

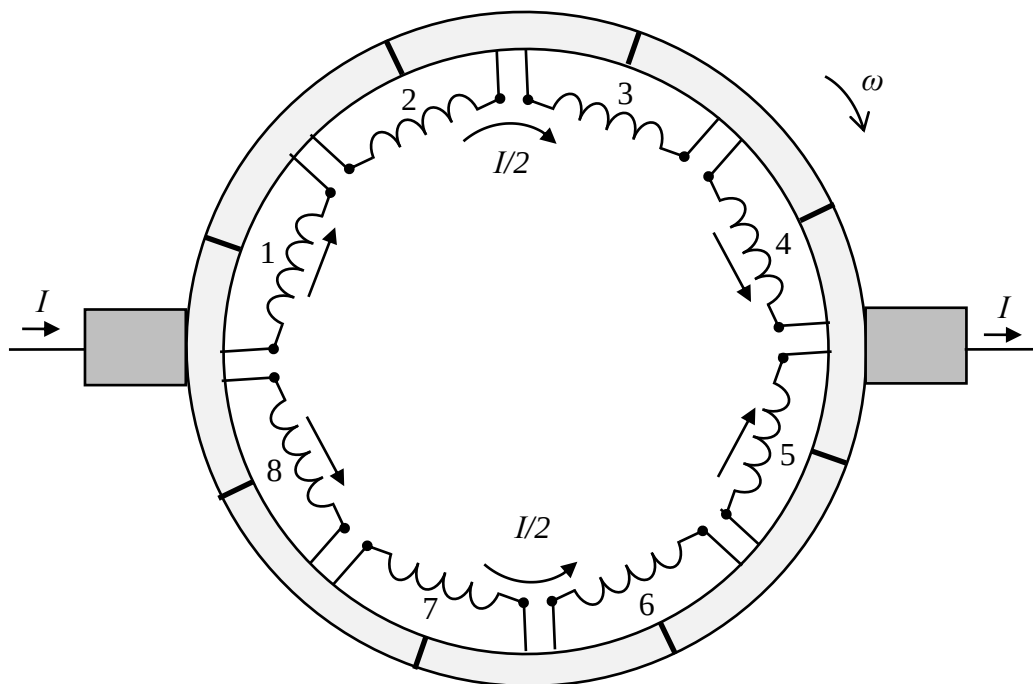
ΜΕΤΑΓΩΓΗ

Η ψήκτρα εφάπτεται με ένα τομέα του συλλέκτη. Το ρεύμα μοιράζεται διά δύο στις δύο ισοδύναμες παράλληλες διαδρομές.

Η τάση στις δύο παράλληλες διαδρομές πρέπει να είναι ίδια αλλιώς δημιουργείται παρασιτικό ρεύμα από τον ένα κλάδο στον άλλο.

Αυτό επιτυγχάνεται βάζοντας τις ψήκτρες να εφάπτονται με του τομείς του συλλέκτη που συνδέονται με αγωγούς που βρίσκονται στην ουδέτερη ζώνη.

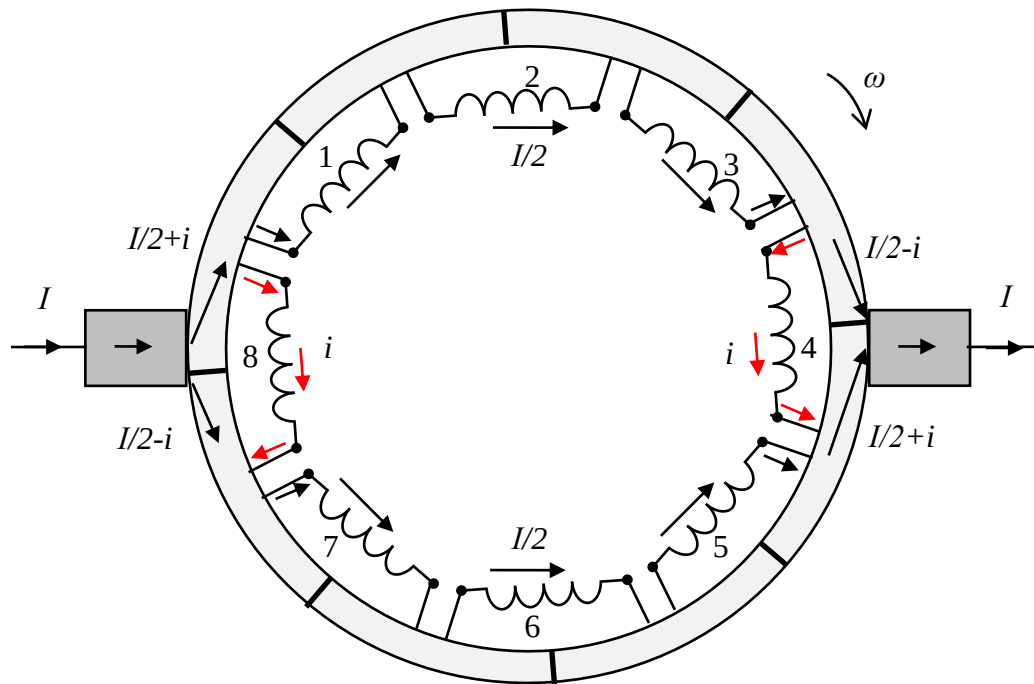
Ουδέτερες ζώνες είναι οι περιοχές στα χάσματα μεταξύ των πόλων. Εκεί η ταχύτητα ενός αγωγού είναι παράλληλη με το μαγνητικό πεδίο και δεν δημιουργείται επαγωγική τάση στα άκρα του.



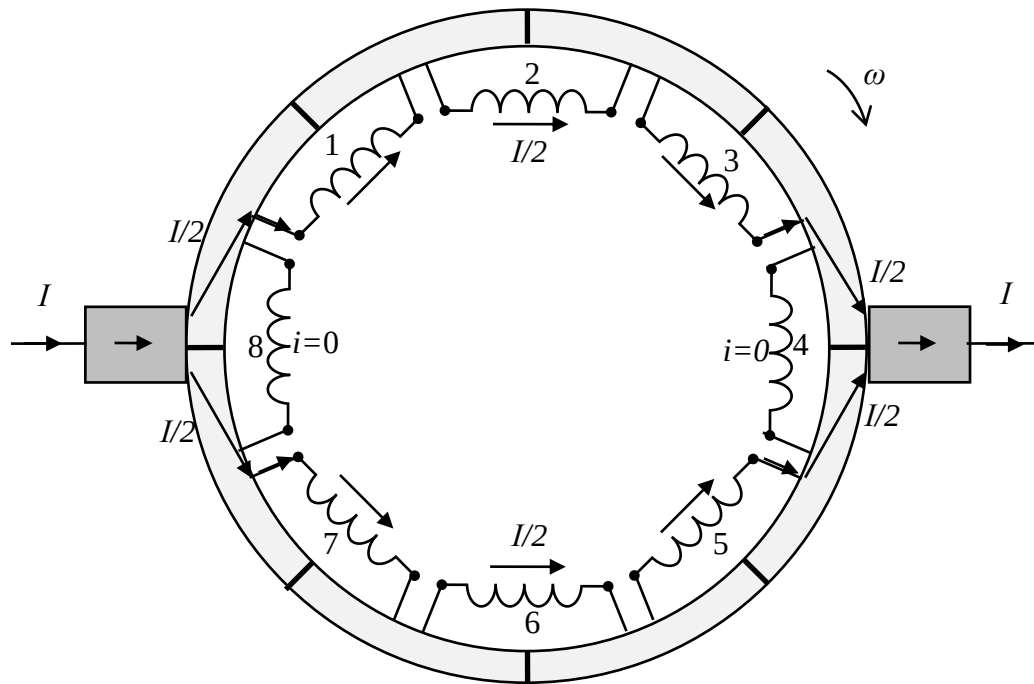
Όταν η ψήκτρα εφάπτεται σε δύο τομείς του συλλέκτη, το καλώδιο 8 που ενώνει τους τομείς, υφίσταται μεταγωγή (όπως και το 4 στην απέναντι πλευρά).

Αν οι δύο παράλληλοι κλάδοι δεν έχουν την ίδια τάση τότε το παρασιτικό ρεύμα θα τρέξει μέσω της ψήκτρας και θα προκαλεί σπινθήρες και φθορά της ψήκτρας και του συλλέκτη.

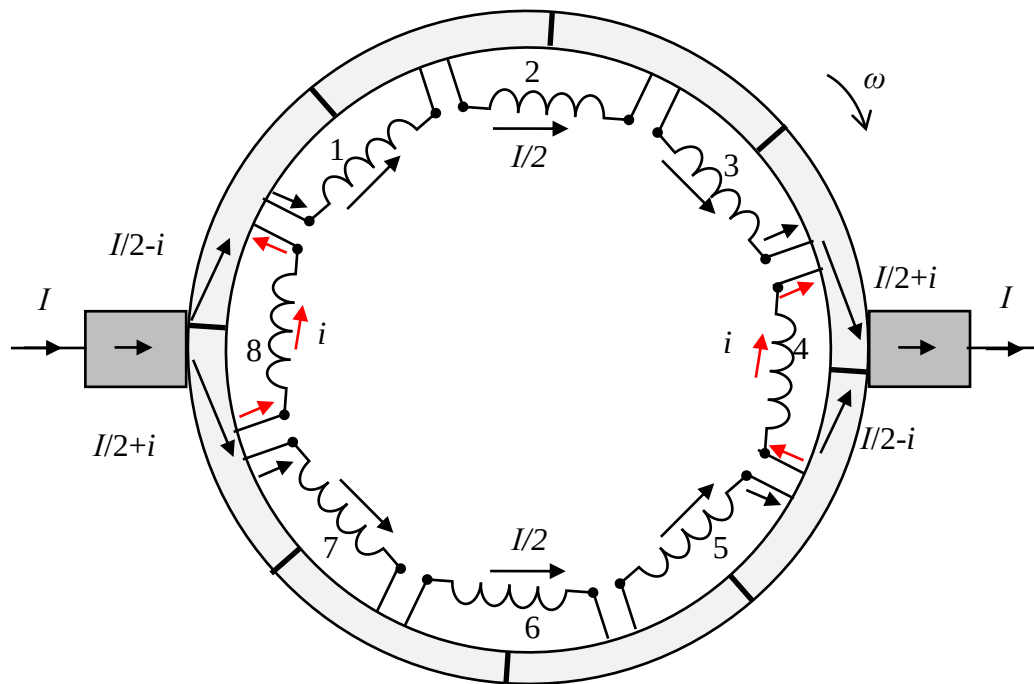
Επειδή το καλώδιο που υφίσταται μεταγωγή είναι στην ουδέτερη ζώνη, δεν δημιουργείται σε αυτό επαγωγική τάση. Έτσι δεν έχει «δικό» του ρεύμα, αλλά παρέχει ένα δρόμο για να περάσουν τα ρεύματα που προκαλούν τα διπλανά καλώδια (1, 7). Αυτά μοιράζονται ανάλογα με το εμβαδό της επαφής της ψήκτρας στον αντίστοιχο τομέα του συλλέκτη.



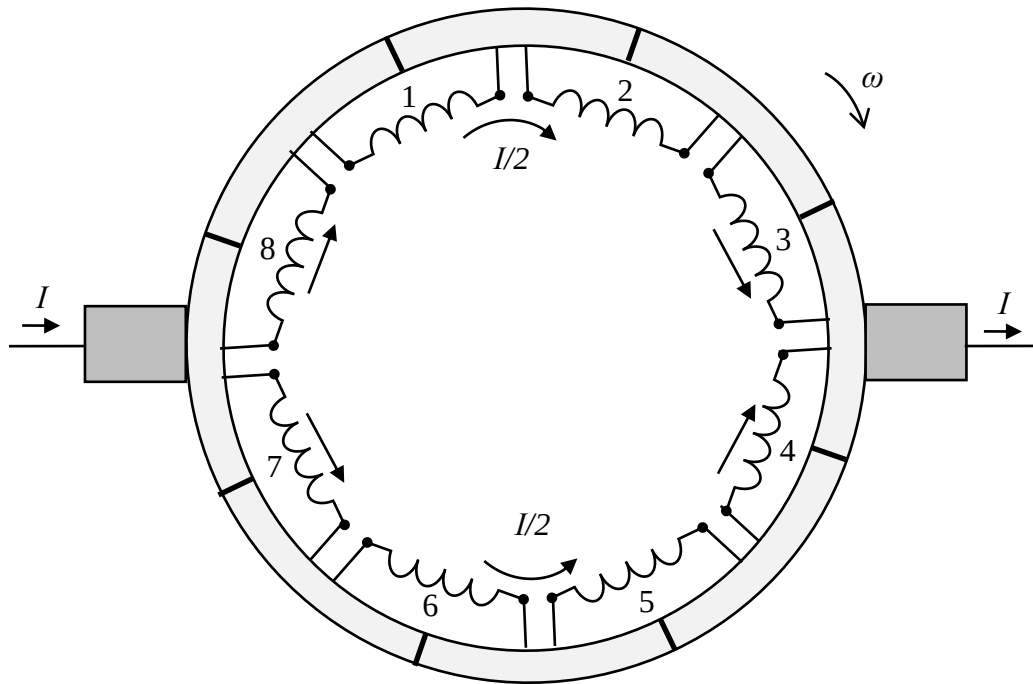
Όταν η επαφή είναι ακριβώς στη μέση όπως στο σχήμα το καλώδιο 8 δεν διαρρέεται από ρεύμα.



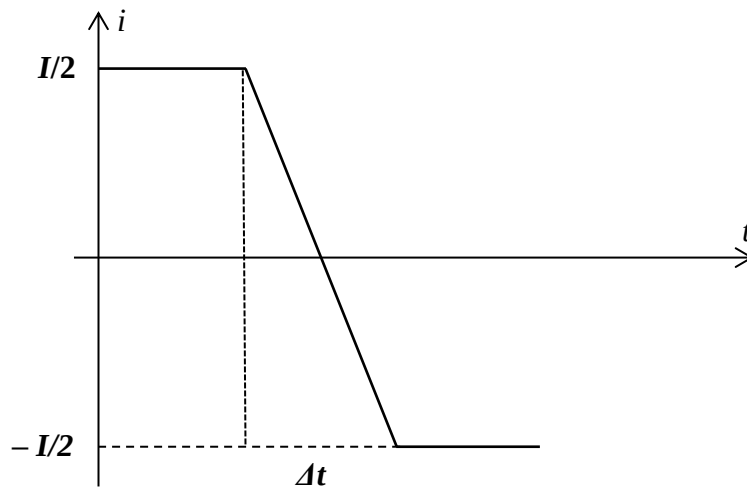
Στο επόμενο βήμα η φορά του ρεύματος στο καλώδιο 8 αλλάζει.



Μόλις ολοκληρωθεί η μεταγωγή το ρεύμα στο καλώδιο 8 έχει αλλάξει φορά



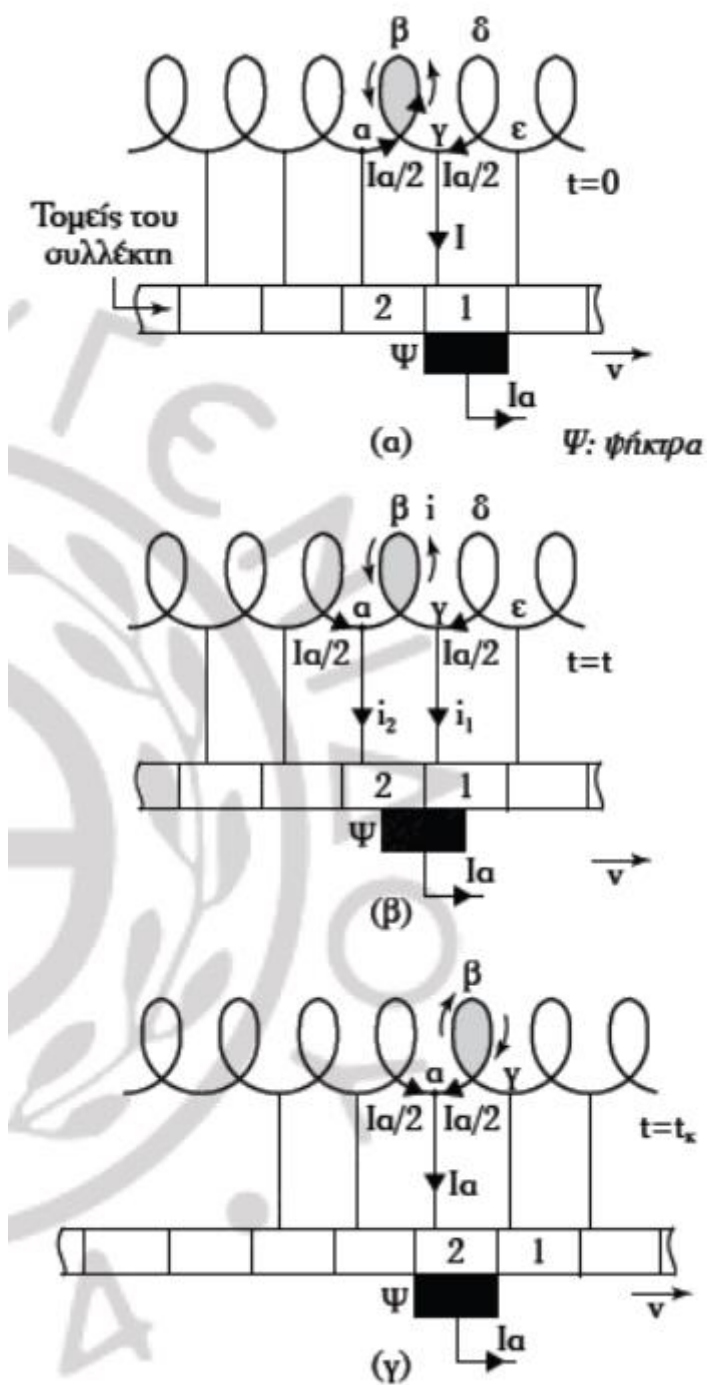
Ιδανική γραμμική μεταγωγή

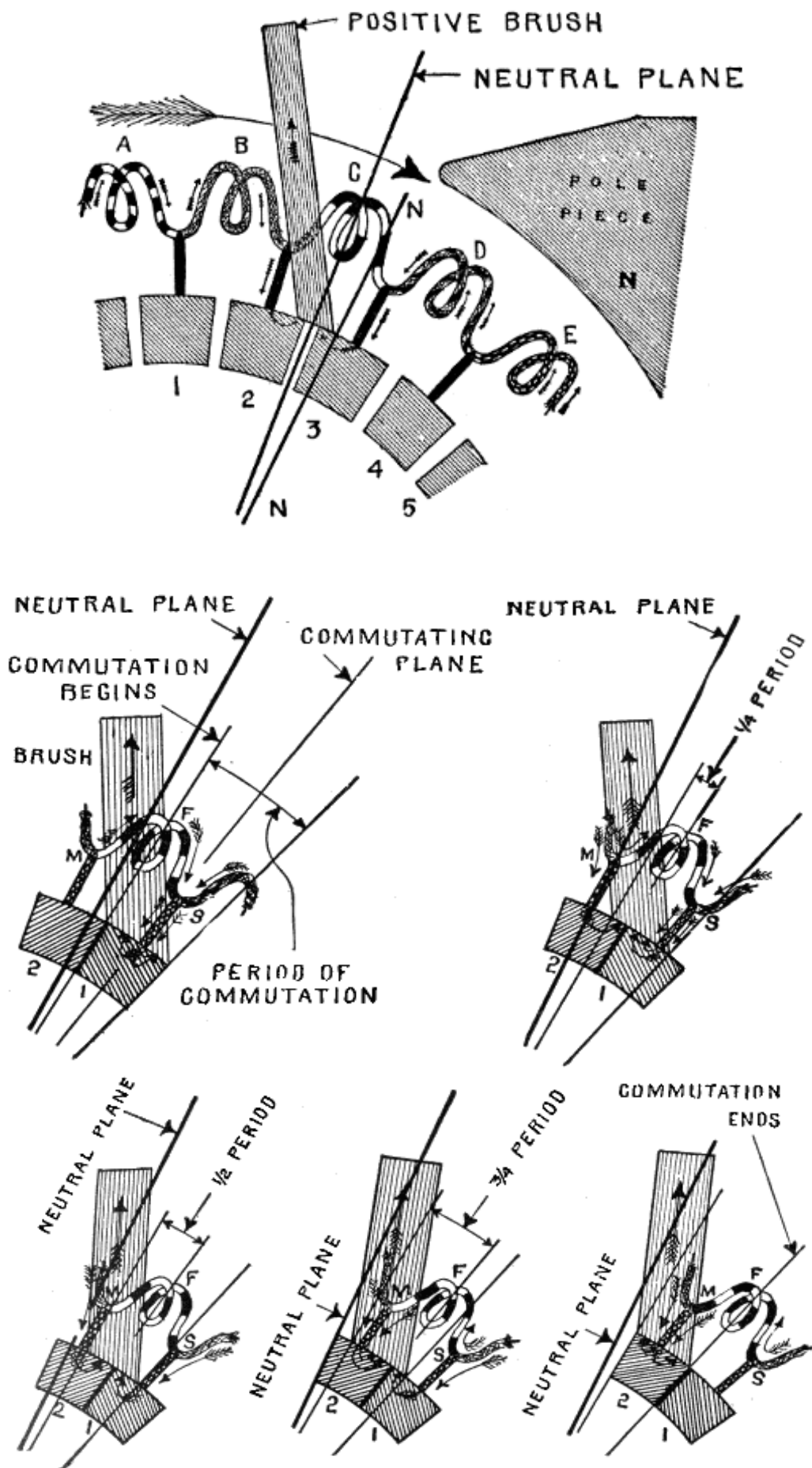


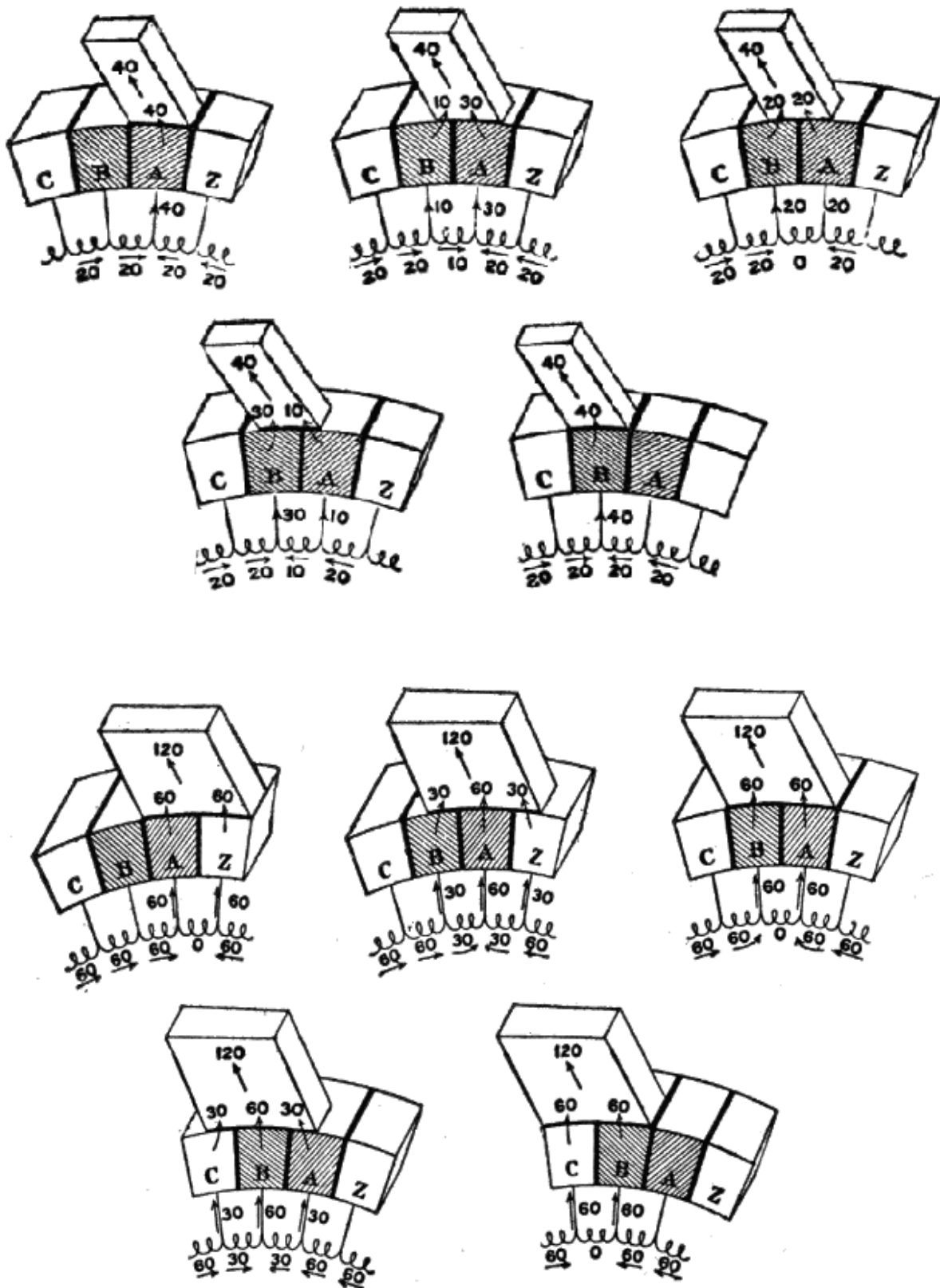
Η διάρκεια της μεταγωγής εξαρτάται από το πλάτος της ψήκτρας και την ταχύτητα της μηχανής.

Π.χ. έστω ότι η ψήκτρα έχει πλάτος d ίσο με ένα τομέα του συλλέκτη και ο συλλέκτης έχει M τομείς

$$\Delta t = \frac{d}{v} = \frac{2\pi r / M}{\omega r} = \frac{2\pi / M}{2\pi n / 60} = \frac{60}{Mn} \quad (\text{s})$$







ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΜΕΤΑΓΩΓΗΣ ΣΤΙΣ ΜΗΧΑΝΕΣ ΣΥΝΕΧΟΥΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

Η μεταγωγή δεν είναι τόσο απλή στην πραγματικότητα λόγω δύο φαινομένων

Αντίδραση οπλισμού (armature reaction)

Επαγωγικές υπερτάσεις ($L di/dt$)

Προκαλούνται σπινθήρες στις ψήκτρες που φθείρουν τις ψήκτρες και το συλλέκτη.

Αντίδραση οπλισμού (armature reaction)

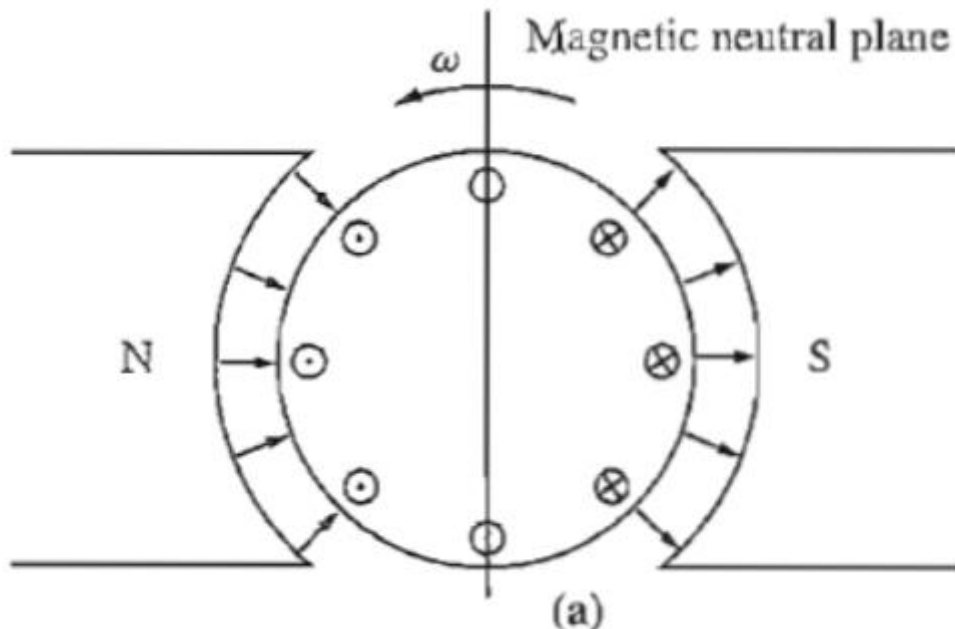
Είναι η παραμόρφωση του μαγνητικού πεδίου της μηχανής από το μαγνητικό πεδίο που δημιουργεί ο οπλισμός όταν διαρρέεται από ρεύμα.

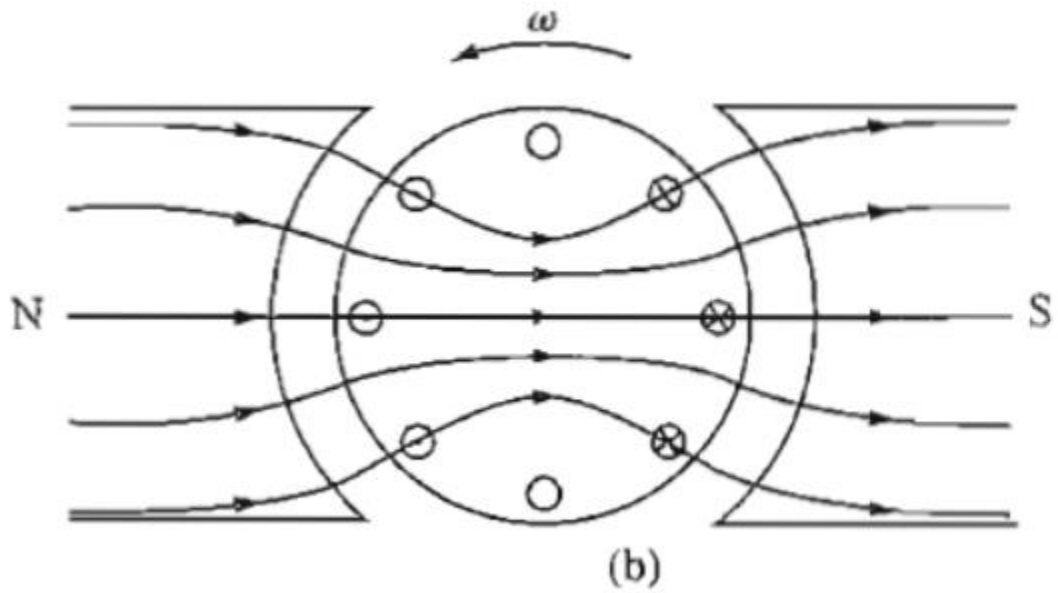
Οδηγεί σε : **Μετατόπιση της ουδέτερης ζώνης**
Εξασθένιση της μαγνητικής ροής

Μετατόπιση της ουδέτερης ζώνης σημαίνει ότι οι ψήκτρες είναι σε λάθος σημείο και οι δύο παράλληλοι κλάδοι δεν έχουν την ίδια τάση.

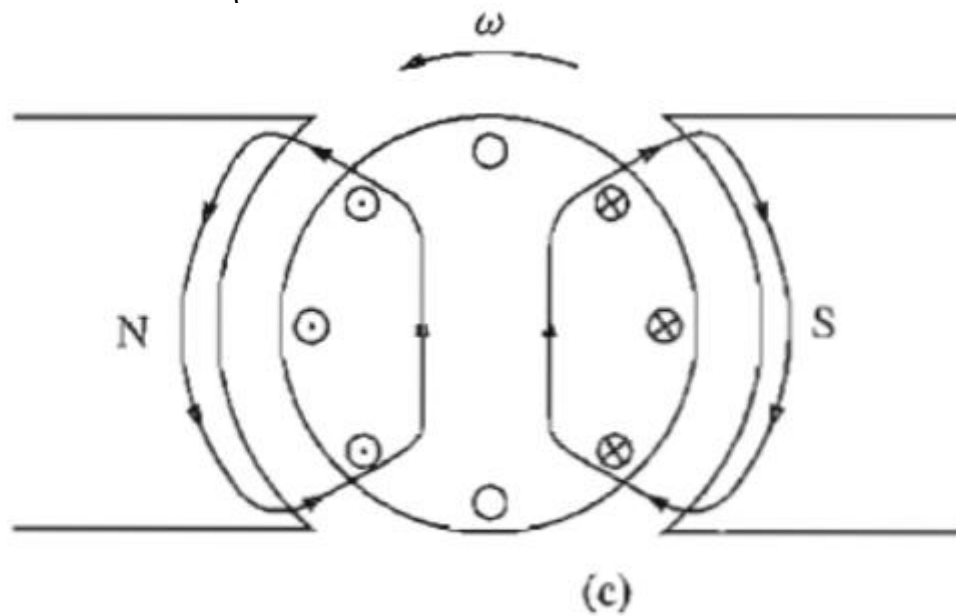
Εξασθένιση του πεδίου σημαίνει αύξηση τη ταχύτητας της μηχανής.

Μετατόπιση της ουδέτερης ζώνης σε γεννήτρια

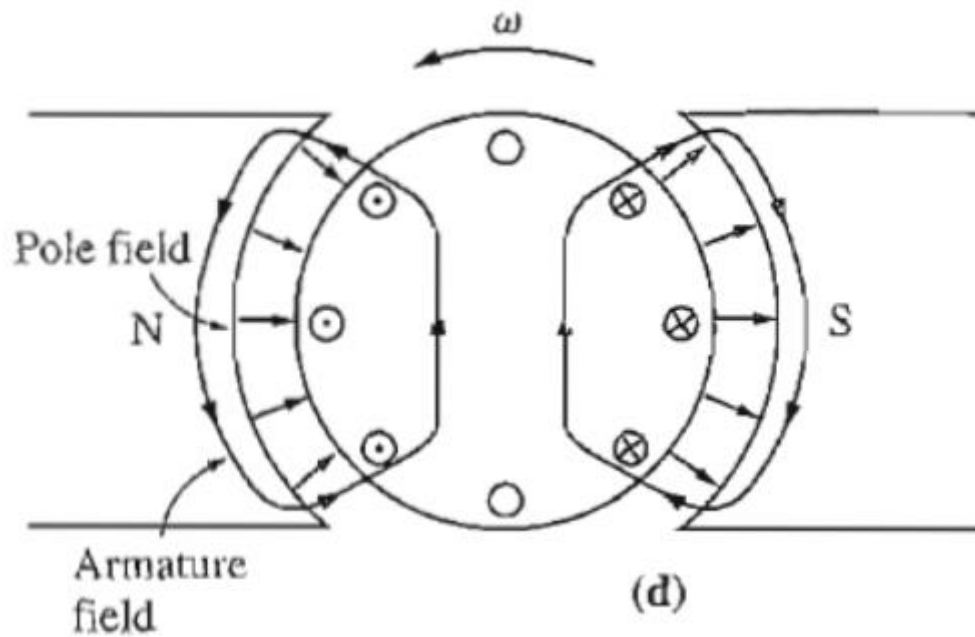




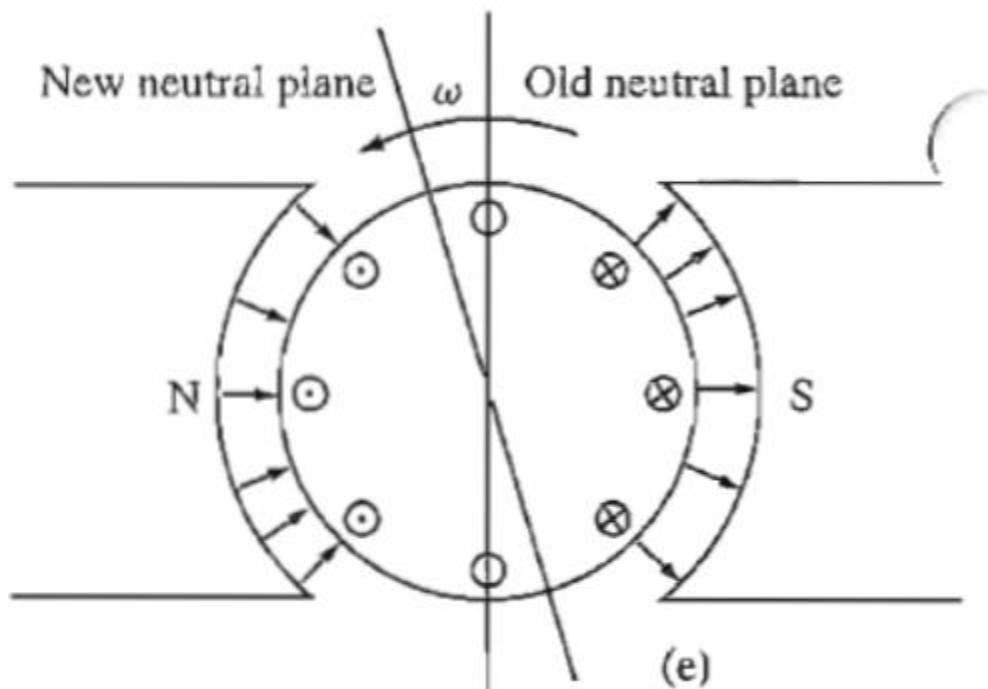
Το μαγνητικό πεδίο του στάτη



Το μαγνητικό πεδίο του οπλισμού



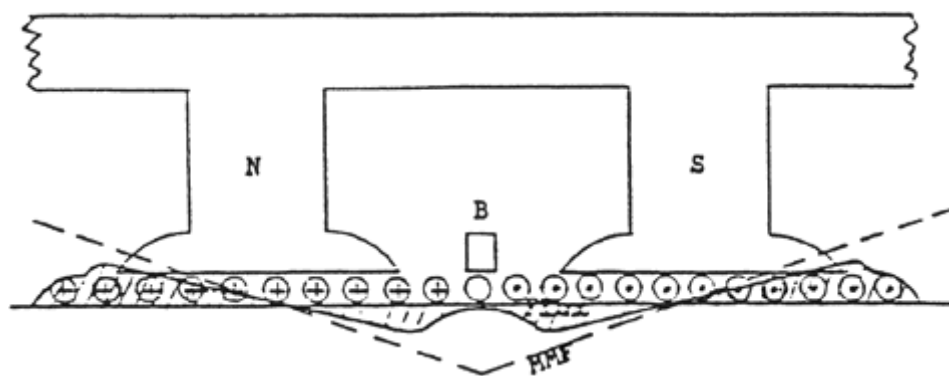
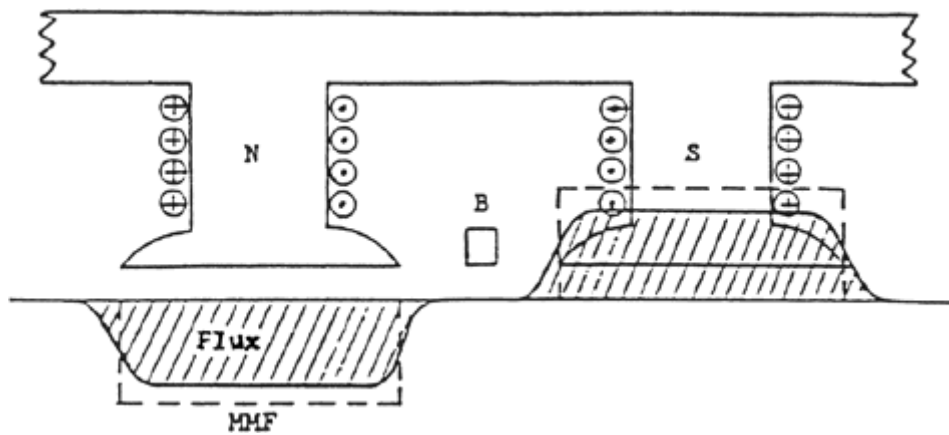
Τα δύο πεδία μαζί



Η ουδέτερη ζώνη μετατοπίστηκε κατά τη φορά της περιστροφής της γεννήτριας

Σε κινητήρα, όπου το ρεύμα θα είχε αντίθετη φορά, η μετατόπιση της ουδέτερης ζώνης είναι αντίθετη από τη φορά της κίνησης.

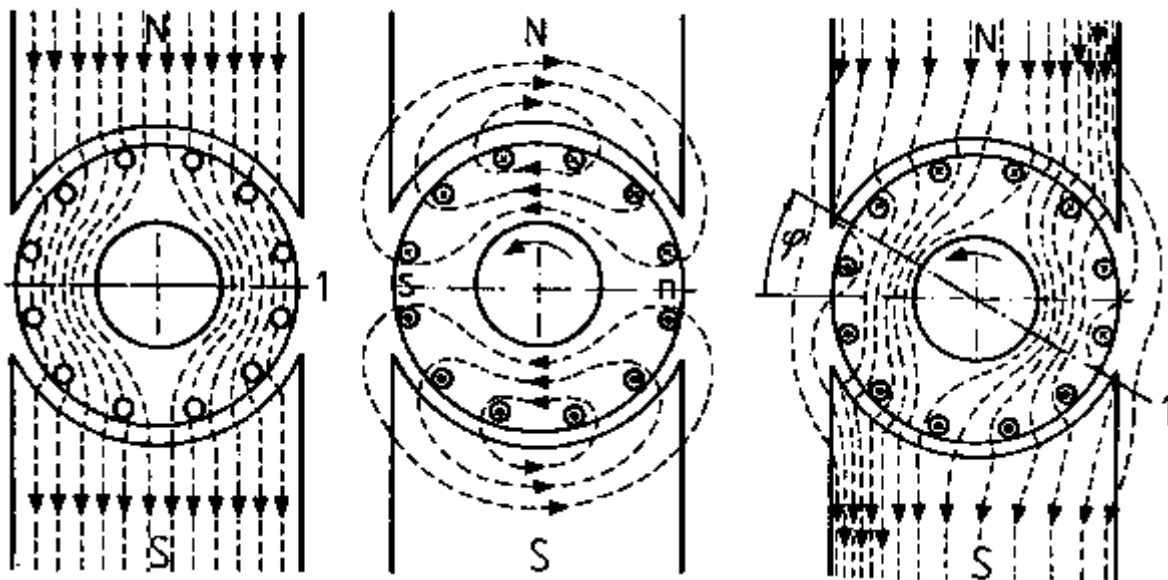
Εξασθένιση μαγνητικής ροής

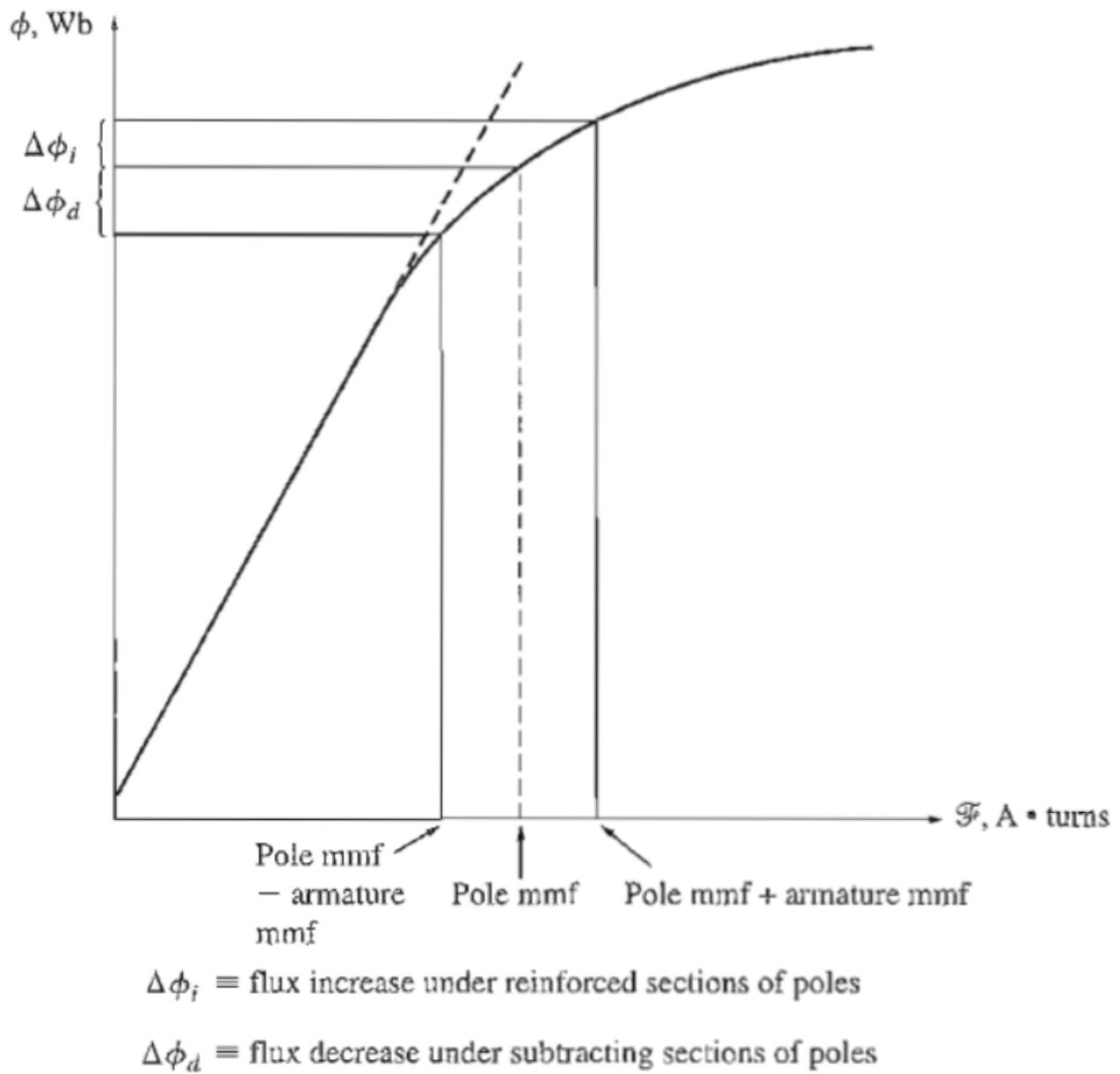


①

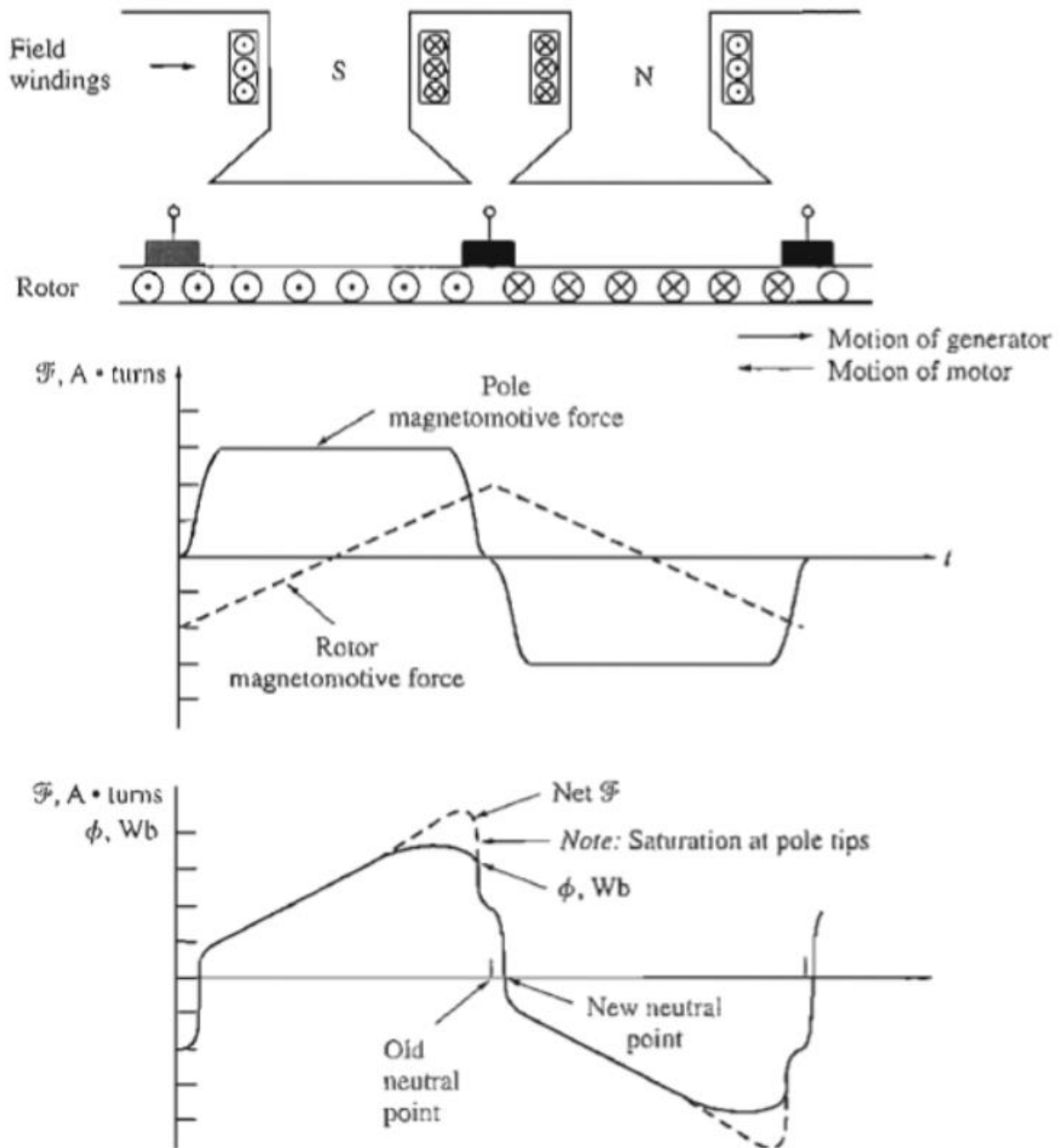
②

③

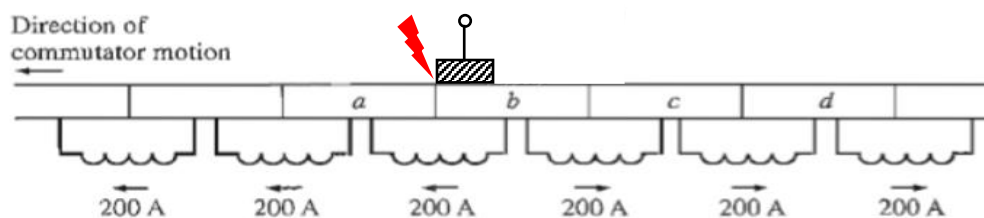
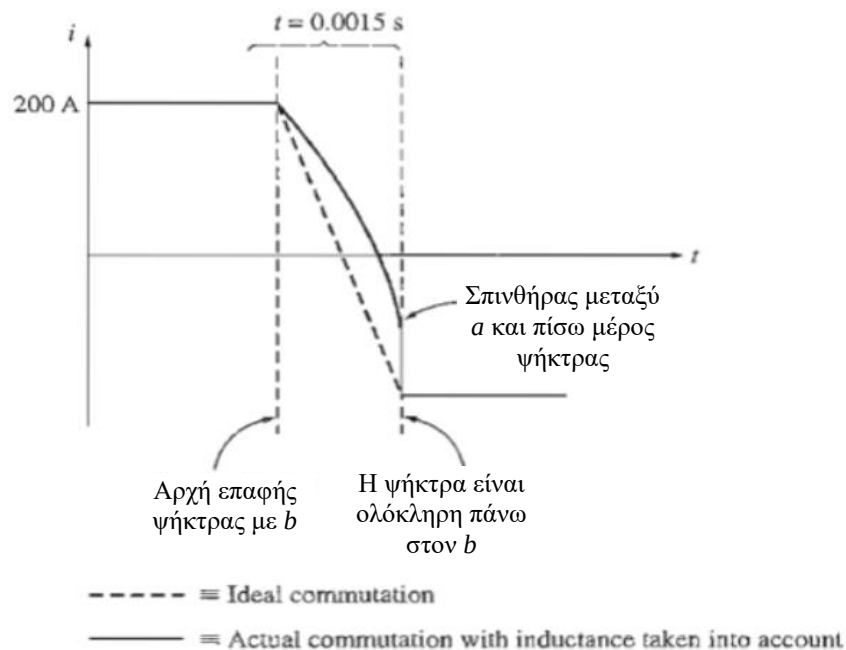
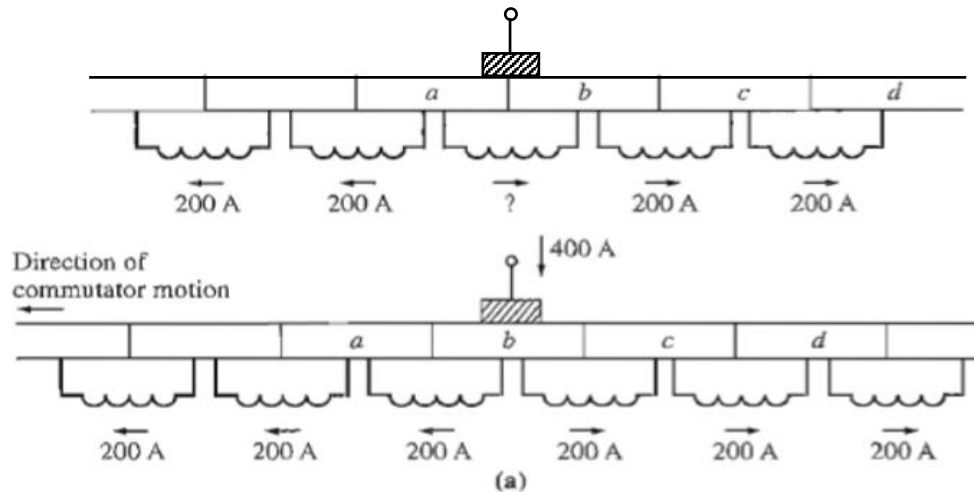




Λόγω κορεσμού η αύξηση είναι μικρότερη από τη μείωση



Επαγωγικές υπερτάσεις



Η μεταβολή του ρεύματος στο καλώδιο που υφίσταται μεταγωγή (που είναι ένα πηνίο), παρόλο που είναι στην ουδέτερη ζώνη, θα προκαλέσει τη δημιουργία επαγωγικής τάσης από αυτεπαγωγή: $L \frac{di}{dt}$

Π.χ. για 50 τομείς συλλέκτη και ταχύτητα 800 rpm η μεταγωγή διαρκεί :

$$\Delta t = \frac{\Delta x}{v} = \frac{2\pi r / 50}{\omega r} = \frac{2\pi / 50}{2\pi n / 60} = \frac{6}{5n} = \frac{6}{5 \cdot 800} = 0,0015 \text{ s}$$

$$\Delta i = 200 - (-200) = 400 \text{ A}$$

$$\frac{\Delta i}{\Delta t} = \frac{400}{0,0015} = 266.667 \text{ A/s}$$

Ακόμα και αν το καλώδιο έχει πολύ μικρή αυτεπαγωγή $L = 3 \text{ mH} = 0,003 \text{ H}$, η αυτεπαγωγική κρουστική τάση (inductive kick) θα είναι

$$V = L \frac{\Delta i}{\Delta t} = 0,003 \frac{400}{0,0015} = 800 \text{ V}$$

Επιπρόσθετα όπως είδαμε, το καλώδιο που υφίσταται μεταγωγή ΔΕΝ είναι στην πραγματική ουδέτερη ζώνη επειδή το συνολικό πεδίο έχει παραμορφωθεί από την αντίδραση του οπλισμού και η ουδέτερη ζώνη έχει μετατοπιστεί. Τα δύο φαινόμενα έχουν το ίδιο αποτέλεσμα.

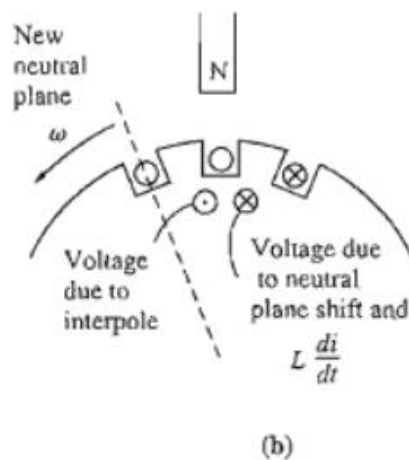
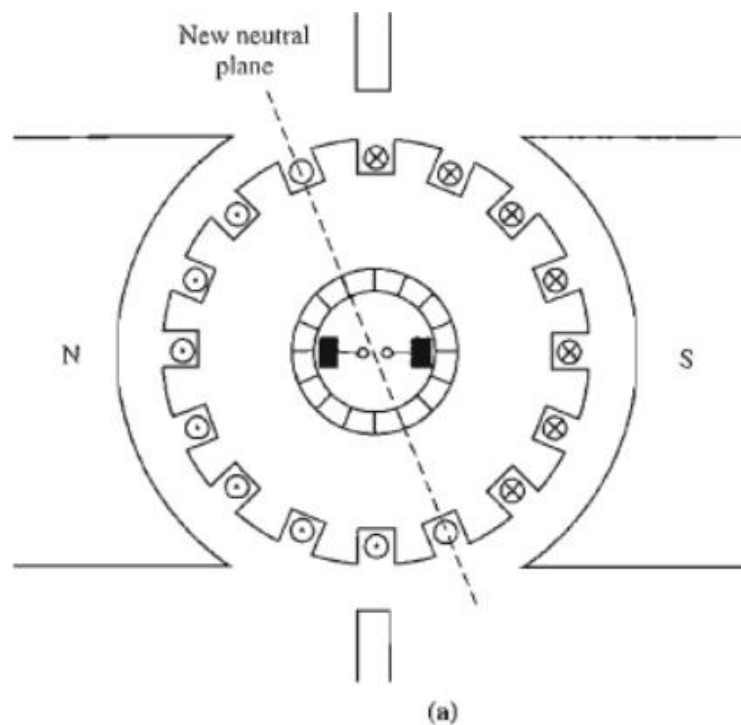
ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΤΗΣ ΜΕΤΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΕΞΑΣΘΕΝΙΣΗΣ ΤΟΥ ΠΕΔΙΟΥ

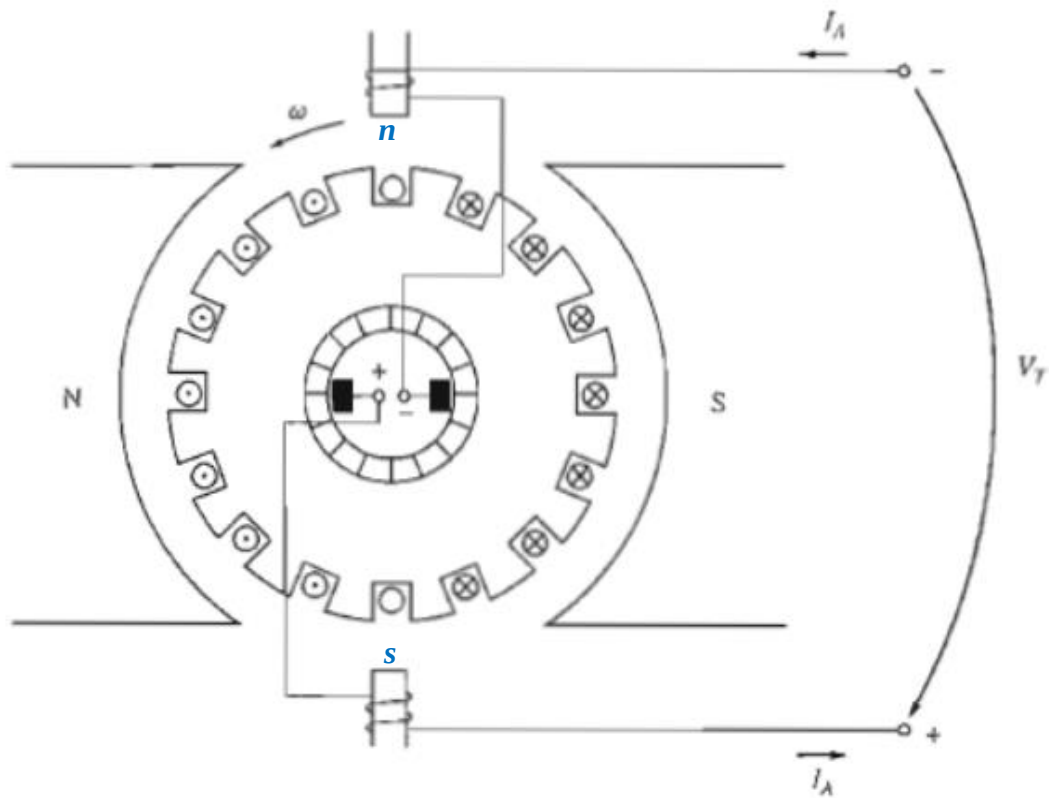
Βοηθητικοί πόλοι

Τα προβλήματα της μεταγωγής από τη μετατόπιση της ουδέτερης ζώνης και τις υπερτάσεις αντιμετωπίζονται σε μεγάλο βαθμό με τους βοηθητικούς πόλους.

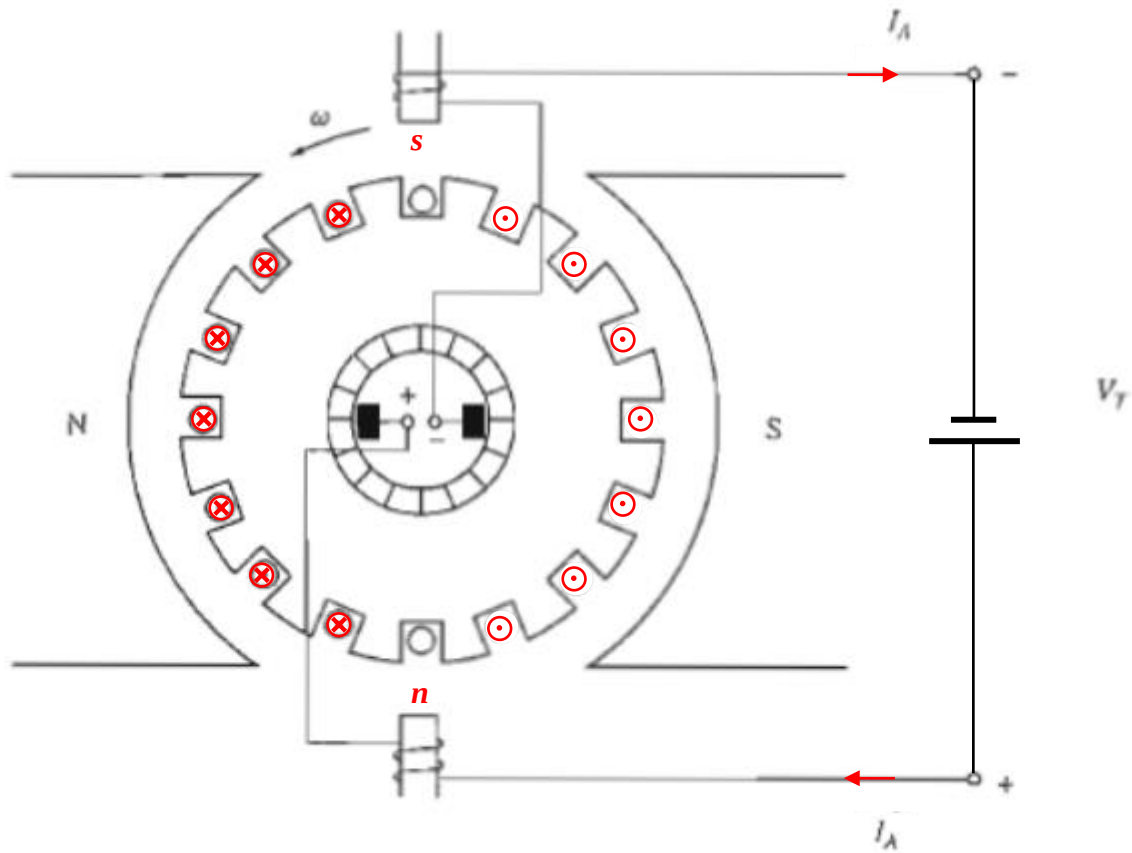
Ο βοηθητικός πόλος παρέχει τοπικά, κοντά στις ψήκτρες, ένα πρόσθετο μαγνητικό πεδίο που δημιουργεί επαγωγική τάση στους αγωγούς αντίθετη από της υπέρτασης και της μετατόπισης της ουδέτερης ζώνης.

Τα τυλίγματά του είναι σε σειρά με τα τυλίγματα του δρομέα και άρα διαρρέονται από το ρεύμα του οπλισμού με κατάλληλη φορά. Έτσι το βοηθητικό μαγνητικό πεδίο που δημιουργούν είναι ανάλογο με το ρεύμα οπλισμού που δημιουργήσε τα προβλήματα εξαρχής και τα ακυρώνουν για κάθε μεταβολή του.





Σε μία γεννήτρια ο βοηθητικός πόλος πρέπει να έχει ίδια πολικότητα με τον επόμενο κύριο πόλο



Σε ένα κινητήρα πρέπει να συμβαίνει το αντίθετο, ο βοηθητικός πόλος πρέπει να είναι ίδιος με τον προηγούμενο κύριο πόλο.

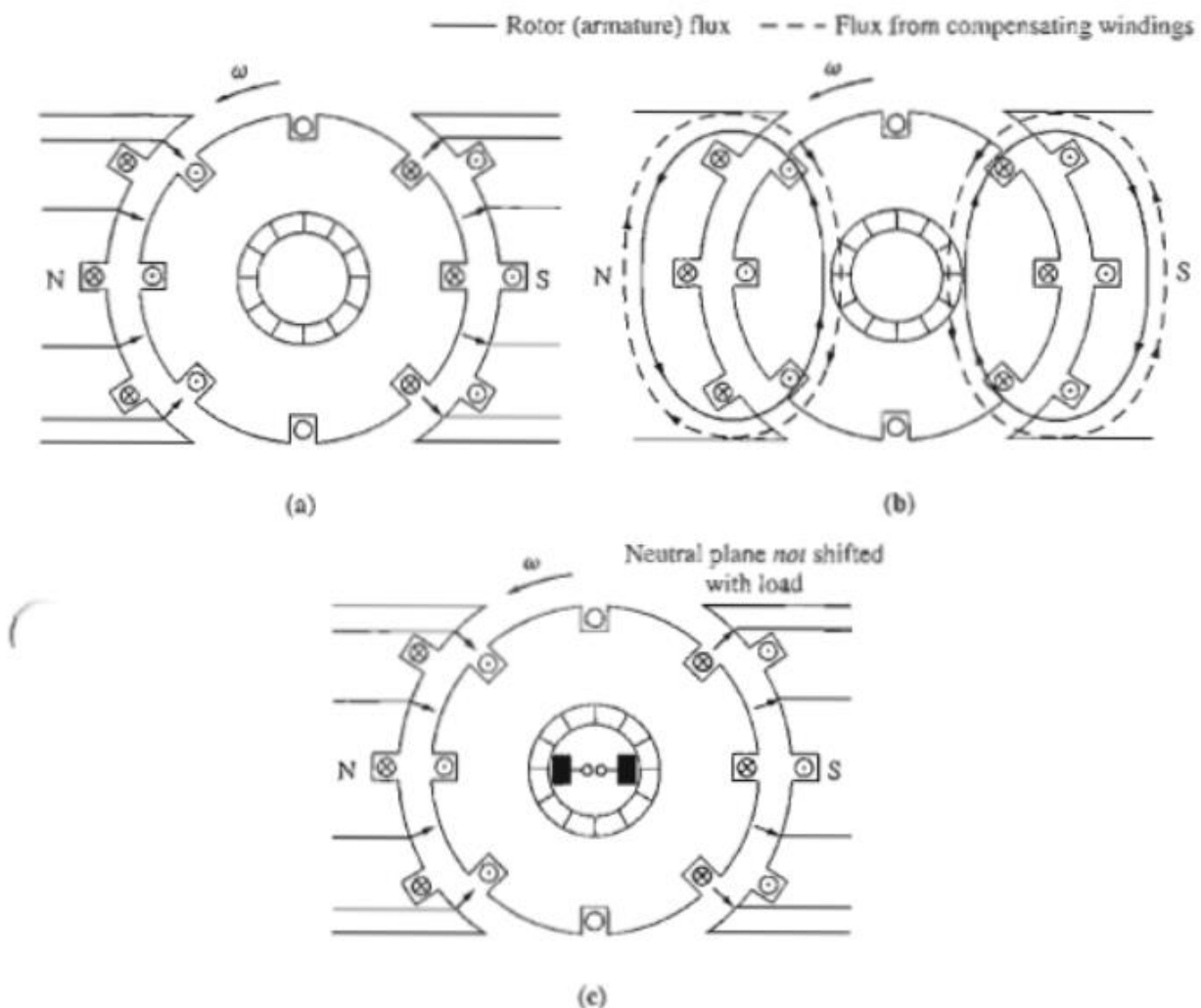
Άρα σε μια μηχανή με βοηθητικούς πόλους η φορά περιστροφής της πρέπει να είναι συγκεκριμένη και καθορίζεται από τον κατασκευαστή.

Οι βοηθητικοί πόλοι δεν κάνουν τίποτα για την εξασθένιση του πεδίου κάτω από τους κύριους πόλους καθώς είναι μικροί και δρουν μόνο τοπικά στα καλώδια που υφίστανται μεταγωγή.

Όλες οι μηχανές μεσαίας και μεγάλης ισχύος διαθέτουν βοηθητικούς πόλους.

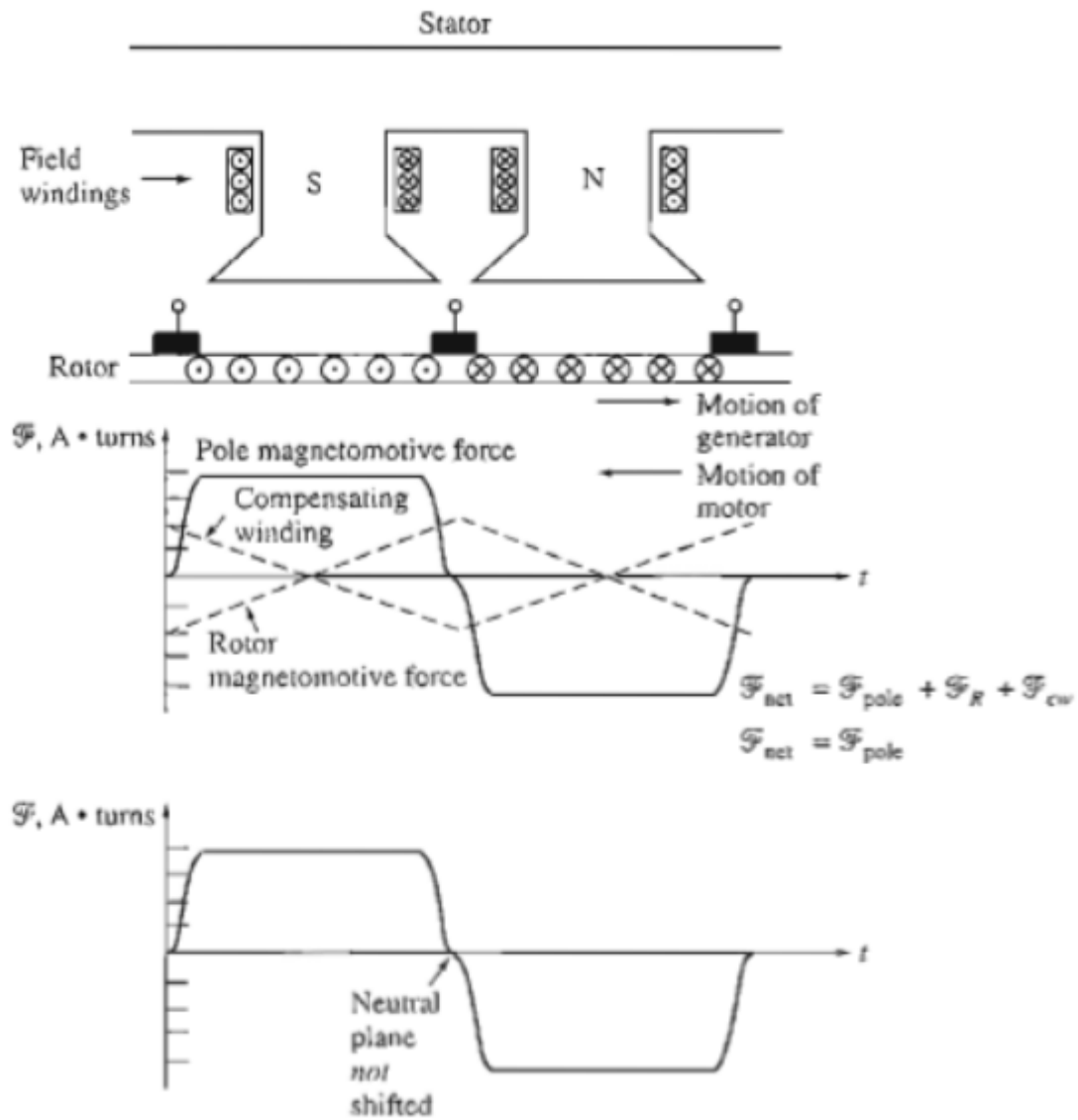
Αντισταθμιστικά τυλίγματα

Πάνω στο πέδιλο των κυρίων πόλων βάζω πρόσθετα τυλίγματα σε κατάλληλα διαμορφωμένα αυλάκια ή προεξοχές. Αυτά είναι σε σειρά με τα τυλίγματα του τυμπάνου και με τα τυλίγματα των βοηθητικών πόλων ώστε να διαρρέονται από το ίδιο ρεύμα, το ρεύμα οπλισμού. Το τύλιγμά τους είναι τέτοιο ώστε να δημιουργεί αντίθετο μαγνητικό πεδίο με το μαγνητικό πεδίο του οπλισμού.



Διορθώνουν την παραμόρφωση του πεδίου του στάτη. Και την εξασθένιση και την μετατόπιση της ουδέτερης ζώνης.

Δεν κάνουν τίποτα για τις υπερτάσεις κατά τη μεταγωγή. Δρουν στην περιοχή των κύριων πόλων.



Είναι πολύ ακριβά και χρησιμοποιούνται μόνο σε μηχανές μεγάλης ισχύος.

ΕΝΕΡΓΕΙΑ - ΙΣΧΥΣ

$$\text{Συντελεστής απόδοσης μηχανής } \eta = \frac{\text{ωφελιμη εξερχόμενη}}{\text{δαπανηθείσα εισερχόμενη}} = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% = \frac{P_{in} - P_{loss}}{P_{in}} \times 100\%$$

Ηλεκτρικές απώλειες (λέγονται και χαλκού) : P_{Cu}

Ωμικές απώλειες στους χάλκινους αγωγούς του στάτη και του δρομέα : $I_A^2 R_A + I_F^2 R_F$

Απώλειες από πτώση τάσης στις ψήκτρες : $V_B I_A$, $V_B \approx 2 \text{ V}$

Μηχανικές απώλειες (από τριβές) : P_{mech}

Από τριβή του άξονα περιστροφής στα έδρανα κυλίσεως, τριβή των ψηκτρών πάνω στο συλλέκτη, αντίσταση του αέρα σε όλα τα περιστρεφόμενα μέρη της μηχανής

Εξαρτώνται από την ταχύτητα της μηχανής

Μαγνητικές απώλειες (λέγονται και πυρήνα ή σιδήρου) : P_{Fe}

Από υστέρηση και δινορεύματα στα πέδιλα των κυρίων πόλων και στον πυρήνα του τυμπάνου.

Εξαρτώνται από την ένταση του μαγνητικού πεδίου και την ταχύτητα της μηχανής.

Επειδή οι μηχανικές και οι μαγνητικές απώλειες δεν εξαρτώνται από το ρεύμα που διαρρέει τη μηχανή και επειδή δεν αλλάζουν δραματικά στο όρια ταχυτήτων που λειτουργεί η μηχανή τις ονομάζουμε σταθερές απώλειες και τις προσεγγίζουμε με μια μέση τιμή που εκτιμάται από υπολογισμούς ή κυρίως λαμβάνεται από μετρήσεις.

Κατανεμημένες απώλειες (αδέσποτες, stray) :

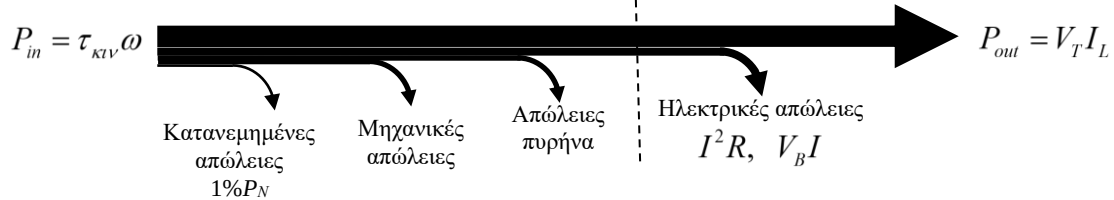
Κάθε άλλου είδους απώλεια που δεν έχουμε λάβει υπόψη μας. Εμπειρικά είναι γύρω στο 1% της ονομαστικής ισχύος που έχει η μηχανή, $1\%P_N$.

Διαγράμματα Ισχύος

Γεννήτρια

 Σημείο
μετατροπής ενέργειας

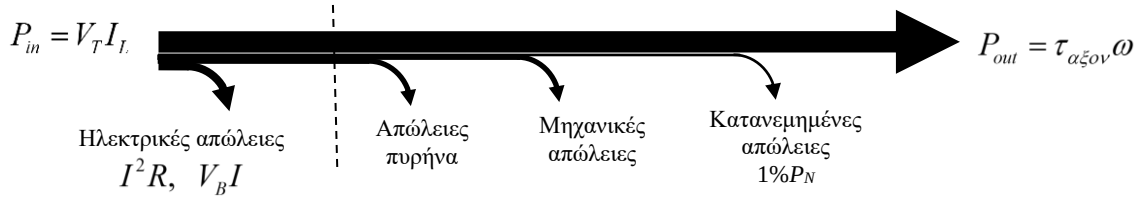
$$P_{conv} = \tau_{επαγ} \omega = E_A I_A$$



Κινητήρας

 Σημείο
μετατροπής ενέργειας

$$P_{conv} = E_A I_A = \tau_{επαγ} \omega$$



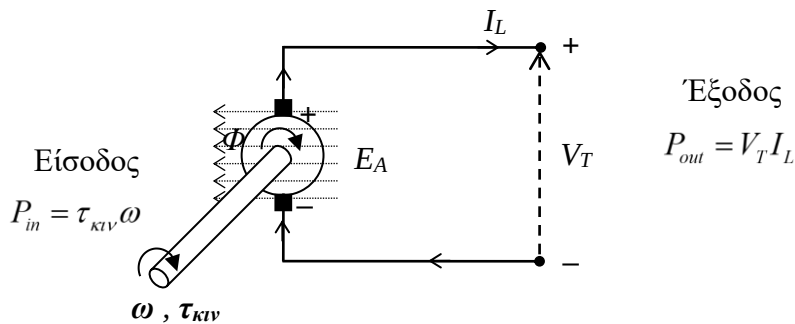
ΓΕΝΝΗΤΡΙΕΣ ΣΥΝΕΧΟΥΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ**Γενικά**

Οι γεννήτριες οδηγούνται από μια κινητήρια μηχανή (ατμοστρόβιλος, ΜΕΚ, κλπ.) που τους παρέχει μηχανική ενέργεια την οποία μέσω ενός μαγνητικού πεδίου μετατρέπουν σε ηλεκτρική

τ : ροπή N·m, ω : γωνιακή ταχύτητα rad/s, n : περιστροφές ανά λεπτό r/min ή rpm

Φ : μαγνητική ροή Wb, E_A : επαγωγική τάση οπλισμού V, I_L : ρεύμα φορτίου A, I_A : ρεύμα οπλισμού A

V_T : τερματική τάση V, P_{in} : εισερχόμενη μηχανική ισχύς W, P_{out} : εξερχόμενη ηλεκτρική ισχύς W



Επαγωγική τάση (ΗΕΔ): $E_A = K\Phi\omega = K'\Phi n$

Επαγόμενη αντιροπή :

$$\tau_{επαγ} = K\Phi I_A$$

$$\omega = \frac{2\pi}{60} n \quad K = \frac{ZP}{2\pi a}, \quad K' = \frac{ZP}{60a}$$

όπου: Z είναι ο συνολικός αριθμός αγωγών στο δρομέα της μηχανής που είναι κάτω από τους πόλους

P είναι ο αριθμός των πόλων της μηχανής

a είναι ο αριθμός των παράλληλων κλάδων

Ο συνολικός αριθμός αγωγών της μηχανής είναι : $Z_{ολ} = 2CN_C$

όπου: N_C είναι ο αριθμός σπειρών σε κάθε συστάδα αγωγών και

C ο αριθμός των συστάδων

Θα παίρνουμε πάντα $Z = Z_{ολ}$ εκτός αν δίνεται σχήμα όπου μπορούμε να μετρήσουμε το Z .

Επίσης βροχοτύλιγμα : $a = P \cdot m$

κυματοτύλιγμα : $a = 2 \cdot m$

Η πολλαπλότητα m είναι ίση με το πόσες φορές επαναλαμβάνεται το ίδιο πλήρες και ανεξάρτητο τύλιγμα. Όταν υπάρχουν πολλαπλά τυλίγματα (διπλά, τριπλά, κλπ.) συνδέονται μεταξύ τους παράλληλα.

Παράδειγμα

Γεννήτρια στην οποία δίνονται στροφές $n = 1200$ rpm παράγει ΗΕΔ $E_A = 125$ V. Να υπολογίσετε την παραγόμενη ΗΕΔ από επαγωγή

A) αν οι στροφές παραμείνουν σταθερές αλλά η μαγνητική ροή μειωθεί κατά 10%

$$\left. \begin{array}{l} E_A = K\Phi\omega \\ E'_A = K\Phi'\omega \end{array} \right\} \Rightarrow \frac{E'_A}{E_A} = \frac{K\Phi'\omega}{K\Phi\omega} \Rightarrow \frac{E'_A}{E_A} = \frac{\Phi'}{\Phi} \Rightarrow E'_A = E_A \cdot \frac{\Phi'}{\Phi} = 125 \text{ V} \cdot 0,9 \Rightarrow \boxed{E'_A = 112,5 \text{ V}}$$

B) αν οι στροφές μειωθούν στις $n' = 1100$ rpm ενώ η μαγνητική ροή παραμένει αμετάβλητη

$$\left. \begin{aligned} E_A &= K\Phi\omega = K\Phi \frac{2\pi}{60} n \\ E'_A &= K\Phi\omega' = K\Phi \cdot \frac{2\pi}{60} n' \end{aligned} \right\} \Rightarrow \frac{E'_A}{E_A} = \frac{n'}{n} \Rightarrow E'_A = E_A \cdot \frac{n'}{n} = 125 \text{ V} \cdot \frac{1100 \text{ rpm}}{1200 \text{ rpm}} \Rightarrow \boxed{E'_A = 114,6 \text{ V}}$$

Η καμπύλη που περιγράφει την τάση στα άκρα της μηχανής (τερματική τάση ή τάση εξόδου) σε σχέση με το ρεύμα φορτίου που τη διαρρέει ονομάζεται (όπως και για κάθε ηλεκτρική συσκευή) **χαρακτηριστική καμπύλη ή χαρακτηριστική φορτίου**:

$$V_T = V_T(I_L) \quad \text{ή} \quad V_T \text{ vs. } I_L$$

(π.χ. η χαρακτηριστική καμπύλη ενός αντιστάτη είναι μια ευθεία γραμμή που περνάει από την αρχή των αξόνων και έχει κλίση R , όπως συμπεραίνουμε από τον νόμο του Ohm : $V = IR$)

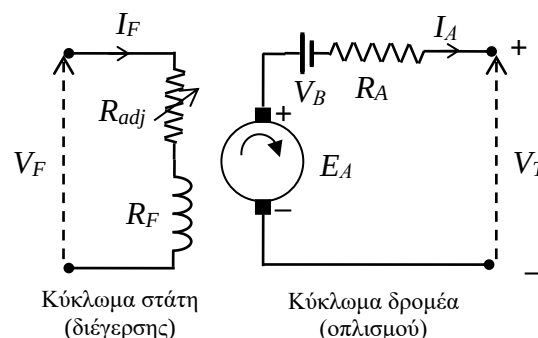
Το κύκλωμα που **δημιουργεί** τον ηλεκτρομαγνήτη του στάτη, και άρα τη **μαγνητική ροή Φ** μέσα στην οποία περιστρέφεται ο δρομέας, ονομάζεται **κύκλωμα διέγερσης**. Μπορεί να είναι ανεξάρτητο ή και να συνδέεται με το κύκλωμα του δρομέα που παράγει την επαγωγική τάση. Το ρεύμα που το διαρρέει ονομάζεται ρεύμα διέγερσης (excitation) ή ρεύμα πεδίου (field) I_F και η ωμική του αντίσταση, αντίσταση διέγερσης ή πεδίου R_F . Το κύκλωμα αυτό μπορεί να έχει δύο ειδών τυλίγματα γύρω από τους πόλους του στάτη. Αυτά που προορίζονται να συνδεθούν σε σειρά με το κύκλωμα του δρομέα τα οποία είναι μικρού μήκους (λίγες στροφές) και μεγάλης διατομής ώστε να έχουν μικρή ωμική αντίσταση (R_{SE} =κλάσμα του Ω) και τα τυλίγματα που προορίζονται να συνδεθούν παράλληλα με το κύκλωμα του δρομέα ή και με μια εξωτερική πηγή τα οποία είναι μεγάλου μήκους (λίγες στροφές) και μικρής διατομής ώστε να έχουν μεγάλη ωμική αντίσταση (R_F =εκατοντάδες Ω).

Ισοδύναμο κύκλωμα (Thevenin)

Το κύκλωμα του δρομέα το αναπαριστάμε με τη μορφή ισοδύναμου κυκλώματος Thevenin, δηλαδή σαν μια πηγή τάσης, την επαγωγική τάση E_A , σε σειρά με μια ωμική αντίσταση R_A την αντίσταση οπλισμού.

Στην αντίσταση οπλισμού περιλαμβάνεται: η αντίσταση των τυλιγμάτων του δρομέα, η αντίσταση των τομέων του συλλέκτη, η αντίσταση των ψηκτρών, η αντίσταση των τυλιγμάτων των βοηθητικών πόλων και η αντίσταση των αντισταθμιστικών τυλιγμάτων στα πέδιλα των πόλων του στάτη (όλα αυτά συνδέονται σε σειρά). Τα τυλίγματα των βοηθητικών πόλων και τα αντισταθμιστικά τυλίγματα τα χρησιμοποιούμε για να εξουδετερώσουμε το μαγνητικό πεδίο του δρομέα (AR αντίδραση οπλισμού) και γι' αυτό πρέπει να διαρρέονται από το ίδιο ρεύμα με το δρομέα και να είναι έτσι τυλιγμένα ώστε το μαγνητικό τους πεδίο να είναι αντίθετο με του δρομέα.

Κάποιες φορές η αντίσταση των ψηκτρών δεν περιλαμβάνεται στην αντίσταση οπλισμού καθώς η πτώση τάσης V_B , που συμβαίνει στην επαφή ψηκτρών-συλλέκτη (τάση διάβασης) είναι συνήθως σταθερή και γύρω στα 2 V. Αν μας δίνεται την προσθέτουμε στο σχήμα.



Τρόποι διέγερσης

Όταν το κύκλωμα διέγερσης τροφοδοτείται από ανεξάρτητη πηγή τάσης, η γεννήτρια ονομάζεται **γεννήτρια ξένης ή ανεξάρτητης διέγερσης**.

Όταν το κύκλωμα διέγερσης συνδέεται με το κύκλωμα του δρομέα (οπλισμού) και χρησιμοποιεί το ίδιο το ρεύμα που παράγει η μηχανή για να διεγείρει το μαγνητικό πεδίο του στάτη τότε η μηχανή λέγεται **αυτοδιεγερόμενη**. Για να γίνει αυτό δυνατόν πρέπει στους πόλους του στάτη να έχει παραμείνει μαγνήτιση από προηγούμενη λειτουργία της μηχανής. Όταν αυτή δεν υπάρχει καθώς χάνεται με τον καιρό λόγω μεταβολής της θερμοκρασίας και κραδασμών, πρέπει να συνδέσουμε το στάτη με εξωτερική πηγή να διοχετεύσουμε ρεύμα και να τον μαγνητίσουμε. Για την αυτοδιέγερση μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε τα τυλίγματα σειράς, τα παράλληλα τυλίγματα ή και τα δύο.

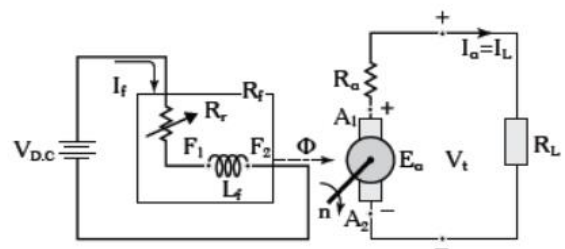
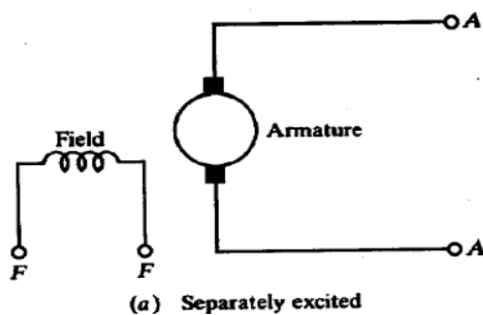
Ανάλογα με τον τρόπο διέγερσης της γεννήτριας αυτές χωρίζονται σε 5 κύριες κατηγορίες

- 1) Γεννήτριες ανεξάρτητης ή ξένης διέγερσης (separately excited). Συνδέουμε τα τυλίγματα παράλληλης σύνδεσης σε εξωτερική πηγή
- 2) Γεννήτριες παράλληλης διέγερσης (shunt). Συνδέουμε τα τυλίγματα παράλληλης σύνδεσης στους ακροδέκτες της μηχανής παράλληλα με το δρομέα
- 3) Γεννήτριες διέγερσης σειράς (series) Συνδέουμε τα τυλίγματα σύνδεσης σειράς στους ακροδέκτες της μηχανής σε σειρά με το δρομέα
- 4) Γεννήτριες αθροιστικής σύνθετης διέγερσης (cumulatively compounded). Συνδέουμε και τα παράλληλης (παράλληλα) και τα τυλίγματα σύνδεσης σειράς (σε σειρά) στους ακροδέκτες της μηχανής έτσι ώστε το αποτέλεσμα τους στο μαγνητικό πεδίο να προστίθεται.
- 5) Γεννήτριες διαφορικής σύνθετης διέγερσης (differentially compounded). Συνδέουμε και τα παράλληλης (παράλληλα) και τα τυλίγματα σύνδεσης σειράς (σε σειρά) στους ακροδέκτες της μηχανής έτσι ώστε το αποτέλεσμα τους στο μαγνητικό πεδίο να είναι αντίθετης φοράς μεταξύ τους.

Οι παραπάνω κατηγορίες έχουν διαφορετικές χαρακτηριστικές καμπύλες και γι' αυτό βρίσκουν διαφορετικές εφαρμογές.

Κυκλώματα

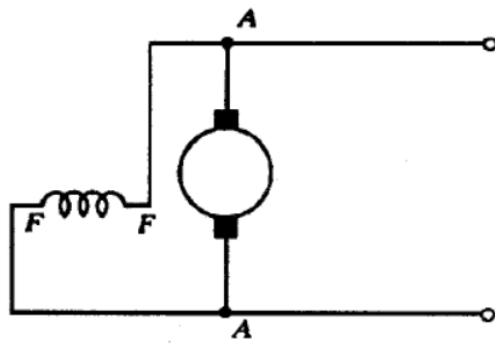
Γεννήτρια ξένης διέγερσης



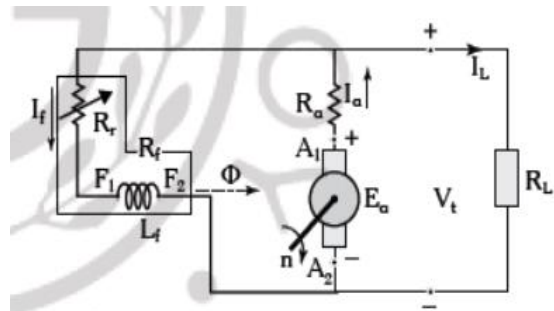
Σχ. 5.5α

Ισοδύναμο ηλεκτρικό κύκλωμα μιας γεννήτριας ΣΡ με ανεξάρτητη διέγερση.

Γεννήτρια παράλληλης διέγερσης



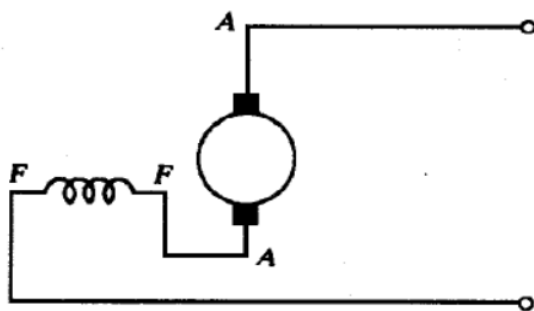
(b) Shunt



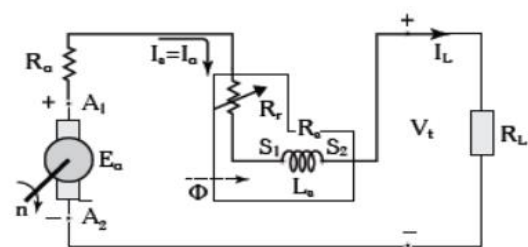
Σχ. 5.5α

Ισοδύναμο κύκλωμα μιας γεννήτριας ΣΡ με παράλληλη διέγερση.

Γεννήτρια διέγερσης σειράς



(c) Series

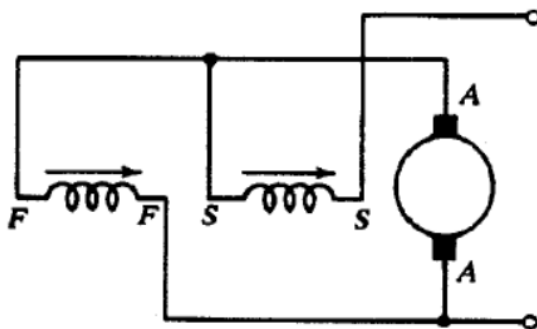


Σχ. 5.5β

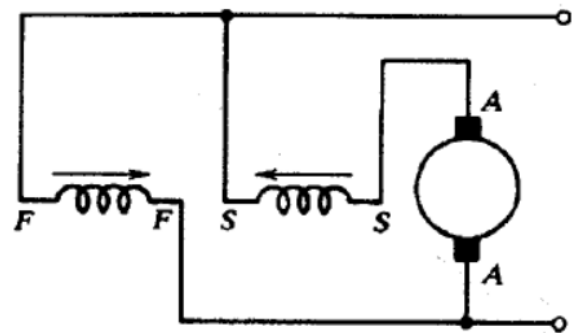
Ισοδύναμο κύκλωμα μιας γεννήτριας ΣΡ με διέγερση σειράς.

Γεννήτρια σύνθετης διέγερσης

Ανάλογα με το αν τα δύο πεδία προστίθενται (προσθετική d) ή αφαιρούνται (διαφορική e)

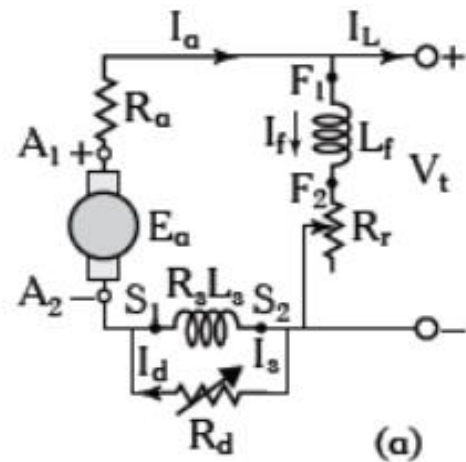
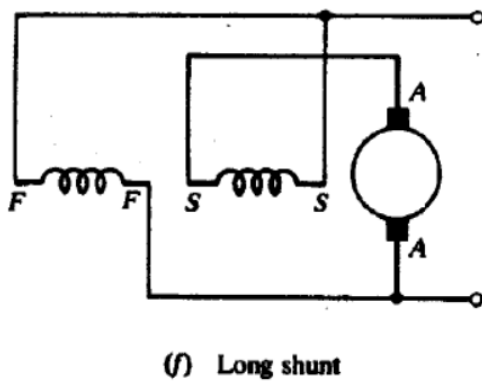


(d) Cumulative compound

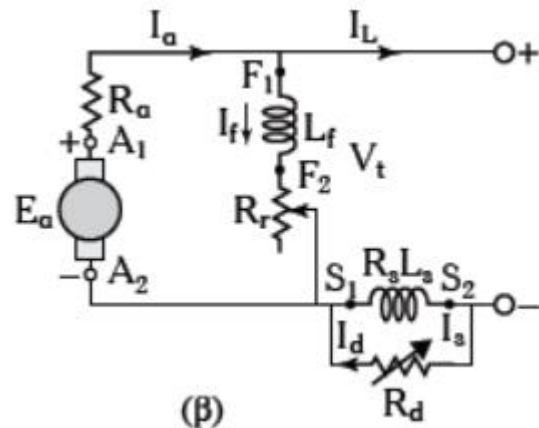
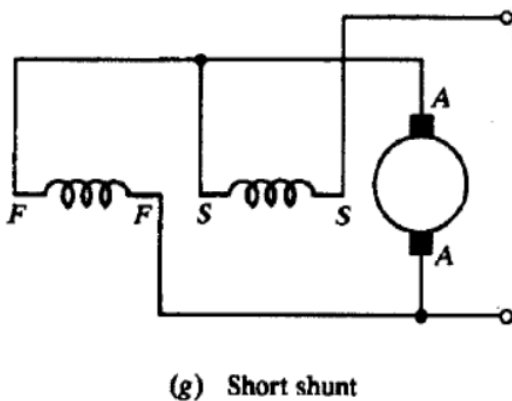


(e) Differential compound

Ανάλογα με το πως συνδέω τα δύο τυλίγματα



Μακρινής διακλάδωσης ή μεταπαράλληλης σύνδεσης

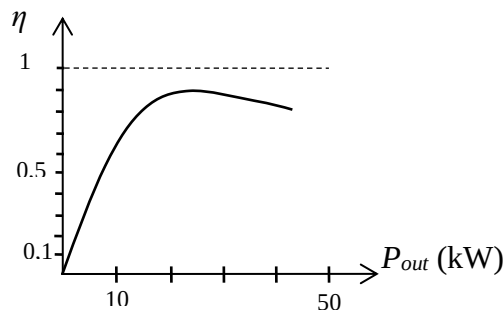


Βραχείας διακλάδωσης ή προπαράλληλης σύνδεσης

Ονομαστικές τιμές λειτουργίας και χαρακτηριστικά γεννητριών

Για την επιλογή των μέγιστων τιμών της τάσης στα άκρα της γεννήτριας και της ισχύος που θα αποδίδει κατά τη λειτουργία της λαμβάνονται υπόψη τα εξής :

- 1) Ο συντελεστής απόδοσης να είναι όσο πιο κοντά στη μέγιστη τιμή του
- 2) Οι θερμοκρασίες που θα αναπτύσσονται να μην καταπονούν τη μόνωση των τυλιγμάτων



Επειδή η ισχύς των διαφόρων απωλειών δεν είναι σταθερή και εξαρτάται από διάφορους παράγοντες όπως ταχύτητα μηχανής, ένταση μαγνητικού πεδίου, τιμές ρευμάτων κλπ., σε κάποιες τιμές των παραμέτρων λειτουργίας ο συντελεστής απόδοσης παρουσιάζει μέγιστο. Μέγιστος συντελεστής απόδοσης δεν σημαίνει ότι παίρνουμε τη μέγιστη δυνατή ισχύ. Σημαίνει ότι παίρνουμε ισχύ με το λιγότερο κόστος.

Όταν οι θερμοκρασίες που αναπτύσσονται πλησιάζουν τα όρια αντοχής της μόνωσης των τυλιγμάτων ο χρόνος ζωής της μηχανής μειώνεται δραματικά. Τελικά, η μέγιστη επιτρεπτή θερμοκρασία των τυλιγμάτων είναι αυτή που περιορίζει τη μέγιστη ισχύ που είναι ικανή να προσφέρει μια μηχανή σε συνεχή λειτουργία. Ο εμπειρικός κανόνας είναι ότι κάθε φορά που η θερμοκρασία ξεπερνάει την επιτρεπτή κατά 10% η διάρκεια ζωής της μηχανής πέφτει στο μισό.

Οι τιμές τάσης και ισχύος, V_N και P_N που επιτρέπουν στη μηχανή να λειτουργεί για μεγάλο χρονικό διάστημα με ασφάλεια και να παρέχει ισχύ με το μικρότερο δυνατό κόστος λέγονται ονομαστικές τιμές (nominal) και παρέχονται από τον κατασκευαστή.

Θα λειτουργούμε τις μηχανές στην ονομαστική τους τάση. Όταν η μηχανή παρέχει την ονομαστική της ισχύ λέμε ότι λειτουργεί στο πλήρες φορτίο (full load). Όταν λειτουργεί παρέχοντας τη μισή ισχύ από την ονομαστική λέγε ότι λειτουργεί στο μισό φορτίο (half load).

Η ισχύς που παρέχει η γεννήτριας εξαρτάται από την τάση εξόδου της και από το ρεύμα που δίνει στο εξωτερικό κύκλωμα. Το ρεύμα αυτό αλλάζει και εξαρτάται από το κύκλωμα στο οποίο είναι συνδεδεμένη η γεννήτρια, δηλαδή τι φορτίο τροφοδοτεί. Το λέμε ρεύμα φορτίου I_L .

Το ρεύμα φορτίου που παρέχει κάθε φορά η γεννήτρια δίνεται από τον τύπο : $I_L = \frac{P_{out}}{V_T}$

Π.χ. στο πλήρες φορτίο (full load) το ρεύμα φορτίου θα είναι ίσο με $I_{FL} = \frac{P_N}{V_N}$

Όταν η γεννήτρια δεν είναι συνδεδεμένη με κάποιο εξωτερικό ωμικό φορτίο λέμε ότι δουλεύει «εν κενώ» (no load). Τότε έχει τάση στους ακροδέκτες της (αφού παράγει επαγωγική τάση στο εσωτερικό της) αλλά δεν παρέχει ρεύμα στο εξωτερικό κύκλωμα αφού δεν κλείνει κύκλωμα.

Οι γεννήτριες συγκρίνονται μεταξύ τους βάση των ονομαστικών τιμών τους για την τάση και την ισχύ, το συντελεστή απόδοσής τους και τη διακύμανση τάσης τους.

Η διακύμανση τάσης (VR: voltage regulation) δίνει μια πρόχειρη εικόνα του σχήματος της χαρακτηριστικής καμπύλης και του εύρους μεταβολής της τάσης κατά τη λειτουργία της γεννήτριας.

$$VR = \frac{V_{NL} - V_{FL}}{V_{FL}} 100\%$$

όπου V_{FL} , V_{NL} οι τάσεις που αναπτύσσονται στα άκρα της γεννήτριας στο πλήρες φορτίο και χωρίς φορτίο αντίστοιχα.

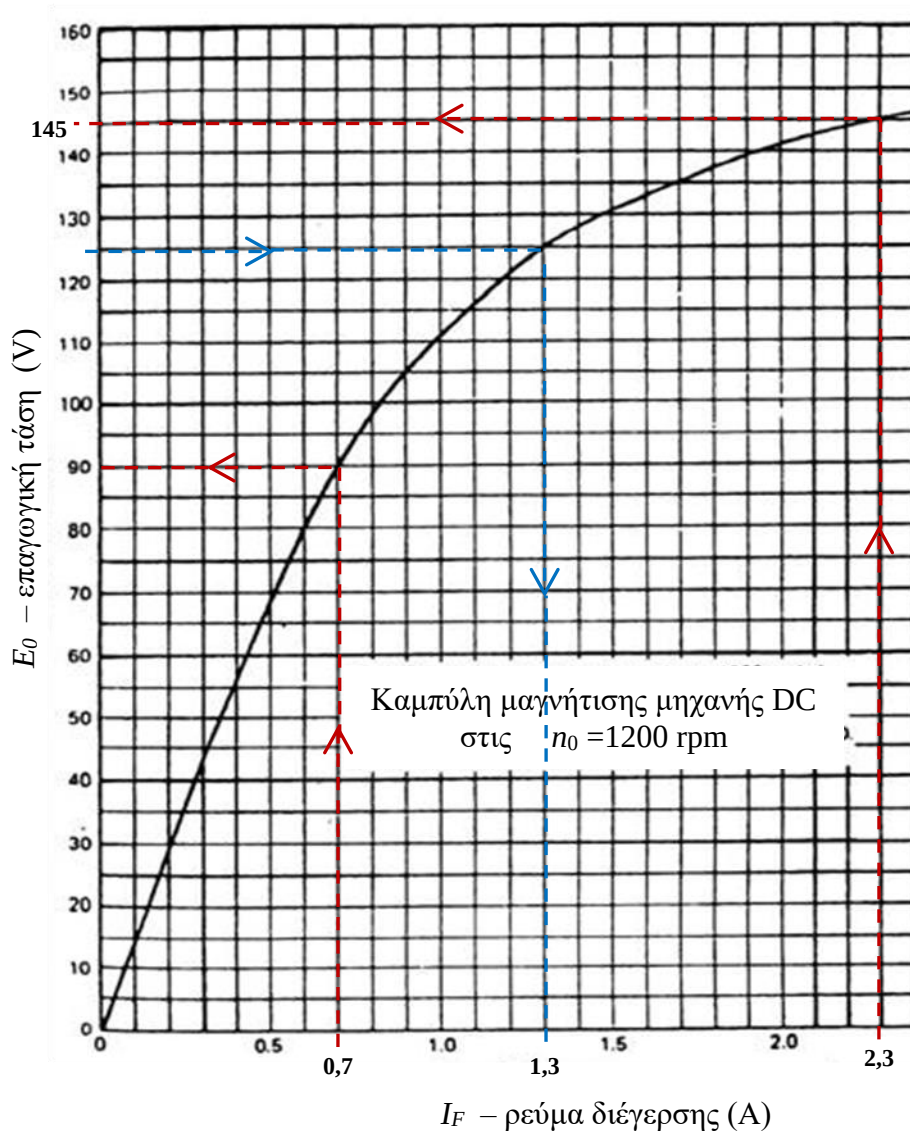
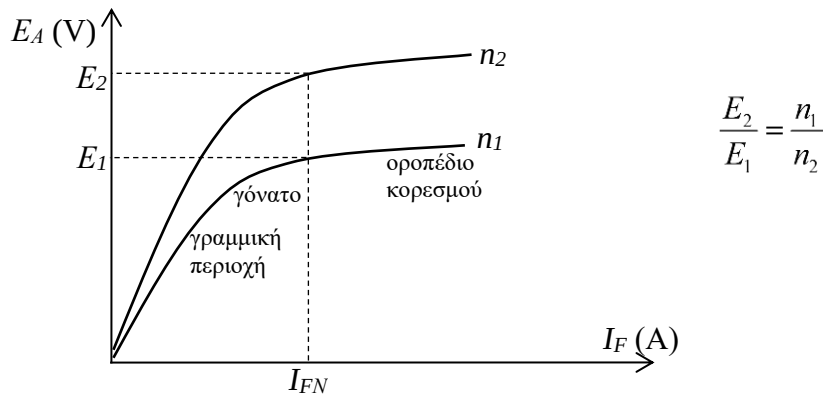
Καμπύλη μαγνήτισης ή στατική χαρακτηριστική

$$E_A = K\Phi\omega = K'\Phi n$$

Η επαγωγική τάση είναι ανάλογη της ταχύτητας της μηχανής .

Η επαγωγική τάση είναι ανάλογη της μαγνητικής ροής, Η μαγνητική ροή μεγαλώνει όσο αυξάνεται το μαγνητικό πεδίο. Το μαγνητικό πεδίο αυξάνει όσο αυξάνει το ηλεκτρικό ρεύμα που το δημιουργεί, δηλαδή το ρεύμα διέγερσης. Η αύξηση αυτή όμως δεν είναι γραμμική, καθώς κάποια στιγμή επέρχεται κορεσμός στη μαγνήτιση του πυρήνα των πόλων του στάτη. Έτσι η επαγωγική τάση ενώ είναι ανάλογη της μαγνητικής ροής, δεν είναι ανάλογη με το ρεύμα διέγερσης. Οι κατασκευαστές δίνουν και για το ρεύμα διέγερσης μια μέγιστη τιμή καθώς πέρα από αυτή την τιμή δεν επιτυγχάνεται καμία ουσιαστική αύξηση στο μαγνητικό πεδίο ενώ υπάρχει κίνδυνος να καούν τα τυλίγματα του στάτη.

Η καμπύλη που δίνει την επαγωγική τάση «εν κενώ», χωρίς φορτίο, σαν συνάρτηση του ρεύματος διέγερσης, ονομάζεται καμπύλη μαγνήτισης της μηχανής (επειδή ακολουθεί την καμπύλη μαγνήτισης του πυρήνα του στάτη) ή στατική χαρακτηριστική.



$$\Phi = \begin{cases} cI_F & \text{γραμμική περιοχή} \\ \Phi(I_F) & \text{καμπύλη μαγνήτισης} \end{cases}$$

Στη γραμμική περιοχή

Επαγωγική τάση : $E_A = (Kc) I_F \omega = (K'c) I_F n$

Επαγόμενη ροπή : $\tau = (Kc) I_F I_A$

Παράδειγμα

A) Τι ρεύμα διέγερσης χρειάζεται ώστε η γεννήτρια να παράγει επαγωγική τάση $E=169\text{ V}$ στις $n=1400$ στροφές το λεπτό?

B) Τι επαγωγική τάση θα παραχθεί από ρεύμα διέγερσης $I_F = 0,7\text{ A}$, στις $n=1800$ στροφές

Λύση

A) Το ίδιο ρεύμα διέγερσης που παράγει $E=169\text{ V}$ στις $n=1400$ στροφές θα παράγει E_0 στις $n_0=1200$ στροφές :

$$\frac{E_0}{E} = \frac{n_0}{n} \Rightarrow E_0 = \frac{n_0}{n} E = \frac{1200}{1400} \cdot 169 = 144,86\text{ V} \approx 145\text{ V}$$

Από την καμπύλη μαγνήτισης «διαβάζουμε» ότι 145 V αντιστοιχούν σε ρεύμα διέγερσης $2,3\text{ A}$

$$E_0 = 145\text{ V} \xrightarrow{\text{καμπύλη μαγνήτισης}} \boxed{I_F = 2,3\text{ A}}$$

B) Στις $n_0=1200$ στροφές το λεπτό, βλέπουμε από την καμπύλη ότι ρεύμα διέγερσης $I_F = 0,7\text{ A}$ παράγει επαγωγική τάση ίση με $E_0=90\text{ V}$:

$$I_F = 0,7\text{ A} \xrightarrow{\text{καμπύλη μαγνήτισης}} \boxed{E_0 = 90\text{ V}}$$

Όταν ανεβάσουμε στροφές στις 1800 χωρίς να αλλάξουμε τη διέγερση η επαγωγική τάση E που θα παραχθεί θα είναι :

$$\frac{E_0}{E} = \frac{n_0}{n} \Rightarrow E = \frac{n}{n_0} E_0 = \frac{1800}{1200} \cdot 90 = 135\text{ V}$$