



Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο ΤΕΙ Αθήνας



# Ηλεκτροτεχνία – Ηλ. Μηχανές & Εγκαταστάσεις πλοίου (Θ)

## Ενότητα 9: Μηχανές Εναλλασσομένου Ρεύματος

Δ.Ν. Παγώνης

Τμήμα Ναυπηγών Μηχανικών ΤΕ



Το περιεχόμενο του μαθήματος διατίθεται με άδεια Creative Commons εκτός και αν αναφέρεται διαφορετικά

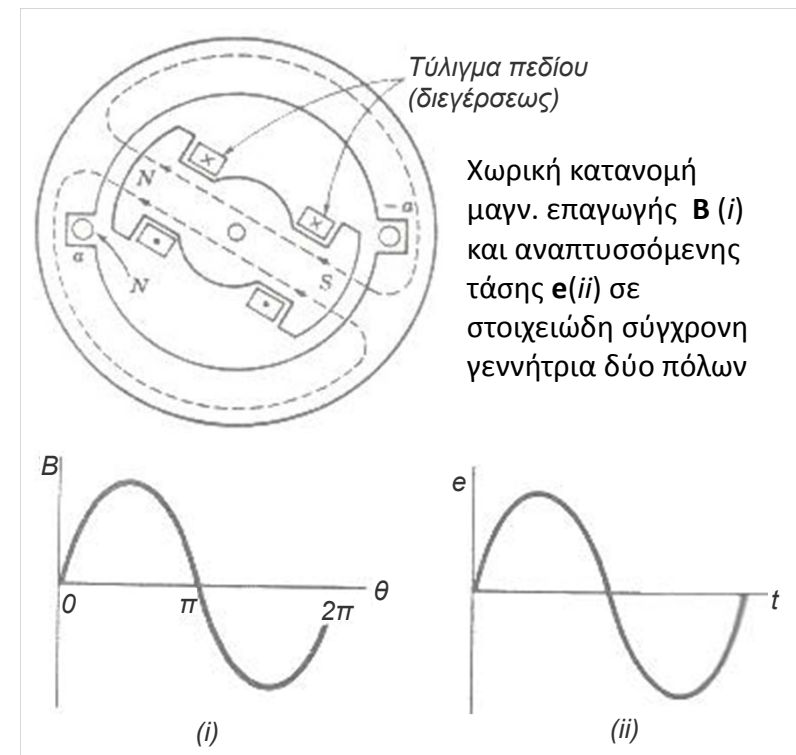


Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.

# Αρχή λειτουργίας στοιχειώδους μηχανής Ε.Ρ. (1/2)

- Όμοια με εκείνη της στοιχειώδους μηχανής Σ.Ρ.
- Βασική διαφορά: ο συλλέκτης **αντικαθίσταται** από δύο δακτυλίους (slip rings)
- **Εναλλασσόμενη** τάση στην έξοδο της μηχανής
- **Βασική κατηγοριοποίηση μηχανών Ε.Ρ.**
  - Διακρίνονται σε **σύγχρονες** (κυρίως γεννήτριες) και **ασύγχρονες** (κυρίως κινητήρες).
  - Αντίθετα με τις μηχανές Σ.Ρ., στις σύγχρονες μηχανές (πλην ελαχίστων εξαιρέσεων) το τύλιγμα τυμπάνου βρίσκεται στον **στάτη**, ενώ το τύλιγμα πεδίου (διεγέρσεως) στο δρομέα

Στοιχειώδης σύγχρονη γεννήτρια δύο πόλων

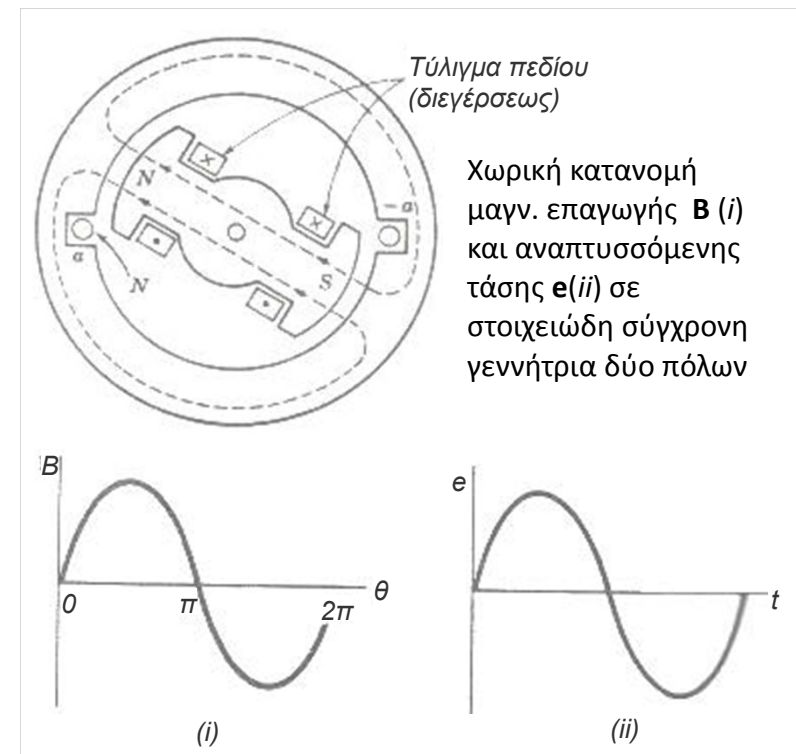


Πρωτονοτάριος Ε.Ν. ,Βουρνάς Κ,  
"Ηλεκτροτεχνικές Εφαρμογές", Αθήνα, 1993

# Αρχή λειτουργίας στοιχειώδους μηχανής Ε.Ρ. (2/2)

- Βασική κατηγοριοποίηση μηχανών Ε.Ρ. (συνέχεια)
- Το τύλιγμα πεδίου τροφοδοτείται με **συνεχές ρεύμα** (ρεύμα διέγερσης μηχανής)
- Στις **σύγχρονες** μηχανές, η συχνότητα του εναλλασσόμενου ρεύματος είναι **ίση** με τη συχνότητα του περιστρεφόμενου μαγνητικού πεδίου διέγερσης (στο δρομέα της μηχανής)

Στοιχειώδης σύγχρονη γεννήτρια δύο πόλων



Πρωτονοτάριος Ε.Ν., Βουρνάς Κ,  
"Ηλεκτροτεχνικές Εφαρμογές", Αθήνα, 1993

# Σύγχρονες γεννήτριες εναλλασσομένου ρεύματος (σύγχρονοι εναλλακτήρες) 1/3

## Αρχές λειτουργίας (1/3)

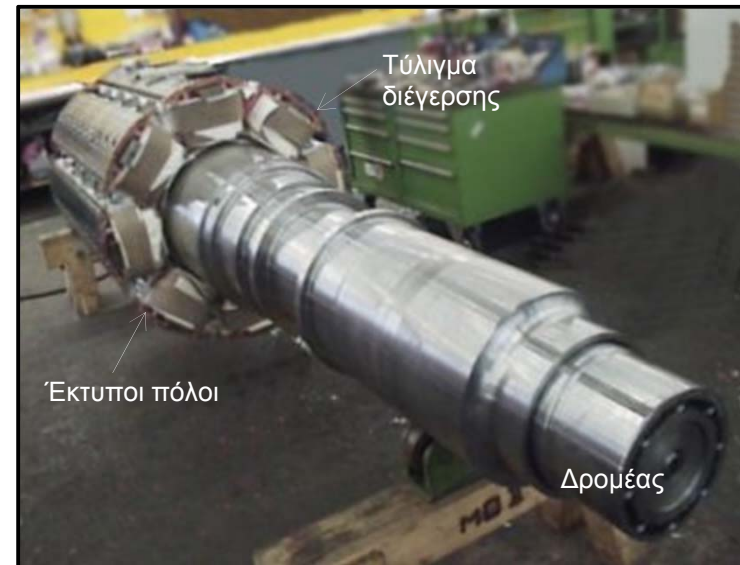
- Το απαραίτητο συνεχές ρεύμα διέγερσης παράγεται συνήθως από μία σχετικά μικρή γεννήτρια συνεχούς ρεύματος (**διεγέρτρια**), η οποία τοποθετείται στην άκρη του άξονα του εναλλακτήρα
- Το τύλιγμα διέγερσης είτε περιβάλλει **έκτυπους πόλους** (salient poles) είτε τοποθετείται σε κατάλληλες **αυλακώσεις** κατά μήκος της κυλινδρικής επιφάνειας (κυλινδρικό τύλιγμα)



# Σύγχρονες γεννήτριες εναλλασσομένου ρεύματος (σύγχρονοι εναλλακτήρες) 2/3

## Αρχές λειτουργίας (2/3)

- Έκτυποι πόλοι στο δρομέα χρησιμοποιούνται κυρίως σε σύγχρονες γεννήτριες **μικρής ή μέσης** ταχύτητας περιστροφής, μέχρι 1800 rpm, (όπως υδροηλεκτρικές γεννήτριες). Κυλινδρικό τύλιγμα έχει εφαρμογή σε **ταχύστροφες** γεννήτριες (π.χ. ατμό/αεριο-στροβιλοκίνητες γεννήτριες)
- Στις σύγχρονες γεννήτριες Ε.Ρ. μέσης και μεγάλης ισχύος προτιμάται **επαγωγίμο ακίνητο** (στο στάτη) και **περιστρεφόμενο μαγνητικό πεδίο** (στο δρομέα) για την αποφυγή καταπονήσεων των περιελίξεων του επαγωγίμου από τη φυγόκεντρο δύναμη



Δρομέας με έκτυπους πόλους για χρήση σε γεννήτρια υδροηλεκτρικού σταθμού 3800 KVA, 750 rpm - AEG Industrial Engineering

# Σύγχρονες γεννήτριες εναλλασσομένου ρεύματος (σύγχρονοι εναλλακτήρες) 3/3

## Αρχές λειτουργίας (3/3)

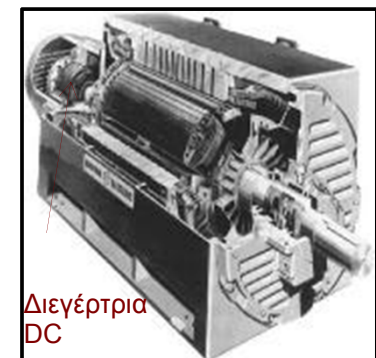
- Οι γεννήτριες Ε.Ρ. είναι κατά βάση σύγχρονες **τριφασικές**. Η συχνότητα του παραγόμενου ρεύματος ισούται με τη συχνότητα περιστροφής του μαγνητικού πεδίου διέγερσης
- Για την παραγωγή τριών φάσεων στην έξοδο της γεννήτριας (με διαφορά φάσης 120°), απαιτούνται τρεις βρόγχοι στο τύλιγμα του επαγωγίμου
- Οι τρεις φάσεις στην έξοδο της γεννήτριας συνδέονται σε συνδεσμολογία **αστέρα** ή **τριγώνου**. Οι φάσεις χαρακτηρίζονται με τα γράμματα : a, b, c



Αυλακώσεις σε δρομέα σύγχρονης γεννήτριας Ε.Ρ. [cr4.globalspec.com](http://cr4.globalspec.com)



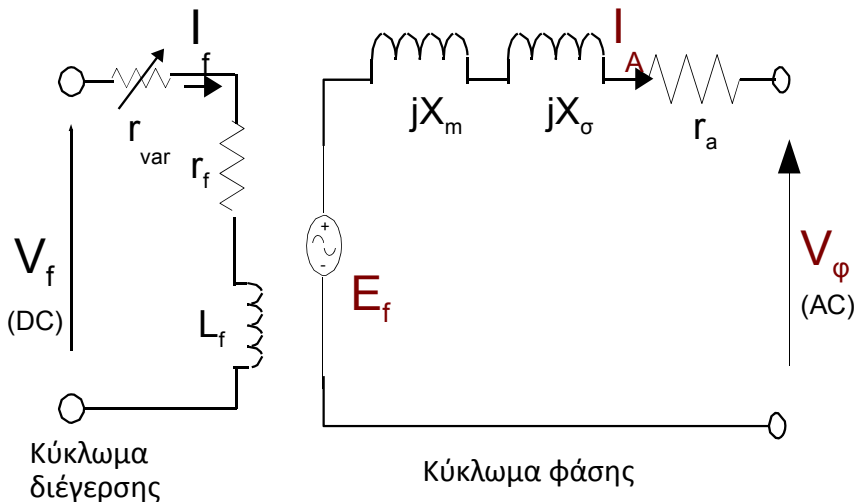
Τυπικό τύλιγμα στάτη γεννήτριας Ε.Ρ. ([General Electric](http://GeneralElectric.com))



Τυπική σύγχρονη γεννήτρια Ε.Ρ. (General Electric)

# Ισοδύναμο κύκλωμα σύγχρονου εναλλακτήρα

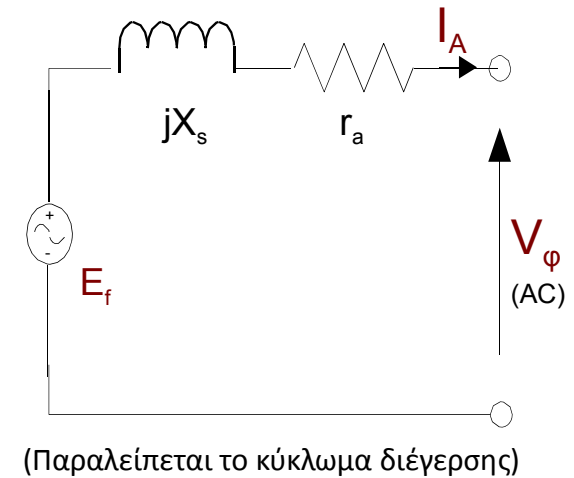
**Πλήρες** ισοδύναμο κύκλωμα ανά φάση σύγχρονης γεννήτριας



**Απλοποιημένο** ισοδύναμο κύκλωμα σύγχρονης γεννήτριας ανά φάση



Θέτοντας:  
 $X_s = X_m + X_\sigma$   
 όπου:  
 $X_s$  η σύγχρονη αντίδραση

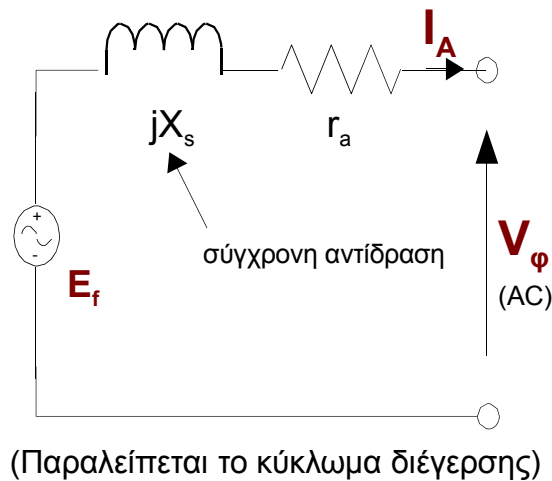


- όπου:  $V_f$  Τάση διέγερσης (DC)  
 $I_f$  **Ρεύμα διέγερσης (DC)**  
 $r_{var}$  Μεταβλητή αντίσταση για τη μεταβολή του ρεύματος διέγερσης της γεννήτριας  
 $r_f$  Αντίσταση τυλίγματος διέγερσης  
 $L_f$  Αυτεπαγωγή τυλίγματος διέγερσης  
 $X_m$  Αντίδραση μαγνητίσεως (τυλ. στάτη)  
 $X_\sigma$  Αντίδραση σκεδάσεως (τυλ. στάτη)

- $E_f$  **ΗΕΔ που επάγεται στο τύλιγμα του στάτη**  
 $X_s$  Σύγχρονη αντίδραση  
 $R_a$  Αντίσταση τυλίγματος στάτη ανά φάση  
 $V_\phi$  **Τάση στους ακροδέκτες της γεννήτριας ανά φάση**  
 $I_A$  **Ρεύμα στους ακροδέκτες της γεννήτριας ανά φάση**

# Ισοδύναμο κύκλωμα σύγχρονου εναλλακτήρα - Βασικές σχέσεις επίλυσης (1/3)

**Απλοποιημένο** ισοδύναμο κύκλωμα  
σύγχρονης γεννήτριας ανά φάση



όπου:  $E_f$  ΗΕΔ που επάγεται στο  
τύλιγμα του στάτη

$X_s$  Σύγχρονη αντίδραση  
τυλίγματος στάτη

$r_a$  Αντίσταση τυλίγματος στάτη  
ανά φάση

$V_\phi$  Τάση στους ακροδέκτες της  
γεννήτριας ανά φάση

$I_A$  Ρεύμα στους ακροδέκτες της  
γεννήτριας ανά φάση



# Ισοδύναμο κύκλωμα σύγχρονου εναλλακτήρα - Βασικές σχέσεις επίλυσης (2/3)

- Ηλεκτρεργετική δύναμη  $E_f$ :

$$E_f = \sqrt{2} \times \pi \times N_\varphi \times K_w \times \Phi_f \times f_e, \quad f_e = \frac{n_m \times P}{120} \text{ (Hz)}$$

όπου:  $K_w$  η σταθερά (συντελεστής περιέλιξης - *winding factor* του στάτη)

$N_\varphi$  ο αριθμός τυλιγμάτων του στάτη ανά φάση

$\Phi_f$  η μαγνητική ροή ανά πόλο (εξαρτάται από το ρεύμα διέγερσης στο δρομέα)

$f_e$  η ηλεκτρική συχνότητα περιστροφής (Hz)

$n_m$  η συχνότητα περιστροφής του δρομέα (rpm)

$P$  ο αριθμός μαγνητικών πόλων της γεννήτριας

Θεωρώντας  $K$  μία σταθερά που περιγράφει όλα τα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά της γεννήτριας:

$$E_f = K \times \Phi_f \times \omega_m, \quad K = \frac{N_\varphi \times P \times K_w}{2 \times \sqrt{2}} \quad \text{με } \omega_m \text{ τη γωνιακή ταχύτητα περιστροφής του δρομέα (rad/sec)}$$

Για σταθερή γωνιακή ταχύτητα  $\omega$ , η ΗΕΔ ισούται με:  $E_f = K_o \times I_f$

με  $K_o$  σταθερά της μηχανής και  $I_f$  το **ρεύμα διέγερσης**

Γενικότερα ισχύει:

$$f = \frac{n}{60} \text{ (Hz)}$$

$$\omega_m = 2 \times \pi \times \frac{n_m}{60} \text{ (rad/sec)}$$

# Ισοδύναμο κύκλωμα σύγχρονου εναλλακτήρα - Βασικές σχέσεις επίλυσης (3/3)

- Μηχανική ισχύς εισόδου:  $P_m = T_m \times \omega_m$  (Watt) , όπου  $T_m$  η ροπή στον άξονα της μηχανής (Nm)

- Ηλεκτρική ισχύς εξόδου (Ισομοιρασμένα φορτία):

$$P_e = 3 \times V_\varphi \times I_\varphi \times \cos(\varphi) = \sqrt{3} \times V_{\Gamma\text{ραμμής}} \times I_{\Gamma\text{ραμμής}} \times \cos(\varphi) \text{ (Watt)}$$

- Συνδεσμολογία ακροδεκτών **Αστέρα:**

$$V_{\Gamma\text{ραμμής}} = V_\pi = \sqrt{3} \times V_\varphi$$

$$I_{\Gamma\text{ραμμής}} = I_\varphi$$

- Συνδεσμολογία ακροδεκτών

**Τριγώνου:**

$$V_{\Gamma\text{ραμμής}} = V_\varphi = V_\pi$$

$$I_{\Gamma\text{ραμμής}} = \sqrt{3} \times I_\varphi$$

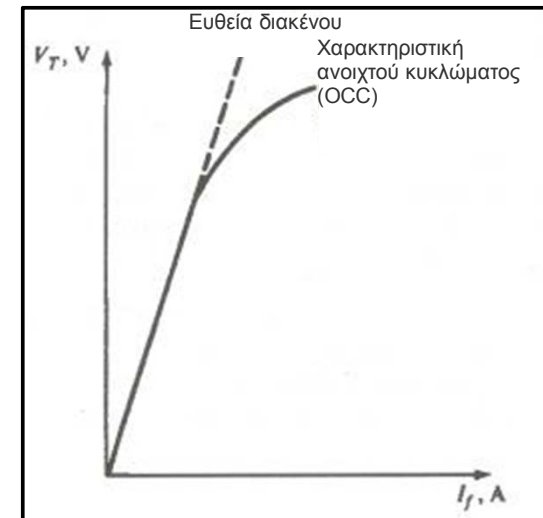


Η **ονομαστική** τάση της γεννήτριας είναι η **πολική** τάση

# Χαρακτηριστική καμπύλη μαγνήτισης σύγχρονης γεννήτριας (1/2)

- Για σταθερή γωνιακή ταχύτητα περιστροφής  $\omega$ , η παραγόμενη ΗΕΔ είναι ανάλογη με το ρεύμα διέγερσης στο δρομέα I:  $E_f = K_o \times I_f$  όπου:  $K_o$  σταθερά της μηχανής  $I_f$  το **ρεύμα διέγερσης**
- **Καμπύλη μαγνήτισης:** Η μεταβολή της τάσης εξόδου συναρτήσει του ρεύματος διέγερσης (για μηδενικό φορτίο και σταθερή γωνιακή ταχύτητα περιστροφής δρομέα)

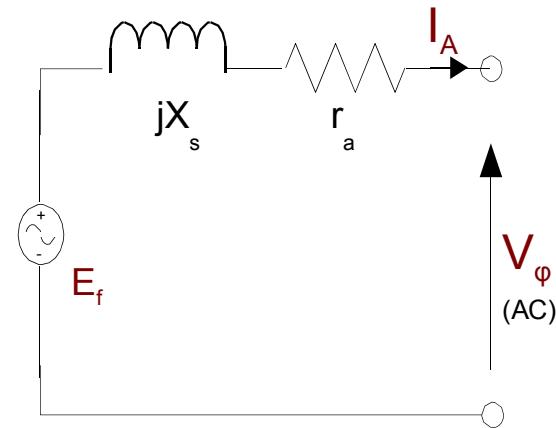
Τυπική χαρακτηριστική ανοικτού κυκλώματος σύγχρονης γεννήτριας



S.J. Chapman, "Ηλεκτρικές μηχανές DC-AC", εκδόσεις Τζιόλα, 1993

# Χαρακτηριστική καμπύλη μαγνήτισης σύγχρονης γεννήτριας (2/2)

- Η τάση εξόδου αυξάνεται γραμμικά σε σχέση με το ρεύμα διέγερσης μέχρι την εμφάνιση κορεσμού (σε υψηλές τιμές ρεύματος διέγερσης)
- Η καμπύλη ονομάζεται και **χαρακτηριστική ανοικτού κυκλώματος** (Open Circuit Characteristic)

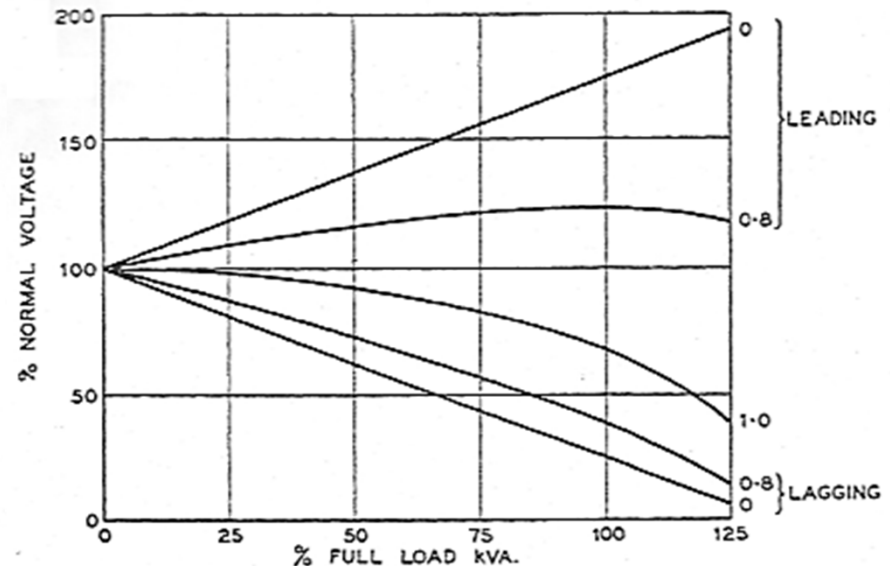
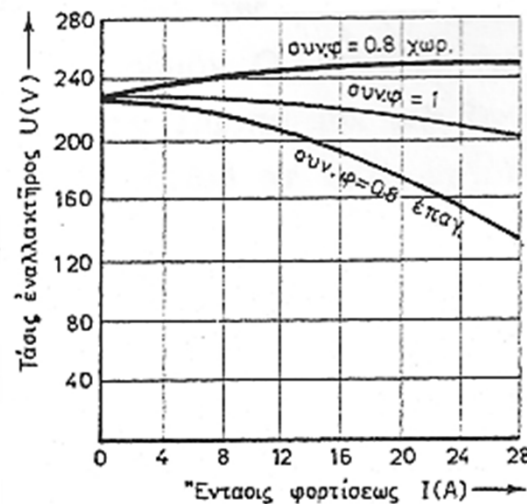


- Κατά την εξαγωγή της καμπύλης μαγνήτισης (ή της χαρακτηριστικής ανοικτού κυκλώματος), η γεννήτρια δεν είναι συνδεδεμένη με φορτίο.
- Επομένως:  $I_A = 0$  και  $V_\phi = E_f$

# Χαρακτηριστικά τάσης/φορτίου για σταθερό συντελεστή ισχύος

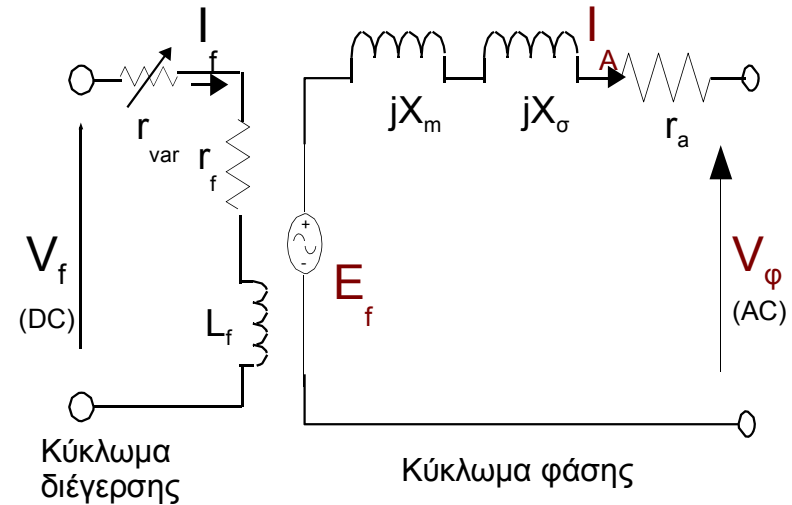
- Μεταβολή του φορτίου της γεννήτριας (μεταβολή της έντασης του ρεύματος IA) οδηγεί σε μεταβολή της τάσης εξόδου  $V_{\phi}$ . Ο συντελεστής ισχύος ( $\cos\phi$ ) του φορτίου κατέχει **καθοριστικό ρόλο** στη μεταβολή αυτή
- **Χωρητική** φόρτιση οδηγεί σε **αύξηση** της τάσης εξόδου  $V_{\phi}$  σε αύξηση του φορτίου (συναντάται σπανίως στην πράξη)
- **Επαγωγική** φόρτιση ενισχύει την **πτώση** της τάσης εξόδου  $V_{\phi}$  σε αύξηση του φορτίου. Συνεπώς, τιμές συντελεστή ισχύος μικρότερες του 0,8 αποφεύγονται

Μεταβολή της τάσης της σύγχρονης γεννήτριας θεωρώντας σταθερή διέγερση και διάφορους συντελεστές φορτίου



# Ρύθμιση της τάσης σύγχρονης γεννήτριας

- **Αύξηση** του φορτίου της γεννήτριας (αύξηση της έντασης του ρεύματος  $I_A$ ) ή του **επαγωγικού** φορτίου του δικτύου που τροφοδοτείται από τη γεννήτρια οδηγεί σε πτώση της τάσης εξόδου  $V_\phi$



- Η τάση εξόδου  $V_\phi$  **αποκαθίσταται** στη θεμιτή τιμή μέσω **αύξησης** του ρεύματος διέγερσης  $I_f$ , μέσω κατάλληλης **μείωσης** της ρυθμιστικής αντίστασης διέγερσης  $r_{var}$  στη **διεγέρτρια** (γεννήτρια DC) του εναλλακτήρα. Εάν για οποιοδήποτε λόγο αυξηθεί η τάση εξόδου, επαναφέρεται στη θεμιτή τιμή με την αντίστροφη διαδικασία
- Ο έλεγχος της τάσης εξόδου μπορεί να πραγματοποιηθεί χειροκίνητα αλλά στην πλειονότητα των περιπτώσεων πραγματοποιείται **μέσω κατάλληλων αυτόματων διατάξεων (automatic voltage regulator)**

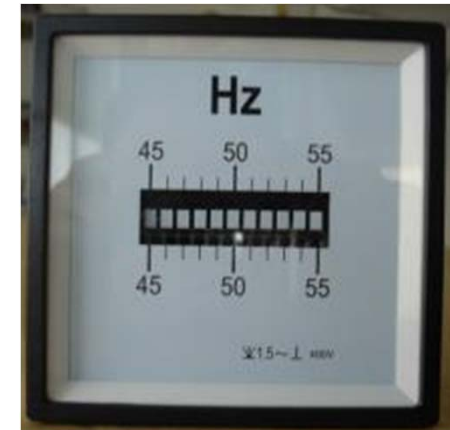
# Ρύθμιση της συχνότητας του παραγόμενου E.P. στην έξοδο της γεννήτριας

- Απαραίτητη **προϋπόθεση** για τη σωστή τροφοδότηση του δικτύου αποτελεί η διατήρηση σταθερής συχνότητας E.P. στην έξοδο του εναλλακτήρα
- Η συχνότητα του E.P. εξόδου εξαρτάται από την ταχύτητα περιστροφής του κινητήρα της γεννήτριας. Η διατήρηση σταθερής ταχύτητας περιστροφής (**ανεξαρτήτως του φορτίου**) επιτυγχάνεται μέσω κατάλληλου ελέγχου της **τροφοδοσίας καυσίμου** του κινητήρα με χρήση αυτόματων διατάξεων

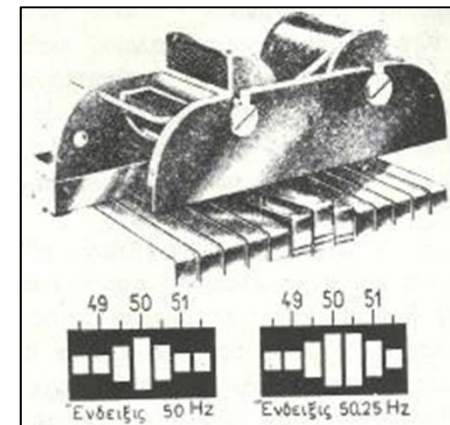
# Παραλληλισμός σύγχρονων γεννητριών (1/6)

- Προϋποθέσεις παραλληλισμού:
  - **Σύμπτωση** τάσης και πολικότητας (στιγμιαίες τιμές)  
Λειτουργία στην ίδια **συχνότητα**
  - Ίδια **διαδοχή** φάσεων (εξασφαλίζεται κατά την εγκατάσταση-σύνδεση με ζυγούς)
  - **Συμφασικές** τάσεις μία προς μία
- Απαραίτητα όργανα για τον παραλληλισμό
  - **Συχνόμετρο**
    - Βασίζεται στην αρχή του μηχανικού **συντονισμού**
    - Αποτελείται από σειρά κατάλληλων **ελασμάτων** προσαρτημένα σε κοινή βάση (στο ένα άκρο), τα οποία πάλλονται μεταξύ των πόλων ενός **ηλεκτρομαγνήτη**
    - Η ταλάντωση σε κάθε έλασμα έχει μέγιστο πλάτος όταν η συχνότητα του Ε.Ρ. (προς μέτρηση) συμπίπτει με την **ιδιοσυχνότητα** του κάθε ελάσματος (γνωστή)

Τυπικό συχνόμετρο  
εμπορίου



Διάταξη Συχνόμετρου



Α.Χ. Τζιφάκι, "Ηλεκτροτεχνικά εφαρμογών πλοίων", Ιδρυμα Ευγενίδου 1980



# Παραλληλισμός σύγχρονων γεννητριών (2/6)

- Απαραίτητα όργανα για τον παραλληλισμό
  - Συγχροσκοπιο
    - **Συνδέεται** με τους ζυγούς του δικτύου και με τη γεννήτρια που πρόκειται να παραλληλισθεί
    - Μετράει τη **διαφορά στη συχνότητα** μεταξύ του δικτύου και της εξόδου της γεννήτριας

Τυπικά συγχροσκοπία εμπορίου



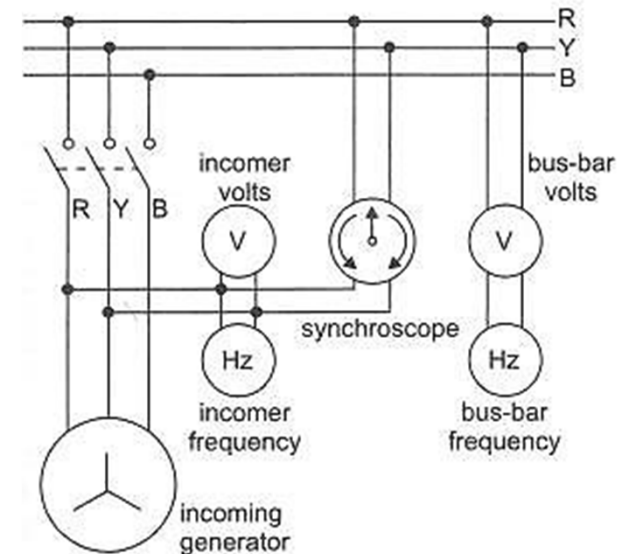
Honly Instrument Electric Co,  
model type: SD-R96



Selco Co, model type:M8100

# Παραλληλισμός σύγχρονων γεννητριών (3/6)

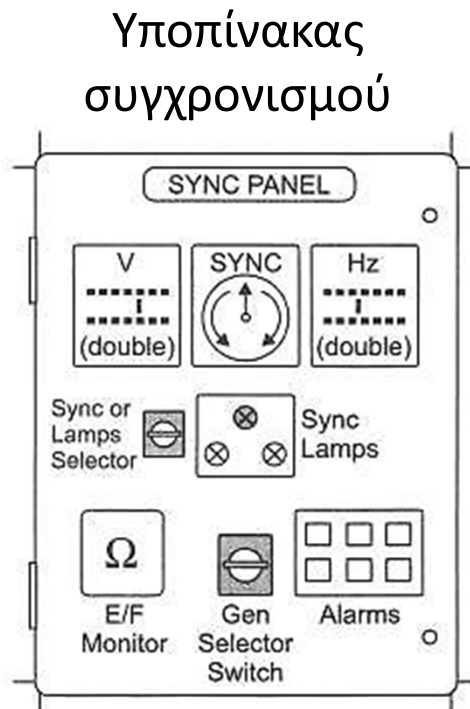
- Απαραίτητα όργανα για τον παραλληλισμό
  - **Συγχρονοσκόπιο**
    - Ωρολογιακή περιστροφή του δείκτη (προς ένδειξη “FAST” ή “+”) σημαίνει ότι η γεννήτρια έχει υψηλότερη συχνότητα από εκείνη του δικτύου (η αντι-ωρολογιακή περιστροφή προς την ένδειξη “SLOW” ή “-” αντίστοιχα, σημαίνει μικρότερη συχνότητα)
    - Η **ταχύτητα** περιστροφής του δείκτη είναι ανάλογη της **διαφοράς** των δύο συχνοτήτων (μία περιστροφή του δείκτη ανά δευτερόλεπτο αντιστοιχεί σε διαφορά περίπου 1%)
    - Δεν είναι σχεδιασμένο για συνεχή λειτουργία, συνήθως δεν πρέπει να είναι συνδεδεμένο περισσότερο από **είκοσι λεπτά** κάθε φορά



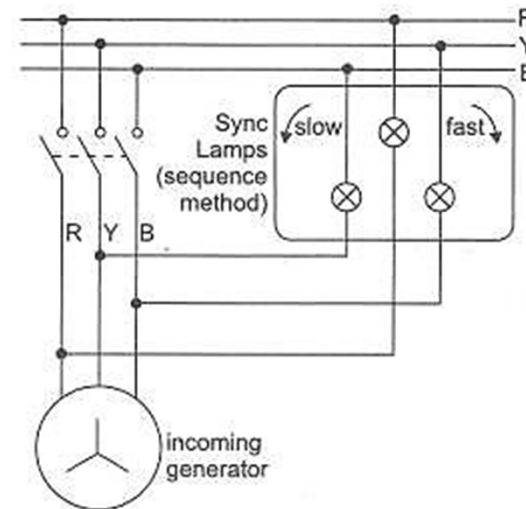
D.T. Hall, “Practical marine electrical knowledge”, Seamanship International, 1999

# Παραλληλισμός σύγχρονων γεννητριών (4/6)

- Απαραίτητα **όργανα** για τον παραλληλισμό
  - **Λυχνίες συγχρονισμού**
    - Χρησιμοποιούνται για τον **έλεγχο της τάσης και της πολικότητας**, σε συνδυασμό με το συγχρονοσκόπιο ή ανεξάρτητα από αυτό



Συνδεσμολογία λυχνιών



D.T. Hall, "Practical marine electrical knowledge",  
Seamanship International, 1999

# Παραλληλισμός σύγχρονων γεννητριών (5/6)

## Λυχνίες συγχρονισμού

- Περιγραφή λειτουργίας των λυχνιών συγχρονισμού ανεξάρτητα του συγχρονοσκοπίου
  - Οι λυχνίες είναι τοποθετημένες σε διάταξη **τριγώνου**
  - Η λυχνία **L1** συνδέεται στην **ίδια φάση** μεταξύ του δικτύου και της γεννήτριας
  - Οι λυχνίες **L2** και **L3** συνδέονται σταυρωτά μεταξύ των άλλων **δύο φάσεων**
  - **Διαφορά** στις δύο συχνότητες (γεννήτριας και δικτύου) οδηγεί σε διαδοχική λάμψη κάθε λυχνίας. Λόγω της τοποθέτησής τους, οι λάμπες φαίνονται ως **περιστροφή**
  - Αντίστοιχα με το συγχρονοσκόπιο, η **φορά** περιστροφής δείχνει εάν η συχνότητα της γεννήτριας είναι **μεγαλύτερη** ή **μικρότερη** από εκείνη του δικτύου
  - Η γεννήτρια συνδέεται όταν η λυχνία **L1** είναι **σβηστή** και οι **L2,L3 εξίσου φωτεινές** (συμφασικές τάσεις)

# Παραλληλισμός σύγχρονων γεννητριών (6/6)

## Λυχνίες συγχρονισμού

- Διαδικασία συγχρονισμού
  - Ρυθμίζεται η **ταχύτητα** της γεννήτριας ώστε η συχνότητά της να είναι ίση ή μεγαλύτερη (όχι περισσότερο από 1%) με τη συχνότητα του δικτύου
  - Ρυθμίζεται η **τάση** της γεννήτριας ώστε να είναι λίγο μεγαλύτερη (όχι περισσότερο από 5%) από την τάση του δικτύου
  - Με χρήση του συγχρονοσκοπίου (ή λαμπτήρων συγχρονισμού) **συνδέεται** η γεννήτρια στο δίκτυο, όταν οι τάσεις είναι συμφασικές με ίδια στιγμιαία τιμή

# Ασύγχρονοι τριφασικοί κινητήρες Ε.Ρ. - κινητήρες επαγωγής (1/2)

- Αποτελούν τους πιο **διαδεδομένους** κινητήρες λόγω της απλότητας της κατασκευής τους
- Δεν χρειάζονται **σύστημα διεγέρσεως** (σε αντίθεση με τις σύγχρονες μηχανές Ε.Ρ.)

Τυπικός κινητήρας επαγωγής



[Valiadis Hellenic Motors Co.](http://www.valiadis.com)

# Ασύγχρονοι τριφασικοί κινητήρες Ε.Ρ. - κινητήρες επαγωγής (2/2)

- **Αρχή λειτουργίας επαγωγικών κινητήρων**
  - Η περιέλιξη του **στάτη** είναι όμοια με εκείνη σύγχρονης μηχανής (αποτελείται από **τρία τυλίγματα - ένα για κάθε φάση**, συμμετρικά τοποθετημένα)
  - Τριφασικό ρεύμα τροφοδοτεί τα τυλίγματα του στάτη, προκαλώντας την ανάπτυξη **στρεφόμενου μαγνητικού πεδίου** (με σταθερή γωνιακή ταχύτητα ανεξάρτητη του φορτίου του κινητήρα)
  - Το στρεφόμενο μαγνητικό πεδίο οδηγεί στην **ανάπτυξη ΗΕΔ** (επομένως και ρεύματος) στα άκρα των αγωγών του τυλίγματος του δρομέα
  - Οι **αγωγοί του δρομέα** διαρρέονται από ρεύμα ενώ βρίσκονται εντός μαγνητικού πεδίου, έχοντας ως αποτέλεσμα την ανάπτυξη δύναμης **Laplace** που **στρέφει** το δρομέα με τη φορά του στρεφόμενου μαγνητικού πεδίου στο στάτη
  - Η φορά περιστροφής του κινητήρα μπορεί να **αναστραφεί** με εναλλαγή δύο οποιωνδήποτε **φάσεων** στα τυλίγματα του στάτη

# Ολίσθηση – ταχύτητα περιστροφής επαγωγικού κινητήρα

- Το αναπτυσσόμενο μαγνητικό πεδίο στο στάτη στρέφεται με τη σύγχρονη **ταχύτητα  $n_1$** , εξαρτώμενη από τη συχνότητα του δικτύου (E.P.) τροφοδοσίας και τον αριθμό των μαγνητικών πόλων στο στάτη P

$$n_1 = \frac{120 \times f}{P} \text{ (rpm)} \quad \begin{array}{l} (f \text{ η συχνότητα του E.P.} \\ \text{τροφοδοσίας σε Hz}) \end{array}$$

- Ο δρομέας **τείνει να περιστραφεί με την ίδια ταχύτητα**, χωρίς όμως ποτέ να τη φθάνει (στην περίπτωση αυτή οι αγωγοί του δρομέα δεν θα “έκοβαν” τις γραμμές του αναπτυσσόμενου μαγνητικού πεδίου του στάτη με αποτέλεσμα τη μη ανάπτυξη επαγωγικού ρεύματος σε αυτούς και τον τερματισμό της κίνησής του)
- Η διαφορά μεταξύ της σύγχρονης ταχύτητας και της ταχύτητας του δρομέα (πραγματική ταχύτητα) ονομάζεται **ολίσθηση  $s$**
- Ισχύει:  $s = \frac{n_1 - n}{n_1}$  όπου  **$n$  η ταχύτητα περιστροφής** του δρομέα
- Με γνωστή τη τιμή της ολίσθησης  $s$  υπολογίζεται η ταχύτητα περιστροφής του δρομέα καθώς:  $n = (1 - s) \times n_1$

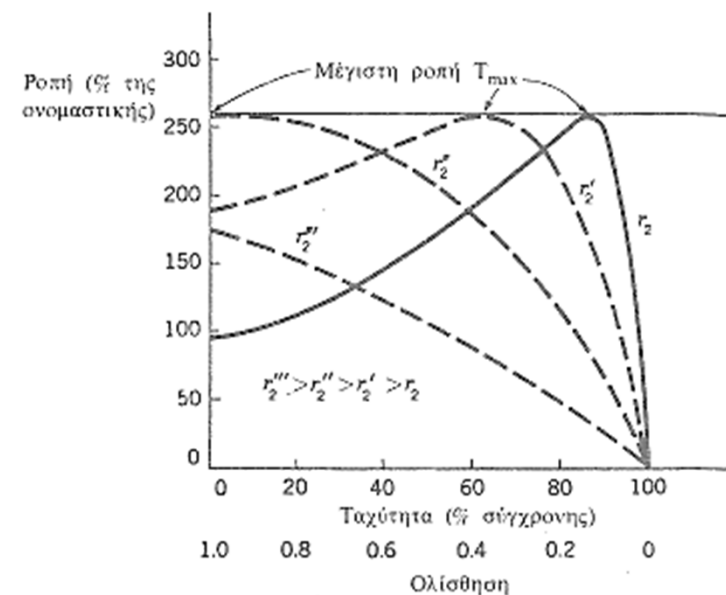
Οι συνήθεις τιμές της ολισθήσεως βρίσκονται στην περιοχή  $s = 0,02-0,03$



# Στρεπτική ροπή επαγωγικού κινητήρα

- Η τιμή της ολίσθησης  $s$  για μέγιστη αναπτυσσόμενη ροπή ( $S_{max-T}$ ) είναι **ανάλογη** προς την αντίσταση του δρομέα ( $r_2$ )
- Η τιμή της μέγιστης αναπτυσσόμενης ροπής του κινητήρα ( $T_{max}$ ) είναι **ανεξάρτητη** από την αντίσταση του δρομέα ( $r_2$ )
- Σε κινητήρες τύπου *τυλιγμένου δρομέα*, η αντίσταση του δρομέα **μπορεί να μεταβληθεί** κατά τη λειτουργία τους, επιτυγχάνοντας “μετατόπιση” της αναπτυσσόμενης μέγιστης ροπής ( $S_{max-T}$ ) στην επιθυμητή ταχύτητα
- Με *εναλλαγή των δύο ακροδεκτών του στάτη* σε τριφασικό επαγωγικό κινητήρα, επιτυγχάνεται **αναστροφή της φοράς περιστροφής** του αναπτυσσόμενου μαγνητικού πεδίου (λόγω αναστροφής στην ακολουθία των φάσεων) και ο κινητήρας περιστρέφεται προς την **αντίθετη κατεύθυνση**

Καμπύλες ροπής (T) – ολίσθησης (s) / ταχύτητας κινητήρα επαγωγής για διαφορετικές αντιστάσεις δρομέα  $r_2$



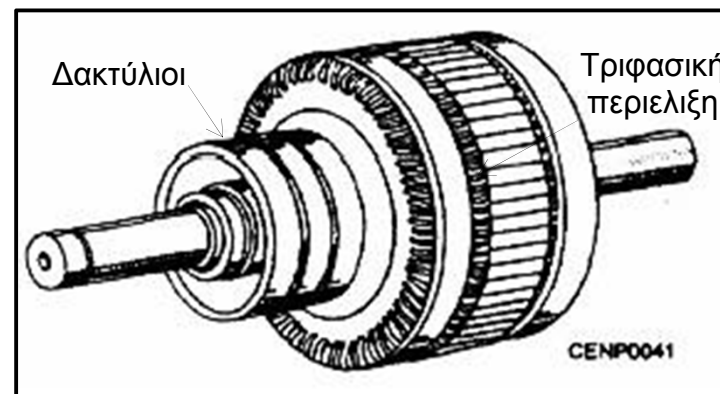
# Βασική κατηγοριοποίηση επαγωγικών κινητήρων (1/3)

Κατηγοριοποιούνται ανάλογα με τον τρόπο κατασκευής του δρομέα τους

- **Κινητήρες Τυλιγμένου Δρομέα**

- Ο δρομέας αποτελείται από **τριφασική περιέλιξη** σε συνδεσμολογία **αστέρα**
- Τα άκρα της περιέλιξης συνδέονται μέσω κατάλληλων διατάξεων ψυκτρών-δακτυλίων με **εξωτερικές μεταβλητές αντιστάσεις**
- Κατά την εκκίνηση του κινητήρα, το ρεύμα στο δρομέα μειώνεται μέσω των αντιστάσεων με αποτέλεσμα να **αυξάνεται η ροπή εκκίνησης**, ενώ καθώς η ταχύτητα αυξάνεται οι αντιστάσεις μειώνονται σταδιακά έως ότου μηδενιστούν

Δομή τυλιγμένου δρομέα



# Βασική κατηγοριοποίηση επαγωγικών κινητήρων (2/3)

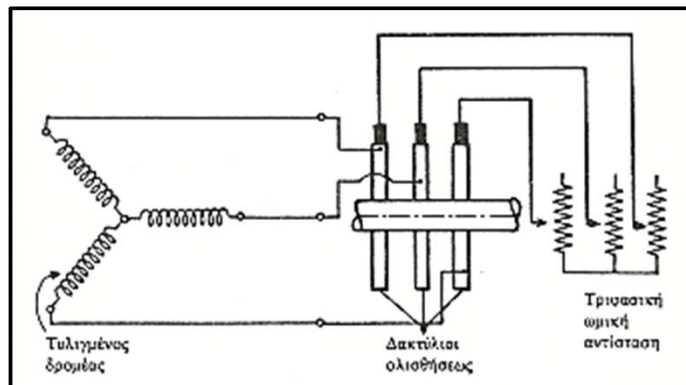
Κατηγοριοποιούνται ανάλογα με τον τρόπο κατασκευής του δρομέα τους

- **Κινητήρες Τυλιγμένου Δρομέα**

- **Μειονέκτημα**

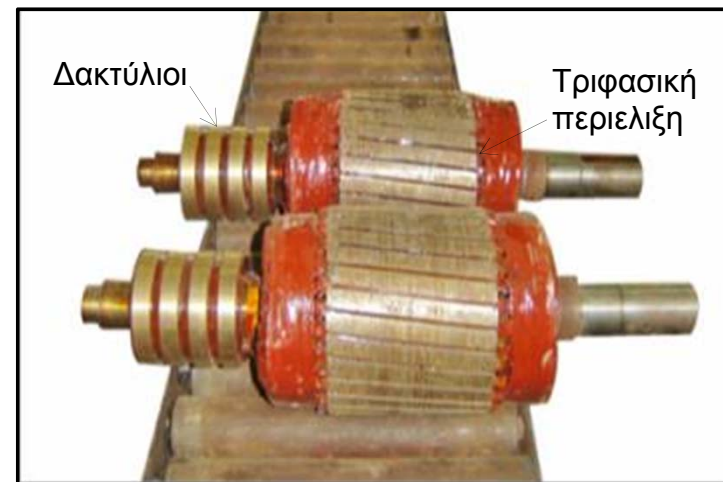
Αποτελούν η **απώλεια ενέργειας** στις αντιστάσεις και το αυξημένο **κόστος** σε σύγκριση με τους κινητήρες κλωβού

Συνδεσμολογία τυλιγμάτων  
τυλιγμένου δρομέα



Πρωτονοτάριος Ε.Ν., Βουρνάς Κ, "Ηλεκτροτεχνικές Εφαρμογές", Αθήνα, 1993

Τυπικός τυλιγμένος δρομέας



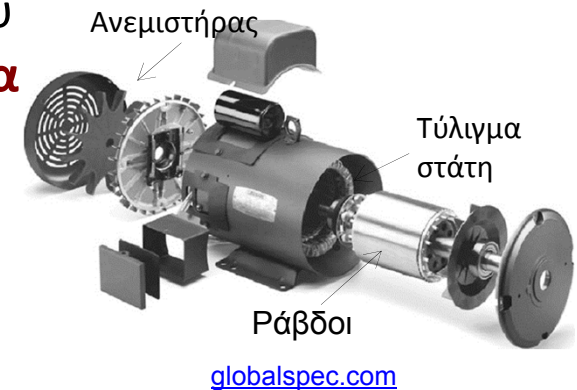
Patil Electric Works PVT. LTD

# Βασική κατηγοριοποίηση επαγωγικών κινητήρων (3/3)

Κατηγοριοποιούνται ανάλογα με τον τρόπο κατασκευής του δρομέα τους

- **Κινητήρες Βραχυκυκλωμένου Δρομέα**
  - Ονομάζονται επίσης και **κινητήρες κλωβού** (squirrel-cage motors)
  - Ο δρομέας έχει **κυλινδρικό σχήμα**. Αποτελείται κυρίως από **δύο κυκλικές βάσεις** ενωμένες μεταξύ τους με χαλύβδινα ηλεκτρικά μονωμένα **ελάσματα**
  - Στην εξωτερική του επιφάνεια φέρει κατάλληλες **αυλακώσεις** μέσα στις οποίες τοποθετούνται **χάλκινες ράβδοι** (σχηματίζοντας τον κλωβό)
  - Τα άκρα των ράβδων είναι **ηλεκτρικά συνδεδεμένα μεταξύ τους**, μέσω των βάσεων, επιτρέποντας τη ροή του επαγωγικού ρεύματος, απαραίτητη για την ανάπτυξη της στρεπτικής ροπής

Τομή ενός τυπικού επαγωγικού κινητήρα κλωβού



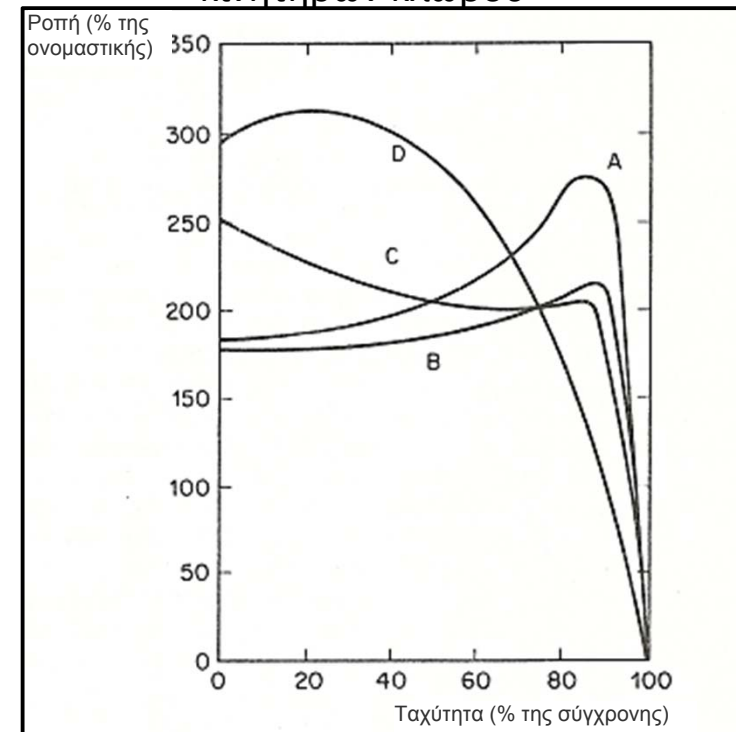
# Κατηγορίες ασύγχρονων κινητήρων κλωβού (1/3)

- Ανάλογα με τα χαρακτηριστικά λειτουργίας, οι ασύγχρονοι **κινητήρες κλωβού** **κατηγοριοποιούνται** σε τέσσερις κατηγορίες (σύμφωνα με την Ένωση Κατασκευαστών Ηλεκτρολογικού Εξοπλισμού ΝΕΜΑ των ΗΠΑ)
- **Κατηγορία A**
  - Αποτελούν τη βασική κατασκευή για κάτω από 7,5 HP πάνω από 200 HP
  - Έχουν χρήση σε ηλεκτροκίνηση με **σταθερό αριθμό στροφών** και **χαμηλή ροπή εκκίνησης** (π.χ. ανεμιστήρες, φυσητήρες, αντλίες, εργαλειομηχανές)
  - Η **ολίσθηση** πλήρους φορτίου είναι **χαμηλή**, ενώ η **απόδοση** στο πλήρες φορτίο είναι **υψηλή**
  - Το ρεύμα εκκίνησης ποικίλει από 500 έως 800% του ρεύματος πλήρους φορτίου (εκκίνηση με ονομαστική τάση)

# Κατηγορίες ασύγχρονων κινητήρων κλωβού (2/3)

- **Κατηγορία B**
  - Κατασκευάζεται για ισχύ μεταξύ 7,5 και 200 HP
  - Έχουν την ίδια περίπου ροπή εκκίνησης με την κατηγορία A
  - Η **ολίσθηση** πλήρους φορτίου είναι **χαμηλή**, ενώ η **απόδοση** στο πλήρες φορτίο είναι **υψηλή**
  - Έχουν τις ίδιες εφαρμογές όπως και στην κατηγορία A, με τη διαφορά ότι το ρεύμα εκκίνησης είναι περίπου το **75%** αυτού που απαιτείται στην κατηγορία A

Καμπύλες ροπής – ταχύτητας για τις τέσσερις κατηγορίες ασύγχρονων κινητήρων κλωβού



Πρωτονοτάριος Ε.Ν. ,Βουρνάς Κ, "Ηλεκτροτεχνικές Εφαρμογές", Αθήνα, 1993

# Κατηγορίες ασύγχρονων κινητήρων κλωβού (3/3)

- **Κατηγορία C**

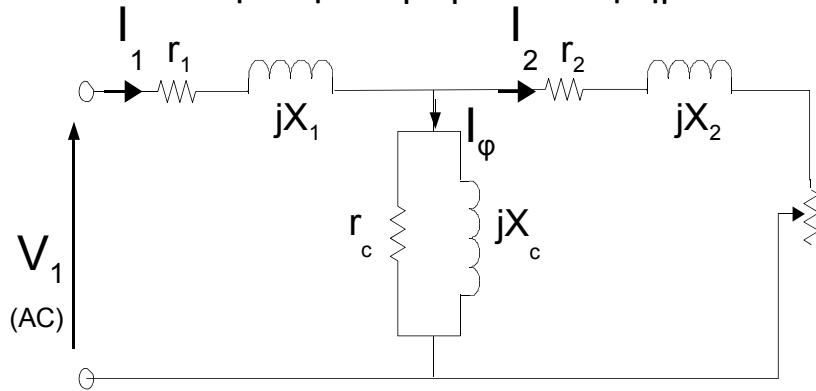
- Κατασκευάζονται για ισχύ μεταξύ των 10 έως 300 HP
- Έχουν **υψηλή ροπή εκκίνησης με χαμηλό ρεύμα εκκίνησης**
- Η **ολίσθηση** είναι **υψηλότερη** εκείνης των κατηγοριών A & B σε κανονική λειτουργία (επομένως έχουν **χαμηλότερη απόδοση**)
- Βρίσκουν εφαρμογές σε συμπιεστές και μεταφορικές ταινίες

- **Κατηγορία D**

- Κατασκευάζονται για ισχύ από 5 έως μερικές εκατοντάδες HP
- Αναπτύσσουν **πολύ μεγάλη ροπή εκκίνησης με χαμηλό ρεύμα εκκίνησης**
- Σε λειτουργία πλήρους φορτίου (ονομαστική ροπή) η **ολίσθηση** είναι **μεγάλη** (από 7 έως 11%) συνεπώς έχουν **χαμηλή απόδοση** λειτουργίας
- Βρίσκουν εφαρμογή κυρίως σε φορτία που απαιτούν υψηλή επιτάχυνση και φορτία κρούσεων (π.χ. κρουστικές πρέσες)
- **Η μέγιστη ροπή** αναπτύσσεται σε ολίσθηση 50 έως 100%

# Ισοδύναμο κύκλωμα επαγωγικού κινητήρα

**Πλήρες** ισοδύναμο κύκλωμα ανά φάση επαγωγικού κινητήρα

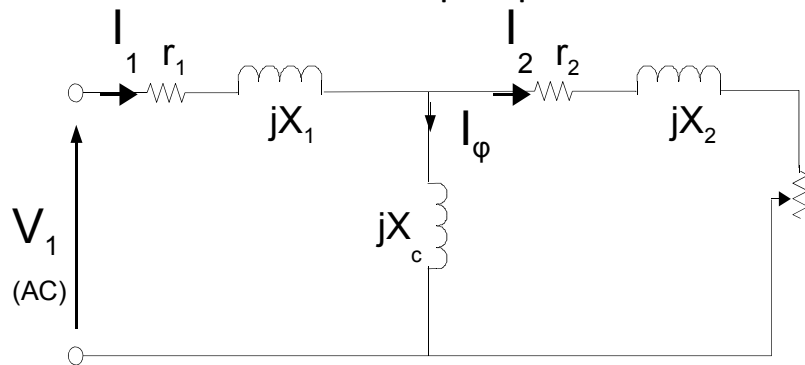


$$r_2 \times \frac{1-s}{s}$$

(Θεωρώντας **μεγάλη αντίσταση πυρήνα  $r_c$** )



**Απλοποιημένο** ισοδύναμο κύκλωμα επαγωγικού κινητήρα ανά φάση



$$r_2 \times \frac{1-s}{s}$$

όπου:  **$V_1$  Φασική τάση μεταξύ των ακροδεκτών του στάτη (AC)**

**$I_1$  Ρεύμα στάτη ανά φάση (AC)**

$R_1$  Αντίσταση (ωμική) τυλίγματος στάτη ανά φάση

$X_1$  Αντίδραση σκεδάσεως τυλίγματος στάτη ανά φάση

**$I_2$  Ρεύμα δρομέα ανά φάση (AC)**

$r_2$  Αντίσταση (ωμική) τυλίγματος δρομέα ανά φάση (ανηγμένη στο στάτη)

$X_2$  Αντίδραση σκεδάσεως τυλίγματος δρομέα ανά φάση (ανηγμένη στο στάτη)

$I_\phi$  Ρεύμα διεγέρσεως (AC)

$X_c$  Αντίδραση μαγνητίσεως

$r_c$  Αντίσταση (ωμική) πυρήνα στάτη

$S$  Ολίσθηση

Ισχύει:  $r_2 = \alpha^2 r_\delta$

όπου  $\alpha$  ο λόγος σπειρών στάτη  $N_\sigma$  προς σπείρες δρομέα  $N_\delta$  ( $\alpha = N_\sigma / N_\delta$ )



# Εκκίνηση επαγωγικών κινητήρων τυλιγμένου δρομέα 1/8

- Η εκκίνηση πραγματοποιείται μέσω των **εξωτερικών μεταβλητών αντιστάσεων** που είναι συνδεδεμένες με τα άκρα της τριφασικής περιέλιξης του δρομέα, μειώνοντας στο επιθυμητό επίπεδο το απαιτούμενο ρεύμα εκκίνησης

## Εκκίνηση κινητήρων κλωβού (1/6)

- **Εκκινητής απευθείας συνδέσεως**

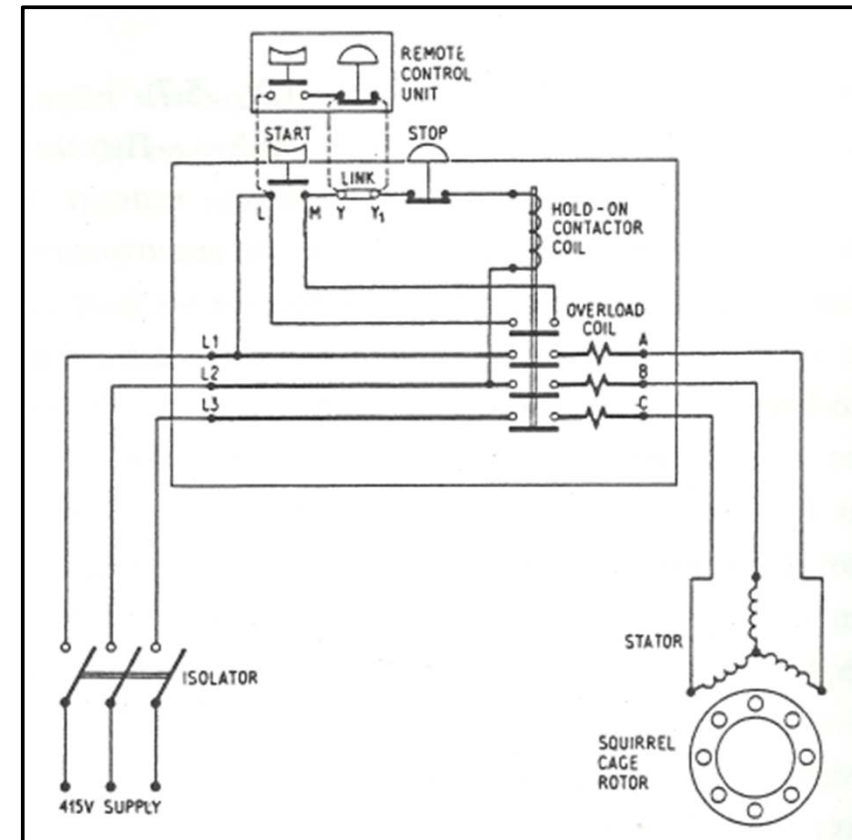
- Χρησιμοποιείται σε μικρούς κινητήρες (κάτω των 3,75 kW)
- Δεν περιορίζει το ρεύμα εκκίνησης του κινητήρα
- Περιλαμβάνει κυρίως ένα μαχαιρωτό και ένα αυτόματο διακόπτη τεσσάρων επαφών μέσω του οποίου τροφοδοτεί τον κινητήρα (3 φάσεις) και το πηνίο του αυτομάτου
- Μπορεί εύκολα να προστεθεί τηλεχειρισμός

# Εκκίνηση επαγωγικών κινητήρων τυλιγμένου δρομέα 2/8

## Εκκίνηση κινητήρων κλωβού (2/6)

- **Εκκινητής απευθείας συνδέσεως**
  - Τρόπος λειτουργίας
    - Με το μαχαιρωτό διακόπτη κλειστό, πιέζεται το “START” με αποτέλεσμα να επιτυγχάνεται η τροφοδοσία του πηνίου και η συγκράτηση των τεσσάρων επαφών του ρελέ από το δίκτυο
    - Για τη διακοπή του κινητήρα, πιέζεται το “STOP”, διακόπτοντας την παροχή του πηνίου άρα και τη συγκράτηση των επαφών

Εκκινητής απευθείας συνδέσεως



Φραγκόπουλος Χ.Α., Προυσαλίδης Ι.Μ., "Ενεργειακά συστήματα πλοίου, τεύχος Α, ΕΜΠ 2005

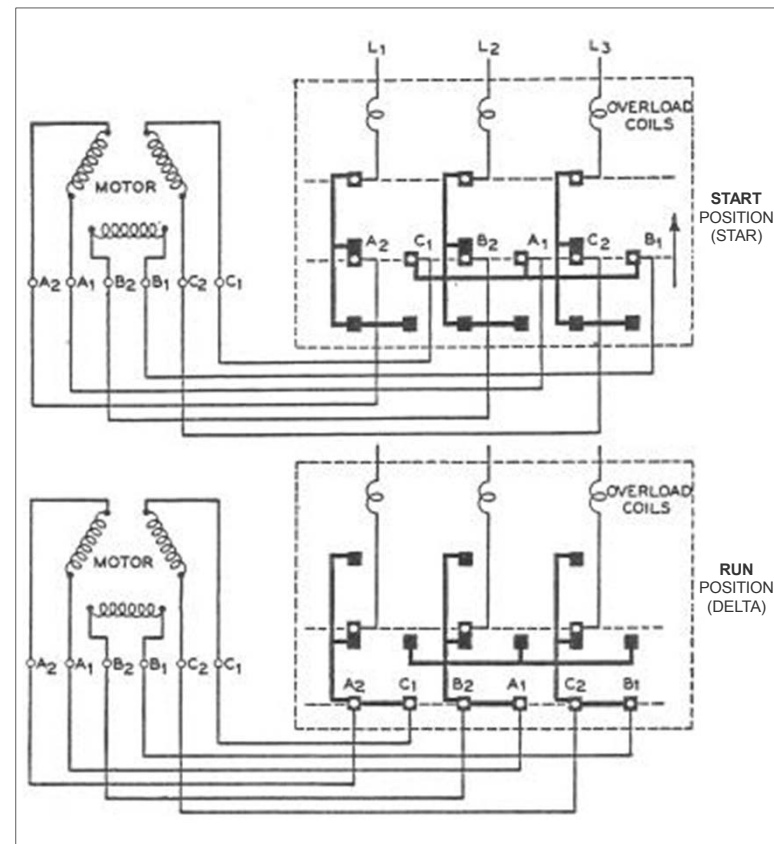
# Εκκίνηση επαγωγικών κινητήρων τυλιγμένου δρομέα 3/8

## Εκκίνηση κινητήρων κλωβού (3/6)

- **Εκκινητής αστέρα-τριγώνου**
  - Χρησιμοποιείται σε μεγαλύτερους κινητήρες για τον **περιορισμό του ρεύματος εκκίνησης** στο επιθυμητό επίπεδο
  - Τα έξι άκρα του τριφασικού τυλίγματος του στάτη συνδέονται μέσω του εκκινητή σε συνδεσμολογία **αστέρα** κατά την εκκίνηση του κινητήρα και τριγώνου στην **κανονική** λειτουργία
  - Η τάση εκκίνησης περιορίζεται στο **58%** της πολικής τάσης  $V_{\pi}$  αφού:

$$V_{\varphi} = V_{\pi} / \sqrt{3} = 0,58 \times V_{\pi}$$

## Εκκινητής αστέρα-τριγώνου



Φραγκόπουλος Χ.Α., Προυσαλίδης Ι.Μ., "Ενεργειακά συστήματα πλοίου, τεύχος Α, ΕΜΠ 2005

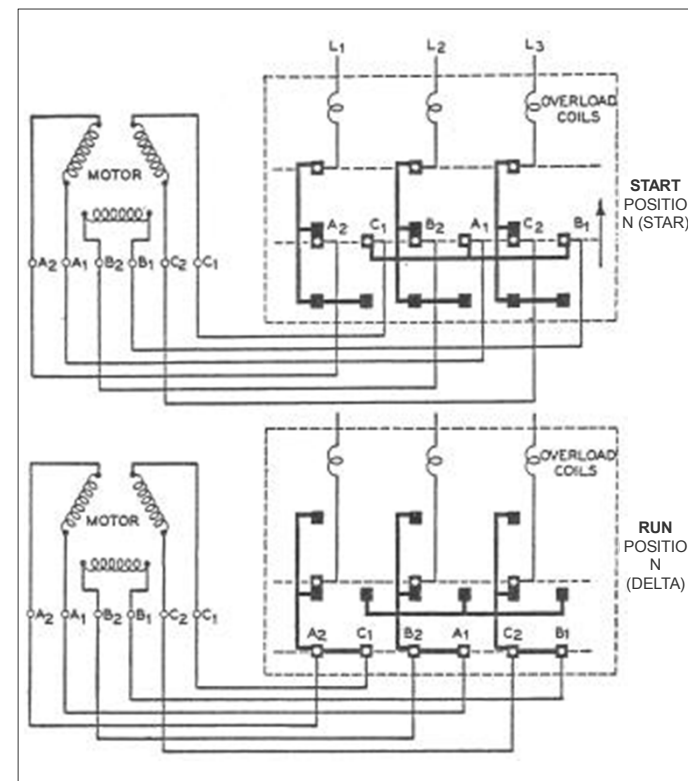
# Εκκίνηση επαγωγικών κινητήρων τυλιγμένου δρομέα 4/8

## Εκκίνηση κινητήρων κλωβού (4/6)

- **Εκκινητής αστέρα-τριγώνου**

- Το ρεύμα εκκίνησης και η ροπή εκκίνησης είναι ίσα με το **1/3** των αντίστοιχων στην περίπτωση απευθείας τροφοδότησης με το δίκτυο τροφοδοσίας
- Χρησιμοποιείται σε περιπτώσεις κίνησης φορτίων φυγοκεντρικού τύπου όπως **αντλίες, ανεμιστήρες** κτλ
- Σε πολλές περιπτώσεις είναι εφοδιασμένος με κατάλληλη διάταξη **αυτοματισμού** (π.χ. θερμικό ρελέ) για την αυτόματη **μετάβαση** στη συνδεσμολογία τριγώνου μετά την πάροδο συγκεκριμένου χρονικού διαστήματος (1-10 sec) από την εκκίνηση του κινητήρα

## Εκκινητής αστέρα-τριγώνου



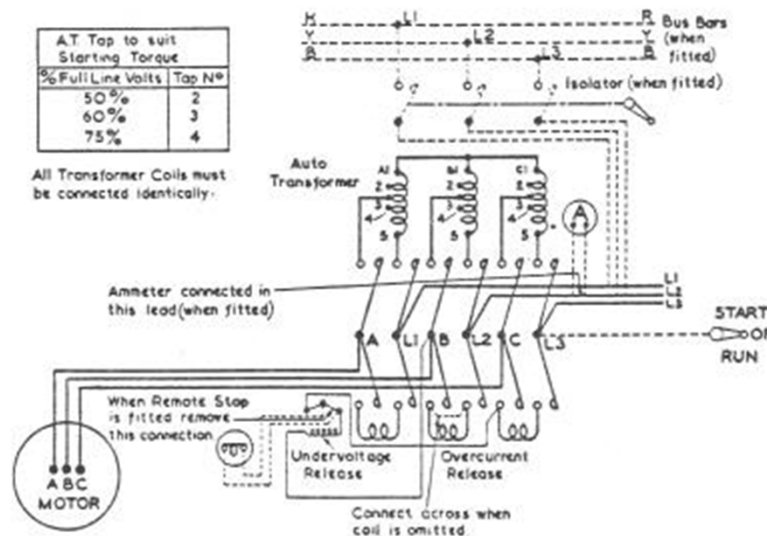
Φραγκόπουλος Χ.Α., Προυσαλίδης Ι.Μ., "Ενεργειακά συστήματα πλοίου, τεύχος Α, ΕΜΠ 2005

# Εκκίνηση επαγωγικών κινητήρων τυλιγμένου δρομέα 5/8

## Εκκίνηση κινητήρων κλωβού (5/6)

- **Εκκινητής με αυτομετασχηματιστή**
  - Χρησιμοποιείται για τον **περιορισμό του ρεύματος εκκίνησης** στο επιθυμητό επίπεδο
  - Αποτελεί **ακριβότερη** λύση από τον εκκινητή αστέρα-τριγώνου, αλλά
  - κατάλληλη σε περιπτώσεις κινητήρων όπου δεν υπάρχει πρόσβαση στα άκρα των **περιελίξεων** του στάτη (άρα και η δυνατότητα αλλαγής της συνδεσμολογίας τροφοδοσίας τους)

Εκκινητής με αυτομετασχηματιστή

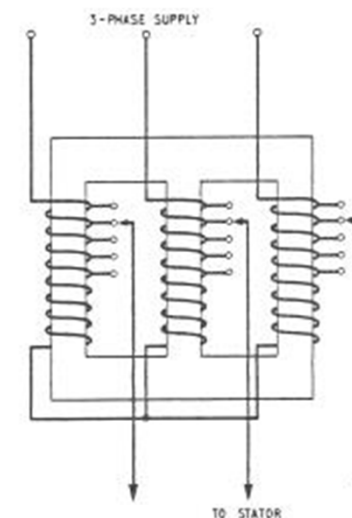


# Εκκίνηση επαγωγικών κινητήρων τυλιγμένου δρομέα 6/8

## Εκκίνηση κινητήρων κλωβού (6/6)

- **Εκκινητής με αυτομετασχηματιστή**
  - Ο αυτομετασχηματιστής συνδέεται με το δίκτυο τροφοδοσίας. Κατά την εκκίνηση, ο κινητήρας τροφοδοτείται με τάση ίση με **40-80%** της τάσης δικτύου, μέσω κατάλληλων **συρόμενων επαφών** κατά μήκος των τυλιγμάτων. Όταν η ταχύτητά του έχει **αυξηθεί** αρκετά, ο κινητήρας συνδέεται κατευθείαν με το δίκτυο
  - Στη λήψη **60%** η ροπή εκκίνησης είναι περίπου ίση με εκείνη που αντιστοιχεί σε εκκινητή **αστέρα-τριγώνου** (όπου  $V_{\varphi} = 0,58 \times V_{\pi}$ )
  - Οι τυπικοί αυτομετασχηματιστές **δεν είναι σχεδιασμένοι για παρατεταμένη χρήση** (συχνές εκκινήσεις) αλλά για δύο εκκινήσεις διάρκειας μερικών δευτερολέπτων ανά ώρα - για συχνότερη λειτουργία πρέπει να χρησιμοποιούνται αυτομετασχηματιστές ειδικού τύπου

Αυτομετασχηματιστής



# Εκκίνηση επαγωγικών κινητήρων τυλιγμένου δρομέα 7/8

## Βασικές σχέσεις επίλυσης επαγωγικών κινητήρων

- **Σύγχρονη ταχύτητα:**  $n_1 = \frac{120 \cdot f}{P}$  (rpm)
- **Ολίσθηση:**  $s = \frac{n_1 - n}{n_1}$  ή  $n = (1 - s) \cdot n_1$  ( $0 < s < 1$ )
- **Εσωτερική ισχύς (ωφέλιμη ισχύς) ανά φάση:**  $P_{εσ} = I_2^2 \cdot r_2 \cdot \frac{1 - s}{s}$
- **Θερμικές απώλειες στάτη ανά φάση:**  $P_{cu\_στάτη} = I_1^2 \cdot r_1$
- **Θερμικές απώλειες δρομέα ανά φάση:**  $P_{cu\_δρομέα} = I_2^2 \cdot r_2$

όπου:  $n_1$  η σύγχρονη ταχύτητα (rpm)  
 $P$  ο αριθμός των πόλων της μηχανής  
 $F$  η συχνότητα εναλλασσόμενης τάσης τροφοδοσίας στο στάτη (Hz)  
 $S$  η ολίσθηση  
 $n_1$  η σύγχρονη ταχύτητα (rpm)  
 $n$  η ταχύτητα περιστροφής του δρομέα (rpm)  
 $r_1$  Αντίσταση (ωμική) τυλίγματος στάτη ανά φάση  
 $I_1$  Ρεύμα στάτη ανά φάση (AC)  
 $r_2$  Αντίσταση (ωμική) τυλίγματος δρομέα ανά φάση (ανηγμένη στο στάτη)  
 $I_2$  Ρεύμα δρομέα ανά φάση (AC)

# Εκκίνηση επαγωγικών κινητήρων τυλιγμένου δρομέα 8/8

Ροή ισχύος επαγωγικού κινητήρα:



Μηχανική ισχύς (έξοδος)

$$P_{\text{μηχανισή}} = 3 \cdot P_{\text{εσ}}$$

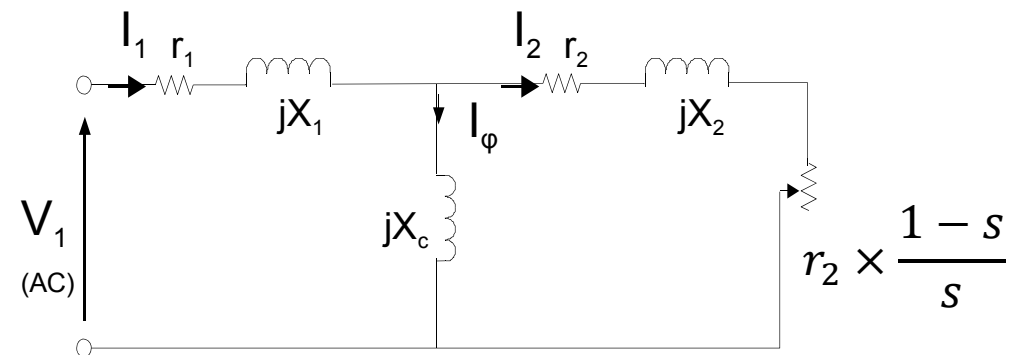
Γενικότερα ισχύει:  $f = \frac{n}{60}$  (Hz)

$\omega = 2 \times \pi \times f$  (rad/sec)

όπου:

f η συχνότητα σε Hz,

n αριθμός στροφών (rpm)



Ροπή στον άξονα :  $T_m = \frac{P_m}{\omega_m}$  (Nm)

(Μετατροπή HP σε kW : 1 HP = 0,746 kW)



# Τέλος Ενότητας



Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



# Σημειώματα

# Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Αθήνας, Δ.Ν. Παγώνης 2014.  
Δ.Ν. Παγώνης. «Ηλεκτροτεχνία – Ηλ. Μηχανές & Εγκαταστάσεις πλοίου (Θ).  
Ενότητα 9: Μηχανές Εναλλασσομένου Ρεύματος». Έκδοση: 1.0. Αθήνα 2014.  
Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση: [ocp.teiath.gr](http://ocp.teiath.gr).

# Σημείωμα Αδειοδότησης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά, Μη Εμπορική Χρήση Παρόμοια Διανομή 4.0 [1] ή μεταγενέστερη, Διεθνής Έκδοση. Εξαιρούνται τα αυτοτελή έργα τρίτων π.χ. φωτογραφίες, διαγράμματα κ.λ.π., τα οποία εμπεριέχονται σε αυτό. Οι όροι χρήσης των έργων τρίτων επεξηγούνται στη διαφάνεια «Επεξήγηση όρων χρήσης έργων τρίτων».

Τα έργα για τα οποία έχει ζητηθεί άδεια αναφέρονται στο «Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων».



[1] <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Ως **Μη Εμπορική** ορίζεται η χρήση:

- που δεν περιλαμβάνει άμεσο ή έμμεσο οικονομικό όφελος από την χρήση του έργου, για το διανομέα του έργου και αδειοδόχο
- που δεν περιλαμβάνει οικονομική συναλλαγή ως προϋπόθεση για τη χρήση ή πρόσβαση στο έργο
- που δεν προσπορίζει στο διανομέα του έργου και αδειοδόχο έμμεσο οικονομικό όφελος (π.χ. διαφημίσεις) από την προβολή του έργου σε διαδικτυακό τόπο

Ο δικαιούχος μπορεί να παρέχει στον αδειοδόχο ξεχωριστή άδεια να χρησιμοποιεί το έργο για εμπορική χρήση, εφόσον αυτό του ζητηθεί.

# Επεξήγηση όρων χρήσης έργων τρίτων

© Δεν επιτρέπεται η επαναχρησιμοποίηση του έργου, παρά μόνο εάν ζητηθεί εκ νέου άδεια από το δημιουργό.

διαθέσιμο με άδεια CC-BY	Επιτρέπεται η επαναχρησιμοποίηση του έργου και η δημιουργία παραγώγων αυτού με απλή αναφορά του δημιουργού.
διαθέσιμο με άδεια CC-BY-SA	Επιτρέπεται η επαναχρησιμοποίηση του έργου με αναφορά του δημιουργού, και διάθεση του έργου ή του παράγωγου αυτού με την ίδια άδεια.
διαθέσιμο με άδεια CC-BY-ND	Επιτρέπεται η επαναχρησιμοποίηση του έργου με αναφορά του δημιουργού. Δεν επιτρέπεται η δημιουργία παραγώγων του έργου.
διαθέσιμο με άδεια CC-BY-NC	Επιτρέπεται η επαναχρησιμοποίηση του έργου με αναφορά του δημιουργού. Δεν επιτρέπεται η εμπορική χρήση του έργου.
διαθέσιμο με άδεια CC-BY-NC-SA	Επιτρέπεται η επαναχρησιμοποίηση του έργου με αναφορά του δημιουργού και διάθεση του έργου ή του παράγωγου αυτού με την ίδια άδεια. Δεν επιτρέπεται η εμπορική χρήση του έργου.
διαθέσιμο με άδεια CC-BY-NC-ND	Επιτρέπεται η επαναχρησιμοποίηση του έργου με αναφορά του δημιουργού. Δεν επιτρέπεται η εμπορική χρήση του έργου και η δημιουργία παραγώγων του.
διαθέσιμο με άδεια CC0 Public Domain	Επιτρέπεται η επαναχρησιμοποίηση του έργου, η δημιουργία παραγώγων αυτού και η εμπορική του χρήση, χωρίς αναφορά του δημιουργού.
διαθέσιμο ως κοινό κτήμα	Επιτρέπεται η επαναχρησιμοποίηση του έργου, η δημιουργία παραγώγων αυτού και η εμπορική του χρήση, χωρίς αναφορά του δημιουργού.
χωρίς σήμανση	Συνήθως δεν επιτρέπεται η επαναχρησιμοποίηση του έργου.

# Διατήρηση Σημειωμάτων

Οποιαδήποτε αναπαραγωγή ή διασκευή του υλικού θα πρέπει να συμπεριλαμβάνει:

- το Σημείωμα Αναφοράς
- το Σημείωμα Αδειοδότησης
- τη δήλωση Διατήρησης Σημειωμάτων
- το Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (εφόσον υπάρχει)

μαζί με τους συνοδευόμενους υπερσυνδέσμους.

# Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στο πλαίσιο του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο ΤΕΙ Αθήνας**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο την αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.

