

# ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΜΗΧΑΝΕΣ ΣΥΝΕΧΟΥΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

A decorative graphic element consisting of several horizontal lines of varying lengths and colors (teal and white) extending from the right side of the slide.

# ΜΗΧΑΝΕΣ ΣΥΝΕΧΟΥΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

Τα βασικά μέρη μιας στρεφόμενης ηλεκτρικής μηχανής είναι:

1. Σταθερό μέρος – Στάτης (πυρήνας στάτη και τύλιγμα)
2. Στρεφόμενο μέρος – δρομέας (πυρήνας δρομέα και τύλιγμα)
3. Διάκενο αέρα

Η λειτουργία κάθε στρεφόμενης ηλεκτρικής μηχανής βασίζεται στην δημιουργία μαγνητικών πεδίων από τα τυλίγματα του στάτη και του δρομέα.

# ΜΗΧΑΝΕΣ ΣΥΝΕΧΟΥΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ



ΑΝΕΞΑΡΤΗΤΑ ΑΠΟ ΤΟ ΕΙΔΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΜΗΧΑΝΗΣ, ΑΠΑΙΤΕΙΤΑΙ Η ΥΠΑΡΞΗ ΔΥΟ ΒΑΣΙΚΩΝ ΤΥΛΙΓΜΑΤΩΝ, ΈΝΑ ΤΟΠΟΘΕΤΗΜΕΝΟ ΣΤΟΝ ΣΤΑΤΗ ΚΑΙ ΕΝΑ ΣΤΟΝ ΔΡΟΜΕΑ.

ΤΟ ΕΝΑ ΤΥΛΙΓΜΑ ΕΧΕΙ ΣΚΟΠΟ ΝΑ ΦΤΙΑΞΕΙ ΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΠΕΔΙΟ ΣΤΟ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟ ΤΗΣ ΜΗΧΑΝΗΣ ΚΑΙ ΟΝΟΜΑΖΕΤΑΙ **ΤΥΛΙΓΜΑ ΔΙΕΓΕΡΣΗΣ**.

ΤΟ ΔΕΥΤΕΡΟ ΤΥΛΙΓΜΑ ΤΟ ΟΠΟΙΟ ΣΤΡΕΦΕΤΑΙ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΟ ΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΠΕΔΙΟ ΚΑΙ ΣΤΟ ΟΠΟΙΟ ΕΠΑΓΟΝΤΑΙ ΤΑΣΕΙΣ ΚΑΙ ΡΟΠΕΣ ΕΙΝΑΙ ΓΝΩΣΤΟ ΩΣ **ΤΥΛΙΓΜΑ ΤΥΜΠΑΝΟΥ**.

ΣΤΙΣ ΜΗΧΑΝΕΣ ΣΥΝΕΧΟΥΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΤΟ ΤΥΛΙΓΜΑ ΤΗΣ ΔΙΕΓΕΡΣΗΣ ΒΡΙΣΚΕΤΑΙ ΣΤΟ ΣΤΑΤΗ ΚΑΙ ΤΟ ΤΥΛΙΓΜΑ ΤΥΜΠΑΝΟΥ ΣΤΟ ΔΡΟΜΕΑ.

# ΜΗΧΑΝΕΣ ΣΥΝΕΧΟΥΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

ΣΤΙΣ ΣΤΡΕΦΟΜΕΝΕΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΜΗΧΑΝΕΣ ΥΦΙΣΤΑΝΤΑΙ ΤΑΥΤΟΧΡΟΝΑ ΔΥΟ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ:

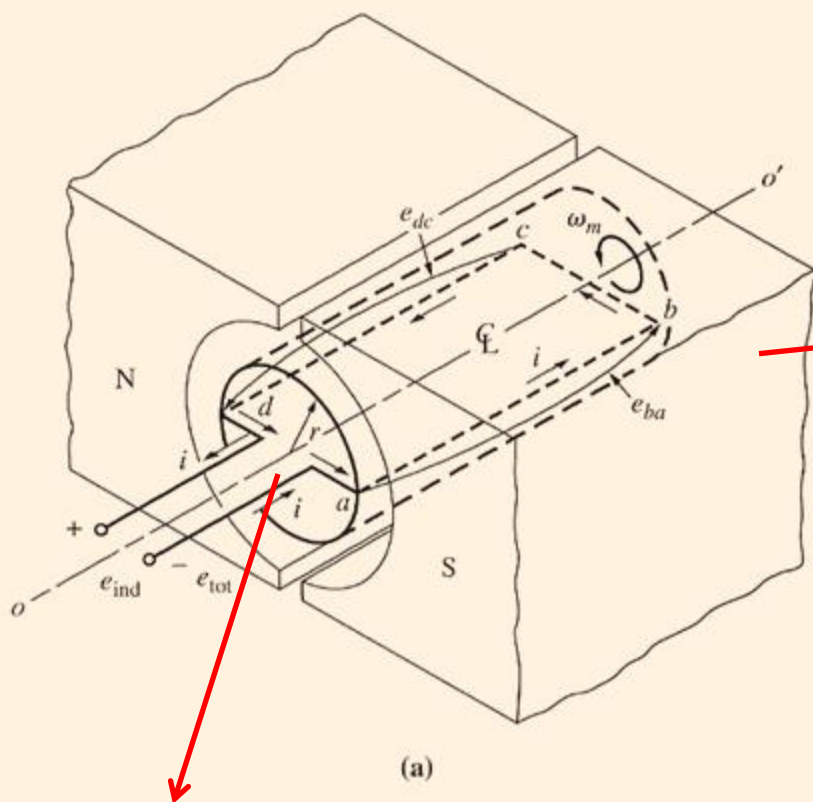
1. Ο ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΡΟΠΗΣ.
2. Ο ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΤΑΣΗΣ.

Ο ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΤΗΣ ΡΟΠΗΣ ΒΑΣΙΖΕΤΑΙ ΣΤΗΝ ΠΡΟΣΠΑΘΕΙΑ ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΙΣΗΣ ΤΩΝ ΔΥΟ ΜΑΓΝΗΤΙΚΩΝ ΠΕΔΙΩΝ ΠΟΥ ΔΗΜΙΟΥΡΓΟΥΝΤΑΙ ΑΠΟ ΤΟΝ ΣΤΑΤΗ ΚΑΙ ΤΟΝ ΔΡΟΜΕΑ.

Η ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΤΗΣ ΤΑΣΗΣ ΣΕ ΕΝΑ ΤΥΛΙΓΜΑ ΣΧΕΤΙΖΕΤΑΙ ΑΜΕΣΑ ΜΕ ΤΗ ΧΡΟΝΙΚΗ ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΗΣ ΜΑΓΝΗΤΙΚΗΣ ΡΟΗΣ ΠΟΥ ΔΙΕΡΧΕΤΑΙ ΜΕΣΑ ΑΠΟ ΤΟ ΤΥΛΙΓΜΑ ΑΥΤΟ. ΣΤΙΣ ΣΤΡΕΦΟΜΕΝΕΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΜΗΧΑΝΕΣ Η ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΑΥΤΗ ΣΧΕΤΙΖΕΤΑΙ ΜΕ ΤΗ ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΚΙΝΗΣΗ.

# ΜΗΧΑΝΕΣ ΣΥΝΕΧΟΥΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

## ΑΠΛΟ ΠΕΡΙΣΤΡΕΦΟΜΕΝΟ ΠΗΝΙΟ – ΤΑΣΗ ΕΞ' ΕΠΑΓΩΓΗΣ



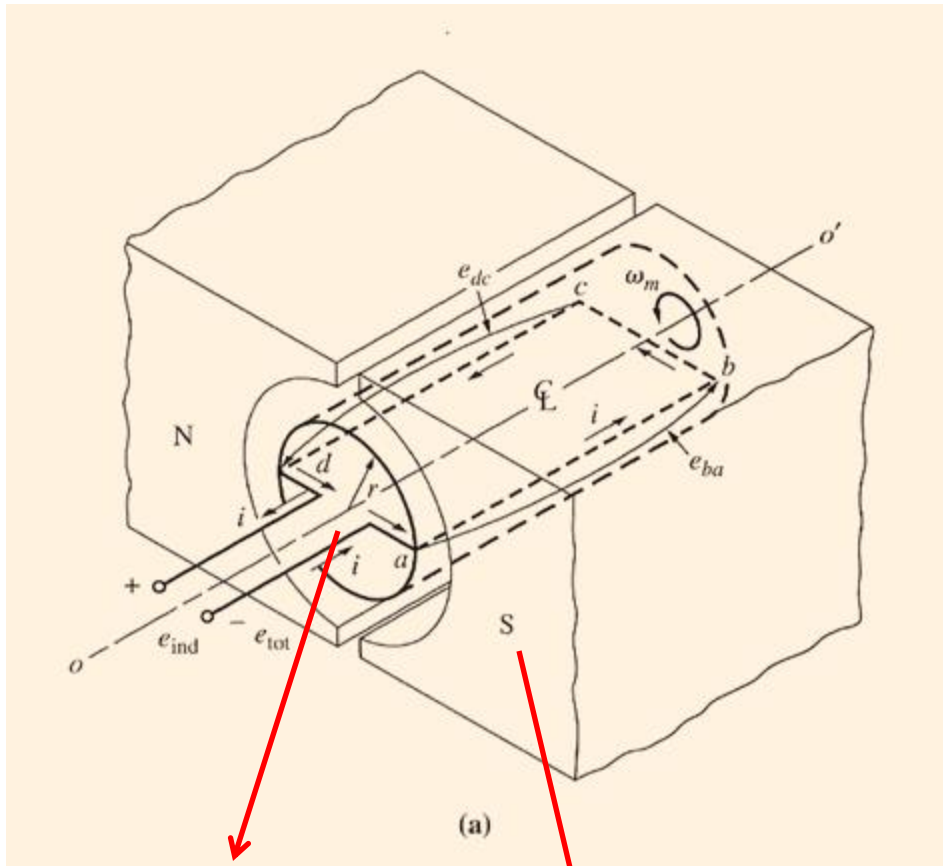
### ΣΤΑΤΗΣ – ΜΑΓΝΗΤΙΚΟΙ ΠΟΛΟΙ

- Η μορφή των μαγνητικών πόλων είναι τέτοια, έτσι ώστε το μαγνητικό πεδίο να είναι πάντα κάθετο στον δρομέα. Έτσι ελαχιστοποιείται η μαγνητική αντίσταση.
- Ο αριθμός των πόλων είναι πάντα άρτιος.
- Για την δημιουργία του Μ.Π. μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε ρευματοφόρους αγωγούς ή μόνιμους μαγνήτες.

**ΔΡΟΜΕΑΣ:** Επάνω στον δρομέα βρίσκεται το τύλιγμα επαγωγικού τυμπάνου. Στο τύλιγμα αυτό επάγονται οι τάσεις και οι ροπές.

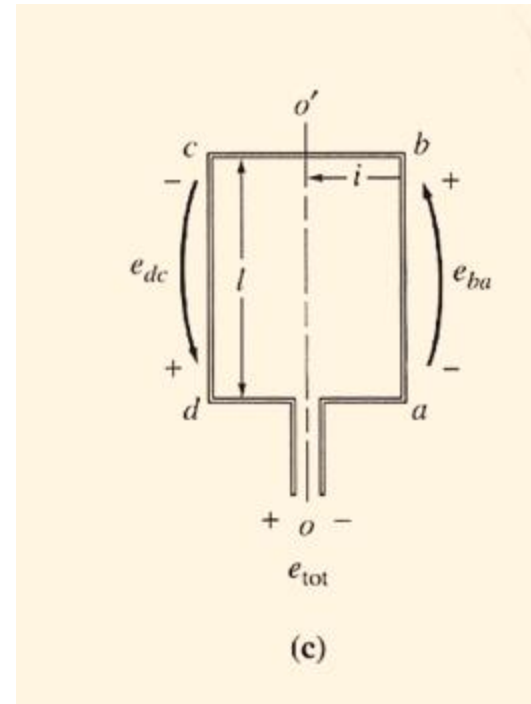
# ΜΗΧΑΝΕΣ ΣΥΝΕΧΟΥΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

## ΑΠΛΟ ΠΕΡΙΣΤΡΕΦΟΜΕΝΟ ΠΗΝΙΟ – ΤΑΣΗ ΕΞ' ΕΠΑΓΩΓΗΣ



ΔΡΟΜΕΑΣ

ΣΤΑΤΗΣ

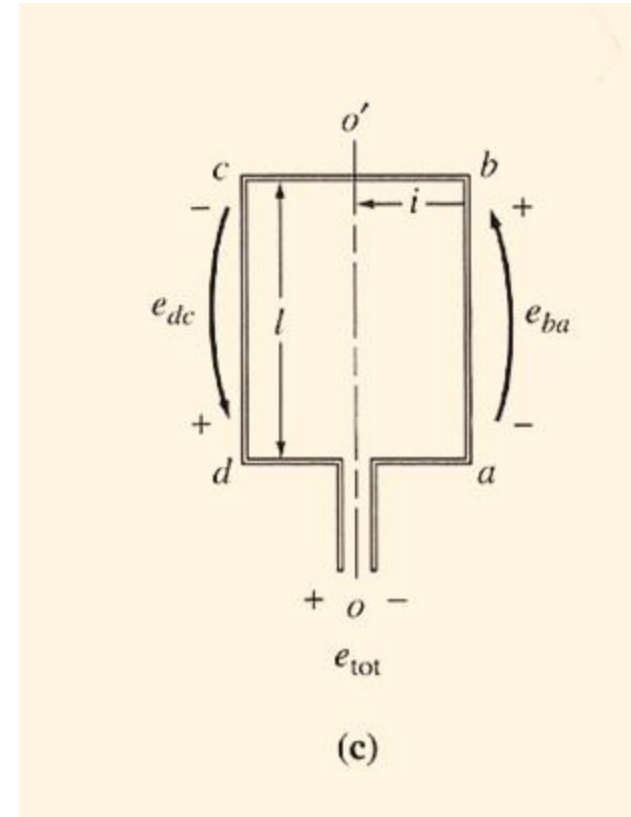
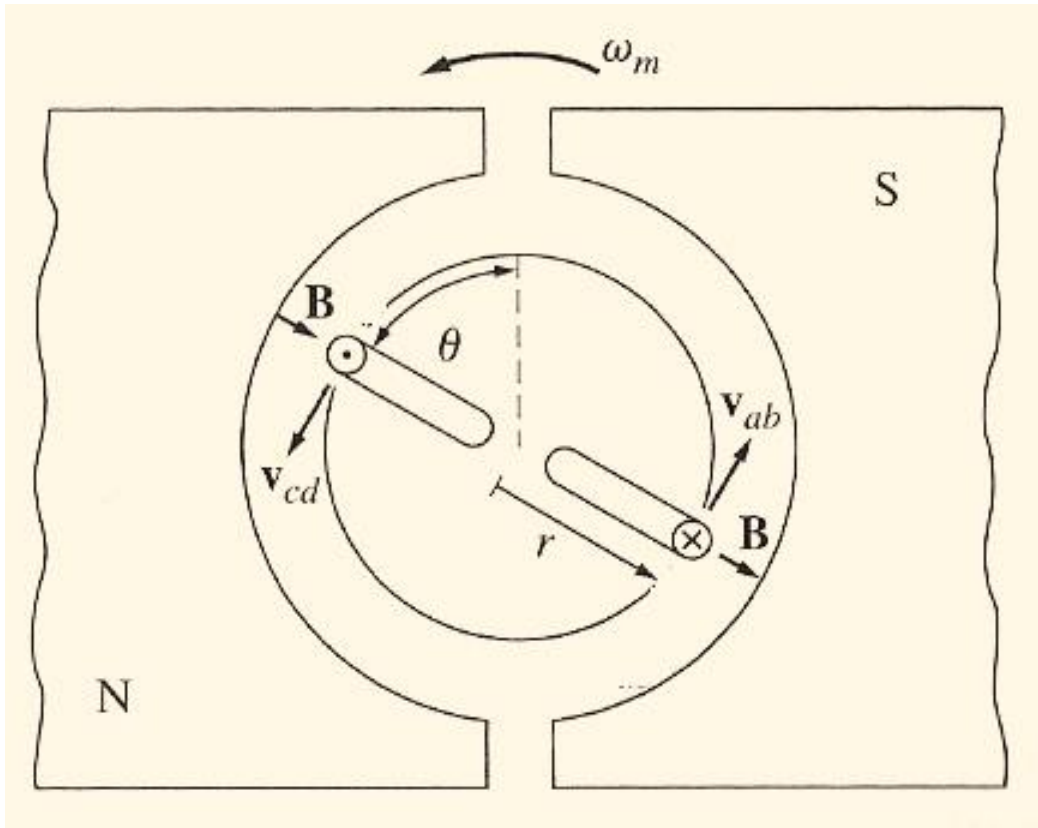


Τάση εξ' επαγωγής στα  
άκρα του πηνίου:

$$e_{tot} = e_{ab} + e_{bc} + e_{cd} + e_{da}$$

# ΜΗΧΑΝΕΣ ΣΥΝΕΧΟΥΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

## ΑΠΛΟ ΠΕΡΙΣΤΡΕΦΟΜΕΝΟ ΠΗΝΙΟ – ΤΑΣΗ ΕΞ' ΕΠΑΓΩΓΗΣ



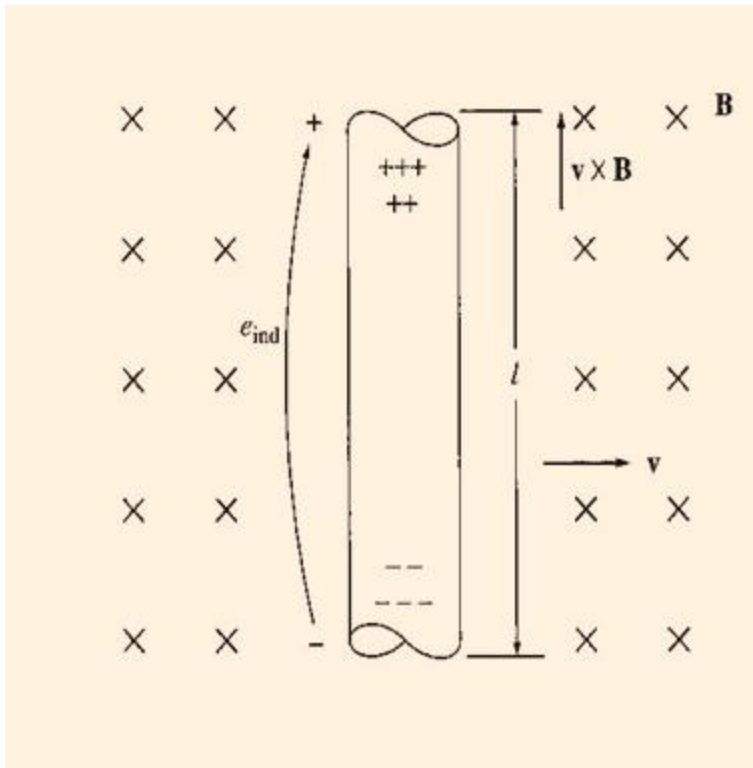
Τάση εξ' επαγωγής σε κάθε τμήμα του πηνίου:

$$e_{ind} = (\vec{u} \times \vec{B}) \cdot \vec{l}$$

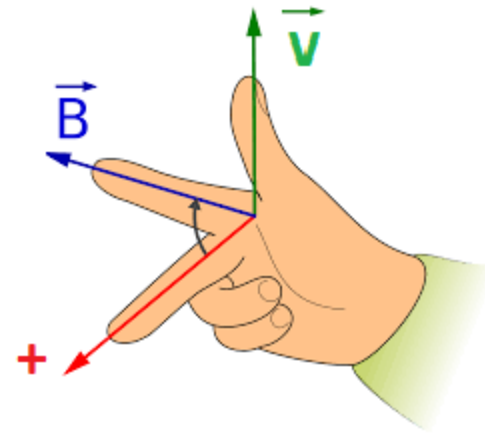
# ΜΗΧΑΝΕΣ ΣΥΝΕΧΟΥΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

## ΑΠΛΟ ΠΕΡΙΣΤΡΕΦΟΜΕΝΟ ΠΗΝΙΟ – ΤΑΣΗ ΕΞ' ΕΠΑΓΩΓΗΣ

ΤΑΣΗ ΕΞ' ΕΠΑΓΩΓΗΣ ΣΤΑ ΑΚΡΑ ΑΓΩΓΟΥ ΠΟΥ ΚΙΝΕΙΤΑΙ ΣΕ Μ.Π.



Με τον κανόνα του δεξιού χεριού βρίσκουμε το θετικό άκρο:

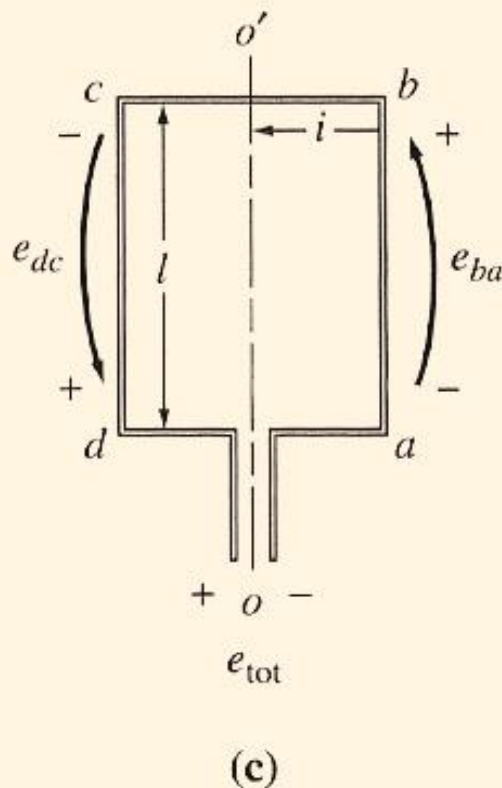




# ΜΗΧΑΝΕΣ ΣΥΝΕΧΟΥΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

## ΑΠΛΟ ΠΕΡΙΣΤΡΕΦΟΜΕΝΟ ΠΗΝΙΟ – ΤΑΣΗ ΕΞ' ΕΠΑΓΩΓΗΣ

Τάση εξ' επαγωγής σε κάθε τμήμα:



$$e_{ind} = (\vec{u} \times \vec{B}) \cdot \vec{l}$$

$$e_{ab} = \begin{cases} uBl & \text{κάτω από τους πόλους} \\ 0 & \text{έξω από τους πόλους} \end{cases}$$

$$e_{cd} = 0 \text{ τα διανύσματα } (\vec{u} \times \vec{B}) \text{ και } \vec{l} \text{ κάθετα μεταξύ τους}$$

$$e_{cd} = \begin{cases} uBl & \text{κάτω από τους πόλους} \\ 0 & \text{έξω από τους πόλους} \end{cases}$$

$$e_{da} = 0 \text{ τα διανύσματα } (\vec{u} \times \vec{B}) \text{ και } \vec{l} \text{ κάθετα μεταξύ τους}$$

# ΜΗΧΑΝΕΣ ΣΥΝΕΧΟΥΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

## ΑΠΛΟ ΠΕΡΙΣΤΡΕΦΟΜΕΝΟ ΠΗΝΙΟ – ΤΑΣΗ ΕΞ' ΕΠΑΓΩΓΗΣ

**Τάση εξ' επαγωγής στο πηνίο:**

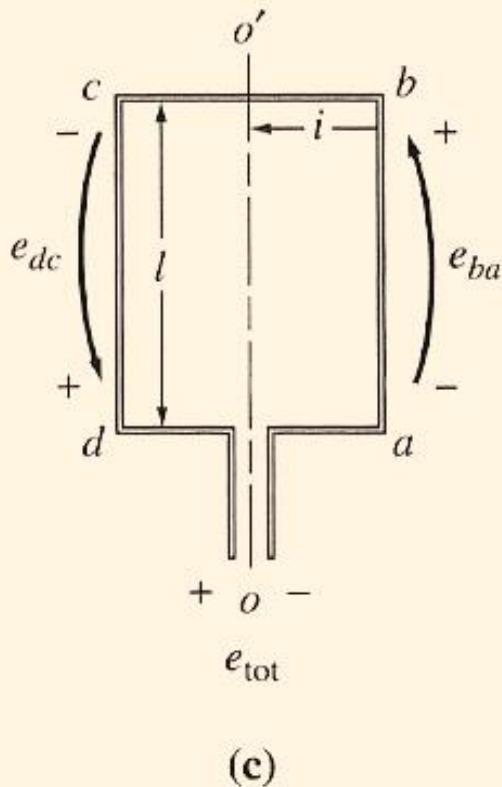
$$e_{tot} = e_{ab} + e_{bc} + e_{cd} + e_{da} \Rightarrow$$

$$e_{tot} = uBl + 0 + uBl + 0 = 2uBl$$

$$u = r \cdot \omega$$



$$e_{tot} = 2uBl = 2r\omega Bl$$



# ΜΗΧΑΝΕΣ ΣΥΝΕΧΟΥΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

## ΑΠΛΟ ΠΕΡΙΣΤΡΕΦΟΜΕΝΟ ΠΗΝΙΟ – ΤΑΣΗ ΕΞ' ΕΠΑΓΩΓΗΣ

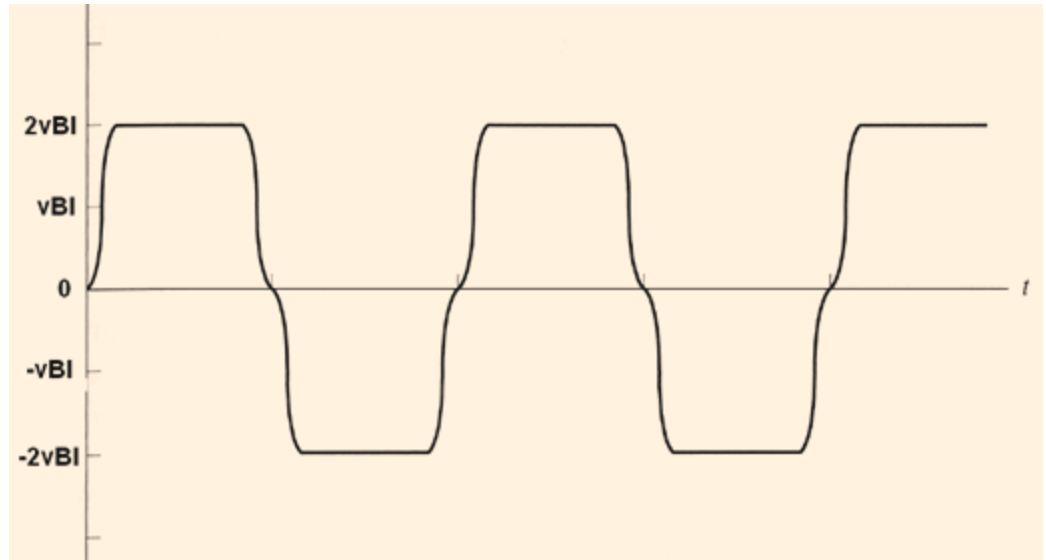
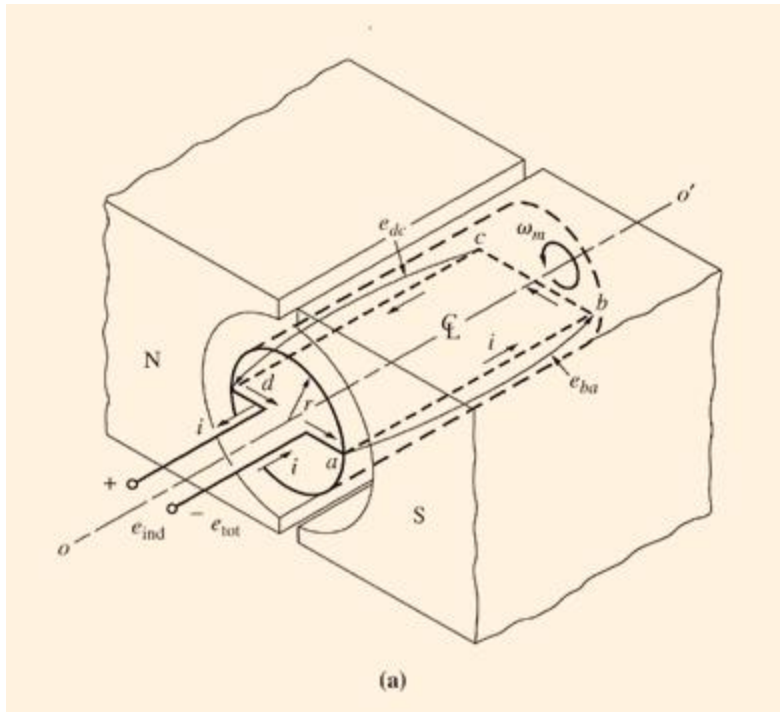
$$\left. \begin{aligned} A_p &= \pi r l \\ \phi &= B \cdot A_p \end{aligned} \right\} e_{tot} = \begin{cases} 2r\omega Bl = \frac{2A_p B \omega}{\pi} = \frac{2\phi\omega}{\pi} \\ 0 \end{cases}$$

**Η τάση στα άκρα μιας μηχανής συνεχούς ρεύματος εξαρτάται:**

- ✓ Τη μαγνητική ροή στο εσωτερικό της μηχανής.
- ✓ Την ταχύτητα περιστροφής.
- ✓ Τα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά της μηχανής.

# ΜΗΧΑΝΕΣ ΣΥΝΕΧΟΥΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

## ΑΠΛΟ ΠΕΡΙΣΤΡΕΦΟΜΕΝΟ ΠΗΝΙΟ – ΤΑΣΗ ΕΞ' ΕΠΑΓΩΓΗΣ

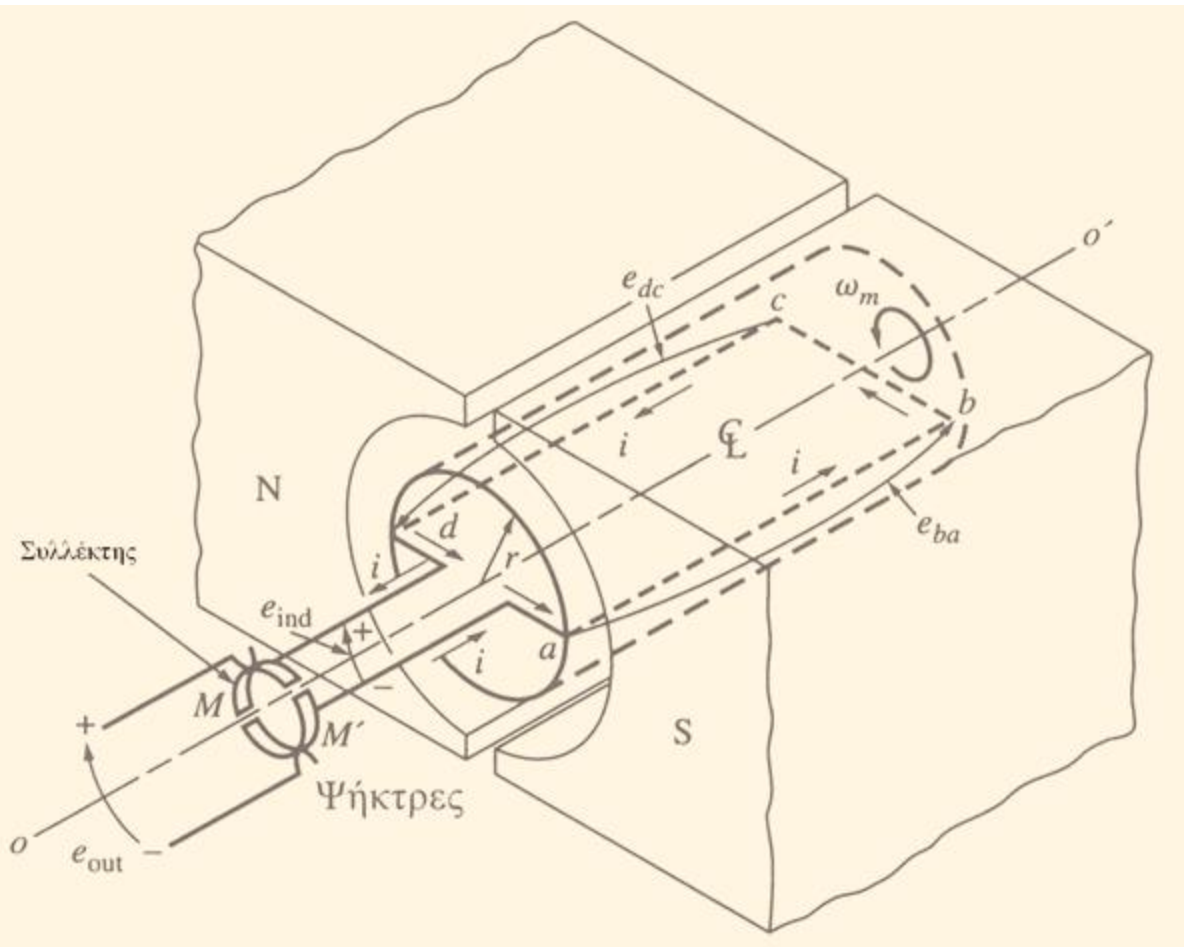


**Τάση στους ακροδέκτες του τυλίγματος**

Μετά την περιστροφή του τυλίγματος κατά 180 μοίρες, η πλευρά  $ab$  θα βρεθεί κάτω από τον βόρεια πόλο, ενώ μέχρι τότε βρισκόταν κάτω από τον νότιο. Το αντίθετο θα συμβεί στην πλευρά  $cd$ . Ως αποτέλεσμα θα αλλάξει η πολικότητα της τάσης.

# ΜΗΧΑΝΕΣ ΣΥΝΕΧΟΥΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

## ΑΠΛΟ ΠΕΡΙΣΤΡΕΦΟΜΕΝΟ ΠΗΝΙΟ – ΤΑΣΗ ΕΞ' ΕΠΑΓΩΓΗΣ



Για να ανορθώσουμε την τάση, τα άκρα του τυλίγματος καταλήγουν σε δυο ημικυκλικά αγωγικά τμήματα (συλλέκτης) που είναι τοποθετημένα επάνω στον δρομέα.

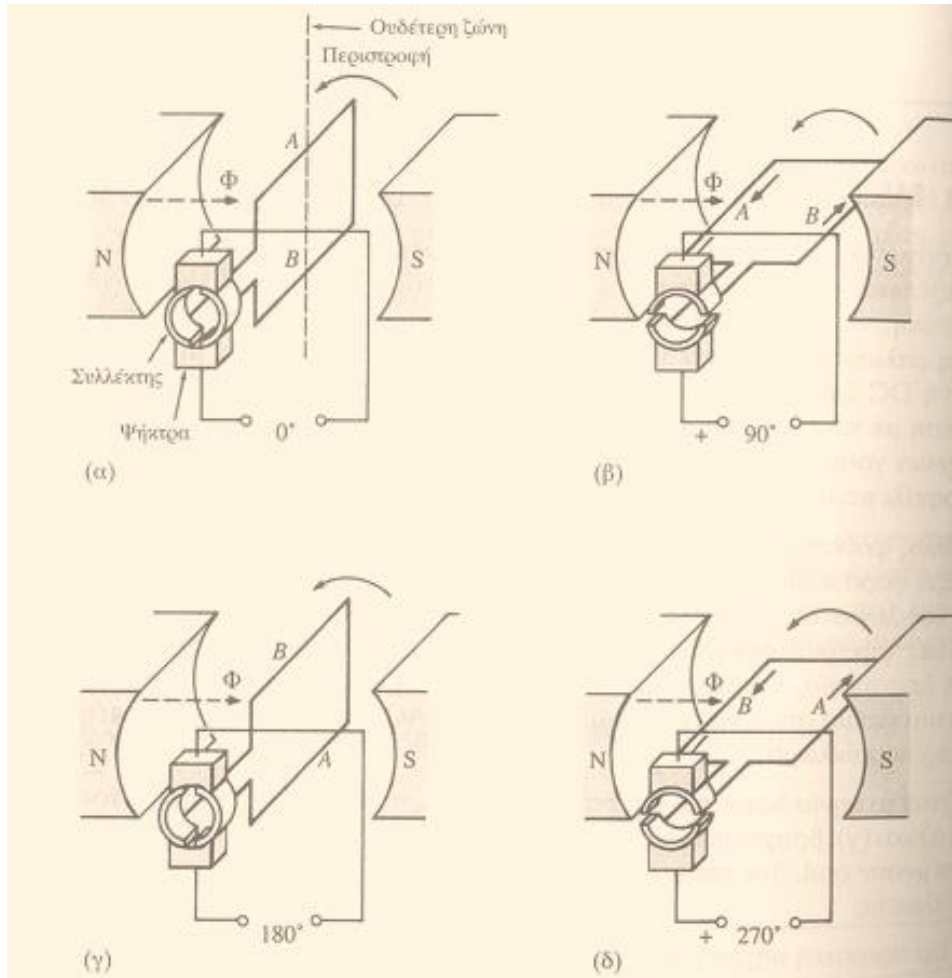
Δυο σταθεροί ακροδέκτες (ψήκτρες) εφάπτονται και ολισθαίνουν επάνω στον συλλέκτη.

Οι ψήκτρες κατασκευάζονται από σκληρό άνθρακα, γραφίτη ή μίγμα άνθρακα ή χαλκού.

**Παραγωγή συνεχούς τάσης με συλλέκτη και ψήκτρες.**

# ΜΗΧΑΝΕΣ ΣΥΝΕΧΟΥΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

## ΑΠΛΟ ΠΕΡΙΣΤΡΕΦΟΜΕΝΟ ΠΗΝΙΟ – ΤΑΣΗ ΕΞ' ΕΠΑΓΩΓΗΣ



Ο συλλέκτης αποτελείται από τομείς επάνω στους οποίους εφάπτονται οι ψήκτρας.

Οι τομείς του συλλέκτη αλλάζουν συνεχώς πολικότητα καθώς περιστρέφονται.

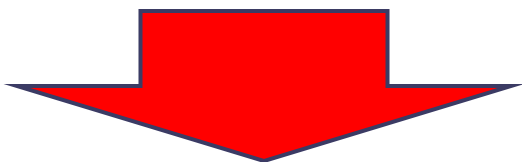
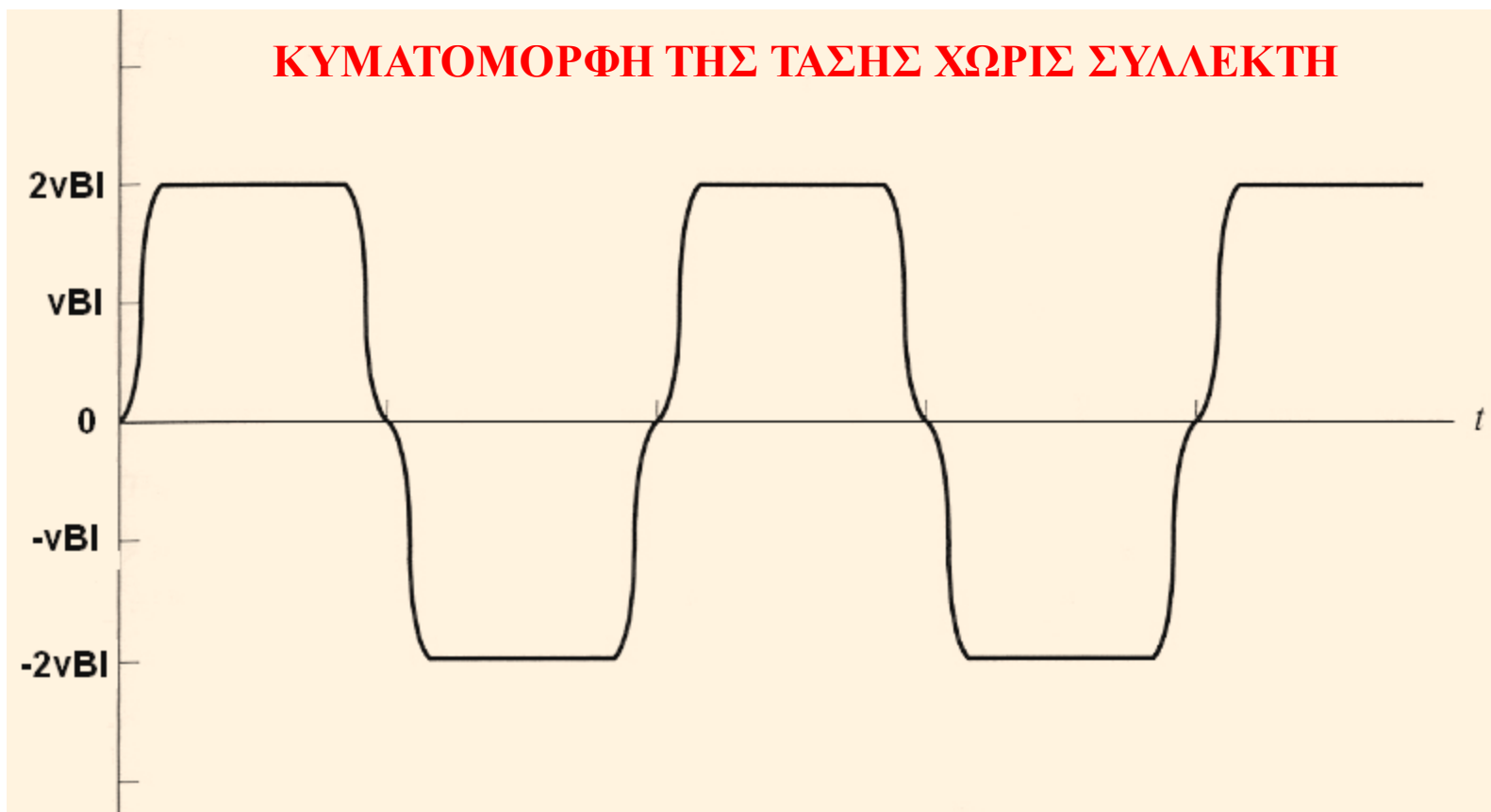
Οι ψήκτρας βρίσκονται στον στάτη και είναι σταθερές με αποτέλεσμα επάνω τους να εφάπτονται τομείς του συλλέκτη που έχουν πάντα την ίδια πολικότητα.

**Παραγωγή συνεχούς τάσης με συλλέκτη και ψήκτρας.**

# ΜΗΧΑΝΕΣ ΣΥΝΕΧΟΥΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

## ΑΠΛΟ ΠΕΡΙΣΤΡΕΦΟΜΕΝΟ ΠΗΝΙΟ – ΤΑΣΗ ΕΞ' ΕΠΑΓΩΓΗΣ

**ΚΥΜΑΤΟΜΟΡΦΗ ΤΗΣ ΤΑΣΗΣ ΧΩΡΙΣ ΣΥΛΛΕΚΤΗ**



# ΜΗΧΑΝΕΣ ΣΥΝΕΧΟΥΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

## ΑΠΛΟ ΠΕΡΙΣΤΡΕΦΟΜΕΝΟ ΠΗΝΙΟ – ΤΑΣΗ ΕΞ' ΕΠΑΓΩΓΗΣ

### ΚΥΜΑΤΟΜΟΡΦΗ ΤΗΣ ΤΑΣΗΣ ΜΕ ΣΥΛΛΕΚΤΗ





# ΜΗΧΑΝΕΣ ΣΥΝΕΧΟΥΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

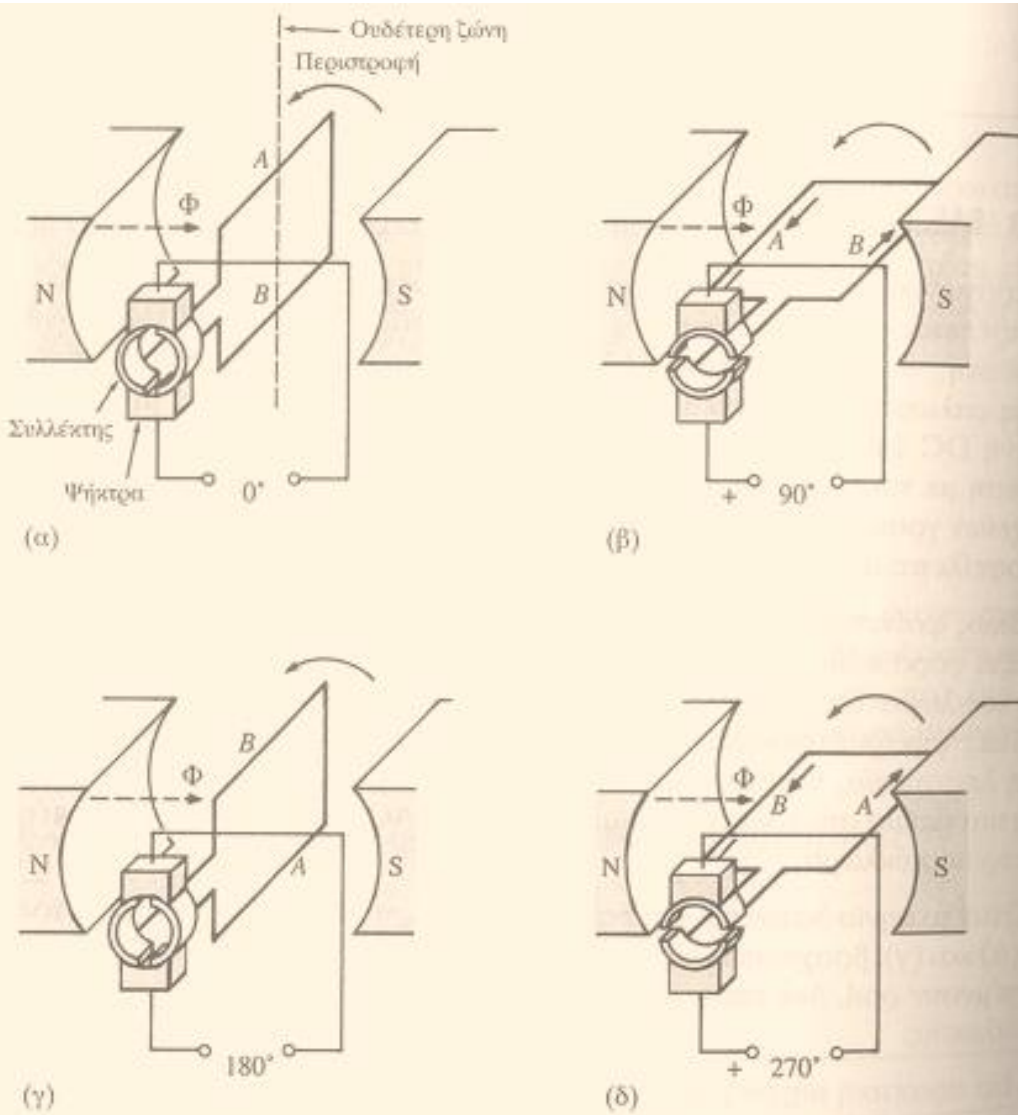
## ΑΠΛΟ ΠΕΡΙΣΤΡΕΦΟΜΕΝΟ ΠΗΝΙΟ – ΤΑΣΗ ΕΞ' ΕΠΑΓΩΓΗΣ

➤ **Μεταγωγή** ονομάζεται η αντιστροφή του ρεύματος και της επαγόμενης ηλεκτρεγερτικής δύναμης σε κάθε αγωγό του τυλίγματος τυμπάνου καθώς ο τομέας του συλλέκτη με τον οποίο είναι συνδεδεμένοι, κατά την περιστροφή του δρομέα διέρχεται από μια ψήκτρα.

➤ Κατά την περιστροφή του δρομέα έχουμε ολίσθηση των ψηκτρών επί των τομέων του συλλέκτη και περιοδικό βραχυκύκλωμα δυο γειτονικών τομέων του συλλέκτη από τις ψήκτρες.

# ΜΗΧΑΝΕΣ ΣΥΝΕΧΟΥΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

## ΜΕΤΑΓΩΓΗ

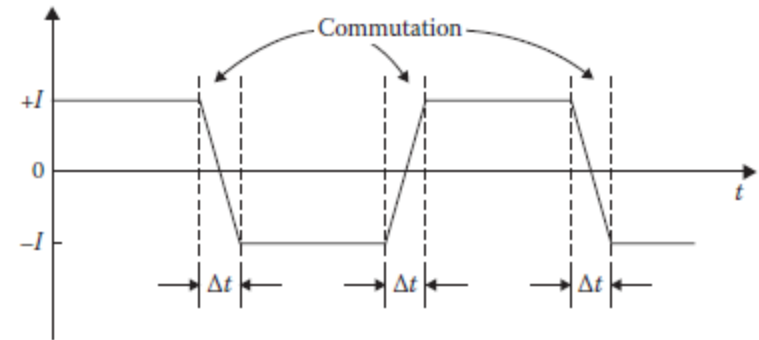
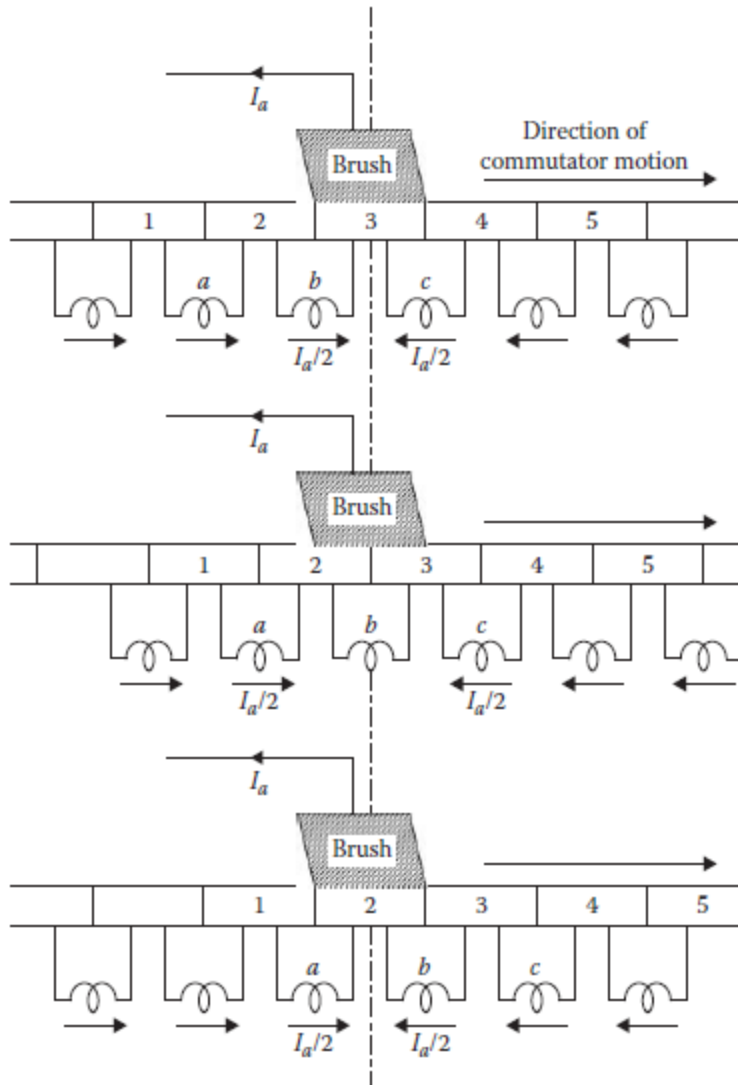


□ Τη χρονική στιγμή κατά την οποία οι ψήκτρες βραχυκυκλώνουν τους τομείς του συλλέκτη το πηνίο πρέπει να βρίσκεται στο διάκενο ανάμεσα στους πόλους.

□ Στο διάκενο ανάμεσα στους πόλους το μαγνητικό πεδίο είναι μηδενικό και ονομάζεται ουδέτερη ζώνη.

# ΜΗΧΑΝΕΣ ΣΥΝΕΧΟΥΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

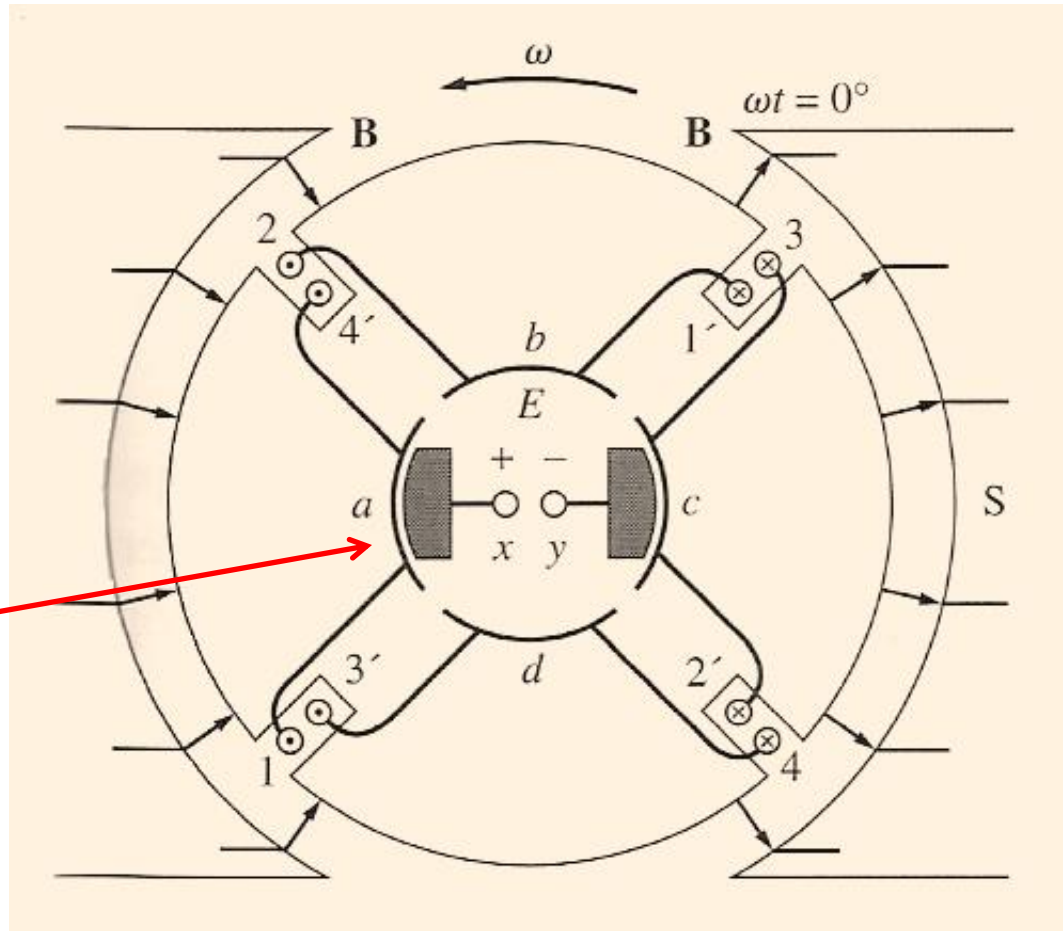
## ΜΕΤΑΓΩΓΗ



Το ρεύμα στα πηνία κατά την φάση της μεταγωγής μπορεί να προκαλέσει σπινθηρισμούς στις ψήκτρες και άρα απώλειες ενέργειας και φθορά των ψηκτρών.

# ΜΗΧΑΝΕΣ ΣΥΝΕΧΟΥΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

## ΕΠΑΓΟΜΕΝΗ ΤΑΣΗ ΣΕ ΜΗΧΑΝΗ ΜΕ ΠΕΡΙΣΣΟΤΕΡΑ ΠΗΝΙΑ (ΣΥΣΤΑΔΕΣ)



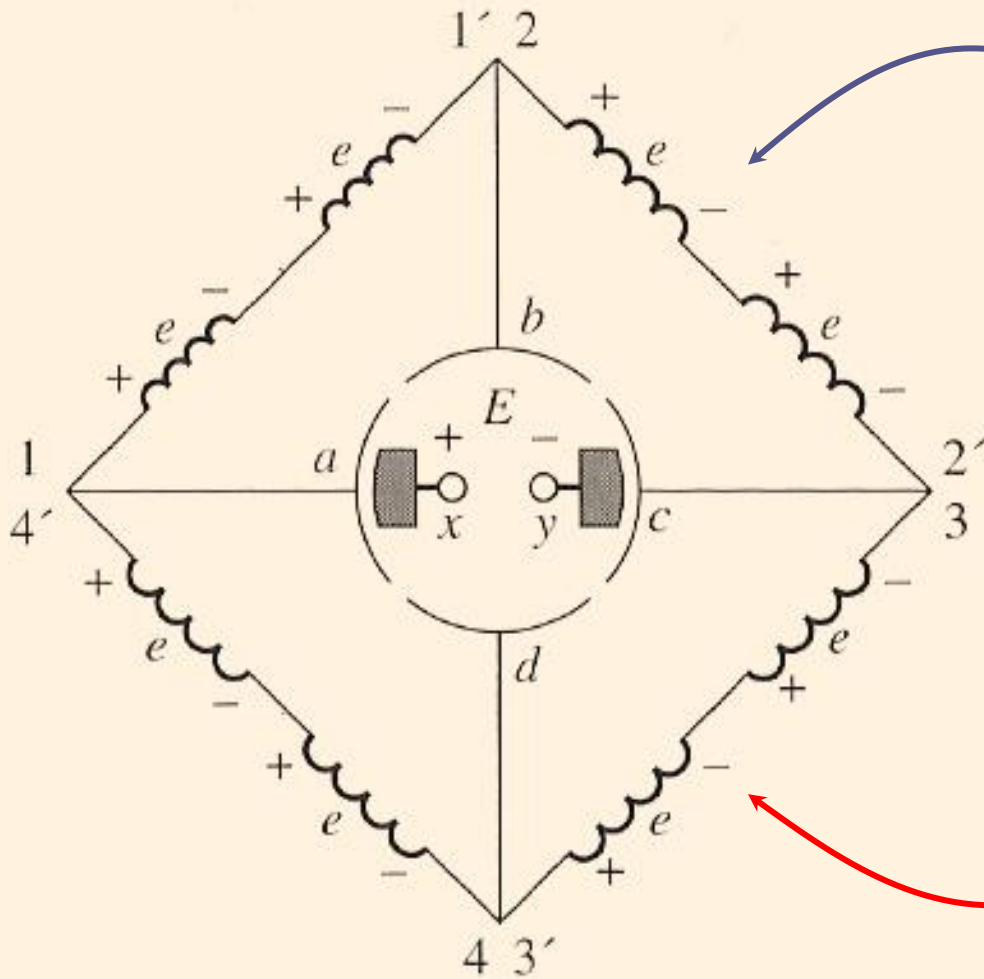
Τομείς  
Συλλέκτη



*Πώς συνδέονται οι συστάδες μεταξύ τους;*

# ΜΗΧΑΝΕΣ ΣΥΝΕΧΟΥΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

ΕΠΑΓΟΜΕΝΗ ΤΑΣΗ ΣΕ ΜΗΧΑΝΗ ΜΕ ΠΕΡΙΣΣΟΤΕΡΑ ΠΗΝΙΑ (ΣΥΣΤΑΔΕΣ)



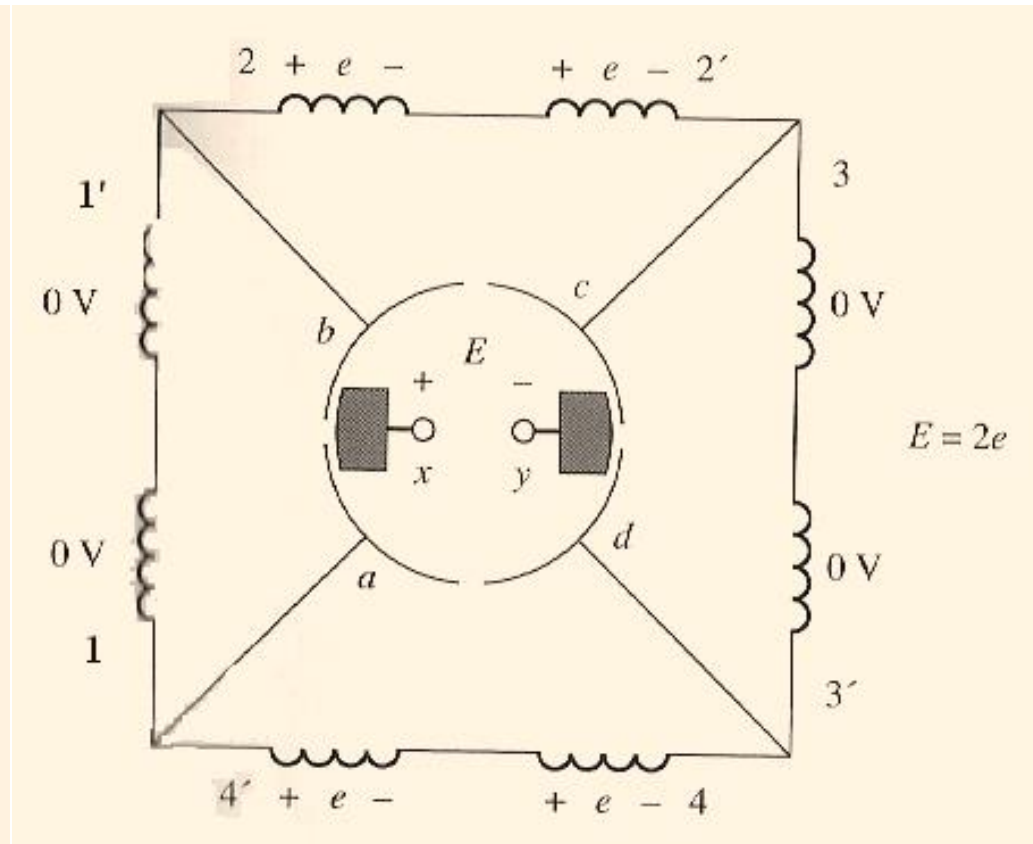
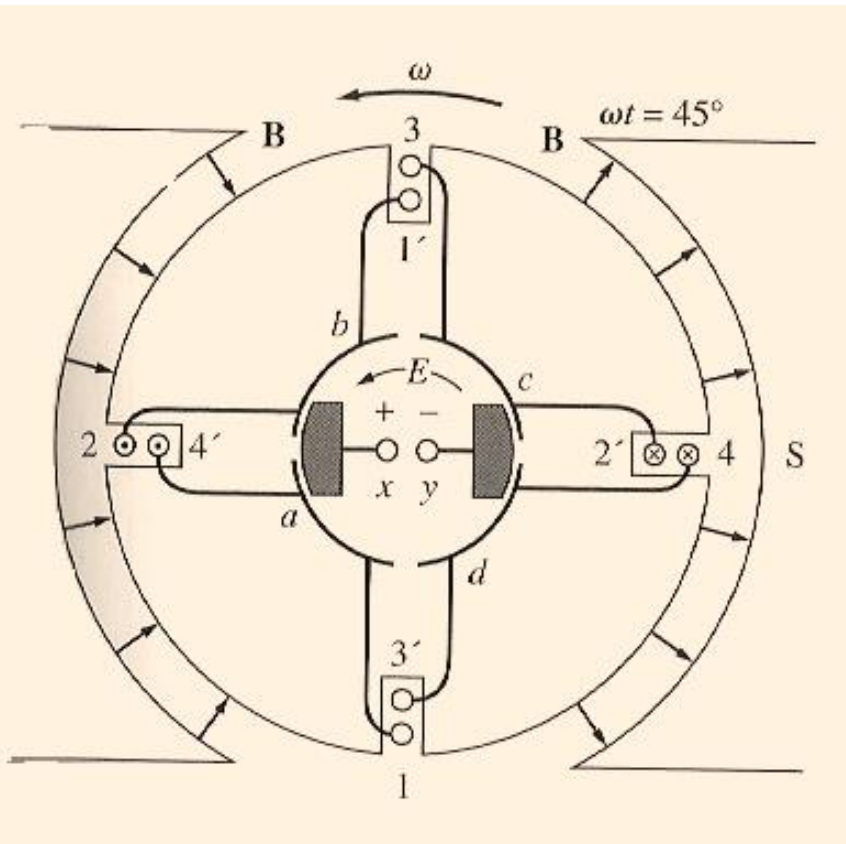
$$E = 4e$$

Δυο παράλληλοι κλάδοι:

$$(4' - 4 - 3' - 3) // (1 - 1' - 2 - 2')$$

# ΜΗΧΑΝΕΣ ΣΥΝΕΧΟΥΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

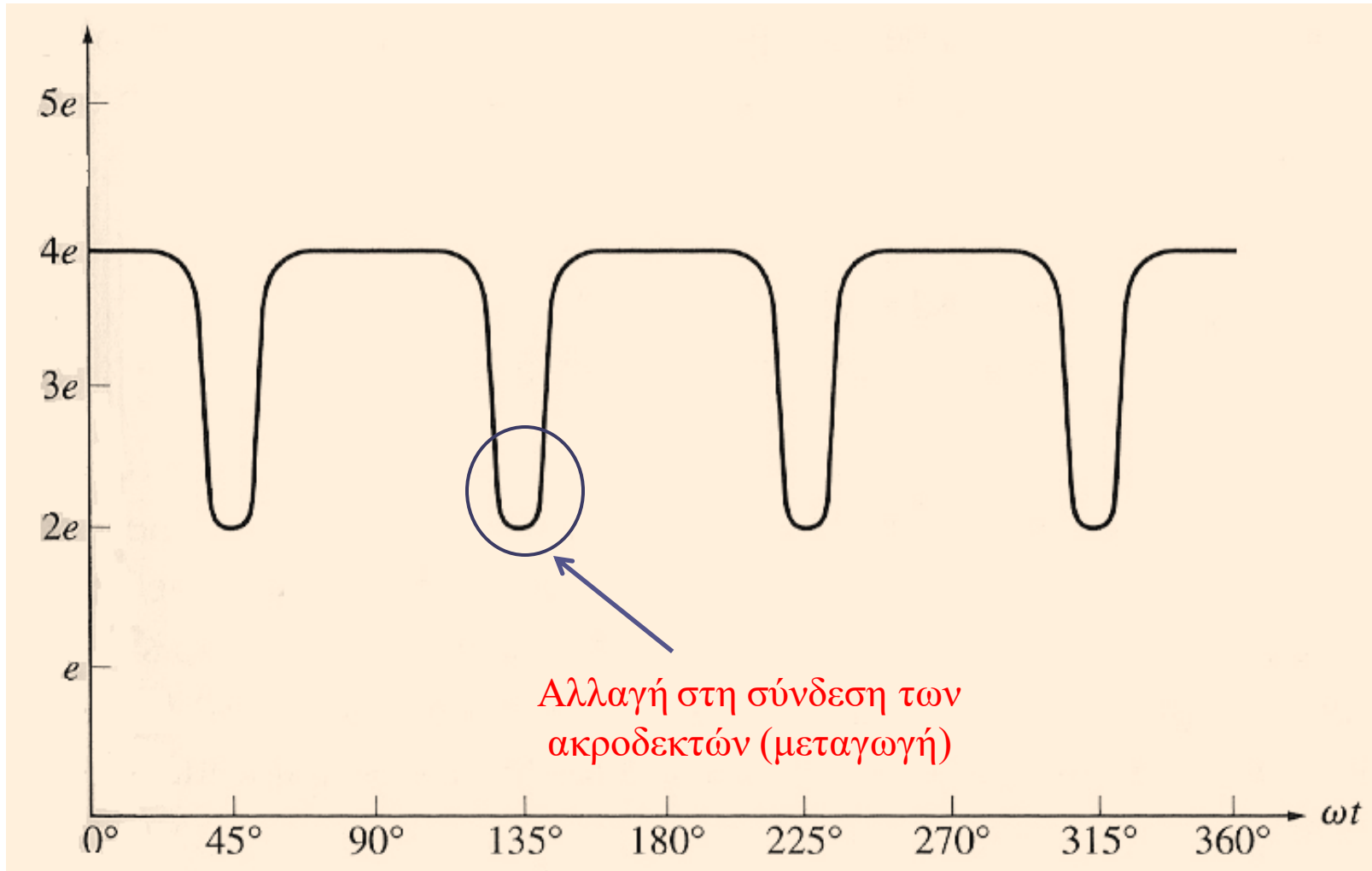
## ΕΠΑΓΟΜΕΝΗ ΤΑΣΗ ΣΕ ΜΗΧΑΝΗ ΜΕ ΠΕΡΙΣΣΟΤΕΡΑ ΠΗΝΙΑ (ΣΥΣΤΑΔΕΣ)



Τι θα συνέβαινε στη περίπτωση που οι συστάδες  $1-1'$  και  $3-3'$  δεν βρίσκονταν έξω από τους πόλους κατά τη διάρκεια της μεταγωγής;

# ΜΗΧΑΝΕΣ ΣΥΝΕΧΟΥΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

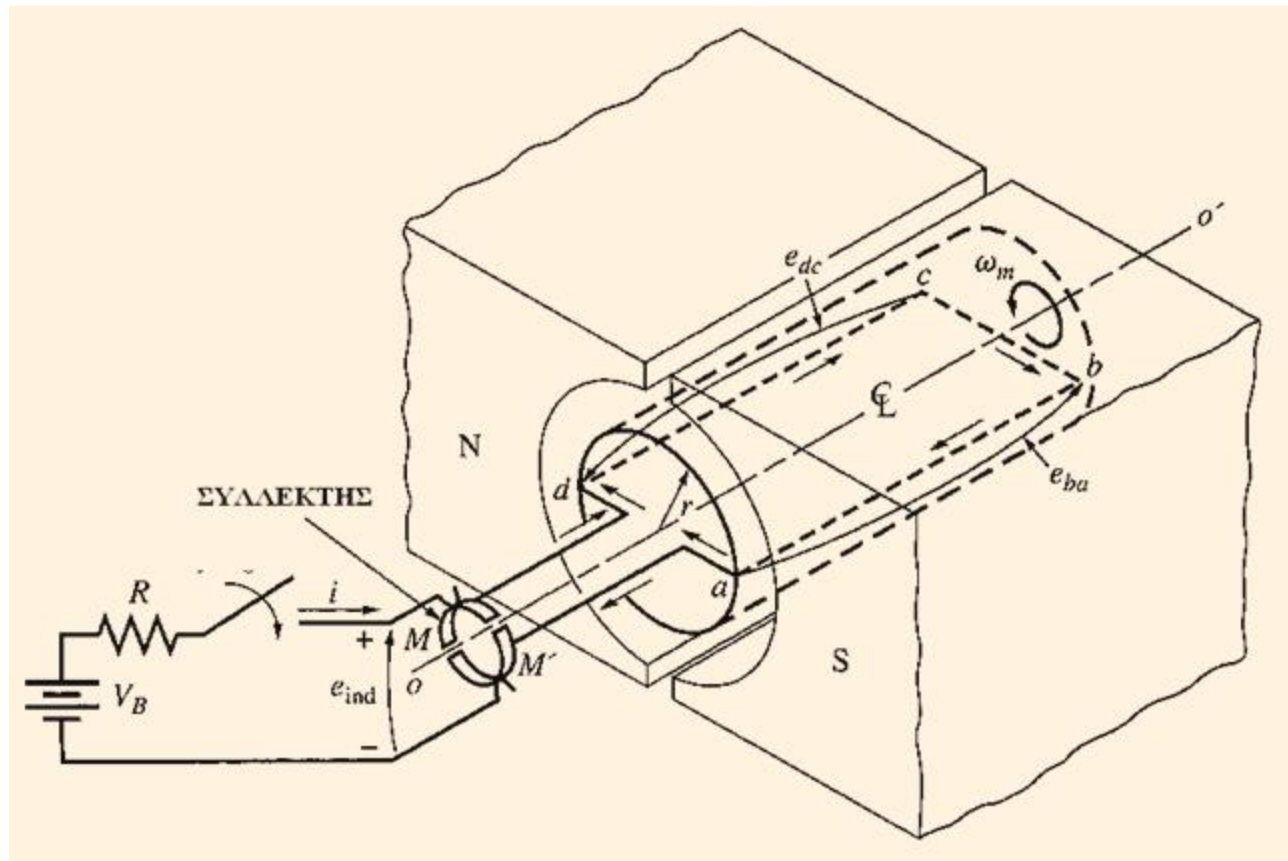
ΕΠΑΓΟΜΕΝΗ ΤΑΣΗ ΣΕ ΜΗΧΑΝΗ ΜΕ ΠΕΡΙΣΣΟΤΕΡΑ ΠΗΝΙΑ (ΣΥΣΤΑΔΕΣ)





# ΜΗΧΑΝΕΣ ΣΥΝΕΧΟΥΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

## ΑΠΛΟ ΠΕΡΙΣΤΡΕΦΟΜΕΝΟ ΠΗΝΙΟ – ΕΠΑΓΟΜΕΝΗ ΡΟΠΗ



Επαγόμενη δύναμη στη κάθε πλευρά του πηνίου:

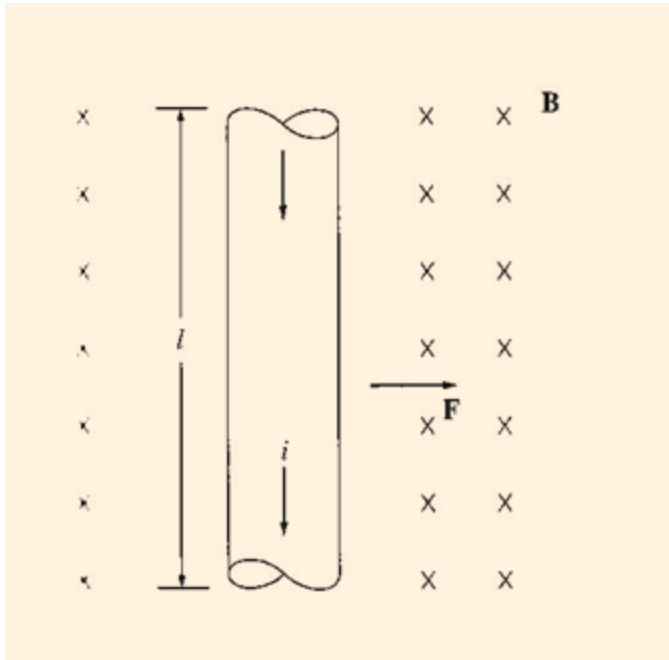
$$\vec{F} = i \cdot (\vec{l} \times \vec{B})$$



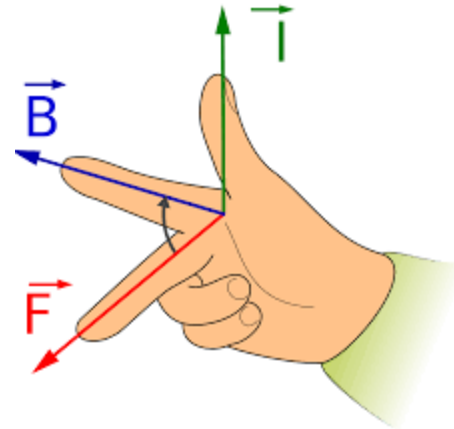
# ΜΗΧΑΝΕΣ ΣΥΝΕΧΟΥΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

## ΑΠΛΟ ΠΕΡΙΣΤΡΕΦΟΜΕΝΟ ΠΗΝΙΟ – ΕΠΑΓΟΜΕΝΗ ΡΟΠΗ

## ΔΥΝΑΜΗ ΕΞ' ΕΠΑΓΩΓΗΣ – ΔΥΝΑΜΗ LAPLACE

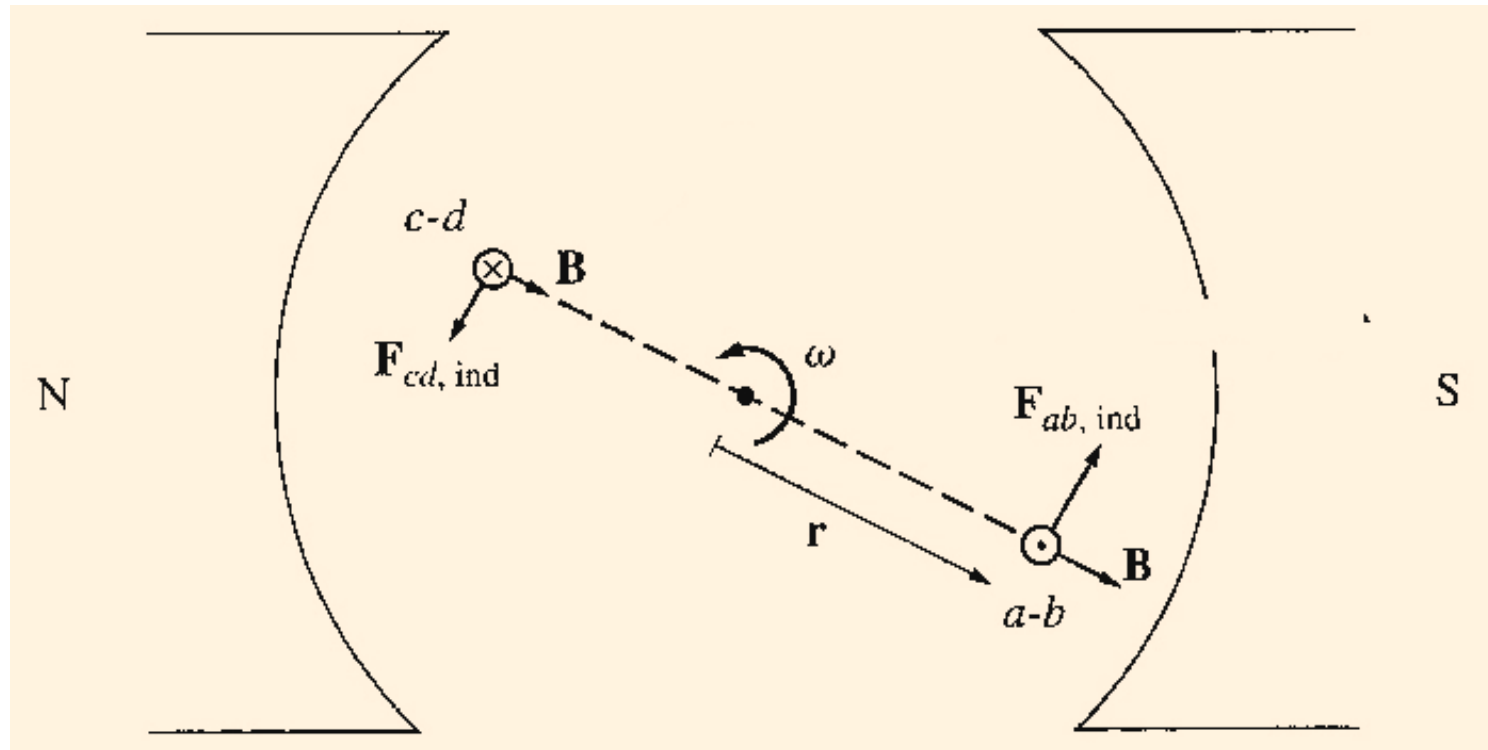


Η φορά της δύναμης  $F$  βρίσκεται με τον κανόνα του δεξιού χεριού:



# ΜΗΧΑΝΕΣ ΣΥΝΕΧΟΥΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

## ΑΠΛΟ ΠΕΡΙΣΤΡΕΦΟΜΕΝΟ ΠΗΝΙΟ – ΕΠΑΓΟΜΕΝΗ ΡΟΠΗ



Επαγόμενη ροπή στη κάθε πλευρά του πηνίου:

$$\tau = F \cdot r \cdot \sin \theta$$

# ΜΗΧΑΝΕΣ ΣΥΝΕΧΟΥΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

## ΑΠΛΟ ΠΕΡΙΣΤΡΕΦΟΜΕΝΟ ΠΗΝΙΟ – ΕΠΑΓΟΜΕΝΗ ΡΟΠΗ

Επαγόμενη Δύναμη και Ροπή στο πηνίου:

Πλευρά ab:

$$F_{ab} = i \cdot (l \times B) = ilB$$

$$\tau_{ab} = F \cdot r \cdot \sin \theta = ilBr \sin \theta = \\ = ilBr \quad (\theta = 90^\circ)$$

Πλευρά cd:

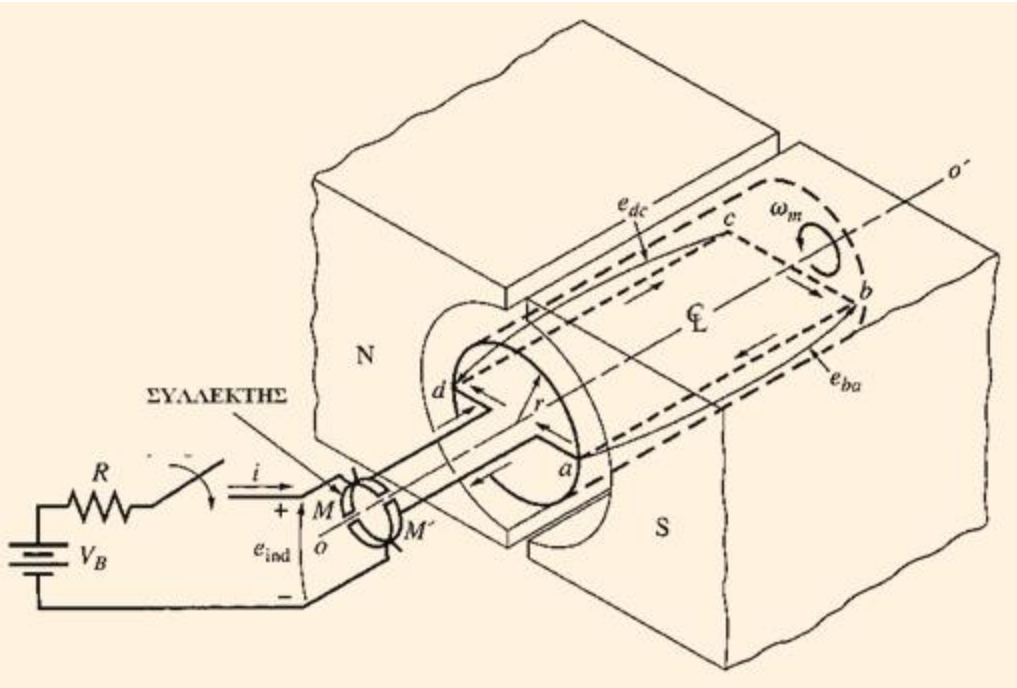
$$F_{cd} = i \cdot (l \times B) = ilB$$

$$\tau_{cd} = F \cdot r \cdot \sin \theta = ilBr \sin \theta = \\ = ilBr \quad (\theta = 90^\circ)$$

$$\tau_{bc} = 0$$

$$\tau_{da} = 0$$

Τα  $I$  και  $B$  παράλληλα  
μεταξύ τους



# ΜΗΧΑΝΕΣ ΣΥΝΕΧΟΥΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

## ΑΠΛΟ ΠΕΡΙΣΤΡΕΦΟΜΕΝΟ ΠΗΝΙΟ – ΕΠΑΓΟΜΕΝΗ ΡΟΠΗ

Συνολική επαγόμενη ροπή στο πηνίο:

$$\tau_{tot} = \tau_{ab} + \tau_{bc} + \tau_{cd} + \tau_{da} = 2rilB$$

$$\left. \begin{array}{l} A = 2 \cdot \pi \cdot r \cdot l \\ \phi = B \cdot A \end{array} \right\} \tau_{tot} = \begin{cases} \frac{\phi \cdot i}{\pi} & \text{κάτω από τους πόλους} \\ 0 & \text{έξω από τους πόλους} \end{cases}$$

# ΜΗΧΑΝΕΣ ΣΥΝΕΧΟΥΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

## ΑΠΛΟ ΠΕΡΙΣΤΡΕΦΟΜΕΝΟ ΠΗΝΙΟ – ΕΠΑΓΟΜΕΝΗ ΡΟΠΗ

Η επαγόμενη ροπή σε μια μηχανή συνεχούς ρεύματος εξαρτάται:

- ✓ Από τη μαγνητική ροή του πεδίου της μηχανής.
- ✓ Από το ρεύμα του δρομέα.
- ✓ Από τα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά της μηχανής.

$$\tau_{tot} = \tau_{ab} + \tau_{bc} + \tau_{cd} + \tau_{da} = 2rilB$$