



Συστήματα Ηλεκτρικής Κίνησης ΣΡ

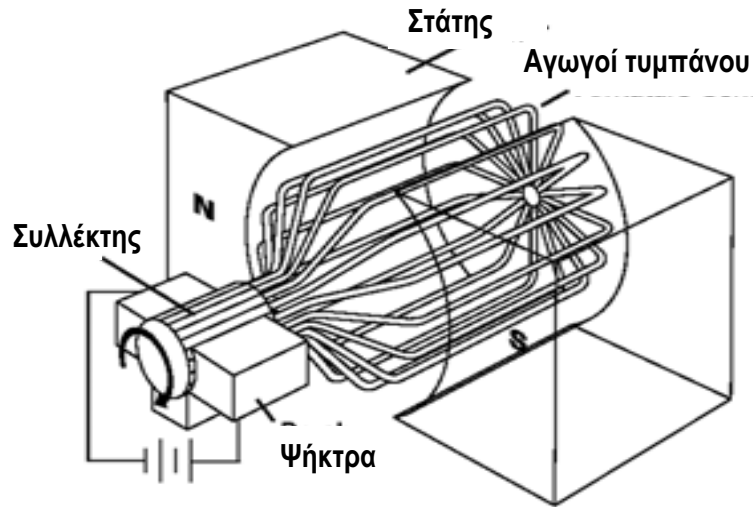


Σ. Παπαθανασίου
Λέκτορας ΕΜΠ

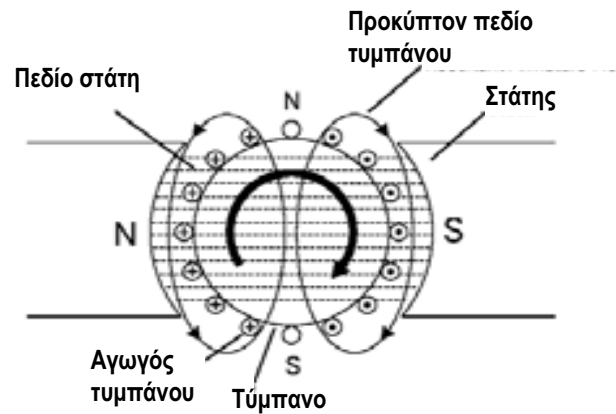
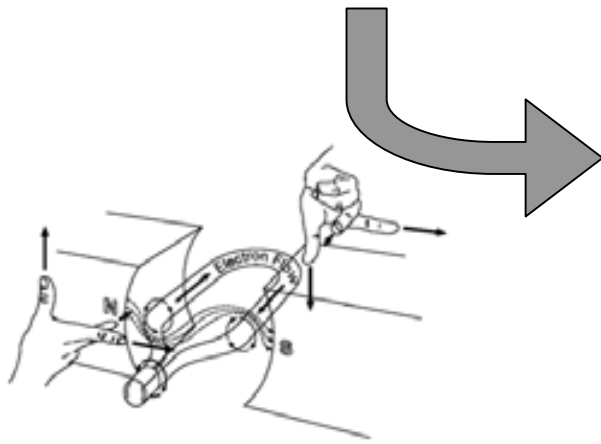


Μηχανή συνεχούς ρεύματος

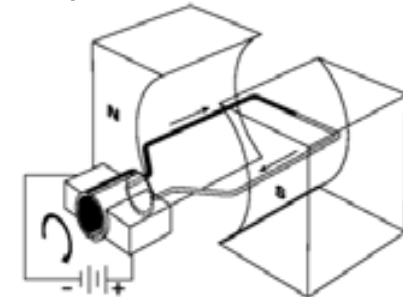
Σχηματική απεικόνιση



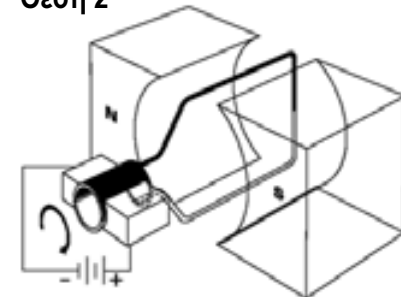
**Λειτουργία
στοιχειώδους
συλλέκτη**



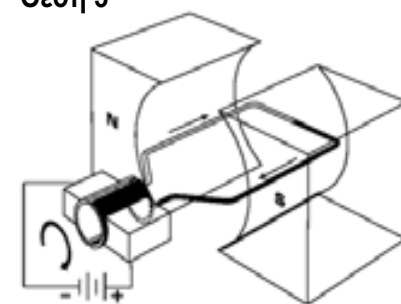
Θέση 1



Θέση 2



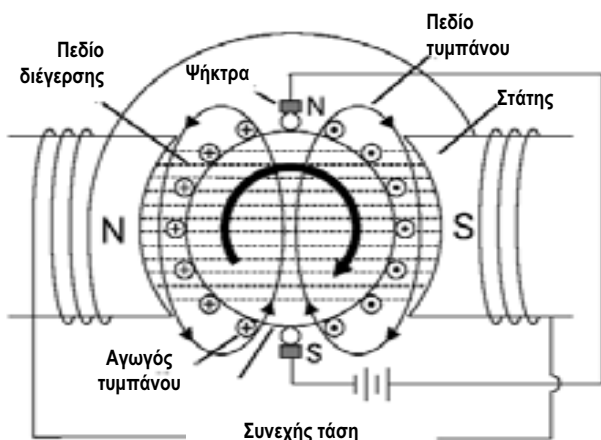
Θέση 3



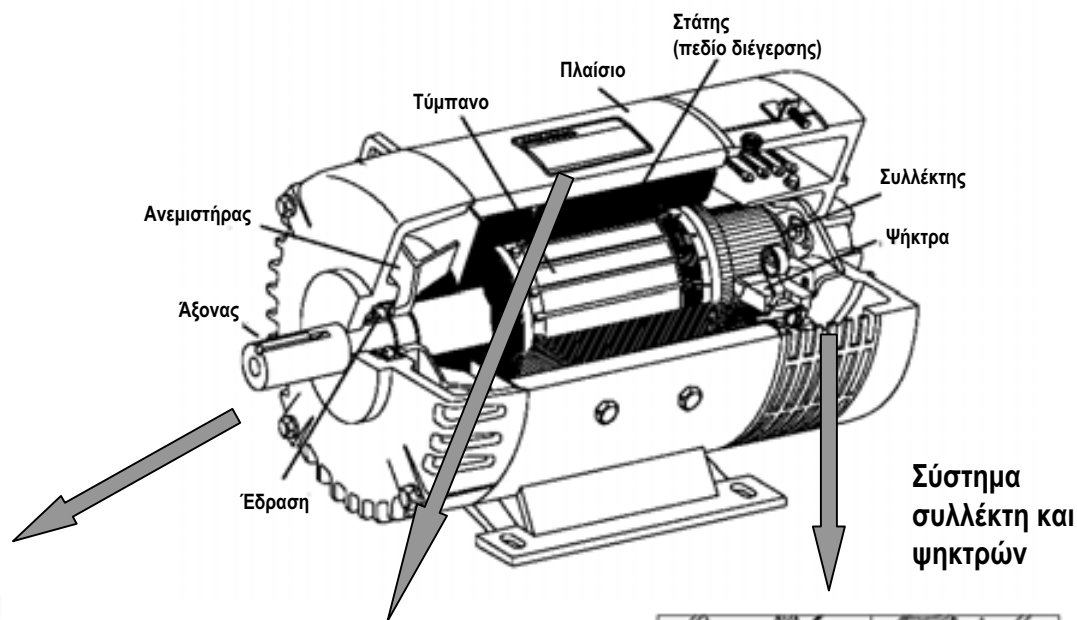


Μηχανή συνεχούς ρεύματος

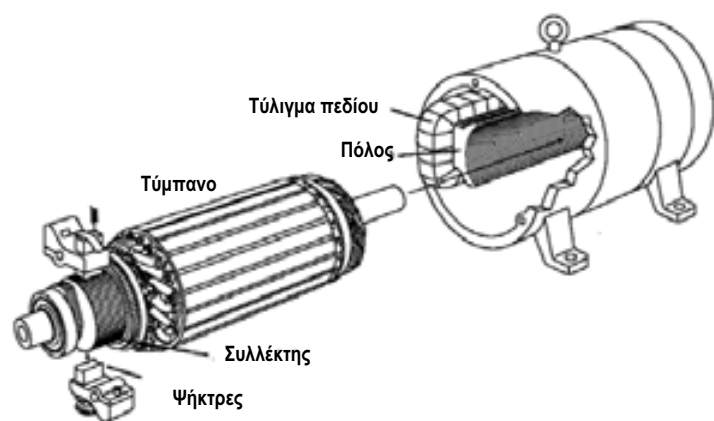
Τυλίγματα πεδίου και τυμπάνου



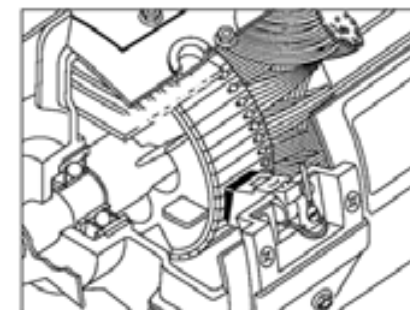
Κατασκευαστική διαμόρφωση



Σύστημα συλλέκτη και ψηκτρών



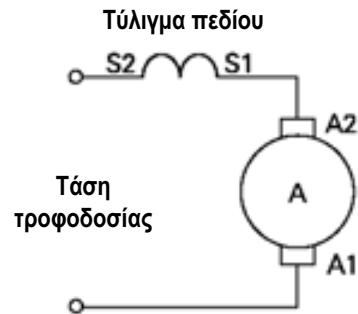
ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΗΣ			
HP	10	RPM	1180
ARM AMPS	17.0	WOUND	SHUNT
FLD AMPS	1.4/2.8	FLD OHMS 25C	156
INSUL CLASS	F	DUTY	CONT
MAX AMP	C	MAX AMBIENT	40° C
		FLD VOLTS	300/150
TYPE	E	ENCL	DP
MOD		SER	
MPR4428MAP		DIRECT CURRENT MOTOR	
MADE IN U.S.A.			



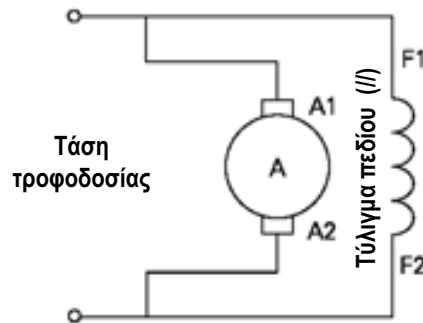


Συνδεσμολογίες διέγερσης των κινητήρων ΣΡ

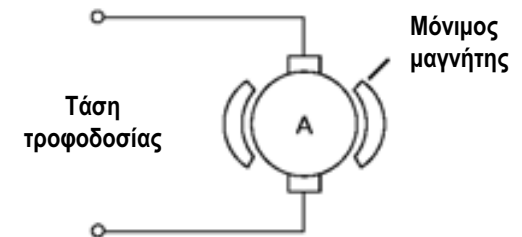
Διέγερση σειράς



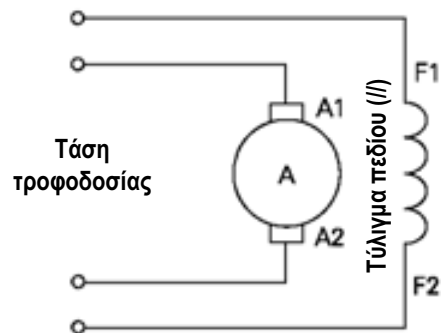
Παράλληλη διέγερση



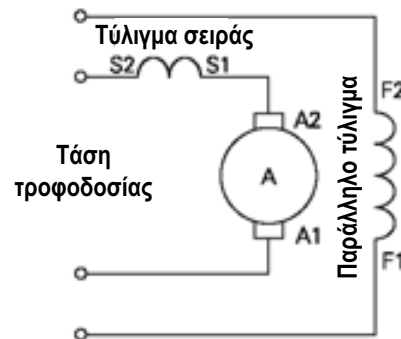
Διέγερση μόνιμων μαγνητών



Ξένη διέγερση



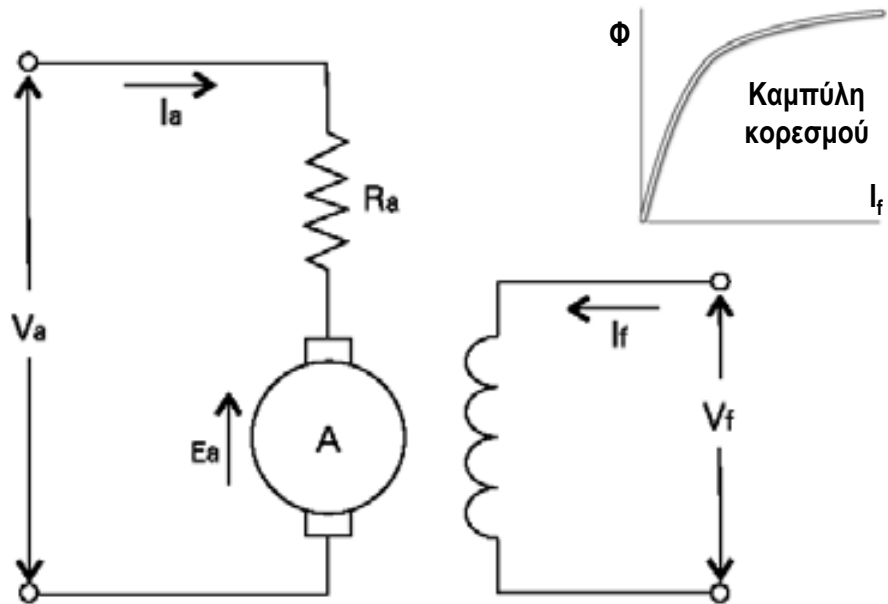
Σύνθετη διέγερση



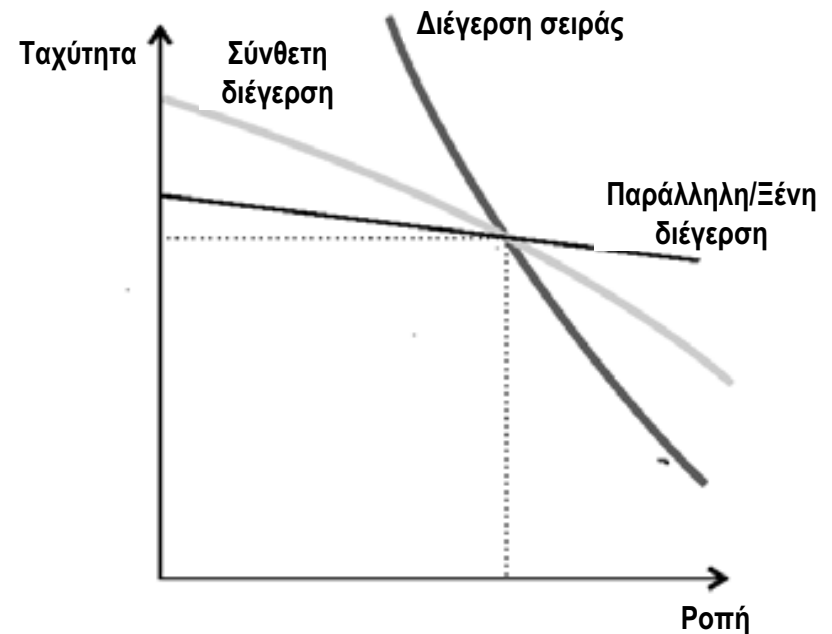


Χαρακτηριστικές της μηχανής ΣΡ

Ισοδύναμο κύκλωμα



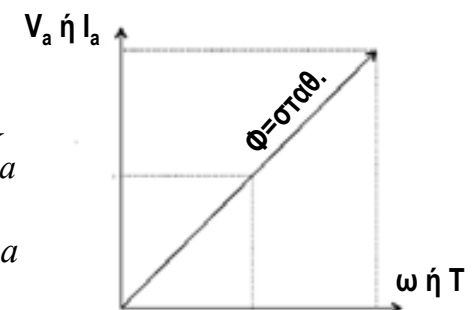
Χαρακτηριστικές ροπής-στροφών



Βασικές σχέσεις

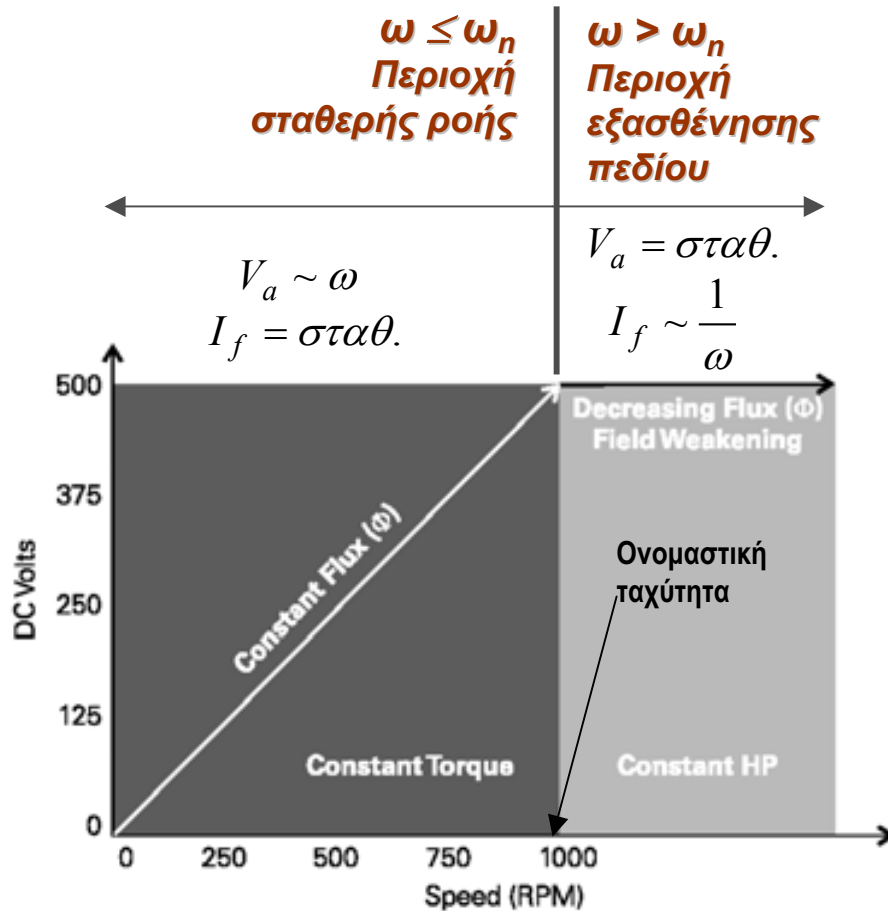
$$\left. \begin{aligned} V_a &= R_a I_a + E_a \approx E_a \\ E_a &= k \omega I_f \\ T &= k I_a I_f \\ V_f &= R_f I_f \end{aligned} \right\} \omega = \frac{E_a}{k I_f} \approx \frac{V_a}{k I_f}$$

Παράλληλη/Ξένη Διέγερση
 $I_f = \text{σταθ.}$ \rightarrow $\omega \sim V_a$
 $T \sim I_a$





Αρχή ελέγχου ταχύτητας κινητήρα ΣΡ

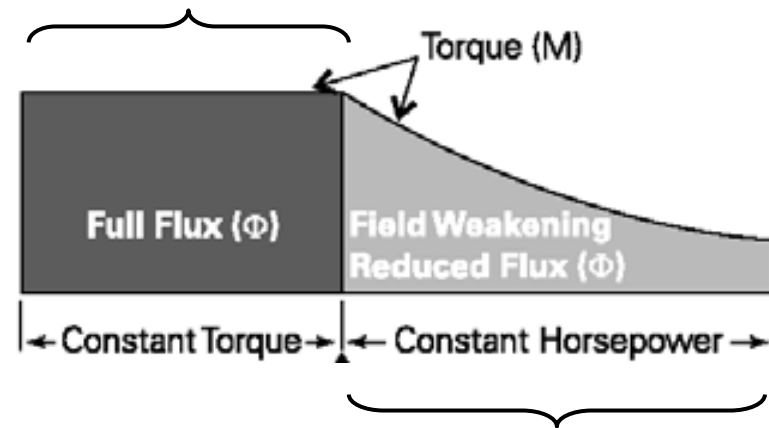


Ροή: $\Phi \sim I_f \approx \text{σταθ.}$

$\Phi \sim I_f \sim \frac{1}{\omega}$

Ροπή: $T_{\max} = k\Phi I_{a,\max} \xrightarrow{\Phi=\text{σταθ.}} T_{\max} = \text{σταθ.}$

Ισχύς: $P_{\max} = T_{\max}\omega \xrightarrow{T_{\max}=\text{σταθ.}} P_{\max} \sim \omega$



Ροπή: $T_{\max} = k\Phi I_{a,\max} \xrightarrow{\Phi \sim 1/\omega} T_{\max} \sim \frac{1}{\omega}$

Ισχύς: $P_{\max} = T_{\max}\omega \xrightarrow{T_{\max} \sim 1/\omega} P_{\max} = \text{σταθ.}$



Μετατροπείς ισχύος συστημάτων κίνησης ΣΡ

Μονοφασικοί μετατροπείς ΕΡ/ΣΡ

Έλεγχος της τάσης μέσω της γωνίας έναυσης α των θυρίστορ

Type	Circuit	Operation
half-wave 1 pulse		
semi-converter 2 pulse		
full converter 2 pulse		
double converter 2 pulse		



Μετατροπείς ισχύος συστημάτων κίνησης ΣΡ

Τριφασικοί μετατροπείς ΕΡ/ΣΡ

Έλεγχος της τάσης μέσω της γωνίας έναυσης α των θυρίστωρ

Type	Circuit	Operation
half-wave 3 pulse		
semi-converter 3 pulse		
full converter 6 pulse		
double converter 6 pulse		

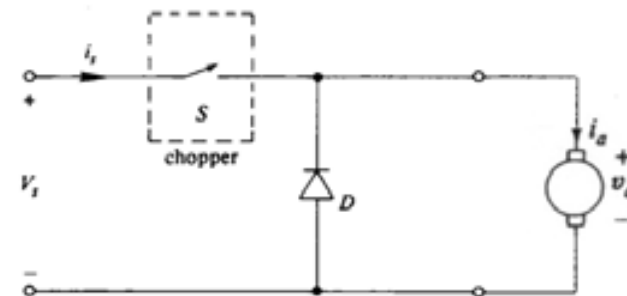


Μετατροπείς ισχύος συστημάτων κίνησης ΣΡ

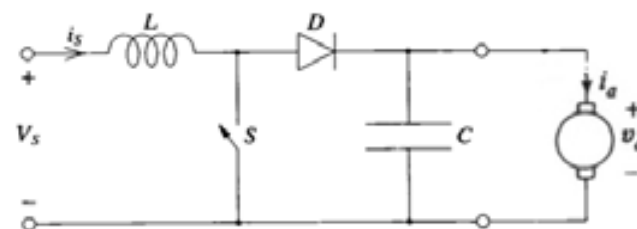
Μετατροπείς ΣΡ/ΣΡ

Έλεγχος της τάσης μέσω του duty cycle του μετατροπέα

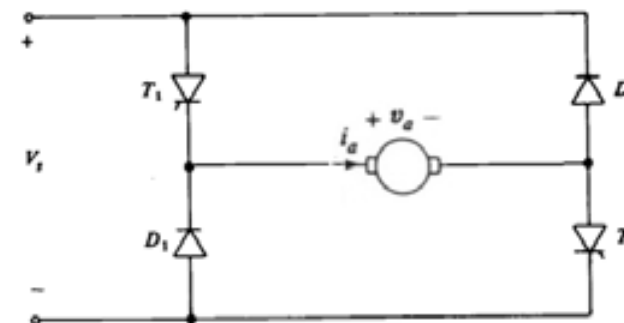
Μετατροπέας ΣΡ/ΣΡ υποβιβασμού της τάσης



Μετατροπέας ΣΡ/ΣΡ ανύψωσης της τάσης

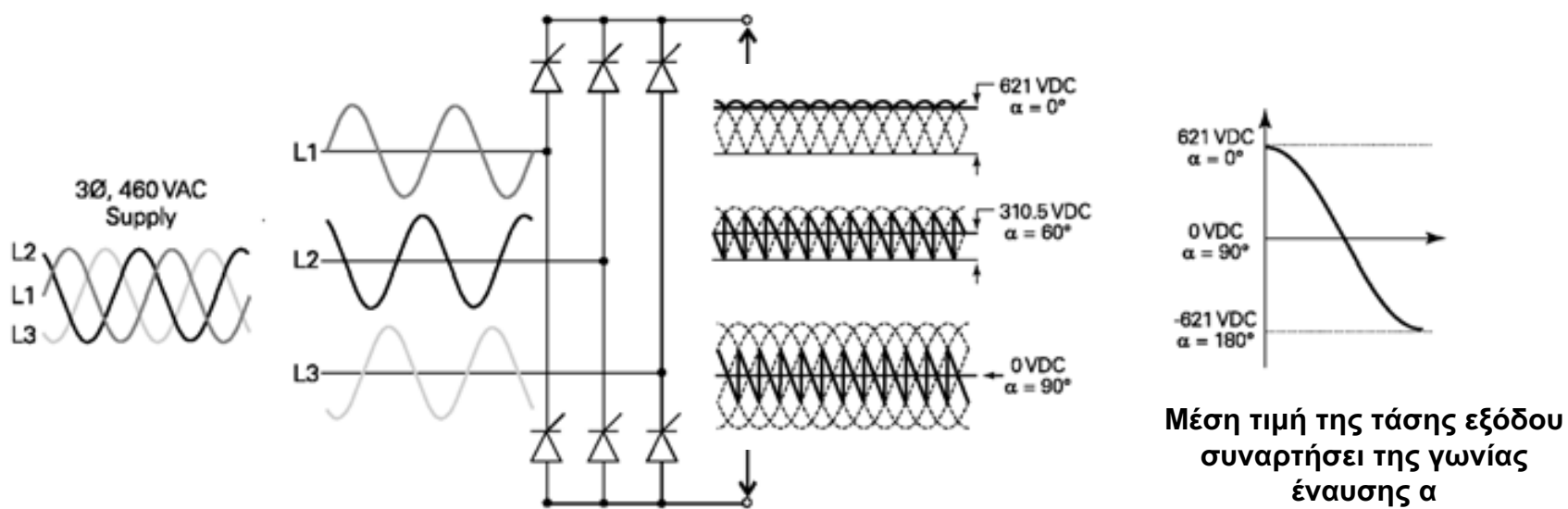


Μετατροπέας ΣΡ/ΣΡ δύο τεταρτημορίων





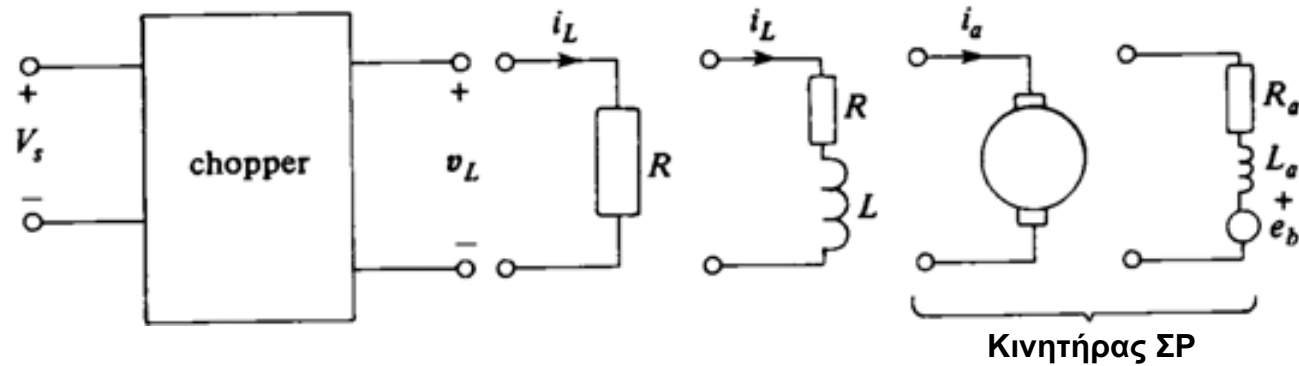
3Φ ελεγχόμενη ανόρθωση πλήρους γέφυρας



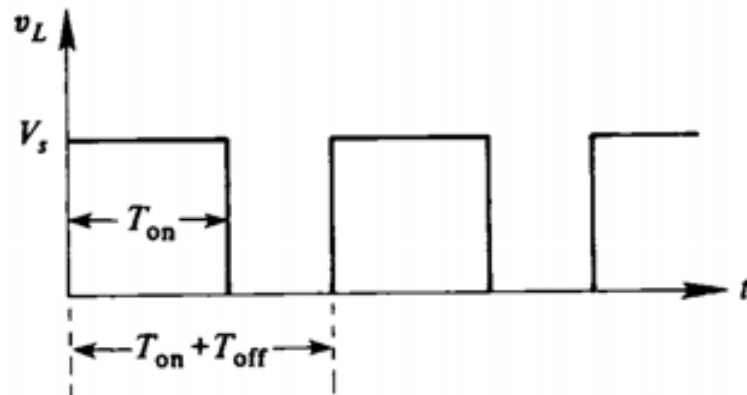
Μέση τιμή τάσης εξόδου:
$$V_d \cong \frac{3\sqrt{2}}{\pi} V_{LL}^{rms} \cos a = 1.35 V_{LL}^{rms} \cos a$$



Μετατροπέας ΣΡ/ΣΡ (chopper)



Ενδεικτική κυματομορφή τάσης εξόδου



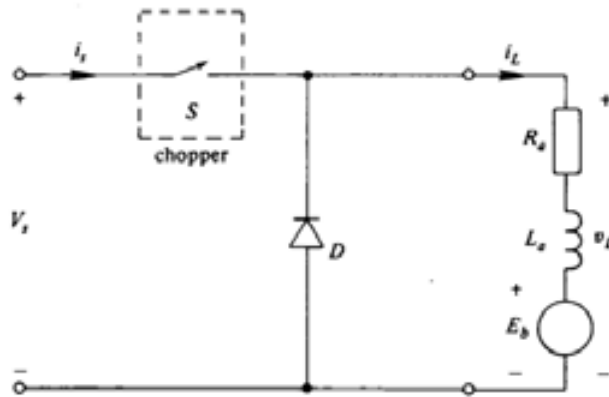
Σχέση εισόδου και εξόδου (μέσες τιμές)

$$V_L = \frac{T_{on}}{T_{on} + T_{off}} V_s = \gamma V_s$$

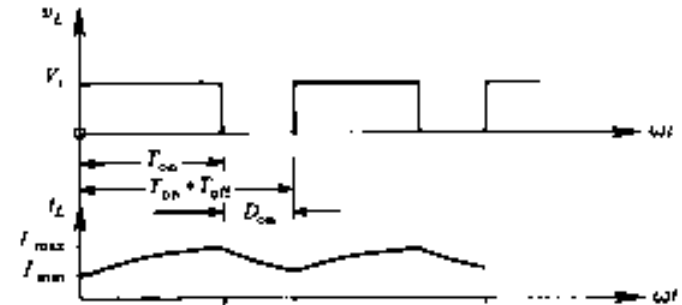
$$\gamma = \frac{T_{on}}{T_{on} + T_{off}} \quad \text{duty cycle}$$



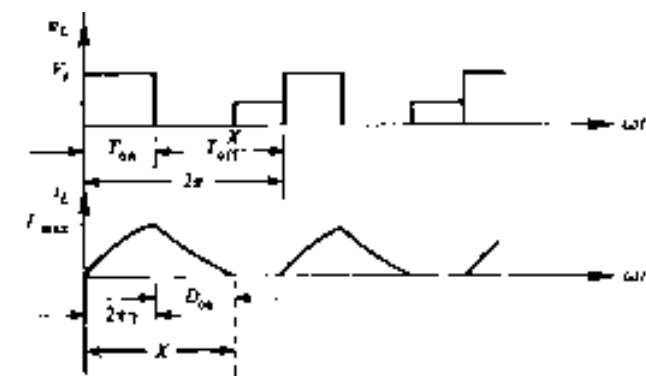
Ανάλυση της λειτουργίας Μετατροπέας ΣΡ/ΣΡ υποβιβασμού της τάσης



Συνεχής αγωγή



Διακοπτόμενη αγωγή



Μέση τιμή τάσης εξόδου: $V_L = \gamma V_s$ για συνεχή αγωγή

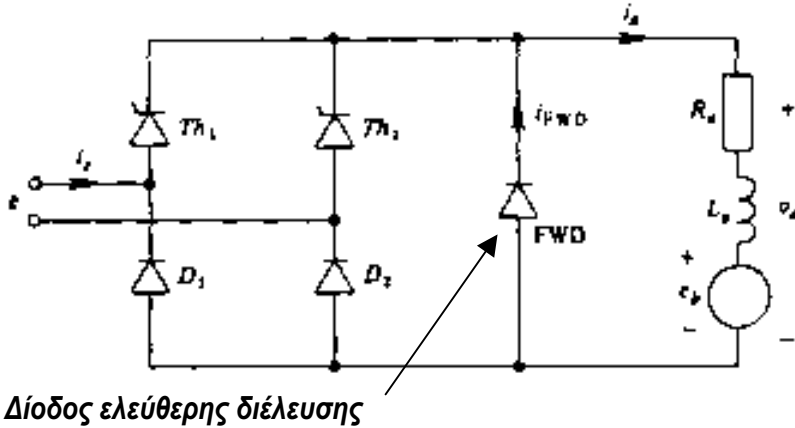
$V_L = \gamma V_s + \left(1 - \frac{X}{2\pi}\right) E_b$ για διακοπτόμενη αγωγή

Μέση τιμή ρεύματος εξόδου: $I_L = \frac{V_L - E_b}{R_a}$ σε κάθε περίπτωση



Ανάλυση της λειτουργίας

Ημι-ελεγχόμενος μονοφασικός μετατροπέας γέφυρας ΕΡ/ΣΡ

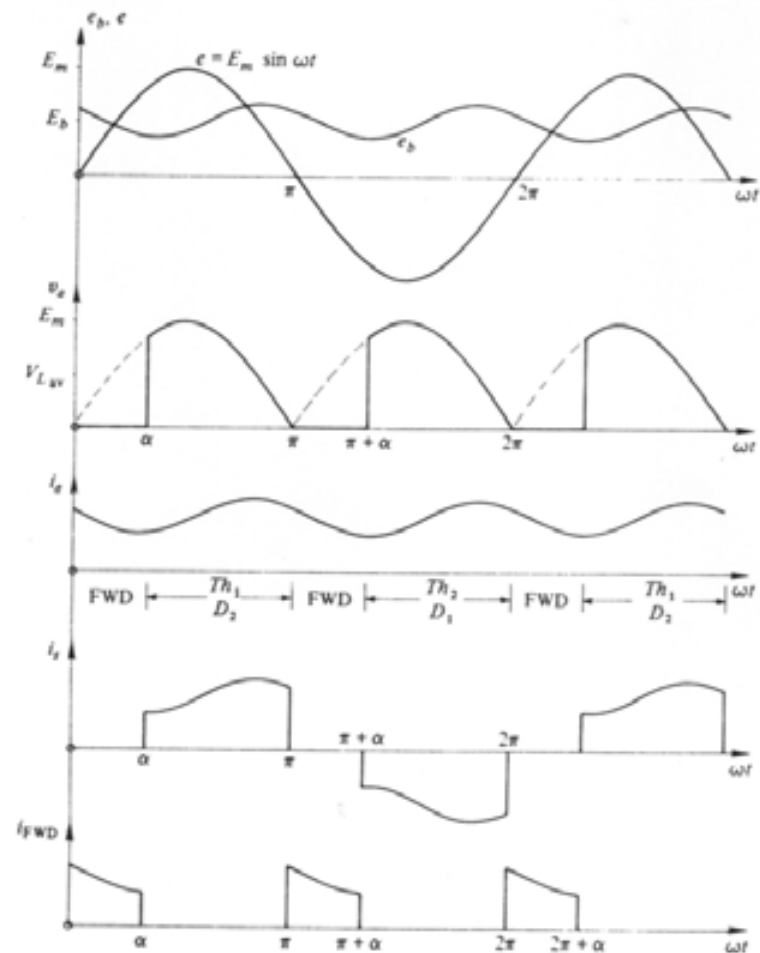


Μέση τιμή τάσης εξόδου:

$$V_a = \frac{E_m}{\pi} (1 + \cos \alpha)$$

Μέση τιμή ρεύματος εξόδου:

$$I_a = \frac{V_a - E_b}{R_a}$$

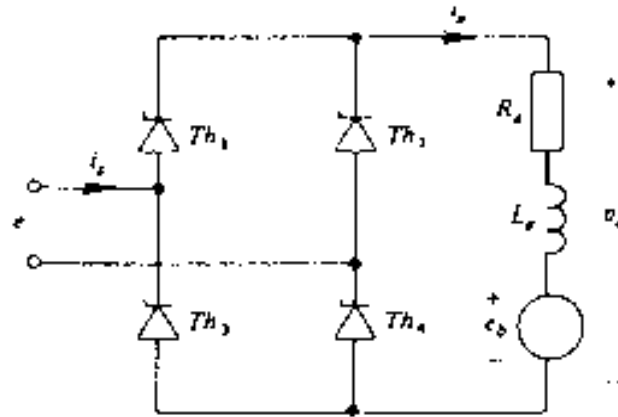
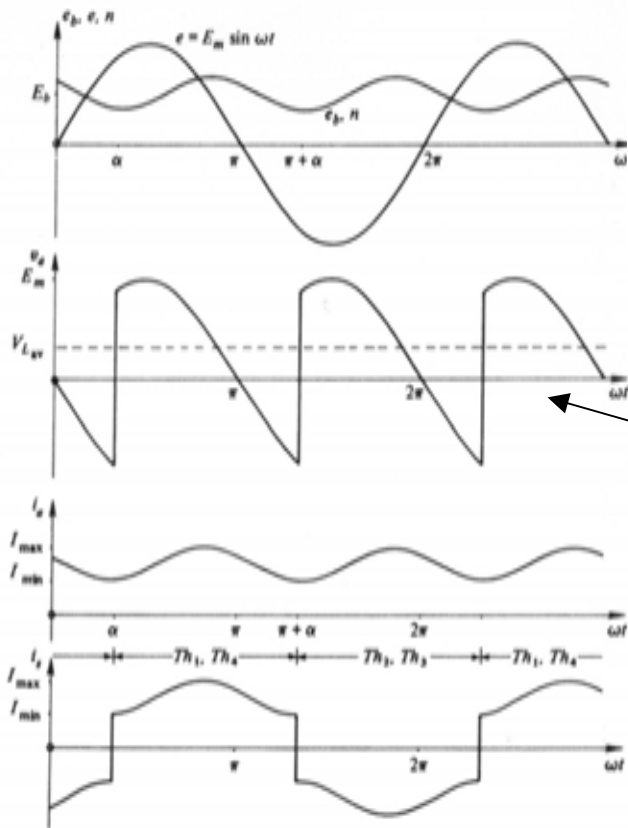




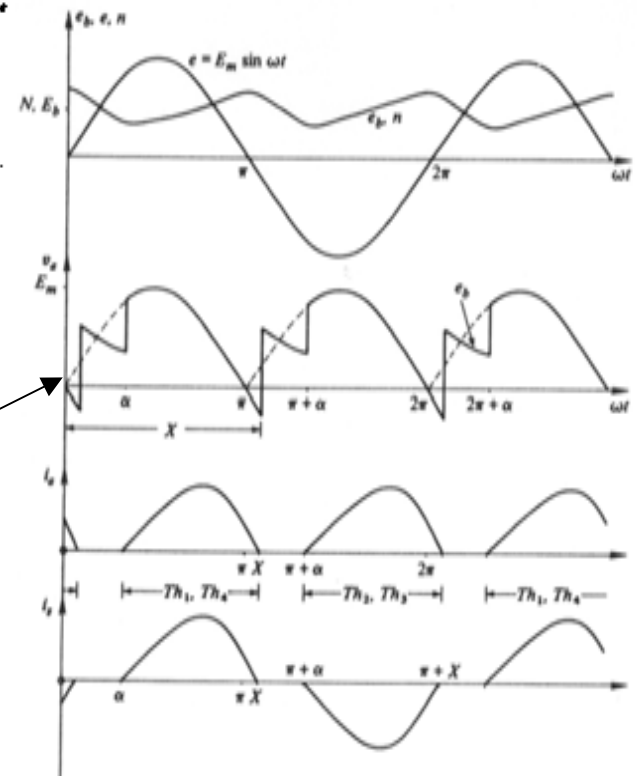
Ανάλυση της λειτουργίας

Ελεγχόμενος μονοφασικός μετατροπέας γέφυρας ΕΡ/ΣΡ

Συνεχής αγωγή



Διακοπτόμενη αγωγή



Μέση τιμή τάσης εξόδου:

$$V_a = \frac{2E_m}{\pi} \cos\alpha$$

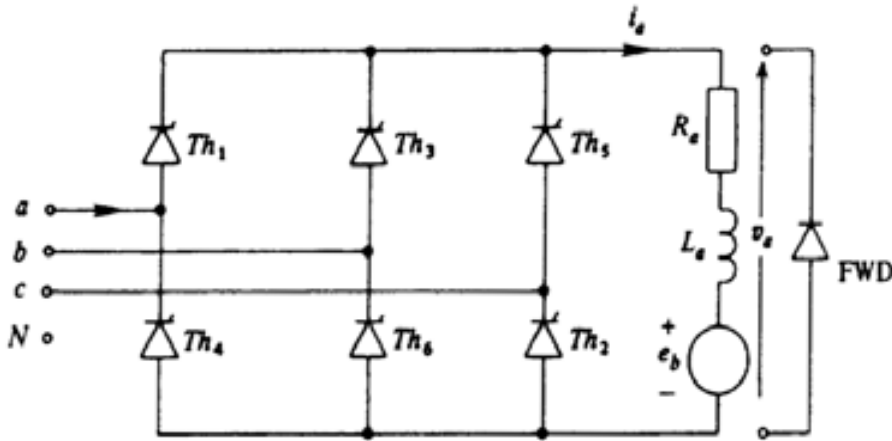
$$V_a = \frac{E_m}{\pi} (\cos\alpha - \cos X) + \frac{E_b}{\pi} (\pi + \alpha - X)$$

Μέση τιμή ρεύματος εξόδου:

$$I_a = \frac{V_a - E_b}{R_a}$$



Ανάλυση της λειτουργίας Ελεγχόμενος τριφασικός μετατροπέας γέφυρας EP/ΣΡ



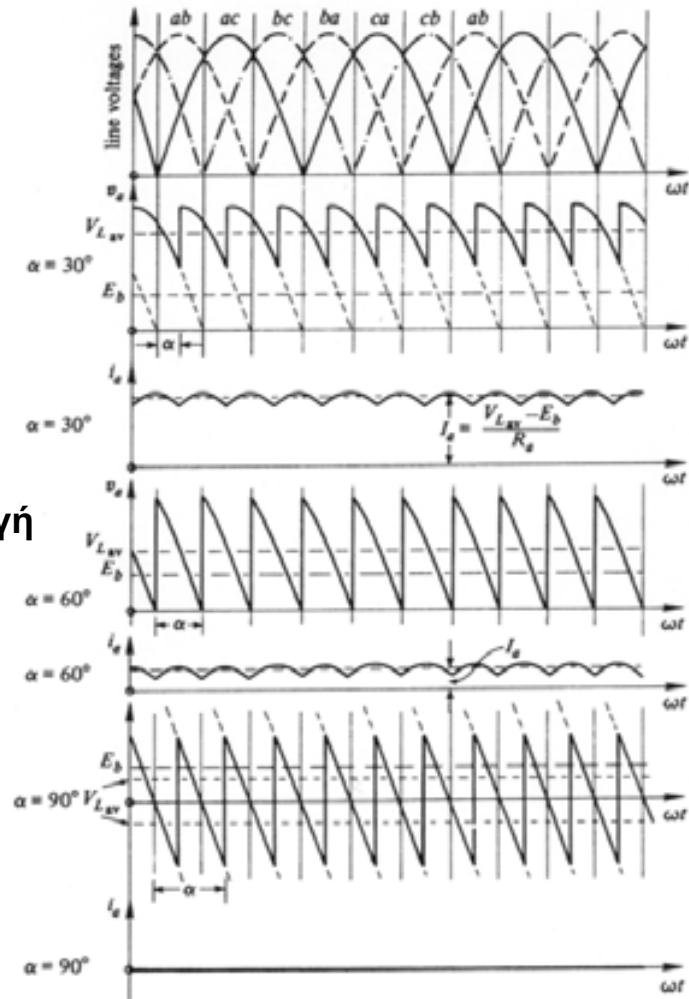
Μέση τιμή τάσης εξόδου:

$$V_a = \frac{3\sqrt{3}E_m}{\pi} \cos\alpha$$

Μέση τιμή ρεύματος εξόδου:

$$I_a = \frac{V_a - E_b}{R_a}$$

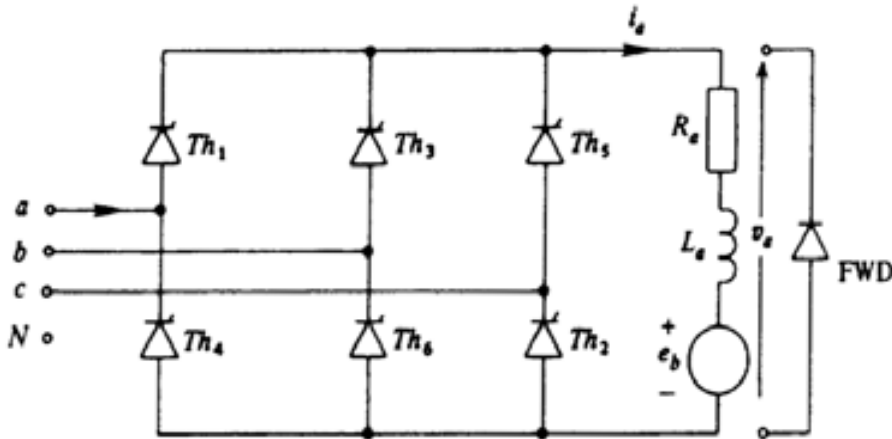
Συνεχής αγωγή



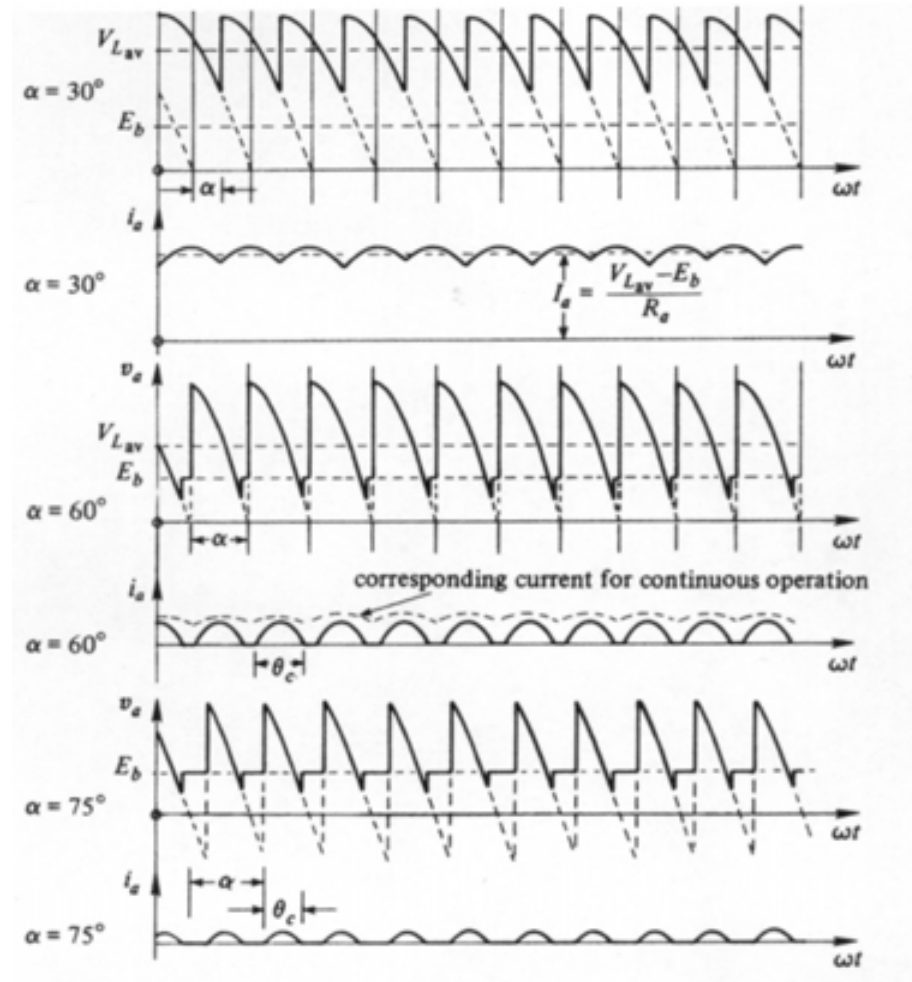


Ανάλυση της λειτουργίας

Ελεγχόμενος τριφασικός μετατροπέας γέφυρας ΕΡ/ΣΡ



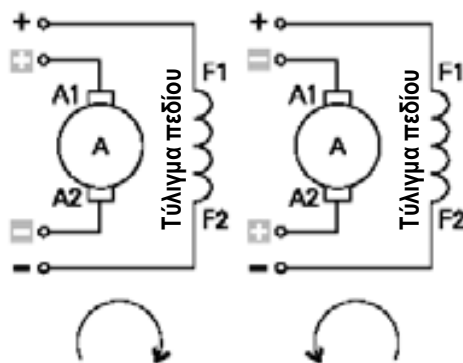
Διακοπτόμενη αγωγή





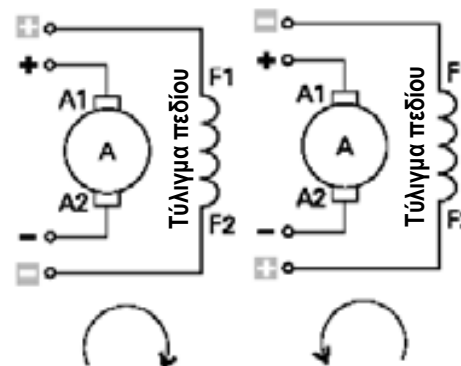
Αντιστροφή φοράς περιστροφής

Αντιστροφή πολικότητας τάσης τυμπάνου

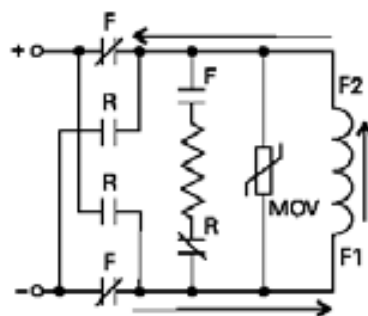


ή

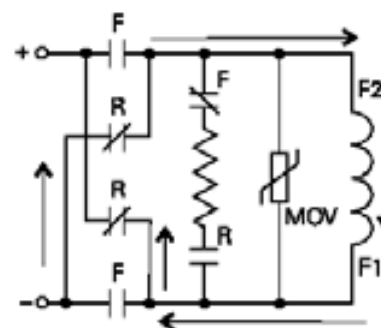
Αντιστροφή πολικότητας τάσης πεδίου



Υλοποίηση αντιστροφής πολικότητας της τάσης του τυλίγματος διέγερσης



Κανονική φορά περιστροφής

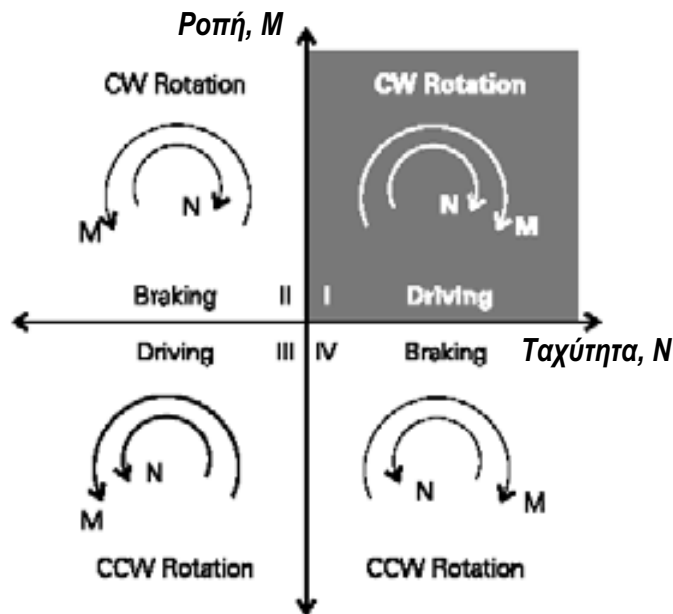


Αντίθετη φορά περιστροφής



Πέδηση συστημάτων κίνησης ΣΡ

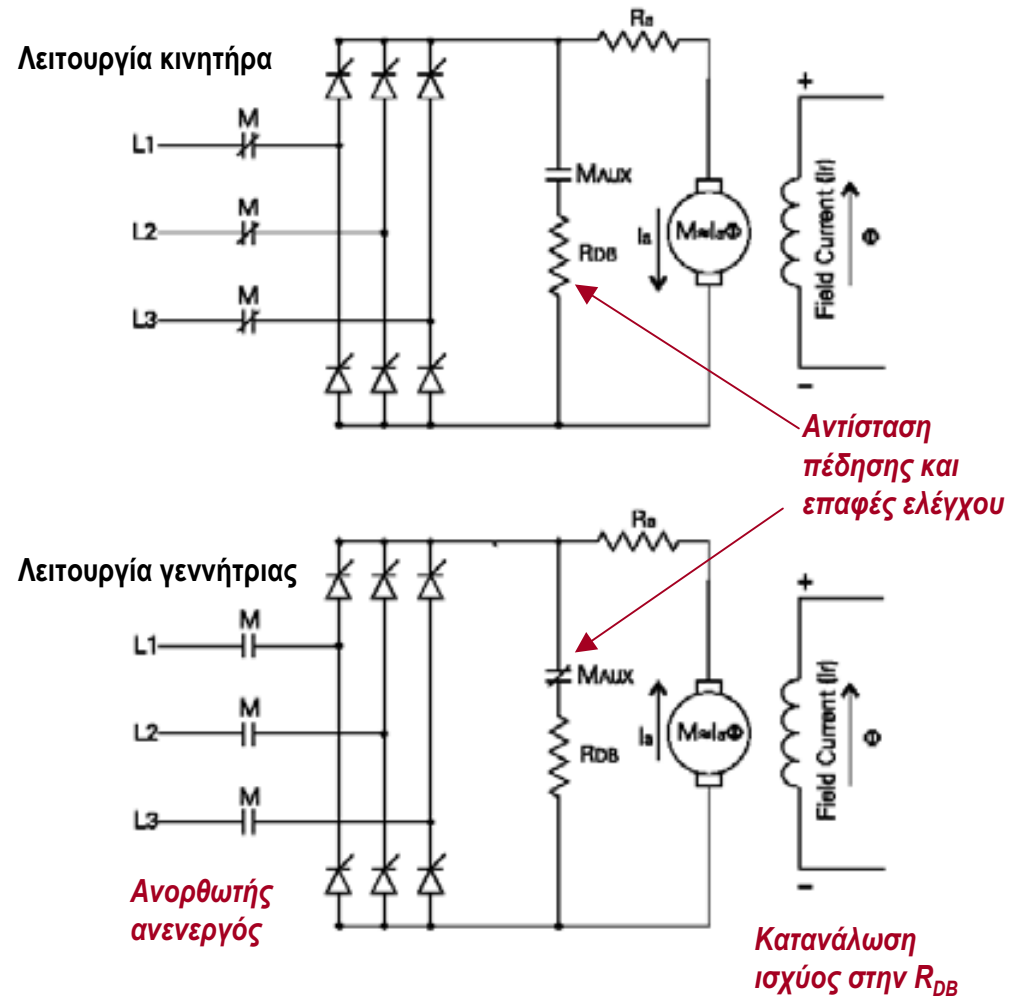
Τα 4 τεταρτημόρια της κίνησης



Βασικές μέθοδοι

- Φυσική πέδηση (ροπή φορτίου, τριβές)
- Δυναμική πέδηση
- Αναγεννητική πέδηση

Δυναμική πέδηση

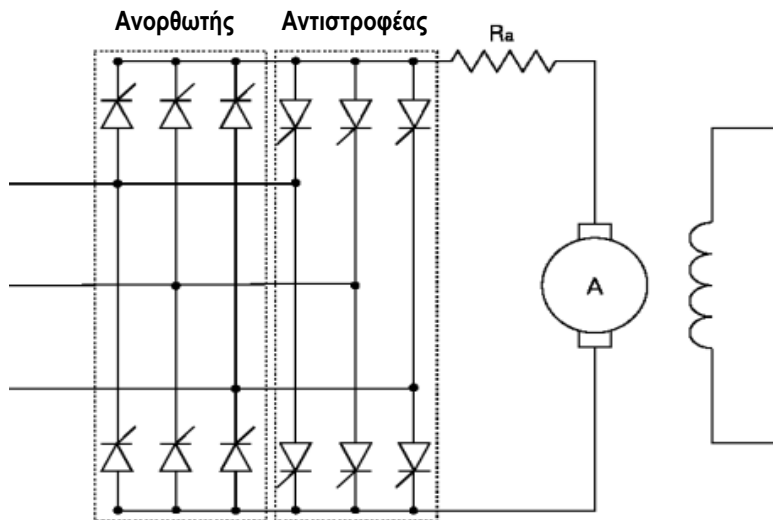




Πέδηση συστημάτων κίνησης ΣΡ

Αναγεννητική πέδηση

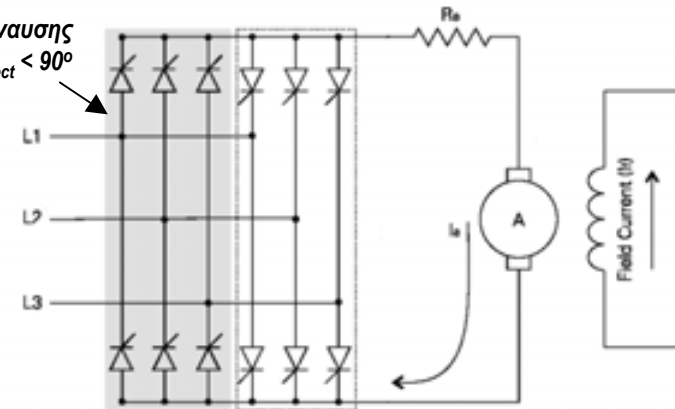
Μετατροπέας διπλής γέφυρας



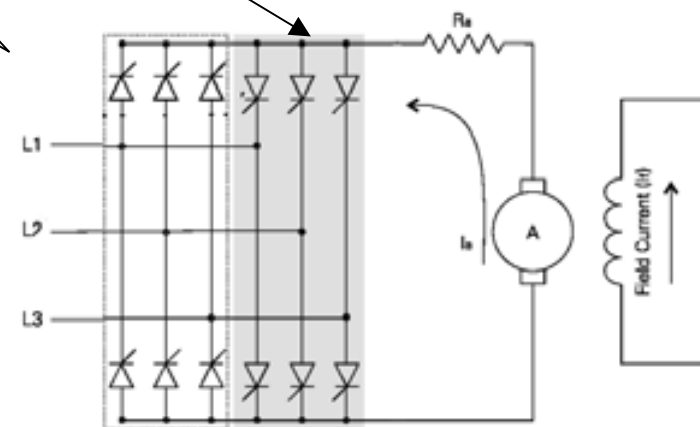
Λειτουργία κινητήρα

Λειτουργία γεννήτριας

Γωνία έναυσης $\alpha_{rect} < 90^\circ$



Γωνία έναυσης $\alpha_{inv} > 90^\circ$



Σύγκριση δυναμικής και αναγεννητικής πέδησης

