

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,

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

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

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

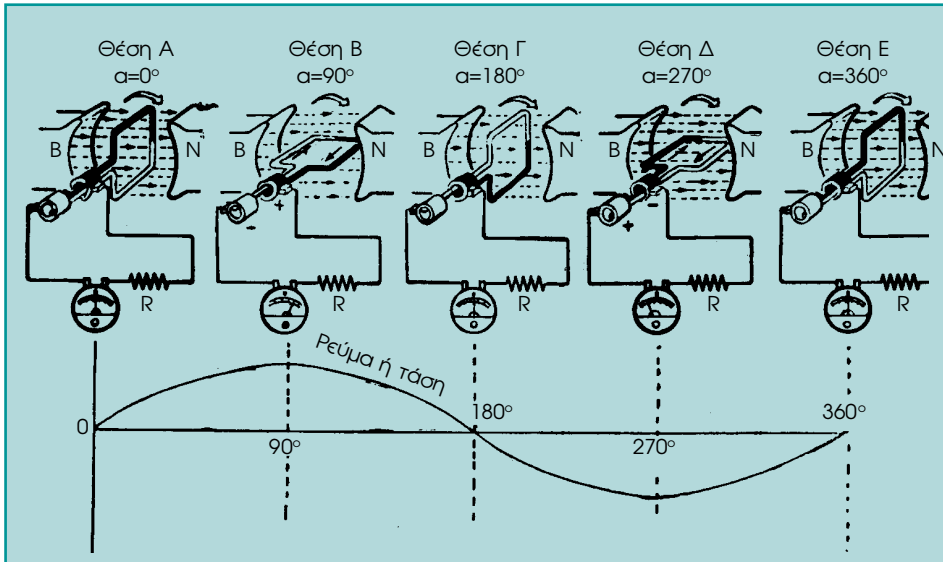
- του ημίτονου της γωνίας (α), η οποία σχηματίζεται μεταξύ των κατευθύνσεων της κίνησης και του μαγνητικού πεδίου.

Η σχέση που δίνει την ΗΕΔ είναι:

$$E = B \cdot \dot{\varphi} \cdot \eta \text{μα (σε V)}$$

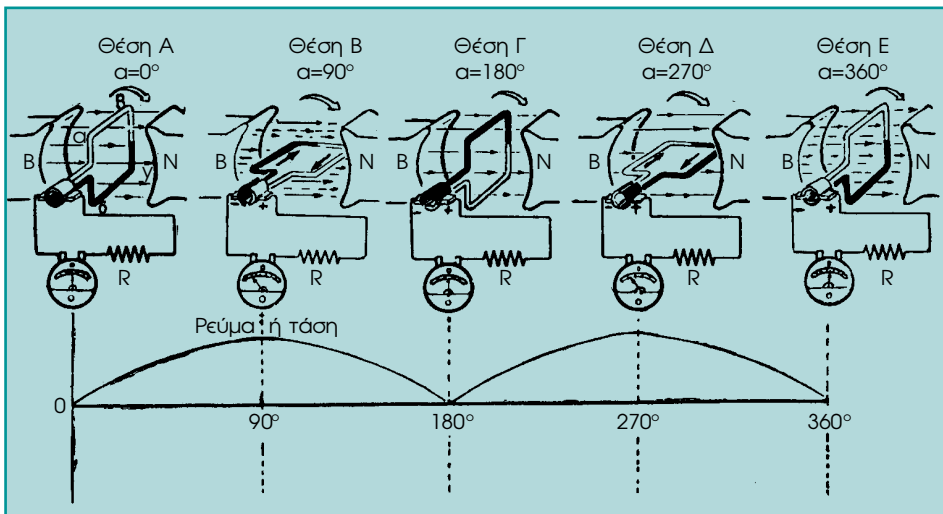
(2.1)

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 (α), την οποία σχηματίζουν οι διευθύνσεις του αγωγού και του πεδίου.

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

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

2.1.4. Παραδείγματα SOS

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 **$E = B \cdot l \cdot u$ (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° και η παραγόμενη ΗΕΔ από επαγωγή στον αγωγό είναι $E=9,4\text{V}$.

Λύση

Από τη σχέση της ΗΕΔ από επαγωγή

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

3. Αγωγός μήκους 15cm κινείται με ταχύτητα 4m/s κάθετα προς τις μαγνητικές γραμμές ομοιομόρφου μαγνητικού πεδίου επαγωγής 0,8T. 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: $E = B \cdot \ell \cdot u \cdot \eta\mu\alpha$

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:

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

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

$$F = B \cdot \ell \cdot I \cdot \eta\mu\alpha$$

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

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° 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° μέσα σε μαγνητικό πεδίο $B=0,9\text{T}$ είναι 12N . Ζητείται η ένταση του ρεύματος, που θα διαρρέεται ο αγωγός. **(ΑΠ. 47,2A)**

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

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

Με ανορθωτική διάταξη και φίλτρα εξομάλυνσης. Φίλτρα είναι συνδυασμοί αντιστάσεων, πυκνωτών και πηνίων με σκοπό την απομάκρυνση όλων των εναλλασσόμενων συνιστωσών της συνεχούς μεταβαλλόμενης τάσης από τη συνεχή συνιστώσα, για τη μείωσή της κυμάτωσης και την ταυτόχρονη αύξηση του βαθμού απόδοσης.

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.

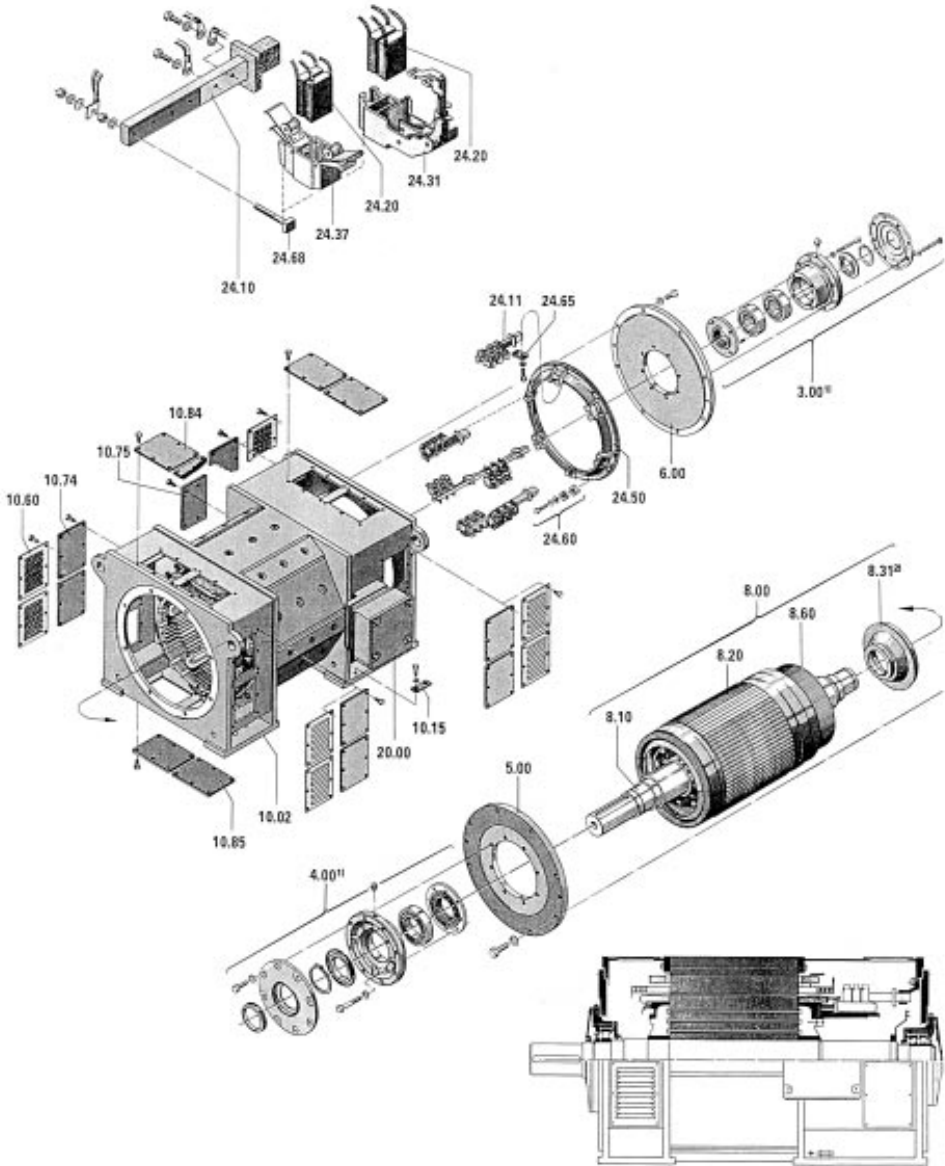
Κάθε μηχανή Σ.Ρ. αποτελείται από το ακίνητο μέρος, το οποίο ονομάζεται **στάτης** και από το κινητό μέρος, το οποίο ονομάζεται **δρομέας**.

➤ 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.

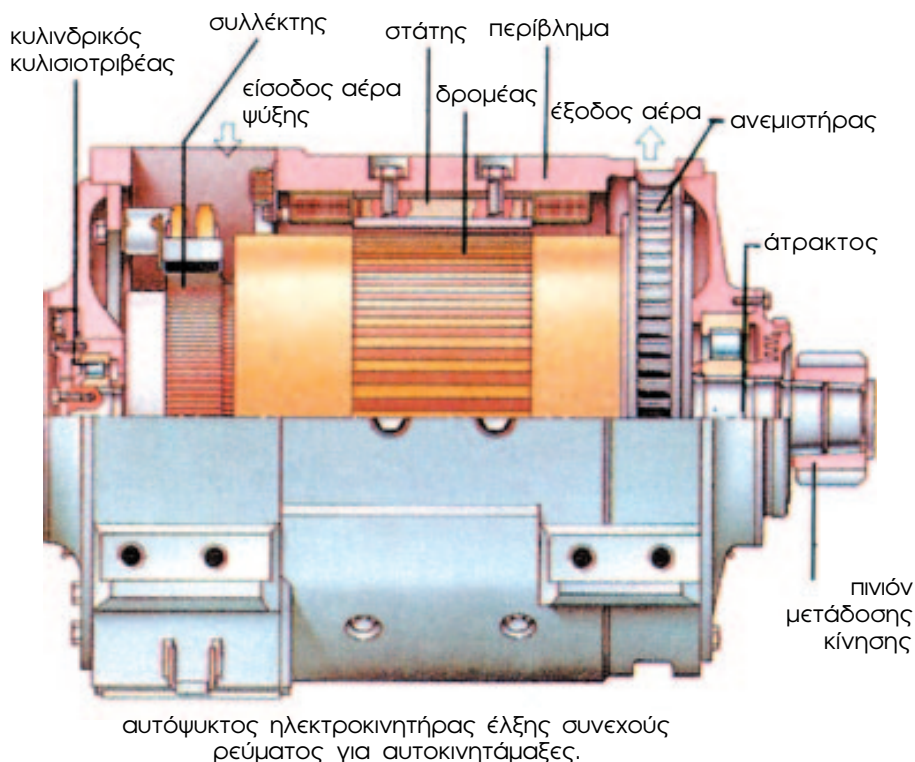
3.00 σταθερό έδρανο 4.00 κινούμενο έδρανο 5.00 ακραίο προστατευτικό κάλυμμα 6.00 ακραίο προστατευτικό κάλυμμα 8.00 σύνολο δρομέα 8.10 άξονας 8.20 πυρήνας δρομέα με την περιέλιξη του 8.31 δακτύλιος σταθεροποίησης του άξονα 8.60 συλλέκτης 10.02 πλαίσιο στάτη με τους κύριους πόλους και τους πόλους αντιστάθμισης 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.

A. 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

η

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 χρησιμοποιούνται 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).

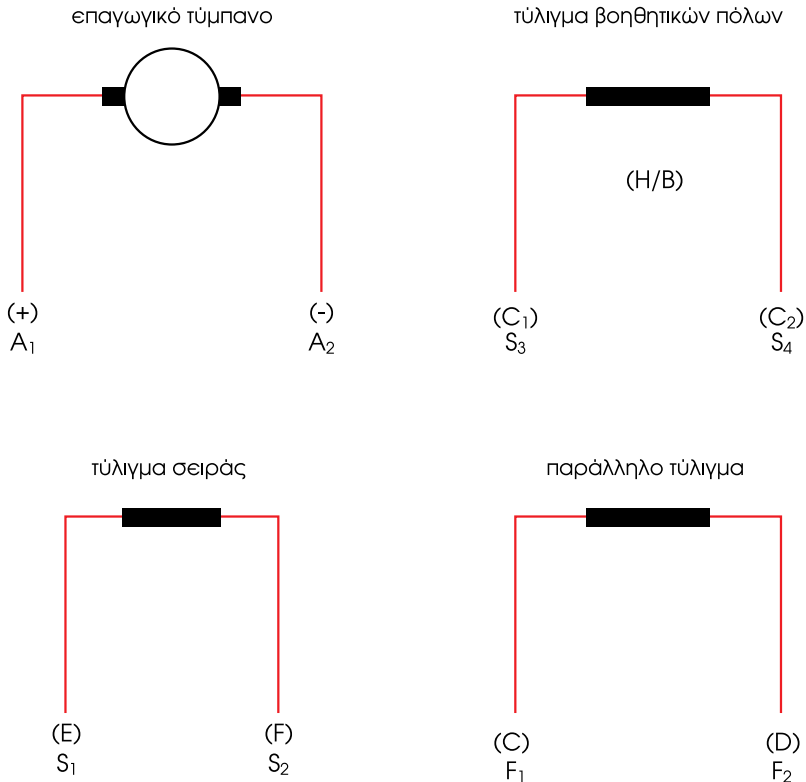
5. Τον **ανεμιστήρα** που στερεώνεται στον άξονα και δημιουργεί κατά την περιστροφή του ρεύμα αέρα, που εισέρχεται στη μηχανή από το άνοιγμα του ενός καλύμματος και εξέρχεται από το άνοιγμα του άλλου καλύμματος.

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 A₁ και A₂ και οι βοηθητικοί πόλοι συμβολίζονται με τα γράμματα C₁ και C₂ ή S₃ και S₄ αντί του H/B που ίσχυε παλαιότερα.

Οι ακροδέκτες του τυλίγματος σειράς συμβολίζονται με S₁ και S₂ αντί των E και F. Τέλος το παράλληλο τύλιγμα συμβολίζεται με F₁ και F₂ 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.

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 γράμμα μπροστά από τη σωστή απάντηση

12. Τα πέδιλα του πόλου βρίσκονται πλησιέστερα:
 - a. 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:
 - a. 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.

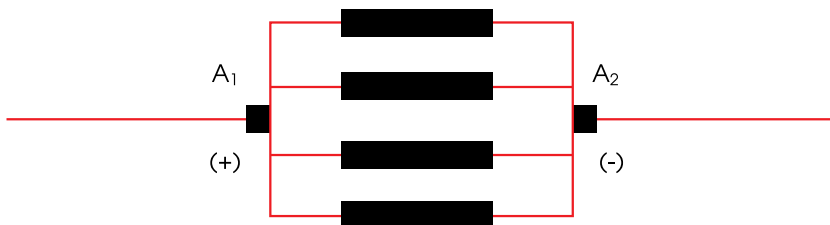
➤ Τα **βροχοτυλίγματα** χρησιμοποιούνται σε μηχανές χαμηλής τάσης και υψηλής έντασης ρεύματος. Η διατομή των αγωγών αυτών, λόγω της υψηλής έντασης που διαρρέονται είναι μεγάλη.

Τύπανα 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.

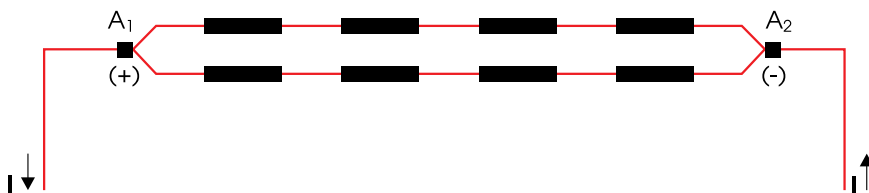
➤ Τα **κυματοτυλίγματα** χρησιμοποιούνται σε μηχανές υψηλής τάσης και χαμηλής έντασης ρεύματος.

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.

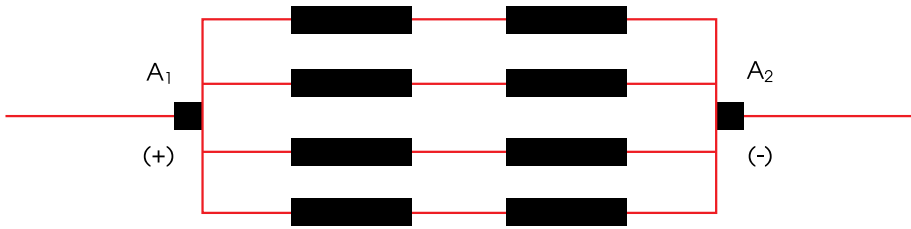
Δύο ψήκτρες χρησιμοποιούνται μόνο, όταν είναι δυσχερής η προσέγγισή τους σε όλη την περιφέρεια του συλλέκτη.

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.

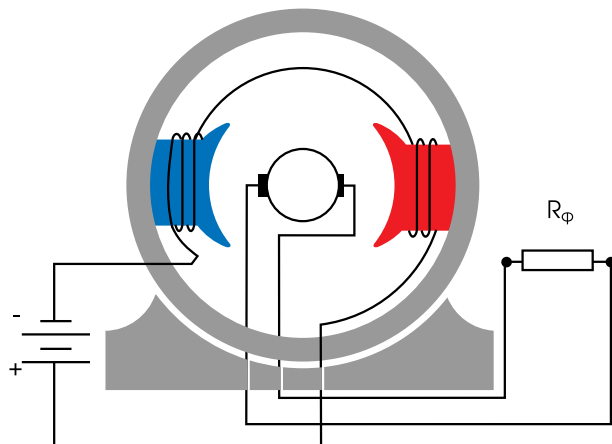
2.3.2. Τύλιγμα διέγερσης

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.

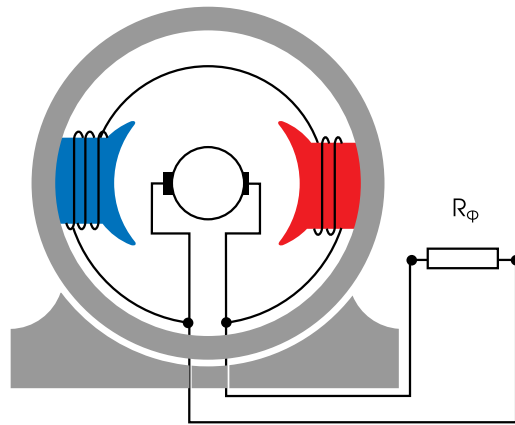
Το ρεύμα διέγερσης στους πόλους είναι δυνατόν να παρέχεται με τέσσερις διαφορετικούς τρόπους:

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.

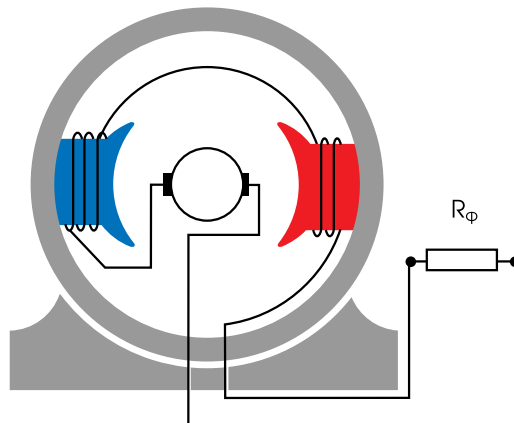
2. Από το παραγόμενο ρεύμα της μηχανής οπότε τα πηνία των πόλων, είναι συνδεδεμένα κατά τέτοιο τρόπο ώστε να τροφοδοτούνται παράλληλα με το κύκλωμα του τυμπάνου και το εξωτερικό κύκλωμα. Τότε η γεννήτρια χαρακτηρίζεται ως γεννήτρια **παράλληλης διέγερσης** (σχ. 2.11).



Σχ. 2.11: Διπολική μηχανή παράλληλης διέγερσης.

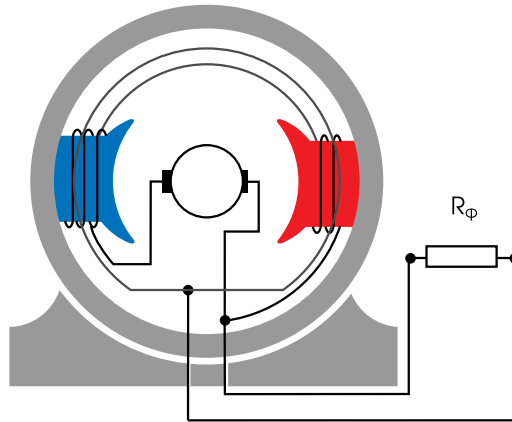
3. Από το παραγόμενο ρεύμα της μηχανής οπότε τα πηνία των πόλων τροφοδοτούνται σε σειρά με το κύκλωμα του τυμπάνου και με το εξωτερικό κύκλωμα (φορτίο R_{ϕ}). Τότε η γεννήτρια χαρακτηρίζεται ως γεννήτρια **με διέγερση σειράς** (σχ. 2.12).

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 ισχείς 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.

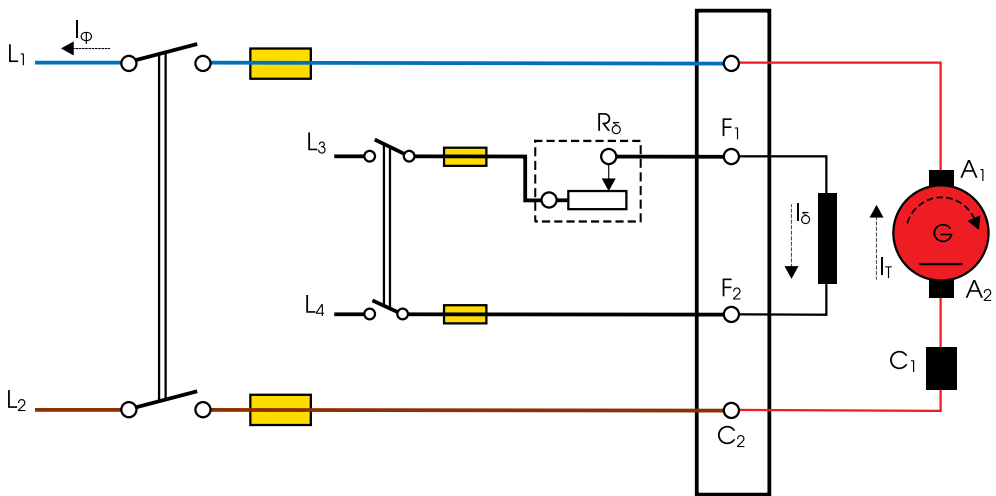
2.3.4. Είδη γεννητριών Σ.Ρ. και χαρακτηριστικά τους

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:

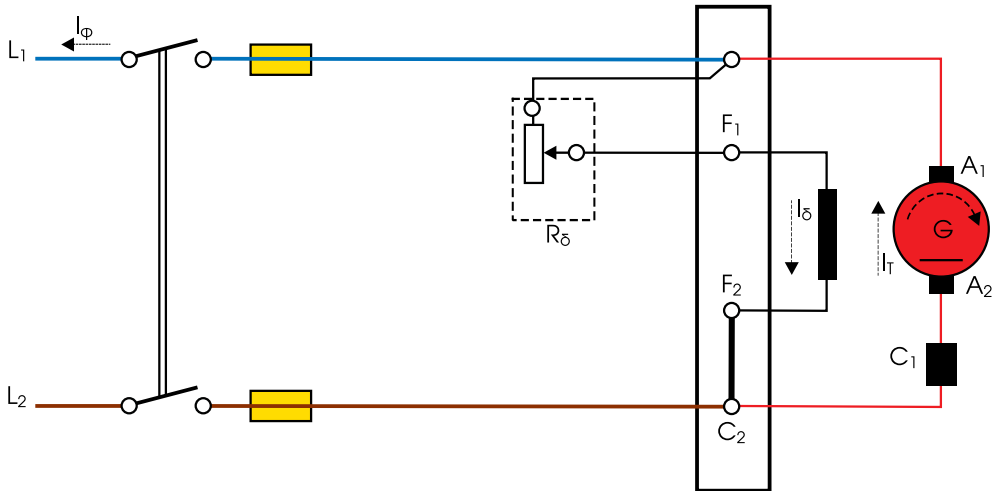
$$\varepsilon\% = \frac{U_0 - U_N}{U_N} \cdot 100\% \quad (2.3)$$

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 επαγωγίσιμου 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.

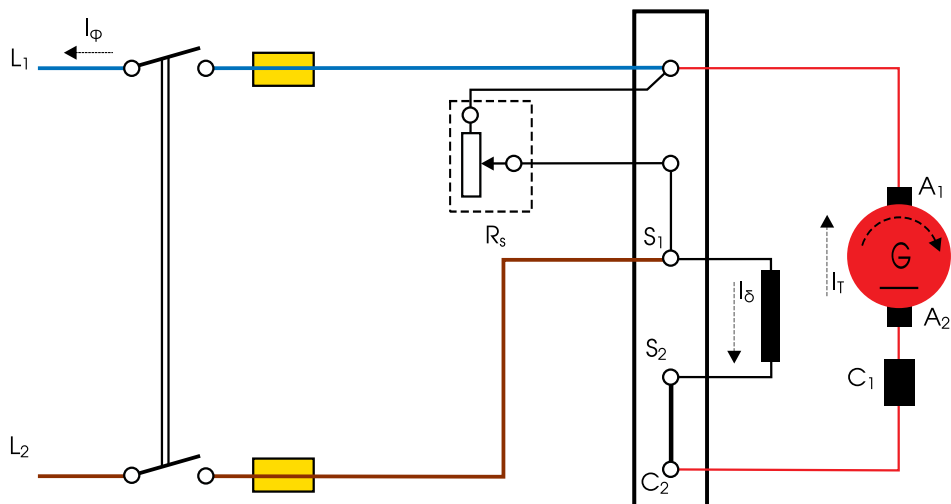
Αυτό συμβαίνει, διότι με τη φόρτιση της μηχανής ελαττώνεται η ένταση διέγερσης στις γεννήτριες παράλληλης διέγερσης, ενώ στις γεννήτριες ξένης διέγερσης η ένταση διέγερσης παραμένει σταθερή.

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



Σx. 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.

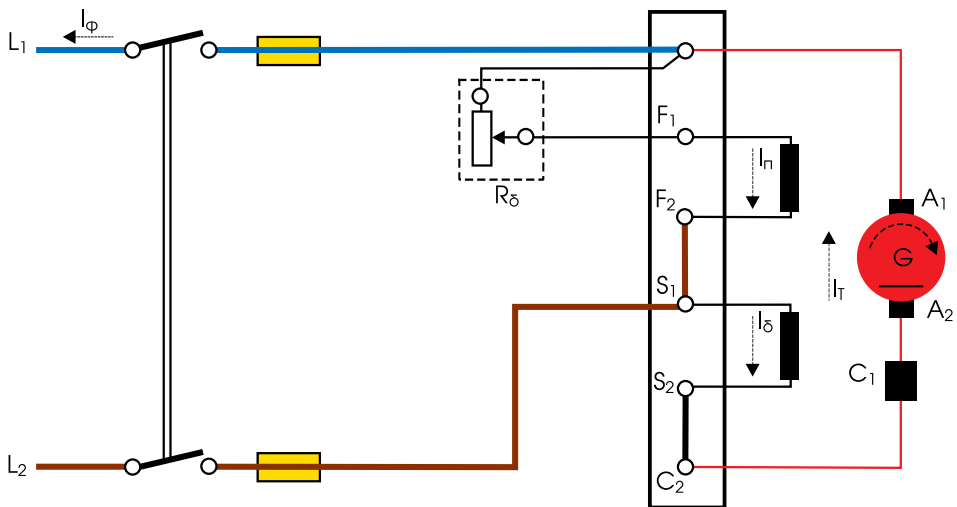
Έτσι οι γεννήτριες σειράς δε χρησιμοποιούνται για την τροφοδότηση δικτύων με μεταβλητό φορτίο (φωτισμός, κίνηση) και έχουν μόνο περιορισμένες και ειδικές εφαρμογές. Η σπουδαιότερη εφαρμογή είναι η χρησιμοποίησή τους σε δίκτυα μεγάλου μήκους, όπως τα δίκτυα έλξης, όπου η αύξηση του φορτίου εμφανίζει μεγάλες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

Το τύλιγμα σειράς είναι δυνατό να συνδεθεί κατά δυο τρόπους:

1^{ος} 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^{ος} 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 σύνθετος, 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 .

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

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

$$P_{\text{αν}} = P_{\text{είσ}} - P \quad (2.5)$$

Οι ηλεκτρικές απώλειες της μηχανής είναι ίσες προς το άθροισμα των γινομένων $R I^2$ 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 (η)

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.