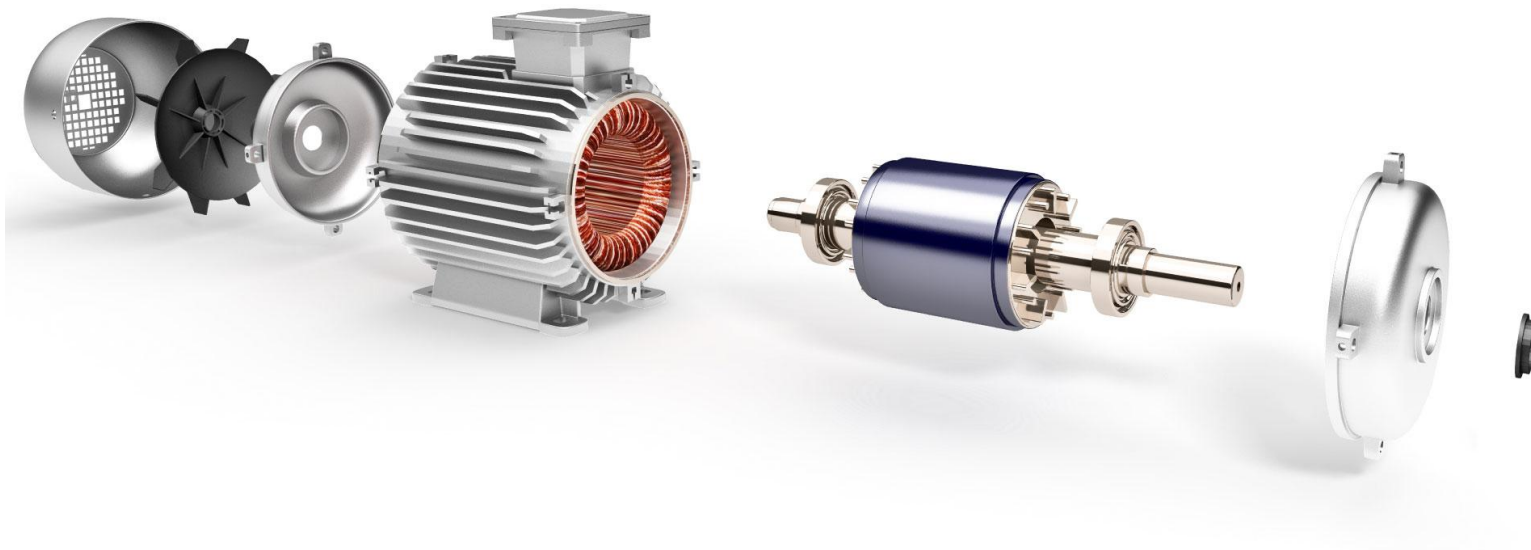


# Ασύγχρονοι μονοφασικοί κινητήρες



<http://imarinakis.mysch.gr/>

<http://imarinakis.mysch.gr/>

# Ασύγχρονος μονοφασικός κινητήρας



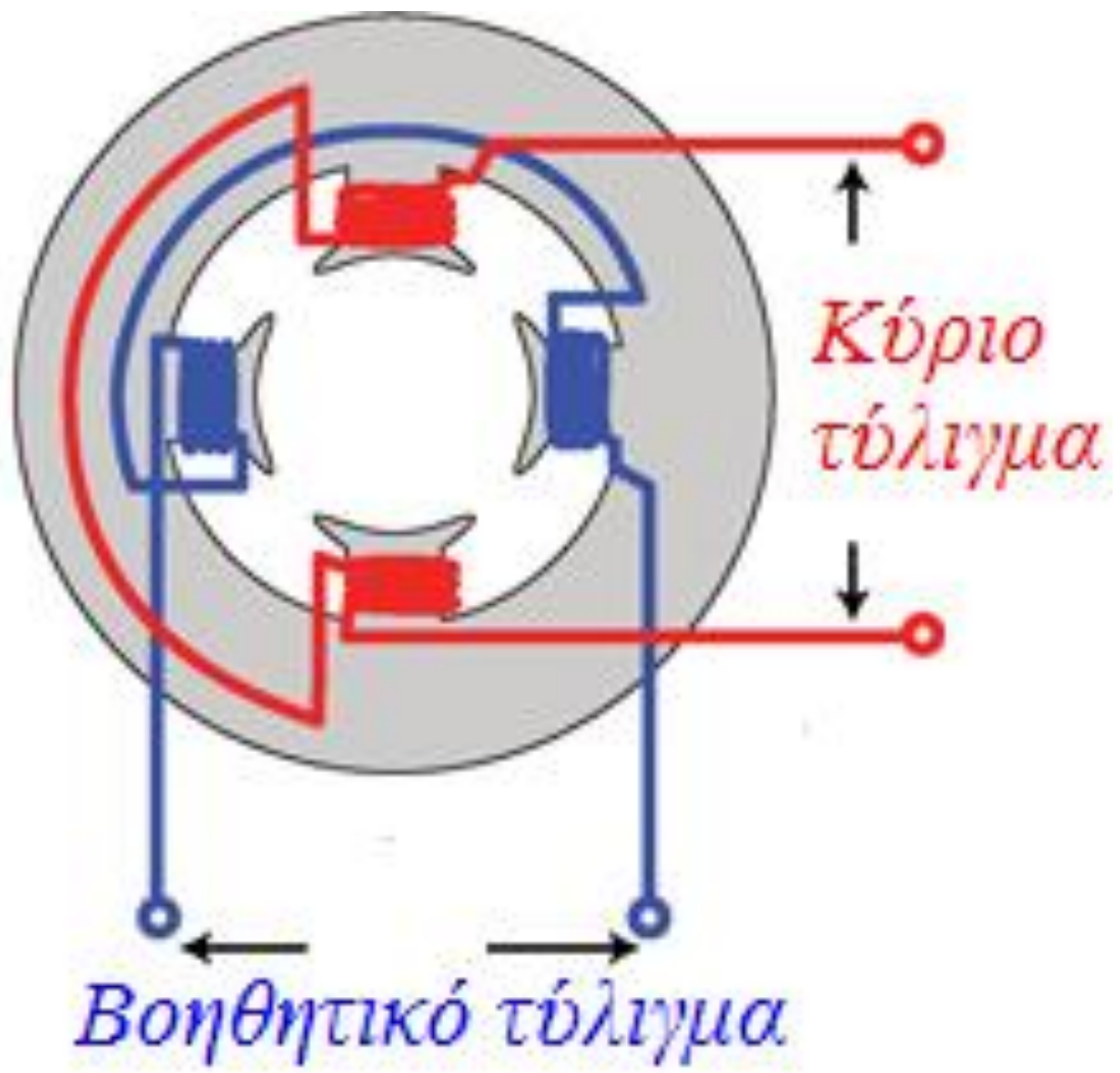
Οι ασύγχρονοι μονοφασικοί κινητήρες σχετικά με τους αντίστοιχους τριφασικούς, έχουν πολλά μειονεκτήματα, όπως μικρό βαθμό απόδοσης και μεγαλύτερο θόρυβο. Γι αυτό χρησιμοποιούνται σε περιπτώσεις μικρής ισχύος.

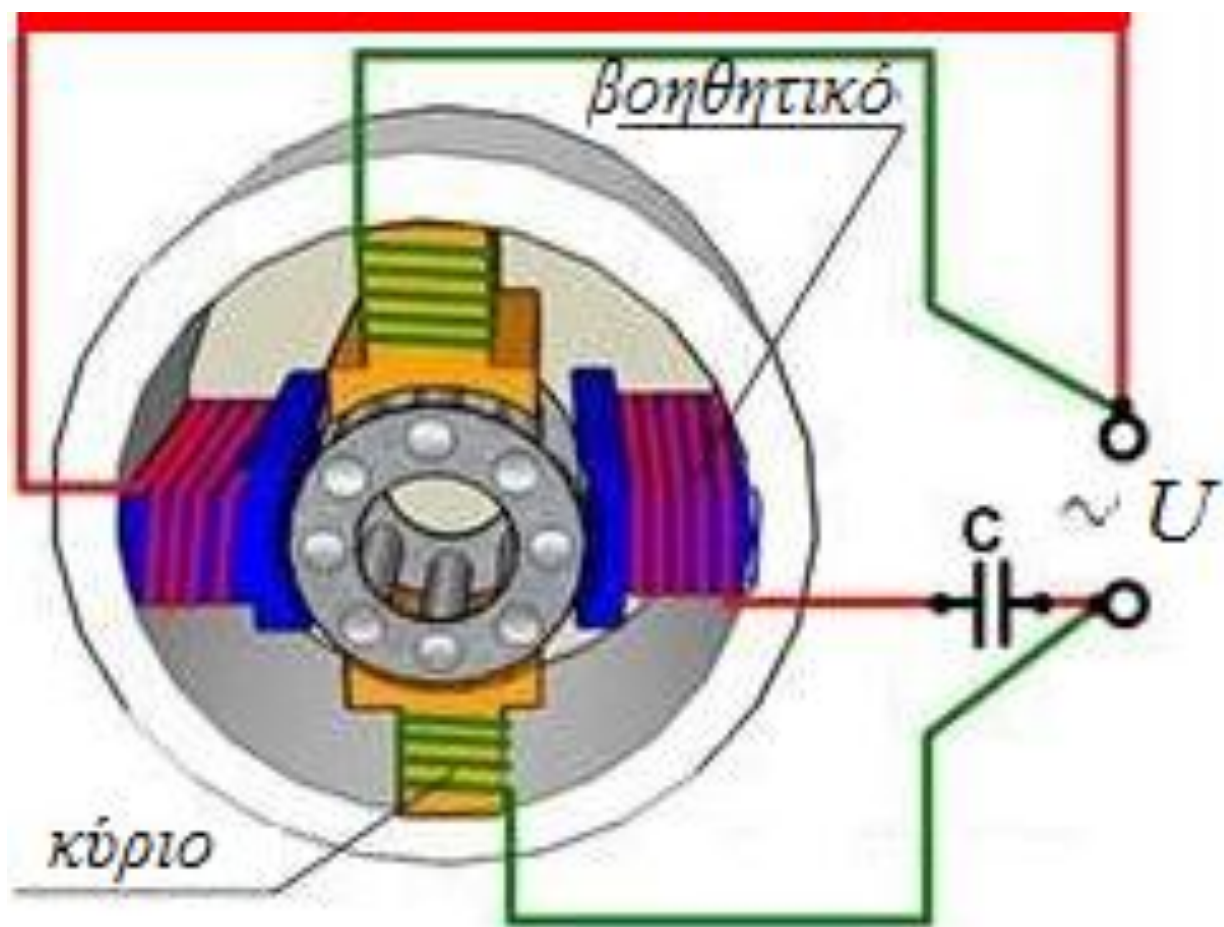
## ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ

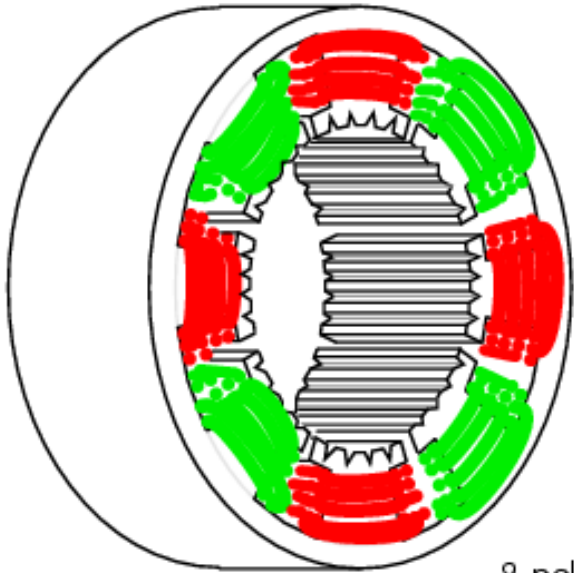
### Δημιουργία στρεφόμενου μαγνητικού πεδίου

Το διφασικό ρεύμα δυο μονοφασικά ρεύματα μετατοπισμένα μεταξύ τους κατά  $90^\circ$  (Σχήμα).

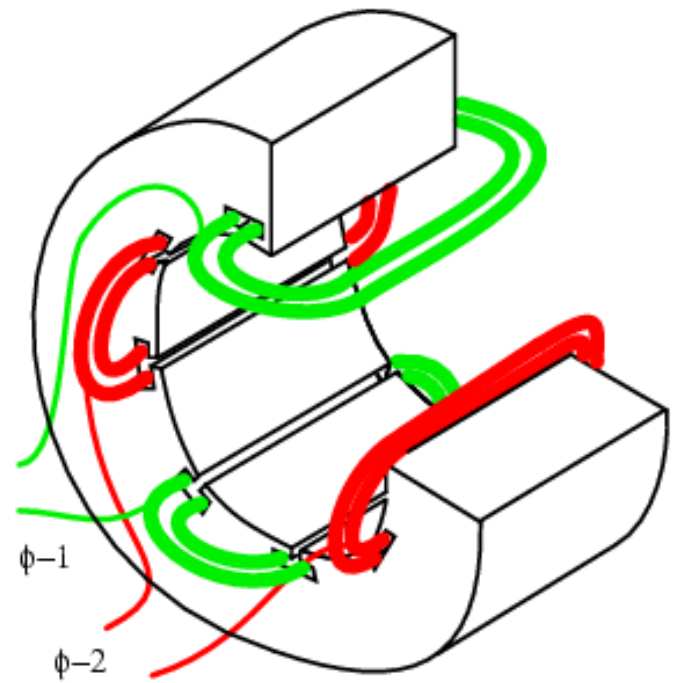
Αυτό πετυχαίνεται με τη βοήθεια ενός δευτέρου τυλίγματος, το οποίο τοποθετείται στο στάτη του κινητήρα και σε απόσταση μισού πολικού βήματος από το κύριο τύλιγμα. Το τύλιγμα αυτό, που λέγεται **βοηθητικό τύλιγμα** (ή βοηθητική φάση), **πρέπει να διαρρέεται από ρεύμα που να έχει μια διαφορά φάσης**, σε σχέση με το ρεύμα που διαρρέει το κύριο τύλιγμα.

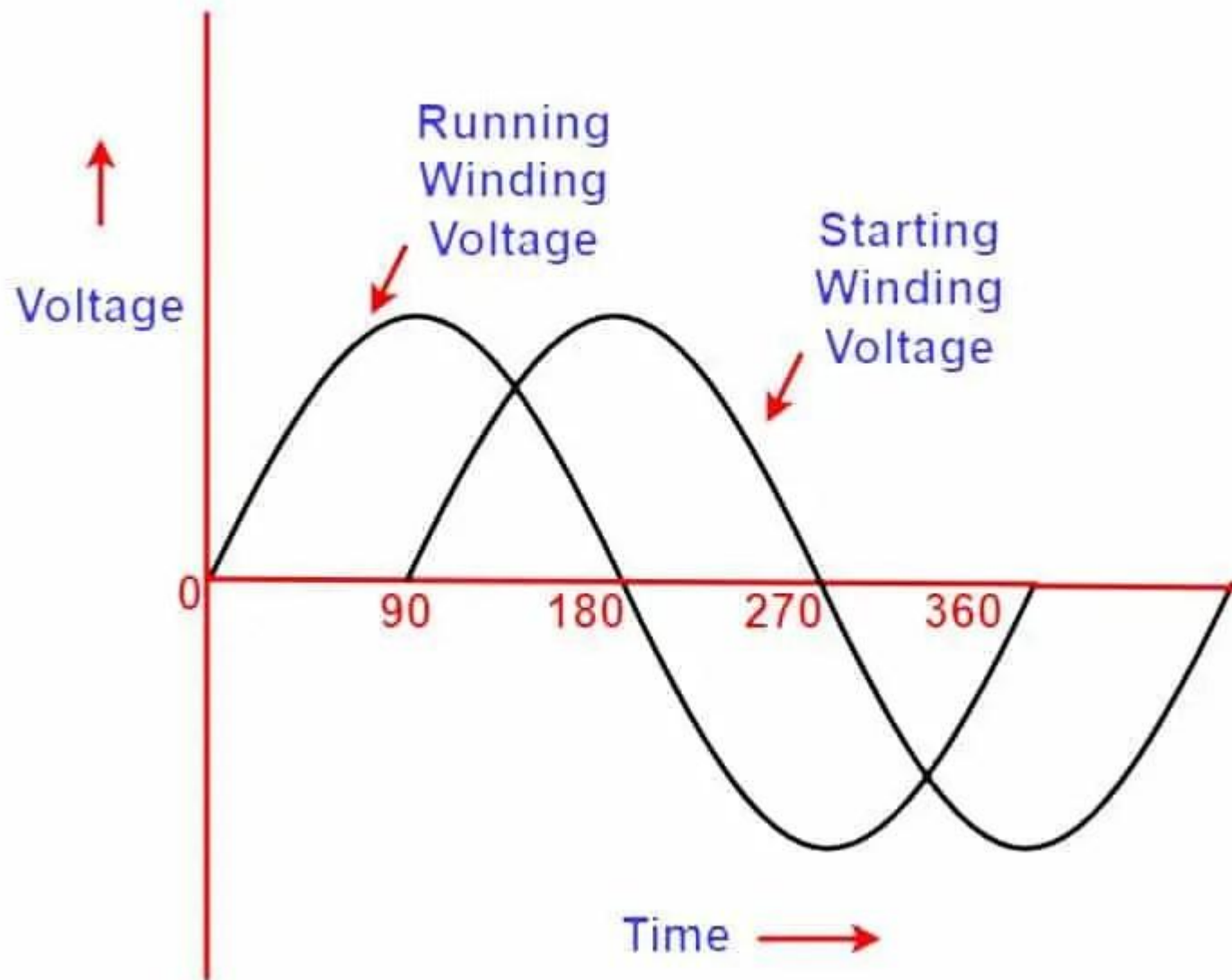


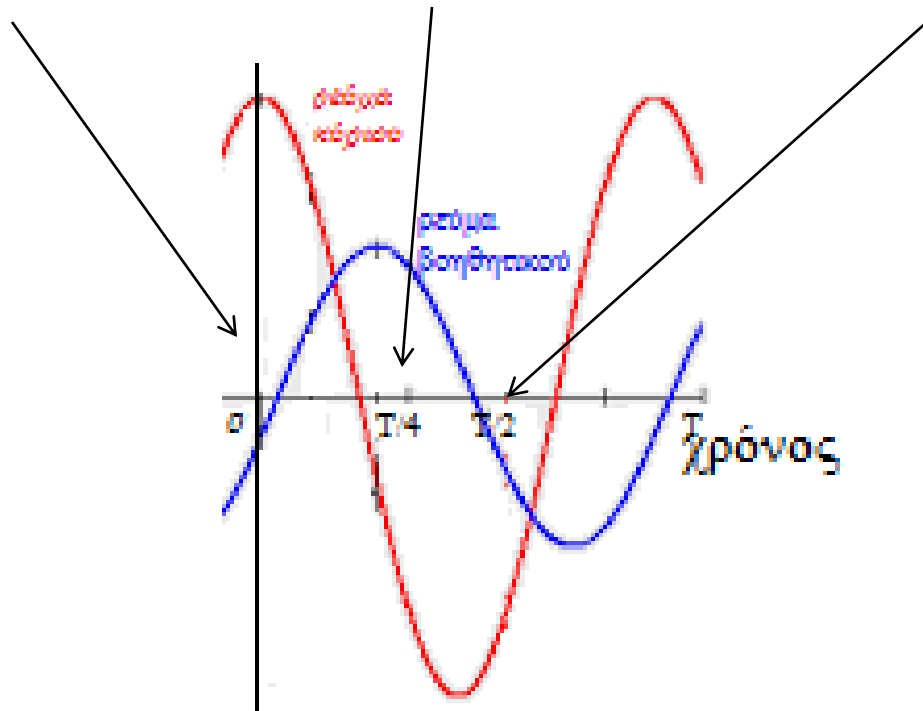
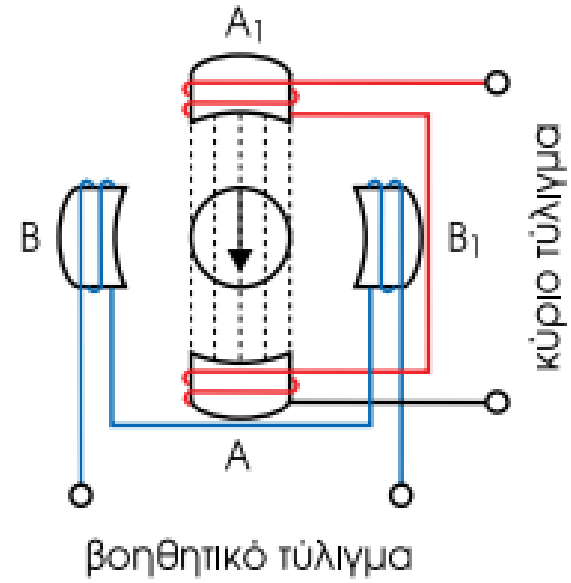
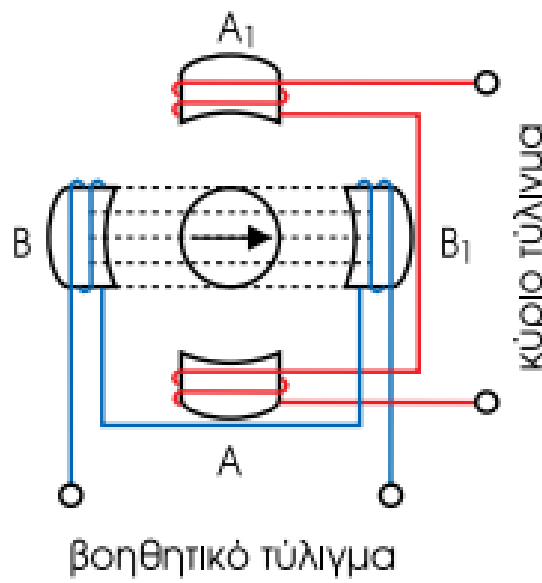
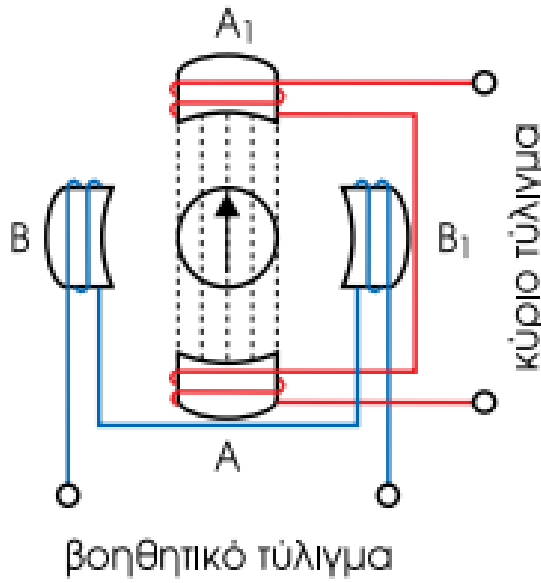




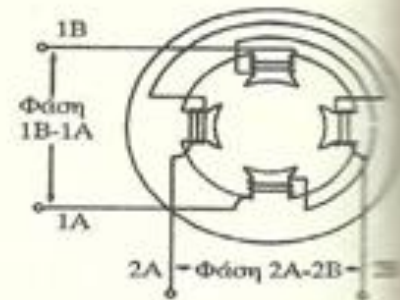
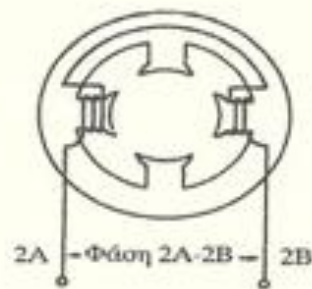
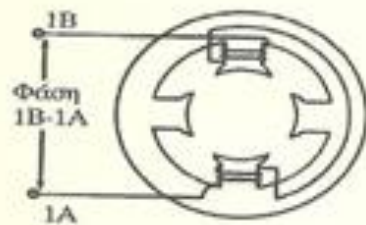
8-pole stator



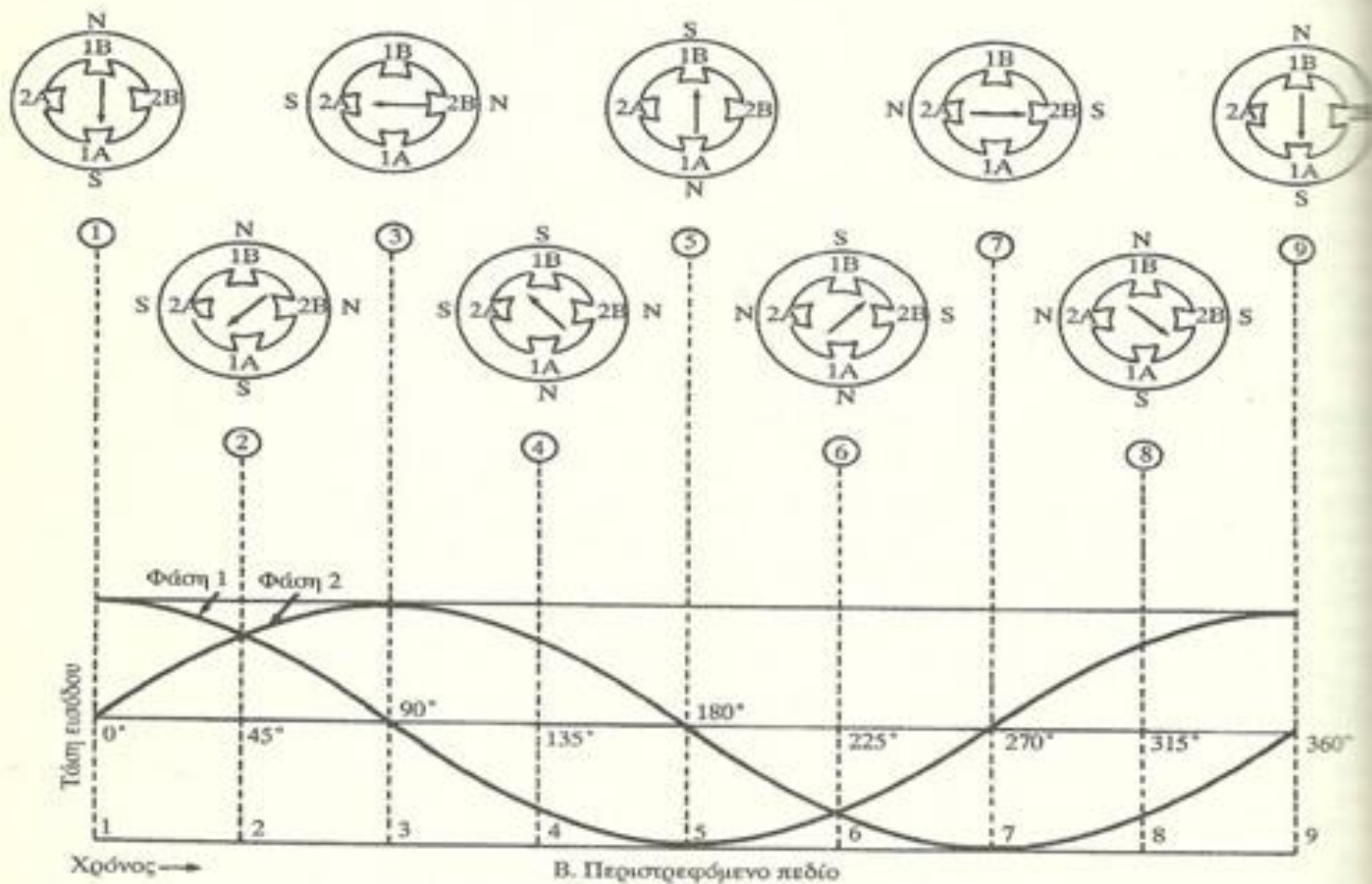




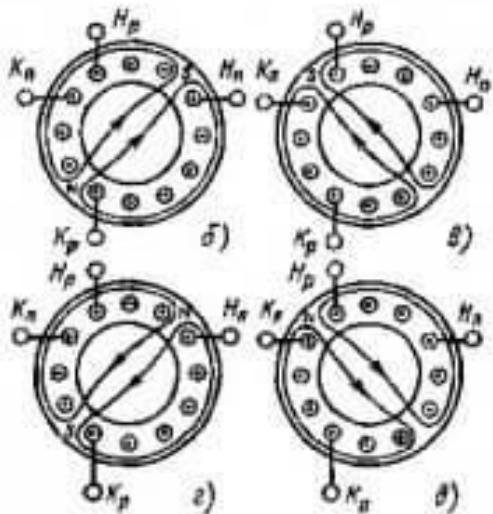
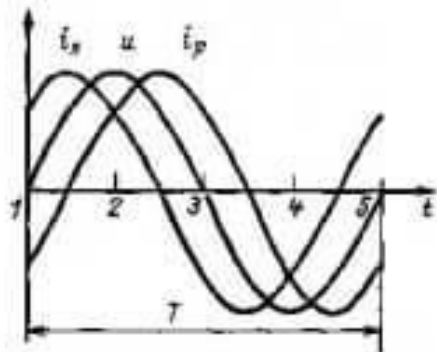




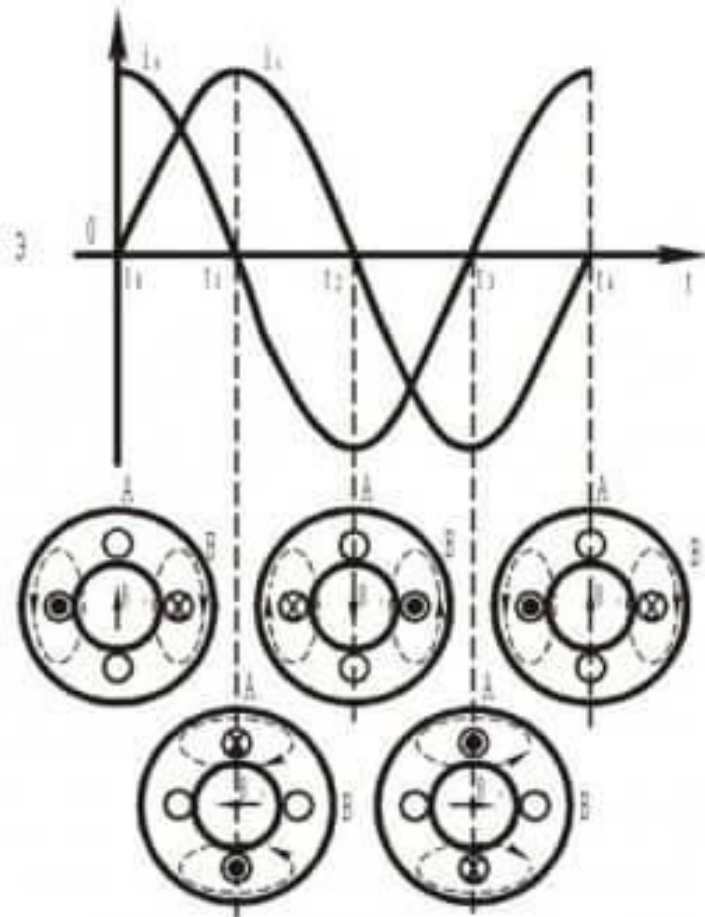
Α. Δύο φάσεις εφαρμοζόμενες σε αντίθετους πόλους



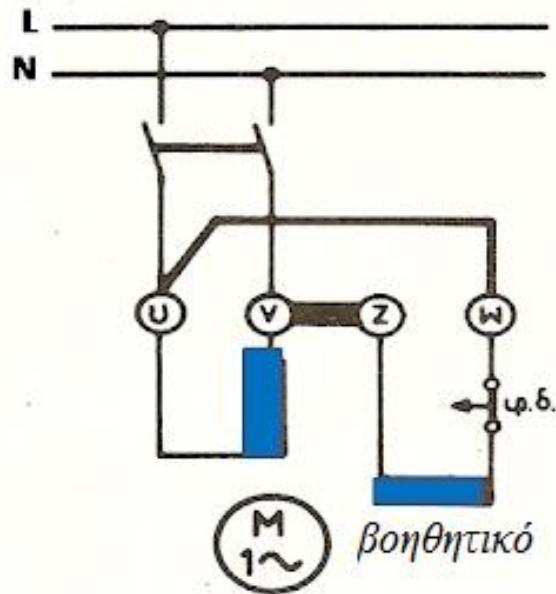
a)



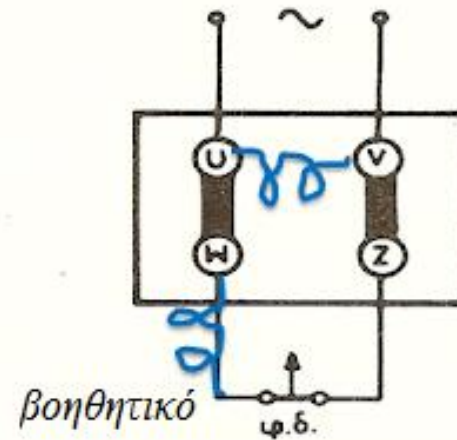
б)



## Ηλεκτρολογική συνδεσμολογία



## ΚΟΥΤΙ ΑΚΡΟΔΕΚΤΩΝ

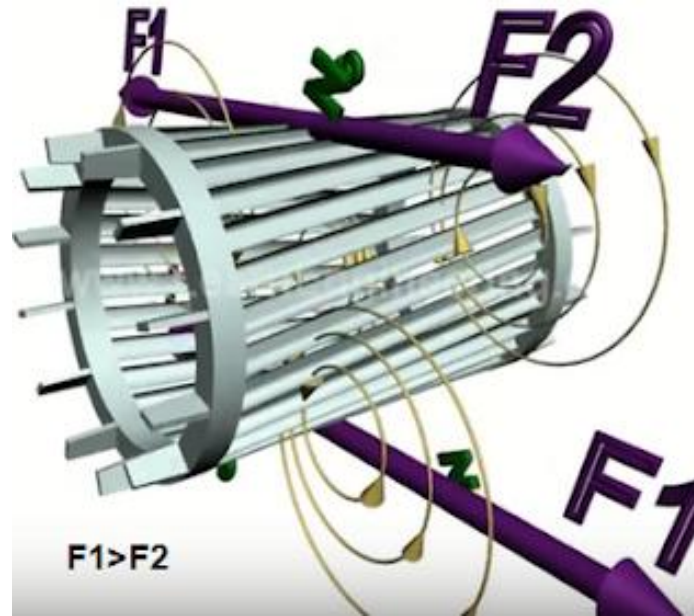


Τα δυο τυλίγματα συνδέεται παράλληλα με το κανονικής λειτουργίας μέσω έναν κανονικά κλειστού διακόπτη (συνήθως είναι ένας φυγοκεντρικός διακόπτης) που ανοίγει αποσυνδέοντας το βοηθητικό τύλιγμα στις 75% περίπου των ονομαστικών στροφών του κινητήρα. Ο λόγος της αποσύνδεσης είναι ότι ο κινητήρας λόγω της παράλληλης σύνδεσης των δύο τυλιγμάτων τραβάει αρκετό ρεύμα κατά την εκκίνηση και εάν παρέμενε συνδεδεμένο το βοηθητικό τύλιγμα θα υπερθερμαινόταν ο κινητήρας με συνέπεια την καταστροφή του στάτη.

➤ Ας δούμε πως δημιουργείται **στρεφόμενο Μ.Π.** απ' τα δύο τυλίγματα που είναι κατάλληλα τοποθετημένα στο στάτη του κινητήρα το βοηθητικό έχει κατασκευασθεί έτσι, ώστε να παρουσιάζει μεγάλη ωμική αντίσταση. Αν τα ρεύματα που διαρρέουν τα δύο τυλίγματα έχουν μεταξύ τους διαφορά φάσης  $90^\circ$ , τότε:

- Τη χρονική στιγμή, που δείχνει το σχήμα στο κύριο τύλιγμα η ένταση έχει τη μέγιστη τιμή της, ενώ στο βοηθητικό θα είναι μηδενική. Έτσι το Μ.Π. που δημιουργείται (απ' το κύριο τύλιγμα) έχει κατεύθυνση απ' το A προς το  $A_1$ .
- Μετά από  $T/4$  της περιόδου το ρεύμα στο κύριο τύλιγμα μηδενίζεται, ενώ το ρεύμα στο βοηθητικό τύλιγμα παίρνει τη μέγιστη τιμή του. Τώρα το Μ.Π. που δημιουργείται (απ' το βοηθητικό τύλιγμα), θα κατευθύνεται, όπως δείχνει το σχήμα .
- Μετά από ένα ακόμη τέταρτο της περιόδου το ρεύμα στο κύριο τύλιγμα θα είναι μέγιστο αρνητικό, ενώ στο βοηθητικό τύλιγμα μηδενίζεται. Δηλαδή το Μ.Π. θα κατευθύνεται, όπως φαίνεται στο σχήμα .

Όσο μεγαλύτερη είναι η διαφορά φάσης τόσο μεγαλύτερη ροπή πετυχαίνεται στον κινητήρα. Με τα δύο τυλίγματα μπορούμε να επιτύχουμε διαφορά φάσης μέχρι  $30^\circ$  και μικρές ροπές. Για μεγαλύτερες διαφορές φάσης και ροπές χρησιμοποιούμε πυκνωτή.



Το μαγνητικό πεδίο του στάτη δημιουργεί επαγωγικά ρεύματα στον βραχυκυκλωμένο δρομέα. Όταν υπάρχουν ρευματοφόροι αγωγοί (δρομέας) μέσα σε μεταβαλλόμενο μαγνητικό πεδίο (στάτης) τότε αναπτύσσονται δυνάμεις (Laplace) οι οποίες περιστρέφουν τον δρομέα.

## Είδη ασύγχρονων μονοφασικών κινητήρων

Ανάλογα με τον τρόπο δημιουργίας της διαφοράς φάσης στο βοηθητικό τύλιγμα έχουμε τα παρακάτω είδη:

Οι διάφορες μέθοδοι εκκίνησης διαφέρουν ως προς τον τρόπο που δημιουργείται η χρονική διαφορά φάσης μεταξύ των ρευμάτων του κύριου και βοηθητικού τυλίγματος του στάτη.

**ΑΣΥΓΧΡΟΝΟΙ  
ΜΟΝΟΦΑΣΙΚΟΙ  
ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ**

**α) Κινητήρες με  
αντίσταση**

**β) Κινητήρες με  
πυκνωτή**

**γ) Κινητήρες με  
βραχυκυκλωμένες  
σπείρες  
στον στάτη**

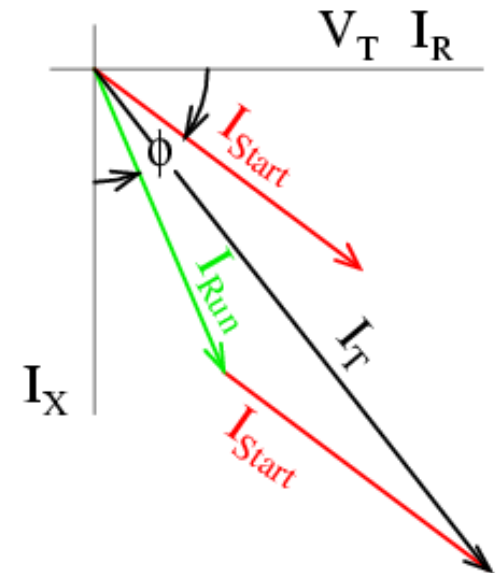
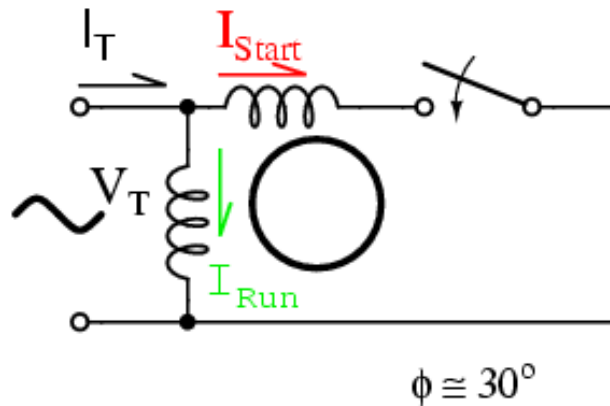
## α) κινητήρες με αντίσταση

Οι κινητήρες αυτοί έχουν μικρή ροπή εκκίνησης και αρκετό θόρυβο κατά τη λειτουργία τους, αλλά είναι πολύ φθηνοί.

**Η ισχύς τους δεν ξεπερνά τα  $\frac{3}{4}$  του HP (1HP=736W)** και χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές που δεν απαιτείται μεγάλη ροπή εκκίνησης, όπως μηχανές γραφείου, ανεμιστήρες, φυσητήρες, ηλεκτροκίνητα εργαλεία, καυστήρες κ.λ.π.

Το τύλιγμα εκκίνησης αποτελείται από πολλές σπείρες μικρότερης διατομής και έχει μεγάλη ωμική αντίσταση. σε σχέση με το τύλιγμα κανονικής λειτουργίας.

Η μεγαλύτερη αντίσταση έχει σαν αποτέλεσμα τη δημιουργία μαγνητικού πεδίου στο βοηθητικό τύλιγμα που να προπορεύεται κατά 30 μοίρες περίπου από το βοηθητικό. Η γωνία μεταξύ των δύο μαγνητικών πεδίων κατά 30° που είναι αρκετή για να εκκινήσει τον κινητήρα, αν και το ιδανικό θα ήταν 90° περίπου.





Ο συγκεκριμένος κινητήρας είναι χαμηλού κόστους και παράγει μια ροπή εκκίνησης της τάξης του 100-175% αυτής της κανονικής λειτουργίας. Χρειάζεται πολύ υψηλό ρεύμα εκκίνησης (700-1000% του ονομαστικού ρεύματος) και για το λόγο αυτό χρησιμοποιείται σε εφαρμογές που δεν απαιτούν συχνές επανεκκινήσεις.

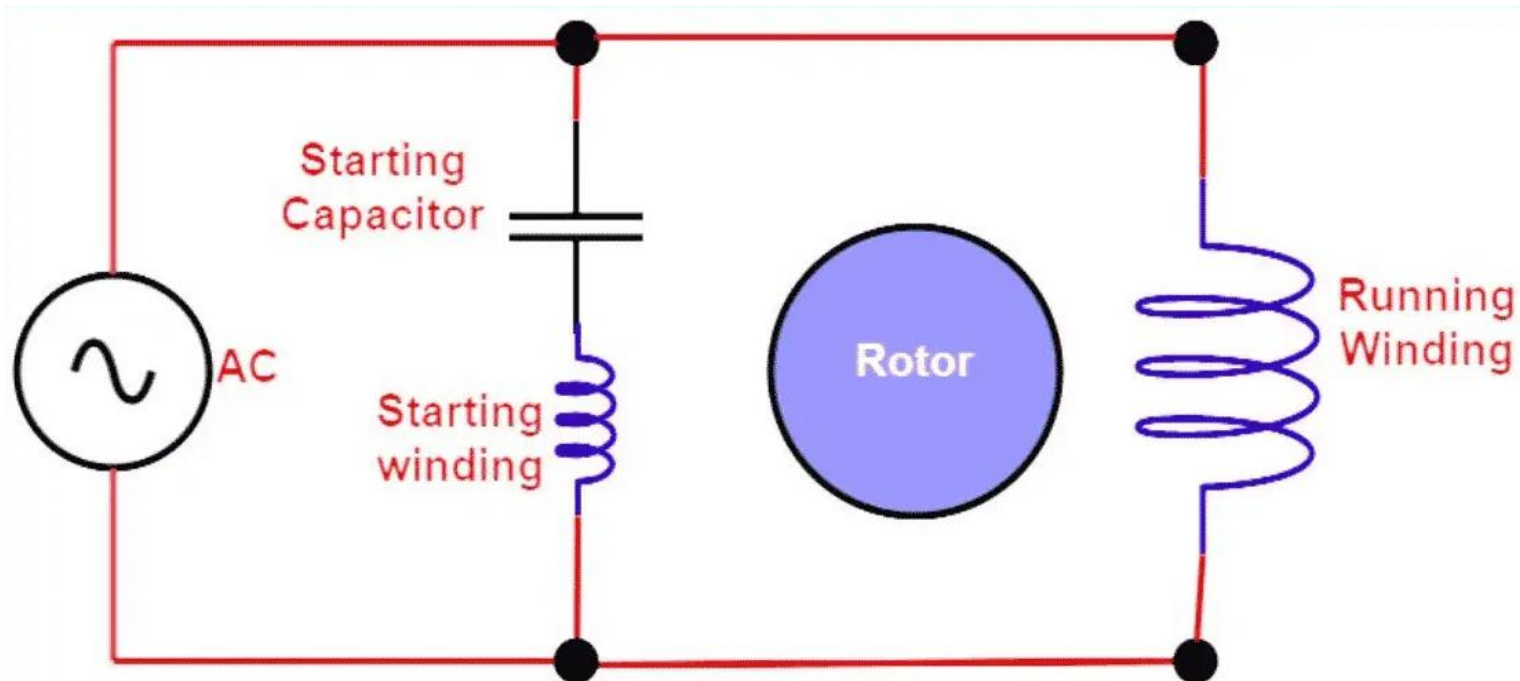
**β) κινητήρες με  
πυκνωτή:**

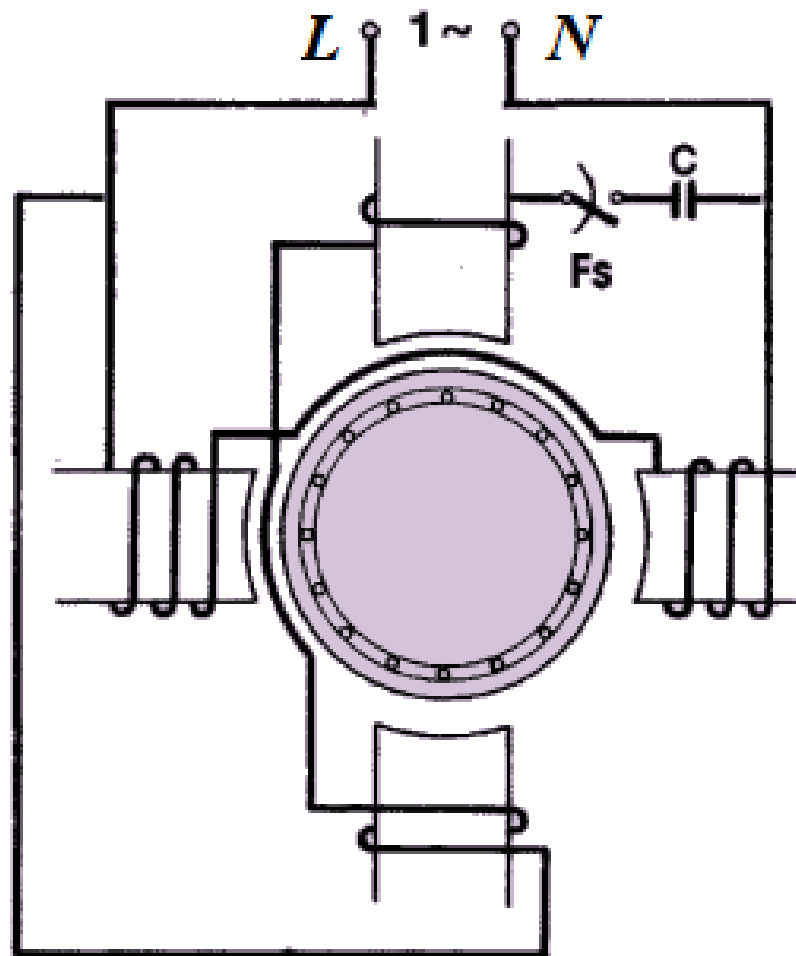
i) Κινητήρας με  
πυκνωτή  
εκκίνησης

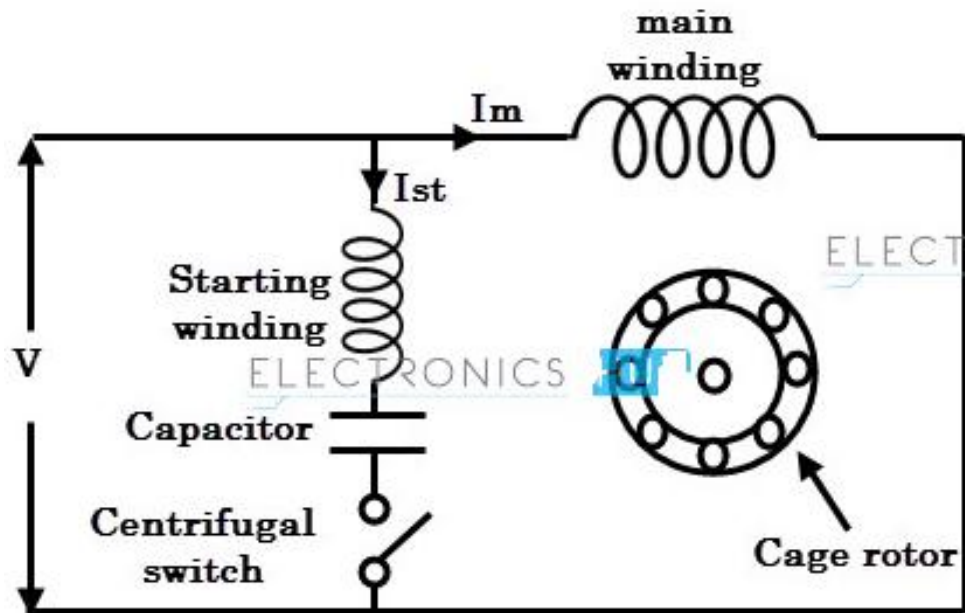
ii) Κινητήρας με  
μόνιμο πυκνωτή  
λειτουργίας

## i) κινητήρες με πυκνωτή:

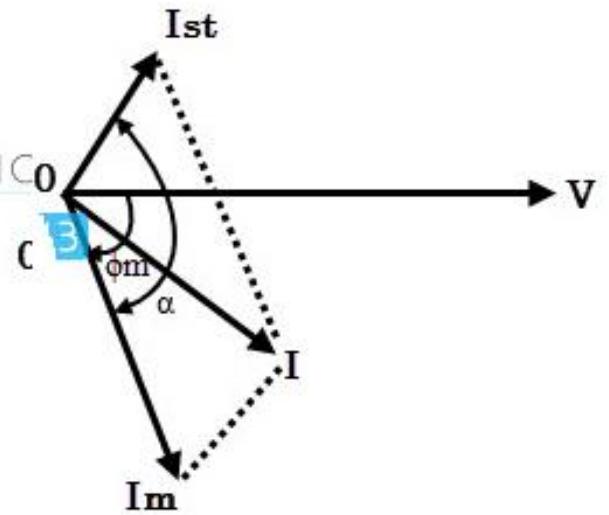
Ο πυκνωτής αναλόγως της χωρητικότητάς του μπορεί να μας δώσει οποιαδήποτε διαφορά φάσης μεταξύ των δύο μαγνητικών πεδίων. Το βοηθητικό τύλιγμα αποσυνδέεται πάλι στο 75% των ονομαστικών στροφών του κινητήρα. Η εκκίνηση κινητήρα με πυκνωτή είναι πιο δαπανηρή και χρησιμοποιείται για μεγάλες ισχύεις (έως 3HP=2kW). Έχουν μεγάλη ροπή εκκίνησης με εύρος 200-400% της ροπής κανονικής λειτουργίας. Παρουσιάζει μικρότερο ρεύμα εκκίνησης και για το λόγο αυτόν μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για περιπτώσεις που έχουμε μεγαλύτερη συχνότητα επανεκκινήσεων.







Circuit diagram of capacitor start motor

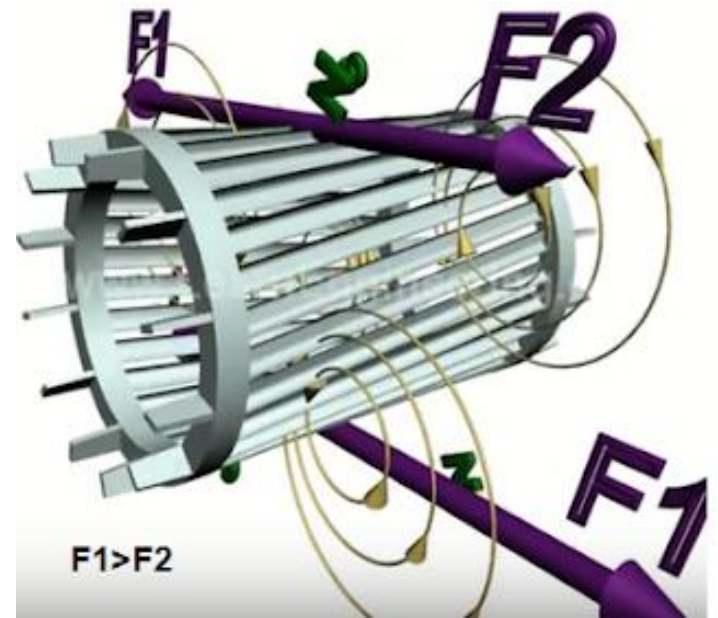


Phasor diagram

Το κύριο τύλιγμα αποτελείται από λίγες σπείρες, χοντρό σύρμα και έχει μικρότερη ωμική αντίσταση. Το βοηθητικό αποτελείται από πολλές σπείρες μικρότερης διατομής και έχει μεγάλη ωμική αντίσταση.

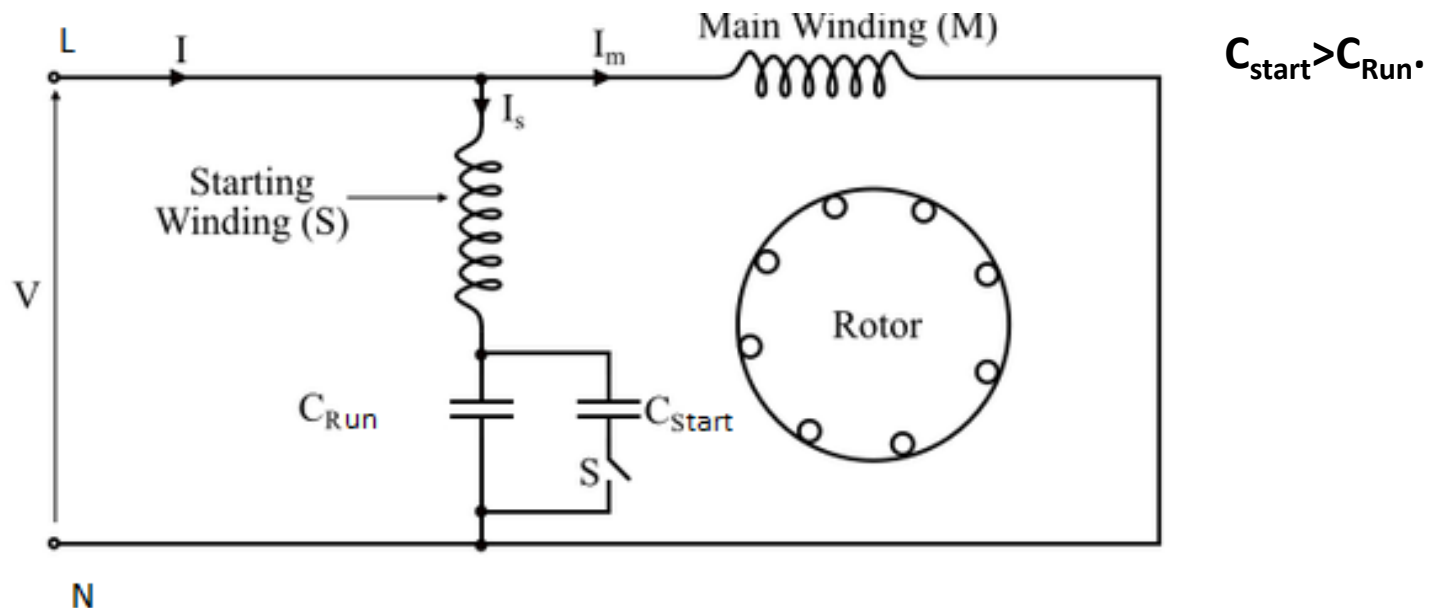
Σε σειρά με το βοηθητικό συνδέουμε ένα πυκνωτή (πυκνωτής εκκίνησης) ο οποίος δημιουργεί διαφορά φάσης στα ρεύματα που διαρρέουν τα δύο πηνία.

Τα δύο πηνία έχουν τοποθετηθεί στο εσωτερικό του κινητήρα σε απόσταση 90 μοίρες δημιουργεί περιστρεφόμενο μαγνητικό πεδίο. Αυτό με τη σειρά του δημιουργεί επαγωγικά ρεύματα στον βραχυκυκλωμένο δρομέα. Όταν έχουμε ρευματοφόρους αγωγούς (δρομέας) μέσα σε μεταβαλλόμενο μαγνητικό πεδίο (στάτης) τότε αναπτύσσονται δυνάμεις (Laplace) οι οποίες περιστρέφουν τον δρομέα.

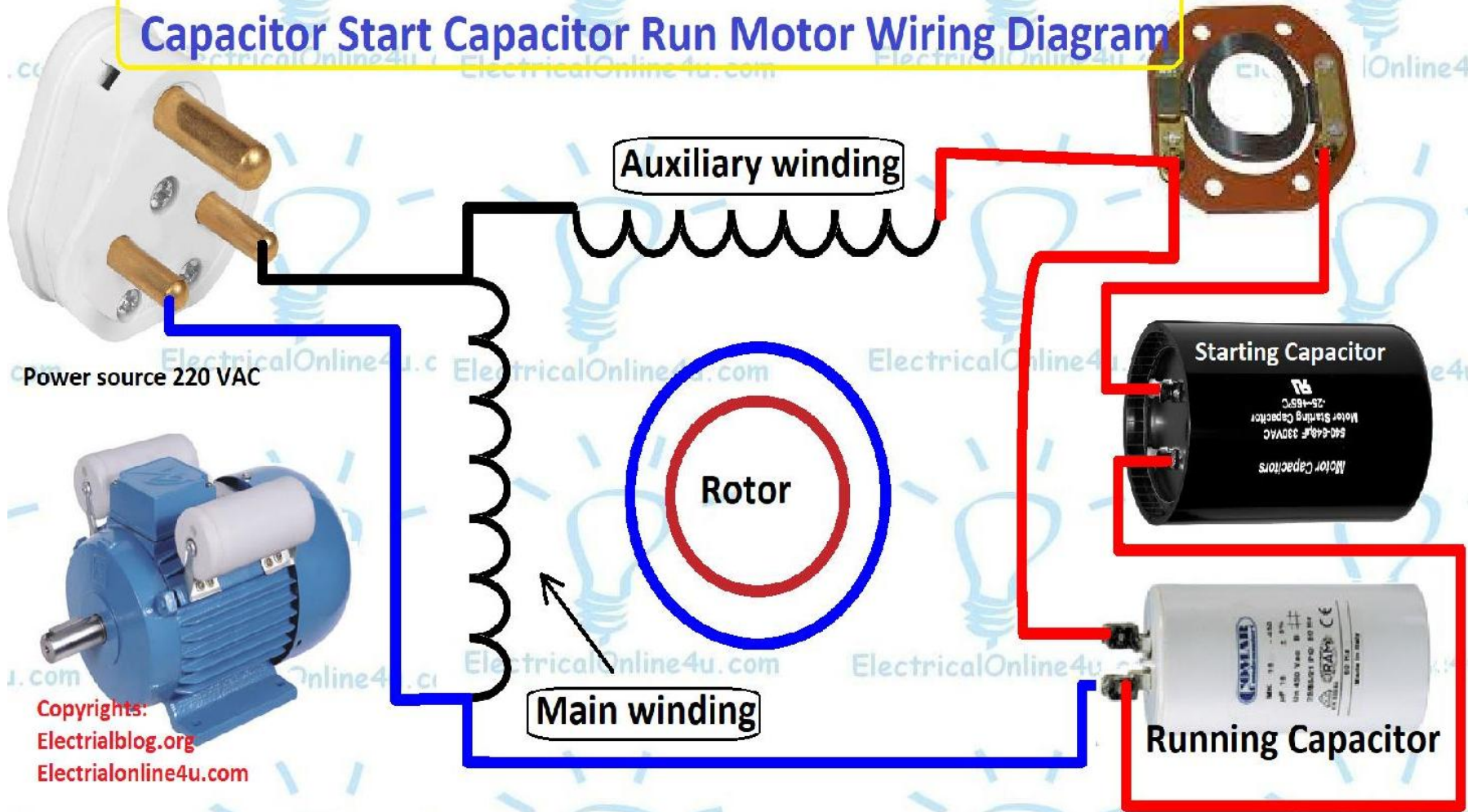


## ii) Κινητήρες με πυκνωτή μόνιμης λειτουργίας και εκκίνησης

Αν σε κάποια εφαρμογή απαιτείται μεγαλύτερη ροπή εκκίνησης και καλύτερες συνθήκες λειτουργίας τότε το βοηθητικό τύλιγμα περιλαμβάνει δύο πυκνωτές που συνδέονται παράλληλα. Τον πυκνωτή εκκίνησης  $C_{\text{Start}}$  ο οποίος μόλις ο κινητήρας αποκτήσει το 80% των στροφών βγαίνει εκτός κυκλώματος με τη βοήθεια φυγοκεντρικού διακόπτη. Τον πυκνωτή λειτουργίας  $C_{\text{Run}}$  που παραμένει στο κύκλωμα διορθώνοντας το συντελεστή ισχύος συνφ. Η συγκεκριμένη μέθοδος συνδυάζει όλα τα πλεονεκτήματα των δυο προηγούμενων μεθόδων (μόνο με πυκνωτή λειτουργίας και μόνο πυκνωτή εκκίνησης). Οι δύο πυκνωτές κατά την εκκίνηση δίνουν μεγάλη ροπή στρέψης  $C_{\text{o}\lambda} = C_{\text{Run}} + C_{\text{Start}}$ .



# Capacitor Start Capacitor Run Motor Wiring Diagram



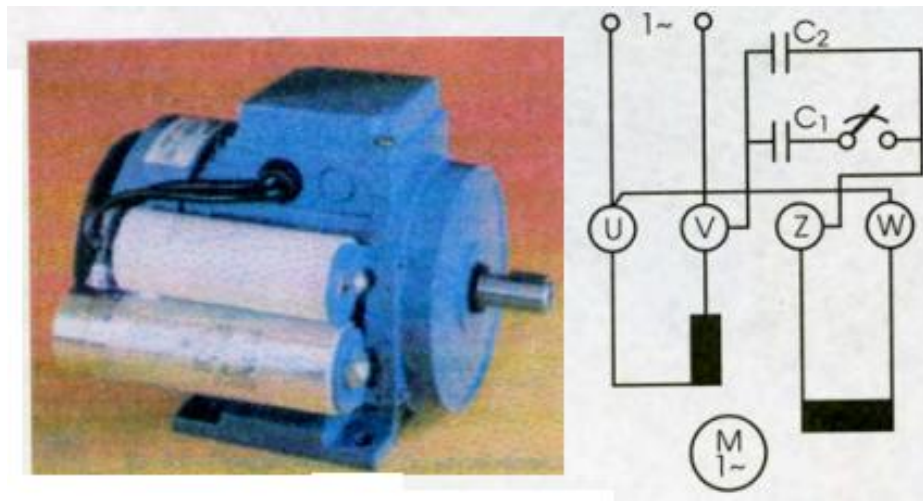


Οι κινητήρες αυτοί κατασκευάζονται για μεγαλύτερες ισχύεις μέχρι 3 Ηρ, είναι πιο ακριβοί και χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές που είναι απαραίτητη η μεγάλη ροπή εκκίνησης, όπως αεροσυμπιεστές, αντλίες, ράμπες συνεργείων αυτοκινήτων, ηλεκτρικά ψυγεία, κλιματιστικά μηχανήματα κ.λ.π.

Η ροπή εκκίνησης για την συγκεκριμένη διάταξη είναι περίπου στο 300-400% της ροπής πλήρους φορτίου.

### ➤ Οι πυκνωτές εκκίνησης

➤ Οι πυκνωτές λειτουργίας παραμένουν σε τάση σε όλον τον χρόνο λειτουργίας του ηλεκτροκινητήρα. Το είδος αυτό των πυκνωτών είναι τύπου ελαίου και τοποθετούνται στην εγκατάσταση για να βελτιώσουν τα χαρακτηριστικά λειτουργίας του ηλεκτροκινητήρα. Οι πυκνωτές λειτουργίας είναι μικρότερης τιμής από τους εκκίνησης του ίδιου κινητήρα.



## ΠΙΝΑΚΑΣ ΤΙΜΩΝ ΠΥΚΝΩΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ

**3000 cycles per minute-  
50hz-2 poles**

**1500 cycles per minute-  
50hz-4 poles**

**1000 cycles per minute-  
50hz-6 poles**

**CV Cycles/Min Cap**

**CV Cycles/Min Cap**

**CV Cycles/Min Cap**

0.10	2740	6.3
0.25	2780	10
0.50	2780	16
0.75	2800	20
1	2840	25
1.5	2840	32
2	2840	40

0.10	1340	6.3
0.25	1360	12.5
0.50	1380	16
0.75	1380	20
1	1420	25
1.5	1440	32
2	1440	40

0.25	880	10
0.50	900	20
0.75	910	25
1	920	25
1.5	920	36
2	920	50

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΤΙΜΩΝ ΠΥΚΝΩΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ

**3000 cycles per minute-  
50hz-2 poles**

**1500 cycles per minute-  
50hz-4 poles**

**1000 cycles per minute-  
50hz-6 poles**

**CV Cycles/Min Cap**

**CV Cycles/Min Cap**

**CV Cycles/Min Cap**

0.10	2740	6.3
0.25	2780	10
0.50	2780	16
0.75	2800	20
1	2840	25
1.5	2840	32
2	2840	40

0.10	1340	6.3
0.25	1360	12.5
0.50	1380	16
0.75	1380	20
1	1420	25
1.5	1440	32
2	1440	40

0.25	880	10
0.50	900	20
0.75	910	25
1	920	25
1.5	920	36
2	920	50

## ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΠΥΚΝΩΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ

$$C = \frac{3180 * I}{U} * \frac{1}{4}$$

---

Υπολογισμός τιμής πυκνωτή για μονοφασικό κινητήρα στα 50Hz. Η τιμή της χωρητικότητας για έναν μονοφασικό επαγωγικό κινητήρα (a single-phase induction motor) είναι ανάλογη με την ονομαστική ισχύ του κινητήρα. Ο τύπος για τον υπολογισμό του μεγέθους του πυκνωτή είναι ο ακόλουθος.

$$C = \frac{Pn X 1000}{V^2 X 50}$$

*Where,*

*P = Power in Watt*

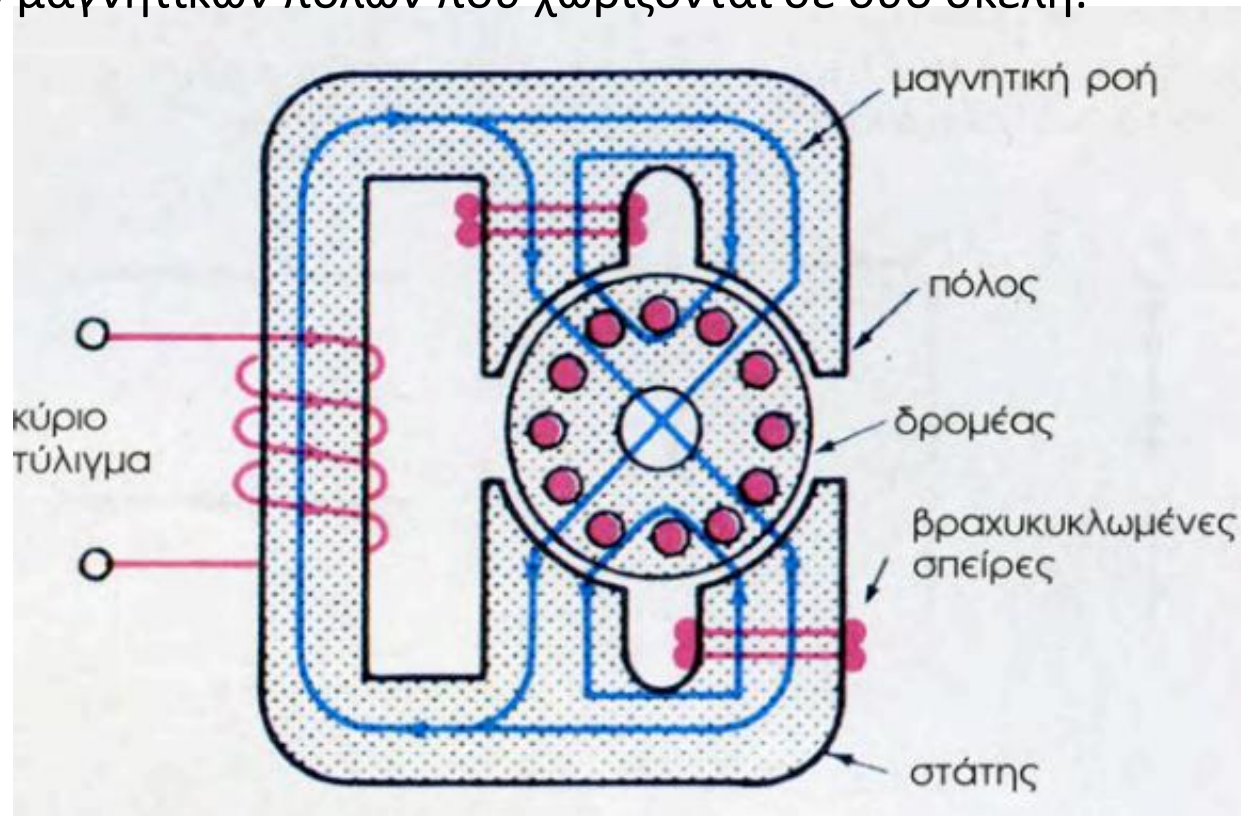
*n = Efficiency of motor*

*V = Supply Voltage (Volts)*

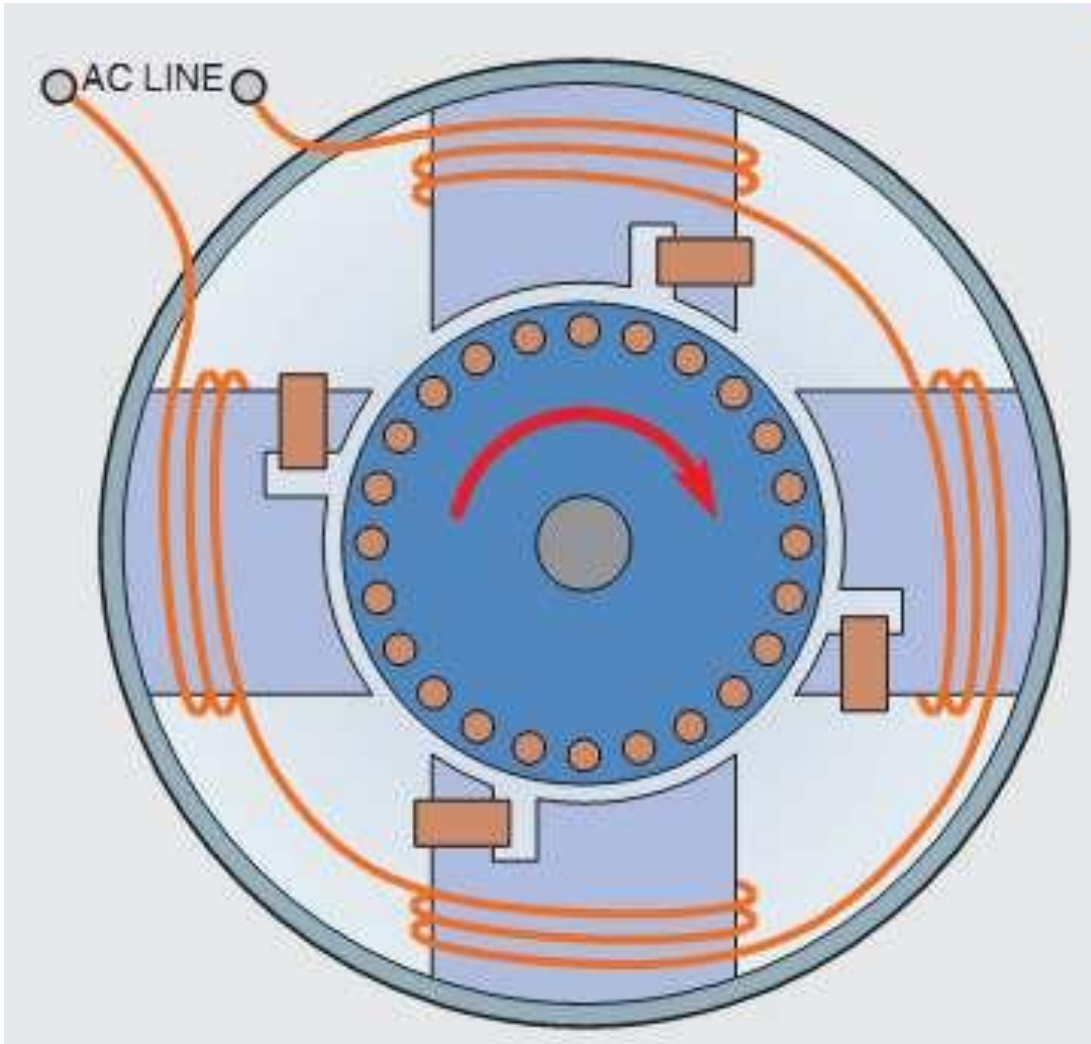
*C = Capacitance in  $\mu F$*

## γ) Κινητήρες με βραχυκυκλωμένες σπείρες στον στάτη

Έχουν τη μικρότερη ροπή εκκίνησης και τη μικρότερο βαθμό απόδοσης από όλους τους μονοφασικούς κινητήρες. Είναι πολύ φθηνοί και δεν παρουσιάζουν τακτικά βλάβες. Χρησιμοποιούνται σε οικιακές συσκευές πολύ μικρής ισχύος όπως ανεμιστήρες, στεγνωτήρες μαλλιών κ.λ.π. Το στρεφόμενο μαγνητικό πεδίο πετυχαίνεται με τη βοήθεια 2 ή 3 βραχυκυκλωμένων σπειρών που τοποθετούνται εναλλάξ στα απέναντι τμήματα δύο μαγνητικών πόλων που χωρίζονται σε δύο σκέλη.



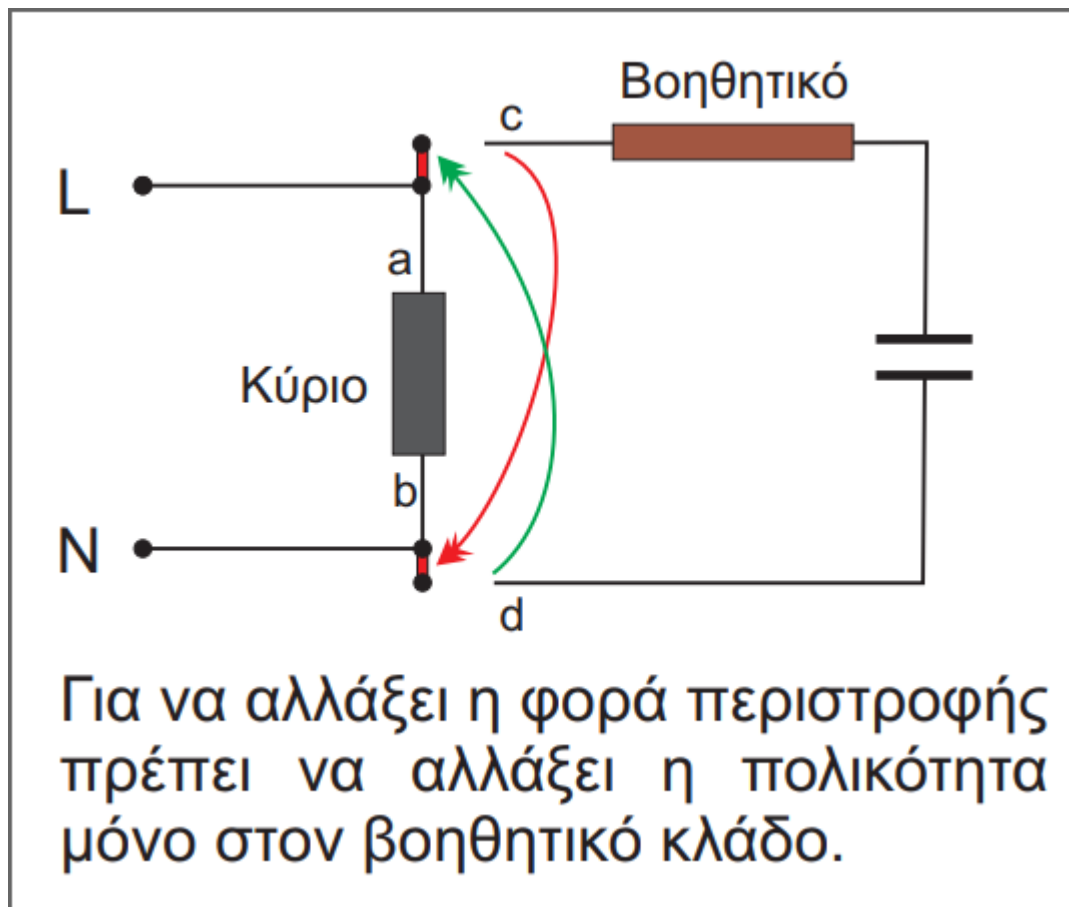
## γ) Κινητήρες με βραχυκυκλωμένες σπείρες στον στάτη



## Ρύθμιση στροφών

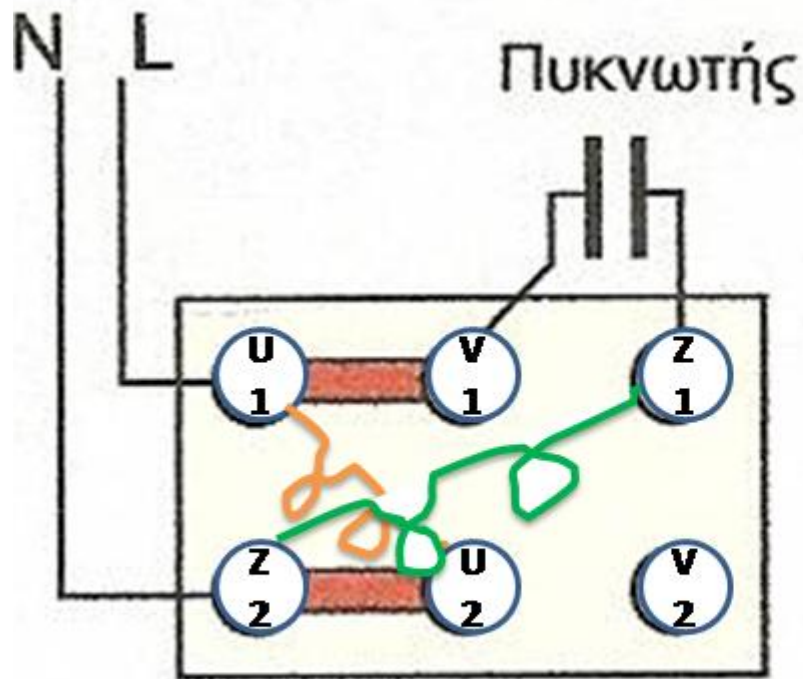
- Μεταβολή της Συχνότητας του δικτύου τροφοδοσίας.
- Μεταβολή του πλήθους των μαγνητικών πόλων.
- Ρύθμιση της τάσης τροφοδοσίας.

## Αλλαγή φορά περιστροφής

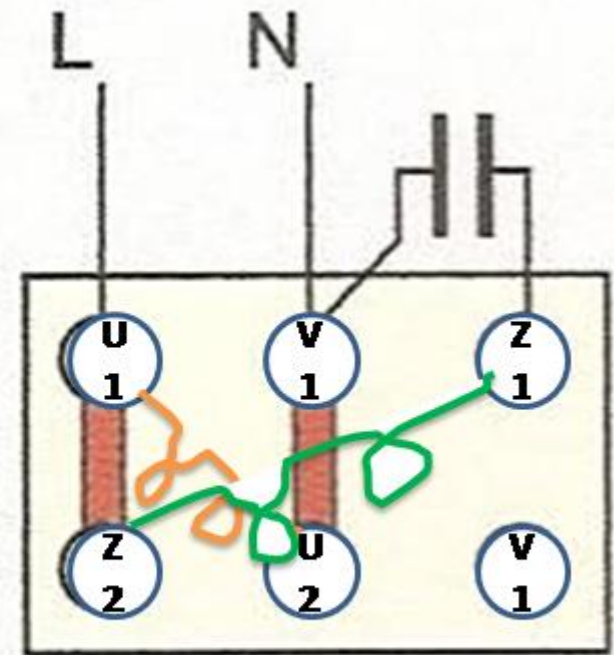




Η αλλαγή της φοράς περιστροφής γίνεται με την αντιμετάθεση των συνδέσεων των άκρων συνήθως του βοηθητικού τυλίγματος.



Δεξιόστροφη φορά



Αριστερόστροφη φορά

## Ισχύς μονοφασικών κινητήρων

Η ισχύς, που δίνει στον άξονά του ένας μονοφασικός κινητήρας (ωφέλιμη ισχύς), δίνεται από τη σχέση:

$$P = U \cdot I \cdot \eta \cdot \text{συν}\varphi \quad (\text{σε } W) \quad \text{όπου: } \eta = P/P_1 \Rightarrow P = \eta \cdot P_1$$

όπου **U**: η τάση σε V, του δικτύου τροφοδότησης,  
**I**: η ένταση σε A, που απορροφά,  
**η**: ο βαθμός απόδοσής του και  
**συνφ**: ο συντελεστής ισχύος του κινητήρα.

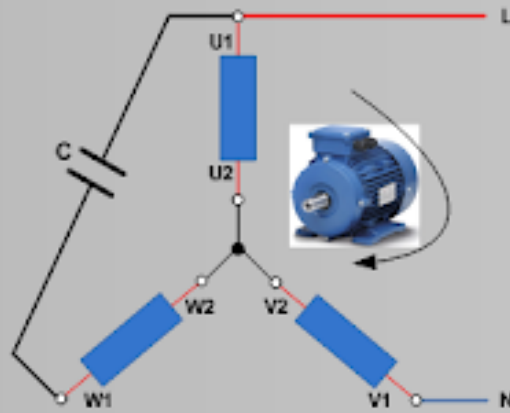
Όπως είναι φανερό η ισχύς εξαρτάται (εκτός από τα U και I) κυρίως από το **συνφ** και το **βαθμό απόδοσης η**, τα οποία με τη σειρά τους εξαρτώνται από το φορτίο του κινητήρα.

Από την παραπάνω σχέση (5.2), αν λύσουμε ως προς την ένταση ρεύματος I, έχουμε:

$$I = \frac{P}{\eta \cdot U \cdot \text{συν}\varphi}, \text{ η οποία για } \eta = 100\% \text{ είναι: } I = \frac{P}{U \cdot \text{συν}\varphi}$$

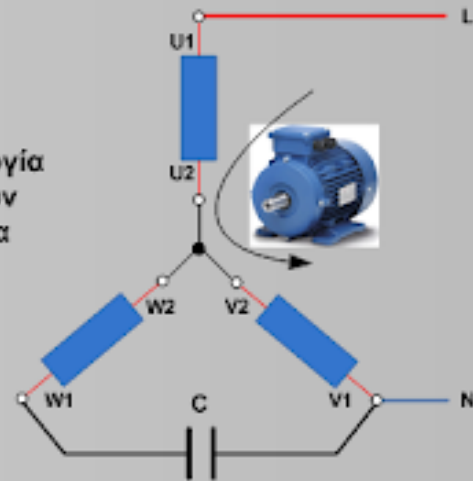
# Λειτουργία ασύγχρονου τριφασικού κινητήρα με μονοφασική παροχή

## Σύνδεση τριφασικού κινητήρα σε μονοφασικό δίκτυο

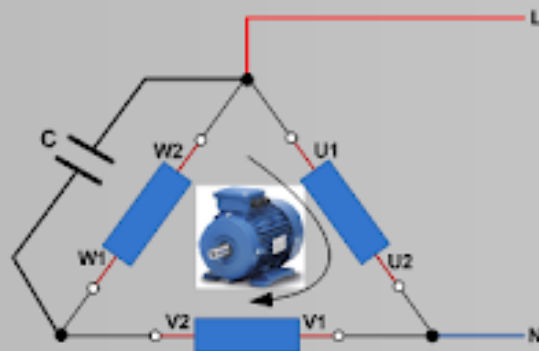


Ορθή λειτουργία

Συνδεσμολογία  
τυλιγμάτων  
σε Αστήρα

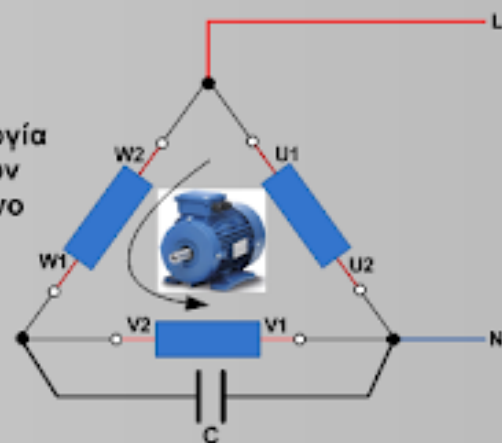


Ανάστροφη λειτουργία



Ορθή λειτουργία

Συνδεσμολογία  
τυλιγμάτων  
σε Τρίγωνο



Ανάστροφη λειτουργία

## Λειτουργία ασύγχρονου τριφασικού κινητήρα με μονοφασική παροχή

Η τιμή της χωρητικότητας του πυκνωτή είναι μεγάλης σημασίας για την ισορροπία των ρευμάτων στα τρία τυλίγματα και την σωστή λειτουργία του μοτέρ.

Για τα 50 hz και τα 230 Volts που έχουμε στην Ελλάδα, ο πυκνωτής πρέπει να είναι τιμής που δίνεται από την απλοποιημένη σχέση :

$$C(\mu F) = 70 * P(Kw).$$

Π.χ. για κινητήρα 0,37 Kwatts πρέπει να συνδεθεί πυκνωτής  $70 \times 0,37 = 25 \mu F$ .

Ο γενικός τύπος του Steinmetz δίνεται από τον τύπο :

$$C = \frac{2P}{\sqrt{3}\omega U^2}$$

Υπολογισμό της χωρητικότητας ενός πυκνωτή εργασίας σε μικροδιακόπτες, με συχνότητα ρεύματος 50 Hz στο δίκτυο, φαίνεται ως εξής:

$$C = \frac{k * I}{U}$$

Αναλόγως με το σχέδιο σύνδεσης των περιελίξεων του κινητήρα ("αστέρι" ή " τρίγωνο"), ο συντελεστής στην αρχή του τύπου θα πάρει την τιμή 4800 - για το " τρίγωνο" ή 2800 - για το "αστέρι". Ι είναι η ονομαστική τιμή του πραγματικού ρεύματος στάτη του συνδεδεμένου κινητήρα.

