) όταν μεταβάλλεται το ρεύμα φόρτισης ( $I_T$ ) και διατηρούνται σταθερά ( $U$ ) και ( $I_g$ ).

Συνάρτηση  $n=f(I_T)$

Η μορφή αυτής της χαρακτηριστικής, φαίνεται στο σχήμα 2.25.



**Σχ. 2.25:** Χαρακτηριστική καμπύλη της μεταβολής του αριθμού των στροφών ανά λεπτό ( $n$ ) του κινητήρα παράλληλης διέγερσης σε συνάρτηση με το ρεύμα φόρτισης ( $I_T$ ) με σταθερό το ρεύμα διέγερσης ( $I_g$ ) και την εφαρμοζόμενη στον κινητήρα τάση ( $U$ ).

### Συμπεράσματα και δικαιολόγηση της μορφής $n=f(I_T)$

1. Για την περιοχή της κανονικής λειτουργίας, όταν αυξάνεται το ρεύμα φόρτισης  $I_T$ , ο αριθμός στροφών ( $n$ ) ελαττώνεται ελαφρά.

Επομένως ο κινητήρας παράλληλης διέγερσης είναι κατάλληλος για να κινεί μηχανήματα, τα οποία απαιτούν ελάχιστη μεταβολή του αριθμού στροφών, όταν κατά τη λειτουργία μεταβάλλεται το φορτίο.

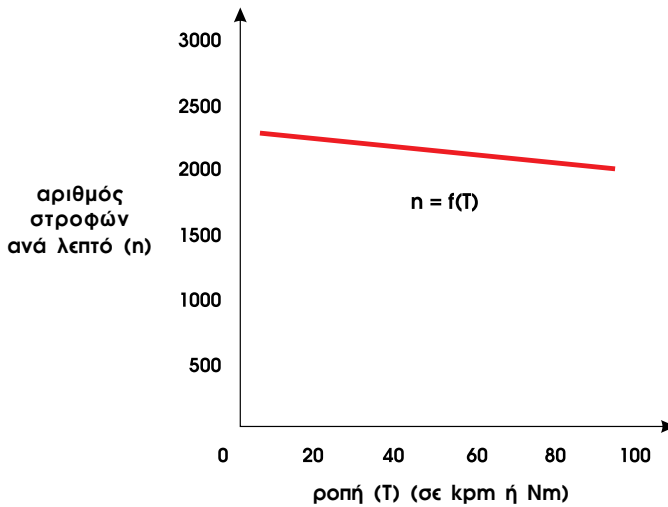
2. Όταν αυξάνεται το ρεύμα φόρτισης, οι στροφές υφίστανται μικρή ελάττωση, οφειλόμενη στην αύξηση της πτώσης τάσης του τυμπάνου  $I_T \cdot R_T$  (μείωση της  $AHE\Delta$ ,  $E_g$ ).



δ. Μεταβολή του αριθμού των στροφών/λεπτό ( $n$ ), όταν μεταβάλλεται η ροπή ( $T$ ).

Συνάρτηση  $n=f(T)$ .

Η μορφή αυτής της χαρακτηριστικής, φαίνεται στο σχήμα 2.26.



**Σχ. 2.26:** Χαρακτηριστική της μεταβολής του αριθμού των στροφών ανά λεπτό ( $n$ ) του κινητήρα παράλληλης διέγερσης σε συνάρτηση με την μεταβολή της ροπής στρέψης ( $T$ ) για σταθερή τάση εφαρμογής ( $U$ ) και ρεύμα διέγερσης ( $I_g$ ).

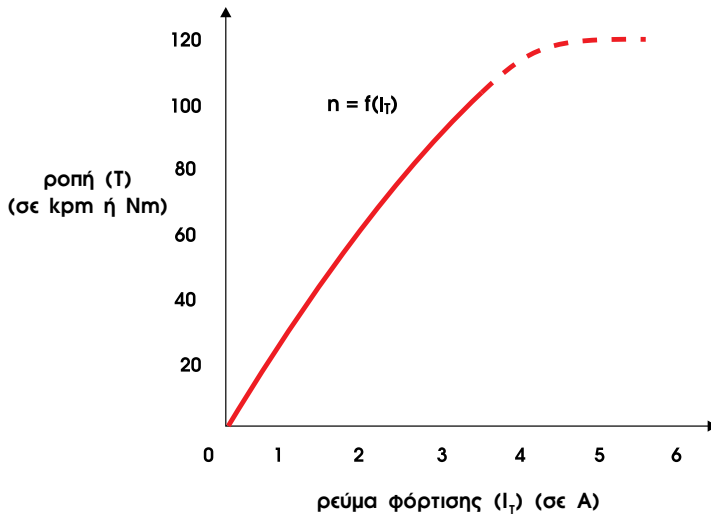
### Συμπεράσματα και δικαιολόγηση της μορφής της $n=f(T)$

Η χαρακτηριστική είναι ευθεία που τείνει να γίνει παράλληλη προς τον οριζόντιο άξονα. Επομένως ο αριθμός των στροφών δεν επηρεάζεται αισθητά από την τιμή της ροπής στρέψης.

ε. Μεταβολή της ροπής στρέψης ( $T$ ), όταν μεταβάλλεται το ρεύμα φόρτισης ( $I_T$ ) με ( $U$ ) και ( $n$ ) σταθερά.

Συνάρτηση  $T=f(I_T)$ .

Η μορφή αυτής της χαρακτηριστικής φαίνεται στο σχήμα 2.27.



**Σχ. 2.27:** Χαρακτηριστική καμπύλη της μεταβολής της ροπής στρέψης ( $T$ ) σε συνάρτηση με την μεταβολή του ρεύματος φόρτισης ( $I_T$ ) με σταθερή την εφαρμοζόμενη τάση ( $U$ ) και τον αριθμό των στροφών ανά λεπτό ( $n$ ).

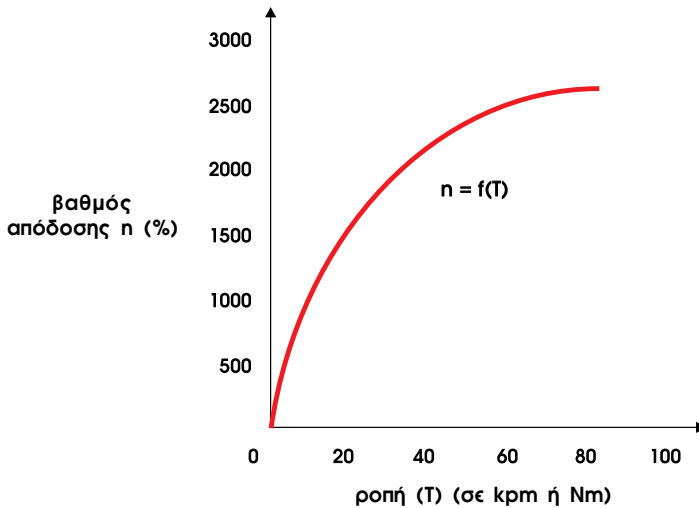
### Συμπεράσματα και δικαιολόγηση της μορφής της $T=f(I_T)$

1. Η ροπή στρέψης ( $T$ ) αυξάνει περίπου ανάλογα προς το ρεύμα του τυμπάνου ( $I_T$ ) σύμφωνα προς τη σχέση (2.15)  $T=k_1 \cdot \Phi \cdot I_T$ .
2. Σε μεγάλες τιμές ρεύματος φόρτισης ( $I_T$ ), η ροπή στρέψης αυξάνει λιγότερο (διακεκομμένη γραμμή).

στ. Μεταβολή του βαθμού απόδοσης ( $\eta$ ), όταν μεταβάλλεται η ροπή στρέψης ( $T$ ) με ( $U$ ) και ( $n$ ) σταθερά.

Συνάρτηση  $\eta=f(T)$ .

Η μορφή αυτής της χαρακτηριστικής φαίνεται στο σχήμα 2.28.



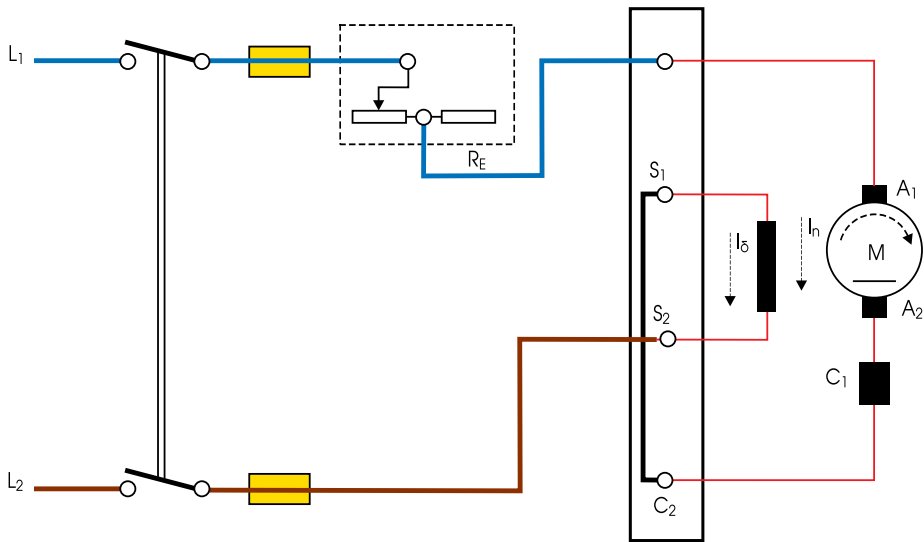
**Σχ. 2.28:** Χαρακτηριστική καμπύλη της μεταβολής του βαθμού απόδοσης ( $\eta$ ) σε συνάρτηση με την μεταβολή της ροπής στρέψης ( $T$ ) με σταθερή την εφαρμοζόμενη τάση ( $U$ ) και τον αριθμό των στροφών ανά λεπτό ( $n$ ).

### Συμπεράσματα και δικαιολόγηση της μορφής της $\eta=f(T)$

1. Όταν αυξάνεται η ροπή ( $T$ ), αυξάνεται ο βαθμός απόδοσης ( $\eta$ ) της μηχανής.
2. Όσο και αν αυξηθεί η ροπή, ο βαθμός απόδοσης δεν είναι δυνατόν να φτάσει το 100%, αφού  $\eta < 1$  πάντοτε.

### 2.5.4.2. Κινητήρες διέγερσης σειράς

Στο σχήμα 2.29 φαίνεται η συνδεσμολογία κινητήρα διέγερσης σειράς.



Σχ. 2.29: Κινητήρας διέγερσης σειράς.

#### - Αλλαγή φοράς περιστροφής

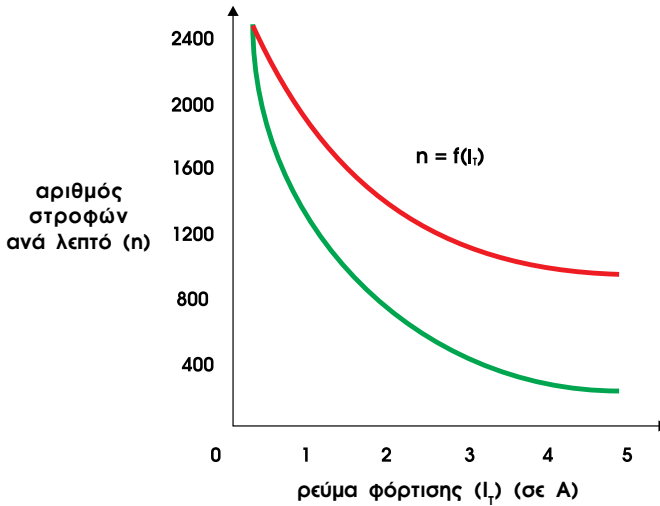
Εάν θέλουμε να αλλάξουμε τη φορά περιστροφής του κινητήρα, πρέπει να αλλάξουμε τη φορά του ρεύματος στο επαγωγικό τύμπανο και στο τύλιγμα των βοηθητικών πόλων, χωρίς να μεταβληθεί η φορά του ρεύματος στο τύλιγμα διέγερσης. Η αλλαγή αυτή γίνεται με την αλλαγή της συνδεσμολογίας των ακροδεκτών στην πινακίδα του κινητήρα.

### Χαρακτηριστικές καμπύλες κινητήρα διέγερσης σειράς

α. Μεταβολή του αριθμού των στροφών/λεπτό ( $n$ ), όταν μεταβάλλεται το ρεύμα φόρτισης ( $I_T$ ), με σταθερή την τάση ( $U$ ) που εφαρμόζεται στο τύμπανο.

Συνάρτηση  $n=f(I_T)$ .

Η μορφή αυτής της χαρακτηριστικής φαίνεται στο σχήμα 2.30.



**Σχ. 2.30:** Χαρακτηριστικές της μεταβολής του αριθμού των στροφών ανά λεπτό ( $n$ ) σε συνάρτηση με την μεταβολή του ρεύματος φόρτισης ( $I_T$ ) με σταθερή την εφαρμοζόμενη τάση ( $U$ ).

### Συμπεράσματα και δικαιολόγηση της μορφής της $n=f(I_T)$

1. Όταν το ρεύμα φόρτισης αυξάνει, οι στροφές ελαττώνονται (δηλαδή για  $I_T \rightarrow \infty$  το  $n \rightarrow 0$ ).
2. Όταν το ρεύμα φόρτισης ελαττώνεται, οι στροφές αυξάνονται (δηλαδή για  $I_T \rightarrow 0$  το  $n \rightarrow \infty$ ).

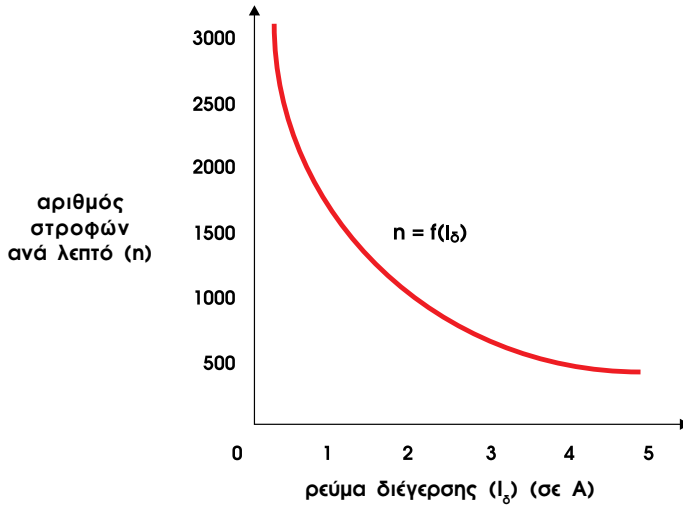
Βεβαίως, αν υποθέσουμε ότι το ρεύμα φόρτισης φτάσει στο μηδέν (λειτουργία σε κενό), οι στροφές στην πράξη δε φτάνουν στο άπειρο, λόγω του παραμένου μαγνητισμού στους πόλους της μηχανής. Πάντως για ρεύμα φόρτισης 0 ο κινητήρας υπερταχύνεται μέχρι καταστροφής.

3. Για μεγαλύτερη τάση εφαρμογής ( $U$ ), η πτώση των στροφών είναι ομαλότερη και απαιτείται μεγάλο ρεύμα φόρτισης για να ελαττωθούν οι στροφές κατά πολύ.

β. Μεταβολή του αριθμού στροφών ανά λεπτό ( $n$ ) του κινητήρα, όταν μεταβάλλεται το ρεύμα διέγερσης ( $I_g$ ) με ( $U$ ) και ( $I_T$ ) σταθερά.

Συνάρτηση  $n=f(I_g)$ .

Η μορφή αυτής της χαρακτηριστικής φαίνεται στο σχήμα 2.31.



**Σχ. 2.31:** Χαρακτηριστική της μεταβολής του αριθμού των στροφών ανά λεπτό ( $n$ ) σε συνάρτηση με την μεταβολή του ρεύματος διέγερσης ( $I_g$ ) με σταθερή την εφαρμοζόμενη τάση ( $U$ ).

### Συμπεράσματα και δικαιολόγηση της μορφής της $n=f(I_g)$

1. Όταν ελαττώνεται το ρεύμα διέγερσης, ο αριθμός των στροφών/λεπτό ( $n$ ) αυξάνει. Επομένως στην πράξη, με τη χρησιμοποίηση του ροοστάτη διέγερσης ως αντίστασης παραλληλισμού του τυλίγματος διέγερσης σειράς  $S_1$ - $S_2$ , είναι δυνατόν να επιτευχθεί μεταβολή των στροφών με σταθερό φορτίο.

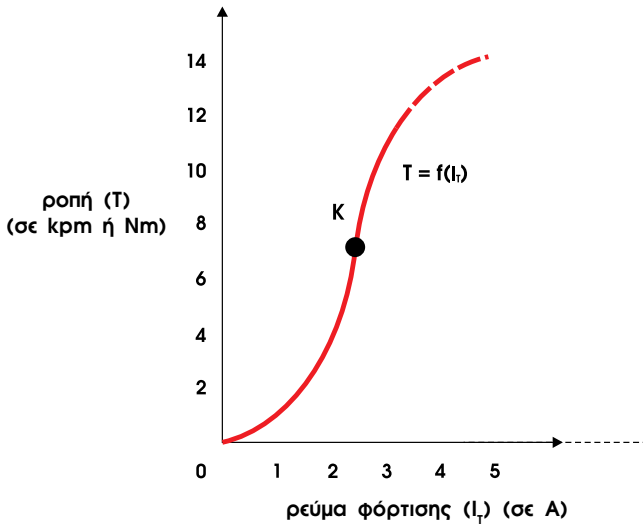
2. Όταν η αντίσταση διέγερσης τείνει να βραχυκυκλωθεί, τότε μέσα από το τύλιγμα σειράς  $S_1$ - $S_2$  περνάει ελάχιστο ρεύμα και ο αριθμός στροφών/λεπτό ( $n$ ) αυξάνει επικίνδυνα.

3. Από τη σχέση  $n = \frac{U - I_T R_T}{\kappa \cdot \Phi}$  παρατηρούμε ότι, όταν η  $\Phi \rightarrow 0$  δηλαδή όταν το  $I_g \rightarrow 0$  τότε  $n \rightarrow \infty$  και ο κινητήρας καταστρέφεται. Όταν  $\Phi \rightarrow \infty$  δηλαδή  $I_g \rightarrow \infty$  τότε  $n \rightarrow 0$ .

γ. Μεταβολή της ροπής στρέψης ( $T$ ), όταν μεταβάλλεται το ρεύμα φόρτισης ( $I_f$ ) με τάση τυμπάνου ( $U$ ) σταθερή.

Συνάρτηση  $T=f(I_f)$ .

Η μορφή αυτής της χαρακτηριστικής φαίνεται στο σχήμα 2.32.



**Σχ. 2.32:** Χαρακτηριστική καμπύλη της μεταβολής της ροπής στρέψης ( $T$ ) σε συνάρτηση με την μεταβολή του ρεύματος φόρτισης ( $I_f$ ) με σταθερή την εφαρμοζόμενη τάση ( $U$ ).

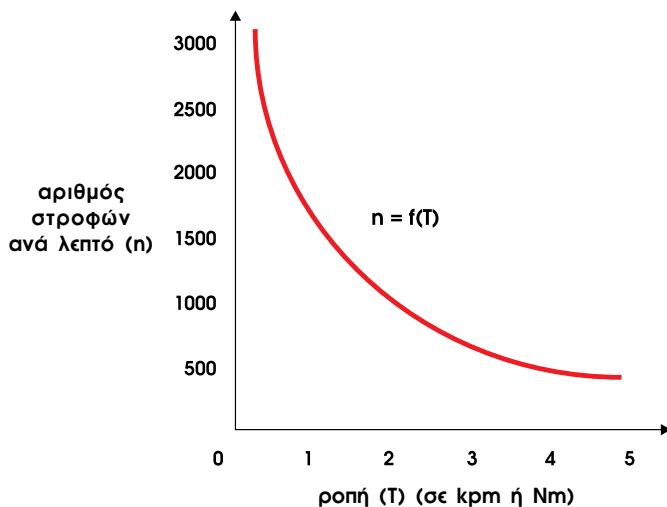
### Συμπεράσματα και δικαιολόγηση της μορφής της $T=f(I_f)$

1. Η ροπή στους κινητήρες σειράς αυξάνει σε συνάρτηση με το ρεύμα φόρτισης.
2. Η καμπύλη από τη μηδενική τιμή και μέχρι του σημείου K (σημείο κορεσμού του πυρήνα των πόλων) ακολουθεί μεταβολή του τετραγώνου της έντασης φόρτισης (που είναι και ένταση διέγερσης).
3. Μετά το σημείο K, λόγω του μαγνητικού κορεσμού στους πυρήνες των πόλων, δεν αυξάνει η  $\Phi$ .

δ. Μεταβολή του αριθμού των στροφών ανά λεπτό ( $n$ ), όταν μεταβάλλεται η ροπή στρέψης ( $T$ ) με τάση τυμπάνου ( $U$ ) σταθερή.

Συνάρτηση  $n=f(T)$ .

Η μορφή αυτής της χαρακτηριστικής φαίνεται στο σχήμα 2.33.



**Σχ. 2.33:** Χαρακτηριστική καμπύλη της μεταβολής του αριθμού στροφών ανά λεπτό ( $n$ ) σε συνάρτηση με την ροπή στρέψης ( $T$ ) με σταθερή την εφαρμοζόμενη τάση ( $U$ ).

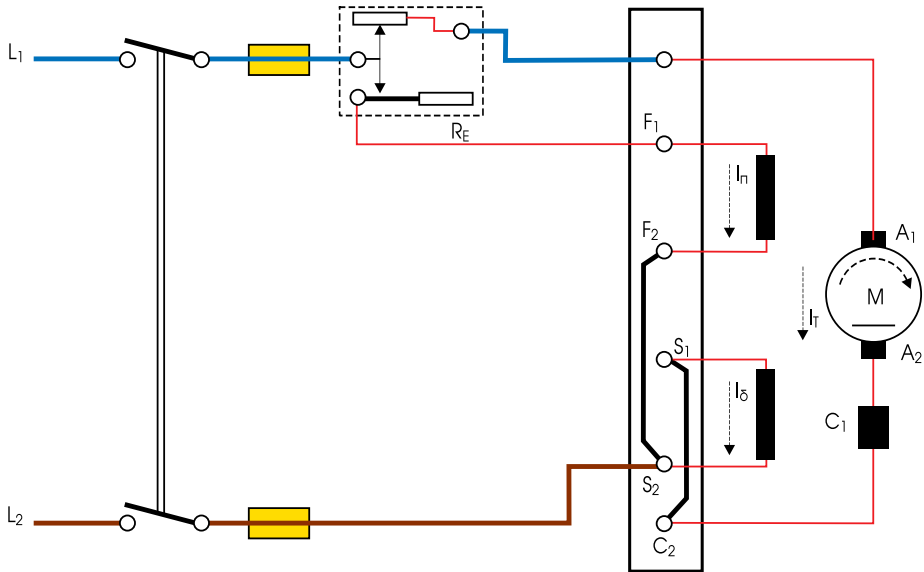
### Συμπεράσματα και δικαιολόγηση της μορφής της $n=f(T)$

Όταν η ροπή αυξάνει, ο αριθμός των στροφών μειώνεται. Αυτό δεν συμβαίνει σε κινητήρες παράλληλης και ξένης διέγερσης. Έτσι ο κινητήρας σειράς προσφέρει τη δυνατότητα μεγάλης ροπής σε μικρό αριθμό στροφών και είναι ο πλέον κατάλληλος κινητήρας για τις περιπτώσεις έλξης.



### 2.5.4.3. Κινητήρες σύνθετης διέγερσης

Στο σχήμα 2.34 φαίνεται η συνδεσμολογία κινητήρα (αθροιστικής) σύνθετης διέγερσης.



Σχ. 2.34: Κινητήρας (αθροιστικής) σύνθετης διέγερσης.

#### - Αλλαγή φοράς περιστροφής

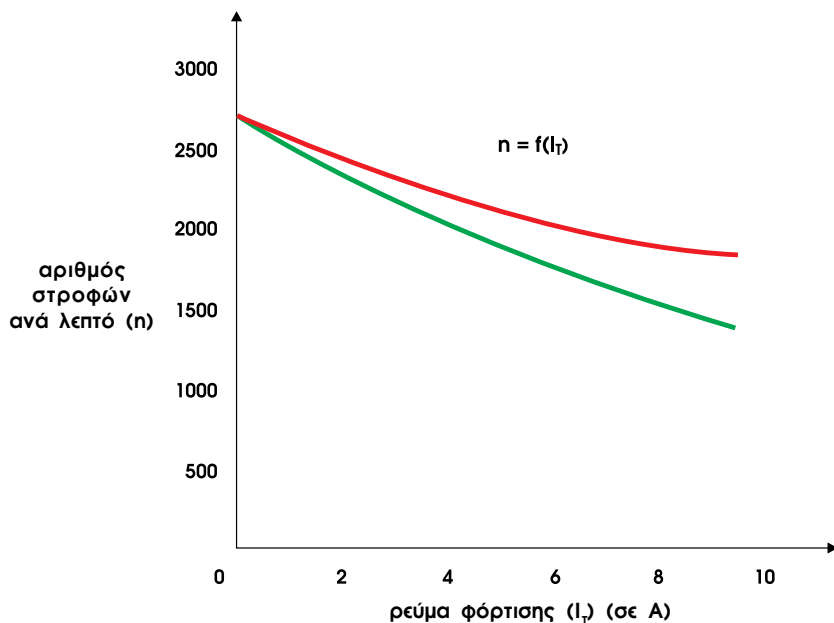
Εάν θέλουμε να αλλάξουμε τη φορά περιστροφής του κινητήρα, σύνθετης διέγερσης πρέπει να αλλάξουμε τη συνδεσμολογία ώστε να αλλάξει η φορά του ρεύματος που διαρρέει το επαγωγικό τύλιγμα και τους βοηθητικούς πόλους. Όμως η διεύθυνση των ρευμάτων τόσο στο παράλληλο τύλιγμα, όσο και στο τύλιγμα διέγερσης σειράς, πρέπει να είναι η ίδια όπως πρώτα. Δηλαδή είναι προτιμότερο να έχουμε αλλαγή φοράς στο ρεύμα τυμπάνου, παρά αλλαγή στην πολικότητα των μαγνητικών πόλων.

## Χαρακτηριστικές καμπύλες κινητήρα σύνθετης διέγερσης

α. Μεταβολή του αριθμού των στροφών ανά λεπτό ( $n$ ), όταν μεταβάλλεται το ρεύμα φόρτισης ( $I_f$ ), με σταθερή την τάση εφαρμογής ( $U$ ) και την αντίσταση του κυκλώματος της παράλληλης διέγερσης.

Συνάρτηση  $n=f(I_f)$ .

Η μορφή αυτής της χαρακτηριστικής φαίνεται στο σχήμα 2.35.



**Σχ. 2.35:** Χαρακτηριστικές της μεταβολής του αριθμού των στροφών ανά λεπτό ( $n$ ) σε συνάρτηση με τη μεταβολή του ρεύματος φόρτισης ( $I_f$ ) με σταθερή την εφαρμοζόμενη τάση ( $U$ ).

A = Χαρακτηριστική φόρτισης κινητήρα σύνθετης διέγερσης

B = Χαρακτηριστική φόρτισης κινητήρα παράλληλης διέγερσης

### Συμπεράσματα και δικαιολόγηση της μορφής της $n=f(I_f)$

1. Ο κινητήρας σύνθετης διέγερσης, λόγω της παρουσίας του τυλίγματος σειράς, όταν αυξάνεται το φορτίο, δέχεται ισχυρότερη ροή (προστιθέμενη ροή) και γι' αυτό παρουσιάζει λιγότερες στροφές, συγκρινόμενος με έναν κινητήρα παράλληλης διέγερσης.

2. Από τη σχέση  $n = \frac{U - I_f R_T}{k \cdot \Phi}$  όπου  $\Phi = \Phi_1 + \Phi_2$  (παράλληλη και σειράς) παρατηρούμε ότι, όταν η παρεχόμενη από το τύλιγμα σειράς μαγνητική ροή  $\Phi_2$  αυξάνει, τότε οι στροφές ελαττώνονται.

### 2.5.5. Παραδείγματα

1. Να βρεθεί η ΑΗΕΔ κινητήρα Σ.Ρ. 10HP, 220V του οποίου το τυλίγμα του τυμπάνου με πλήρες φορτίο διαρρέεται από ένταση 40A και έχει αντίσταση 0,25Ω.

#### Λύση

Έχουμε  $U - E_g = R_T \cdot I_T$

$$E_g = U - R_T \cdot I_T = 220 - 0,25 \cdot 40 = 220 - 10 = 210V$$

2. Σε κινητήρα Σ.Ρ. ισχύος 10HP δίνονται  $U=220V$ ,  $I_T=40A$  και  $R_T=0,25\Omega$ . Να υπολογισθούν:

- α. Ποια θα ήταν η ένταση εκκίνησης αν δεν χρησιμοποιούσαμε εκκινητή και,  
β. Ποια θα έπρεπε να ήταν η ολική αντίσταση του εκκινητή, ώστε η ένταση εκκίνησης να μην υπερβαίνει τα 150% της έντασης πλήρους φορτίου;

#### Λύση

α. Κατά την εκκίνηση χωρίς εκκινητή έχουμε:

$$I_{EK} = \frac{U}{R_T} = \frac{220}{0,25} = 880A$$

δηλαδή, ένταση 22 φορές μεγαλύτερη της κανονικής

β. Κατά την εκκίνηση με τον εκκινητή θα γίνει:

$$I_{EK} = \frac{U}{R_T + R_E}, \quad R_E = \frac{U}{I_{EK}} - R_T$$

Όταν όλη η αντίσταση του εκκινητή είναι εντός του κυκλώματος θα έχουμε

$$I_{EK} = 150\% \cdot 40 = 1,5 \cdot 40 = 60A.$$

$$\text{Άρα } R_E = \frac{220}{60} - 0,25 = 3,66 - 0,25 = 3,41\Omega$$

3. Η ένταση τυμπάνου κινητήρα παράλληλης διέγερσης 220V θα είναι 50A, όταν ο κινητήρας εργάζεται με πλήρες φορτίο, με την ονομαστική του τάση και τις ονομαστικές του στροφές. Η αντίσταση του τυλίγματος του δρομέα είναι 0,3Ω.

Να βρεθούν:

- α) η ΑΗΕΔ με πλήρες φορτίο  
β) η ισχύς η οποία αναπτύσσεται στο δρομέα του σε HP.

#### Λύση

α. Από τη σχέση  $U - E_g = R_T \cdot I_T$  έχουμε:

$$E_g = U - R_T \cdot I_T$$

$$E_g = 220 - 0,3 \cdot 50 = 220 - 15 = 205V$$

β. Η τάση του δρομέα θα είναι:  $U - R_T \cdot I_T = 220 - 15 = 205V$  οπότε η ισχύς που αναπτύσσεται σ' αυτόν δίνεται από τη σχέση:

$$P = U_T \cdot I_T = 205 \cdot 50 = 10250 \text{ W} \text{ και επειδή } 1 \text{ HP} = 736 \text{ W}, P = \frac{10.250}{736} = 13,9 \text{ HP}$$

4. Κινητήρας παράλληλης διέγερσης 220V, με αντίσταση τυλίγματος τυμπάνου 0,2Ω, λειτουργεί με 1500στρ/min και ένταση, δια του τυλίγματος του τυμπάνου, 30A. Ο ίδιος κινητήρας για ένα αυξημένο φορτίο έχει ένταση τυλίγματος τυμπάνου 60A.

Να βρεθούν:

α) η ΑΗΕΔ του κινητήρα για  $I_T = 30 \text{ A}$

β) η ΑΗΕΔ του κινητήρα για  $I_T = 60 \text{ A}$

γ) η ισχύς η οποία αναπτύσσεται στο δρομέα σε HP, για τις δύο περιπτώσεις φορτίου.

### Λύση

α.  $U - E_g = I_T \cdot R_T$

$$E_{g1} = U - I_T \cdot R_T = 220 - 30 \cdot 0,2 = 220 - 6 = 214 \text{ V}$$

β.  $E_{g2} = U - I_T \cdot R_T = 220 - 60 \cdot 0,2 = 220 - 12 = 208 \text{ V}$

γ.  $P_1 = E_{g1} \cdot I_T = 214 \cdot 30 = 6420 \text{ W}$  ή 8,7HP

$$P_2 = E_{g2} \cdot I_T = 208 \cdot 60 = 12480 \text{ W}$$
 ή 16,9HP

5. Τετραπολικός κινητήρας διέγερσης σειράς έχει 2 παράλληλους κλάδους, 786 αγωγούς και ροή ανά μαγνητικό πόλο 0,03Vs, όταν απορροφά από το δίκτυο 30A. Να βρεθεί η κινητήρια ροπή του κινητήρα.

### Λύση

Η αναπτυσσόμενη ροπή δίνεται από τη σχέση:

$$T = \frac{P \cdot S \cdot W}{2\pi \cdot \alpha} \cdot \Phi \cdot I_T \text{ (σε Nm)}$$

$$T = \frac{2 \cdot 786}{2 \cdot 3,14 \cdot 1} \cdot 0,03 \cdot 30 = 225,3 \text{ (σε Nm)}$$

6. Κινητήρας παράλληλης διέγερσης εργάζεται με τάση 220V και έχει ταχύτητα 1000στρ/min, όταν το τύλιγμα του τυμπάνου του, το οποίο έχει αντίσταση 0,4Ω, διαρρέεται από ένταση 50A.

Να βρεθεί η εκατοστιαία μεταβολή της ΑΗΕΔ και των στροφών του κινητήρα, όταν το μηχανήμα το κινούμενο από τον κινητήρα απαιτεί το 1/2 της ροπής, την οποία έδινε προηγουμένως ο κινητήρας.

### Λύση

Η ροπή δίνεται από τη σχέση:  $T = K \cdot \Phi \cdot I_T$

Δεδομένου ότι η ένταση διέγερσης μένει σταθερή, θα είναι σταθερή και η ροή Φ. Επομένως, όταν αναπτύσσεται η μισή ροπή, το τύλιγμα του κινητήρα θα διαρρέεται

από το 1/2 της έντασης, δηλαδή, από  $\frac{50}{2} = 25 \text{ A}$ .

Οι ΑΗΕΔ στις δύο περιπτώσεις θα είναι:

$$E_{\alpha 1} = U - R_T \cdot I_{T1} = 220 - 0,4 \cdot 50 = 200V$$

$$E_{\alpha 2} = U - R_T \cdot I_{T2} = 220 - 0,4 \cdot 25 = 210V$$

Οι στροφές θα δίνονται αντίστοιχα από τις σχέσεις:

$$E_{\alpha 1} = K \cdot \Phi \cdot \eta_1 \text{ και } E_{\alpha 2} = K \cdot \Phi \cdot \eta_2$$

Διαιρώντας κατά μέλη έχουμε:

$$\frac{E_{\alpha 2}}{E_{\alpha 1}} = \frac{K \cdot \Phi \cdot \eta_2}{K \cdot \Phi \cdot \eta_1}, \quad \eta_2 = \eta_1 \cdot \frac{E_{\alpha 2}}{E_{\alpha 1}} = 1000 \cdot \frac{210}{200} = 1050 \text{ στρ/min}$$

Άρα για μεταβολή του ρεύματος τυμπάνου κατά  $\frac{50-25}{50} \cdot 100\% = 50\%$  έχουμε

μεταβολή της ΑΗΕΔ κατά  $\frac{200-210}{200} \cdot 100\% = 5\%$  και των στροφών κατά

$$\frac{1000-1050}{1000} \cdot 100\% = 5\%.$$

Η μεταβολή αυτή είναι ίση φυσικά προς τη μεταβολή της ΑΗΕΔ, εφ' όσον υπάρχει ευθεία αναλογία μεταξύ τους, όταν η ροή είναι σταθερή. Βλέπουμε, λοιπόν, ότι μία μικρή μεταβολή των στροφών του κινητήρα προκαλεί ίση ποσοστιαία μεταβολή της ΑΗΕΔ και μια μεγάλη μεταβολή στην ένταση δια του τυλίγματος του τυμπάνου του, προκειμένου να ανταποκριθεί ο κινητήρας στο νέο του φορτίο.

7. Κινητήρας συνεχούς ρεύματος ισχύος 50kW έχει βαθμό απόδοσης 80% και τάση τροφοδοσίας 250V. Τι αντίσταση πρέπει να έχει ο εκκινητής, ώστε το ρεύμα εκκίνησης να είναι 1,60 παραπάνω από το  $I_{ov}$ . Αν η ταχύτητα του κινητήρα είναι 2500στρ/λεπτό, υπολογίστε τη ροπή στην έξοδο και την αντιηλεκτρεγερτική δύναμη. Δίνεται  $R_T = 0,5\Omega$ .

### Λύση

$$I_{EK} = \frac{U}{R_T + R_{EK}} = \frac{250}{0,5 + R_{EK}}$$

$$I_{EK} = 1,6 \cdot I_{ov} = 250 \cdot 1,6 = 400A$$

$$I_{ov} = \frac{P}{U \cdot \eta} = \frac{50.000}{250 \cdot 0,8} = 250A$$

$$I_{EK} = \frac{U}{R_T + R_{EK}} \Rightarrow 400 = \frac{250}{0,5 + R_{EK}}, \quad R_{EK} = \frac{u}{I_{EK}} - R_T$$

$$R_{EK} = \frac{250}{400} - 0,5 = 0,625 - 0,5 = 0,125\Omega$$

$$T_a = \frac{P \cdot 9,55}{n} = \frac{50.000 \cdot 9,55}{2500} = 191Nm$$

$$E_a = U - I_T \cdot R_T = 250 - 250 \cdot 0,5 = 125V$$

## 2.5.6. Ερωτήσεις

1. Τι σημαίνει λειτουργία κινητήρα σε κενό;
2. Τι είναι η ΑΗΕΔ και πως δημιουργείται;
3. Τι παρατηρούμε κατά την εκκίνηση των κινητήρων Σ.Ρ. ως προς το ρεύμα εκκίνησης και τι μέτρα λαμβάνουμε για τον περιορισμό του;
4. Από ποια σχέση δίνεται η ροπή στρέψης που ασκείται σε έναν κινητήρα Σ.Ρ.;
5. Τι παρατηρούμε στην ηλεκτρική ισχύ που απορροφά ο κινητήρας στη λειτουργία του με φορτίο;
6. Με ποιους τρόπους ρυθμίζουμε την ταχύτητα περιστροφής των κινητήρων Σ.Ρ.;
7. Τι ονομάζουμε ονομαστική ισχύ σε κινητήρα Σ.Ρ.;
8. Τι ονομάζουμε βαθμό απόδοσης του κινητήρα και σε ποια ποσοστά κυμαίνεται;
9. Πώς διακρίνονται οι κινητήρες ανάλογα με τη διέγερσή τους;
10. Να σχεδιαστεί η χαρακτηριστική  $n=f(U)$  σε κινητήρα παράλληλης διέγερσης και να δικαιολογηθεί η μορφή της.
11. Να σχεδιαστεί η χαρακτηριστική  $n=f(I_r)$  σε κινητήρα διέγερσης σειράς και να δικαιολογηθεί η μορφή της.
12. Να σχεδιαστεί κινητήρας με αθροιστική σύνθετη διέγερση.
13. Να σχεδιαστεί η χαρακτηριστική  $n=f(I_r)$  σε κινητήρα σύνθετης διέγερσης και να δικαιολογηθεί η μορφή της.
14. Να γίνει η συνδεσμολογία κινητήρα παράλληλης διέγερσης με αλλαγή της φοράς περιστροφής του.
15. Να γίνει η συνδεσμολογία κινητήρα διέγερσης σειράς με αλλαγή της φοράς περιστροφής του.
16. Να γίνει η συνδεσμολογία κινητήρα σύνθετης διέγερσης με αλλαγή της φοράς περιστροφής του.

### ➡ Βάλτε σε κύκλο το χράμμα μπροστά από τη σωστή απάντηση

17. Όταν ο κινητήρας λειτουργεί σε κενό, τότε η ένταση που απορροφά από την πηγή είναι:  
**α.** πολύ μεγάλη,                      **β.** πολύ μικρή,                      **γ.** μηδέν.
18. Σε ένα κινητήρα διέγερσης σειράς όταν το ρεύμα φόρτισης αυξάνει, οι στροφές:  
**α.** αυξάνονται,                      **β.** ελαττώνονται,                      **γ.** μένουν σταθερές.

## Ενότητα 2.6.

# Εκκίνηση - πέδηση - κινητήρων Σ.Ρ.

### Διδακτικοί στόχοι

➡ *Μετά από τη μελέτη της ενότητας αυτής θα πρέπει να μπορείτε:*

1. *Να περιγράψετε τους τρόπους εκκίνησης των κινητήρων Σ.Ρ. (Αντιστάσεις - Ηλεκτρονικά Ισχύος).*
2. *Να αναφέρετε τους τρόπους πέδησης κινητήρων Σ.Ρ. (Μηχανικοί - Ηλεκτρικοί).*

### 2.6.1. Τρόποι εκκίνησης κινητήρων Σ.Ρ.

Η ταχύτητα περιστροφής των κινητήρων Σ.Ρ. είναι δυνατόν να μεταβάλλεται με έναν από τους τρεις παρακάτω τρόπους:

- α. Με ρύθμιση της αντίστασης διέγερσης.
- β. Με ρύθμιση της τάσης στα άκρα του οπλισμού του.
- γ. Με ρύθμιση της αντίστασης του οπλισμού του.

Η αποτελεσματικότερη από αυτές τις τεχνικές είναι η ρύθμιση της τάσης στα άκρα του οπλισμού του κινητήρα με την οποία επιτυγχάνεται μεγάλο εύρος ταχυτήτων χωρίς να επηρεάζεται η μέγιστη ροπή του κινητήρα.

Με την εφαρμογή των ηλεκτρονικών διακοπών γίνεται εύκολη η παραγωγή συνεχούς τάσης με μεταβλητή τιμή.

### 2.6.2. Κυκλώματα εκκίνησης κινητήρων Σ.Ρ.

#### Εισαγωγή

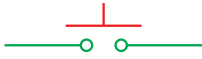
Τα πιο συνηθισμένα στοιχεία που χρησιμοποιούνται στα κυκλώματα ελέγχου για την εκκίνηση των κινητήρων είναι τα παρακάτω:

#### 1. Ασφάλειες



Αυτές προστατεύουν τον κινητήρα από βραχυκυκλώματα και συνδέονται στις γραμμές της τροφοδοσίας πριν από τον κινητήρα.

## 2. Διακόπτες επαφής



κανονικά ανοικτός

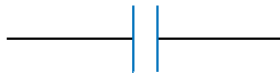
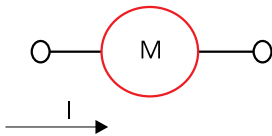


κανονικά κλειστός

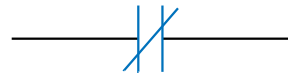
Οι επαφές ενός κανονικά ανοικτού διακόπτη επαφής είναι ανοιχτές πριν να πατηθεί το μπουτόν του και κλειστές αφού πατηθεί.

Οι επαφές ενός κανονικά κλειστού διακόπτη επαφής είναι κλειστές αρχικά και ανοιχτές μετά το πάτημα του μπουτόν του.

## 3. Ρελέ



κανονικά ανοικτή επαφή

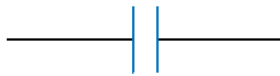
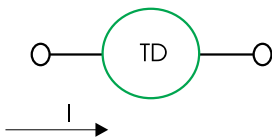


κανονικά κλειστή επαφή

Το ρελέ αποτελείται από ένα πηνίο που συμβολίζεται με έναν κύκλο και από μερικές επαφές που συμβολίζονται με δυο παράλληλες γραμμές.

Μια κανονικά ανοικτή επαφή είναι ανοικτή, όταν το αντίστοιχο ρελέ είναι απενεργοποιημένο, ενώ μια κανονικά κλειστή επαφή είναι κλειστή, όταν είναι απενεργοποιημένο το αντίστοιχο ρελέ.

## 4. Ρελέ με χρονική καθυστέρηση



κανονικά ανοικτή επαφή



κανονικά κλειστή επαφή

Το ρελέ αυτό λειτουργεί όπως ακριβώς και τα κανονικά ρελέ με τη διαφορά πως, όταν ενεργοποιείται, οι επαφές του δεν αλλάζουν αμέσως κατάσταση. Αυτό συμβαίνει με μια χρονική καθυστέρηση η οποία είναι δυνατόν να ρυθμιστεί.

## 5. Θερμικός διακόπτης υπερφόρτισης



επαφή θερμικού διακόπτη

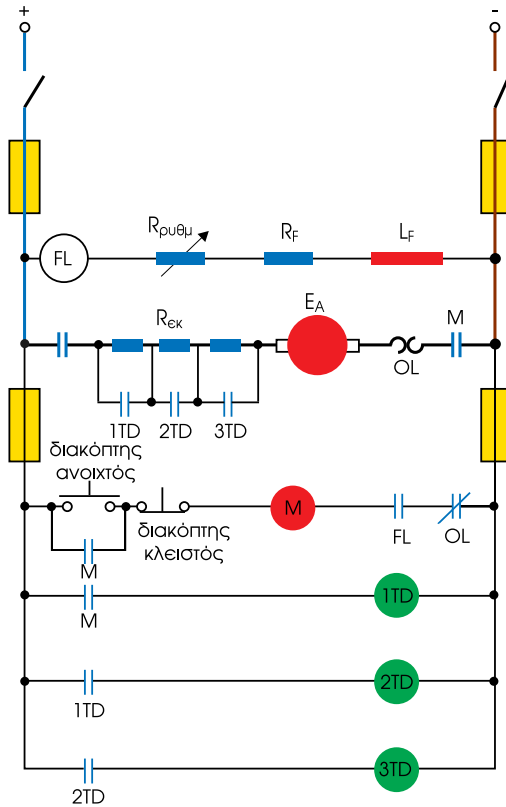
Αποτελείται από ένα θερμικό πηνίο και από κάποιες κλειστές επαφές. Το ρεύμα στο εσωτερικό του κινητήρα περνάει από το πηνίο ενός τέτοιου διακόπτη. Αν το φορτίο



## 2. ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΜΗΧΑΝΕΣ Σ.Ρ.

του κινητήρα αυξηθεί πάρα πολύ, τότε το πηνίο του διακόπτη θερμαίνεται οπότε και ανοίγουν οι κανονικά κλειστές επαφές του.

Στο σχήμα 2.36 φαίνεται ένα συνηθισμένο κύκλωμα εκκίνησης που χρησιμοποιεί τα παραπάνω ηλεκτρικά στοιχεία.

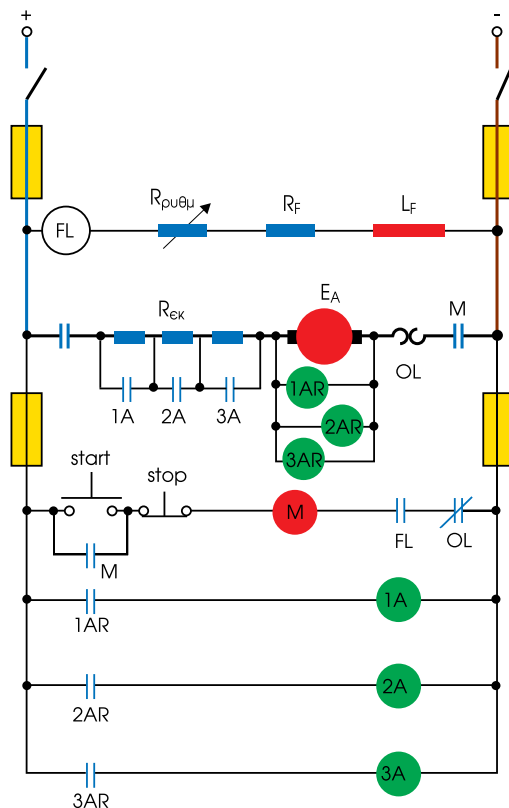


**Σχ. 2.36:** Κύκλωμα εκκίνησης Σ.Ρ. με ρελέ χρονικής καθυστέρησης για τη διαδοχική απομάκρυνση των τμημάτων της αντίστασης εκκίνησης.

Κατά την εκκίνηση του κινητήρα, όλη η αντίσταση εκκίνησης βρίσκεται στο κύκλωμά του. Ο οπλισμός του τροφοδοτείται από την πηγή τάσης και αρχίζει να περιστρέφεται.

Τη στιγμή αυτή το ρελέ (1TD) ενεργοποιείται και μετά από κάποιο χρόνο οι επαφές του κλείνουν, αφαιρώντας έτσι ένα τμήμα της αντίστασης εκκίνησης. Ακολουθεί η ενεργοποίηση του ρελέ (2TD) του οποίου οι επαφές κλείνουν μετά από ένα χρονικό διάστημα, απομακρύνοντας το δεύτερο τμήμα της αντίστασης εκκίνησης. Τέλος ενεργοποιείται το ρελέ (3TD) και επαναλαμβάνεται η παραπάνω διαδικασία, οπότε ο κινητήρας περιστρέφεται με πλήρη ταχύτητα χωρίς την αντίσταση εκκίνησης.

Ένα διαφορετικό κύκλωμα εκκινήτη φαίνεται στο σχήμα 2.37.



**Σχ. 2.37:** Κύκλωμα εκκίνησης κινητήρα Σ.Ρ. στο οποίο η διαδοχική απομάκρυνση των τμημάτων εκκίνησης γίνεται μέσω των ρελέ που ελέγχουν την τιμή της τάσης  $E_A$ .

Εδώ μια σειρά από ρελέ ανταποκρίνονται στην τιμή της τάσης  $E_A$  και απομακρύνουν τα τμήματα της αντίστασης εκκίνησης, όταν η  $E_A$  ξεπεράσει μια καθορισμένη τιμή.

Και στα δυο σχήματα παρατηρούμε ότι, αν για κάποιο λόγο διακοπεί η διέγερση, ο κινητήρας προστατεύεται από το ρελέ FL (field loss relay) αφού οι επαφές του ανοίγουν και ο κινητήρας αποσυνδέεται από το δίκτυο.

Επίσης και τα δυο κυκλώματα διαθέτουν θερμικό διακόπτη υπερφόρτισης.

### 2.6.3. Σύστημα Ward - Leonard (Βαρτ-Λέοναρντ)

Είναι ένα σύστημα που δε χρησιμοποιείται πια σήμερα, παρά μόνο σε υπάρχουσες εγκαταστάσεις, κυρίως πλοίων.

Ένας κινητήρας που μπορεί να είναι ηλεκτρικός ή θερμικός, κινεί μια γεννήτρια Σ.Ρ. και μια διεγέρτρια, πάνω στον ίδιο άξονα. Σε ένα τέτοιο σύστημα η τάση οπλισμού του κινητήρα ρυθμίζεται με τη μεταβολή του ρεύματος διέγερσης της γεννήτριας

Σ.Ρ. Ο έλεγχος της τάσης εισόδου του κινητήρα επιτρέπει τη μεταβολή της ταχύτητας του από πολύ μικρές τιμές μέχρι τη βασική ταχύτητα.

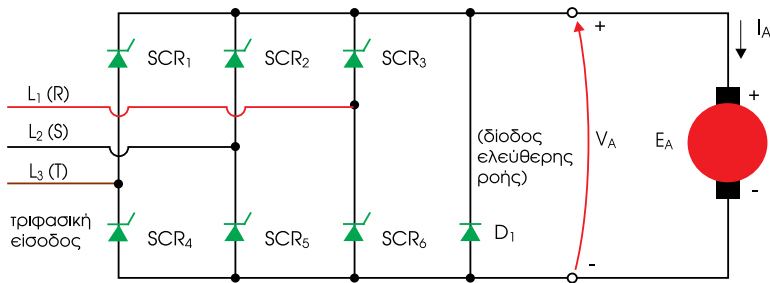
Με το σύστημα Ward - Leonard (Βαρτ-Λέοναρντ) είναι δυνατόν να επιτευχθεί ένα αρκετά μεγάλο εύρος ταχυτήτων και προς τις δυο κατευθύνσεις περιστροφής.

Μειονεκτήματα του συστήματος Ward - Leonard (Βαρτ-Λέοναρντ) είναι:

- το υψηλό κόστος (αγορά τριών μηχανών).
- η πολύ χαμηλή απόδοση απ' ότι μόνο μια μηχανή.

Για τους παραπάνω λόγους το σύστημα Ward - Leonard (Βαρτ-Λέοναρντ) έχει αντικατασταθεί στις νέες εφαρμογές από τους ηλεκτρονικούς μετατροπείς ισχύος (SCR).

Ένα κύκλωμα ελέγχου της συνεχούς τάσης εισόδου μέσω ενός τριφασικού μετατροπέα του κινητήρα φαίνεται στο σχήμα 2.38.



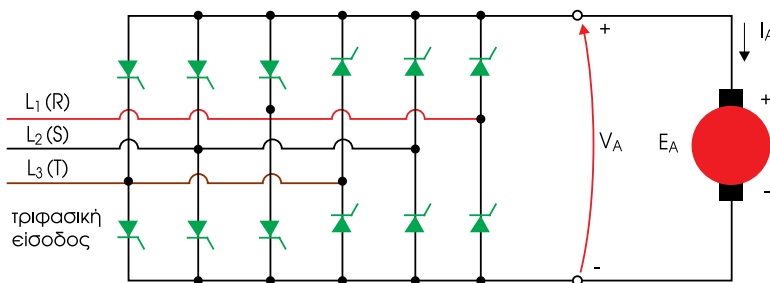
**Σχ.2.38:** Σύστημα ελέγχου της ταχύτητας ενός κινητήρα Σ.Ρ. με τη χρήση ηλεκτρονικών διακοπών.

Η μέση τιμή της ταχύτητας περιστροφής του κινητήρα εξαρτάται από τη μέση τιμή της τάσης που εφαρμόζεται στον κινητήρα.

Το χρονικό αυτό διάστημα εξαρτάται από τη σχετική φάση κατά την οποία διεγείρονται οι SCR από τον ανορθωτή.

Το κύκλωμα αυτό τροφοδοτεί τον κινητήρα με τάση που έχει συγκεκριμένη πολικότητα.

Το σχήμα 2.39 δείχνει ένα βελτιωμένο κύκλωμα ελέγχου που μπορεί να τροφοδοτεί τον κινητήρα με τάση οποιασδήποτε πολικότητας.



**Σχ. 2.39:** Σύστημα ελέγχου της ταχύτητας ενός κινητήρα Σ.Ρ. με τη χρήση ηλεκτρονικών διακοπών.

## 2.6.4. Πέδηση κινητήρων Σ.Ρ.

### ➡ Ηλεκτρική πέδηση

Από τη στιγμή που ένας κινητήρας αποσυνδέεται από το δίκτυο, μέχρι να σταματήσει να περιστρέφεται, μεσολαβεί ορισμένο χρονικό διάστημα.

Το διάστημα αυτό, ιδίως στους μεγάλους κινητήρες, είναι σημαντικό και σε ορισμένες εφαρμογές ανεπιθύμητο, όπως π.χ. σε ανυψωτικά μηχανήματα Σ.Ρ., ανελκυστήρες Σ.Ρ. κ.λπ.

Στις περιπτώσεις αυτές, για να μειώσουμε όσο το δυνατό το διάστημα αυτό, εφαρμόζουμε την ηλεκτρική πέδηση ως εξής:

Όταν ο κινητήρας αποσυνδέεται από το δίκτυο, εξακολουθεί να περιστρέφεται, λόγω της κινητικής ενέργειας, την οποία έχει τόσο αυτός όσο και το μηχανήμα το οποίο κινεί.

Για να καταναλώσουμε την κινητική του ενέργεια, αρκεί να μετατρέψουμε προσωρινά τον κινητήρα σε γεννήτρια με κατανάλωση. Τότε, η κινητική ενέργεια μετατρέπεται από τη γεννήτρια σε ηλεκτρική και οδηγείται στην κατανάλωση ή τις καταναλώσεις, τις οποίες τροφοδοτεί η γεννήτρια.

Η προσωρινή αυτή μετατροπή του κινητήρα σε γεννήτρια γίνεται συνήθως με δυο τρόπους.

Με τον πρώτο τρόπο, ο κινητήρας αποσυνδέεται από το δίκτυο και το τύλιγμα του τυμπάνου του συνδέεται στα άκρα μιας ωμικής αντίστασης. Κατ' αυτόν τον τρόπο, η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από την ΗΕΔ, μετατρέπεται σε θερμική ενέργεια κατά μήκος της αντίστασης.

Η μηχανική ενέργεια του κινητήρα και του κινούμενου μηχανήματος καταναλώνεται σύντομα και οι στροφές του μειώνονται γρήγορα. Με τη μείωση των στροφών μειώνεται και η ΗΕΔ και στις λίγες στροφές η ηλεκτρική πέδηση είναι ελάχιστη. Γι' αυτό, όταν ο κινητήρας πλησιάζει στη θέση ηρεμίας, εφαρμόζεται συμπληρωματικά μηχανική πέδηση. Ο τρόπος αυτός της πέδησης είναι πολύ απλός και εφαρμόζεται συνήθως σε συνδυασμό με τους αυτόματους εκκινήτες. Όταν πατάμε το Stop (στοπ) του κινητήρα, ο εκκινήτης αποσυνδέει τον κινητήρα από το δίκτυο και τον συνδέει στην αντίσταση, ώστε να εργαστεί ως γεννήτρια και να σταματήσει σύντομα.

Με το δεύτερο τρόπο, ο κινητήρας μετατρέπεται σε γεννήτρια χωρίς να αποσυνδεθεί από το δίκτυο, αλλά αφού με ορισμένο τρόπο αυξήσουμε την ΗΕΔ περισσότερο από την τάση του δικτύου. Τότε η ηλεκτρική ενέργεια, αντί να καταναλωθεί σε ωμική αντίσταση σε μορφή θερμότητας, παρέχεται στο δίκτυο και χρησιμοποιείται από άλλους καταναλωτές του δικτύου. Αυτός ο τρόπος εφαρμόζεται π.χ. στην ηλεκτρική έλξη, όταν το τρένο κινείται σε μεγάλες κατωφέρειες. Έτσι έχουμε συνεχή πέδηση και αποφεύγουμε τις απώλειες ενέργειας. Για την πλήρη στάση στους σταθμούς χρησιμοποιείται και πάλι μηχανική πέδηση, π.χ. αερόφρενα.

### 2.6.5. Ερωτήσεις

1. Αναφέρετε τους τρόπους μεταβολής της ταχύτητας περιστροφής των κινητήρων Σ.Ρ.
2. Αναφέρετε τα πιο συνηθισμένα στοιχεία που χρησιμοποιούνται στα κυκλώματα ελέγχου για την εκκίνηση των κινητήρων Σ.Ρ.
3. Τι είναι το ρελέ με χρονική καθυστέρηση;
4. Ποια είναι η χρήση του θερμικού διακόπτη υπερφόρτισης;
5. Να σχεδιαστεί απλό σύστημα ελέγχου ταχύτητας ενός κινητήρα Σ.Ρ. με τη χρήση ηλεκτρονικών διακοπών.
6. Γιατί χρησιμοποιούμε την ηλεκτρική πέδηση στους κινητήρες Σ.Ρ.;
7. Γιατί χρησιμοποιούμε αντιστάσεις εκκίνησης στους κινητήρες Σ.Ρ.;

### Βάλτε σε κύκλο το γράμμα μπροστά από τη σωστή απάντηση

8. Οι ασφάλειες προστατεύουν τον κινητήρα από:
  - α. βραχυκύκλωμα.
  - β. διαρροή ηλεκτρικού ρεύματος.
  - γ. υπέρταση.
9. Ένα μειονέκτημα του συστήματος Ward - Leonard (Βαρτ-Λέοναρντ) είναι:
  - α. ο μεγάλος βαθμός απόδοσης.
  - β. ο μεγάλος όγκος.
  - γ. το υψηλό κόστος.

# Ενότητα 2.7.

## Σερβοκινητήρες και μηχανές Σ.Ρ. νέας τεχνολογίας

### Διδακτικοί στόχοι

➡ *Μετά από τη μελέτη της ενότητας αυτής θα πρέπει να μπορείτε:*

- 1. Να διατυπώνετε τις αρχές λειτουργίας των κινητήρων Σ.Ρ. νέας τεχνολογίας.*
- 2. Να περιγράφετε τα βασικά μέρη των σύγχρονων κινητήρων Σ.Ρ. (Ηλεκτρονικών, Βηματικών κ.λπ.)*

### 2.7.1. Σερβοκινητήρες Σ.Ρ.

Οι σερβοκινητήρες Σ.Ρ. είναι ειδικά σχεδιασμένες μηχανές Σ.Ρ. με υψηλή ροπή και χαμηλή αδράνεια.

Χρησιμοποιούνται σε συστήματα που απαιτούν υψηλή ροπή και μεγάλη κλίμακα ταχύτητας.

Υπάρχουν δυο βασικοί λόγοι για να χρησιμοποιηθούν οι μηχανές αυτές στα συστήματα ελέγχου:

- α. η ευκολία με την οποία μπορεί να ελεγχθεί η ταχύτητά τους,
- β. η ικανότητα να παρέχουν ενίσχυση ισχύος.

Στους σερβοκινητήρες Σ.Ρ., εμφανίζονται βασικά οι ακόλουθες περιπτώσεις τροφοδοσίας τους:

- α. Το τύλιγμα του στάτη τροφοδοτείται από πηγή σταθερής τάσης (ή ρεύματος) και το τύλιγμα του δρομέα διεγείρεται από το σήμα ελέγχου (σφάλμα του συστήματος).
- β. Το τύλιγμα του δρομέα τροφοδοτείται από πηγή σταθερής τάσης (ή ρεύματος) και το τύλιγμα του στάτη διεγείρεται από το σήμα ελέγχου.

Επίσης υπάρχουν περιπτώσεις, όπου το σταθερό μαγνητικό πεδίο του σερβοκινητήρα δημιουργείται από μόνιμο μαγνήτη και περιπτώσεις όπου το τύλιγμα του στάτη και του δρομέα τροφοδοτούνται σε σειρά, παράλληλα ή μικτά.

Τα βασικά χαρακτηριστικά κάθε σερβοκινητήρα Σ.Ρ. ή Ε.Ρ. είναι:

- α. Η ροπή του κινητήρα, που είναι περίπου ανάλογη της εφαρμοζόμενης τάσης ελέγχου, η οποία αναπτύσσεται από τον ενισχυτή λόγω του σήματος σφάλματος στην είσοδό του.
- β. Η φορά της ροπής που καθορίζεται από την (στιγμιαία) πολικότητα της τάσης ελέγχου.

Η ισχύς των σερβοκινητήρων Σ.Ρ. ποικίλλει περίπου από 0,05HP έως 1000HP.

Χρησιμοποιούνται τέσσερις τύποι σερβοκινητήρων Σ.Ρ.

### 1. Κινητήρες ελεγχόμενου πεδίου

Ο έλεγχος αυτών γίνεται με μεταβολή της τάσης του τυλίγματος διέγερσης, λόγω του σήματος σφάλματος στην είσοδο του ενισχυτή. Σημειώνουμε ότι η ροπή τους είναι μηδενική, όταν είναι μηδέν το πεδίο διέγερσης που αναπτύσσεται από το ρεύμα του ενισχυτή σφάλματος.

Επειδή το ρεύμα του τυλίγματος του δρομέα είναι πάντοτε σταθερό η ροπή εξαρτάται άμεσα από τη μαγνητική ροή του πεδίου, καθώς επίσης και από το ρεύμα του τυλίγματος διέγερσης, μέχρι το σημείο κορεσμού.

### 2. Σερβοκινητήρες ελεγχόμενου τυμπάνου

Το τύλιγμα αυτών των κινητήρων τροφοδοτείται με Σ.Ρ., που προέρχεται από πηγή σταθερού ρεύματος, ενώ το τύλιγμα τυμπάνου από τον ενισχυτή.

Ο έλεγχος των κινητήρων ισχύος μέχρι περίπου 1000HP γίνεται με μεταβολή της τάσης του τυλίγματος του τυμπάνου τους.

Αν το σήμα σφάλματος του ενισχυτή και η πολικότητα της τάσης του τυλίγματος τυμπάνου αναστραφούν, ο κινητήρας θα αλλάξει φορά περιστροφής.

Κινητήρες ελεγχόμενου τυμπάνου μεγάλης ισχύος συνήθως τροφοδοτούνται από στρεφόμενους ενισχυτές (π.χ. Amplidyne), όπου ο σερβομηχανισμός χρειάζεται μεγάλες ισχείς.

### 3. Σερβοκινητήρες μόνιμων μαγνητών ελεγχόμενου τυμπάνου

Είναι μικροί σερβοκινητήρες Σ.Ρ., κλασματικής ισχύος, μικρής ροπής, για διατάξεις μετρήσεων. Έχουν μόνιμους μαγνήτες για δημιουργία σταθερού πεδίου διέγερσης και δεν τροφοδοτούνται από πηγή σταθερού ρεύματος. Συνήθως οι κινητήρες αυτοί κατασκευάζονται για ονομαστικές συνεχείς τάσεις 6V και 28V. Ο στάτης των κινητήρων αυτών κατασκευάζεται από χυμένο κράμα αλουμινικελίου - κοβαλτίου, σε σχήμα κυκλικού δακτυλίου, περιβάλλει το τύμπανο και αναπτύσσει μεγάλη μαγνητική ροή. Έχουν κατάλληλα τυλίγματα αντιστάθμισης για να αποφεύγεται η απομαγνήτιση των μαγνητών όταν αναστρέφεται απότομα η πολικότητα της συνεχούς τάσης του τυλίγματος τυμπάνου.

Τα δυνωρρέυματα και τα φαινόμενα υστέρησης είναι αμελητέα, ο δε έλεγχος των κινητήρων αυτών γίνεται με μεταβολή της τάσης του τυλίγματος του τυμπάνου.

### 4. Σερβοκινητήρες χωρισμένου πεδίου σειράς

Είναι μικροί κινητήρες Σ.Ρ. κλασματικής ισχύος, χωρισμένου πεδίου σειράς που μπορούν να λειτουργήσουν σαν κινητήρες ελεγχόμενου πεδίου ανεξαρτήτως διέγερσης.

Το ένα τύλιγμα ονομάζεται κύριο και το άλλο βοηθητικό, αναπτύσσουν γενικά την ίδια μαγνητηγενετική δύναμη και είναι τυλιγμένα στους πόλους έτσι ώστε να μπορούν να προκαλούν αντίθετη φορά περιστροφής το ένα σε σχέση με το άλλο.

Οι σερβοκινητήρες τύπου σειράς αναπτύσσουν μεγάλη ροπή εκκίνησης και ταχεία απόκριση σε μικρά σήματα σφάλματος. Γενικά οι δρομείς κινητήρων Σ.Ρ. παράλληλων και σειράς, παρουσιάζουν μεγαλύτερη ροπή αδράνειας από τους δρομείς των κινητήρων Ε.Ρ. ίσης ονομαστικής ισχύος, λόγω των βαρύτερων τυλιγμάτων.

### 2.7.2. Κινητήρες Σ.Ρ. χωρίς ψήκτες

Οι κινητήρες αυτοί δεν διαθέτουν επαγωγικό τύλιγμα, συλλέκτη και ψήκτες. Το επαγωγίμο έχει μόνιμους μαγνήτες και περιβάλλεται από τα σταθερά τυλιγμάτα του στάτη. Οι φάσεις του στάτη είναι γενικά τρεις, αλλά σε μερικούς κινητήρες ενδέχεται να είναι τέσσερις ή δύο.

Οι φάσεις παρέχονται από ένα μετατροπέα, ο οποίος μετατρέπει το Σ.Ρ. σε τριφασικό Ε.Ρ. Το Ε.Ρ. είναι απαραίτητο για τη δημιουργία περιστρεφόμενου μαγνητικού πεδίου από το στάτη του κινητήρα. Αυτό το πεδίο έλκει τους μόνιμους μαγνήτες του τυμπάνου με αποτέλεσμα να το περιστρέφει με την ίδια φορά περιστροφής του πεδίου. Σε εφαρμογές που απαιτείται πολύ υψηλή ροπή και χαμηλή ταχύτητα περιστροφής, συνήθως χρησιμοποιούνται κινητήρες χωρίς ψήκτες με πολύ μεγάλο αριθμό πόλων στο στάτη, που μπορεί να φτάσει και τους 64 πόλους ανά φάση.

Δύο νέοι σχεδιασμοί κινητήρων, ο κινητήρας χωρίς σχισμές και χωρίς ψήκτες, και ο κινητήρας γεφυρωμένου στάτη, ανταγωνίζονται τους παραδοσιακούς κινητήρες τύπου χωρίς ψήκτες. Οι κινητήρες χωρίς σχισμές δεν έχουν οδοντώσεις στο στάτη. Έχουν επίσης μεγαλύτερη διάμετρο δρομέα με περισσότερο μαγνητικό υλικό, ενώ οι γεφυρωμένοι κινητήρες έχουν ελάσματα στάτη δύο τεμαχίων. Και οι δύο κινητήρες έχουν μικρότερη ροπή οδόντωσης και μικρότερο κόστος συναρμολόγησης από τους κλασσικούς κινητήρες.

### 2.7.3. Κινητήρες Σ.Ρ. τύπου μέσα έξω

Είναι κινητήρες χωρίς ψήκτες όπως οι προηγούμενοι, διαφέρουν όμως ως προς την κατασκευή τους.

Οι μόνιμοι μαγνήτες του τυμπάνου τοποθετούνται στο σταθερό περίβλημα της μηχανής, ενώ το τύλιγμα του στάτη βρίσκεται στο εσωτερικό του περιστρεφόμενου μέρους.

Οι κινητήρες αυτοί έχουν το πλεονέκτημα της μεγάλης ροπής αδράνειας καθώς επίσης και πολύ καλά χαρακτηριστικά ρύθμισης της ταχύτητας και χρησιμοποιούνται για να οδηγούν σκληρούς δίσκους ή ταινίες ηλεκτρονικών υπολογιστών, ρομπότ κλπ.

### 2.7.4. Κινητήρες μόνιμων μαχνητών

Οι κινητήρες αυτοί διαθέτουν τύλιγμα οπλισμού και ψήκτες, όπως και οι συμβατικοί κινητήρες. Το μαγνητικό πεδίο προέρχεται από μόνιμους μαγνήτες και όχι από ηλεκτρομαγνήτες.



Συγκρινόμενοι με τους συμβατικούς κινητήρες έχουν υψηλότερο βαθμό απόδοσης και αυτό γιατί διότι παρέχεται ηλεκτρική ισχύς μόνο στο τύλιγμα του επαγωγίμου. Επίσης είναι μικρότερου μεγέθους και ελαφρύτεροι, αν έχουν και οι δυο την ίδια ιπποδύναμη.

Οι κινητήρες μόνιμων μαγνητών χρησιμοποιούνται σε αλιευτικά σκάφη, μικρά ηλεκτρικά οχήματα κ.λπ.

### 2.7.5. Βηματικοί κινητήρες

Οι βηματικοί κινητήρες χρησιμοποιούνται σε λειτουργίες ψηφιακού ελέγχου.

Οι κινητήρες αυτοί είναι δύο φάσεων μόνιμου μαγνήτη και παρέχουν μια συγκεκριμένη γωνιακή κίνηση κάθε φορά που η πολικότητα του τυλίγματος αλλάζει.

Κατασκευάζονται με οπλισμό μόνιμου μαγνήτη που ονομάζεται οδοντωτός ρότορας και με πηνία δύο πεδίων.

Δύο καλύμματα του στάτη σχηματίζονται γύρω από κάθε περιέλιξη και γίνονται εναλλακτικά ενεργός βόρειος και νότιος μαγνητικός πόλος. Τα καλύμματα έχουν ζεύγη πόλων μηχανικά μετατιθέμενα κατά  $\frac{1}{2}$  πολικό βήμα. Μεταξύ των δυο καλυμμάτων του στάτη η μετατόπιση είναι  $\frac{1}{4}$  του πολικού βήματος.

Ο δρομέας μόνιμου μαγνήτη, μαγνητίζεται με τον ίδιο αριθμό ζευγών πόλων που περιέχονται σε ένα τμήμα περιέλιξης του στάτη. Αλληλεπίδραση μεταξύ δρομέα και στάτη (αντίθετοι πόλοι έλκονται και όμοιοι απωθούνται), έχει σαν αποτέλεσμα την κίνηση του δρομέα κατά το  $\frac{1}{4}$  ενός πολικού βήματος σε κάθε αλλαγή πολικότητας τυλίγματος.

Ένα μοτέρ 2 φάσεων με 12 ζεύγη πόλων ανά τμήμα πηνίου στάτη, μπορεί να κινηθεί 48 βήματα ανά περιστροφή ή  $7,5^\circ$  ανά βήμα.

Ο ηλεκτρικός κινητήρας είναι σχεδιασμένος με τέτοιο τρόπο, ώστε, αν εφαρμοστεί ένας μόνο παλμός τάσης από τον μικρούπολογιστή, ο άξονας του κινητήρα περιστρέφεται κατά ορισμένες μοίρες. Ένας ακόμη παλμός προκαλεί άλλη μια ίση μετακίνηση ή βήμα. Έτσι ο υπολογιστής για να μετακινήσει την ελεγχόμενη συσκευή (συνήθως βαλβίδα) σε όποια θέση θέλουμε, εφαρμόζει μια σειρά από παλμούς. Με αυτόν τον τρόπο ένας βηματικός κινητήρας ελέγχει την κίνηση σε κάποια θέση.

Οι κινητήρες βήματος με έλεγχο της θέσης χρησιμοποιούνται στον έλεγχο του μίγματος αέρα/καυσίμου και στον έλεγχο διατήρησης σταθερής ταχύτητας. Επίσης χρησιμοποιούνται και για την οδήγηση μηχανικών χιλιομετρητών.

### 2.7.6. Κινητήρες των αρθρώσεων - κινητήρες Σ.Ρ. κινητού πηνίου

Η κίνηση του χειριστή και, κατ'επέκταση του ρομποτικού εργαλείου, είναι αποτέλεσμα της συνδυασμένης κίνησης των αρθρώσεων, οι οποίες οδηγούνται από κινητήρες. Οι κινητήρες των αρθρώσεων, μπορεί να είναι ηλεκτρικοί, υδραυλικοί, ή πνευματικοί, με συνήθερο τύπο τον ηλεκτρικό, συνήθως Σ.Ρ. ή βηματικό.

Οι κινητήρες που χρησιμοποιούνται στα ρομπότ είναι κινητήρες ροπής, Σ.Ρ. και συνεχούς περιστροφής, με μόνιμη μαγνήτιση και διέγερση οπλισμών.

Ο κινητήρας Σ.Ρ. είναι ουσιαστικά ένας μετατροπέας ροπής, ο οποίος μετατρέπει ηλεκτρική ενέργεια σε μηχανική. Η ροπή που αναπτύσσεται στον άξονα του κινητήρα είναι ανάλογη προς τη ροή του μαγνητικού πεδίου και του ρεύματος οπλισμού. Η κατασκευή του κινητήρα, είναι απλή και διαθέτει:

**α.** Το στάτη, ο οποίος αποτελείται από ένα κέλυφος, σφαιροτριβεία (ρουλεμάν) και μόνιμους μαγνήτες ή ηλεκτρομαγνήτες. Οι μαγνήτες του στάτη δημιουργούν ένα μαγνητικό πεδίο γύρω από το κινούμενο τμήμα του κινητήρα, το δρομέα.

**β.** Το δρομέα ο οποίος αποτελείται από τον άξονα και τα τυλίγματα, στα οποία ρέει ρεύμα για την τροφοδοσία του κινητήρα.

Το ρεύμα οδηγείται στα τυλίγματα μέσω ψηκτρών, οι οποίες εφάπτονται με το μεταγωγέα. Ο μεταγωγέας συνδέεται ηλεκτρικά με τα τυλίγματα με τέτοιο τρόπο, ώστε να παράγεται ροπή πάντοτε κατά την επιθυμητή διεύθυνση.

### 2.7.7. Ερωτήσεις

1. Πώς είναι κατασκευασμένοι οι κινητήρες Σ.Ρ. χωρίς ψήκτρες;
2. Σε τι διαφέρουν οι κινητήρες Σ.Ρ. τύπου μέσα έξω από τους κινητήρες Σ.Ρ. χωρίς ψήκτρες;
3. Πώς είναι κατασκευασμένοι οι κινητήρες Σ.Ρ. μόνιμων μαγνητών;
4. Τι πλεονεκτήματα έχουν οι κινητήρες μόνιμων μαγνητών σε σχέση με τους συμβατικούς;
5. Τι είναι οι σερβοκινητήρες και που χρησιμοποιούνται;
6. Ποιους τύπους σερβοκινητήρων γνωρίζετε;
7. Τι είναι οι βηματικοί κινητήρες και που χρησιμοποιούνται;
8. Πώς κατασκευάζονται οι βηματικοί κινητήρες;
9. Πώς ένας βηματικός κινητήρας ελέγχει την κίνηση σε κάποια θέση σύμφωνα με τους παλμούς τάσης από τον μικροϋπολογιστή;
10. Πώς κατασκευάζονται οι κινητήρες Σ.Ρ. κινητού πηνίου;

#### ➔ Βάλτε σε κύκλο το γράμμα μπροστά από τη σωστή απάντηση

11. Οι κινητήρες Σ.Ρ. χωρίς ψήκτρες διαθέτουν:
  - α. επαγωγικό τύλιγμα.
  - β. συλλέκτη.
  - γ. κανένα από τα παραπάνω.
12. Οι σερβοκινητήρες έχουν:
  - α. χαμηλή τάση.
  - β. υψηλή αδράνεια.
  - γ. κανένα από τα παραπάνω.
13. Οι βηματικοί κινητήρες χρησιμοποιούνται σε λειτουργίες:
  - α. ψηφιακού ελέγχου.
  - β. παλμικού ελέγχου.
  - γ. οπτικού ελέγχου.

# Ενότητα 2.8.

## Εφαρμογές κινητήρων Σ.Ρ. στα οχήματα

### Διδακτικοί στόχοι

➔ *Μετά από τη μελέτη της ενότητας αυτής θα πρέπει να μπορείτε:*

- 1. Να γνωρίζετε τον τρόπο διαίρεσης των εκκινήτων.*
- 2. Να γνωρίζετε την αρχή λειτουργίας των βενζιναντλιών.*

### 2.8.1. Εκκινήτης (μίζα)

Όπως είναι γνωστό, ο κινητήρας του αυτοκινήτου, είτε είναι βενζινοκινητήρας, είτε πετρελαιοκινητήρας, δεν παίρνει εμπρός μόνος του. Χρειάζεται ξένη βοήθεια. Η βοήθεια αυτή παρέχεται από τον εκκινήτη.

Ο εκκινήτης ανήκει στο σύστημα εκκίνησης του αυτοκινήτου και είναι βασικά ένας μικρός ηλεκτροκινητήρας Σ.Ρ. με διέγερση σειράς που τροφοδοτείται από τη μπαταρία του αυτοκινήτου.

Είναι αναγκαίος κατά τη εκκίνηση για να δώσει στη μηχανή τις απαραίτητες στροφές (συνήθως 50 στροφές/λεπτό, που χρειάζεται για την υπερνίκηση των τριβών του κινητήρα.

Η ισχύς του εκκινήτη εξαρτάται από το μέγεθος του κινητήρα, το είδος του, τον αριθμό των κυλίνδρων του και από τις στροφές του. Στους πιο μικρούς κινητήρες η ισχύς αυτή είναι της τάξης του 1HP.

Από άποψη κατασκευής ο εκκινήτης μοιάζει με τις γεννήτριες Σ.Ρ., με τη διαφορά ότι τα τυλίγματά τους κατασκευάζονται από αγωγούς μεγάλης διατομής (χάλκινες λάμες) ώστε να δέχονται το ρεύμα εκκίνησης που μπορεί να φτάσει τα 150A για τους μικρούς τύπους και ξεπερνά πολλές φορές τα 500A σε τύπους με μεγαλύτερη ισχύ.

Χαρακτηριστικό της κατασκευής τους είναι το μακρόστενο σχήμα που έχει το ζύγωμα, αφού, ως γνωστό, ο χώρος στα πλευρά του κινητήρα του αυτοκινήτου είναι περιορισμένος σε πλάτος.

Η αρχή λειτουργίας είναι η ίδια με την αρχή λειτουργίας των ηλεκτροκινητήρων Σ.Ρ. που γνωρίσαμε.

Η μετάδοση της κίνησης από τον εκκινήτη στον κινητήρα γίνεται με ένα ζευγάρι οδοντωτών τροχών. Το ένα, το **πινιόν** ή **γρανάζι μίζας** είναι τοποθετημένο στον άξονα του εκκινήτη και εμπλέκεται με την **οδοντωτή στεφάνη**, που τοποθετείται στην περιφέρεια του σφονδύλου, προκαλώντας έτσι την περιστροφή του κινητήρα. Η σχέ-

ση μετάδοσης της κίνησης είναι 10:1. Αμέσως μόλις ο κινητήρας πάρει μπροστά, αποσυνπλέκεται το γρανάζι της μίζας γιατί διαφορετικά η μίζα θα παρασυρθεί σε κίνηση με 10πλάσιες στροφές από τις στροφές του κινητήρα, με αποτέλεσμα την καταστροφή του δρομέα, γιατί η φυγόκεντρος δύναμη που αναπτύσσεται εκσφενδονίζει τους αγωγούς του τυλίγματος από τα αυλάκια.

### Είδη των εκκινήτων

Σύμφωνα με την αρχή λειτουργίας του μηχανισμού εμπλοκής οι εκκινήτες διακρίνονται σε:

- α.** αδρανειακού τύπου (με πλωτό πινιόν) (χρησιμοποιούνται στα επιβατηγά αυτοκίνητα),
- β.** τύπου προεμπλοκής (με πλωτό δρομέα).

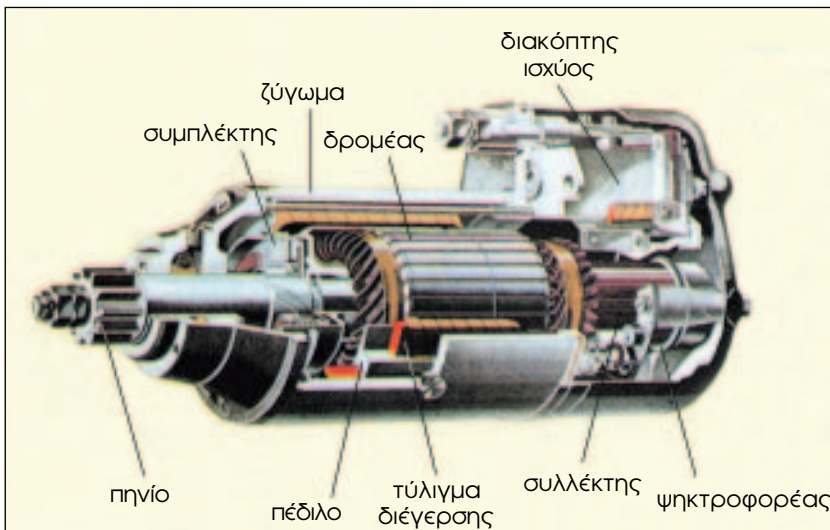
Σύμφωνα με τον τρόπο που κινείται το πινιόν τους διακρίνουμε:

- α.** ελαφρού τύπου, όπου το πινιόν κινείται σε ευθύ σφυνόδρομο,
- β.** μέσου τύπου, όπου το πινιόν κινείται σε ελικοειδή σφυνόδρομο με μεγάλο βήμα.

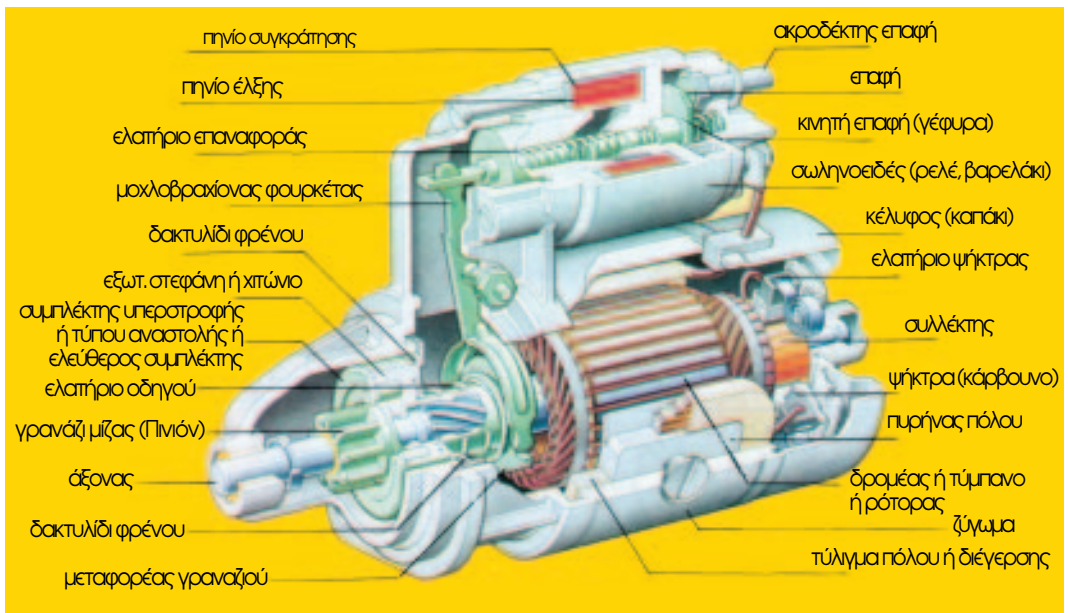
- Εκκινήτες πλωτού δρομέα.

Χρησιμοποιούνται συνήθως σε μεγάλα οχήματα π.χ. φορτηγά, λεωφορεία κ.λπ. Η εμπλοκή σε αυτούς γίνεται με κίνηση του δρομέα, ο οποίος δεν περιστρέφεται μόνο, αλλά έχει και τη δυνατότητα να κάνει αξονικές κινήσεις.

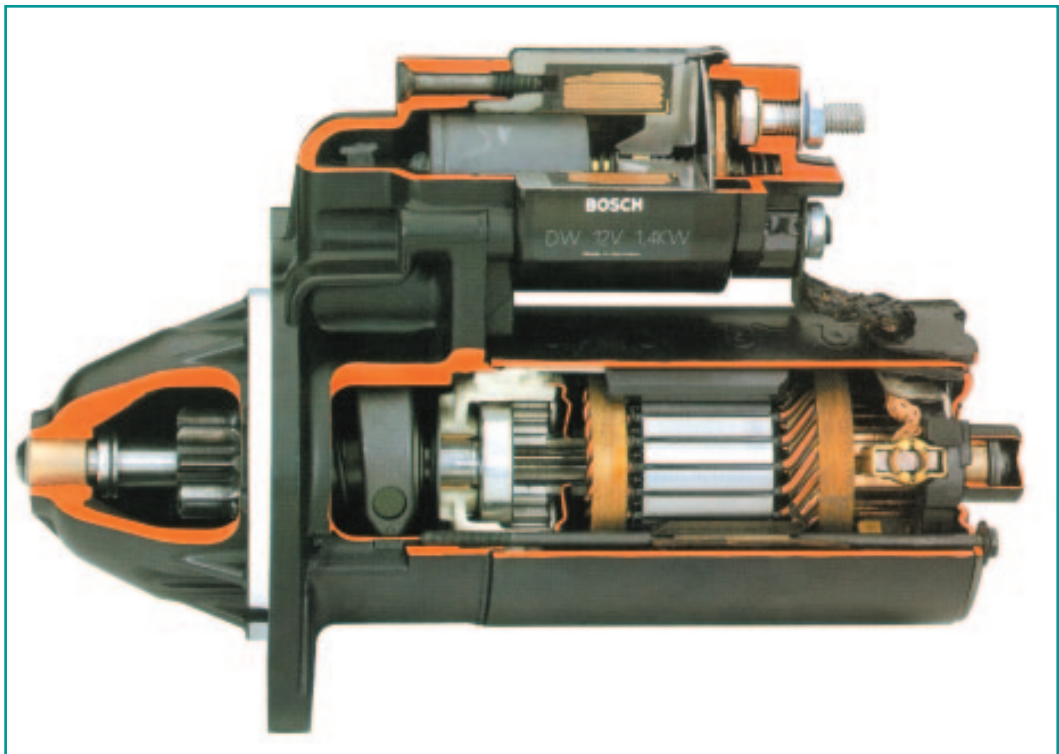
Στο σχήμα 2.40 φαίνεται σε τομή ένας εκκινήτης (μίζα) με πλωτό δρομέα, που χρησιμοποιείται σε επαγγελματικά οχήματα βαρέως τύπου. Στο σχήμα 2.41 φαίνεται ένας εκκινήτης μέσου τύπου και στο σχήμα 2.42 ένας εκκινήτης με πλανητικό σύστημα. Το βασικό πλεονέκτημα αυτού του εκκινήτη είναι ότι έχει μικρό βάρος, καταλαμβάνει μικρό χώρο και μεταφέρει μεγάλη δύναμη.



**Σχ. 2.40:** Κύρια μέρη εκκινήτη με πλωτό δρομέα.



**Σχ. 2.41:** Κύρια μέρη εκκιντή (μίζα) μέσου τύπου.



**Σχ.2.42:** Κύρια μέρη εκκιντή με πλανητικό σύστημα.

## 2.8.2. Ειδικοί τύποι εκκινητών

### 1. Γενικά

Οι διάφοροι τύποι εκκινητών που εξετάσαμε στην παράγραφο 2.8.1. ανήκουν σε εκκινητές αυτοκινήτων με ισχύ 0,3HP έως 6HP. Σε πολύ μεγάλους πετρελαιοκινητήρες φορτηγών αυτοκινήτων, χρειαζόμαστε εκκινητή με μεγαλύτερη ισχύ.

Σ' αυτήν την περίπτωση είναι πολύ συνηθισμένη η συνδεσμολογία δύο εκκινητών, με πλωτό δρομέα, στον ίδιο κινητήρα.

Επίσης πολύ μικροί κινητήρες χρειάζονται εκκινητή με ισχύ μικρότερη από 0,3HP. Στην περίπτωση αυτή χρησιμοποιείται εκκινητής που συνδυάζεται με τον σφόνδυλο. Ο εκκινητής αυτός είναι συγχρόνως και γεννήτρια.

### 2. Εκκινητής - Γεννήτρια

Ο εκκινητής - γεννήτρια χρησιμοποιείται σε μικρούς κινητήρες αυτοκινήτων ή σε μοτοσυκλέτες και σκούτερ.

Είναι μια πολύπλοκη ηλεκτρική μηχανή, που αποτελείται από το στάτη με το ζύγωμα και τους μαγνητικούς πόλους και από το δρομέα. Οι περισσότεροι τύποι εκκινητών αυτού του είδους έχουν ενσωματωμένο και το διανομέα.

## 2.8.3. Καθαριστήρες

Όλα τα αυτοκίνητα έχουν υποχρεωτικά ένα ζευγάρι καθαριστήρες, για το καθάρισμα του ανεμοθώρακα (παρμπρίζ) όταν βρέχει ή χιονίζει. Έτσι εξασφαλίζεται η καλή ορατότητα για τον οδηγό. Οι καθαριστήρες κινούνται από δύο ανεξάρτητους ηλεκτροκινητήρες (παλαιού τύπου αυτοκίνητα) ή από ένα μόνο κεντρικό ηλεκτροκινητήρα με κατάλληλο μηχανισμό διανομής της κίνησης.

Ο ηλεκτροκινητήρας αυτός περιστρέφει ένα στρόφαλο που μετατρέπει την περιστροφική κίνηση σε παλινδρομική, απαραίτητη για τη λειτουργία των καθαριστήρων.

Ο ηλεκτροκινητήρας μπορεί να εργαστεί συνήθως σε δύο ταχύτητες (σκάλες) που επιλέγονται από διακόπτη στο ταμπλό. Σε πολλά αυτοκίνητα, υπάρχει και μια πολύ αργή σκάλα για το ψιχάλισμα. Η τάση λειτουργίας του ηλεκτροκινητήρα είναι 12V και 24V, ενώ η γωνία απόκλισης του βραχίονα είναι από 55° έως 105°.

Μερικοί τύποι ηλεκτροκινητήρων έχουν μια θερμοστατική διάταξη προστασίας που τους θέτει εκτός λειτουργίας, όταν οι καθαριστήρες ακινητοποιηθούν από το χιόνι ή τον πάγο.

Τέλος αναφέρουμε ότι υπάρχουν και μηχανισμοί υαλοκαθαριστήρων που εργάζονται με υποπίεση αέρα ή με αέρα που παίρνουν από τον αεροσυμπιεστή.

## 2.8.4. Πλύστης παρμπρίζ

Η πλύση του παρμπρίζ γίνεται μέσω αντλίας που συνήθως είναι ηλεκτρική με διάφραγμα (όπως η αντλία καυσίμου) ή με φτερωτή που κινείται από ένα μικρό κινητήρα. Η αντλία ενεργοποιείται με ένα μπουτόν και παίρνει ρεύμα μετά το διακόπτη ανάφλεξης.

Διευκρινίζεται ότι το δοχείο με το υγρό πλύσης του παρμπρίζ τοποθετείται κάτω από το καπό, οπότε είναι απαραίτητη η χρήση της αντλίας για τον ψεκασμό του παρμπρίζ με νερό.

## 2.8.5. Ηλεκτρικός ανεμιστήρας (βεντιλατέρ)

Είναι γνωστό, ότι η ψύξη του κινητήρα γίνεται από το νερό του ψυγείου και αποβάλλεται στον περιβάλλοντα χώρο.

Τα ρεύματα αέρα, που δημιουργούνται στο χώρο του ψυγείου κατά την κίνηση του αυτοκινήτου, βοηθούν πάρα πολύ στην αποβολή της θερμότητας προς το περιβάλλον.

Όταν όμως το αυτοκίνητο δεν κινείται ή κινείται σε χαμηλές ταχύτητες η αποβολή αυτής της θερμότητας δυσχεραίνεται, με αποτέλεσμα ο κινητήρας του αυτοκινήτου να υπερθερμαίνεται. Για την επίλυση του προβλήματος αυτού, τοποθετούμε κοντά στο ψυγείο του αυτοκινήτου ένα ηλεκτροκίνητο ανεμιστήρα (βεντιλατέρ), ο οποίος λειτουργεί με τη βοήθεια ενός θερμοστάτη. Όταν η θερμοκρασία του νερού ξεπεράσει τους 95°C, κλείνει ο θερμοστάτης και μπαίνει σε λειτουργία ο ανεμιστήρας. Όταν η θερμοκρασία του νερού επανέλθει στα επιτρεπόμενα όρια, τότε ο θερμοστάτης διακόπτει το κύκλωμα και ο ανεμιστήρας σταματά.

## 2.8.6. Ηλεκτρική βενζιναντλία

Η ηλεκτρική βενζιναντλία λειτουργεί είτε με ηλεκτροκινητήρα, είτε με ηλεκτρομαγνήτη.

Οι ηλεκτρικές βενζιναντλίες πλεονεκτούν έναντι των μηχανικών. Η παροχή καυσίμου ξεκινά μόλις στρίψουμε το διακόπτη της μηχανής. Η ηλεκτρική βενζιναντλία παρέχει άφθονη ποσότητα καυσίμου και ενδείκνυται η τοποθέτησή της και στους κινητήρες υψηλών απαιτήσεων.

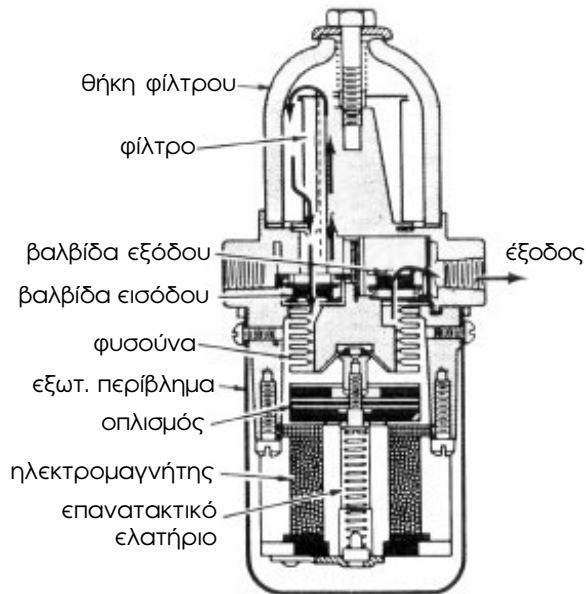
Οι ηλεκτρικές βενζιναντλίες διακρίνονται σε δύο βασικούς τύπους:

- α.** Ηλεκτρική βενζιναντλία που τοποθετείται στη γραμμή καυσίμου.
- β.** Ηλεκτρική βενζιναντλία που τοποθετείται μέσα ή έξω από το ρεζερβουάρ. Στα σύγχρονα αυτοκίνητα τοποθετείται μέσα στο ρεζερβουάρ.

Η ηλεκτρική βενζιναντλία που τοποθετείται στη γραμμή καυσίμου, μπορεί να λειτουργεί είτε με ηλεκτρικό κινητήρα, είτε με ηλεκτρομαγνήτη.

Το σχήμα 2.43 δείχνει σχηματικά μια ηλεκτρική βενζιναντλία (παλμική) που λειτουργεί με ηλεκτρομαγνήτη. Η χρήση της περιορίζεται στα αυτοκίνητα παλαιάς τεχνολογίας.





**Σχ. 2.43:** Ηλεκτρική βενζιναντλία με ηλεκτρομαγνήτη.

Ο ηλεκτρομαγνήτης έλκει τον οπλισμό και τεντώνει τη φουσούνα προκαλώντας στο εσωτερικό της κενό. Έτσι αναρροφάται βενζίνη από το ρεζερβουάρ μέσα από τη βαλβίδα εισόδου μέχρι τη φουσούνα. Όταν ο οπλισμός φτάσει στο κάτω μέρος της διαδρομής του ανοίγει ένα ζευγάρι επαφών και ο ηλεκτρομαγνήτης αποσυνδέεται.

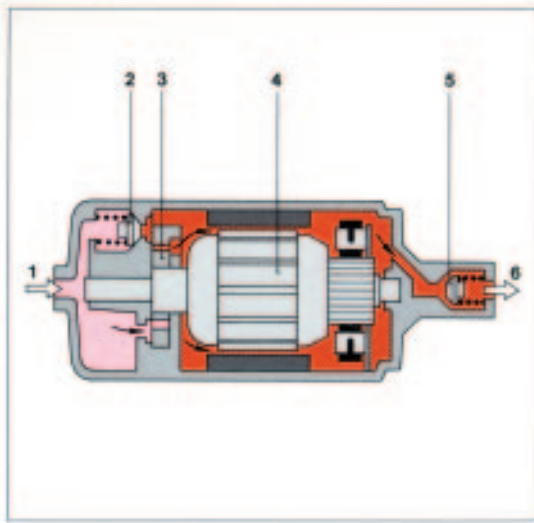
Σκοπός του επανατακτικού ελατηρίου είναι να ανυψώνει τον οπλισμό και να συμπιέζει τη φουσούνα εξαναγκάζοντας το καύσιμο να βγει από τη βαλβίδα εξόδου. Όταν ο οπλισμός φτάσει στο πάνω σημείο, κλείνει το ζεύγος επαφών, επαναδιεγείρεται ο ηλεκτρομαγνήτης και ο κύκλος επαναλαμβάνεται.

Η βενζιναντλία που τοποθετείται στο ρεζερβουάρ έχει έναν ηλεκτρικό κινητήρα, ο οποίος γυρίζει μια φτερωτή. Με την περιστροφή της φτερωτής οδηγείται το καύσιμο στο καρμπυρατέρ ή στο σύστημα έγχυσης καυσίμου (injection).

Η αντλία συνδέεται με το ηλεκτρικό κύκλωμα, διαμέσου των επαφών του ρελέ μίζας. Στη συνέχεια το κύκλωμα διατηρείται, δια μέσου του πιεστικού διακόπτη λαδιού.

Η αντλία διακόπτει τη λειτουργία της, όταν ο κινητήρας σταματήσει ή, όταν πέσει σημαντικά η πίεση λαδιού.

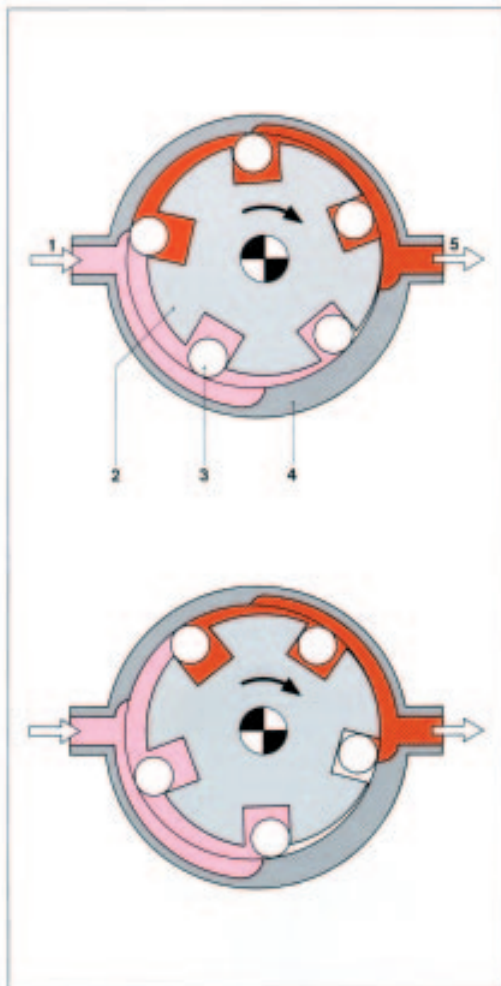
Το σχήμα 2.44 (α-β) δείχνει μια περιστροφική ηλεκτρική βενζιναντλία που λειτουργεί με ηλεκτροκινητήρα.



**Σχ. 2.44α.**

Περιστροφική ηλεκτρική βενζιναντλία

1. Πλευρά αναρρόφησης
2. Περιοριστής πίεσης
3. Περιστροφική αντλία
4. Επαχώνιμο κινητήρα
5. Βαλβίδα ελέγχου
6. Πλευρά πίεσης



**Σχ. 2.44β.**

Λειτουργία περιστροφικής αντλίας

1. Πλευρά αναρρόφησης
2. Έλασμα δρομέα
3. Κυλινδρικός αντλίας
4. Έλασμα στεφάνης κυλινδρικών
5. Πλευρά πίεσης

Η ηλεκτρική βενζιναντλία είναι μια περιστροφική αντλία που παίρνει κίνηση από κινητήρα με μόνιμους, (φυσικούς) μαγνήτες.

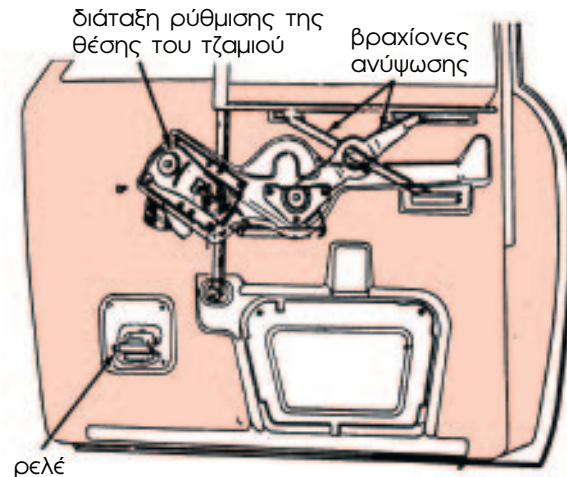
Η ενέργεια άντλησης αρχίζει από τη στιγμή που οι κυλινδρικοί κατά την περιστροφή τους κλείνουν την οπή αναρρόφησης (είσοδος καυσίμου). Το παγιδευμένο καύσιμο εξαναγκάζεται σε περιστροφή μπροστά από τους κυλινδρικούς αυτούς, μέχρι να μπορέσει να διαφύγει από την αντλία μέσω της οπής εξόδου (σχ. 2.43β) και να οδηγηθεί στο σύστημα ψεκασμού.

Το καύσιμο (βενζίνη) ρέει απευθείας γύρω από τον ηλεκτρικό κινητήρα, χωρίς να υπάρχει κίνδυνος έκρηξης, αφού ποτέ δεν υπάρχει εύφλεκτο μίγμα μέσα στον κινητήρα.

Η ηλεκτρική βενζιναντλία απελευθερώνει πάντοτε περισσότερο καύσιμο από ότι χρειάζεται η μηχανή, έτσι ώστε να υπάρχει κάτω από όλες τις συνθήκες λειτουργίας μια ικανοποιητική πίεση στο σύστημα καυσίμου.

### 2.8.7. Ηλεκτρικός μηχανισμός τζαμιών

Σε όλα τα αυτοκίνητα νέου τύπου τοποθετείται κυρίως στις μπροστινές πόρτες (σπάνια στις πίσω) ένας κινητήρας που ανεβάζει και κατεβάζει το τζάμι (σχ. 2.45).



**Σχ. 2.45:** Μηχανισμός αυτόματης λειτουργίας τζαμιού μπροστινής πόρτας.

Ένας κινητήρας χρησιμοποιείται για να λειτουργήσει ο μηχανισμός μανδάλωσης. Το σύστημα ενεργοποιείται με το χειρισμό ενός διακόπτη σε κάθε πόρτα. Η κλειδαριά κάθε πόρτας μπορεί να λειτουργήσει είτε χειροκίνητα είτε ηλεκτρικά.

## 2.8.8. Ερωτήσεις

1. Ποιος είναι ο σκοπός του εκκινητή (μίζας) στα αυτοκίνητα;
2. Περιγράψτε τον τρόπο μετάδοσης της κίνησης από τον εκκινητή στον κινητήρα.
3. Σε ποιες κατηγορίες διαιρούνται οι εκκινητές;
4. Ποιους ειδικούς τύπους εκκινητών γνωρίζετε;
5. Εξηγήστε πώς μετατρέπεται η περιστροφική κίνηση σε παλινδρομική στους καθαριστήρες των αυτοκινήτων.
6. Να περιγραφεί ο τρόπος πλύσης του παρμπρίζ.
7. Αναφέρετε πώς και γιατί μπαίνει σε λειτουργία ο ηλεκτρικός ανεμιστήρας (βεντιλατέρ).
8. Πώς διακρίνονται οι ηλεκτρικές βενζιναντλίες;
9. Να περιγραφεί η λειτουργία ηλεκτρικής βενζιναντλίας που τοποθετείται στη γραμμή καυσίμου (λειτουργία με ηλεκτρομαγνήτη).
10. Να περιγραφεί η λειτουργία ηλεκτρικής βενζιναντλίας που τοποθετείται στο ρεζερβουάρ.

### Βάλτε σε κύκλο το γράμμα μπροστά από τη σωστή απάντηση

11. Η αρχή λειτουργίας της μίζας στηρίζεται:
  - α. στην αρχή λειτουργίας των κινητήρων Σ.Ρ.
  - β. στην αρχή λειτουργίας των γεννητριών Σ.Ρ.
  - γ. στην αρχή λειτουργίας των κινητήρων Ε.Ρ.
12. Ο εκκινητής - γεννήτρια χρησιμοποιείται:
  - α. σε φορτηγά αυτοκίνητα,
  - β. μόνο σε μεγάλους πετρελαιοκινητήρες,
  - γ. σε μικρούς κινητήρες αυτοκινήτων και σε μοτοσικλέτες.
13. Η ηλεκτρική βενζιναντλία λειτουργεί:
  - α. με ηλεκτροκινητήρα,
  - β. με ηλεκτρομαγνήτη,
  - γ. και με τα δύο παραπάνω.

## 2.9. Ανακεφαλαίωση

- ◆ Η κατασκευή της πρώτης μηχανής Σ.Ρ. στηρίχτηκε στην ανακάλυψη του νόμου της επαγωγής από τον Faraday (Φαραντέη).
- ◆ Όταν ένας αγωγός κινείται μέσα σε μαγνητικό πεδίο, έτσι που να κόβει τις μαγνητικές γραμμές, δημιουργείται σ' αυτόν ΗΕΔ από επαγωγή. Το μέγεθός της δίνεται από τη σχέση:  $E=B \cdot \ell \cdot u$  (σε V)
- ◆ Όταν ένας αγωγός βρίσκεται μέσα σε μαγνητικό πεδίο και διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα, τότε ασκείται σ' αυτόν από το μαγνητικό πεδίο δύναμη που τείνει να τον κινήσει προς ορισμένη κατεύθυνση.  
Το μέγεθος της δύναμης δίνεται από τη σχέση:  $F=B \cdot \ell \cdot I$  (σε N)
- ◆ Οι γεννήτριες και οι κινητήρες Σ.Ρ. είναι μηχανές όμοιες μεταξύ τους από την άποψη της κατασκευής. Τα κύρια μέρη τους είναι:
  - α. ο στάτης, που έχει τους μαγνητικούς πόλους και το ζύγωμα,
  - β. ο δρομέας με το επαγωγικό τύμπανο και το συλλέκτη και
  - γ. ο ψηκτροφορέας που στηρίζεται στο ακίνητο μέρος της μηχανής.
- ◆ Η δημιουργία του μαγνητικού πεδίου στις μηχανές Σ.Ρ. γίνεται από το ηλεκτρικό ρεύμα, που διαρρέει τα τυλίγματα των μαγνητικών πόλων και ονομάζεται διέγερση της μηχανής.
- ◆ Για να αναγνωρίζονται εύκολα οι ακροδέκτες μιας μηχανής απαιτείται η τυποποίηση των ακροδεκτών τους.
- ◆ Όταν πρόκειται να κατασκευάσουμε ένα κινητήρα, θα πρέπει για λόγους ασφαλείας να γνωρίζουμε και τις συνθήκες στις οποίες θα εργαστεί.
- ◆ Ο κωδικός που χαρακτηρίζει το βαθμό προστασίας ενός κινητήρα αποτελείται από τα γράμματα IP συνοδευόμενα από δύο χαρακτηριστικούς αριθμούς.
- ◆ Ανάλογα με τον τρόπο που τα άκρα των ομάδων του τυλίγματος του επαγωγικού τυμπάνου συνδέονται με τους τομείς του συλλέκτη, τα τυλίγματα των μηχανών Σ.Ρ. διακρίνονται σε βροχοτυλίγματα και κυματοτυλίγματα.
- ◆ Τα **βροχοτυλίγματα** χρησιμοποιούνται σε μηχανές χαμηλής τάσης και υψηλής έντασης ρεύματος.  
Τα **κυματοτυλίγματα** χρησιμοποιούνται σε μηχανές υψηλής και χαμηλής έντασης ρεύματος.
- ◆ Στις γεννήτριες ξένης διέγερσης, το τύλιγμα διέγερσης τροφοδοτείται από μία ανεξάρτητη πηγή Σ.Ρ. Η διακύμανση τάσης στις γεννήτριες αυτές κυμαίνεται μεταξύ 5 και 10% για την κανονική ένταση διέγερσης και την κανονική ταχύτητα περιστροφής.

◆ Οι γεννήτριες με παράλληλη διέγερση έχουν το τύλιγμα διέγερσης συνδεσμολογημένο παράλληλα με το επαγωγικό τύμπανο. Οι μηχανές αυτές αυτοδιεγείρονται χάρη στον παραμένοντα μαγνητισμό των πόλων. Η διακύμανση τάσης στις γεννήτριες αυτές, για σταθερή ταχύτητα περιστροφής και σταθερή αντίσταση διέγερσης, είναι μεγαλύτερη από ό,τι στις γεννήτριες με ξένη διέγερση.

◆ Οι γεννήτριες με διέγερση σειράς έχουν το τύλιγμα διέγερσης συνδεσμολογημένο σε σειρά με το επαγωγικό τύμπανο. Στις γεννήτριες αυτές, που πολύ σπάνια κατασκευάζονται για να αυτοδιεγερθούν, πρέπει το φορτίο να είναι συνδεδεμένο από την αρχή, ώστε να μπορεί να περάσει ρεύμα μέσα από το τύλιγμα διέγερσης.

◆ Στις γεννήτριες με σύνθετη διέγερση, το τύλιγμα κάθε πόλου αποτελείται από δύο μέρη: το παράλληλο τύλιγμα και το τύλιγμα σειράς. Το πρώτο συνδεσμολογείται όπως στις γεννήτριες με παράλληλη διέγερση και το δεύτερο, όπως στις γεννήτριες με διέγερση σειράς. Το τύλιγμα σειράς είναι δυνατό να συνδεθεί κατά δύο τρόπους έτσι ώστε: (α) να ενισχύεται το μαγνητικό πεδίο που προκαλείται από το παράλληλο τύλιγμα (αθροιστική σύνθετη διέγερση), (β) να εξασθενεί το μαγνητικό πεδίο που προκαλείται από το παράλληλο τύλιγμα (διαφορική σύνθετη διέγερση).

◆ Η ισχύς που δίνει μια γεννήτρια Σ.Ρ. δίνεται από τη σχέση:

$$P = V \cdot I \text{ (σε Watt)}$$

Η ισχύς που απορροφά η γεννήτρια από την κινητήρια μηχανή είναι μεγαλύτερη. Η διαφορά αποτελεί την ισχύ των απωλειών, οι οποίες εμφανίζονται με μορφή θερμότητας.

Οι απώλειες διακρίνονται σε σταθερές, που είναι οι μηχανικές και οι μαγνητικές απώλειες και σε μεταβλητές, που είναι οι ηλεκτρικές απώλειες.

Ο λόγος της ισχύος που δίνει μια γεννήτρια προς την ισχύ που απορροφά από την κινητήρια μηχανή, ονομάζεται **βαθμός απόδοσης της γεννήτριας**:

$$\eta = \frac{P}{P_1} = \frac{P}{P + P_{an}} < 1$$

Ο βαθμός απόδοσης μεταβάλλεται ανάλογα με το φορτίο της.

◆ Η γεννήτρια του αυτοκινήτου είναι το μηχανήμα που παράγει την ηλεκτρική ενέργεια που απαιτείται για τους καταναλωτές του. Η τάση λειτουργίας της γεννήτριας είναι 6V, 12V ή 24V.

Η ονομαστική ισχύς της γεννήτριας είναι 140W, ενώ η μέγιστη ισχύς, χωρίς κίνδυνο καταστροφής της, φτάνει τα 200W.

◆ Η γεννήτρια παλμών τύπου Hall (Χολ) έχει εφαρμογή στο σύστημα ανάφλεξης οχημάτων. Εκμετάλλευση του φαινομένου αυτού γίνεται και στη μέτρηση μικρών μετακινήσεων. Στην ίδια αρχή λειτουργίας στηρίζεται και ο διακόπτης φαινομένου Hall (Χολ).

◆ Η αντιηλεκτρεγερτική δύναμη ενός κινητήρα Σ.Ρ. δίνεται από τη σχέση:

$$E_a = k \cdot \Phi \cdot n \text{ (σε V)}$$

## 2. ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΜΗΧΑΝΕΣ Σ.Ρ.

♦ Κατά τη στιγμή της εκκίνησης η  $E_o$  είναι ίση με μηδέν, οπότε το ρεύμα παίρνει τη μέγιστη τιμή που είναι:

$$I_\epsilon = \frac{U - 0}{R_T} = \frac{U}{R_T}$$

♦ Για να αποφύγουμε το πρόβλημα της πολύ μεγάλης έντασης εκκίνησης στους κινητήρες Σ.Ρ., τοποθετούμε σε σειρά με το επαγωγικό τύλιγμα μια μεταβλητή αντίσταση, που ονομάζεται **εκκινήτης**. Κατά το στάδιο της εκκίνησης ισχύει η σχέση:

$$I_\epsilon = \frac{U}{R_T + R_\epsilon}$$

♦ Η ροπή στρέψης των κινητήρων Σ.Ρ. δίνεται από τη σχέση:

$$T = k_f \cdot \Phi \cdot I_f \quad (\text{σε Nm})$$

♦ Όταν ένας κινητήρας εργάζεται με φορτίο, η ηλεκτρική ισχύς που απορροφά από το δίκτυο εξαρτάται από το φορτίο και μεταβάλλεται αυτόματα, ανάλογα με τις μεταβολές του φορτίου.

♦ Σημαντικό πλεονέκτημα των κινητήρων Σ.Ρ. σε σύγκριση με τους κινητήρες Ε.Ρ. είναι το γεγονός της εύκολης ρύθμισης των στροφών.

Η ρύθμιση της ταχύτητας περιστροφής γίνεται, με δύο βασικούς τρόπους. Διατηρούμε την τάση σταθερή και μεταβάλλουμε το ρεύμα διέγερσης ή διατηρούμε το ρεύμα διέγερσης σταθερό και μεταβάλλουμε την τάση του επαγωγικού τυμπάνου.

♦ Η ισχύς που δίνει ο κινητήρας στον άξονά του δίνεται από τη σχέση:

$$P = \frac{T_a \cdot n}{9,55} \quad (\text{σε W})$$

Η ηλεκτρική ισχύς που απορροφά ο κινητήρας από το δίκτυο δίνεται από τη σχέση:

$$P_1 = U \cdot I \quad (\text{σε W})$$

Η διαφορά  $P_1 - P$  δίνει την ισχύ των απωλειών του κινητήρα.

Βαθμός απόδοσης είναι ο λόγος των ισχύων:

$$\eta = \frac{P}{P_1} = \frac{P}{P + P_{\text{αν}}} < 1$$

♦ Στους κινητήρες με παράλληλη διέγερση όπως και στις αντίστοιχες γεννήτριες, το κύκλωμα διέγερσης τροφοδοτείται παράλληλα με το τύλιγμα του επαγωγικού τυμπάνου.

Η αλλαγή της φοράς περιστροφής στους κινητήρες αυτούς γίνεται με δύο τρόπους: με την αλλαγή της φοράς του ρεύματος διέγερσης χωρίς να μεταβληθεί η φορά του ρεύματος του τυμπάνου ή με την αλλαγή της φοράς του ρεύματος τυμπάνου, χωρίς να μεταβληθεί η πολικότητα των μαγνητικών πόλων.

Στους κινητήρες με παράλληλη διέγερση, η ταχύτητα περιστροφής πολύ λίγο μεταβάλλεται με την μεταβολή του φορτίου, ενώ η ροπή μεταβάλλεται ανάλογα.

◆ Στους κινητήρες με διέγερση σειράς, το κύκλωμα διέγερσης είναι συνδεδεμένο σε σειρά με το τύλιγμα του επαγωγικού τυμπάνου, τους βοηθητικούς πόλους και τον εκκινητή.

Για να αλλάξουμε τη φορά περιστροφής του κινητήρα, πρέπει να αλλάξουμε τη φορά του ρεύματος στο τύλιγμα του επαγωγικού τυμπάνου και στο τύλιγμα των βοηθητικών πόλων, χωρίς να αλλάξουμε τη φορά του ρεύματος στη διέγερση.

Στους κινητήρες με διέγερση σειράς, η ταχύτητα περιστροφής ελαττώνεται σημαντικά με την αύξηση του φορτίου, ενώ αυξάνεται σημαντικά και η ροπή.

◆ Στους κινητήρες με σύνθετη διέγερση, όπως και στις γεννήτριες, κάθε κύριος μαγνητικός πόλος έχει δύο τυλίγματα, το παράλληλο τύλιγμα και το τύλιγμα σειράς. Το παράλληλο τύλιγμα μπορεί να ενισχύει το μαγνητικό πεδίο του τυλίγματος σειράς ή να το εξασθενεί.

Για να αλλάξουμε τη φορά περιστροφής του κινητήρα, πρέπει να αλλάξουμε τη συνδεσμολογία, ώστε να αλλάξει η φορά του ρεύματος που διαρρέει το επαγωγικό τυμπάνο και τους βοηθητικούς πόλους, ενώ διατηρούμε την ίδια φορά και στα δύο τυλίγματα διέγερσης.

Οι χαρακτηριστικές λειτουργίας του κινητήρα με σύνθετη διέγερση βρίσκονται μεταξύ των χαρακτηριστικών λειτουργίας του κινητήρα με παράλληλη διέγερση και του κινητήρα με διέγερση σειράς.

◆ Η ταχύτητα περιστροφής των κινητήρων Σ.Ρ. είναι δυνατόν να μεταβάλλεται:

- με ρύθμιση της αντίστασης διέγερσης

- με ρύθμιση της τάσης στα άκρα του οπλισμού του και με ρύθμιση της αντίστασης του οπλισμού του.

◆ Τα πιο συνηθισμένα στοιχεία που χρησιμοποιούνται στα κυκλώματα ελέγχου για την εκκίνηση των κινητήρων είναι: Οι ασφάλειες, οι διακόπτες επαφής, τα ρελέ και οι θερμικοί διακόπτες υπερφόρτισης.

◆ Με το σύστημα Ward - Leonard (Bart-Λέοναρντ) είναι δυνατόν να επιτευχθεί ένα αρκετά μεγάλο εύρος ταχυτήτων και προς τις δύο κατευθύνσεις περιστροφής. Λόγω των μειονεκτημάτων που παρουσιάζει το σύστημα Ward - Leonard (Bart-Λέοναρντ) έχει αντικατασταθεί από τους ηλεκτρονικούς μετατροπείς ισχύος (SCR).

◆ Για να μειώσουμε, όσο είναι δυνατόν, το διάστημα που απαιτείται να σταματήσει να περιστρέφεται ένας κινητήρας, όταν αποσυνδέεται από το δίκτυο, εφαρμόζουμε την ηλεκτρική πέδηση. Για να καταναλώσουμε την κινητική ενέργεια, αρκεί να μετατρέψουμε προσωρινά τον κινητήρα σε γεννήτρια με κατανάλωση.

◆ Οι σερβοκινητήρες είναι ειδικά σχεδιασμένες μηχανές Σ.Ρ. με υψηλή ροπή και χαμηλή αδράνεια.

Χρησιμοποιούνται τέσσερις τύποι σερβοκινητήρων Σ.Ρ.

**α.** Κινητήρες ελεγχόμενου πεδίου.

**β.** Σερβοκινητήρες ελεγχόμενου τυμπάνου.

**γ.** Σερβοκινητήρες μόνιμων μαγνητών ελεγχόμενου τυμπάνου.

**δ.** Σερβοκινητήρες χωρισμένου πεδίου σειράς.



◆ Οι κινητήρες Σ.Ρ. χωρίς ψήκτρες δεν διαθέτουν επαγωγικό τύλιγμα, συλλέκτη και ψήκτρες. Το επαγωγίμο έχει μαγνήτες και περιβάλλεται από τα σταθερά τυλίγματα του στάτη.

Οι φάσεις του στάτη είναι γενικά τρεις, αλλά σε μερικούς κινητήρες μπορεί να είναι τέσσερις ή δύο.

◆ Οι κινητήρες Σ.Ρ. τύπου μέσα έξω, είναι κινητήρες χωρίς ψήκτρες. Οι μόνιμοι μαγνήτες του τυμπάνου τοποθετούνται στο σταθερό περίβλημα της μηχανής, ενώ το τύλιγμα του στάτη βρίσκεται στο εσωτερικό του περιστρεφόμενου μέρους.

◆ Οι κινητήρες μόνιμων μαγνητών διαθέτουν τύλιγμα οπλισμού και ψήκτρες όπως και οι συμβατικοί κινητήρες. Το μαγνητικό πεδίο προέρχεται από μόνιμους μαγνήτες και όχι ηλεκτρομαγνήτες.

◆ Οι βηματικοί κινητήρες χρησιμοποιούνται σε λειτουργίες ψηφιακού ελέγχου. Οι κινητήρες αυτοί είναι δύο φάσεων μόνιμου μαγνήτη και παρέχουν μια συγκεκριμένη γωνιακή κίνηση, κάθε φορά που η πολικότητα του τυλίγματος αλλάζει.

◆ Οι κινητήρες των αρθρώσεων είναι κινητήρες Σ.Ρ. κινητού πηνίου, που χρησιμοποιούνται σε ρομποτικά εργαλεία.

◆ Ο εκκινητής ανήκει στο σύστημα εκκίνησης του αυτοκινήτου και είναι βασικά ένας μικρός ηλεκτροκινητήρας Σ.Ρ. με διέγερση σειράς που τροφοδοτείται από τη μπαταρία του αυτοκινήτου.

Η μετάδοση της κίνησης από τον εκκινητή στον κινητήρα γίνεται με ένα ζευγάρι οδοντωτών τροχών.

◆ Σύμφωνα με την αρχή λειτουργίας του μηχανισμού εμπλοκής οι εκκινητές διαιρούνται σε:

**α.** αδρανειακού τύπου (με πλωτό πινιόν).

**β.** τύπου προεμπλοκής (με πλωτό δρομέα).

Σύμφωνα με τον τρόπο που κινείται το πινιόν, διαιρούνται σε:

**α.** ελαφρού τύπου.

**β.** μέσου τύπου.

◆ Για μεγάλους πετρελαιοκινητήρες χρειαζόμαστε ειδικούς τύπους εκκινητών με μεγαλύτερη ισχύ από τους κοινούς.

◆ Ο εκκινητής - γεννήτρια χρησιμοποιείται σε μικρούς κινητήρες αυτοκινήτων ή σε μοτοσυκλέτες και σκούτερ. Είναι μια πολύπλοκη ηλεκτρική μηχανή, με στάτη, ζύγωμα, μαγνητικούς πόλους και δρομέα.

◆ Ο ηλεκτροκινητήρας των καθαριστήρων του αυτοκινήτου περιστρέφει ένα στρόφαλο που μετατρέπει την περιστροφική κίνηση σε παλινδρομική.

Υπάρχουν και μηχανισμοί υαλοκαθαριστήρων που εργάζονται με υποπίεση αέρα ή με αέρα που παίρνουν από τον αεροσυμπιεστή.

- ◆ Η πλύση του παρμπρίζ γίνεται μέσω αντλίας, που συνήθως είναι ηλεκτρική με διάφραγμα ή με φτερωτή που κινείται από ένα μικρό κινητήρα.
- ◆ Ο ηλεκτρικός ανεμιστήρας (βεντιλατέρ) βοηθάει στην απαγωγή της θερμότητας από το ψυγείο, όταν το αυτοκίνητο δεν κινείται ή κινείται σε χαμηλές ταχύτητες.
- ◆ Η ηλεκτρική βενζιναντλία λειτουργεί με ηλεκτροκινητήρα ή με ηλεκτρομαγνήτη. Οι ηλεκτρικές βενζιναντλίες διακρίνονται σε δύο βασικούς τύπους: αυτές που τοποθετούνται στη γραμμή καυσίμου και αυτές που τοποθετούνται στο ρεζερβουάρ.