

ΑΡΧΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΜΗΧΑΝΩΝ ΕΝΑΛΛΑΣΜΕΝΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

- Οι μηχανές ΕΡ είναι γεννήτριες που μετατρέπουν τη μηχανική ισχύ σε ηλεκτρική και κινητήρες που μετατρέπουν την ηλεκτρική σε μηχανική
- Υπάρχουν 2 βασικές κατηγορίες μηχανών ΕΡ: οι σύγχρονες και οι επαγωγικές (ασύγχρονες)
- Ως ασύγχρονη γεννήτρια χαρακτηρίζεται αυτή στην οποία η συχνότητα του παραγόμενου ρεύματος είναι ανεξάρτητη από την ταχύτητα περιστροφής του δρομέα τους, ενώ η διέγερση της πραγματοποιείται επίσης με ΕΡ. Οι ασύγχρονες γεννήτριες χρησιμοποιούνται πολύ σπάνια και σε ειδικές μόνο περιπτώσεις
- Ως σύγχρονη χαρακτηρίζεται η γεννήτρια ΕΡ στην οποία η συχνότητα του παραγόμενου ρεύματος εξαρτάται από την ταχύτητα περιστροφής του δρομέα του, ενώ η διέγερση της πραγματοποιείται με ΣΡ. Οι σύγχρονες γεννήτριες ΕΡ ονομάζονται και εναλλακτήρες

ΑΡΧΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΜΗΧΑΝΩΝ ΕΝΑΛΛΑΣΟΜΕΝΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

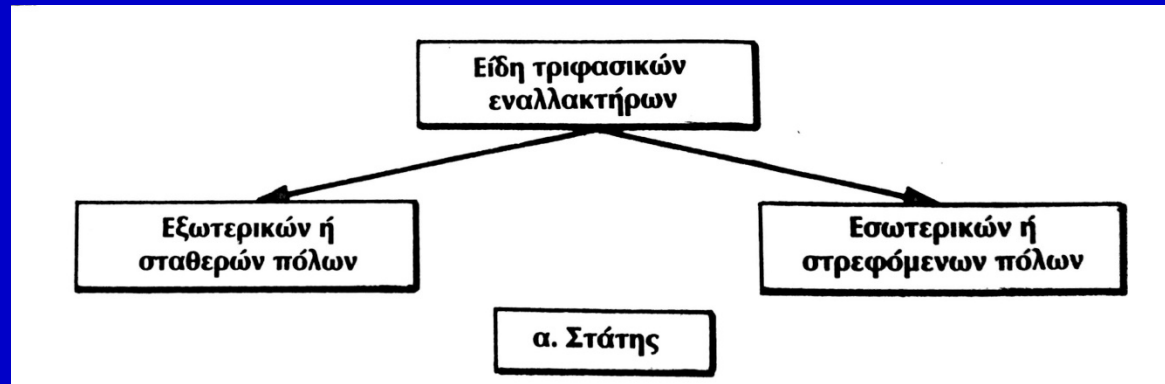
- Η διάκριση των εναλλακτών αναφέρεται σε δύο δομικά κατασκευαστικά στοιχεία τους, το είδος του τυλίγματος ενέργειας τους και τη θέση που τοποθετούνται οι μαγνητικοί πόλοι
- Από την άποψη του είδους του τυλίγματος ενεργείας οι εναλλακτήρες διακρίνονται σε:
 - ✓ Μονοφασικούς, οι οποίοι χρησιμοποιούνται στην πράξη για την ηλεκτροδότηση μικρών φορτίων (π.χ. φορητές γεννήτριες για κατοικίες, εργαλεία κ.λ.π.)
 - ✓ Τριφασικούς, οι οποίοι χρησιμοποιούνται στην πράξη για την παραγωγή ΕΡ του δικτύου και όπως είναι προφανές έχουν μεγάλες διαστάσεις

ΑΡΧΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΜΗΧΑΝΩΝ ΕΝΑΛΛΑΣΟΜΕΝΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

- Από την άποψη της θέσης στην οποία τοποθετούνται οι μαγνητικοί τους πόλοι, οι εναλλακτήρες διακρίνονται σε:
 - ✓ Εξωτερικών ή σταθερών πόλων, που χρησιμοποιούνται σε μικρές ισχείς και χαμηλές τάσεις, π.χ. μικρά ηλεκτροπαραγωγά ζεύγη
 - ✓ Εσωτερικών ή στρεφόμενων πόλων, που χρησιμοποιούνται σε μεγάλες ισχείς αλλά σε μικρές ταχύτητες περιστροφής, π.χ. εναλλακτήρες υδροηλεκτρικών σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, και
 - ✓ Στροβιλοεναλλακτήρες, που χρησιμοποιούνται σε υψηλές ισχείς (300 MW) και σε μεγάλες ταχύτητες περιστροφής, π.χ. εναλλακτήρες θερμοηλεκτρικών σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας

ΑΡΧΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΜΗΧΑΝΩΝ ΕΝΑΛΛΑΣΜΕΝΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

- Η βασική συγκρότηση των 3-φασικών εναλλακτών είναι εξής:



- Ο στάτης των εναλλακτών εξωτερικών ή σταθερών πόλων περιλαμβάνει τους μαγνητικούς πόλους με το αντίστοιχο τυλίγμα διέγερσης τους – όπως δηλαδή και στις ηλεκτρικές μηχανές ΣΡ. Τα τυλίγματα της διέγερσης τα οποία δημιουργούν το μαγνητικό πεδίο στο εσωτερικό του εναλλακτήρα έχουν 2 άκρα τα οποία καταλήγουν στο κιβώτιο ακροδεκτών

ΑΡΧΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΜΗΧΑΝΩΝ ΕΝΑΛΛΑΣΜΕΝΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

- Ο στάτης των εναλλακτών εσωτερικών ή στρεφόμενων πόλων περιλαμβάνει ελάσματα του πυρήνα του επαγωγικού τυμπάνου, τα οποία κατασκευάζονται από χάλυβα ή χυτοσίδηρο
- Στα εσωτερικά αυλάκια του επαγωγικού τυμπάνου – τα οποία έχουν παράλληλη διεύθυνση προς τον άξονα του εναλλακτήρα – τοποθετείται το τύλιγμα ενέργειας του. Το κάθε τύλιγμα ως προς το επόμενο έχει τοποθέτηση 120 μοίρες
- Τα 6 άκρα του τριφασικού τυλίγματος ενέργειας, στο οποίο παράγεται η ηλεκτρική ενέργεια, καταλήγουν άμεσα στο κιβώτιο ακροδεκτών της μηχανής για να συνδεθούν μεταξύ τους και με τους ζυγούς τροφοδοσίας των φορτίων

ΑΡΧΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΜΗΧΑΝΩΝ ΕΝΑΛΛΑΣΜΕΝΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

- Στον άξονα του δρομέα των εναλλακτών εξωτερικών ή σταθερών πόλων προσαρμόζονται τα ελάσματα του πυρήνα του επαγωγικού τυμπάνου. Στα εξωτερικά αυλάκια του επαγωγικού τυμπάνου τοποθετείται το τριφασικό τυλίγμα ενεργείας στο οποίο παράγεται η ηλεκτρική ενέργεια
- Τα 3 άκρα του 3-φασικού τυλίγματος ενέργειας – τα οποία έχουν μεταξύ τους μετατόπιση 120 μοίρες – καταλήγουν σε 3 ορειχάλκινα δακτυλίδια, τα οποία είναι μονωμένα μεταξύ τους και ως προς τον άξονα της μηχανής
- Επάνω στα δακτυλίδια εφάπτονται οι ψήκτρες, τα άκρα των οποίων καταλήγουν στο κιβώτιο ακροδεκτών του εναλλακτήρα, όπως επίσης και τα άλλα 3 άκρα του τυλίγματος. Στο κιβώτιο ακροδεκτών τα 6 άκρα του τυλίγματος ενεργείας συνδέονται μεταξύ τους και με τους ζυγούς τροφοδοσίας των φορτίων

ΑΡΧΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΜΗΧΑΝΩΝ ΕΝΑΛΛΑΣΜΕΝΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

- Επίσης, απευθείας στον άξονα του εναλλακτήρα – για να δέχεται άμεσα κίνηση από αυτόν – συνδέεται μια γεννήτρια ΣΡ, παράλληλης ή σύνθετης διέγερσης για να τροφοδοτεί με ΣΡ το τύλιγμα διέγερσης. Η γεννήτρια αυτή αποτελεί τη διεγέρτρια του εναλλακτήρα
- Σημειώνεται πως το πλήθος των δαχτυλιδιών καθορίζει τον αριθμό των φάσεων του εναλλακτήρα που μπορεί να είναι 2 ή 3 ή 4

ΑΡΧΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΜΗΧΑΝΩΝ ΕΝΑΛΛΑΣΟΜΕΝΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

- Στον άξονα του δρομέα των εναλλακτών εσωτερικών ή στρεφόμενων πόλων προσαρμόζονται ακτινωτά οι μαγνητικοί πόλοι με το αντίστοιχο τύλιγμα διέγερσης τους
- Τα τυλίγματα της διέγερσης – τα οποία δημιουργούν το μαγνητικό πεδίο στο εσωτερικό του εναλλακτήρα – έχουν 2 άκρα που καταλήγουν στα 2 ορειχάλκινα δαχτυλίδια υποδοχής ΣΡ. Αυτά είναι μονωμένα μεταξύ τους και ως προς τον άξονα της μηχανής.
- Επάνω στα δαχτυλίδια υποδοχής εφάπτονται οι ψήκτρες, τα άκρα των οποίων καταλήγουν στο κιβώτιο ακροδεκτών του εναλλακτήρα, απόπου τροφοδοτούνται με ΣΡ

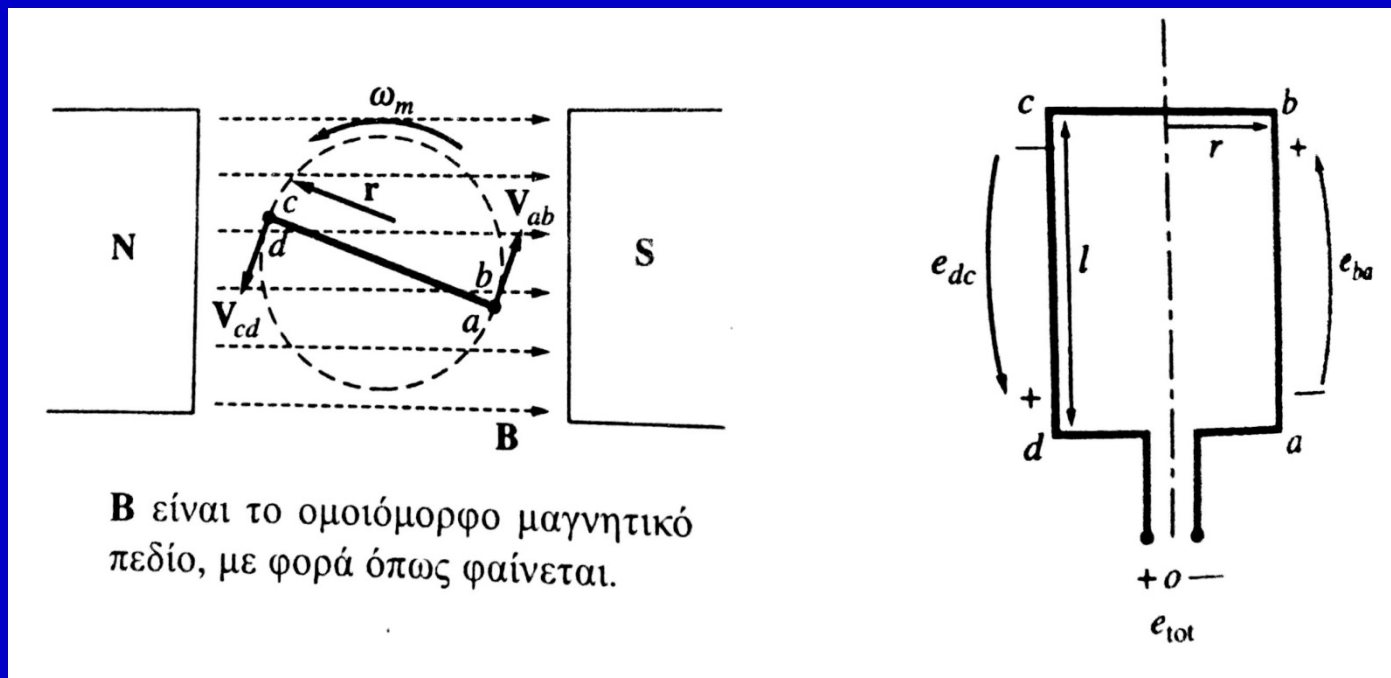
ΑΡΧΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΜΗΧΑΝΩΝ ΕΝΑΛΛΑΣΟΜΕΝΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

- Η ηλεκτροδότηση του τυλίγματος διέγερσης των εναλλακτών αυτών είναι δυνατόν να πραγματοποιηθεί με τη χρησιμοποίηση:
 - Ανορθωτικών διατάξεων, οπότε το ΕΡ του δικτύου μετατρέπεται σε συνεχές
 - Διεγέρτριας, η οποία μπορεί να είναι γεννήτρια ΣΡ ή γεννήτρια ΕΡ. Στη 2^η αυτή περίπτωση, η παραγόμενη από τη διεγέρτρια ΕΡ ηλεκτρική ενέργεια πρέπει πρώτα να ανορθωθεί και κατόπιν να προσαχθεί στο τύλιγμα διέγερσης του κύριου εναλλακτήρα

ΑΡΧΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΜΗΧΑΝΩΝ ΕΝΑΛΛΑΣΟΜΕΝΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

- Ας θεωρηθεί ένας απλός βρόχος που περιστρέφεται σε ένα ομοιόμορφο μαγνητικό πεδίο
- Αυτός ο βρόχος θεωρείται η πιο απλή μηχανή που παράγει ημιτονοειδή εναλλασσόμενη τάση
- Η περίπτωση δεν είναι ενδεικτική των πραγματικών μηχανών ΕΡ, εκεί η μαγνητική ροή δεν είναι σταθερή ούτε ως προς το πλάτος ούτε ως προς την κατεύθυνση

ΑΡΧΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΜΗΧΑΝΩΝ ΕΝΑΛΛΑΣΜΕΝΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ



- Η μηχανή αποτελείται από ένα μεγάλο στατό μαγνήτη που δημιουργεί ένα ομοιόμορφο μαγνητικό πεδίο και από ένα περιστρεφόμενο βρόχο μέσα σε αυτό το πεδίο

ΑΡΧΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΜΗΧΑΝΩΝ ΕΝΑΛΛΑΣΜΕΝΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

- Το περιστρεφόμενο τμήμα της μηχανής ονομάζεται δρομέας και το στατό τμήμα στάτης
- Αν ο δρομέας περιστρέφεται θα υπάρξει στα άκρα του τάση εξ' επαγωγής
- Ο συγκεκριμένος βρόχος είναι τετραγωνικός με τις πλευρές ab και cd κάθετες στο επίπεδο της σελίδας και τις πλευρές bc και da παράλληλες ως προς αυτό
- Το μαγνητικό πεδίο είναι σταθερό με κατεύθυνση από αριστερά προς τα δεξιά
- Η ολική τάση e_{ind} στο βρόχο είναι το άθροισμα των τάσεων σε κάθε

πλευρά:
$$e_{ind} = (\mathbf{v} \times \mathbf{B}) \cdot \mathbf{l}$$

ΑΡΧΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΜΗΧΑΝΩΝ ΕΝΑΛΛΑΣΜΕΝΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

- Πλευρά ab : στην πλευρά αυτή η ταχύτητα του αγωγού είναι εφαπτομένη προς τη διαδρομή περιστροφής, ενώ το μαγνητικό πεδίο $\mathbf{B}$ δείχνει προς τα δεξιά. Η ποσότητα $\mathbf{v} \times \mathbf{B}$ δείχνει στο εσωτερικό της σελίδας που είναι η ίδια κατεύθυνση με την πλευρά ab

$$\mathbf{e}_{ind} = (\mathbf{v} \times \mathbf{B}) \cdot \mathbf{l} = \mathbf{vBl} \sin\theta_{ab}$$

- Πλευρά bc : στο πρώτο μισό της πλευράς αυτής η ποσότητα $\mathbf{v} \times \mathbf{B}$ δείχνει προς τα μέσα της σελίδας, και στο δεύτερο μισό της πλευράς δείχνει προς το εξωτερικό της σελίδας. Αφού το μήκος $\mathbf{l}$ βρίσκεται στο επίπεδο της σελίδας, η $\mathbf{v} \times \mathbf{B}$ είναι κάθετη προς το $\mathbf{l}$ και για τα δύο τμήματα της πλευράς. Άρα η τάση θα είναι ίση με μηδέν:

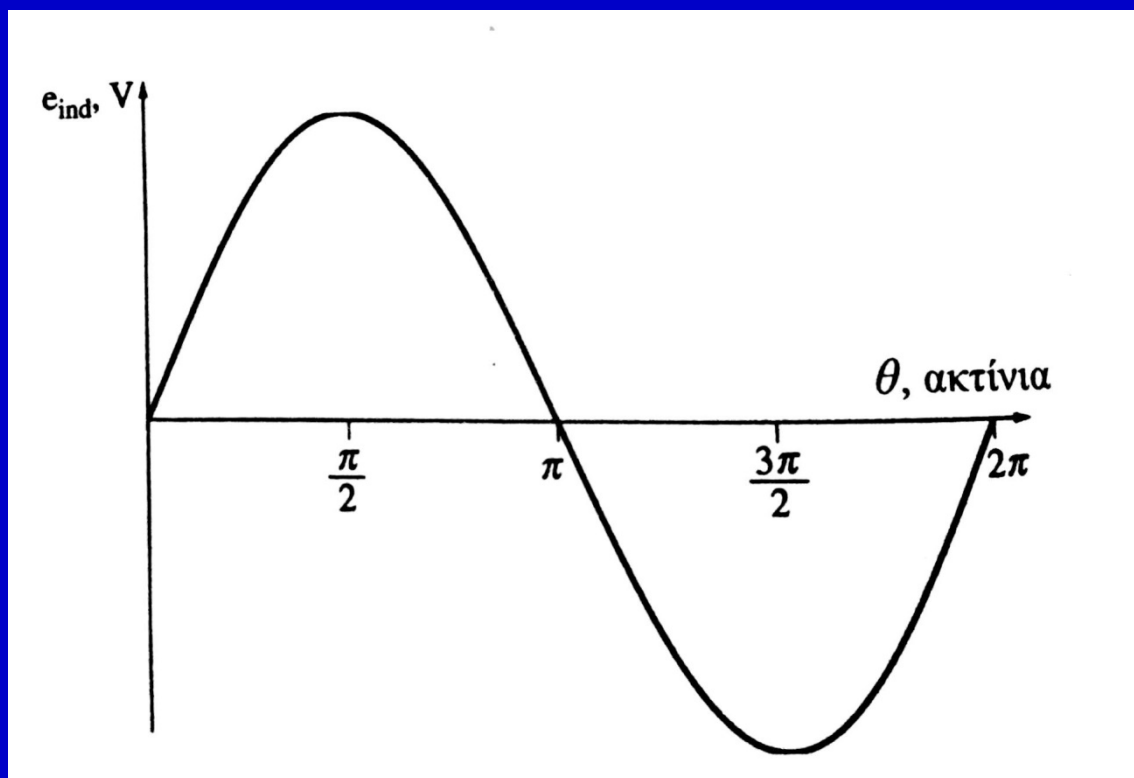
$$\mathbf{e}_{cb} = 0$$

ΑΡΧΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΜΗΧΑΝΩΝ ΕΝΑΛΛΑΣΜΕΝΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

- Τελικά η ολική επαγόμενη τάση του βρόχου αποδεικνύεται ότι είναι:

$$e_{ind} = 2vBl \sin \theta$$

- Η τάση αυτή ως συνάρτηση του χρόνου είναι:



ΑΡΧΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΜΗΧΑΝΩΝ ΕΝΑΛΛΑΣΜΕΝΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

- Η τάση που δημιουργείται μέσα στο βρόχο είναι μια καμπύλη ημιτόνου της οποίας το μέγεθος ισούται με το γινόμενο της μαγνητικής ροής στο εσωτερικό της μηχανής και της ταχύτητας περιστροφής της μηχανής
- Η τάση εξαρτάται από τρεις παράγοντες:
 1. Τη μαγνητική ροή στη μηχανή
 2. Την ταχύτητα περιστροφής
 3. Μια σταθερά που εξαρτάται από τα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά της μηχανής

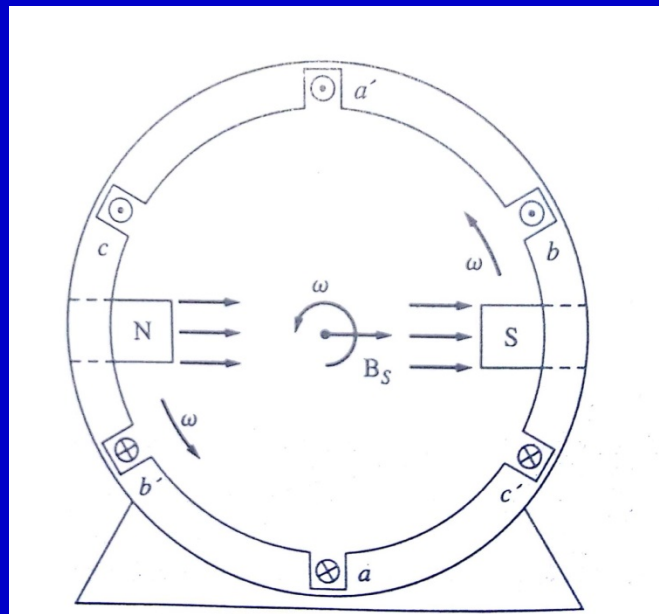
ΑΡΧΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΜΗΧΑΝΩΝ ΕΝΑΛΛΑΣΜΕΝΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

- Αν σε μία μηχανή υπάρχουν 2 μαγνητικά πεδία, τότε δημιουργείται ροπή η οποία τείνει να ευθυγραμμίσει τα 2 μαγνητικά πεδία
- Αν το ένα μαγνητικό πεδίο δημιουργείται από τον στάτη μια ηλεκτρικής μηχανής ΕΡ και το άλλο από το δρομέα της, τότε η ροπή θα επάγεται στο δρομέα και αυτό θα κάνει το δρομέα να περιστραφεί και να ευθυγραμμιστεί με το μαγνητικό πεδίο του στάτη
- Αν υπήρχε κάποιος τρόπος να περιστρέψουμε το μαγνητικό πεδίο του στάτη, τότε η επαγόμενη ροπή στο δρομέα θα τον έκανε να “κυνηγά” συνεχώς το μαγνητικό πεδίο του στάτη σε κυκλική κατεύθυνση (αρχή λειτουργίας κινητήρων ΕΡ)

ΑΡΧΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΜΗΧΑΝΩΝ ΕΝΑΛΛΑΣΜΕΝΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

- Η βασική αρχή λειτουργίας των ηλεκτρικών μηχανών ΕΡ είναι:
- *Αν κάποιο τύλιγμα του οπλισμού της μηχανής τροφοδοτηθεί με ένα 3-φασικό σύστημα ρευμάτων που έχουν το ίδιο πλάτος και διαφορά φάσης 120 μοίρες μεταξύ τους, στο εσωτερικό της μηχανής θα αναπτυχθεί ένα στρεφόμενο μαγνητικό πεδίο σταθερού πλάτους*

ΑΡΧΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΜΗΧΑΝΩΝ ΕΝΑΛΛΑΣΜΕΝΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ



- Εδώ φαίνεται το στρεφόμενο μαγνητικό πεδίο του στάτη με τη μορφή ενός βόρειου και ενός νότιου πόλου (στα σημεία όπου η μαγνητική ροή εξέρχεται ή εισέρχεται αντίστοιχα στο στάτη)
- Σε κάθε ηλεκτρική περίοδο του εφαρμοζόμενου ρεύματος αυτοί οι μαγνητικοί πόλοι κάνουν μία πλήρη περιστροφή

ΑΡΧΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΜΗΧΑΝΩΝ ΕΝΑΛΛΑΣΟΜΕΝΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

- Έτσι η ταχύτητα περιστροφής του μαγνητικού πεδίου, αν εκφραστεί σε στροφές/sec είναι ίση με τη συχνότητα του ρεύματος όταν αυτή δίνεται σε Hz

$$f_e = f_m \quad \text{δύο πόλοι}$$

$$\omega_e = \omega_m \quad \text{δύο πόλοι}$$

Όπου f_m και ω_m είναι η μηχανική ταχύτητα περιστροφής σε rps και rad/sec αντίστοιχα, ενώ f_e και ω_e είναι η ηλεκτρική συχνότητα σε Hz και σε rad/sec

- Έτσι στο στάτη που διαθέτει 4 πόλους, η ηλεκτρική συχνότητα είναι διπλάσια από τη συχνότητα περιστροφής

$$f_e = f_m \quad 4 \text{ πόλοι}$$

$$\omega_e = \omega_m \quad 4 \text{ πόλοι}$$

ΑΡΧΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΜΗΧΑΝΩΝ ΕΝΑΛΛΑΣΟΜΕΝΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

➤ Γενικά ισχύει:

$$f_e = \frac{n_m P}{120}$$

και περιγράφει τη σχέση μεταξύ της ηλεκτρικής συχνότητας και της ταχύτητας περιστροφής του μαγνητικού πεδίου όταν αυτές εκφράζονται σε Hz και σε rpm αντίστοιχα

ΑΡΧΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΜΗΧΑΝΩΝ ΕΝΑΛΛΑΣΜΕΝΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

- Οι γεννήτριες ΕΡ καταναλώνουν μηχανική ισχύ και παράγουν ηλεκτρική, ενώ οι κινητήρες ΕΡ καταναλώνουν ηλεκτρική ισχύ και παράγουν μηχανική
- Και στις 2 περιπτώσεις η μηχανή δεν μετατρέπει όλη τη λαμβανόμενη ισχύ σε ωφέλιμη μορφή στο άλλο άκρο – πάντα έχουμε κάποιες απώλειες κατά τη διαδικασία αυτή
- Η απόδοση μιας μηχανής ΕΡ ορίζεται από την εξίσωση:

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\%$$

- Η διαφορά μεταξύ της ισχύος εισόδου και της ισχύος εξόδου μιας μηχανής είναι οι απώλειες που εμφανίζονται στο εσωτερικό της. Επομένως:

$$\eta = \frac{P_{in} - P_{loss}}{P_{in}} \times 100\%$$

ΑΡΧΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΜΗΧΑΝΩΝ ΕΝΑΛΛΑΣΜΕΝΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

➤ Οι απώλειες στις μηχανές ΕΡ χωρίζονται σε 4 βασικές κατηγορίες:

1. Ηλεκτρικές απώλειες ή απώλειες χαλκού ($I^2 R$)

2. Απώλειες πυρήνα

3. Μηχανικές απώλειες

4. Κατανεμημένες απώλειες

➤ Οι απώλειες χαλκού είναι οι ωμικές απώλειες που εμφανίζονται στα τυλίγματα του στάτη (οπλισμός) και του δρομέα στη μηχανή

➤ Οι απώλειες χαλκού στο στάτη σε μία 3-φασική μηχανή ΕΡ δίνονται από:

$$P_{SCL} = 3I_A^2 R_A$$

ΑΡΧΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΜΗΧΑΝΩΝ ΕΝΑΛΛΑΣΜΕΝΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

- Οι απώλειες χαλκού του δρομέα σε μία σύγχρονη μηχανή ΕΡ δίνονται από τη σχέση:

$$P_{RCL} = I_F^2 R_F$$

- Οι απώλειες πυρήνα είναι οι απώλειες στα μεταλλικά μέρη υστέρησης και δινορρευμάτων που εμφανίζονται στον κινητήρα. Οι απώλειες αυτές μεταβάλλονται ως προς το τετράγωνο της μαγνητικής ροής (B^2) και, για τον στάτη, ως προς την 1.5 δύναμη περιστροφής των μαγνητικών πεδίων ($n^{1.5}$)
- Οι μηχανικές απώλειες σε μια μηχανή ΕΡ είναι απώλειες που σχετίζονται με τα μηχανικά φαινόμενα. Υπάρχουν 2 είδη μηχανικών απωλειών: η τριβή και ο εξαερισμός

ΑΡΧΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΜΗΧΑΝΩΝ ΕΝΑΛΛΑΣΜΕΝΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

- Οι απώλειες τριβής είναι απώλειες που προκαλούνται από την τριβή των τριβέων στη μηχανή, ενώ οι απώλειες εξαερισμού είναι οι απώλειες που προκαλούνται από την τριβή μεταξύ των κινούμενων μερών της μηχανής και του αέρα που βρίσκεται στο εσωτερικό του κινητήρα
- Οι απώλειες εξαερισμού μεταβάλλονται με τον κύβο της ταχύτητας περιστροφής της μηχανής
- Οι μηχανικές απώλειες και οι απώλειες πυρήνα μιας μηχανής συχνά συνδυάζονται και αποκαλούνται απώλειες περιστροφής εν κενώ
- Όταν δεν υπάρχει φορτίο θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί όλη η ισχύς εισόδου για να ξεπεραστούν αυτές οι απώλειες. Επομένως, αν μετρήσουμε την ισχύ στον στάτη της μηχανής που λειτουργεί ως κινητήρας εν κενώ, θα έχουμε κατά προσέγγιση την τιμή αυτών των απωλειών

ΑΡΧΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΜΗΧΑΝΩΝ ΕΝΑΛΛΑΣΟΜΕΝΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

- Οι κατανεμημένες απώλειες είναι οι απώλειες που δεν υπάγονται σε καμία από τις προηγούμενες κατηγορίες. Άσχετα με το πόσο προσεκτικά αντιμετωπίζουμε τις απώλειες, πάντα κάποιες δεν θα υπάγονται στις παραπάνω κατηγορίες και αυτές τελικά υπάγονται στις κατανεμημένες απώλειες
- Στις περισσότερες μηχανές, οι κατανεμημένες απώλειες θεωρούνται συμβατικά σαν το 1% του πλήρους φορτίου

ΑΡΧΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΜΗΧΑΝΩΝ ΕΝΑΛΛΑΣΜΟΜΕΝΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

