

**ΔΗΜΟΚΡΙΤΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΡΑΚΗΣ  
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ  
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ**

**«ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΑ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΑ &  
ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΙ»**

**6<sup>η</sup> ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ**

**ΔΙΔΑΣΚΩΝ  
ΚΑΡΑΚΑΤΣΑΝΗΣ Σ. ΘΕΟΚΛΗΤΟΣ  
ΕΠΙΚΟΥΡΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ Δ.Π.Θ.**

## **ΣΤΑΤΙΚΗ ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ**

Είναι η πιο γρήγορα αναπτυσσόμενη περιοχή των ηλεκτρονικών ισχύος, δηλαδή η μετατροπή εναλλασσόμενης ισχύος μιας συχνότητας σε εναλλασσόμενη ισχύ διαφορετικής συχνότητας με την βοήθεια των ηλεκτρονικών διακοπών.

- 1. Ανορθωτές – Αντιστροφείς ( rectifiers – inverters )**
- 2. Κυκλομετατροπείς ( cycloconverters )**

### **ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΕΙΣ (inverters)**

Μετατρέπουν την συνεχή ισχύ σε εναλλασσόμενη.

- a. Εξωτερικής μετάβασης.** Η ενέργεια που απαιτείται για την αποκοπή των SCR προσφέρεται από έναν εξωτερικό κινητήρα (μετάβαση από το φορτίο).
- b. Αυτομετάβασης.**
  - i. Πηγών ρεύματος CSI.**
  - ii. Πηγών τάσης VVI ή VSI.**
  - iii. Διαμόρφωσης εύρους παλμών PWM.**

### **ΚΥΚΛΟΜΕΤΑΤΡΟΠΕΙΣ ( cycloconverters )**

Ο κυκλομετατροπέας παράγει την επιθυμητή κυματομορφή εξόδου με την επιλογή εκείνου του συνδυασμού των τριών φάσεων εισόδου, που σε κάθε συγκεκριμένη χρονική στιγμή προσεγγίζει καλύτερα την επιθυμητή τάση εξόδου.

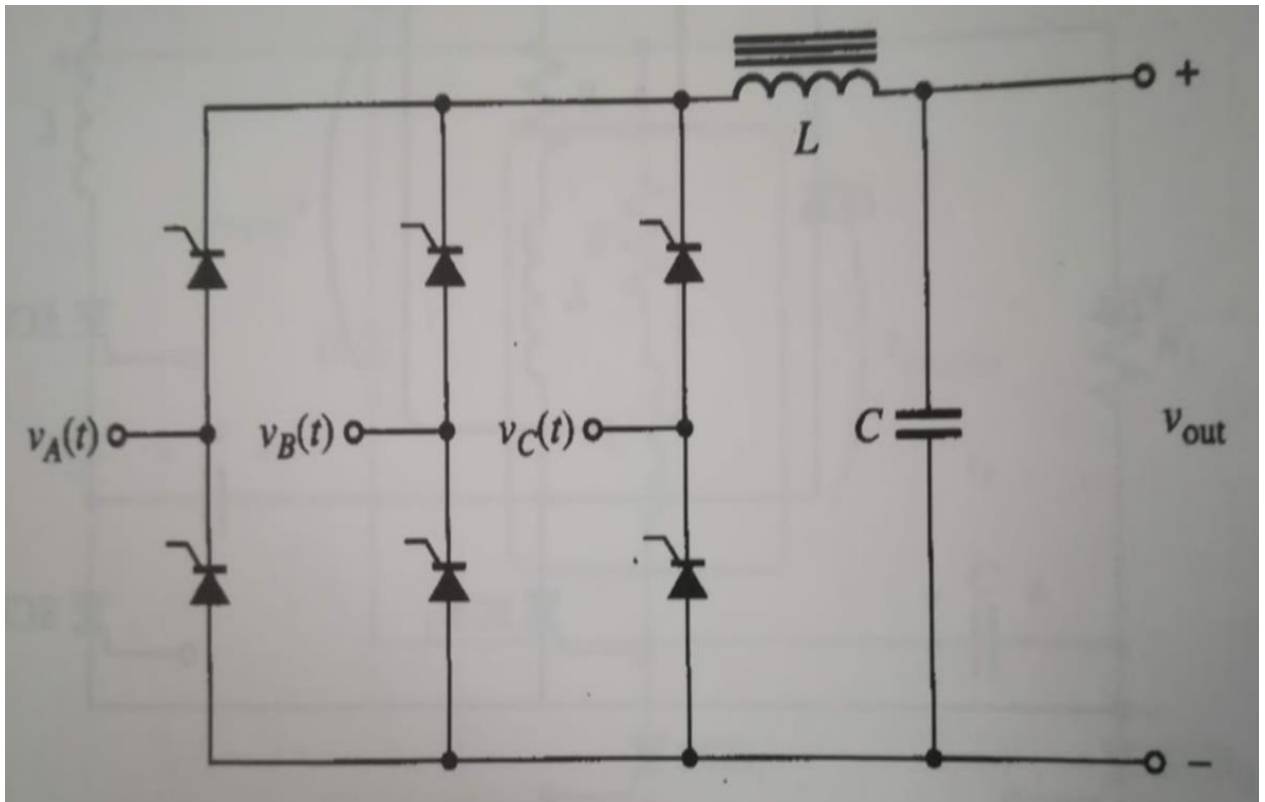
#### **a. Σταθερής συχνότητας**

#### **b. Μεταβλητής συχνότητας**

- 1. ΚΥΚΛΟΜΕΤΑΤΡΟΠΕΙΣ ΧΩΡΙΣ ΠΑΡΑΣΙΤΙΚΟ ΡΕΥΜΑ**
- 2. ΚΥΚΛΟΜΕΤΑΤΡΟΠΕΙΣ ΠΑΡΑΣΙΤΙΚΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ**

## ΣΤΑΤΙΚΗ ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ

### 1. Ανορθωτές – Αντιστροφείς ( rectifiers – inverters )



**Τριφασικό κύκλωμα ανόρθωσης με SCR αντί για διόδους για τον έλεγχο του επιπέδου της συνεχούς τάσης εξόδου.**

Οι δίοδοι ενός απλού τριφασικού ανορθωτή έχουν αντικατασταθεί από SCR. Η μέση τιμή της συνεχούς τάσης εξόδου του κυκλώματος αυτού εξαρτάται από τον χρόνο στον οποίο σκανδαλίζονται τα SCR κατά την διάρκεια των θετικών ημιπεριοδών τους. Αν σκανδαλίζονται στην αρχή της θετικής ημιπεριόδου, το κύκλωμα θα είναι το ίδιο με αυτό του τριφασικού ανορθωτή πλήρους ανόρθωσης που χρησιμοποιεί διόδους. Αν τα SCR δεν σκανδαλίζονται ποτέ, τότε η τάση εξόδου θα είναι 0V. Για οποιαδήποτε άλλη τιμή της γωνίας έναυσης μεταξύ  $0^\circ$  και  $180^\circ$ , η συνεχής τάση εξόδου θα βρίσκεται κάπου μεταξύ της μέγιστης τιμής και των 0V. Στο κύκλωμα αυτό η τάση περιέχει περισσότερες αρμονικές από την τάση του απλού ανορθωτή και είναι απαραίτητη η παρεμβολή ενός φίλτρου στην έξοδο του ανορθωτή, που έχει σκοπό να εξομαλύνει την συνεχή τάση εξόδου.

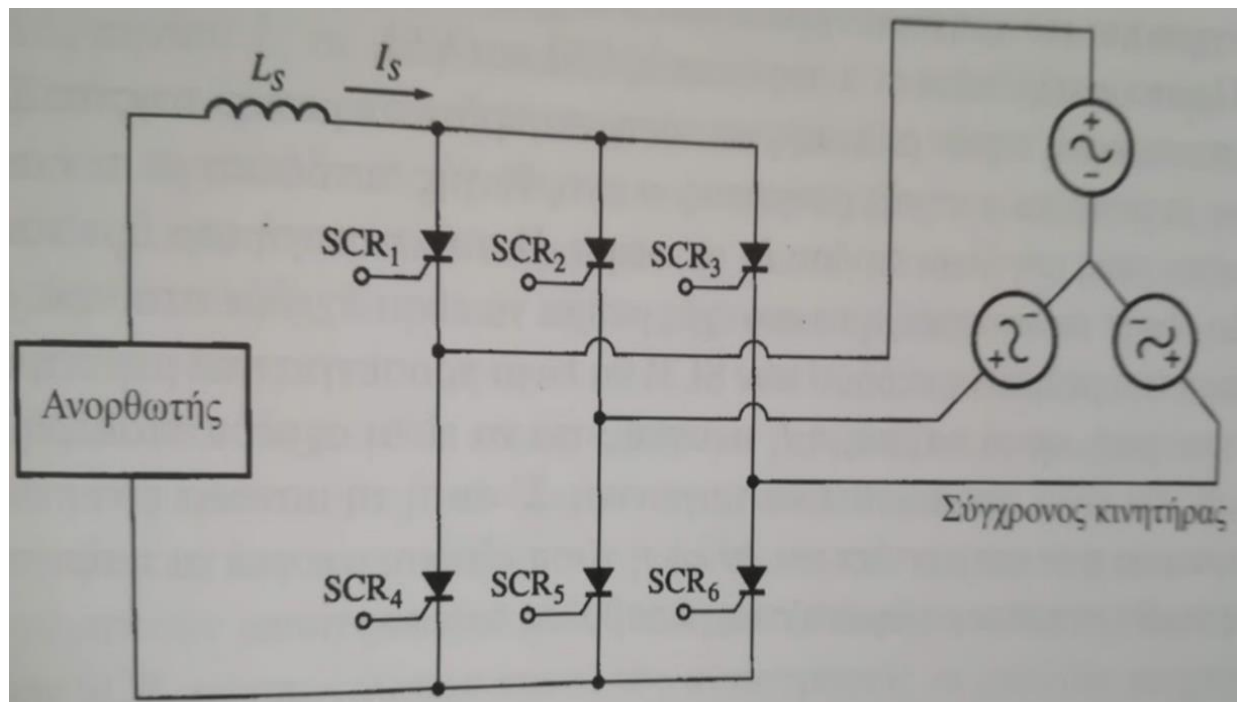
## ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΕΙΣ (inverters)

Μετατρέπουν την συνεχή ισχύ σε εναλλασσόμενη.

**a. Εξωτερικής μετάβασης.** Η ενέργεια που απαιτείται για την αποκοπή των SCR προσφέρεται από έναν εξωτερικό κινητήρα (μετάβαση από το φορτίο).

**b. Αυτομετάβασης.**

- i. Πηγών ρεύματος CSI.
- ii. Πηγών τάσης VVI ή VSI.
- iii. Διαμόρφωσης εύρους παλμών PWM.

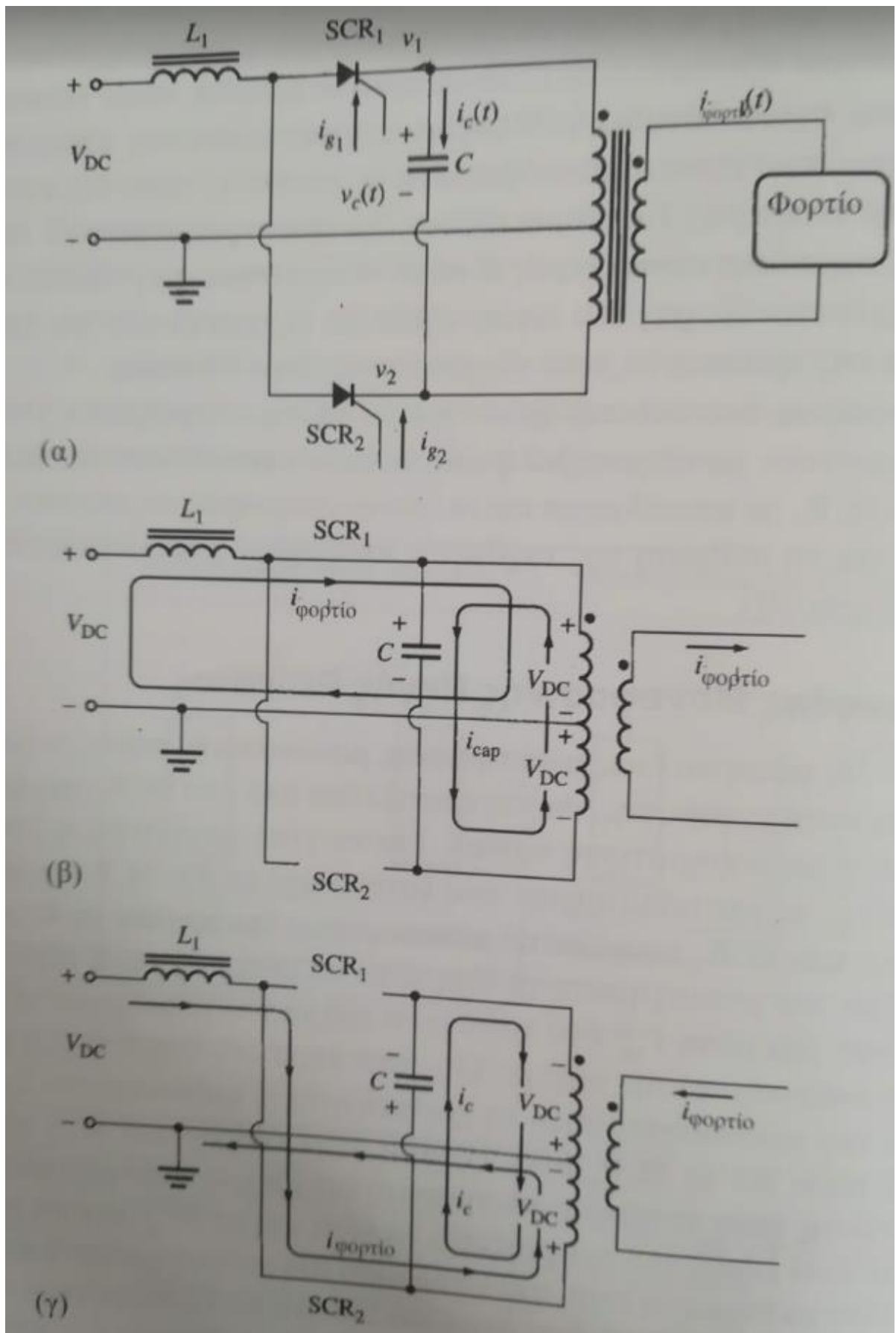


### **Αντιστροφέας ( Inverter ) με εξωτερική μετάβαση**

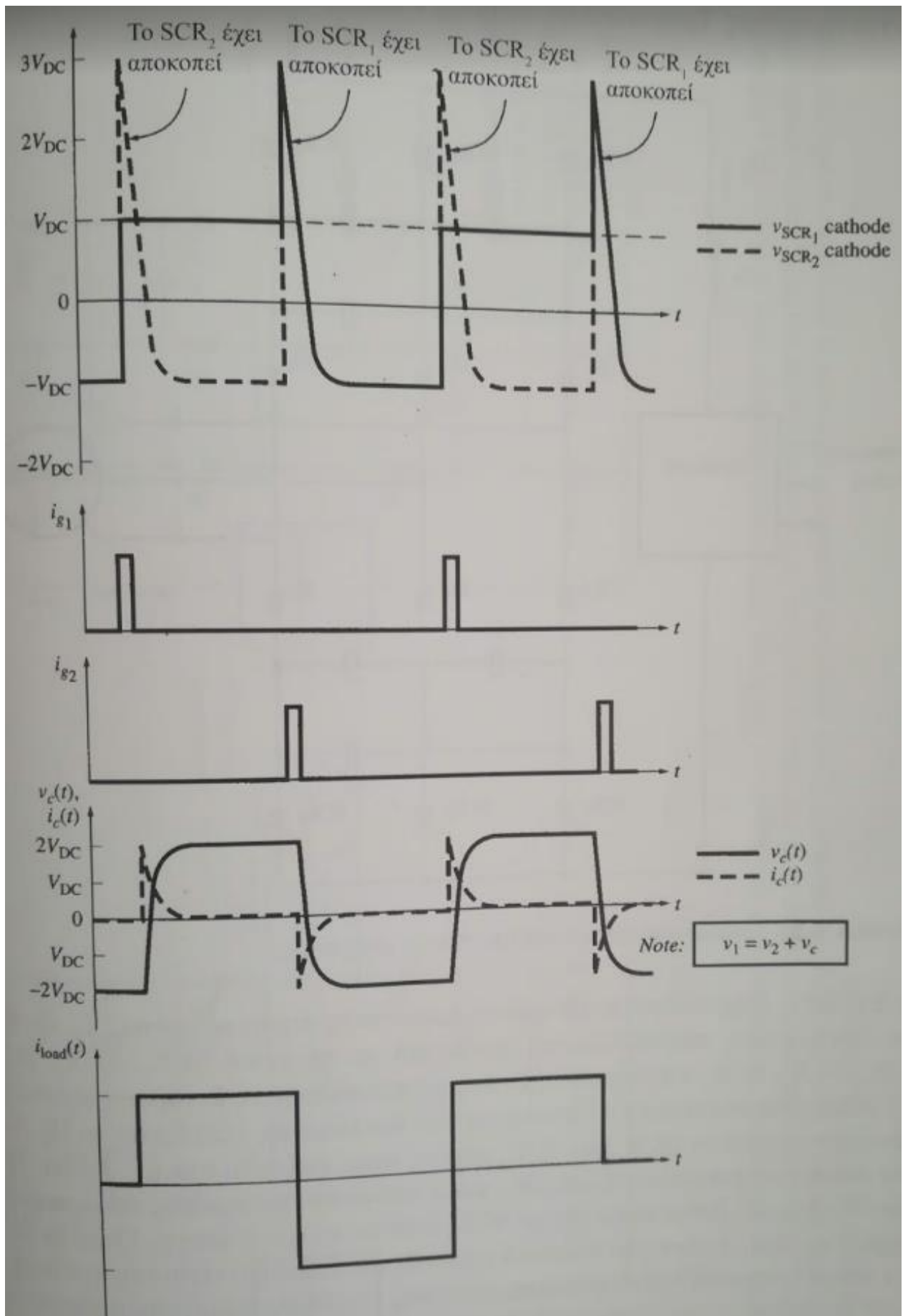
Η ενέργεια που απαιτείται για την αποκοπή των SCR προσφέρεται από έναν εξωτερικό κινητήρα ή από μια εξωτερική πηγή ισχύος.

Τα SCR αυτού του κυκλώματος σκανδαλίζονται με την ακόλουθη σειρά: SCR1, SCR6, SCR2, SCR4, SCR3, SCR5. Όταν το SCR1 δέχεται παλμό έναυσης, η τάση που αναπτύσσεται στο εσωτερικό του σύγχρονου κινητήρα αποτελεί την τάση, που είναι απαραίτητη, για την αποκοπή του SCR3.

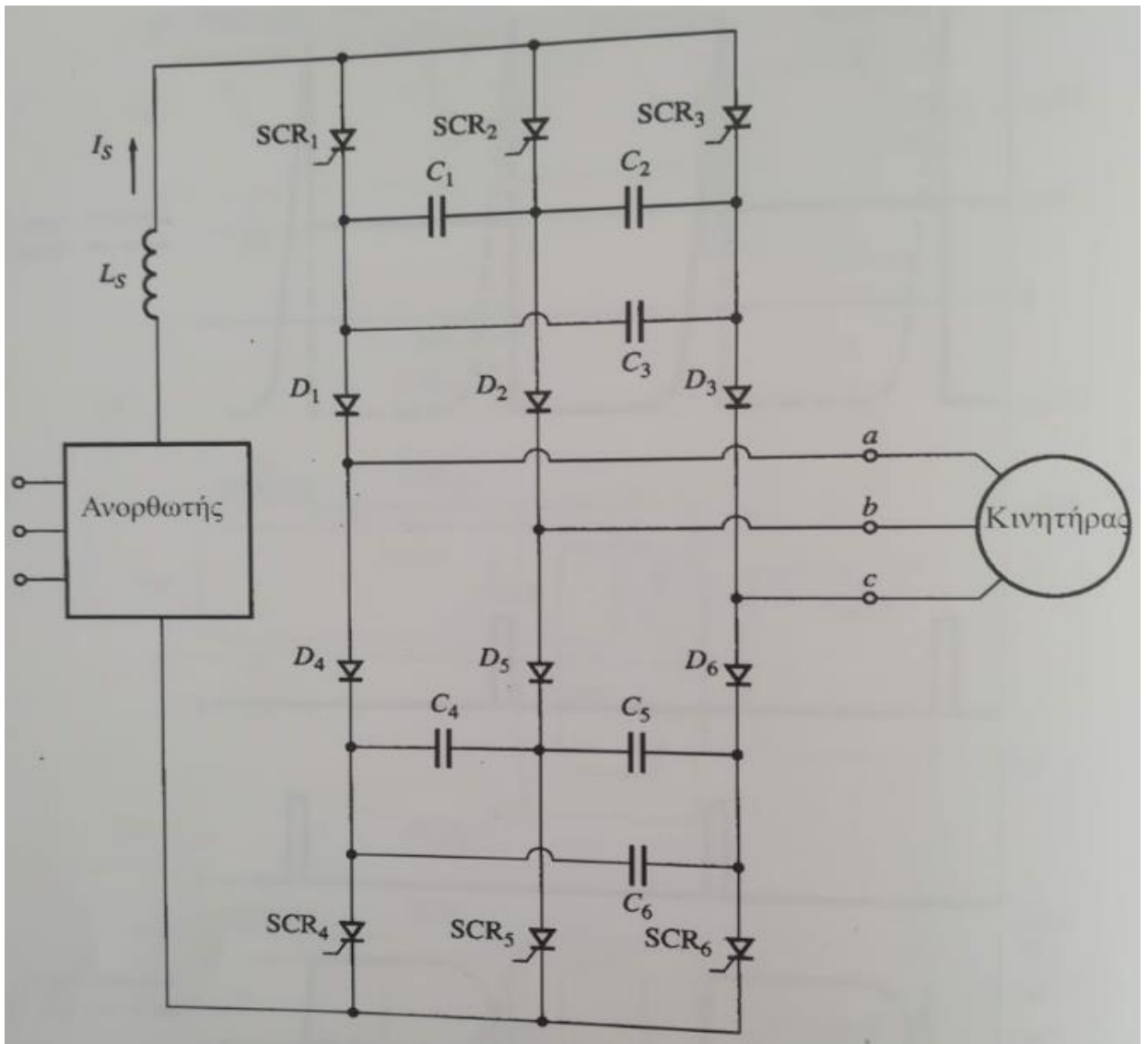
Αν το φορτίο δεν ήταν συνδεδεμένο στον αντιστροφέα, κανένα από τα SCR δεν θα αποκόπτονταν και μετά από μικρό κύκλο ανάμεσα στα SCR1 και SCR4 θα δημιουργούνταν βραχυκύκλωμα.



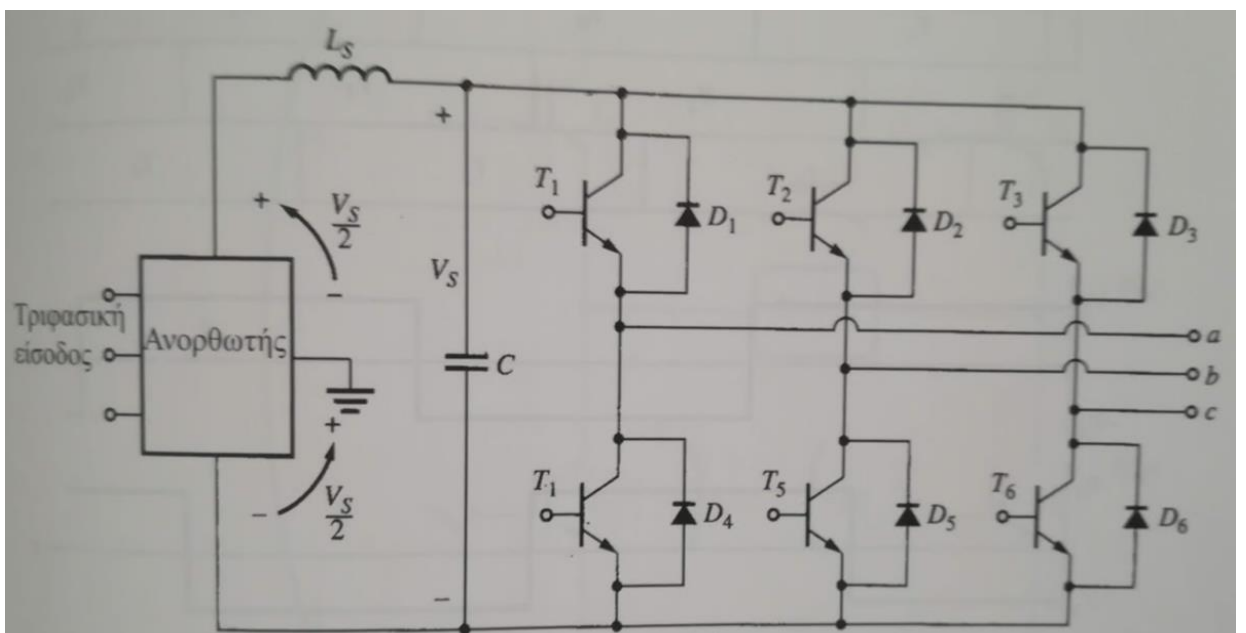
Απλό κύκλωμα μονοφασικού αντιστροφέα πηγής ρεύματος  
 Οι τάσεις και τα ρεύματα μετά την έναυση του SCR1  
 Οι τάσεις και τα ρεύματα μετά την έναυση του SCR2



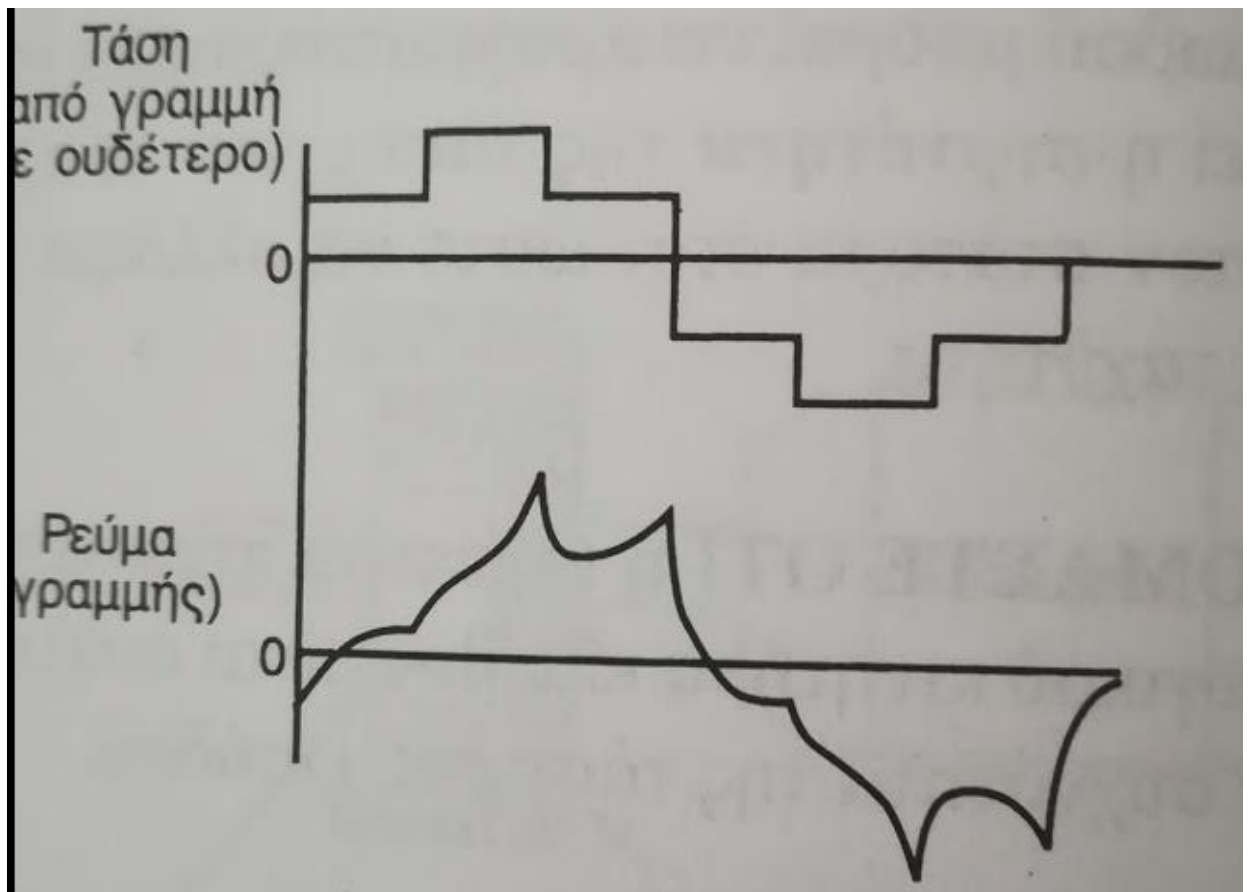
**Διάγραμμα τάσεων και ρευμάτων στο κύκλωμα του αντιστροφέα**  
**Το ρεύμα  $i_{load}(t)$  είναι αυτό με το οποίο τροφοδοτείται το φορτίο**



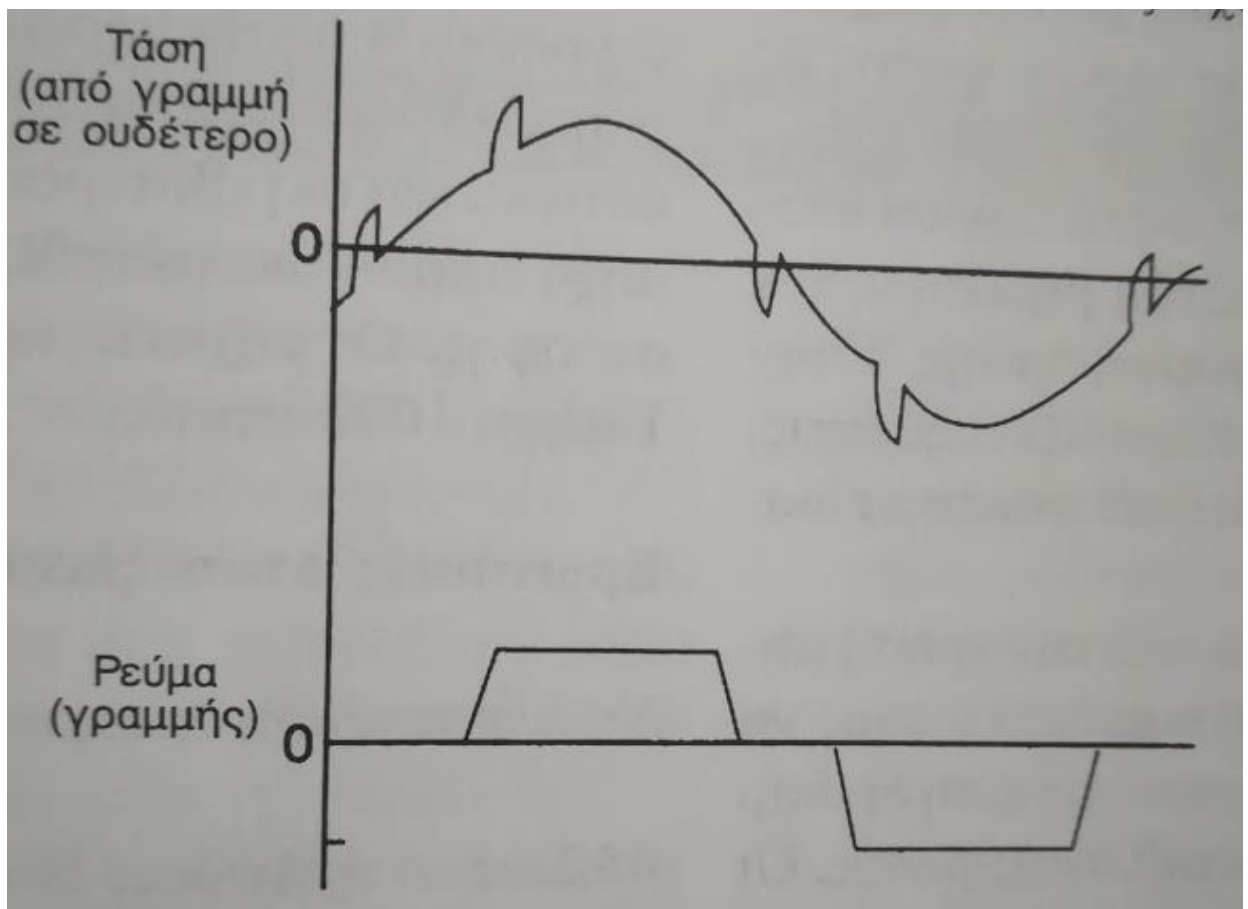
Τριφασικός αντιστροφέας πηγής ρεύματος



Τριφασικός αντιστροφέας πηγής τάσης με transistor ισχύος



**Κυματομορφές εξόδου σε αντιστροφή πηγής τάσης VVI**



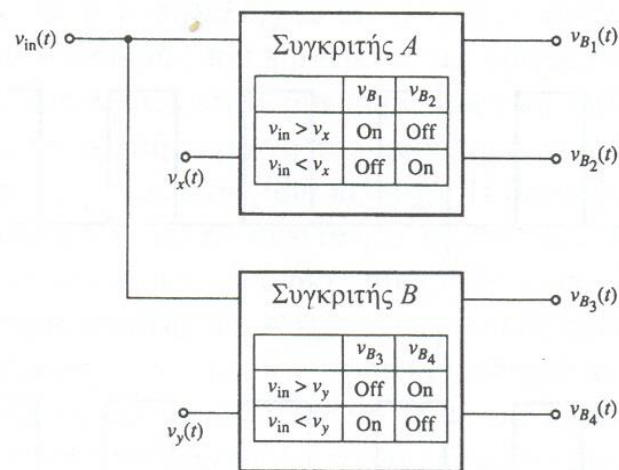
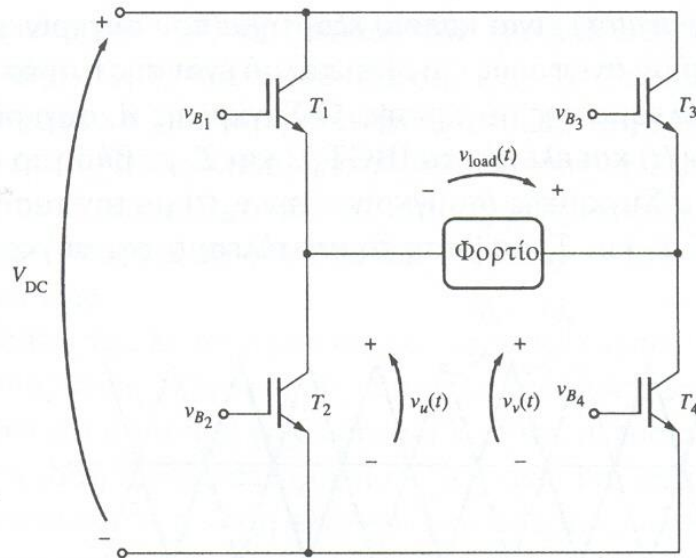
**Κυματομορφές εξόδου σε αντιστροφή πηγής ρεύματος CSI**



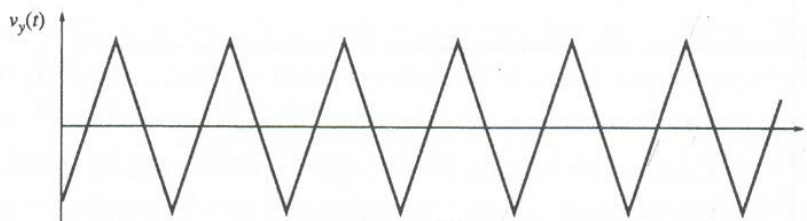
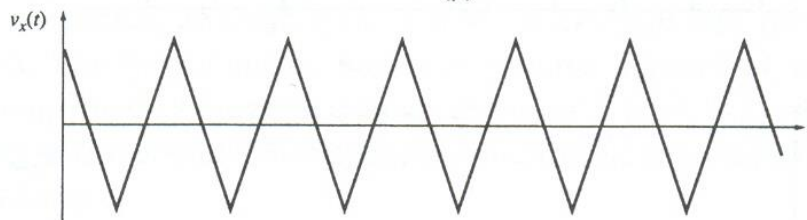
	Αντιστροφέας πηγής ρεύματος	Αντιστροφέας πηγής τάσης
Δομή του κυρίως κυκλώματος	<p>Ανορθωτής      Αντιστροφέας</p>	<p>Ανορθωτής      Αντιστροφέας</p>
Είδος της πηγής	Πηγή ρεύματος - $I_s$ σχεδόν σταθερό	Πηγή τάσης - $V_s$ σχεδόν σταθερή
Σύνθετη αντίσταση εξόδου	Μεγάλη	Μικρή
Κυματομορφή εξόδου	<p>Τάση γραμμής </p> <p>Ρεύμα  (120° αγωγιμότητα)</p>	<p>Τάση γραμμής  (180° αγωγιμότητα)</p> <p>Ρεύμα </p>
Χαρακτηριστικά	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ευκολία στον έλεγχο των υπερρευματών μ' αυτή τη σχεδίαση</li> <li>2. Η τάση εξόδου μεταβάλλεται σημαντικά με τις αλλαγές του φορτίου</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Δύσκολος ο περιορισμός των ρευμάτων</li> <li>2. Οι μεταβολές της τάσης εξόδου είναι μικρές</li> </ol>

**Σύγκριση των αντιστροφέων πηγής ρεύματος CSI με τους αντιστροφείς πηγής τάσης VSI.**

# ΜΟΝΟΦΑΣΙΚΟ ΚΥΚΛΩΜΑ PWM ΜΕ IGBT.



(β)



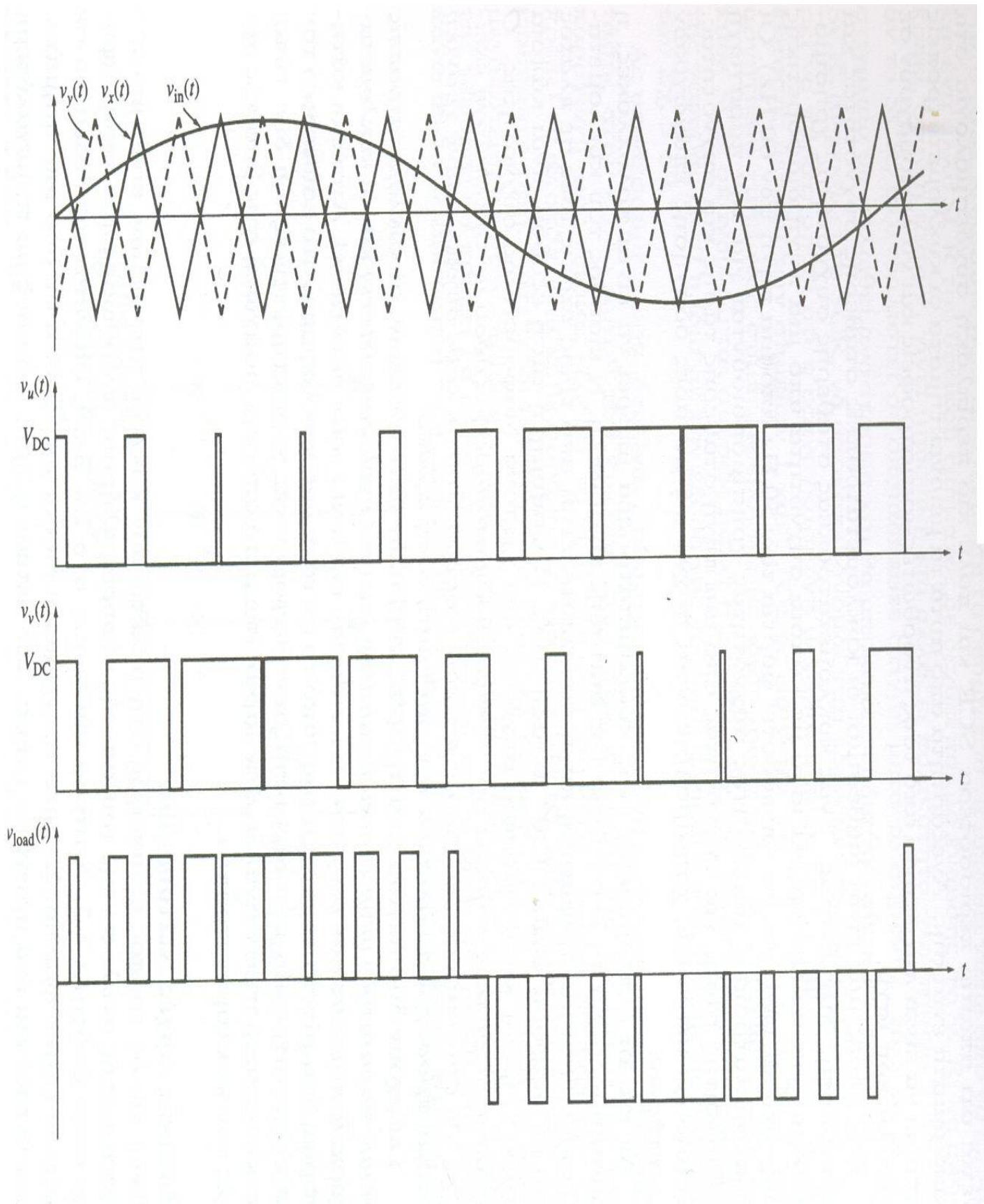
(γ)

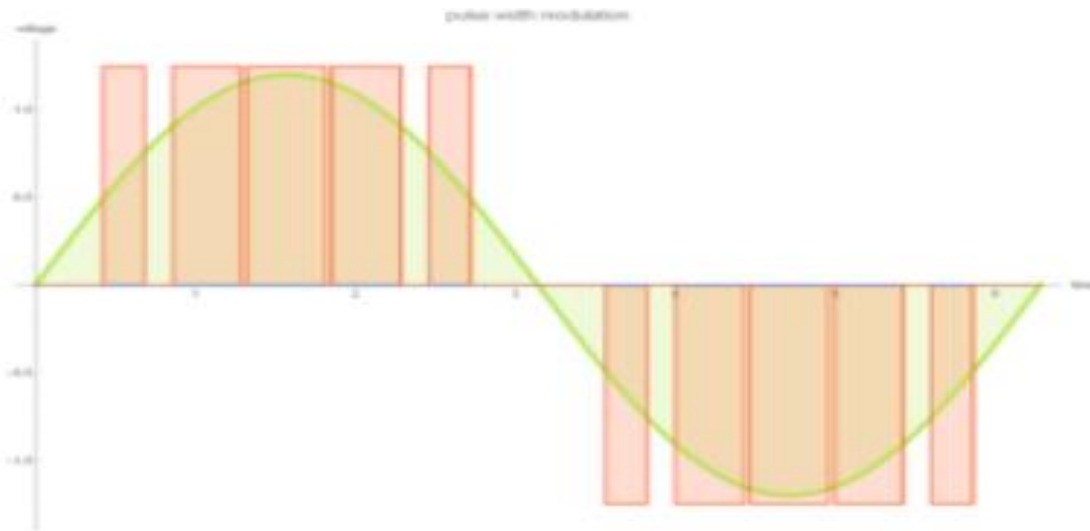
## ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΤΗΣ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗΣ ΕΥΡΟΥΣ ΠΑΛΜΟΥ.

β) Συγκριτές για τον έλεγχο των χρόνων αγωγιμότητας και αποκοπής των IGBT.

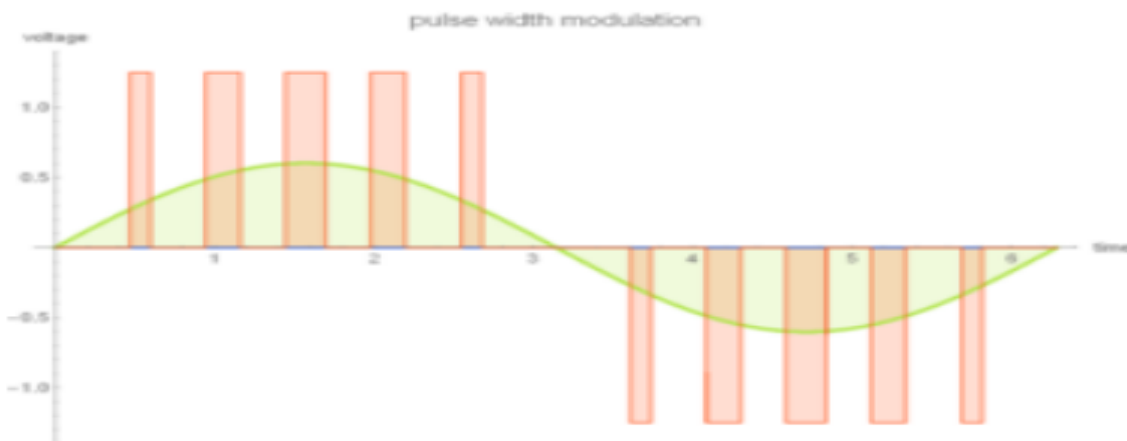
γ) Οι τάσεις αναφοράς στους συγκριτές.

**Η ΕΞΟΔΟΣ ΤΟΥ ΚΥΚΛΩΜΑΤΟΣ PWM, ΣΤΗΝ ΕΙΣΟΔΟ ΤΟΥ ΟΠΟΙΟΥ ΕΦΑΡΜΟΖΕΤΑΙ ΜΙΑ ΗΜΙΤΟΝΟΕΙΔΗΣ ΤΑΣΗ ΕΛΕΓΧΟΥ.**

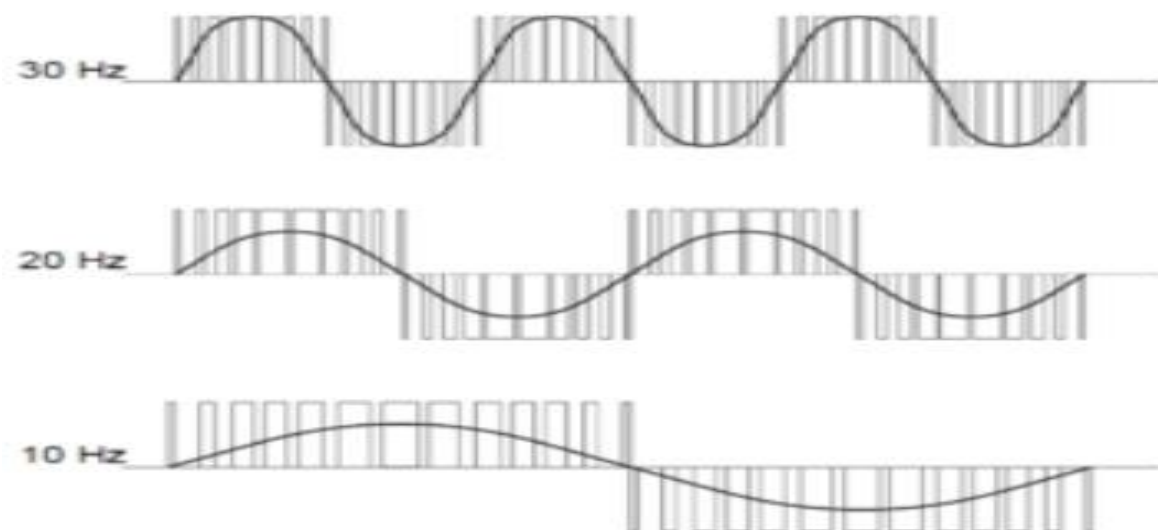




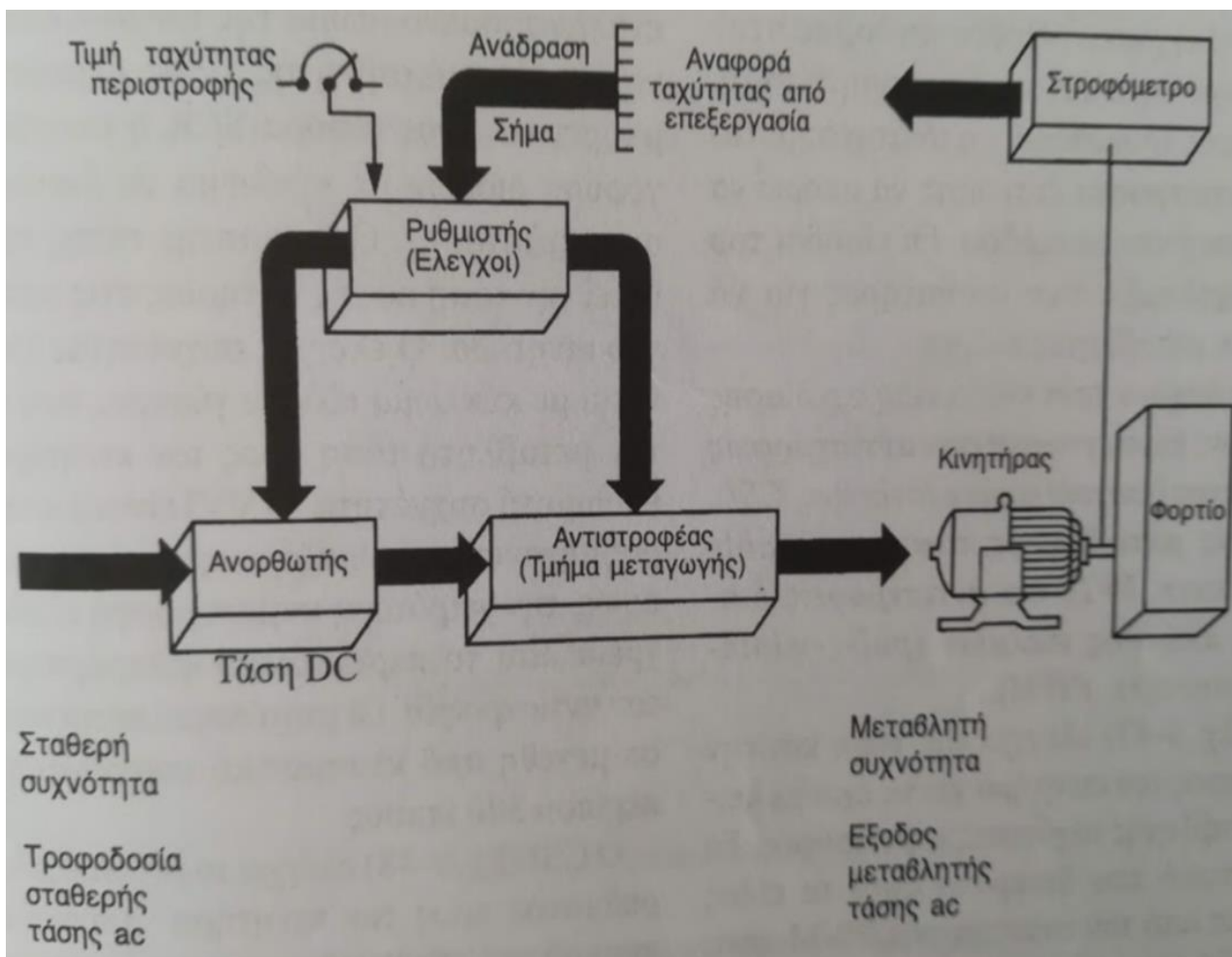
Ένας μεγαλύτερος χρόνος αγωγής «ON» του παλμού οδηγεί σε υψηλότερη ενεργό τιμή (RMS) της τάσης στις φάσεις.



Ένας βραχύτερος χρόνος αγωγής «ON» των παλμών οδηγεί σε χαμηλότερη ενεργό τιμή (RMS) της τάσης τροφοδοσίας.

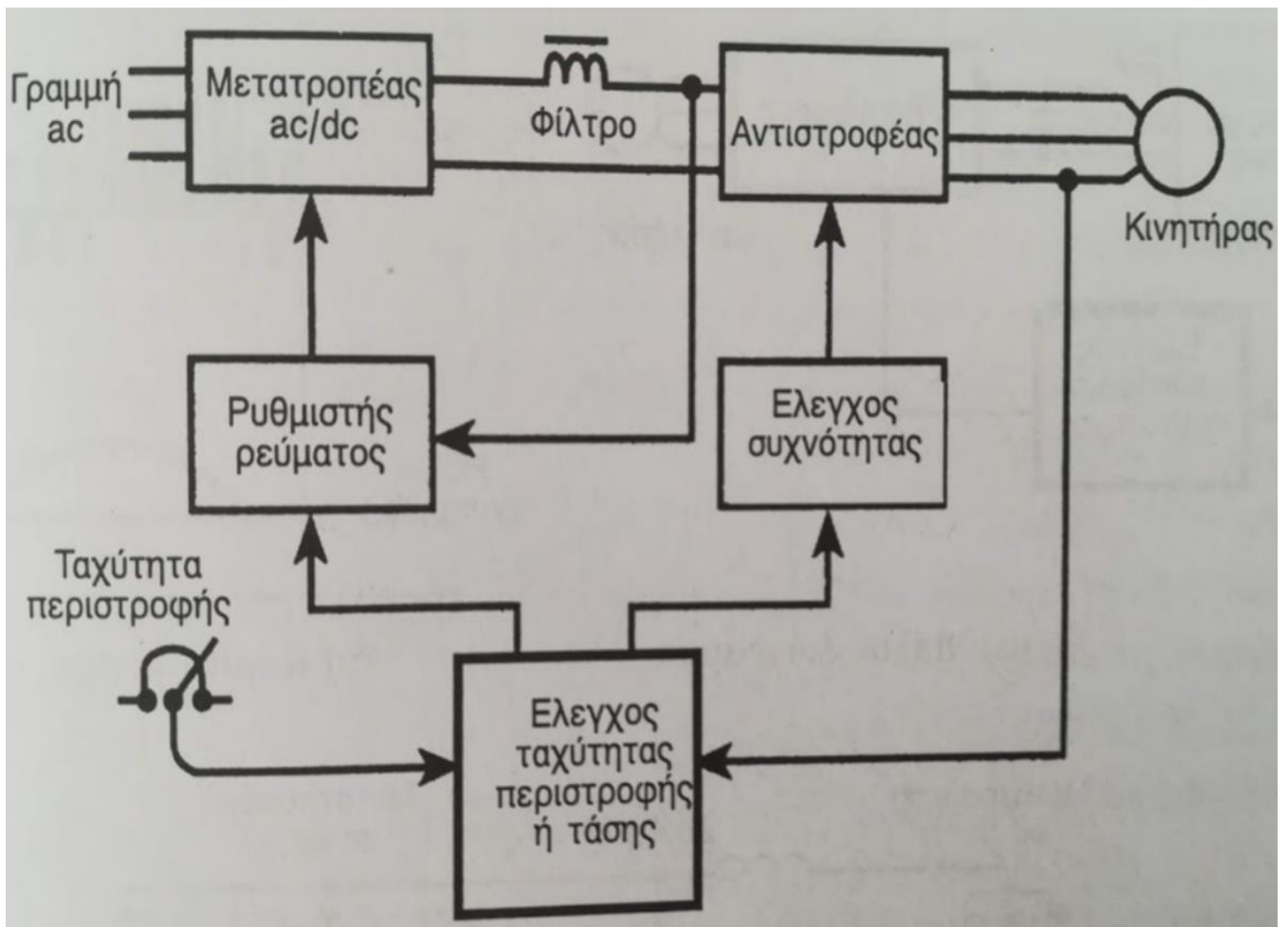


Η συχνότητα αλλάζει μεταβάλλοντας την πολικότητα των παλμών και την ταχύτητα μεταγωγής επηρεάζοντας την περίοδο. Οι συνήθεις συχνότητες μεταγωγής είναι 4kHz, 8kHz ή 16kHz.

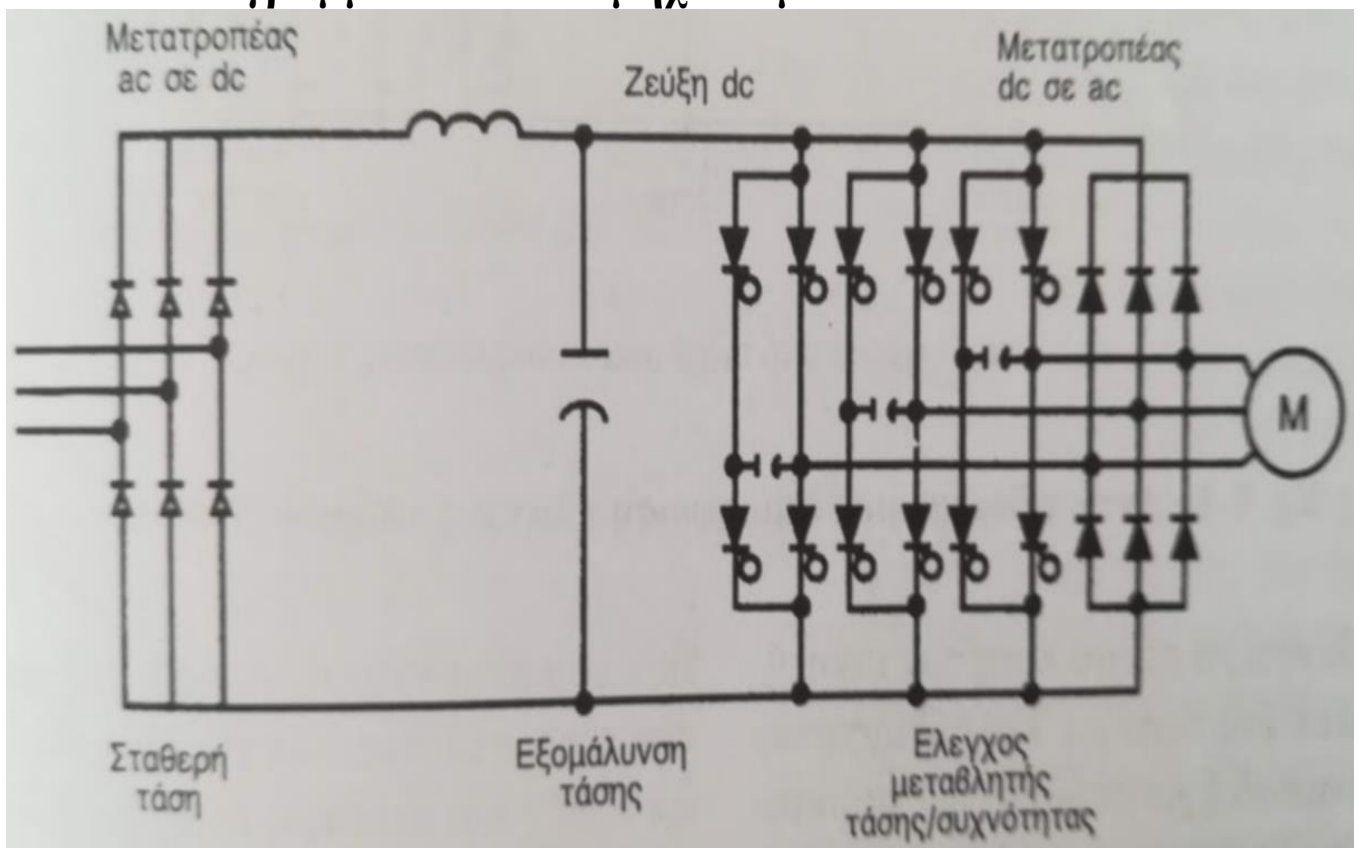


**Μηχανισμός ac σταθεροποίησης ταχύτητας, μεταβλητής συχνότητας.**

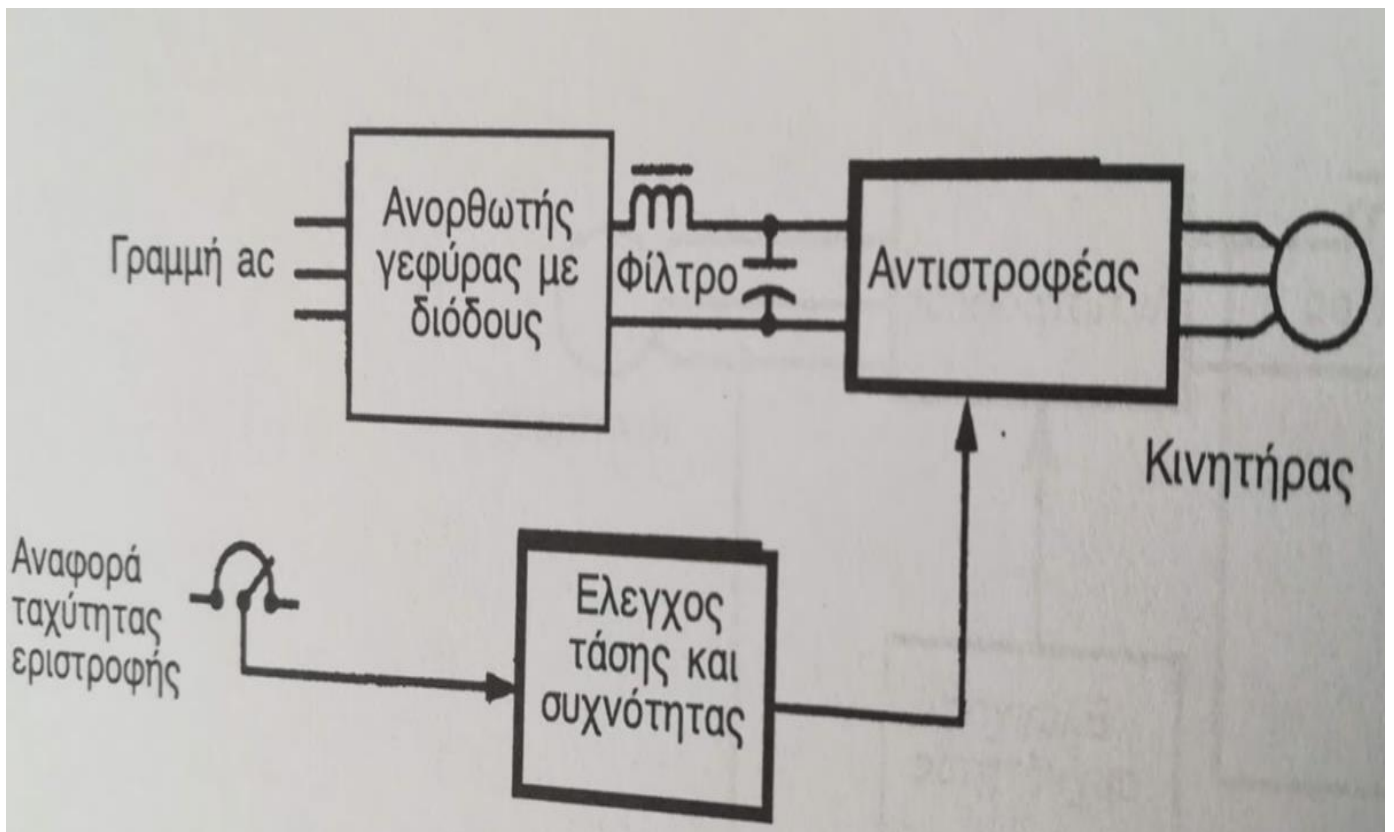




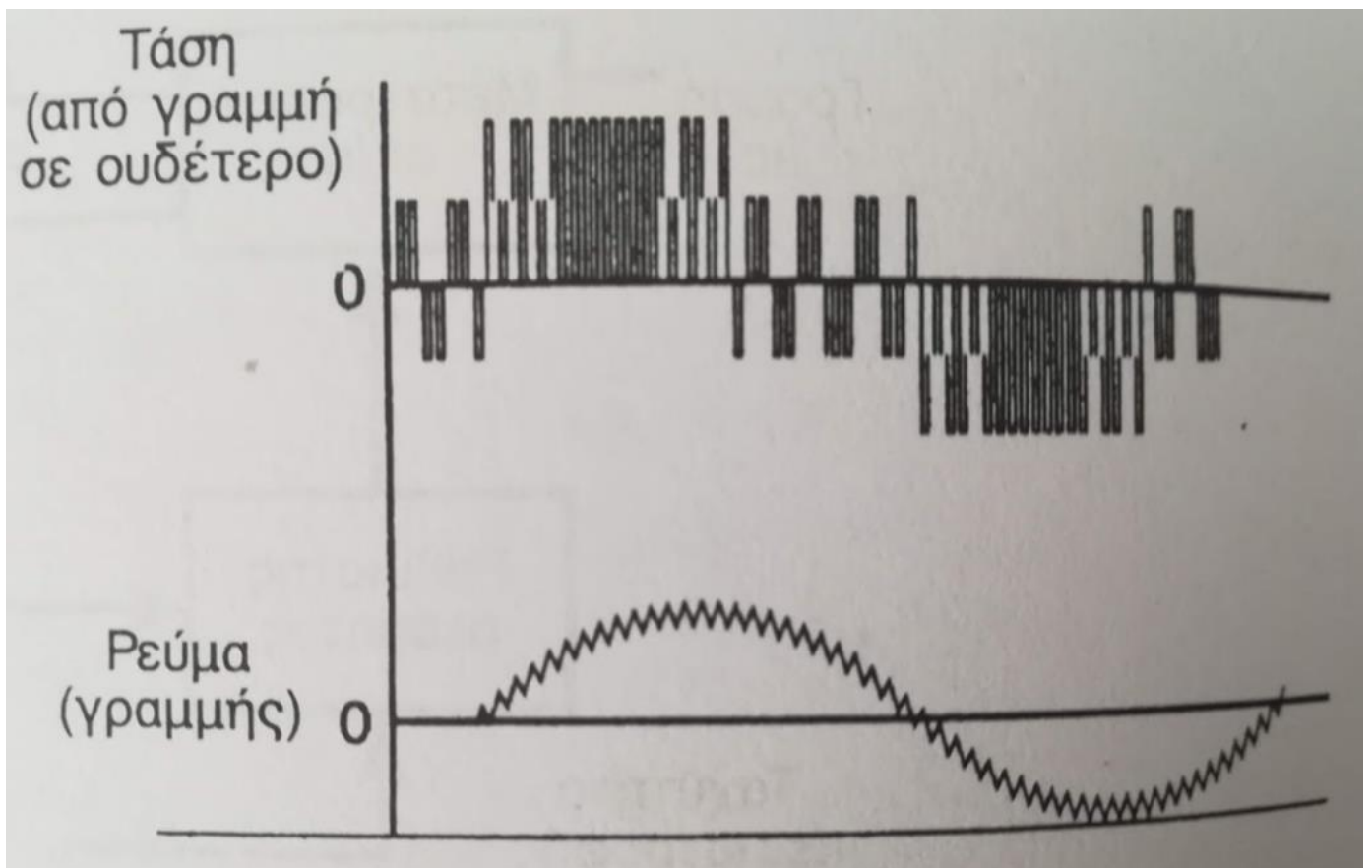
**Μπλοκ διάγραμμα τυπικού μηχανισμού CSI**



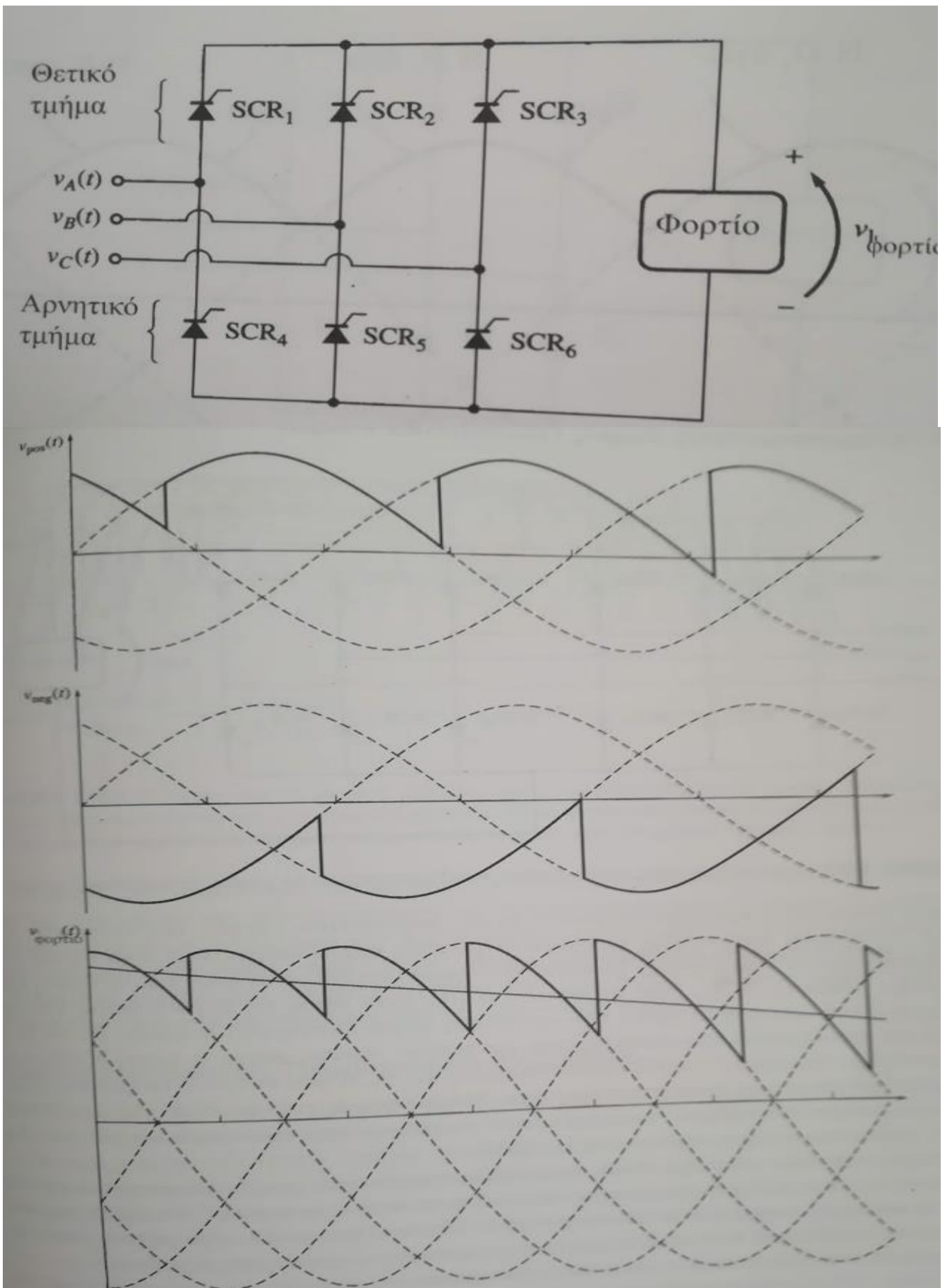
**Τυπικό σχηματικό διάγραμμα του κυκλώματος ισχύος**



**Μπλοκ διάγραμμα αντιστροφέα με διαμόρφωση πλάτους παλμών (PWM)**



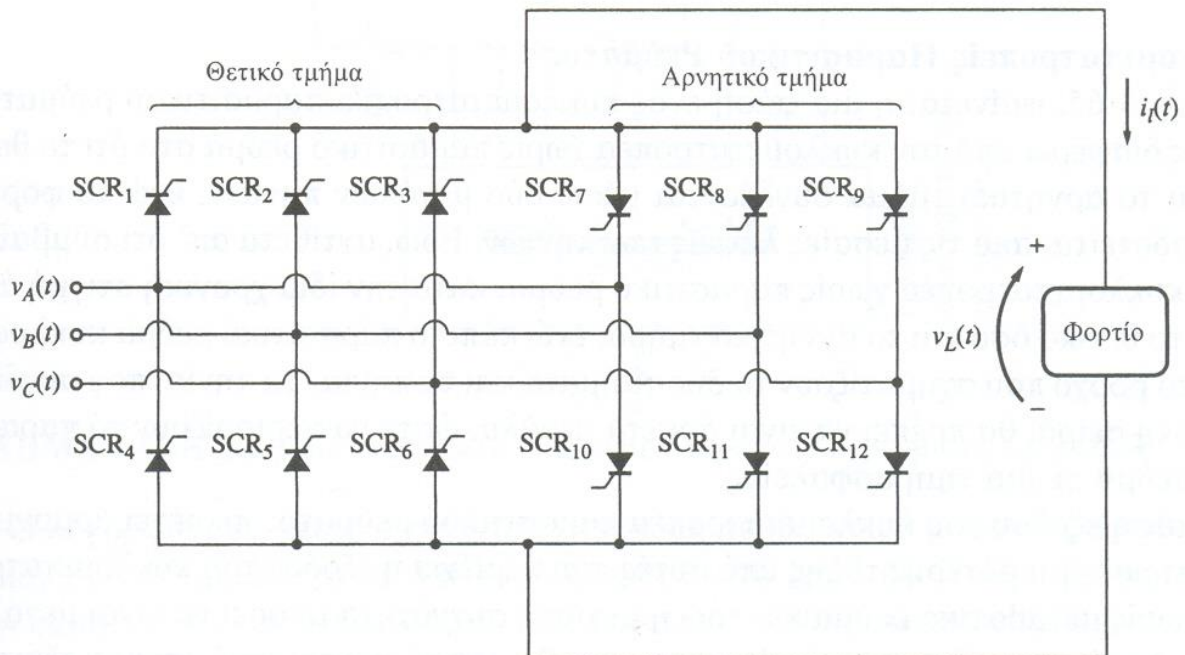
**Κυματομορφές εξόδου PWM**



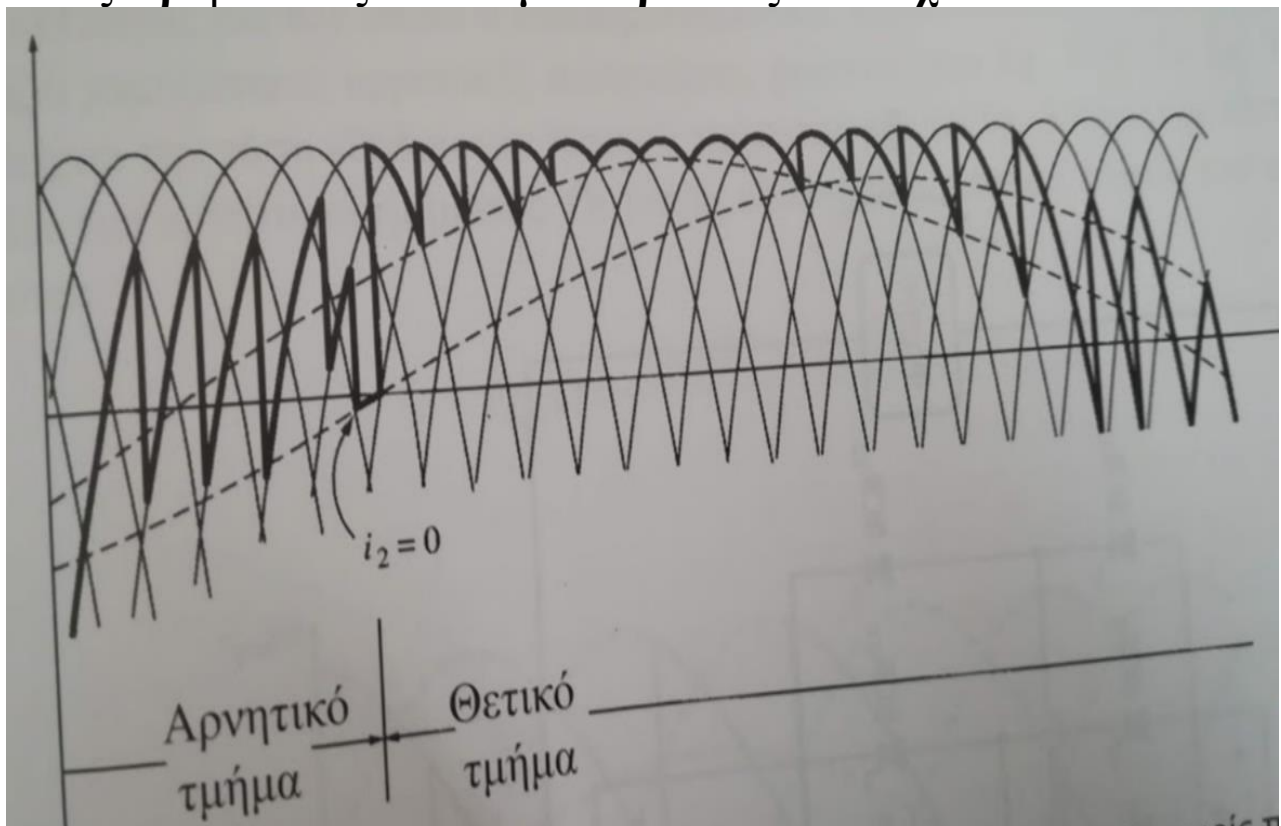
**Τριφασική γέφυρα πλήρους ανόρθωσης με SCR και προσέγγιση μιας γραμμικά φθίνουσας τάσης**



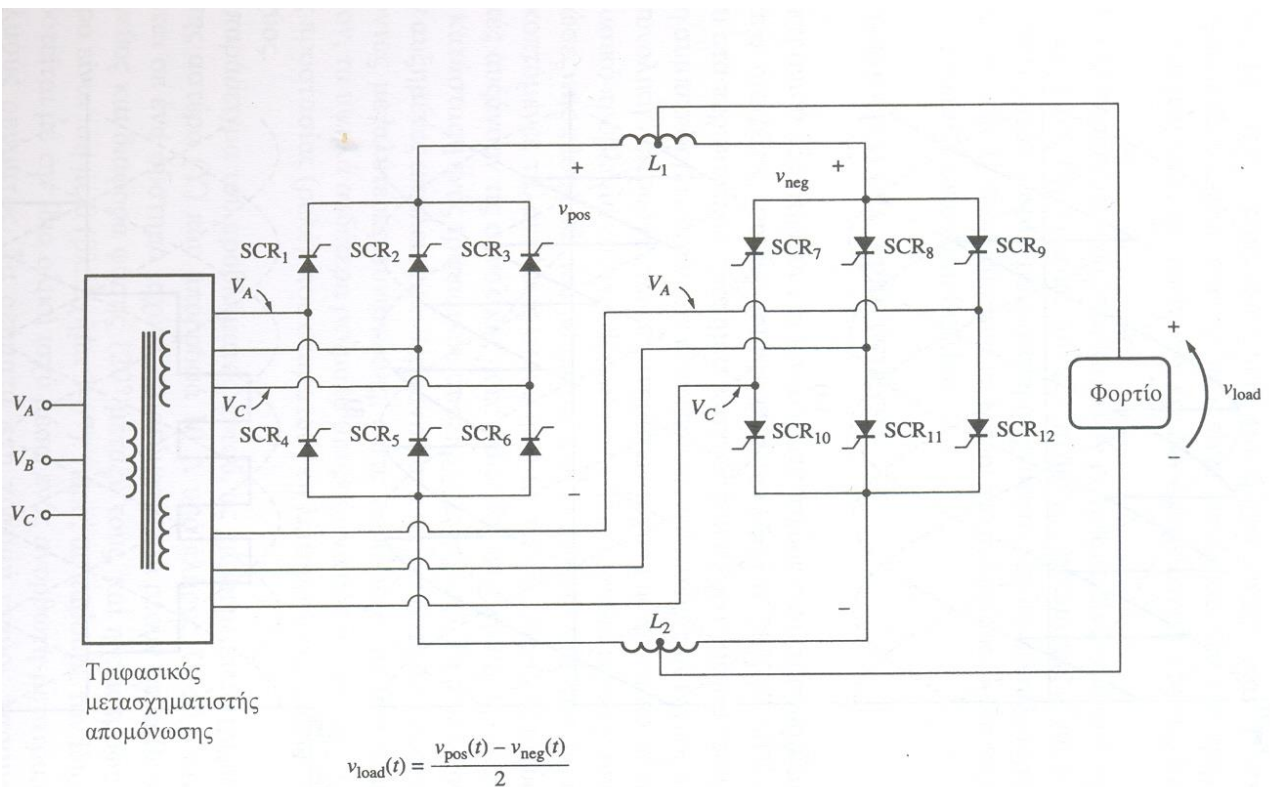
## Η ΜΙΑ ΦΑΣΗ ΕΝΟΣ ΚΥΚΛΩΜΑΤΟΣ ΚΥΚΛΟΜΕΤΑΤΡΟΠΕΑ ΧΩΡΙΣ ΠΑΡΑΣΙΤΙΚΟ ΡΕΥΜΑ



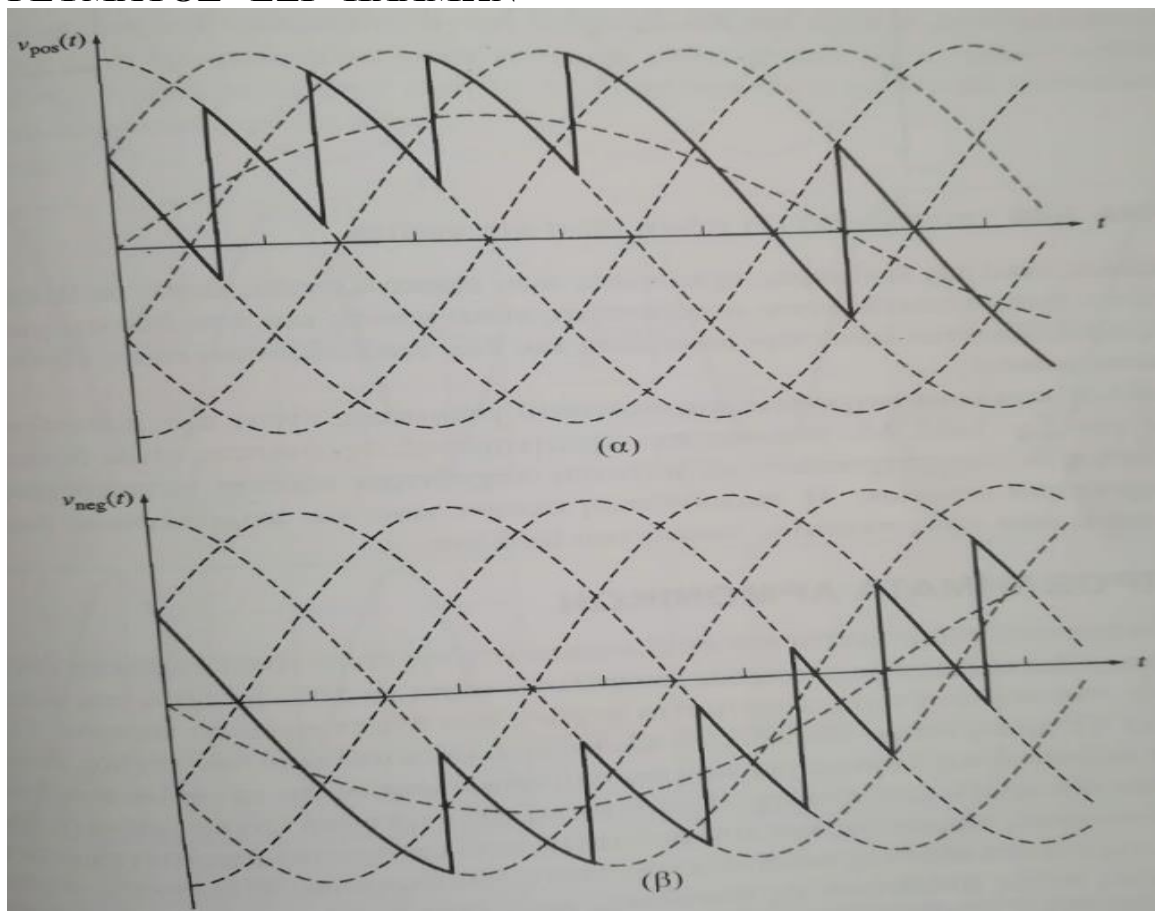
Ένας τριφασικός κυκλομετατροπέας θα είχε 36 SCR



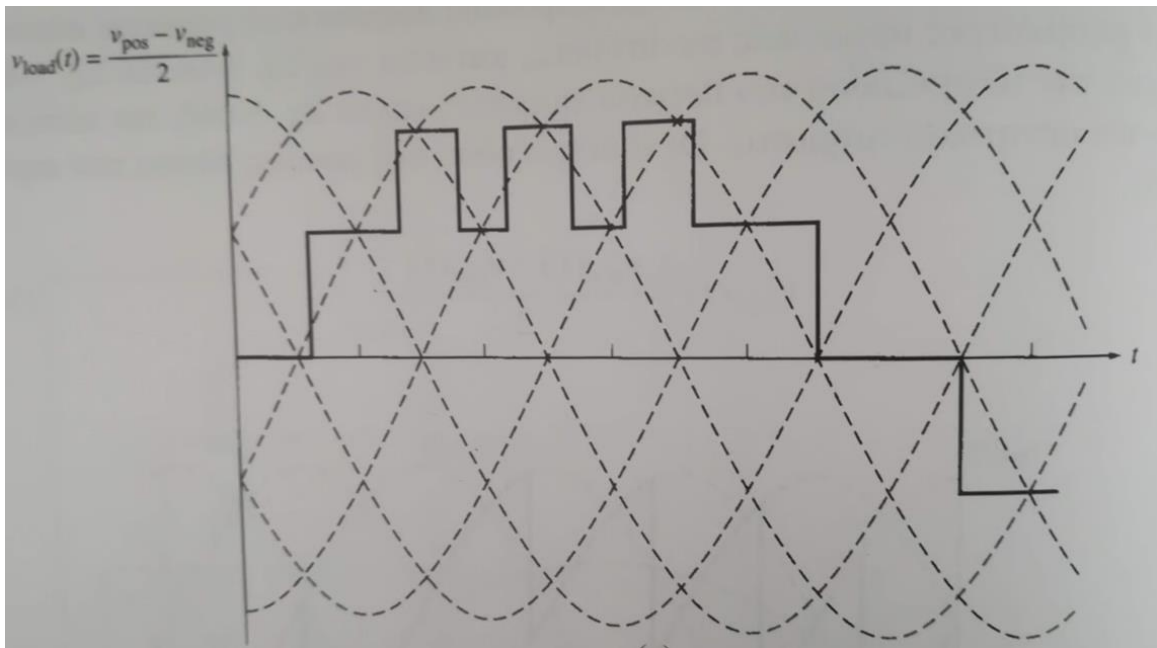
Η τάση και το ρεύμα εξόδου ενός κυκλομετατροπέα χωρίς παρασιτικό ρεύμα που συνδέεται σε επαγωγικό φορτίο. Φαίνεται επίσης και η αλλαγή κατάστασης από το θετικό στο αρνητικό τμήμα, τη χρονική στιγμή που το ρεύμα αλλάζει φορά.



## Η ΜΙΑ ΦΑΣΗ ΕΝΟΣ ΚΥΚΛΟΜΕΤΑΤΡΟΠΕΑ ΠΑΡΑΣΙΤΙΚΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΕΞΙ ΠΑΛΜΩΝ

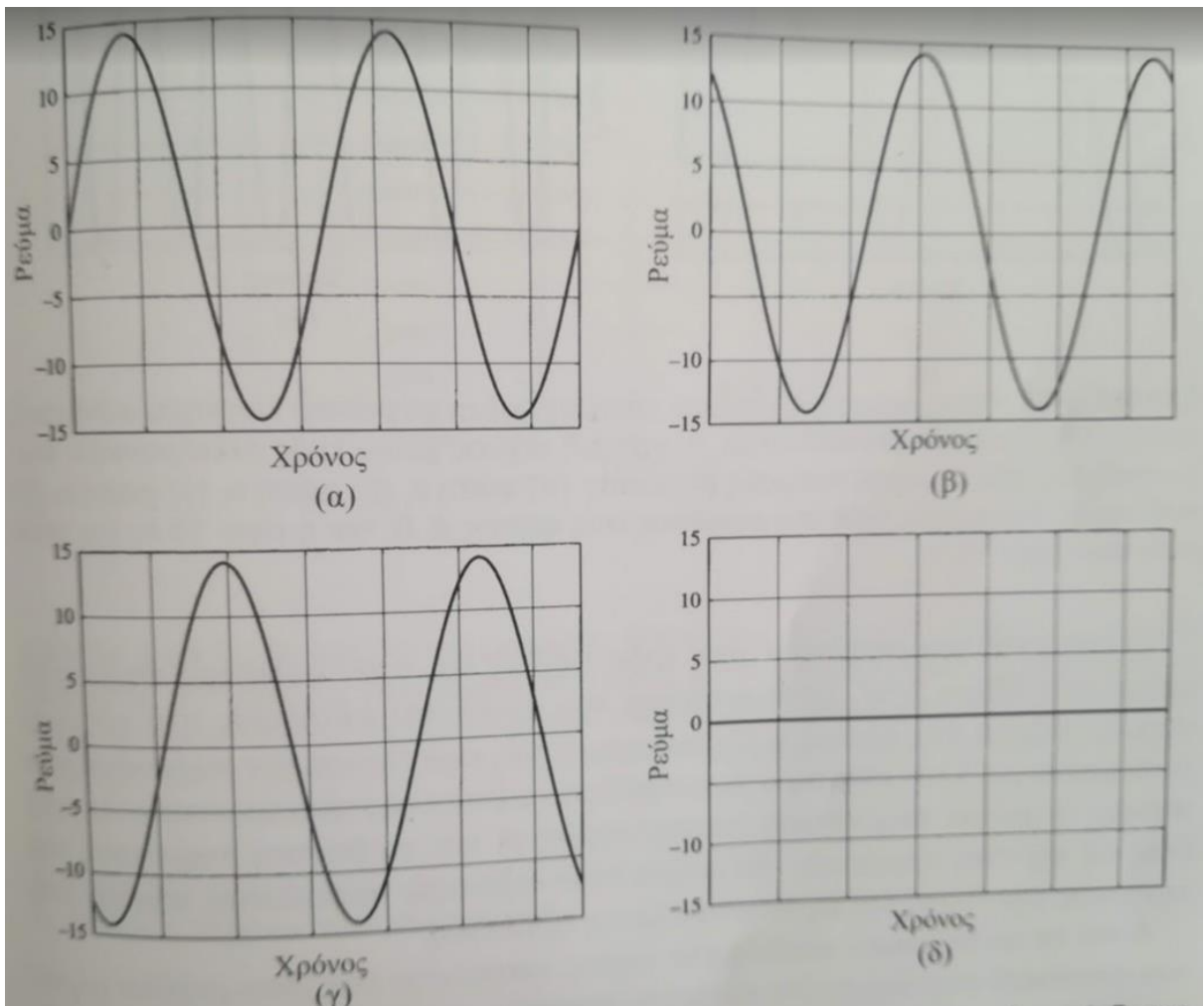


- α) η τάση στα άκρα του θετικού τμήματος
- β) η τάση στα άκρα του αρνητικού τμήματος

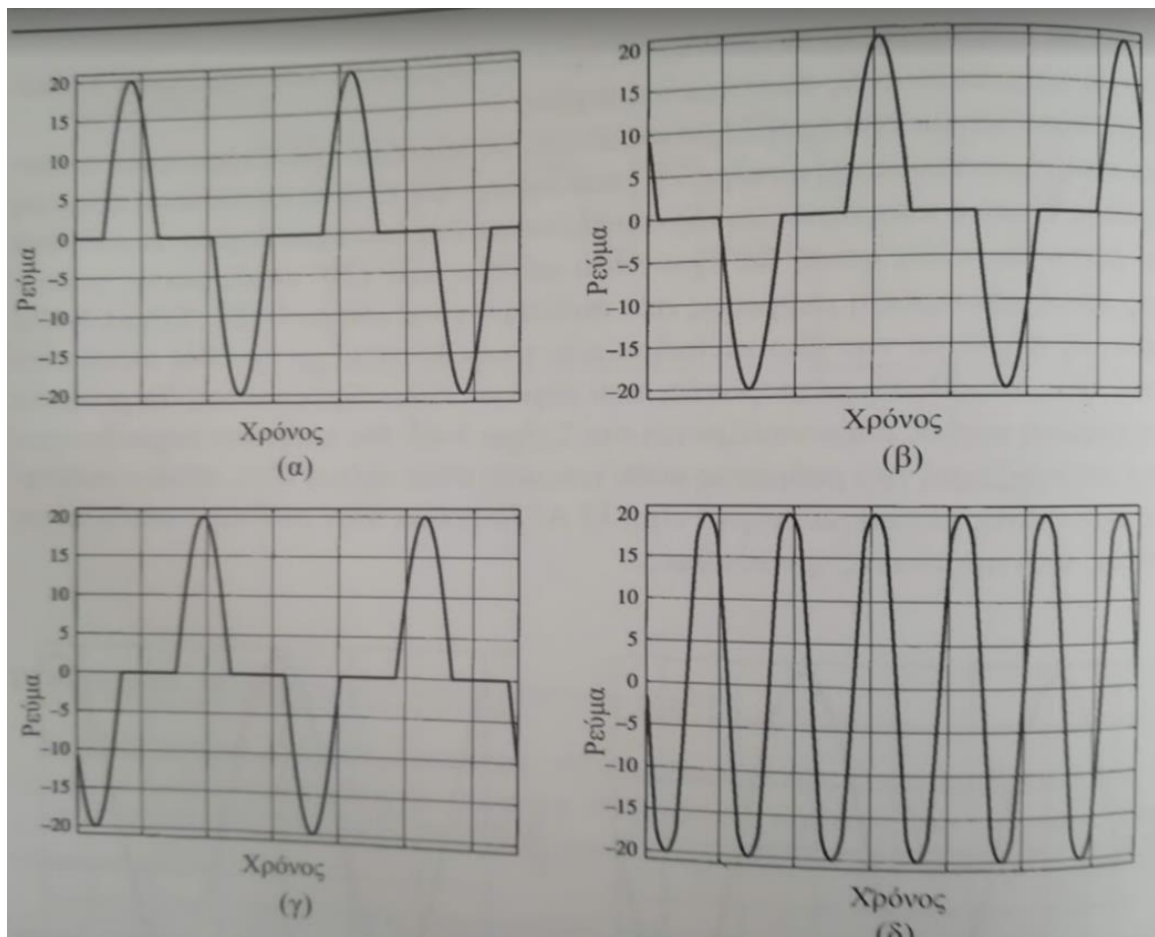


γ) η τελική τάση στο φορτίο

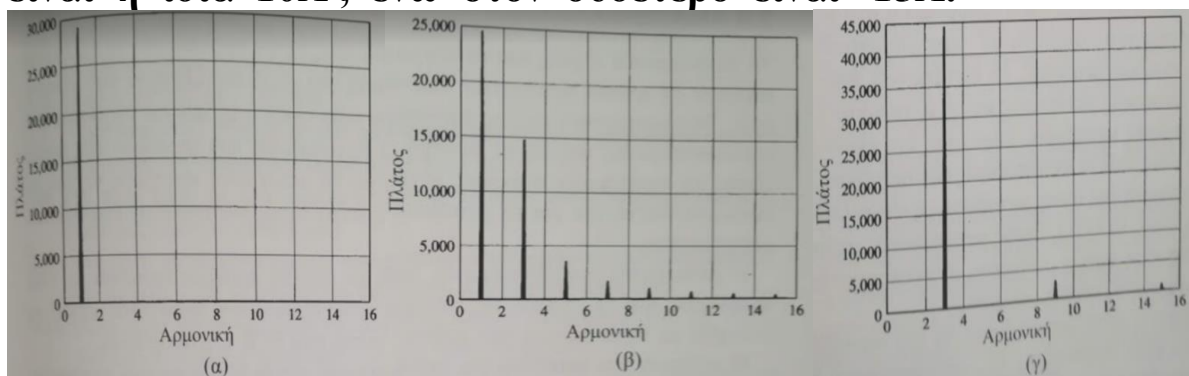
### ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΑΡΜΟΝΙΚΩΝ



Η ροή του ρεύματος σε έναν συμμετρικό τριφασικό κινητήρα σύνδεσης αστέρα (Y). Στις τρεις φάσεις η ενεργός τιμή του ρεύματος είναι η ίδια 10A, ενώ στον ουδέτερο είναι 0A.



Η ροή του ρεύματος σε έναν συμμετρικό τριφασικό κινητήρα σύνδεσης αστέρα (Y), ο οποίος συνδέεται με τη γραμμή μέσω ενός ηλεκτρονικού ελεγκτή ισχύος που παράγει παλμούς ρεύματος. Στις τρεις φάσεις η ενεργός τιμή του ρεύματος είναι η ίδια 10A, ενώ στον ουδέτερο είναι 15A.



Το φάσμα του ρεύματος στον τριφασικό συμμετρικό κινητήρα συνδεσμολογίας αστέρα (Y) α) όταν συνδέεται άμεσα στη γραμμή ισχύος, β) όταν συνδέεται μέσω ηλεκτρονικού ελεγκτή ισχύος που παράγει παλμούς ρεύματος, παρούσες είναι η βασική συχνότητα μαζί με όλες τις περιττές αρμονικές και γ) στον ουδέτερο του κινητήρα που συνδέεται μέσω ηλεκτρονικού ελεγκτή, παρούσες στο ρεύμα είναι η τρίτη, η ένατη και η δέκατη-πέμπτη αρμονική.

## **ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΜΗΧΑΝΗ :**

Είναι η διάταξη που μετατρέπει τη μηχανική ενέργεια σε ηλεκτρική και αντίστροφα.

## **ΓΕΝΝΗΤΡΙΑ :**

Μηχανική Ενέργεια - Απώλειες = Ηλεκτρική Ενέργεια.

## **ΚΙΝΗΤΗΡΑΣ :**

Ηλεκτρική Ενέργεια - Απώλειες = Μηχανική Ενέργεια.

Κάθε Ηλεκτρική Μηχανή μπορεί να εργάζεται είτε ως γεννήτρια είτε ως κινητήρας.

## **ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΗΣ ( Μ/Σ ) :**

Είναι η διάταξη που μετατρέπει εναλλασσόμενη Ηλεκτρική Ενέργεια με συγκεκριμένο πλάτος τάσης σε εναλλασσόμενη Ηλεκτρική Ενέργεια με διαφορετικό πλάτος τάσης.

## **ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΩΝ ΚΑΙ Μ / Σ :**

Η ύπαρξη και η δράση ενός μαγνητικού πεδίου στο εσωτερικό τους.

### **ΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΠΕΔΙΟ**

- Ένας ρευματοφόρος αγωγός παράγει γύρω του μαγνητικό πεδίο.
- Ένα χρονικά μεταβαλλόμενο μαγνητικό πεδίο του οποίου οι δυναμικές γραμμές διέρχονται μέσα από κάποιο πηνίο ( αγωγός σε σπείρες ), επάγει τάση στα άκρα του πηνίου. ( Μ / Σ ).
- Σε ένα ρευματοφόρο αγωγό που βρίσκεται μέσα σε μαγνητικό πεδίο εξασκείται μια δύναμη εξ επαγωγής. ( Κινητήρας ) .
- Στα άκρα ενός αγωγού που κινείται μέσα σε μαγνητικό πεδίο επάγεται κάποια τάση. ( Γεννήτρια ) .

# Ηλεκτρικές Μηχανές

Συνεχούς  
Ρεύματος Σ.Ρ.  
D.C.

Εναλλασσόμενου  
Ρεύματος Ε.Ρ.  
A.C.

Με Ξένη  
Διέγερση

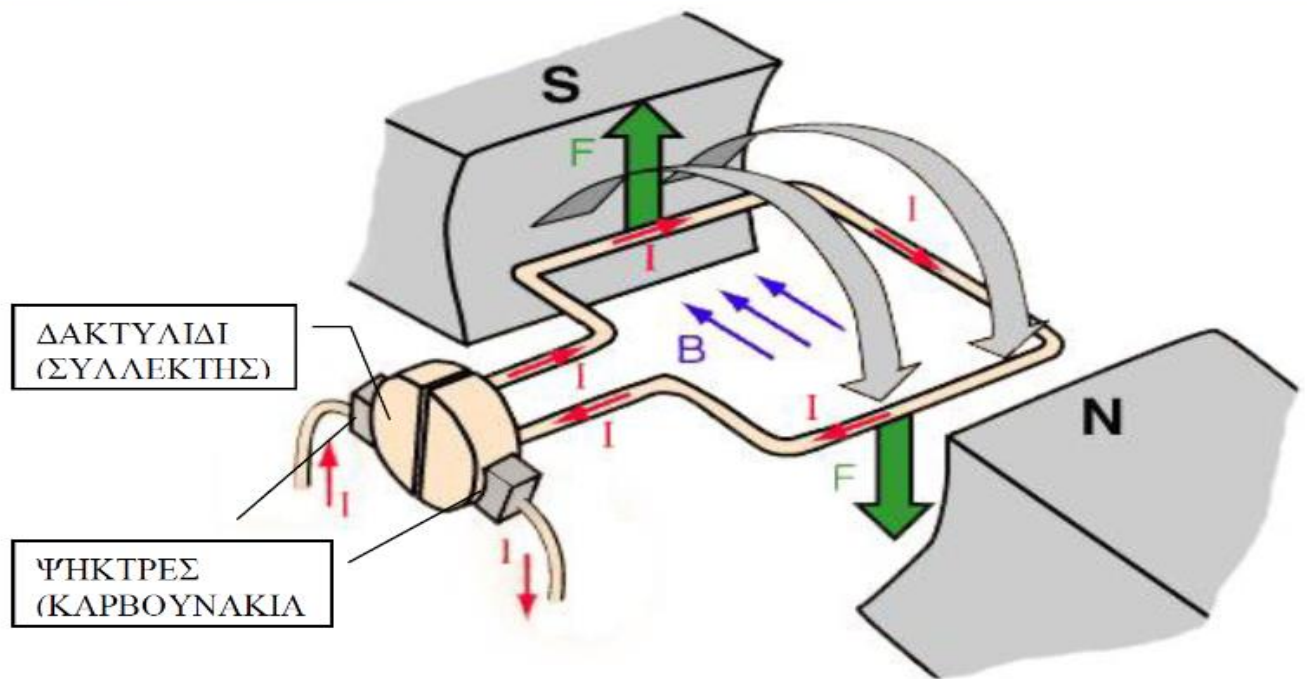
Με  
Αυτοδιέγερση

Σύγχρονες

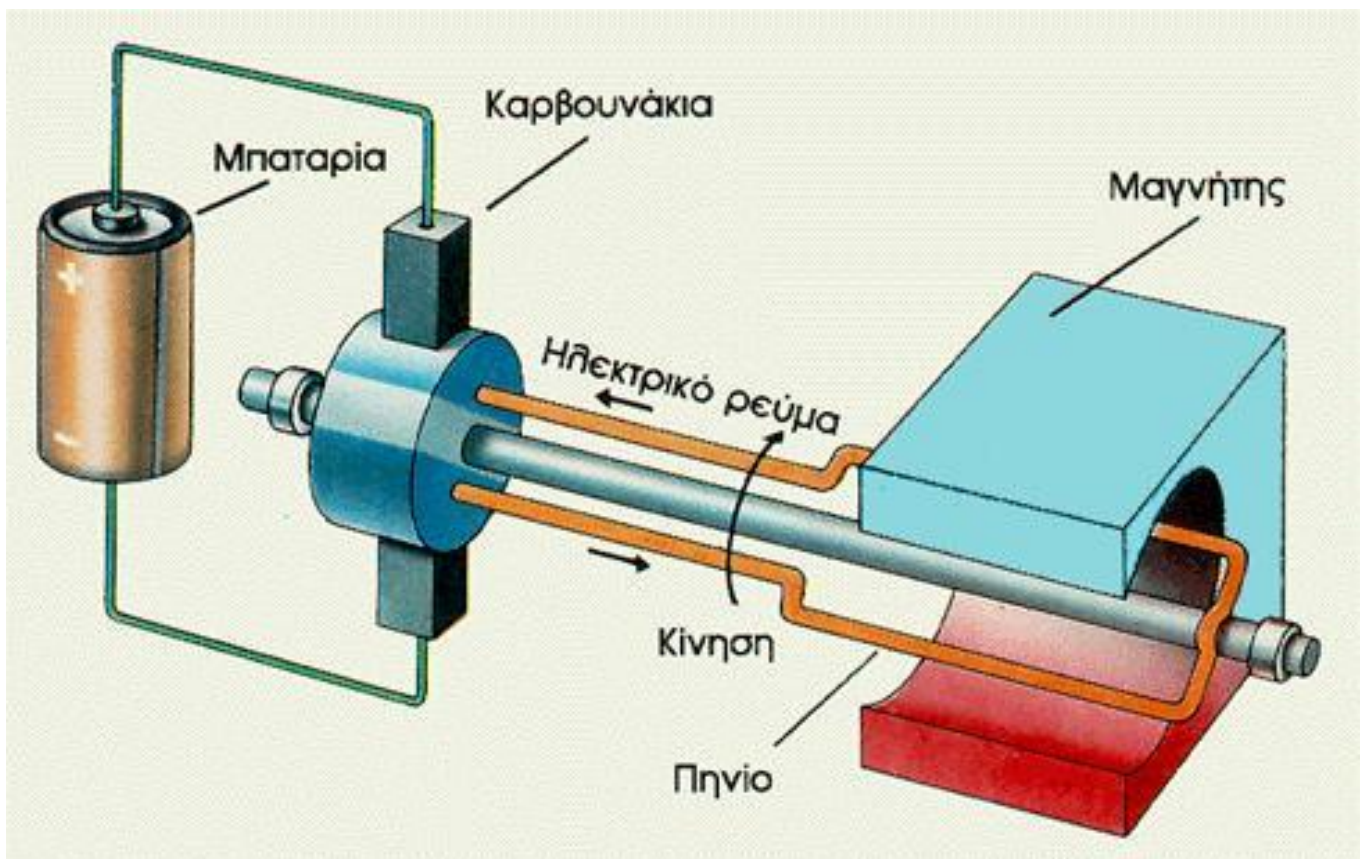
Ασύγχρονες  
ή  
επαγωγικές

- A) Παράλληλη διέγερση
- B) Διέγερση σειράς
- Γ) Σύνθετη διέγερση

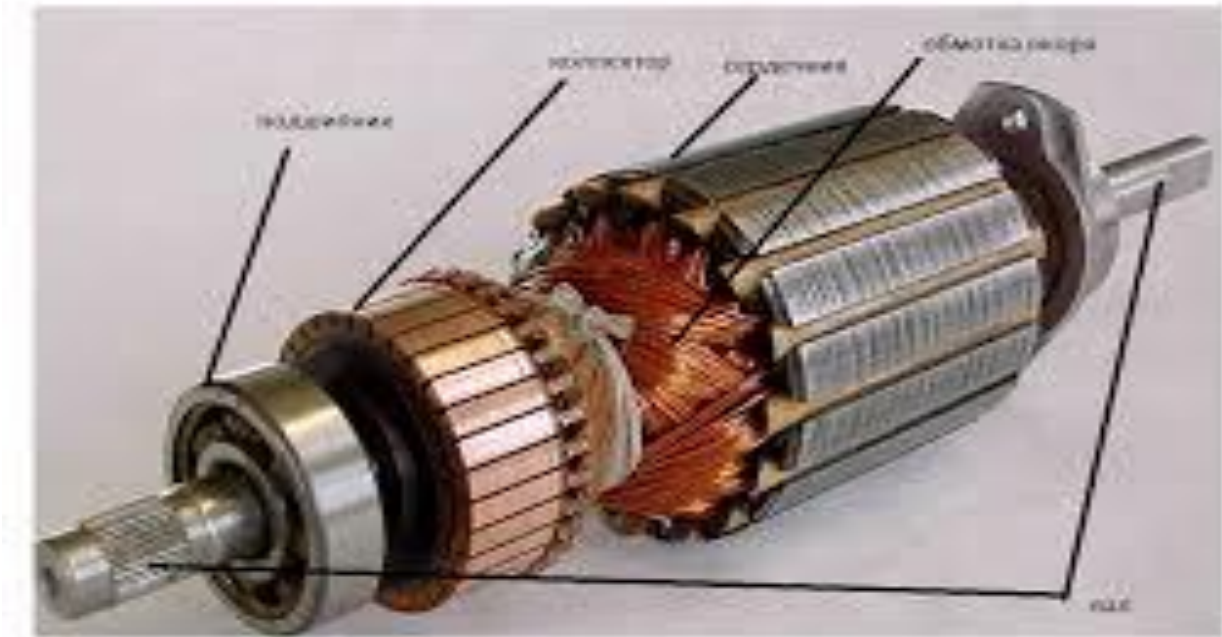
## ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ DC ΚΙΝΗΤΗΡΩΝ



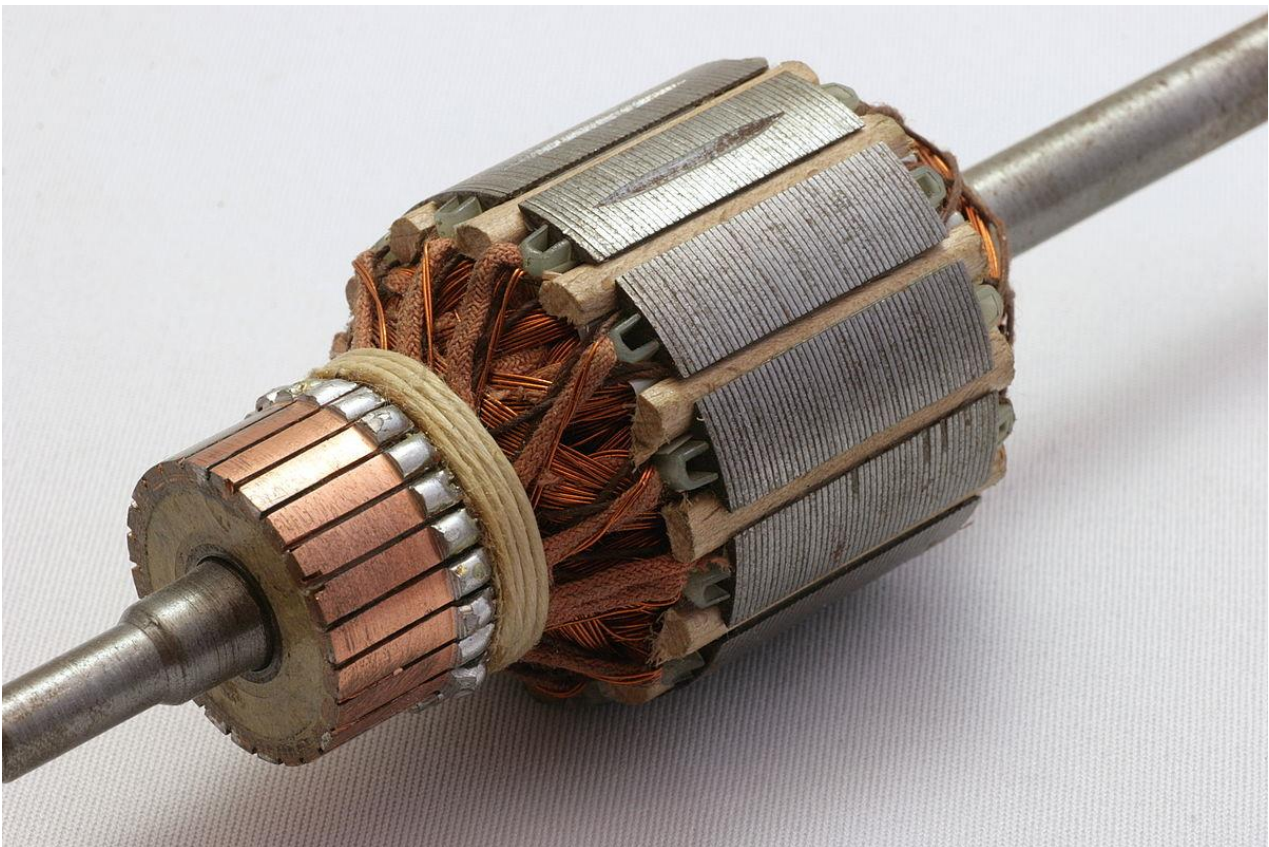
## ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΙΝΗΤΗΡΑΣ DC



# ΔΡΟΜΕΑΣ DC



# ΣΥΛΛΕΚΤΗΣ ΔΡΟΜΕΑ





## ΜΗΧΑΝΕΣ ΣΥΝΕΧΟΥΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ D.C.

### ΓΕΝΝΗΤΡΙΑ

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

$$\text{όπου } \omega_m = \frac{2\pi n}{60} \quad \text{ή} \quad \omega_{\eta\lambda} = \frac{P}{2} \omega_m$$

- Η τάση  $E_A$  της μηχανής εξαρτάται από
- τη μαγνητική ροή του πεδίου στο εσωτερικό της  $\Phi$
  - την ταχύτητα περιστροφής  $\omega_m$  του δρομέα
  - μια σταθερά  $K$  που εξαρτάται από τα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά της μηχανής.

### ΚΙΝΗΤΗΡΑΣ

$$\tau_{\text{ind}} = K \Phi I_A$$

- Η ροπή  $\tau_{\text{ind}}$  της μηχανής εξαρτάται από
- τη μαγνητική ροή του πεδίου στο εσωτερικό της  $\Phi$
  - το ρεύμα οπλισμού  $I_A$  της μηχανής
  - μια σταθερά  $K$  που εξαρτάται από τα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά της μηχανής.

$$\text{όπου } K = \frac{ZP}{2\pi\alpha} \quad \text{ή} \quad K' = \frac{ZP}{60\alpha} \quad \text{και} \quad Z = 2 C N_c$$

$Z$  = ο συνολικός αριθμός αγωγών τυλίγματος

$P$  = ο αριθμός των πόλων της μηχανής

$\alpha$  = ο αριθμός των παράλληλων διαδρομών

$C$  = ο αριθμός των συστάδων του δρομέα

$N_c$  = ο αριθμός των πλαισίων σε μια συστάδα

## ΜΗΧΑΝΕΣ ΣΥΝΕΧΟΥΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ ( Σ.Ρ. )

1. Ανεξάρτητης διέγερσης
2. Παράλληλης διέγερσης
3. Διέγερσης σειράς
4. Με αθροιστική σύνθετη διέγερση
5. Με διαφορική σύνθετη διέγερση
6. Με μόνιμο μαγνήτη

## ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΗ ΦΟΡΤΙΟΥ

Χαρακτηριστική φορτίου μιας συσκευής ονομάζεται η γραφική παράσταση των ποσοτήτων εξόδου της συσκευής.

Οι ποσότητες εξόδου μιας γεννήτριας Σ.Ρ. είναι η τάση στα άκρα της  $V_T$  και το ρεύμα φορτίου  $I_L$ .

Χαρακτηριστική φορτίου (  $V_T - I_L$  ).

Οι ποσότητες εξόδου ενός κινητήρα Σ.Ρ. είναι η ροπή στον άξονά του  $\tau_{ind}$  και η ταχύτητα περιστροφής του  $\omega_m$ .

Χαρακτηριστική ροπής – ταχύτητας. (  $\tau_{ind} - \omega_m$  )

## ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΗΣ ΤΑΣΗΣ ΣΤΑ ΑΚΡΑ ΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ Σ.Ρ.

$$E_A = K \Phi \omega$$

$$V_T = E_A - I_A R_A$$

1. Με μεταβολή της ταχύτητας περιστροφής  $\omega_m$ .
2. Με μεταβολή της αντίστασης διέγερσης  $R_f$  της γεννήτριας ή αλλιώς με έλεγχο του ρεύματος διέγερσης  $I_f$ , που προκαλεί μεταβολή της μαγνητικής ροής  $\Phi$ .

## ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΗΣ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ ΣΤΟΥΣ ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ Σ.Ρ.

$$\tau_{ind} = K \Phi I_A$$

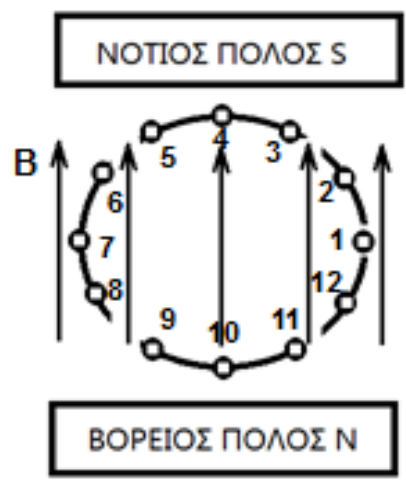
$$I_A = (V_T - E_A) / R_A$$

1. Με μεταβολή της αντίστασης διέγερσης  $R_f$  του κινητήρα δηλαδή με μεταβολή της μαγνητικής ροής  $\Phi$ .
2. Με μεταβολή της τάσης που εφαρμόζεται στα άκρα του οπλισμού του κινητήρα  $V_A$ .
3. Με σύνδεση μιας αντίστασης σε σειρά με το κύκλωμα οπλισμού  $R_A$ .

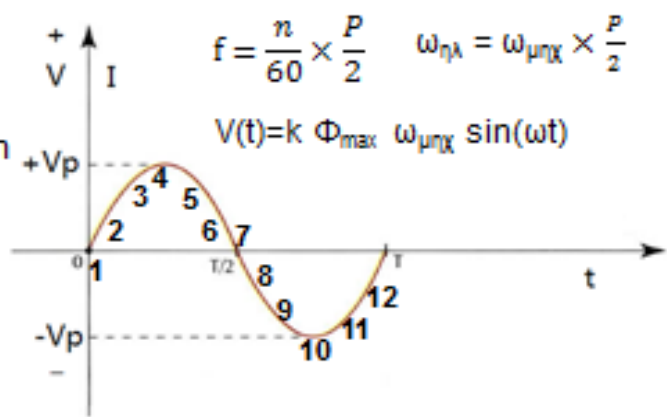


## Παραγωγή ημιτονοειδούς κύματος

- Η πλήρης περιστροφή με σταθερή ταχύτητα ενός αγωγού μέσα σε ένα σταθερό και ομοιόμορφο μαγνητικό πεδίο παράγει ένα ημιτονοειδές κύμα.



Για  $f=50\text{Hz}$   
 $n = 3000\text{rpm}$



## Τριφασικό εναλλασσόμενο σύστημα

- Ένα τριφασικό σύστημα ρευμάτων παράγει ομοιόμορφο και στρεφόμενο μαγνητικό πεδίο στο εσωτερικό του στάτη μιας μηχανής, ενώ ένα ομοιόμορφο και στρεφόμενο μαγνητικό πεδίο μπορεί να παράγει τριφασικό σύστημα τάσεων.
- Η αντιμετάθεση των ρευμάτων στα δύο από τα τρία τυλίγματα του στάτη αντιστρέφει τη φορά περιστροφής του μαγνητικού πεδίου στο εσωτερικό του

$$i_{aa'}(t) = I_M \sin(\omega t) \quad \text{A}$$

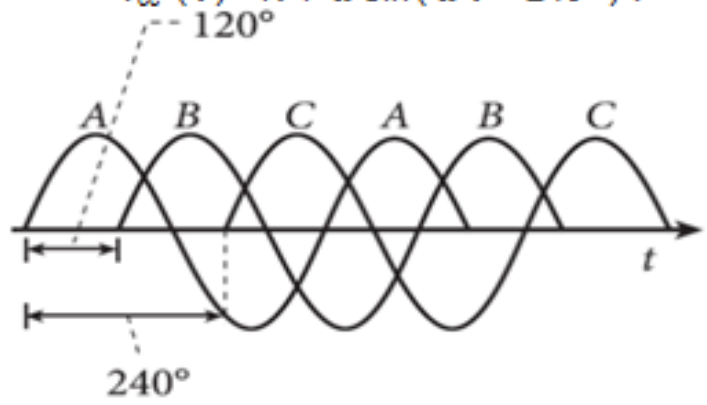
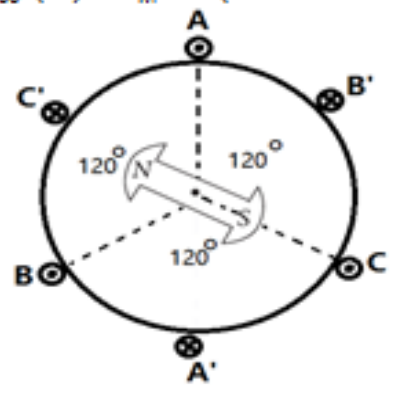
$$i_{bb'}(t) = I_M \sin(\omega t - 120^\circ) \quad \text{A}$$

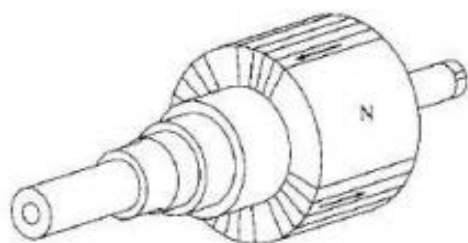
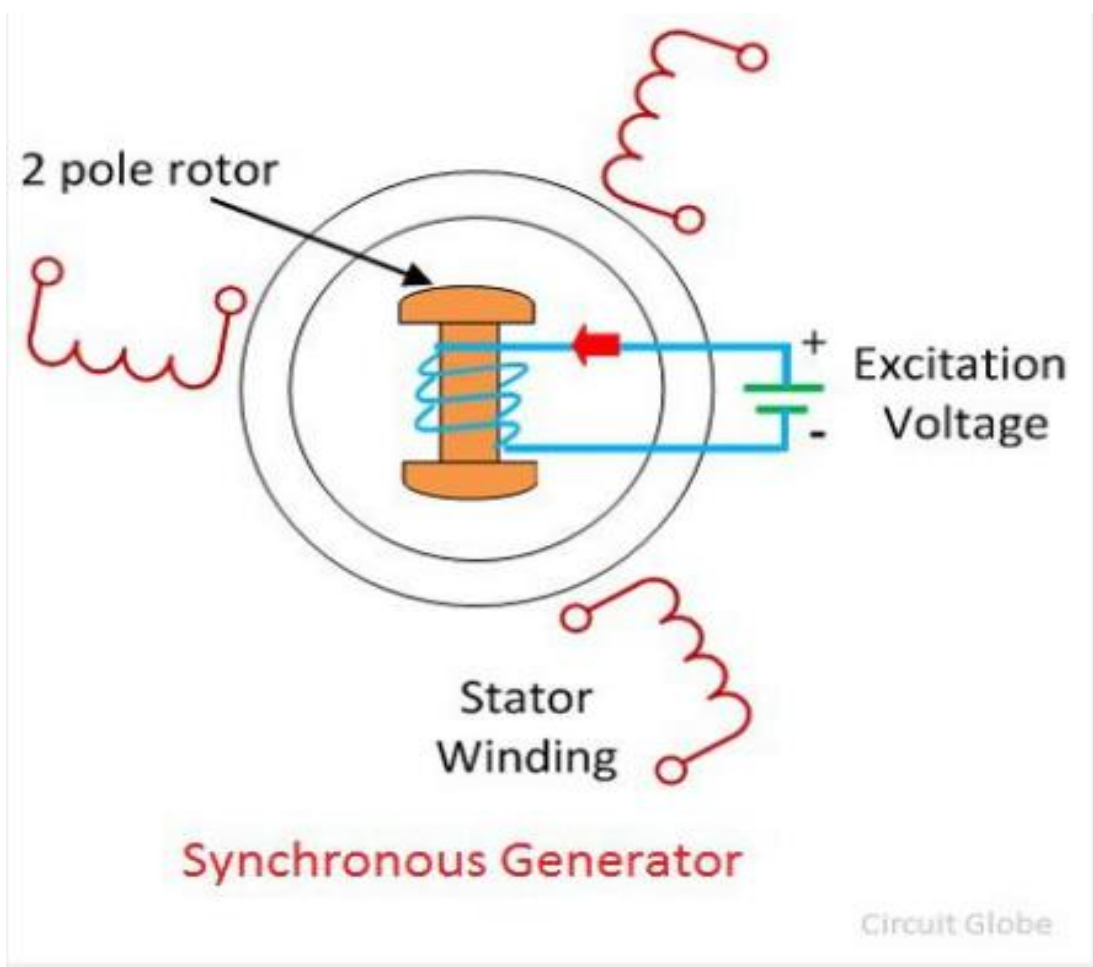
$$i_{cc'}(t) = I_M \sin(\omega t - 240^\circ) \quad \text{A}$$

$$V_{aa'}(t) = K \Phi \omega \sin(\omega t) \quad \text{V}$$

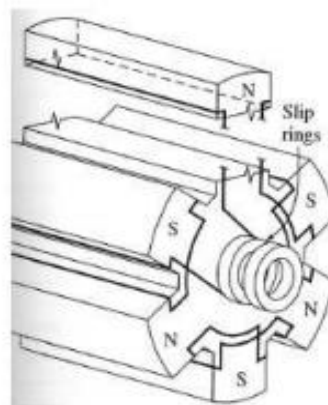
$$V_{bb'}(t) = K \Phi \omega \sin(\omega t - 120^\circ) \quad \text{V}$$

$$V_{cc'}(t) = K \Phi \omega \sin(\omega t - 240^\circ) \quad \text{V}$$

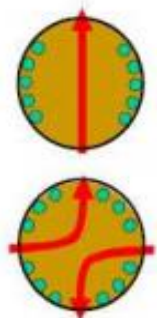




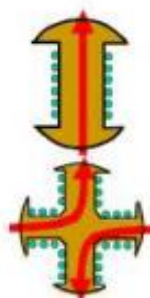
*Κολινόρτικός δρομέας*



*Δρομέας εκτόπων πόλων*



*Δρομείς με 2 και 4 πόλους*



## ΜΗΧΑΝΕΣ ΕΝΑΛΛΑΣΣΟΜΕΝΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ A.C.

### ΓΕΝΝΗΤΡΙΑ

$$e_{\text{ind}} = K \Phi_{\text{max}} \omega_m \sin(\omega_m t)$$

$$\text{όπου } \omega_m = \frac{2\pi n}{60} \quad \text{ή} \quad \omega_{\eta\lambda} = \frac{P}{2} \omega_m$$

$$\text{και } f_m = \frac{n}{60} \quad \text{ή} \quad f_{\eta\lambda} = \frac{n P}{120} \text{ (Hz)}$$

Η επαγόμενη τάση  $e_{\text{ind}}$  της μηχανής έχει ημιτονοειδή μορφή και εξαρτάται από

- Τη μαγνητική ροή του πεδίου στο εσωτερικό της  $\Phi$
- την ταχύτητα περιστροφής  $\omega_m$  του δρομέα
- μια σταθερά  $K$  που εξαρτάται από τα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά της μηχανής.

### ΚΙΝΗΤΗΡΑΣ

$$\tau_{\text{ind}} = K (B_R \times B_S) = K B_R B_{\text{net}} \sin\delta$$

- Η ροπή  $\tau_{\text{ind}}$  της μηχανής εξαρτάται από
- τη δύναμη του μαγνητικού πεδίου του δρομέα  $B_R$
  - τη δύναμη του μαγνητικού πεδίου του στάτη  $B_S$
  - το ημίτονο της μεταξύ τους γωνίας  $\delta$
  - μια σταθερά  $K$  που εξαρτάται από τα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά της μηχανής.

## ΤΡΙΦΑΣΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΡΕΥΜΑΤΩΝ – ΤΑΣΕΩΝ

$$i_{aa'}(t) = I_M \sin(\omega t) \quad A$$

$$i_{bb'}(t) = I_M \sin(\omega t - 120^\circ) \quad A$$

$$i_{cc'}(t) = I_M \sin(\omega t - 240^\circ) \quad A$$



$$B_{net}(t) = (1,5 B_M \sin(\omega t)) \mathbf{x} - (1,5 B_M \cos(\omega t)) \mathbf{y}$$

Η αντιμετάθεση των ρευμάτων στα δύο από τα τρία τυλίγματα του στάτη αντιστρέφει τη φορά περιστροφής του μαγνητικού πεδίου στο εσωτερικό του.



$$e_{aa'}(t) = K \Phi \omega \sin(\omega t) \quad V$$

$$e_{bb'}(t) = K \Phi \omega \sin(\omega t - 120^\circ) \quad V$$

$$e_{cc'}(t) = K \Phi \omega \sin(\omega t - 240^\circ) \quad V$$

Ένα τριφασικό σύστημα ρευμάτων παράγει ομοιόμορφο και στρεφόμενο μαγνητικό πεδίο στο εσωτερικό του στάτη μιας μηχανής, ενώ ένα ομοιόμορφο και στρεφόμενο μαγνητικό πεδίο μπορεί να παράγει τριφασικό σύστημα τάσεων σε ένα τέτοιο στάτη.

## Η ΕΝΝΟΙΑ ΤΗΣ ΟΛΙΣΘΗΣΗΣ ΣΤΟΥΣ ΕΠΑΓΩΓΙΚΟΥΣ ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ

Σύγχρονη ταχύτητα πεδίου στάτη  $B_s$   $n_{\text{sync}} = \frac{120 f_e}{P}$

Ταχύτητα ολίσθησης  $n_{\text{slip}} = n_{\text{sync}} - n_m$

όπου  $n_m$  η μηχανική ταχύτητα του άξονα της μηχανής

ολίσθηση  $s = \frac{n_{\text{slip}}}{n_{\text{sync}}} (\times 100 \%)$

ή  $s = \frac{n_{\text{sync}} - n_m}{n_{\text{sync}}} (\times 100 \%)$   $s = \frac{\omega_{\text{sync}} - \omega_m}{\omega_{\text{sync}}} (\times 100 \%)$

$n_m = (1 - s) n_{\text{sync}}$  ή  $\omega_m = (1 - s) \omega_{\text{sync}}$

όταν ο δρομέας περιστρέφεται με την σύγχρονη ταχύτητα

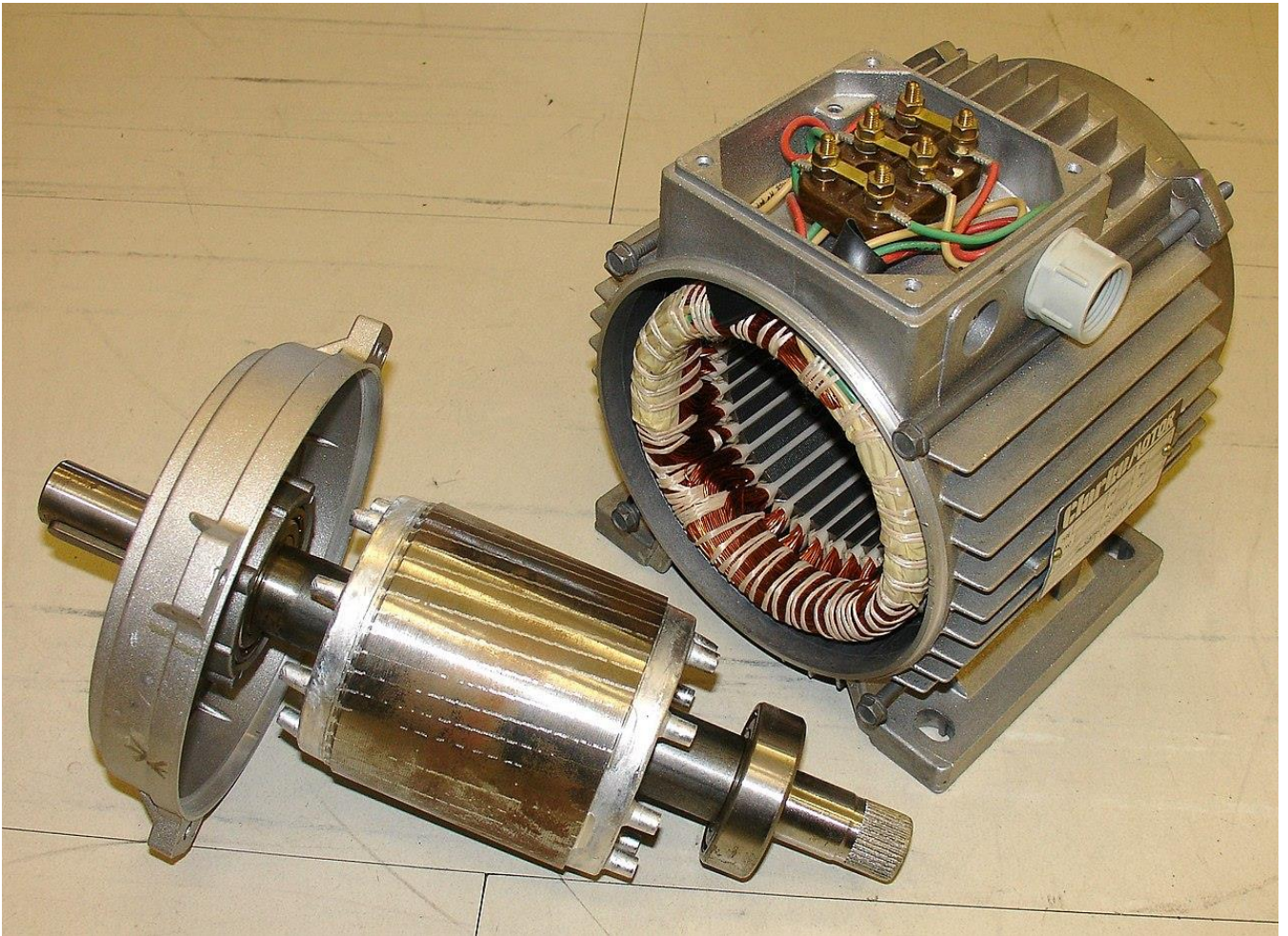
$n_m = n_{\text{sync}}$  ,  $s = 0$  ,  $fr = 0$

όταν ο δρομέας είναι ακινητοποιημένος

$n_m = 0$  ,  $s = 1$  ,  $fr = fe$

$fr = s fe$  ή  $fr = \frac{P}{120} (n_{\text{sync}} - n_m)$





## Επαγωγικός κινητήρας

