



# Συστήματα Ηλεκτρικής Κίνησης ΣΡ

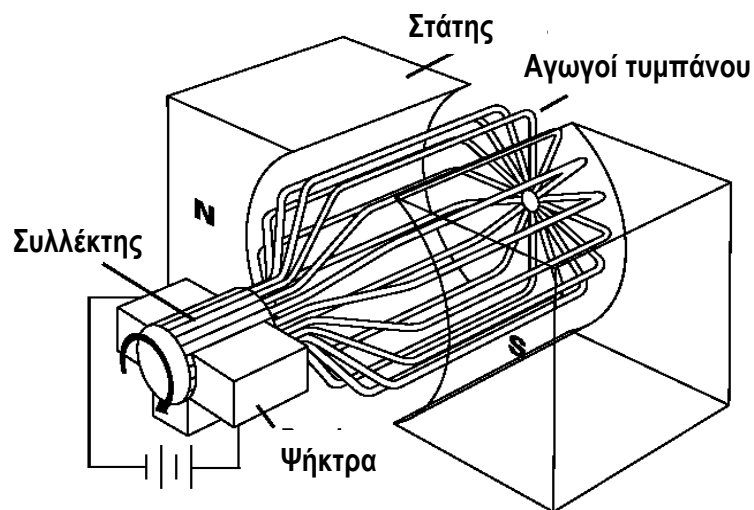


**Στ. Παπαθανασίου**  
**Καθ. ΕΜΠ**



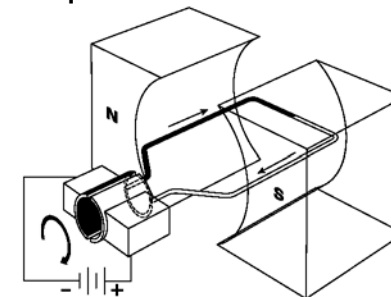
# Μηχανή συνεχούς ρεύματος

## Σχηματική απεικόνιση

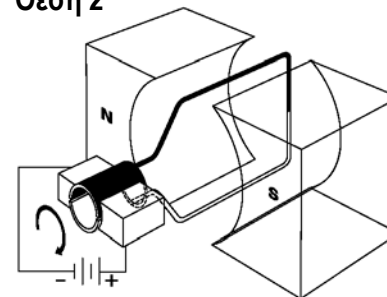


## Λειτουργία στοιχειώδους συλλέκτη

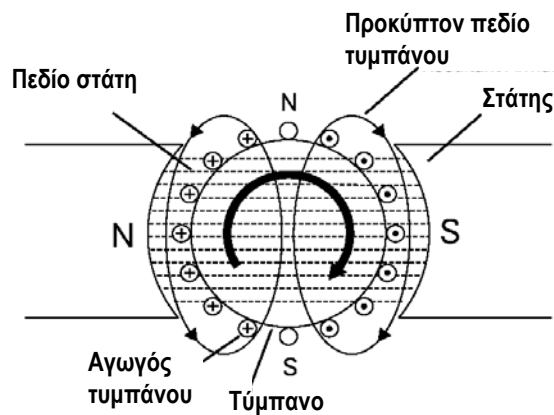
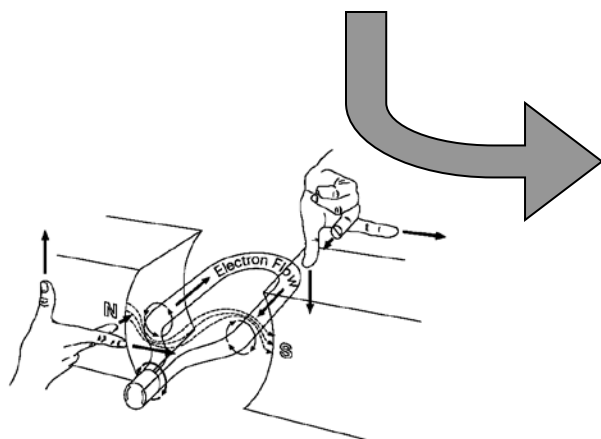
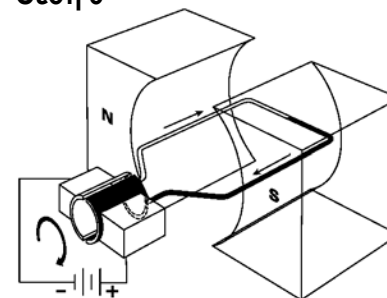
Θέση 1



Θέση 2



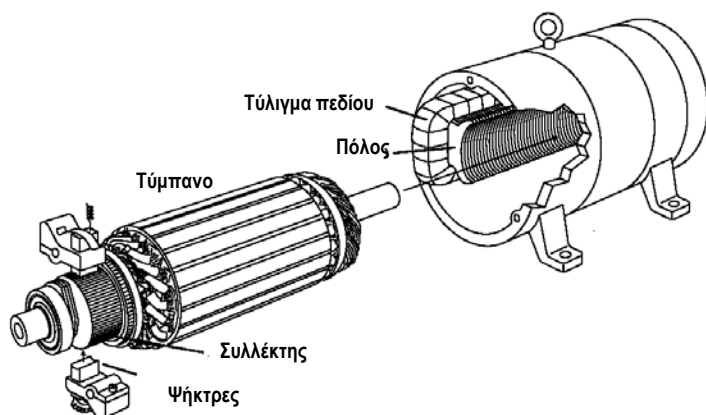
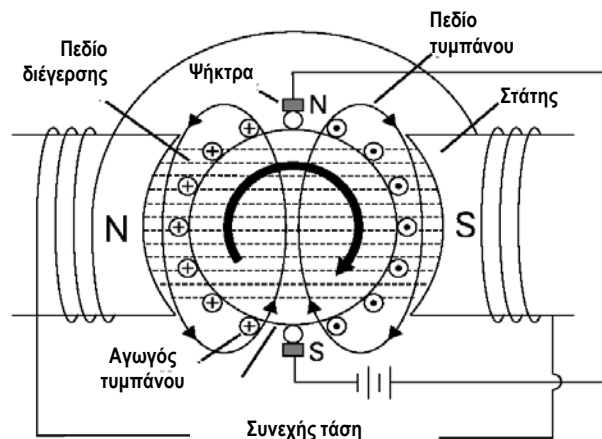
Θέση 3



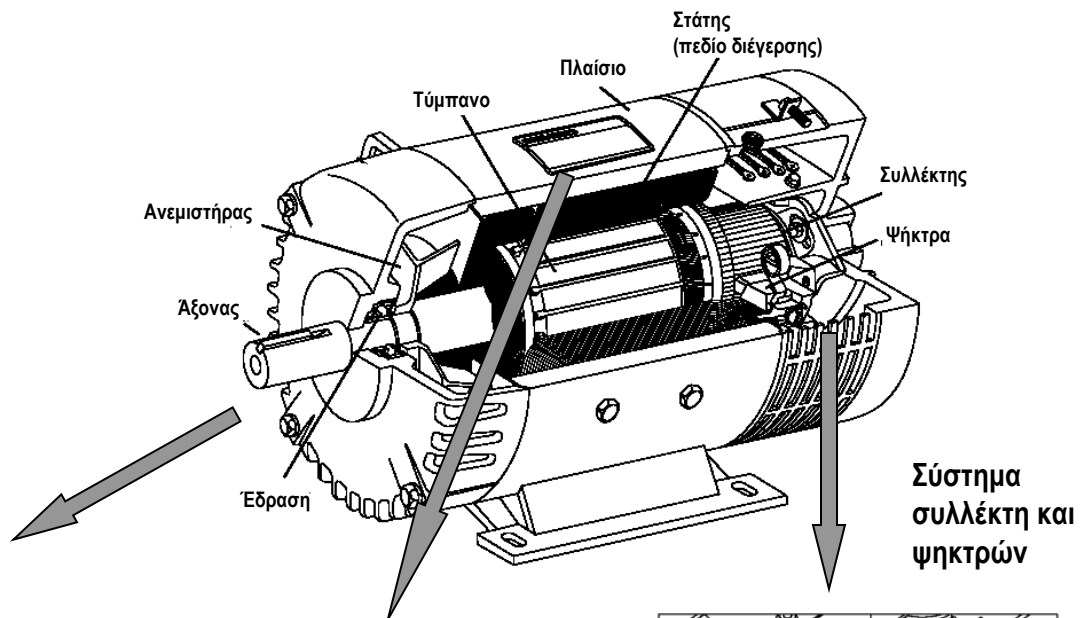


# Μηχανή συνεχούς ρεύματος

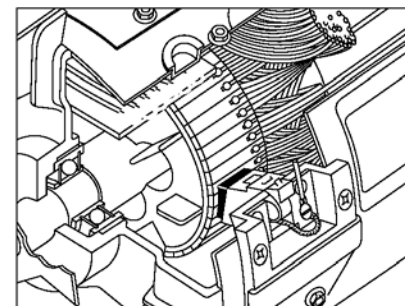
## Τυλίγματα πεδίου και τυμπάνου



## Κατασκευαστική διαμόρφωση



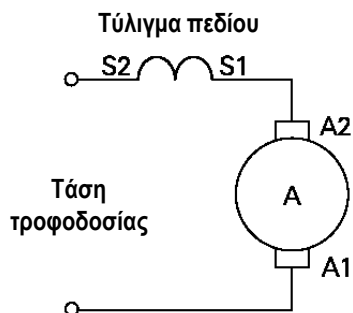
ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΗΣ					
HP	10	RPM	1180	VOLTS	500
ARM AMPS	17.0	WOUND	SHUNT		
FLD AMPS	1.4/2.8	FLD OHMS	25C	156	
INSUL CLASS	F	DUTY	CONT	MAX AMBIENT	40° C
PWR SUP CODE	C	FLD VOLTS	300/150		
TYPE	E	ENCL	DP	INSTR	
MOD		SER			
NP36A2483AP				DIRECT CURRENT MOTOR	
				MADE IN U.S.A.	



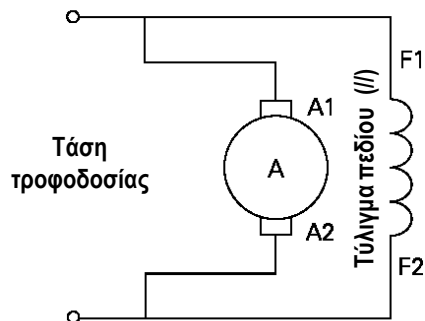


# Συνδεσμολογίες διέγερσης των κινητήρων ΣΡ

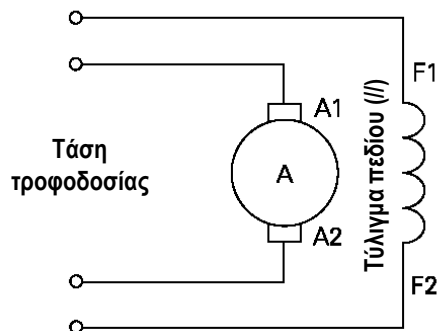
## Διέγερση σειράς



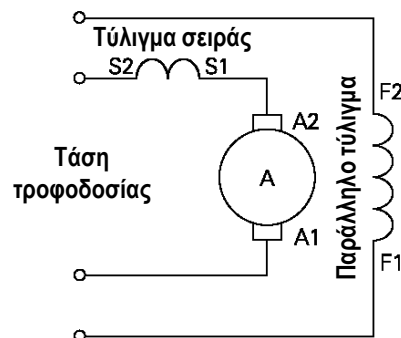
## Παράλληλη διέγερση



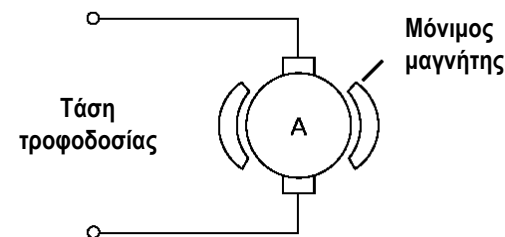
## Ξένη διέγερση



## Σύνθετη διέγερση



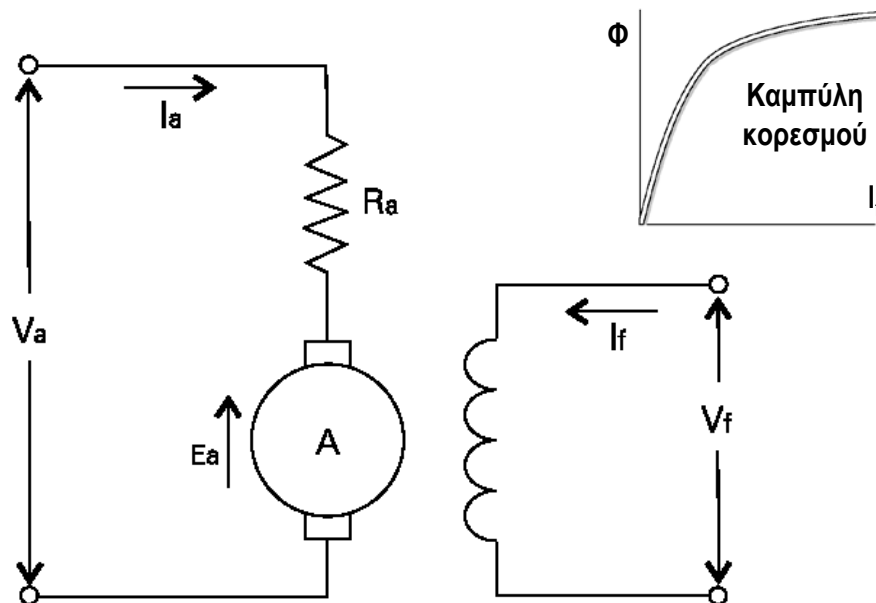
## Διέγερση μονίμων μαγνητών



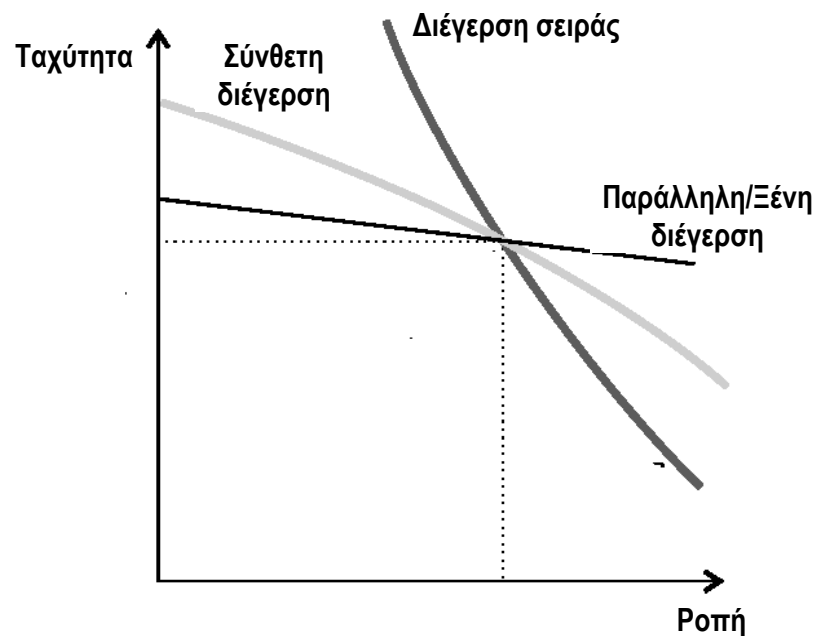


# Χαρακτηριστικές της μηχανής ΣΡ

## Ισοδύναμο κύκλωμα



## Χαρακτηριστικές ροπής-στροφών



## Βασικές σχέσεις

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

$$T = k I_a I_f$$

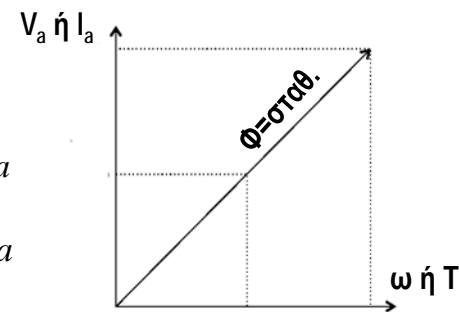
$$V_f = R_f I_f$$

Παράλληλη/Ξένη  
Διέγερση

$I_f = \text{σταθ.}$

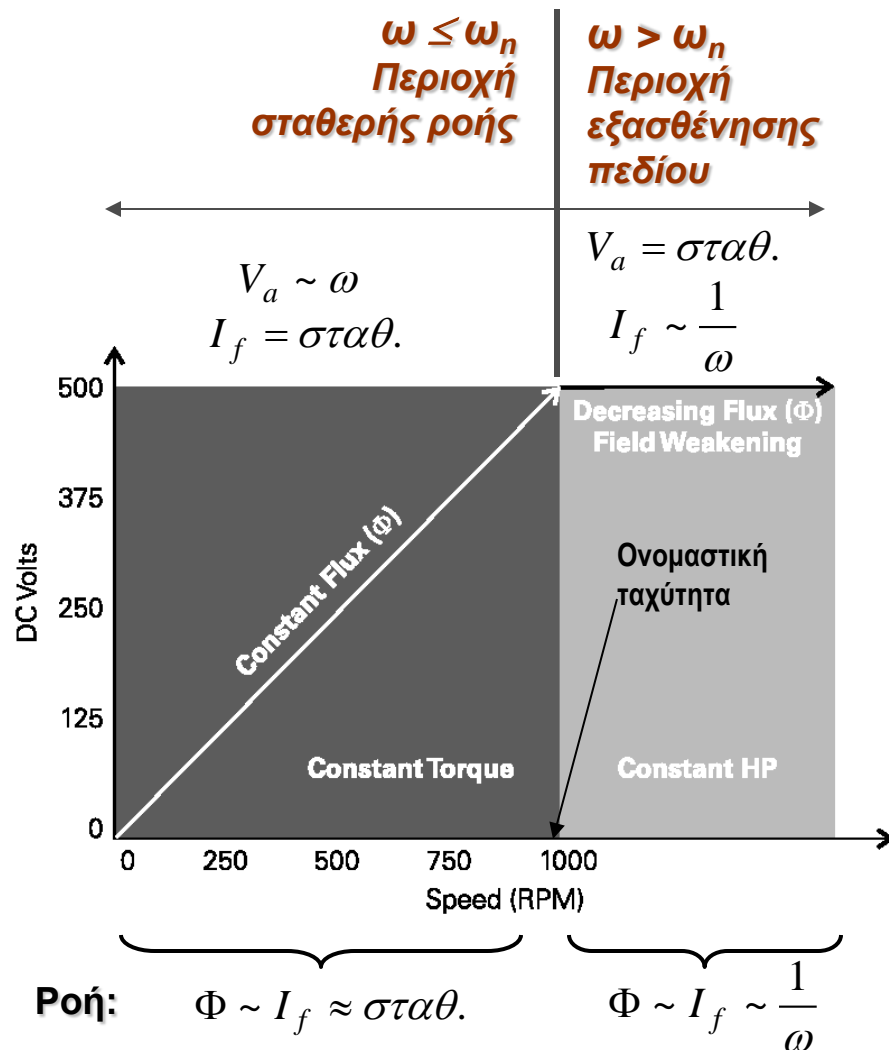
$$\omega \sim V_a$$

$$T \sim I_a$$



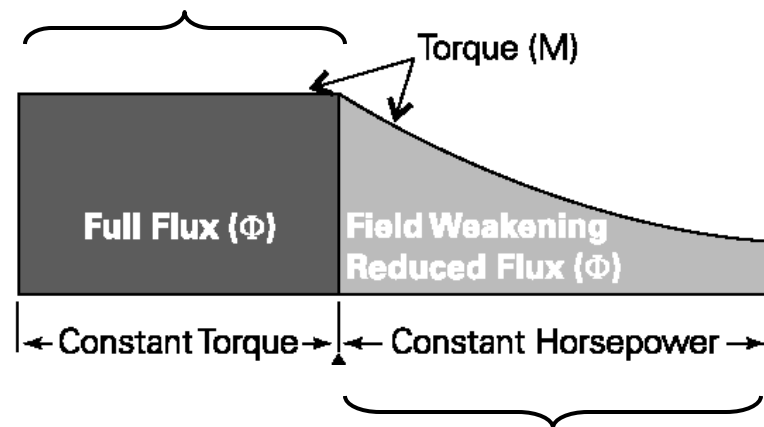


# Αρχή ελέγχου ταχύτητας κινητήρα ΣΡ



**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  $\alpha$   
των θυρίστωρ

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		



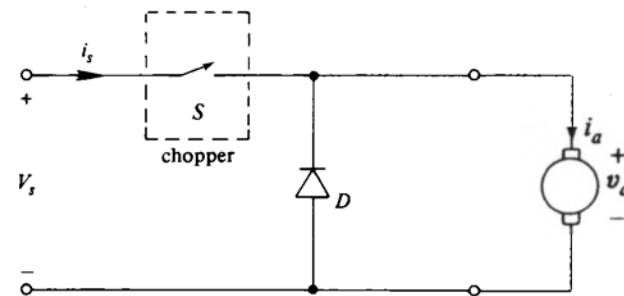


# Μετατροπείς ισχύος συστημάτων κίνησης ΣΡ

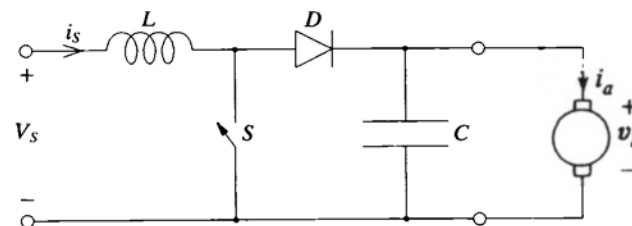
## Μετατροπείς ΣΡ/ΣΡ

Έλεγχος της τάσης μέσω του duty cycle του μετατροπέα

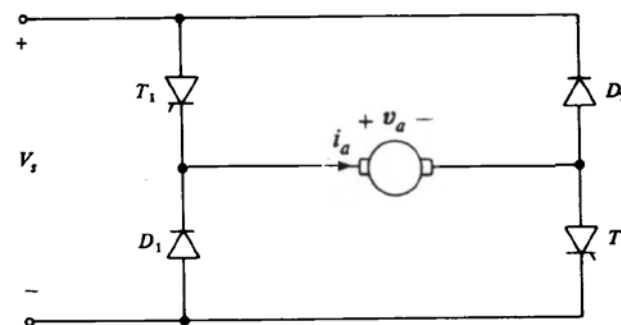
Μετατροπέας ΣΡ/ΣΡ  
υποβιβασμού της τάσης



Μετατροπέας ΣΡ/ΣΡ  
ανύψωσης της τάσης

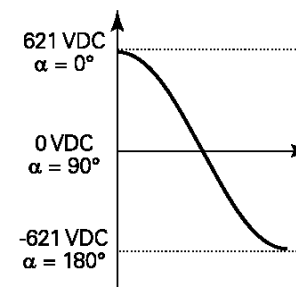
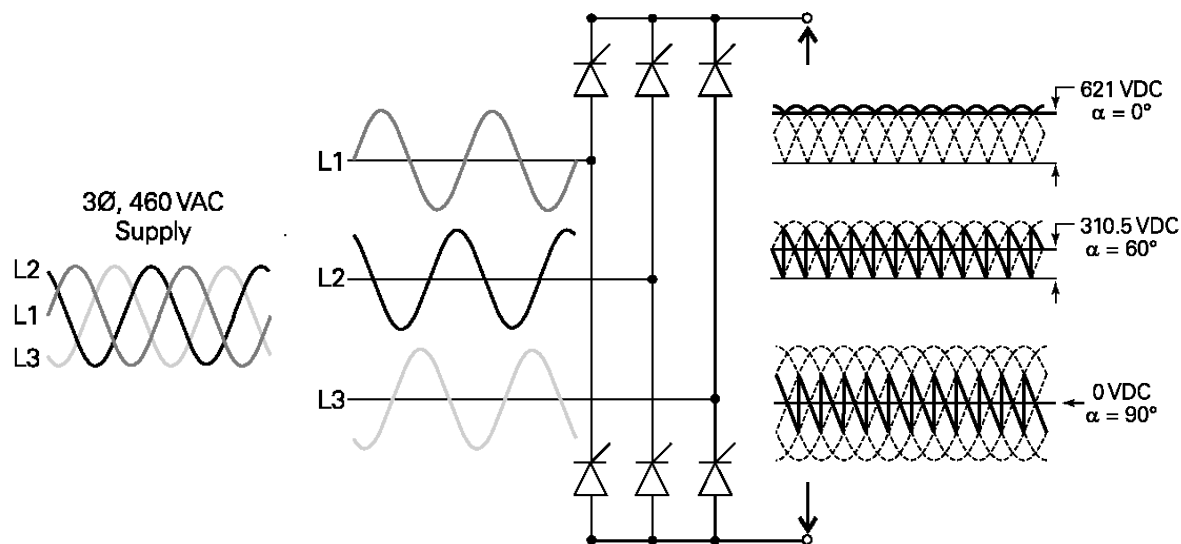


Μετατροπέας ΣΡ/ΣΡ  
δύο τεταρτημορίων





## 3Φ ελεγχόμενη ανόρθωση πλήρους γέφυρας

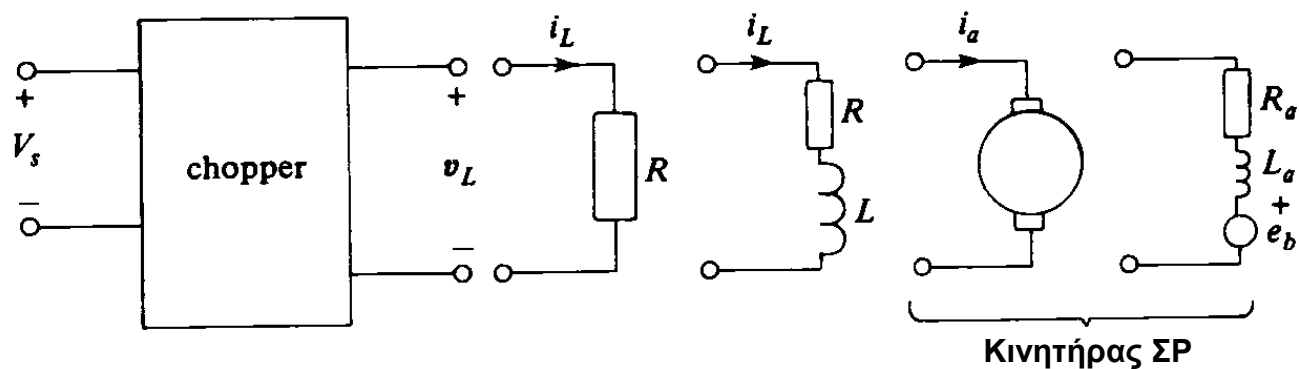


Μέση τιμή της τάσης εξόδου  
συναρτήσει της γωνίας  
έναυσης  $\alpha$

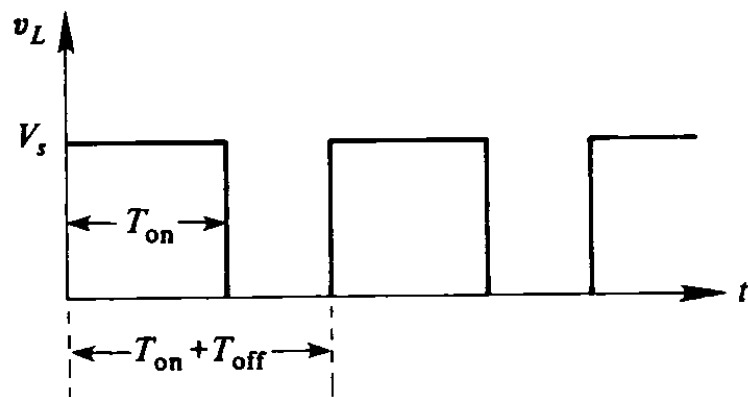
Μέση τιμή τάσης εξόδου: 
$$V_d \cong \frac{3\sqrt{2}}{\pi} V_{LL}^{rms} \cos \alpha = 1.35 V_{LL}^{rms} \cos \alpha$$



## Μετατροπέας ΣΡ/ΣΡ (chopper)



Ενδεικτική κυματομορφή τάσης εξόδου



Σχέση εισόδου και εξόδου (μέσες τιμές)

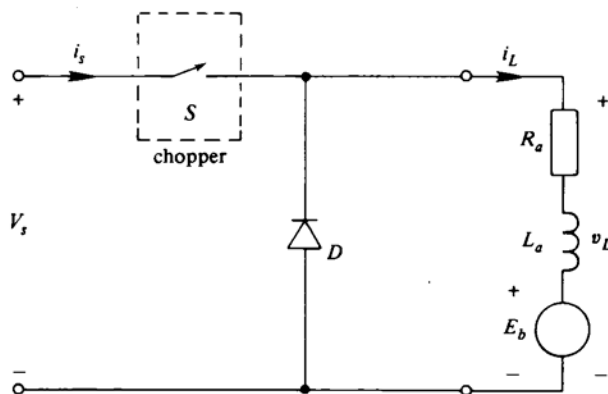
$$V_L = \frac{T_{on}}{T_{on} + T_{off}} V_s = \gamma V_s$$

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

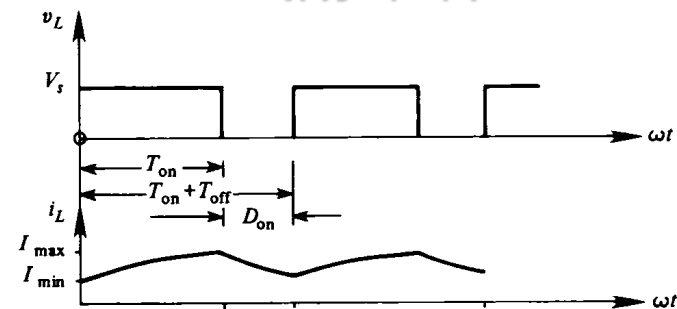


# Ανάλυση της λειτουργίας

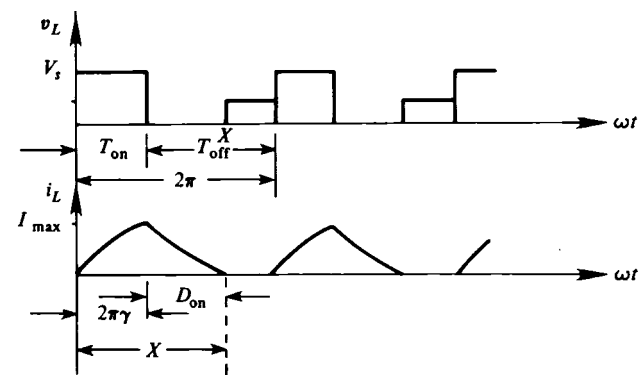
## Μετατροπέας ΣΡ/ΣΡ υποβιβασμού της τάσης



### 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:

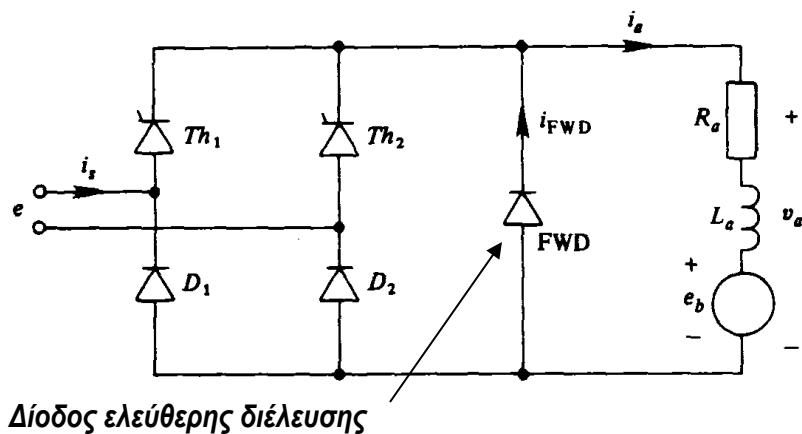
$$I_L = \frac{V_L - E_b}{R_a}$$

σε κάθε περίπτωση



# Ανάλυση της λειτουργίας

## Ημι-ελεγχόμενος μονοφασικός μετατροπέας γέφυρας ΕΡ/ΣΡ

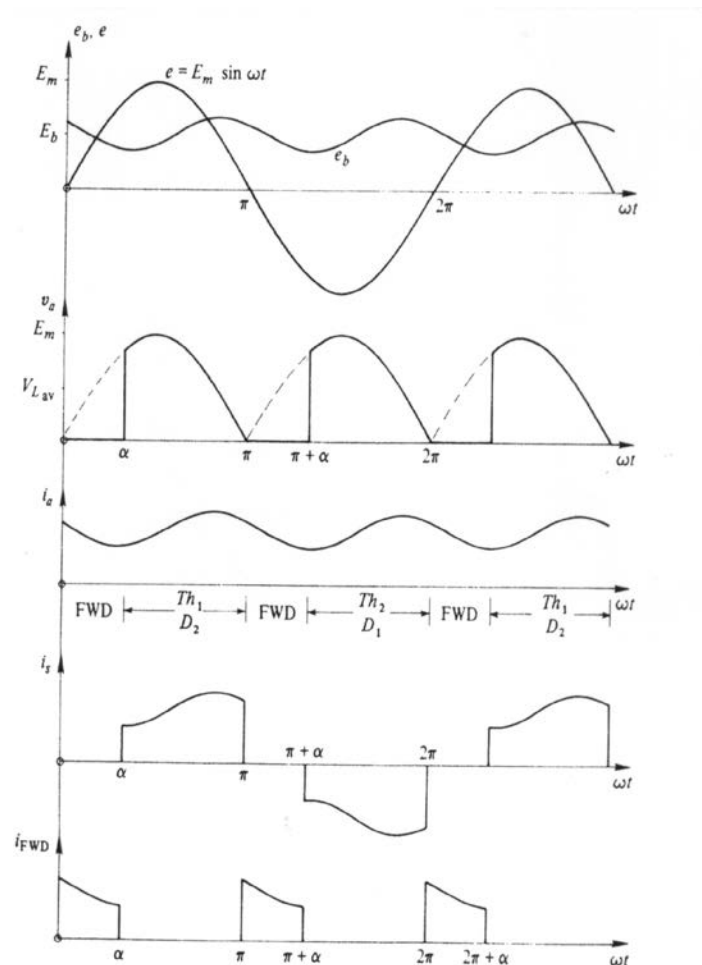


Μέση τιμή  
τάσης εξόδου:

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

Μέση τιμή  
ρεύματος εξόδου:

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

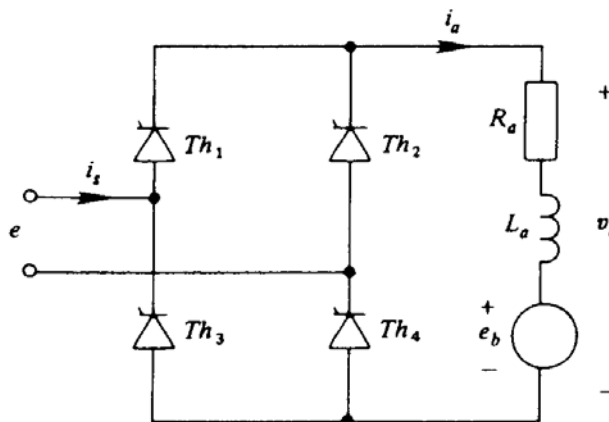
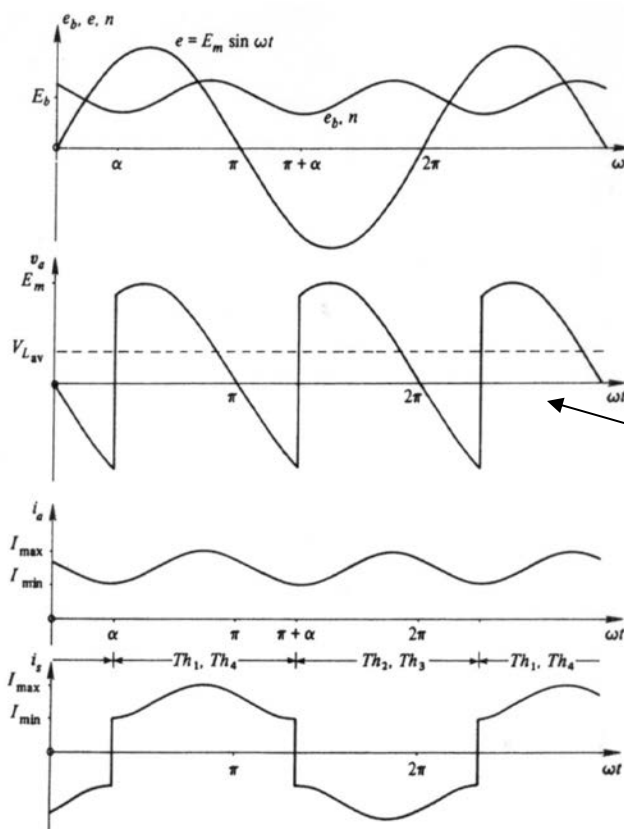




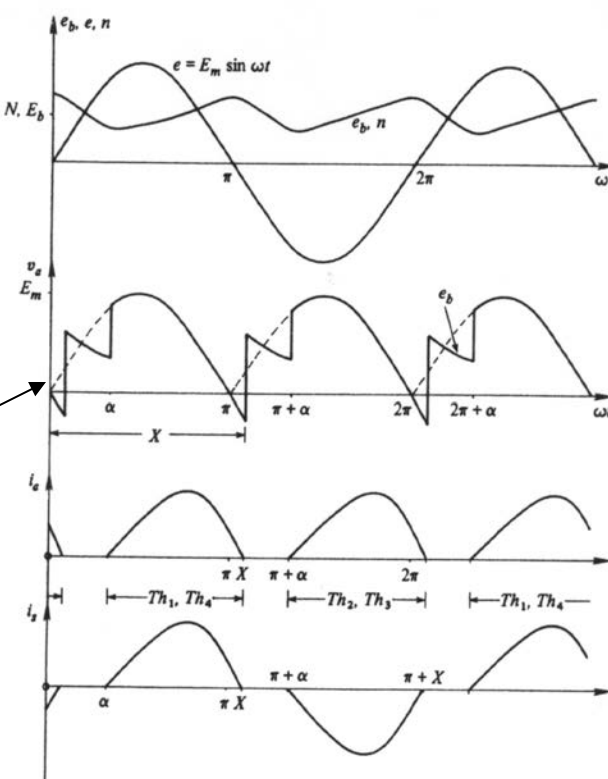
# Ανάλυση της λειτουργίας

## Ελεγχόμενος μονοφασικός μετατροπέας γέφυρας ΕΡ/ΣΡ

### Συνεχής αγωγή



### Διακοπτόμενη αγωγή



Μέση τιμή τάσης εξόδου:

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

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

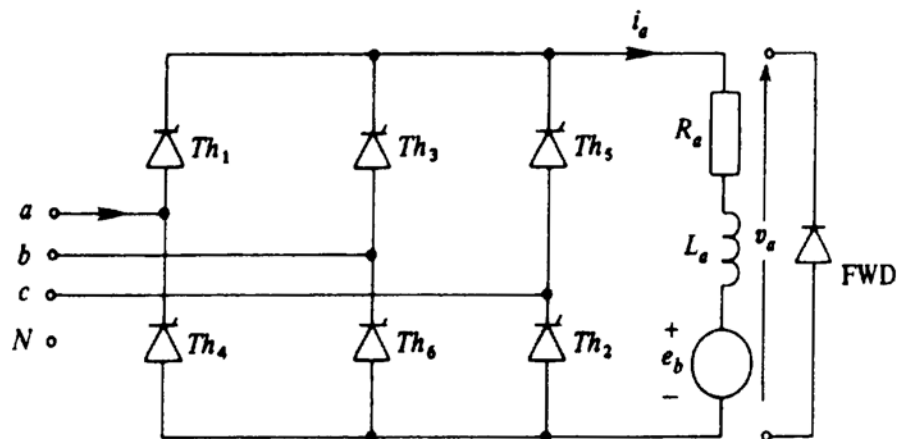
Μέση τιμή ρεύματος εξόδου:

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



# Ανάλυση της λειτουργίας

## Ελεγχόμενος τριφασικός μετατροπέας γέφυρας ΕΡ/ΣΡ



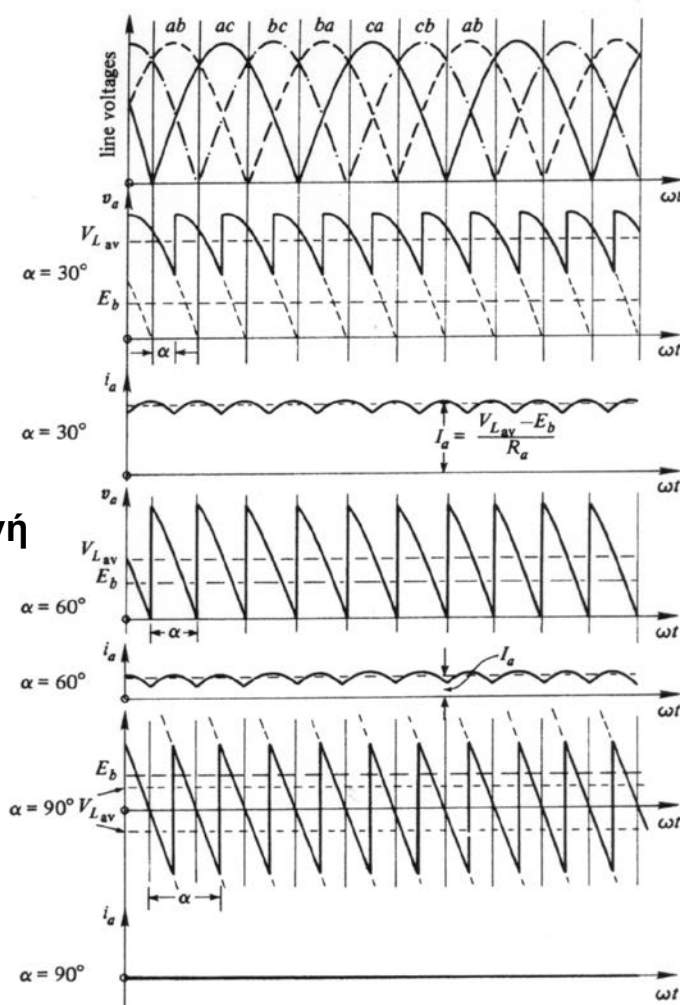
Μέση τιμή τάσης εξόδου:

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

Μέση τιμή ρεύματος εξόδου:

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

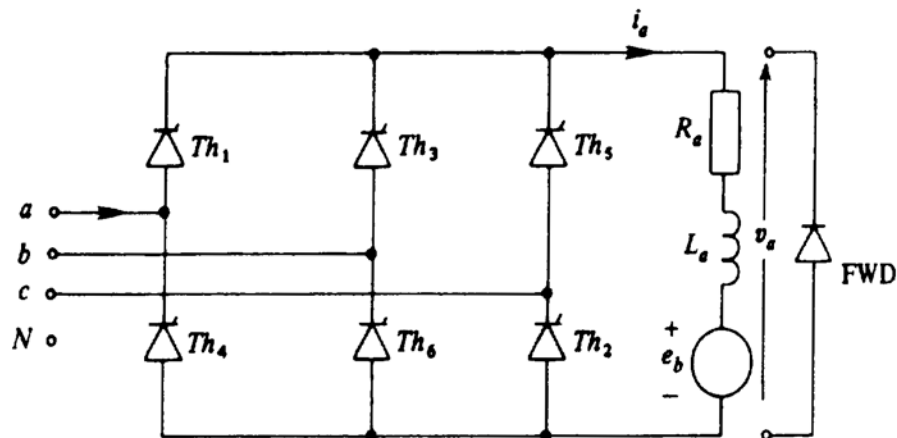
Συνεχής αγωγή



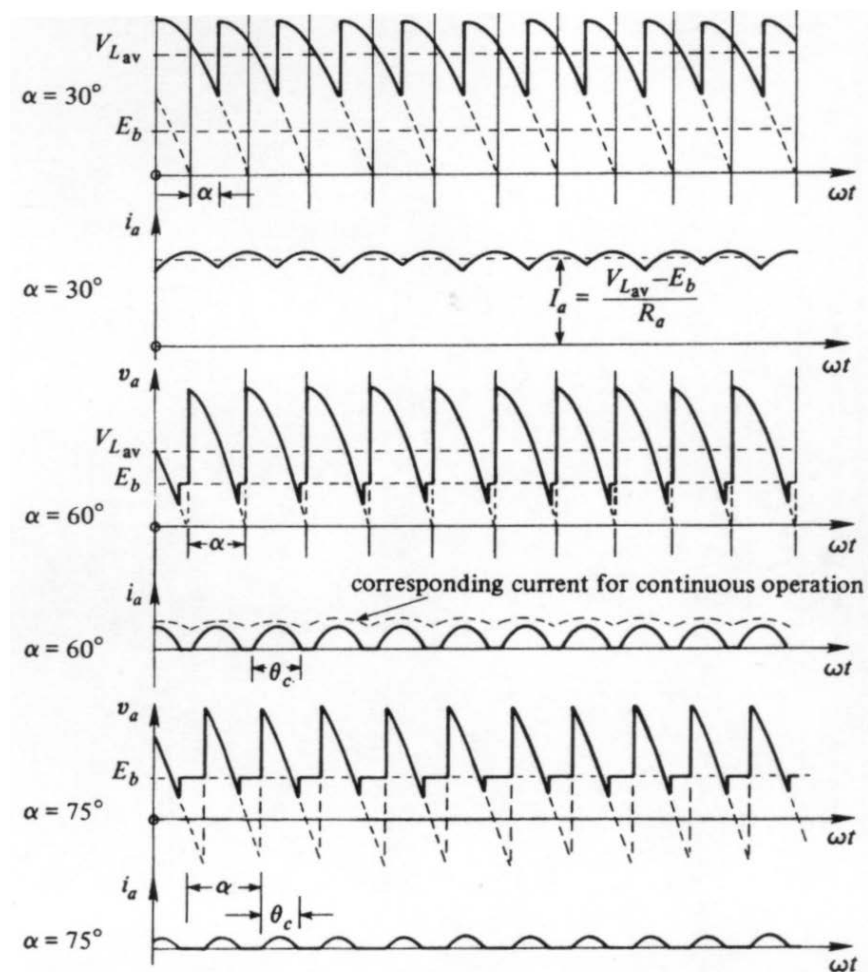


# Ανάλυση της λειτουργίας

## Ελεγχόμενος τριφασικός μετατροπέας γέφυρας ΕΡ/ΣΡ



Διακοπτόμενη αγωγή

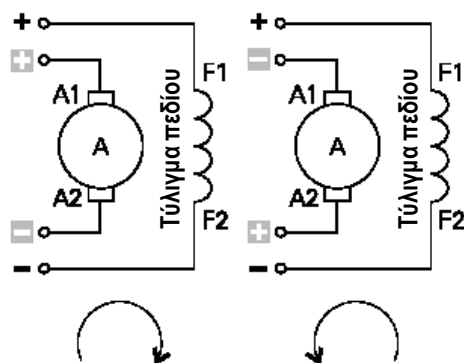






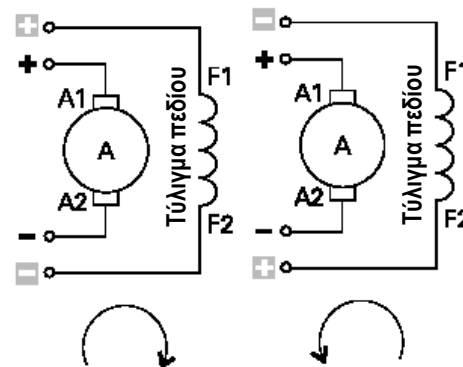
# Αντιστροφή φοράς περιστροφής

Αντιστροφή πολικότητας  
τάσης τυμπάνου

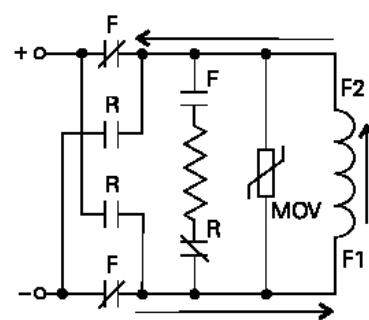


ή

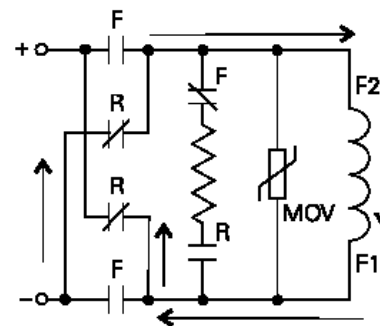
Αντιστροφή πολικότητας  
τάσης πεδίου



Υλοποίηση αντιστροφής  
πολικότητας της τάσης  
του τυλίγματος διέγερσης



Κανονική φορά περιστροφής



Αντίθετη φορά περιστροφής

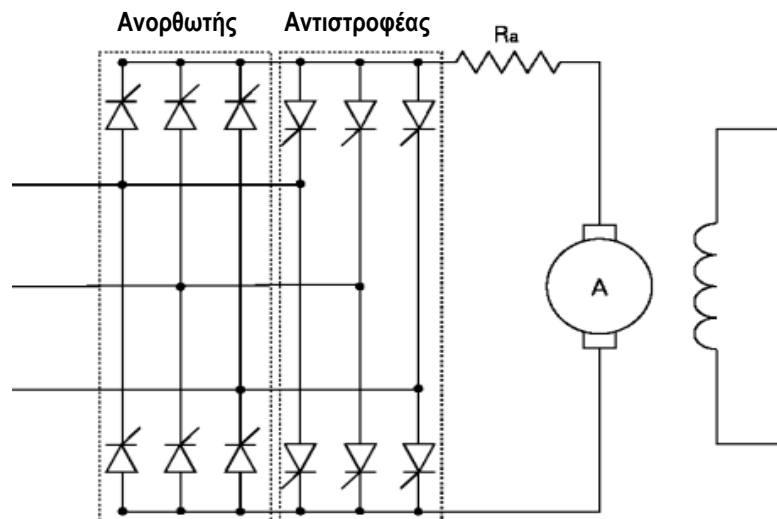




# Πέδηση συστημάτων κίνησης ΣΡ

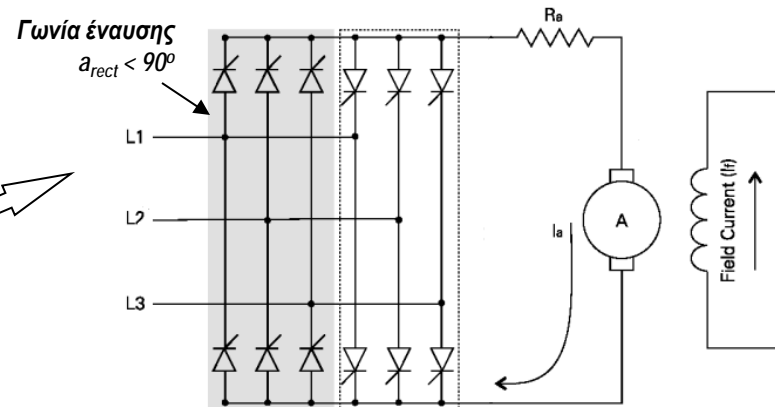
## Αναγεννητική πέδηση

### Μετατροπέας διπλής γέφυρας

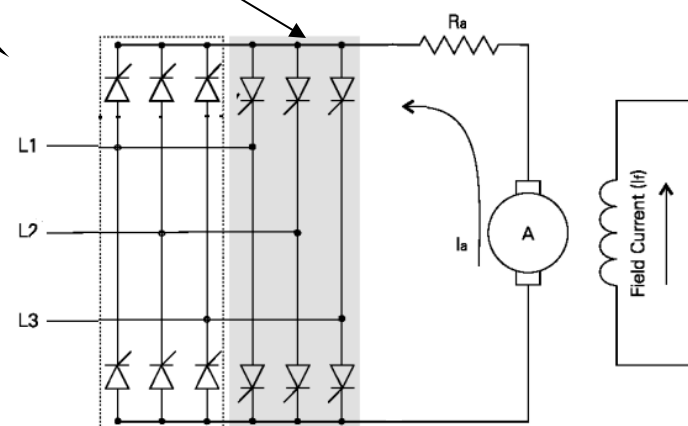


Λειτουργία  
κινητήρα

Λειτουργία  
γεννήτριας



Γωνία έναυσης  
 $a_{inv} > 90^\circ$



Σύγκριση δυναμικής και  
αναγεννητικής πέδησης

