



ΤΜΗΜΑ
ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΘΕΜΑ: Ασύγχρονος τριφασικός κινητήρας βραχυκυκλωμένου
Δρομέα

TITLE : Three phased asynchronous motor of short circuit induction

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Εισηγητές

ΚΩΣΤΑΣ ΧΡΗΣΤΟΣ ΑΜ : 41217

ΒΙΕΣΤΑ ΠΕΤΡΙ ΑΜ : 39107

Επιβλέπων

Καραϊσάς Πέτρος (Επίκουρος Καθηγητής)

©2018

Περιεχόμενα

1. ΙΣΤΟΡΙΑ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΩΝ.....	03
2. ΕΙΔΗ ΑΣΥΓΧΡΟΝΩΝ ΤΡΙΦΑΣΙΚΩΝ ΚΙΝΗΤΗΡΩΝ.....	06
3. Κατασκευαστικά στοιχεία του στάτη	07
4. ΣΤΡΕΦΟΜΕΝΟ ΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΠΕΔΙΟ.....	11
5. ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΑΤΚ.....	13
6. ΤΥΛΙΓΜΑΤΑ.....	17
7. ΟΛΙΣΘΗΣΗ ΚΙΝΗΤΗΡΑ.....	32
8. ΕΛΕΓΧΟΣ ΑΣΥΓΧΡΟΝΩΝ ΤΡΙΦΑΣΙΚΩΝ ΚΙΝΗΤΗΡΩΝ.....	36
9. ΠΕΔΗΣΗ.....	43
10. ΤΡΟΠΟΙ ΕΚΚΙΝΗΣΗΣ.....	53

ΙΣΤΟΡΙΑ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΩΝ

Η αρχή της μετατροπής ηλεκτρικής ενέργειας σε μηχανική με ηλεκτρομαγνητικά μέσα παρουσιάστηκε από τον Βρετανό επιστήμονα Michael Faraday (Ο Φαραντέι θεωρείται ένας από τους κορυφαίους επιστήμονες που η ανθρωπότητα έχει αναδείξει. Κατέχει ξεχωριστή θέση (την πρώτη για αρκετούς ιστορικούς της επιστήμης) όσον αφορά το πειραματικό κομμάτι των φυσικών επιστημών, καθώς ήταν ιδιαίτερα παραγωγικός όσον αφορά στην επινόηση, το σχεδιασμό και την υλοποίηση ενός μεγάλου πλήθους πειραμάτων.) το 1821 και αποτελούταν από ένα ελεύθερα κρεμασμένο σύρμα βυθισμένο σε μια πισίνα υδραργύρου. Ένας μόνιμος μαγνήτης βρισκόταν στο κέντρο της πισίνας. Όταν εφαρμόζετε τάση στο σύρμα το σύρμα κινείται γύρω από το μαγνήτη δείχνοντας πως η τάση αυξάνει το κυκλικό μαγνητικό πεδίο γύρω από το καλώδιο.

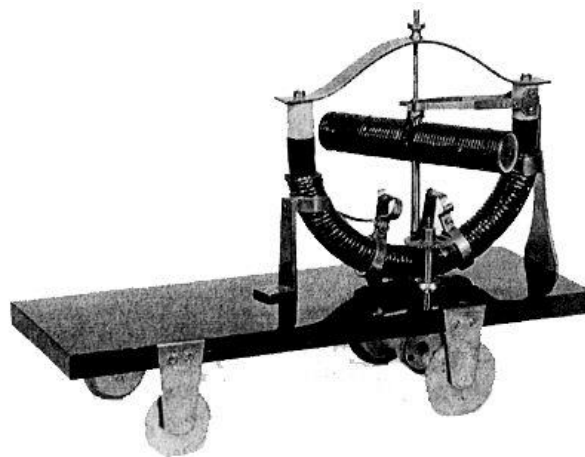
Το 1821, ο Ούγγρος Anyos Jedlik άρχισε να πειραματίζεται με της ηλεκτρομαγνητικά περιστρεφόμενα συσκευές που ονομάζονται ηλεκτρομαγνητικοί αυτο-στροφείς. Ο πρώτος πραγματικός ηλεκτροκινητήρας, χρησιμοποιώντας ηλεκτρομαγνήτες, ακίνα και περιστρεφόμενα τμήματα κατασκευάστηκε από τον Anyos Jedlik στην Ουγγαρία το 1828. Το ίδιο έτος ο Jedlik κατασκεύασε και το πρώτο ηλεκτρικό όχημα.



1.αυτό-στροφείας του Jedlik



**2. Ο πρώτος ηλεκτρικός κινητήρας που χρησιμοποιεί
Ηλεκτρομαγνήτες ακίνητα και περιστρεφόμενα μέρη**



3. Το πρώτο ηλεκτρικό όχημα απο τον Jedlik το 1828

Η πρώτη Αγγλική ηλεκτρικού τύπου συνεχούς ρεύματος ηλεκτρικός κινητήρας ικανός για μια πρακτική εφαρμογή εφευρέθηκε απο τον Βρετανό επιστήμονα William Sturgeon το 1832. Βασισμένη στη εργασία του Sturgeon γινετε μια προσπάθεια για την εμπορική χρήση ηλεκτρικών κινητήρων απο τον Thomas Davenport και καταχωρώθηκε με δίπλωμα ευρεσιτεχνίας το 1837. Παρόλο που πολλοί από αυτούς τους κινητήρες κατασκευάστηκαν και χρησιμοποιούνται για βιομηχανικές εφαρμογές λόγω της μειωμένης

πρωτογενής ενέργειας των μπαταριών τα μοτέρ ήταν ανεπιτυχή εμπορικά και η Devenport χρεοκόπησε. Πολλοί εφευρέτες μετά τον Davenport προσπάθησαν να αναπτύξουν τους κινητήρες DC αλλά λόγω προβλημάτων κόστους αντιμετώπισαν το ίδιο πρόβλημα αφού δεν υπήρχε ηλεκτρικό δίκτυο για παροχή ρεύματος.

Ενας μοντέρνος κινητήρας ανακαλύφθηκε απο ατύχημα όταν ο Zenobe Gramme συνέδεσε το δυναμό που είχε εφεύρει με μια δεύτερη παρόμοια μονάδα που χρησιμοποιούταν σαν κινητήρας. Η μηχανή Gramme ήτα ο πρώτος ηλεκτρικός κινητήρας που ήταν επιτυχής όσων αφορά τη βιομηχανία.

Το 1888 ο Nicola Tesla επινόησε τον πρώτο κινητήρα AC με πολυφασικό σύστημα μετάδοσης ισχύος. Ο Tesla συνέχισε τα πειράματα πάνω στους κινητήρα AC τα επόμενα χρόνια για την εταιρία Westinghouse.

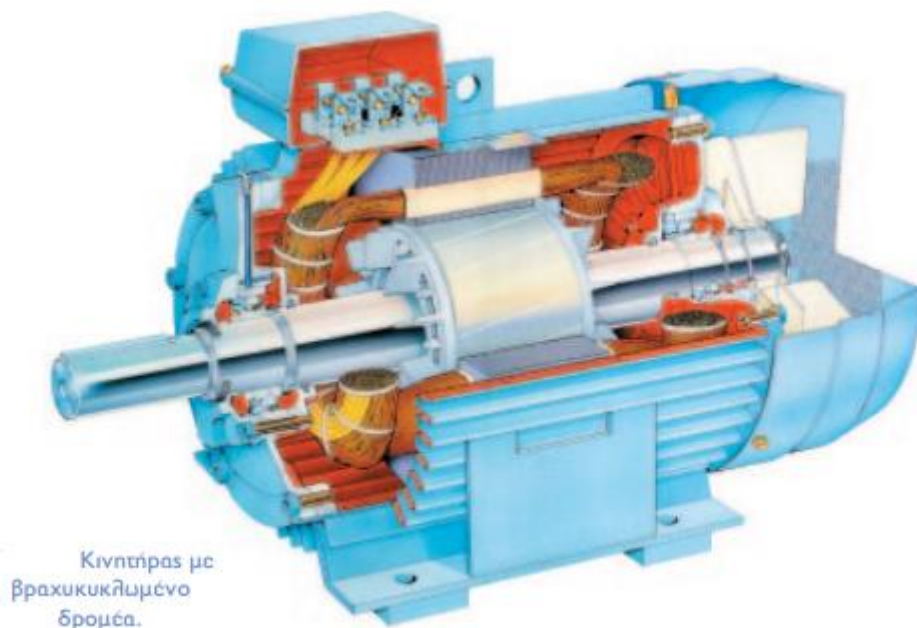
(Ο Τέσλα είναι ο «πατέρας» της Ελεύθερης Ενέργειας. Οραματιζόταν έναν κόσμο όπου ο καθένας θα είχε ελεύθερη πρόσβαση στην αστείρευτη θάλασσα της ενέργειας, που τον περιβάλλει. Σε μια διάλεξή που έδωσε στις 20 Μαΐου του 1891 στο Κολούμπια Κόλετζ της Νέας Υόρκης, ο Τέσλα απευθύνθηκε προς το ενθουσιώδες κοινό λέγοντας: «Τρέχουμε όλοι μαζί μέσα σ' έναν απέραντο χώρο με μια απίστευτη ταχύτητα και όλα γύρω μας κινούνται, γυρίζουν και περιβάλλονται από ενέργεια. Υπάρχει σίγουρα κάποια άμεση πρόσβαση σ' αυτήν την ενέργεια. Ο ηλεκτρισμός που αντλήσαμε από το φυσικό περιβάλλον, προέρχεται από αυτήν την ενέργεια. Σύντομα θα αντλούμε χωρίς μεγάλο κόπο πολλές μορφές ενέργειας από αυτήν την απέραντη κι ανεξάντλητη φυσική ενέργεια κι έτσι η ανθρωπότητα θα προοδεύσει με γιγαντιαία βήματα».)

Η εφαρμογή των ηλεκτροκινητήρων ε' φερε επανάσταση στην βιομηχανία. Οι βιομηχανικές διεργασίες δεν περιορίζονταν πλέον απο άξονες μετάδοσης, πεπισμένο αερα και υδραυλικά συστήμα αλλα κάθε μηχανή μπορούσε πλέον να είναι εφοδιασμένη με το δικό της ηλεκτρικό κινητήρα παρέχοντας εύκολο έλεγχο στο σημείο χρήσης, μεταφορά ηλεκτρικής ενέργειας και τη βελτίωση της αποτελεσματικότητας. Ηλεκτρικοί κινητήρες που εφαρμόζονται στη γεωργία αποβάλλουν τον άνθρωπο και τα ζώα απο εργασίες μυϊκής δύναμης όπως χειρισμός σπόρων ή την άντληση νερού.

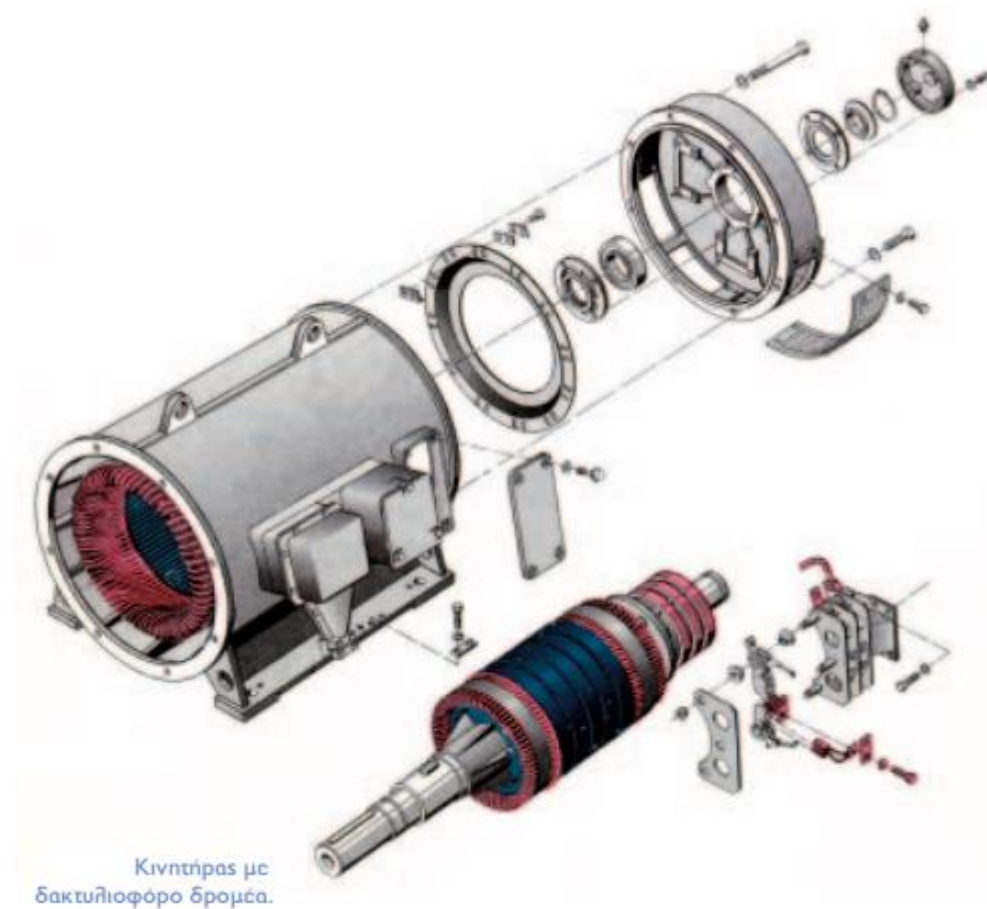
ΕΙΔΗ ΑΣΥΓΧΡΟΝΩΝ ΤΡΙΦΑΣΙΚΩΝ ΚΙΝΗΤΗΡΩΝ

Οι ασύγχρονοι κινητήρες λόγω της απλότητας της κατασκευής τους, του χαμηλού κόστους, της ελάχιστης συντήρησης και της μεγάλης συγκέντρωσης ισχύος, είναι οι πιο διαδεδομένοι κινητήρες στη βιομηχανία. Ονομάζονται διαφορετικά και επαγωγικοί κινητήρες, γιατί το ρεύμα διέγερσης του δρομέα δημιουργείται από επαγωγή αντί να παρέχεται με ηλεκτρική σύνδεση από κάποια πηγή. Οι ασύγχρονοι κινητήρες διακρίνονται σε μονοφασικούς και τριφασικούς. Στο κεφάλαιο αυτό θα αναπτύξουμε τους τριφασικούς κινητήρες. Οι ασύγχρονοι τριφασικοί κινητήρες ανάλογα με τη κατασκευή του δρομέα διακρίνονται σε δύο τύπους :

α) κινητήρας με βραχυκυκλωμένο δρομέα



β) κινητήρας με δακτυλιοφόροδρομέα



Εμείς θα αναπτύξουμε κυρίως τους κινητήρες βραχυκυκλωμένου δρόμια.

Κατασκευαστικά στοιχεία του στάτη των ασύγχρονων τριφασικών κινητήρων (Α.Τ.Κ.)

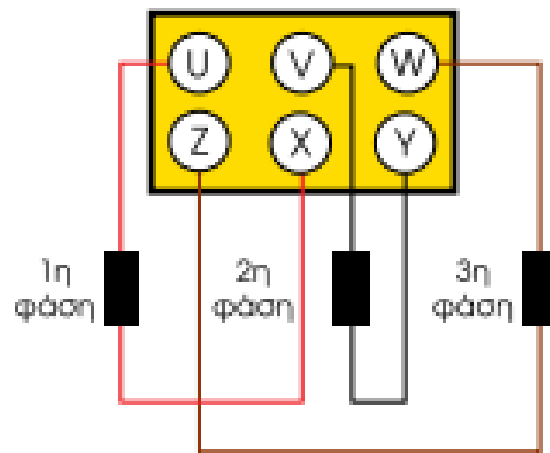
Το ακίνητο μέρος ενός ασύγχρονου τριφασικού κινητήρα, ο στάτης, αποτελεί το μόνο στοιχείο που συνδέεται ηλεκτρικά με το δίκτυο. Μέσα στο κέλυφος είναι τοποθετημένος ο πυρήνας του τυμπάνου, που κατασκευάζεται από πολλά μαγνητικά ελάσματα, συνήθως πυριτιούχου χάλυβα, που κόβονται σε ειδικές πρέσες και έχουν τη μορφή του σχήματος



Τα ελάσματα αυτά είναι περασμένα με ειδικό βερνίκι, συγκρατούνται με κοχλίες και αποτελούν το ζύγωμα της μηχανής. Στα αυλάκια (οδοντώσεις) που σχηματίζονται τοποθετούνται οι τρεις φάσεις του τυλίγματος, ώστε να δημιουργείται στο εσωτερικό ένα μαγνητικό πεδίο Βολ.

ΠΟΛΙΚΑ ΚΑΙ ΦΑΣΙΚΑ ΜΕΓΕΘΗ

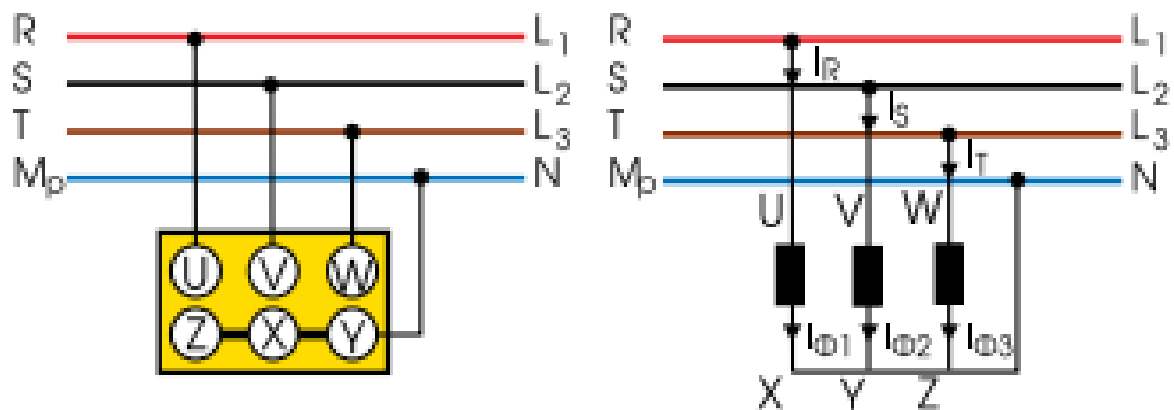
Κάθε τριφασική μηχανή έχει τρεις φάσεις (τυλίγματα) που φαίνονται στο σχήμα



Τα άκρα U,V,W χρησιμοποιούνται για να συνδέονται στο τριφασικό δίκτυο τροφοδοσίας R,S,T,Mr και να δίνουν ή να παίρνουν ισχύ (γεννήτρια,κινητήρας) και τα X,Y,Z για να δημιουργούν αλληλένδετο τριφασικό σύστημα.Υπάρχουν δύο τρόποι για να συνδεθούν οι τρεις φάσεις :

- Σύνδεση σε αστέρα (Y)

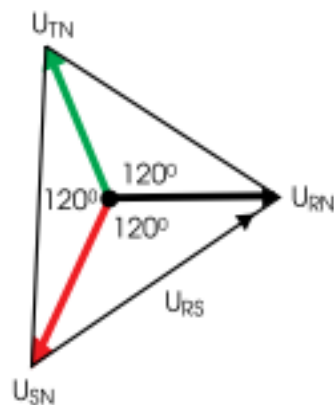
Ενώνοντας με χάλκινα λαμάκια τους ακροδέκτες X,Y,Z της μηχανής , συνδέουμε τα τυλίγματα σε αστέρα (Y) , όπως φαίνεται στο σχήμα



Η τάση στα άκρα μιας φάσης λέγεται φασική τάση και η τάση μεταξύ δυο γραμμών τροφοδοσίας , πολική τάση .

Στη συνδεσμολογία αστέρα παίρνοντας τυχαία μια φάση , την 1^η φάση παρατηρούμε ότι η φασική τάση είναι η τάση $U_{UX}=U_{RN}$, από την τριγωνομετρική ανάλυση του σχήματος προκύπτει ότι $U_{RS} = \sqrt{3}U_{RN}$

Δηλαδή $U_{\text{πολική}} = \sqrt{3} U_{\text{φασική}}$



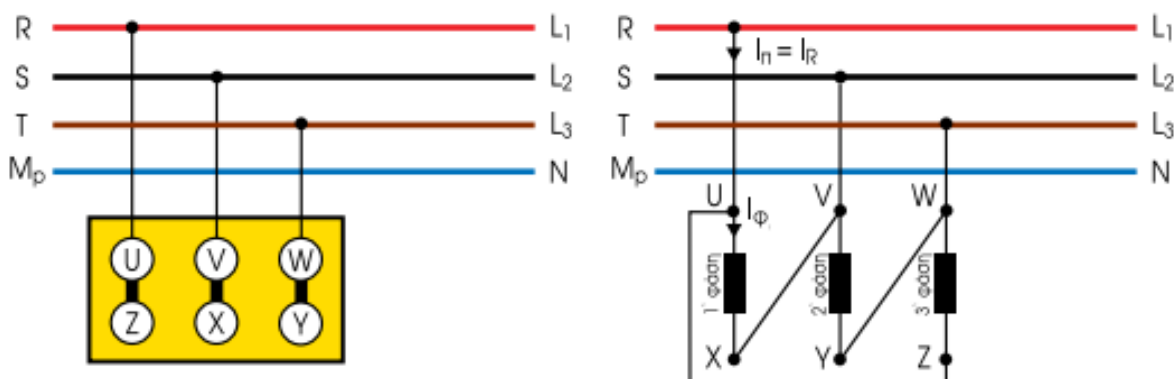
Το ρεύμα που παρέχεται στη 1^η φάση από το δίκτυο είναι I_R .

Παρατηρώντας το σχήμα προκύπτει : $I_R = I_{\Phi 1}$. Γενικεύοντας μπορούμε να γράψουμε : $I_{\text{φασικό}} = I_{\text{πολικό}}$ και σε συντομία

$$I_{\phi} = I_n$$

- Σύνδεση σε τρίγωνο (Δ)

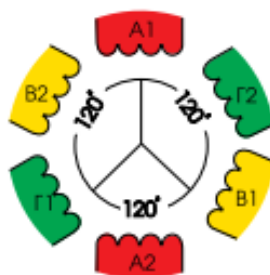
Εν' φωνοντας στη συνέχεια τους ακροδέκτες U, V με X και W με Y συνδέουμε τα τυλίγματα σε τρίγωνο (Δ) όπως φέεται Στο σχήμα :



Στη συνδεσμολογία τριγώνου η φασική τάση $U_{UX} = U_{RS'}$ δηλαδή $U_{\text{φασική}} = U_{\text{πολική}}$. Απο την τριγωνομετρική ανάλυση των ρευμάτων προκύπτει ανεξάρτητα απο τη συνδεσμολογία η πραγματική ισχύ που απορροφά ο κινητήρας απο το δίκτυο είναι : $P = \sqrt{3} U_{\text{L}} I_{\text{L}} \cos \phi$ (W).

ΤΟ ΣΤΡΕΦΟΜΕΝΟ ΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΠΕΔΙΟ

Οστάτης κάθε ασύγχρονου τριφασικού κινητήρα αποτελείται απο τρία τυλίγματα (A,B,Γ) ποθ σχηματίζουν γωνίες 120° μεταξύ τους, όπως φαίνεται στο σχήμα. Όταν εφαρμοσθεί εναλλασσόμενη τάση στο στάτη , έχουμε ροή ρεύματος μέσα απο τα πηνία. Η μαγνητική ροή εξαρτάται απο τη φορά του ρεύματος.

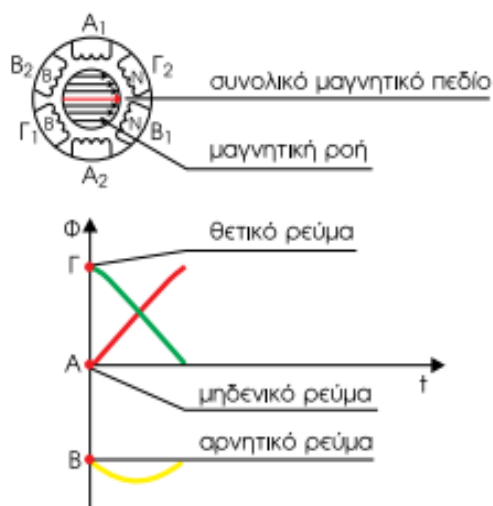


Αν υποθέσουμε ότι θετική φορά ρεύματος δημιουργεί στα πηνία A2,B2,Γ2 Νότιο μαγνητικό πόλο (N) καταλήγουμε στον πίνακα :

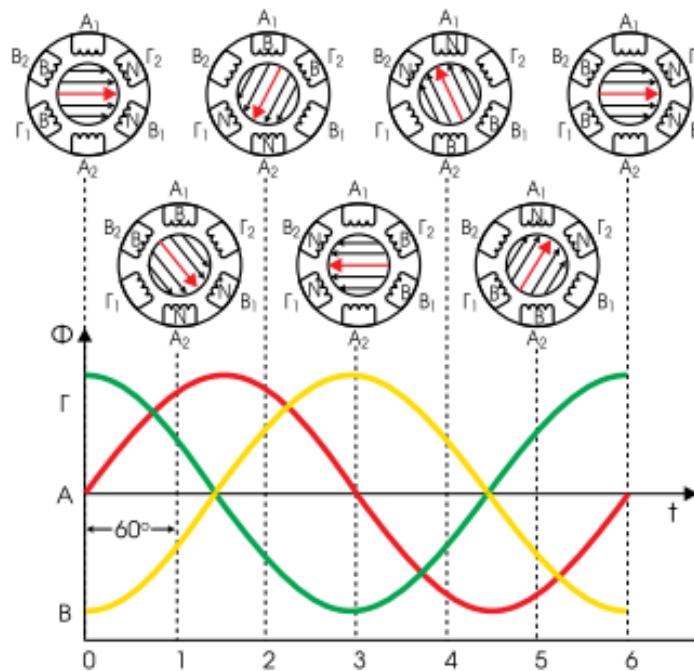
Δημιουργία μαγνητικών πόλων

Πηνίο	Φορά Ρεύματος	
	Θετική (+)	Αρνητική (-)
A ₁	Βόρειος (B)	Νότιος (N)
A ₂	Νότιος (N)	Βόρειος (B)
B ₁	Βόρειος (B)	Νότιος (N)
B ₂	Νότιος (N)	Βόρειος (B)
Γ ₁	Βόρειος (B)	Νότιος (N)
Γ ₂	Νότιος (N)	Βόρειος (B)

Τα τρία τυλίγματα του στάτη τροφοδοτούνται με τριφασικό ρεύμα. Για να γίνει κατανοητή η δημιουργία του μαγνητικού πεδίου επιλέγουμε τη χρονική στιγμή μηδέν. ($t=0$). Το ρεύμα στο πηνίο A είναι μηδέν, στο B είναι αρνητικό και στο Γ θετικό. Με βάση τον προηγούμενο πίνακα τα B1 και Γ2 είναι Νότιοι πόλοι και το B2 και Γ1 Βόρειοι πόλοι. Η δημιουργούμενη συνολική μαγνητική ροή φαίνεται στο σχήμα.



Αν με το ίδιο τρόπο εξετάσουμε το δημιουργούμενο μαγνητικό πεδίο για τριφασικό σύστημα παροχής και για χρόνους που αντιστοιχούν σε γωνίες 60 μοίρες όταν το ρεύμα συμπληρώσει φάση 360 μοίρες, το μαγνητικό πεδίο έχει περιστραφεί αντίστοιχα κατά 360 μοίρες.



ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΜΗΧΑΝΕΣ DC-AC

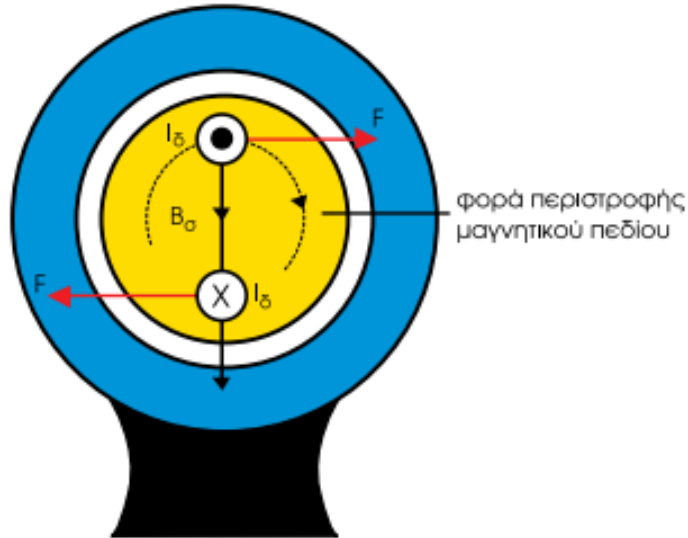
(ΤΟΥ STEPHENJ. CHAPMAN ΕΚΔΟΣΕΙΣ Α. ΤΖΙΟΛΑ Ε.)

ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΑΣΥΓΧΡΟΝΩΝ ΤΡΙΦΑΣΙΚΩΝ ΚΙΝΗΤΗΡΩΝ

Στους κινητήρες συνεχούς ρεύματος μέσα από το συλλέκτη τροφοδοτείται με ρεύμα ο δρομέας που βρίσκεται σε μαγνητικό πεδίο δημιουργούμενο από το τύλιγμα διέγερσης. Αποτέλεσμα αυτών είναι η δημιουργία μαγνητικής δύναμης (Laplace) που περιστρέφει τον δρομέα .

Στους ασύγχρονους κινητήρες , ο δρομέας είναι ηλεκτρικά ανεξάρτητος από το στάτη και δεν τροφοδοτείται με ρεύμα από το δίκτυο . Στα τρία τυλίγματα

του στάτη δίνουμε τριφασικό ρεύμα και δημιουργείται το στρεφόμενο μαγνητικό πεδίο που τέμνει τις σπείρες του δρομέα. Στο δρομέα αναπτύσσονται επαγωγικά ρεύματα, με αποτέλεσμα τη δημιουργία μαγνητικής δύναμης(Laplace) που περιστρέφει το δρομέα



Η ταχύτητα περιστροφής η του κινητήρα είναι πάντοτε μικρότερη από τη σύγχρονη ταχύτητα H_s του στρεφόμενου μαγνητικού πεδίου . Αν υποθέσουμε ότι $\eta = H_s$ τότε δεν θα προλαβαίνει το μαγνητικό πεδίο να κώει τους αγωγούς του δρομέα, δεν θα έχουμε επαγωγή και φυσικά θα μηδενισθεί η μαγνητική δύναμη και θα σταματήσει ο κινητήρας . Όπως είναι γνωστό :

$$F = B_{\zeta} \, I \delta \, I$$

F: μαγνητική δύναμη (Laplace) σε (N)

B_z : μαγνητική επαγωγή στρεφόμενου μαγνητικού πεδίου σε Τα (vs/m2)

Ιδ : ρεύμα δρομέα απο επαγωγή σε (A)

L: μήκος αγωγού δρομέα σε (m)

ΣΥΓΚΡΟΤΗΣΗ ΤΩΝ ΤΥΛΙΓΜΑΤΩΝ ΤΟΥ ΣΤΑΤΗ ΕΝΑΛΛΑΣΣΟΜΕΝΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

Το τυλίγμα του στάτη είναι συγκροτημένο από μάτσα με χάλκινο σύρμα ή από χάλκινες μπάρες. Τα μάτσα ή οι μπάρες είναι τοποθετημένα μέσα σε κατάλληλα αυλάκια, που βρίσκονται στην εσωτερική κυλινδρική επιφάνεια του στάτη.

ΧΡΗΣΙΟΜΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΤΥΛΙΓΜΑΤΩΝ ΜΕ ΜΑΤΣΑ ΚΑΙ ΜΠΑΡΕΣ

Τα τυλίγματα με μάτσα χρησιμοποιούνται κανονικά για κινητήρες με μικρή ισχύ, αλλά μπορούν να υιοθετηθούν και για κινητήρες με μεγάλη ισχύ και μεγάλη τάση. Στα τυλίγματα των κινητήρων με μικρή ισχύ η διάμετρος του σύρματος σπάνια ξεπερνά τα 3mm. Για μεγαλύτερες διατομές προτιμάμε τη χρησιμοποίηση δύο ή περισσότερων συρμάτων συνδεδεμένων παράλληλα τα τυλίγματα με μπάρες χρησιμοποιούνται στις μηχανές με μεγάλη ισχύ και χαμηλή τάση, δηλαδή, όταν έχουμε με ψηλή ένταση ρεύματα δεν ενδείκνυνται η χρησιμοποίηση μεγάλων μπάρων, γιατί δημιουργούνται παρασιτικά ρεύματα. Συμφέρει η χρήση αγωγών ορθογωνικής διατομής, μονωμένων μεταξύ τους και συνδεδεμένων παράλληλα.

ΤΙΜΗ ΤΗΣ Η.Ε.Δ

Στις μηχανές Ε.Ρ χρειάζεται η συνεργασία πολλών αγωγών συνδεδεμένων στη σειρά, για να πετύχουμε Η.Ε.Δ τέτοιου μεγέθους, ώστε να μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην πράξη. Η τιμή της Η.Ε.Δ εξαρτάται φάση των στοιχειωδών Η.Ε.Δ. Η Η.Ε.Δ δύο αγωγών που είναι συνδεδεμένοι στη σειρά είναι διπλάσια εκείνης του ενός αγωγού, όταν οι στοιχειώδεις Η.Ε.Δ των δύο αγωγών είναι σε φάση, δηλαδή, όταν οι δύο αγωγοί είναι σε απόσταση

ενός πολικού βήματος (180 μοίρες ηλεκτρικές) . Αν οι στοιχειώδεις Η.Ε.Δ δεν είναι σε φάση , η προκύπτουσα είναι μικρότερη και είναι τόσο μικρή όσο πιο με'γαλη είναι η μετατόπιση μεταξύ των δύο αγωγών σε σχέση με τη θέση του μεγίστου . Η Η.Ε.Δ μπορεί να λάβει τιμές αρκετά χαμηλές , όταν οι δύο αγωγοί είναι πολύ κοντά , γιατί οι στοιχειώδεις Η.Ε.Δ θα είναι σχεδόν σε αντίφαση. Η τιμή της Η.Ε.Δ που επάγεται σε κάθε φάση του στάτη δίνεται από την σχέση :

$$E=4.11 \cdot K_t \cdot f \cdot N \cdot \Phi \delta [V]$$

Όπου :

F= συχνότητα του ρεύματος τροφοδοτήσεως σε C/sec

N= αριθμός σπειρών για κάθε φάση

$\Phi \delta$ = ροή σε Weber στο διάκενο

K_t = συντελεστής τυλίγματος

ΕΙΔΗ ΤΥΛΙΓΜΑΤΩΝ

Οι μηχανές εναλλασσόμενου ρεύματος κατασκευάζονται με τρία είδη τυλιγμάτων αυτά είναι :

1^ο . τυλίγματα με ένα μάτσο / αυλάκι.

2^ο . τυλίγματα με δύο μάτσα / αυλάκι

3^ο . τυλίγματα με ε'να και δυο μάτσα / αυλάκι

Τα τυλίγματα με ένα μάτσο / αυλάκι ονομάζονται και τυλίγματα με μια στρώση . Τα τυλίγματα με δυο μάτσα / αυλάκι ονομάζονται και τυλίγματα με δύο στρώσεις και τέλος τα τυλίγματα με ένα και δύο μάτσα / αυλάκι ονομάζονται μικτά τυλίγματα . Τα τυλίγματα μπορεί να είναι μονοφασικά διφασικά και τριφασικά . Τα πλέον διαδεδομένα τυλίγματα είναι τα τριφασικά , τα οποία μπορούν να θεωρηθούν ότι προκύπτουν από τρία κυκλώματα μονοφασικά μετατοπισμένα μεταξύ τους κατά 120° ηλεκτρικές .

ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΕΣ-ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΜΟΙΡΕΣ.

Στις διπολικές μηχανές ΕΡ η Η.Ε.Δ που επάγεται σε καθε εργαζόμενο αγωγό , συμπληρώνει μια ολόκληρη περίοδο , όταν ο αγωγός περνώντας μπροστά από ένα βόρειο και ένα νότιο πόλο ξαναβρεθεί παλι μπροστά στον επόμενο βόρειο πόλο, Στις πολύπολικες μηχανές η Η.Ε.Δ που επάγεται σε καθε εργαζόμενο αγωγό συμπληρώνει μία περίοδο μόλις ο αγωγός διαγράψει ένα ορισμένο τόξο που αντιστοιχεί σε ορισμένη γεωμετρική γωνία . Η τιμή αυτής της γεωμετρικής γωνίας εξαρτάται από τον αριθμό των πόλων του επαγωγέα. Η σχέση μεταξύ γεωμετρικών και ηλεκτρικών γωνιών είναι :

Γεωμετρική γωνία = ηλεκτρική γωνία / ζεύγη πόλων

ΤΥΠΟΙ ΤΩΝ ΤΥΛΙΓΜΑΤΩΝ ΤΟΥ ΣΤΑΤΗ.

Τα τυλίγματα των ασύγχρονων κινητήρων διακρίνονται σε 3 συστήματα.

Αυτά είναι :

1. Ομόκεντρο
2. Βροχοειδές συνήθως ονομάζεται στεφάνης
3. Κυματοειδές

Τα τρία συστήματα μπορούν να διακριθούν σε δυο

A) Με πόλους ομώνυμου

B) Με πόλους εναλλάξ

Τόσο τα τυλίγματα με πόλους εναλλάξ όσο και εκείνα με πόλους ομώνυμους ανάλογα με το πλάτος του μάτσου , δηλαδή της αποστάσεως μεταξύ των ενεργών πλευρών διακρίνονται σε :

A) Τυλίγματα με βήματα ακέραιο

B) Τυλίγματα με ' βημα σμικρυνόμενο

Το ομόκεντρο τύλιγμα κανονικά γίνεται σε δύο επίπεδα, αλλά χρησιμοποιείται επίσης μια τοποθέτηση των κεφαλών ανάλογη με εκίνη των τυλιγμάτων στεφάνης και αυτό το τύλιγμα ονομάζεται τύλιγμα ομόκεντρο με στεφάνη . Τα μάτσα είναι όλα ίσα στο τύλιγμα στεφάνης ενώ στο ομόκεντρο με στεφάνη τα μάτσα κάθε συγκροτήματος είναι διαφορετικού μεγέθους, όπως στο ομόκεντρο με δυο επίπεδα . Το τύλιγμα στεφάνης χρησιμοποιείται πολλές φορές από τους τυλιχτές σε αντικατάσταση του ομόκεντρου με μια στρώση.

ΤΥΛΙΓΜΑ ΜΕ ΒΗΜΑ ΑΚΕΡΑΙΟ ΚΑΙ ΜΕ ΒΗΜΑ ΣΜΙΚΡΥΜΕΝΟ.

Τα τυλίγματα μπορούν να πραγματοποιηθούν με ένα και δυο μάτσα σε κάθε αυλάκι. Στα τυλίγματα με ένα μάτσο ανά αυλάκι οι αγωγοί κάθε αυλακιού αποτελούν ένα στοιχείο ενώ στα τυλίγματα με δύο μάτσα / αυλάκι οι αγωγοί κάθε αυλακιού αποτελούν δυο στοιχεία. Το βήμα των αυλακίων Ψ_a είναι ίσο με το πολικό βήμα Ψ_n στα τυλίγματα με βήμα ακέραιο :

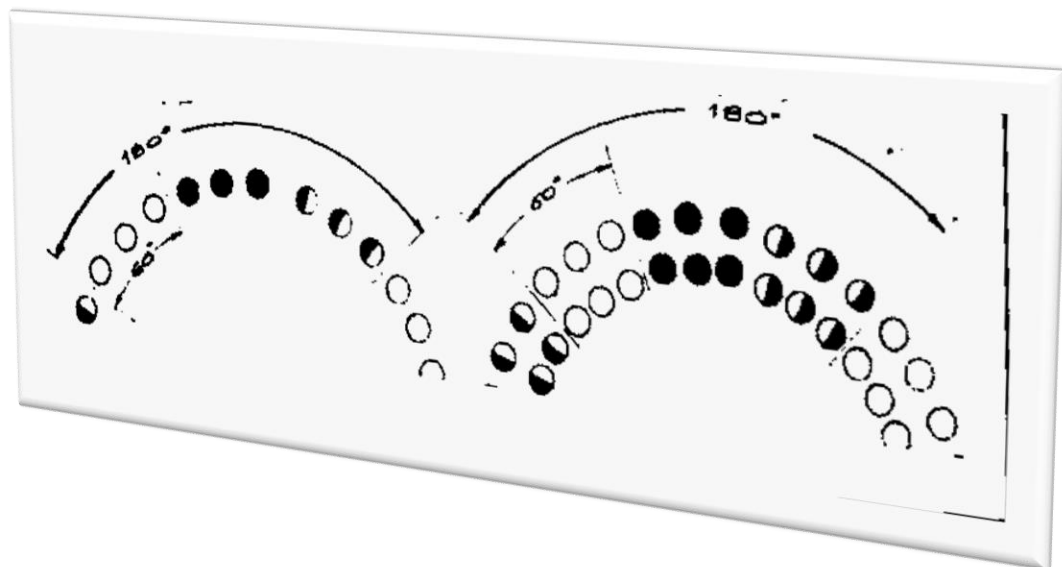
$$\Psi_a = \Psi_n = \eta_a / 2\rho$$

Στα τυλίγματα με βήμα σμικρυμένο το βήμα των αυλακίων Ψ_a είναι πάντα μικρότερο του πολικού βήματος Ψ_n :

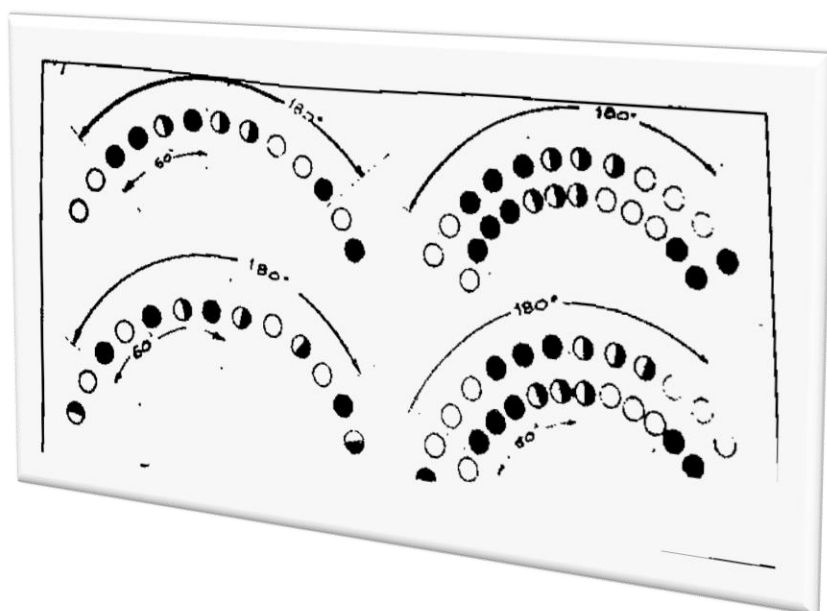
$$\Psi_a < \eta_a / 2\rho$$

Τα τυλίγματα με βήμα ακέραιο κάθε φάση συνήθως

Καταλαμβάνει το 1/3 του παλιού βήματος , δηλαδή τα στοιχεία κάθε φάσης είναι κατανεμημένα συνήθως ομοιόμορφα κατά μήκος μιας ζώνης 60° ηλεκτρικών .



Στο τυλίγμα με βήμα σμικρυνμένο κάθε φάση καταλαμβάνει πάντα μία στρώση μεγαλύτερη του $\frac{1}{3}$ του πολικού βήματος



Το βήμα των τυλιγμάτων με 1 μάτσο / αυλάκι μπορεί να θεωρηθεί ακέραιο , όταν προκύπτει λίγο διαφορετικό του πολικού βήματος $\Psi\eta$, αρκει κάθε φάση να καταλαμβάνει συνέχεια το $1/3$ του πολικού βήματος. Τόσο τα τυλίγματα με μια στρώση ο'σο και εκείνα με δύο στρώσεις μπορούν να πραγματοποιηθούν με βήμα ακέραιο και με βήμα κλασματικό. Συνήθως χρησιμοποιούμε με το σμικρυμένος βήμα για τα τυλίγματα με δυο στρώσεις.

ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΜΗΧΑΝΕΣ DC-AC

(ΤΟΥ STEPHENJ. CHAPMAN ΕΚΔΟΣΕΙΣ Α. ΤΖΙΟΛΑ Ε.)

ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΩΝ ΤΥΛΙΓΜΑΤΩΝ ΜΕ ΔΥΟ ΣΤΡΩΣΕΙΣ ΚΑΙ ΜΕ ΒΗΜΑ ΣΜΙΚΡΥΜΕΝΟ

Η σμίκρυνση του βήματος στα τυλίγματα με δύο στρώσεις επιφέρει μικρή οικονομία σύρματος , γιατί το μήκος των κορυφών των μάτσων σε αυτη την περίπτωση είναι μικρότερο.

Η σμίκρυνση του βήματος στο ξανατύλιγμα του κινητήρα, ενώ παραμένει αμετάβλητη η τάση τροφοδοτήσεως πρέπει να συνοδεύεται απο μικρή αξηση του αριθμού των αγωγών / αυλάκι απο Z σε $Z/\eta\mu$ ($90^\circ \Psi\alpha / \Psi\eta$) γιατι εχουμε μείωση της Η.Ε.Δ απο E σε $E/\eta\mu$ ($90^\circ \Psi\alpha / \Psi\eta$) . Τα μάτσα των τυλιγμάτων με δυο στρώσεις αποτελούνται απο τους μισούς αγωγούς σε

σύγκριση με εκείνα των τυλιγμάτων με μια στρώση.

Η μόνωση μεταξύ των δύο στρώσεων πρέπει να είναι κατάλληλη για τη διαφορά δυναμικού που υπάρχει μεταξύ των δυο στρώσεων , και είναι ίση με εκείνη που εφαρμόζεται στα άκρα της μηχανής , ο'ταν τα δυο στοιχεία του ίδιου αυλακιού ανήκουν σε διαφορετικές φάσεις . Μια κατάλληλη σμίκρυνση του βήματος φέρνει πάντα μια μικρή μείωση του συντελεστή γεμίσματος αυλακιού , σε σχέση με τα τυλίγματα με μία στρώση αντίθετα προκύπτει μικρότερο το μήκος της μέσης σπείρας και έτσι έχουμε μικρότερες απώλειες χαλκού και κατά συνέπεια καλύτερη απόδοση . Η μεγαλύτερη αξία της σμικρύνσεως του βήματος είναι το γεγονός ότι μας δίνει τη δυνατότητα να πετύχουμε πεδία πιο ομοιόμορφα , έχοντας τη δυνατότητα μηδενισμού και απομακρύνσεως μερικών αρμονικών . Τα ουσιαστικά χαρακτηριστικά των τυλιγμάτων με σμικρυμένο βήμα μπορούν να συνοψισθούν ως εξής :

- 1) Καλύτερευση της καμπύλης της Η.Ε.Δ με μηδενισμό ή αποφυγή μερικών αρμονικών.
- 2) Δυνατότητα υιοθέτησης ενός κλασματικού αριθμού αυλακιών ανα πόλο και φάση.
- 3) Σμίκρυνση των κεφαλών των μάτσων επιτρέπει κάποια οικονομία χαλκού , ειδικά για τυλίγματα με δυο πόλους .
- 4) Μείωση του συντελεστή του τυλίγματος και χειροτέρευση της χρησιμοποιήσεως του τυλίγματος , με επακόλουθο την αύξηση των αγωγών με την ίδια εφαρμοζόμενη τάση και ροή για κάθε πόλο μ τόσο μεγάλη όσο πιο μεγάλος είναι ο συντελεστής της σμικρύνσεως
- 5) Πιο χαμηλό συντελεστή γεμίσματος αυλακιών , γιατί τα δύο στοιχεία του ίδιου αυλακιού αποτελούνται από διαφορετικές φάσεις και για αυτό η μόνωση πρέπει να είναι κατάλληλη για την τάση τροφοδοτήσεως
- 6) Η σμίκρυνση του βήματος μεγάλης εντάσεως υιοθετείται στους διπολικούς κινητήρες.

ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΤΟΥ ΣΜΙΚΡΙΜΕΝΟΥ ΒΗΜΑΤΟΣ

Η σχέση μεταξύ του βήματος του τυλίγματος και του ακεραίου βήματος η πολικού βήματος (Ψ_a / Ψ_n) ονομάζεται απλά συντελεστής σμικρυμένου βήματος

ΤΡΙΦΑΣΙΚΑ ΤΥΛΙΓΜΑΤΑ ΜΕ ΜΑΤΣΑ

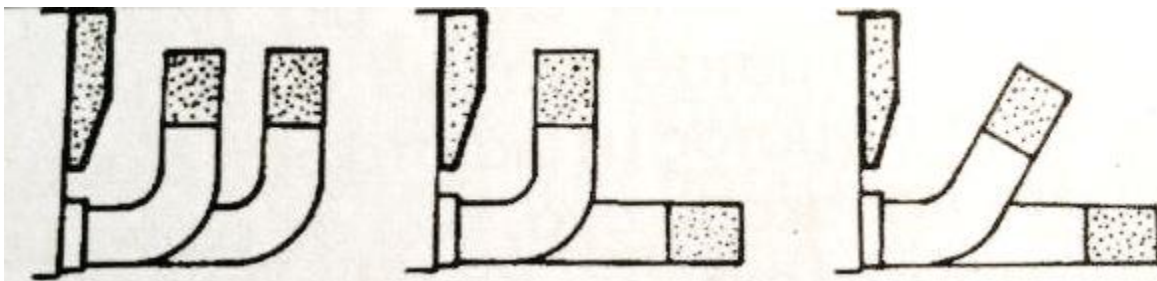
Αυτά τα τυλίγματα μπορούν να πραγματοποιηθούν :

1. Ως ομόκεντρα
2. Ως βροχοειδή

Τα **ομόκεντρα** τυλίγματα ονομάζονται τα τυλίγματα με μάτσα άνισα ενώ τα **βροχοειδή** τυλίγματα ονομάζονται και τυλίγματα με μάτσα ίσια. Τα βροχοειδή πραγματοποιούνται με πόλους εναλλάξ ενώ τα ομόκεντρα πολυπολικά με 1 μάτσο/αυλάκι πραγματοποιούνται με πόλους ομώνυμους.

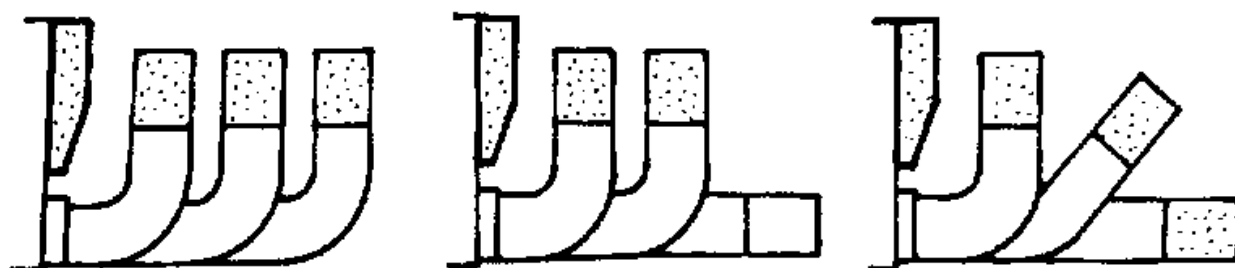
- Ομόκεντρα τυλίγματα

Οι κεφαλές των μάτσων αυτών τωβ τυλιγμάτων διατάσσονται σε δυο ή σε τρία επίπεδα. Στο ομόκεντρο τύλιγμα οι κεφαλές των μάτσων συνήθως παίρνουν την μορφή του παρακάτω σχήματος



Στα τριφασικά τυλίγματα με πόλους ομώνυμους ο αριθμός των συγκροτημάτων είναι ίσος με 3ρ (ρ = ζεύγη πόλων) .

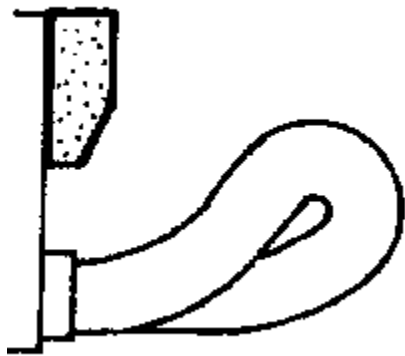
Κατα συνέπεια στα ομόκεντρα τυλίγματα με δυο επίπεδα , για να έχουμε σε κάθε επίπεδο ένα αριθμό συγκροτημάτων ακέραιο είναι αναγκαίο το $3q/2$ να είναι αριθμός ακέραιος ή ο ολικός αριθμός των συγκροτημάτων $3q$ πρέπει να είναι ζυγός , διαφορετικά θα πρέπει ένα μάτσο να ανήκει τόσο στο πρώτο όσο και στο δεύτερο επίπεδο να έχει μια πλευρά κοντή και μια μακριά. Για να έχουμε ίσο αριθμό μάτσων μακριών και κοντών θα πρέπει ο αριθμός των ζευγών των πόλων να είναι ζυγός. ΟΙ κεφαλές των ομοκεντρων πολυπολικών τυλιγμάτων τοποθετούνται σε δυο επίπεδα , ενώ στις διπολικές μηχανές επιτυγχάνεται μια καλύτερη κατανομή των κεφαλών των μάτσων με την τοποθέτηση αυτών σε τρία επίπεδα ή με μάτσα μακριά, μεσαία και κοντά. Τα παρακάτω σχήματα δείχνουν τη τοποθέτηση των κεφαλών των μάτσων που χρησιμοποιείται περισσότερο.



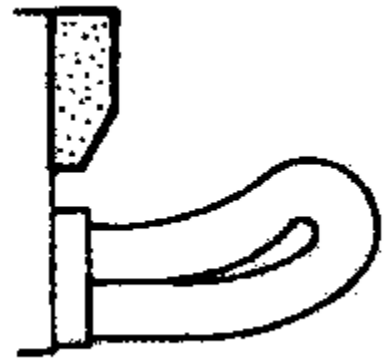
Σήμερα ειδικά στους ασύγχρονους κινητήρες προτιμάται το τύλιγμα στεφανής ή τυλίγμα ομόκεντρο με στεφάνη .Επίσης το ομόκεντρο τύλιγμα σε τρία επίπεδα χρησιμοποιείται στις μηχανές με μεγάλη ισχύ

- **Τύλιγμα βροχοειδές**

Αυτα τα τυλίγματα έχουν μάτσα ίδιου τύπου με τα επαγωγίμα των μηχανών συνεχούς ρεύματος. Το δίπλωμα των μάτσων είναι διαφορετικό , αυτά έχουν μια πλευρά κοντή και μια μακριά και όλα τα μάτσα είναι ίδια . Η κεφαλή των μάτσων του βροχοειδούς τυλιγματος με μια στρώση διαμορφώνεται όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα **A** ενώ σε εκείνο με δυο στρώσεις όπως φαίνεται στο σχήμα **B**.



Σχήμα Α



Σχήμα Β

ΠΕΡΙΕΛΙΞΕΙΣ ΤΩΝ ΣΤΡΑΤΩΝ ΤΩΝ ΜΗΧΑΝΩΝ ΕΝΑΛΛΑΣΣΟΜΕΝΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

Τώρα θα περιγράψουμε τις μεθόδους που χρησιμοποιούμε για να περιτυλίξουμε το τυλίγμα των στράτων των επαγωγικών και σύγχρονων κινητήρων εναλλασσομένου ρεύματος καθώς και τα πηνία των πόλων μηχανών. Τα τυλίγματα των στατών είναι εύκολο να τα τυλίξουμε ή να τα συνδέσουμε κατά τρόπο ώστε να μπορούν να εργασθούν σε διαφορετικές τάσεις, στροφές και συχνότητες.

Η καταγραφή των τεχνικών στοιχείων του τυλίγματος είναι μια από τις σοβαρότερες εργασίες που δεν πρέπει να παραλειφθεί. Κατά το στάδιο αυτό καταγράφουμε ορισμένα τεχνικά στοιχεία του παλιού τυλίγματος έτσι ώστε να μην συναντήσουμε δυσκολία, όταν τυλίγουμε από την αρχή το τύλιγμα του στάτη ή του πόλου.

Προσπαθούμε να περισυλλέξουμε όσο το δυνατόν περισσότερα στοιχεία, πριν

αφαιρέσουμε (ξηλώσουμε) το παλιο τύλιγμα και τα υπόλοιπα στοιχεία τα καταγράφουμε κατά την αφαίρεση του παλιού τυλίγματος. Ενας άλλος σοβαρός παράγων , που πρέπει να προσέξουμε είναι η απόσταση που προεξέχουν οι μετωπικές συνδέσεις των ομάδων που θα τοποθετήσουμε στον στάτη, να μην εξέχουν περισσότερο απο αυτήν την απόσταση . Αν συμβεί αυτο , τότε τα καλύμματα της μηχανής είναι δυνατόν να <<βρίσκουν>> στους αγωγούς , να τους πιέζουν και να προκαλούν βραχυκυκλώματα ή να μην εφαρμόζουν στις βάσεις τους.

ΤΥΛΙΓΜΑΤΑ ΤΟΥ ΣΤΑΤΗ ΣΕ ΠΟΛΥΦΑΣΙΚΟΥΣ ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ

Οι περισσότεροι απο τους πολυφασικούς κινητήρες , που έχουν ισχύ κλάσματος του ίππου χρησιμοποιούν βροχοτυλίγματα. Συνήθως τοποθετούνται δυο στοιχεία σε κάθε οδόντωση και το τύλιγμα γίνεται δυο στρώσεων.

Όλες οι ομάδες είναι όμοιες , έχουν τον ίδιο αριθμό σπειρών και το ίδιο μέγεθος σύρματος . Οι ομάδες των φράσεων χωρίζονται συνήθως με μια λωρίδα μονώσεων γιατί στην ίδια οδόντωση υπάρχουν δυο στοιχεία δυο διαφορετικών φάσεων . Οι ομάδες τυλίσσονται ή συνδέονται κατά συγκροτήματα .

Συγκρότημα ομάδων είναι ένα αριθμό 'ς ανεξαρτήτων ομάδων , που συνδέονται στη σειρά μενουν ελεύθερα μόνο τα δυο άκρα.Το τύλιγμα του στάτη σχηματίζεται μετά απο αυτά τα συγκροτήματα

A) Πως τυλίσσονται οι ομάδες των στατών των μικρών Μηχανών

Στους κινητήρες που έχουν ισχύ κλάσματος του ίππου , οι ομάδες ενός συγκροτήματος τυλίσσονται κατα κανόνα με ένα συνεχές σύρμα , όταν ο αριθμός των ομάδων είναι ο ίδιος σε όλα τα συγκροτήματα των ομάδων . Με τον τρόπο αυτόν απλοποιούνται οι μετωπικές συνδέσεις των τυλίγμάτων του στάτη ή ρότορα. Εάν όμως ο αριθμός των μονάδων των ομάδων των συγκροτημάτων δεν είναι ίδιος τότε θα είναι κάπως δύσκολο να σύρουμε έξω τα άκρα κάθε ομάδας και να τα συνδέσουμε κατά συγκροτήματα μετά την

περιέλιξη του στάτη.

Β) πώς τυλίσσονται οι ομάδες των στατών των μηχανών μέσης ισχύος.

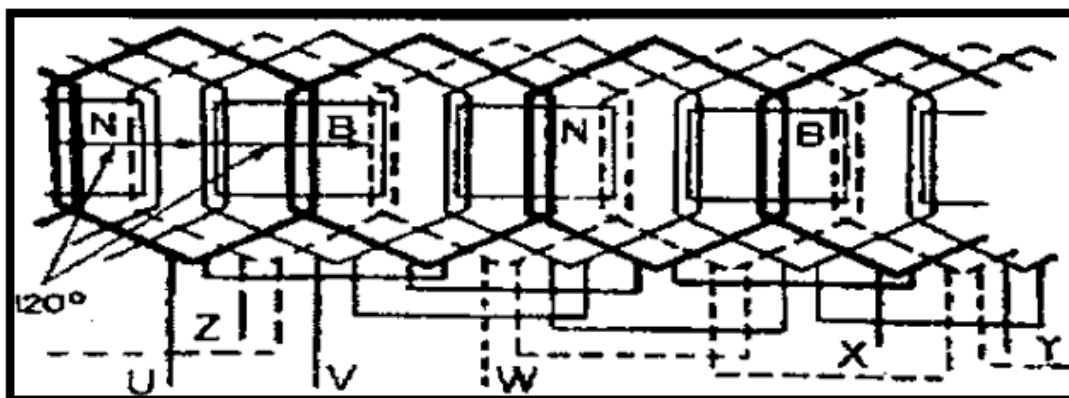
Ακολουθούμε τον ίδιο τρόπο εργασίας που περιγράφεται πιο πάνω

Γ) Πώς τυλίσσονται οι ομάδες των στατών των μηχανών μεγάλης ισχύος.

Για να κατασκευασθούν οι ομάδες, που χρησιμοποιηθούν στα τυλίγματα των στατών που φέρουν ανοικτές οδοντώσεις, απαιτείται ειδικό καλούπι και πρέπει να τυλιχθούν κατά τέτοιο τρόπο ώστε να συμφωνούν να είναι τελείως ορθογώνιες. Οι ομάδες αυτές επενδύονται τελείως με μονωτική ταινία.

ΤΥΛΙΓΜΑΤΑ ΣΥΓΚΕΤΡΩΜΕΝΑ

Ένα τύλιγμα ονομάζεται συγκετρωμένο όταν έχει μια μόνο οδοντώση ανά πόλο και φάση, όπως το τύλιγμα του σχήματος.



Σε αυτόν τον τύπο του τυλίγματος η αναπτυσσόμενη τάση ανά φάση είναι η μεγαλύτερη που μπορούμε να έχουμε, για ορισμένο αριθμό σπειρών ορισμένης μαγνητικής ροής και ορισμένες στροφές της μηχανής γιατί οι ηλεκτρεγερτικές δυνάμεις των σπειρών είναι εν φάση και προστίθενται.

Η αναπτυσσόμενη τάση σε κάθε τύλιγμα φάσεων μπορεί να υπολογισθεί από τη βασική εξίσωση των μετασχηματιστών

$$E_{\phi} = 4,44 \phi F_Z / 108 \eta * V$$

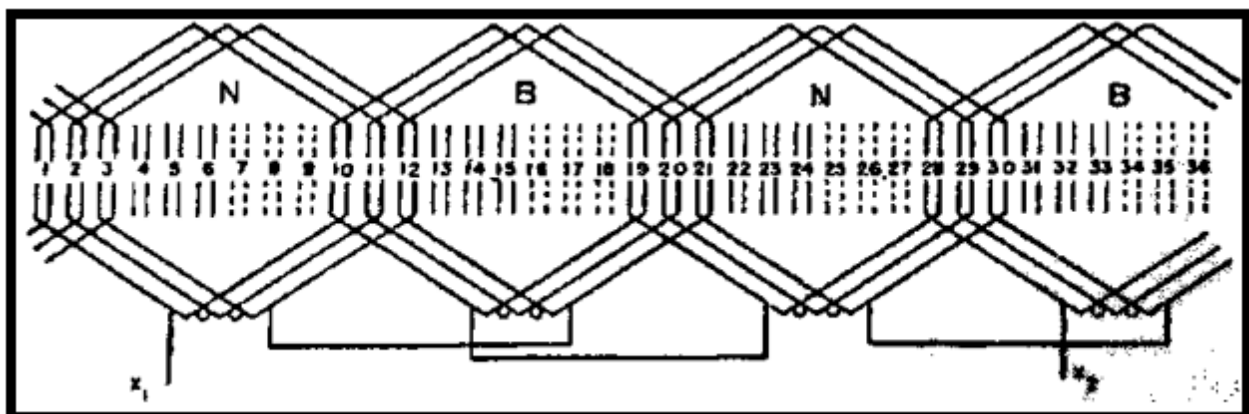
Όπου : E_{ϕ} είναι η φασική τάση , Φ η ροή ανα πόλο , F_{η} συχνότητα του παραγόμενου ρεύματος ανα δευτερόλεπτο και Z ο αριθμός των σπειρών φάσεως.

Το συγκεντρωμένο τύλιγμα έχει δυο μειονεκτήματα:

- 1) Στις μεγάλες μηχανές χρησιμοποιείται μόνο ένα μικρο μέρος της επιφάνειας του στατη.
- 2) Δεν παράγεται εναλλασσόμενο ρεύμα καθαρά ημιτονοειδούς μορφής γιατί στη περίπτωση αυτή η μορφή του ρεύματος μπορεί να μεταβληθεί μόνο εάν διαμορφώσουμε τα πεδία των πόλων.

Εμείς θέλουμε να παρουμε από την μηχανή ρεύμα ημιτονοειδούς μορφής . Αν συνδέσουμε παράλληλα δυο μηχανές που παράγουν ρεύματα διαφορετικής μορφής , τότε θα κυκλοφορεί μεταξύ τους ρεύμα , επειδή οι πολικές τους τάσεις θα διαφέρουν κατά ορισμένα χρονικά διαστήματα , με αποτέλεσμα να μειωθεί η έξοδος του συστήματος . Αν η μορφή της παγωμένης τάσεως δεν είναι ημιτονοειδής , απαιτείτε καλύτερη μόνωση της μηχανής από αυτήν που θα απαιτούνταν αν η τάση της ήταν ημιτονοειδής.

Αν η καμπύλη υστερήσεως θα είναι μεγαλύτερες από τις απώλειες του εναλλακτήρα καθώς και της ηλεκτρικής μηχανής , που τροφοδοτεί ο εναλλακτήρας.



Κατανεμημένο τύλιγμα τριφασικής μηχανής

Για να αντισταθμίσουμε τα μεινεκτήματα αυτά των αυγκεκριμένων τυλιγμάτων , χρησιμοποιούμε δυο ή περισσότερες ομάδες σε κάθε πόλο και φάση αντί μίας. Το σχήμα δείχνει τον τρόπο συνδέσεως των ομάδων μίας φάσης απο ένα παρόμοιο τριφασικό τύλιγμα , Το τύλιγμα αυτο ονομάζεται κατανεμημένο . Οι τρεις ομάδες κάθε συγκροτήματος συνδέονται πρώτα με σειρά και μετά τα συγκροτήματα συνδέονται επίσης με σειρά όπως φαίνεται απο το σχήμα.

Παρατηρο΄με οτι τα διαδοχικά συγκροτήματα συνδέονται αντιστρόφως (το τέλος ενός συγκροτήματος με το τέλος του αλλου και η αρχη με την αρχη) .

ΤΥΛΙΓΜΑΤΑ ΚΑΤΑΝΕΜΗΜΕΝΑ

Όπως εξηγήσαμε πιο πάνω τα κατανεμημένα τυλίγματα έχουν δύο ή περισσότερες οδοντώσεις σε κάθε πόλο και φάση. Για να δείξουμε γιατί ένα κατανεμημένο τύλιγμα παράγει τάση μορφής ημιτόνιου, θα θεωρήσουμε ένα συγκρότημα του σχήματος.

Τα κέντρα των πόλων απέχουν μεταξύ τους κατά 180 ηλεκτρονικές μοίρες και κατά 9 οδοντώσεις ή οι ομάδες θα απέχουν μεταξύ τους κατά $180/9=20$ ηλεκτρικές μοίρες. Επειδή οι πόλοι κινούνται από αριστερά προς τα δεξιά, η αναπτυσσόμενη ηλεκτρεγερτική δύναμη στην ομάδα 2 θα είναι μετά της ηλεκτρεγερτικής δύναμης της ομάδας 1 κατά 20° . Ομοίως η ΗΕΔ της ομάδας 3 θα είναι μετά της ΗΕΔ της ομάδας 2 κατά 20° κλπ.

Η συνισταμένη ΗΕΔ λαμβάνεται αν προσθέσουμε τις στιγμιαίες τιμές των τάσεων των ομάδων. Παρατηρούμε ότι η συνισταμένη τάση πλησιάζει περισσότερο την ημιτονοειδή καμπύλη, από όσο οι τάσεις των ομάδων. Τα ο σχήμα επίσης μας δείχνει ότι σε ένα κατανεμημένο τύλιγμα οι τάσεις των ομάδων ενός συγκροτήματος δεν φθάνουν στην μεγαλύτερη τιμή συγχρόνως. Επομένως, η αναπτυσσόμενη ΗΕΔ είναι μικρότερη από αυτή που θα ήταν αν το τύλιγμα ήταν συγκεντρωμένο.

Εκτός αυτού η αναπτυσσόμενη ΗΕΔ έχει μορφή περισσότερο ημιτονοειδής, το κατανεμημένο τύλιγμα έχει και άλλα πλεονεκτήματα. Επειδή ο χαλκός είναι ομαλότερα κατανεμημένος στην επιφάνεια του τυμπάνου η θέρμανση της μηχανής είναι ομοιόμορφη και το τύλιγμα κρυώνει ευκολότερα. Επομένως επιτρέπεται μεγαλύτερη πυκνότητα ρεύματος σε A/mm² από όσο σ΄ ένα συγκεντρωμένο τύλιγμα και επομένως η μηχανή θα έχει μεγαλύτερη ισχύ για ορισμένο μέγεθος.

ΠΟΛΙΚΟ ΒΗΜΑ ΤΡΙΦΑΣΙΚΟΥ ΤΥΛΙΓΜΑΤΟΣ

Το τύλιγμα του προηγούμενου σχήματος είναι τύλιγμα με πλήρες βήμα, γιατί τα δυο στοιχεία κάθε ομάδας απέχουν κατά ένα πολικό βήμα. Στο τύλιγμα αυτό το βήμα είναι 9 οδοντώσεις (ή 1 με 10). Τα ο πλήρες αυτό πολικό βήμα υπολογίσαμε και στα τυλίγματα των τυμπάνων των μηχανών συνεχούς ρεύματος από την σχέση.

$$\Psi p = S / 2p$$

Όπου Ψp είναι το πολικό βήμα, S ο αριθμός των οδοντώσεων και $2p$ ο αριθμός των πόλων της μηχανής. Αν το βήμα του τυλίγματος μειωθεί σε 8 (ή 1 με 9) όπως στο παραπάνω σχήμα, τότε θα έχουμε τύλιγμα με μερικό βήμα ή κλασματικό βήμα με τιμή 0,89 ή 8/9 του πλήρους βήματος. Αν τα στοιχεία κάθε ομάδας απέχουν κατά 6 οδοντώσεις, το τύλιγμα είναι 6/9 ή 0,67 του πλήρους βήματος. Συνιστάται ώστε το βήμα του τυλίγματος να κυμαίνεται μεταξύ 67% έως 75% για διπολικά τυλίγματα και μεταξύ τους 75% έως 88% για 4 πολικά ή τυλίγματα με περισσότερους πόλους.

ΑΛΥΣΩΤΑ ΤΥΛΙΓΜΑΤΑ ή ΑΛΥΣΟΤΥΛΙΓΜΑΤΑ

Τα αλυσωτά τυλίγματα έχουν μόνο μία ομάδα σε κάθε ζεύγος πόλων και φάση. Άρα τα τυλίγματα αυτά είναι μιας στρώσεως και συγκεντρωμένα. Για να μπορούν τα άκρα των ομάδων να προσπερνούν το ένα το άλλο χρησιμοποιούνται ομάδες σε δυο διαφορετικά σχήματα και μεγέθη. Γι' αυτό τα τυλίγματα αυτά είναι γνωστά ως τυλίγματα με δυο επίπεδα μετωπικών συνδέσεων.

Στα πιο πάνω σχήματα τα δυο επίπεδα των μετωπικών συνδέσεων φαίνονται με μεγάλες και μικρές ομάδες. Επίσης παρατηρούμε ότι τα άκρα των ημίσεων ομάδων είναι ίδια, ενώ τα άκρα των υπολοίπων κάμπτονται έτσι ώστε να περάσουν γύρω από τα στοιχεία τα ευθέα άκρα.

Στο διφασικό τύλιγμα του σχήματος οι ομάδες του επάνω και κάτω επιπέδου απέχουν κατά 90°. Τα τυλίγματα των φάσεων σχηματίζονται, αν συνδέσουμε τις ομάδες κάθε επιπέδου με τη σειρά.

Στο τριφασικό τύλιγμα του παραπάνω σχήματος οι τρεις συνδετικοί αγωγοί της γραμμής ξεκινούν από τις αρχές των τριών γειτονικών ομάδων, που απέχουν μεταξύ τους κατά 120 μοίρες. Παρατηρούμε ότι κάθε φάση αποτελείται από μια μεγάλη και μια μικρή ομάδα, δηλαδή μια ομάδα στη επάνω σειρά και μια ομάδα στην κάτω σειρά. Αν και τα μέσα μήκη των

σπειρών των δυο επιπέδων είναι διαφορετικά, τότε, επειδή οι τρεις φάσεις είναι πανομοιότυποι και με το ίδιο συνολικό μήκος αγωγών, τα τρία τυλίγματα φάσεων έχουν την ίδια αντίσταση.

ΚΑΛΑΘΟΤΥΛΙΓΜΑΤΑ

Επειδή τα τυλίγματα, που έχουν μόνο μια ομάδα σε κάθε ζεύγος πόλων και φάση παρουσιάζουν τα μειονεκτήματα που αναφέραμε πιο πάνω, γι' αυτό κάθε ομάδα του αλυσωτού τυλίγματος μπορεί να αντικατασταθεί με δυο ή περισσότερες ομάδες με διαφορετικά βήματα έτσι ώστε η μια ομάδα να τοποθετηθεί εντός της άλλης.

Οι ομοαξονικές ομάδες συνδέονται στη σειρά και σχηματίζουν συγκροτήματα και τα συγκροτήματα συνδέονται όπως οι ομάδες στα αλυσοτυλίγματα.

Τα πλεονεκτήματα των αλυσοτυλιγμάτων ή καλαθοτυλιγμάτων είναι ότι έχουμε λιγότερες διασταυρώσεις των αγωγών σε μετωπικές συνδέσεις από τα βροχοτυλίγματα. Επειδή είναι το πιο εύκολο να διατεθεί μεγάλος χώρος μεταξύ των στοιχείων του τυλίγματος.

Ο τύπος αυτός τυλίγματος είναι πολύ κατάλληλος για μηχανές υψηλής τάσεως και χρησιμοποιείται πολύ στους μικρούς εναλλακτήρες υψηλής τάσεως και χαμηλού αριθμού στροφών. Εν τούτοις, επειδή συνεχώς επεκτείνεται η χρήση των ταχυστρόφων ατμοστροβίλων η χρήση βροχοτυλιγμάτων με δυο στρώσεις κρίνεται καταλληλότερη και γι' αυτές τις μηχανές.

ΣΥΝΔΕΣΕΙΣ

Οι συνδέσεις των αγωγών πρέπει να γίνονται στερεές, να παρουσιάζουν μηχανική αντοχή και να μονώνονται κανονικά. Εάν πολύκλωνοι αγωγοί συνδέονται με άλλους συμπαγείς, τότε κανένα συρματίδιο του πολύκλωνου αγωγού δεν πρέπει να μείνει ασύνδετο ή κομμένο κοντά στη σύνδεση. Όλα τα συρματίδια του πολύκλωνου αγωγού πρέπει να ενωθούν σε μια συμπαγή σύνδεση για να αυξηθεί η μεγαλύτερη επιτρεπόμενη ένταση του αγωγού.

1. Αλληλοσύνδεσις τωνομάδων.
2. Σύνδεση με τους εσωτερικούς διακόπτες. Ορισμένοι εσωτερικοί διακόπτες πωλούνται μαζί με τους συσφιγκτικούς τους κοχλίες. Όταν συνδέσουμε τα τυλίγματα με τους κοχλίες αυτούς, πρέπει να βεβαιωθούμε ότι οι άκρες των συρμάτων κάμπτονται γύρω από τους κοχλίες αυτούς κατά την διεύθυνση κατά την οποία κοχλιούνται ο κοχλίας και ότι οι κοχλίες έχουν βιδωθεί σφιχτά όσο είναι δυνατόν, χωρίς να φύγουν οι άκρες των συρμάτων που σφίγγουν. Κατά την σύνδεση των άκρων των τυλιγμάτων με τους ακροδέκτες της μηχανής χρησιμοποιούμε το διάγραμμα της συνδεσμολογίας, που είχε η μηχανή, πριν την αποσυνδέσουμε.

ΔΟΚΙΜΗ ΤΟΥ ΤΥΛΙΓΜΑΤΟΣ

Μετά την εργασία περιελίξεως πρέπει να γίνει έλεγχος του στάτη για βραχυκυκλώματα, διακοπές ή γειώσεις. Αν τηρηθούν όλοι οι κανόνες κατά την περιέλιξη ενός τυλιγματος, η πιθανότητα βλάβης θα μειωθεί στο ελάχιστο. Αφού τελειώσει και ο έλεγχος του τυλιγματος προχωρούμε στο βερνίκωμα και φούρνισμα του τυλιγματος.

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΔΙΑΤΟΜΗΣ ΤΩΝ ΑΓΩΓΩΝ ΤΩΝ ΤΥΛΙΓΜΑΤΩΝ

Η διατομή των αγωγών του τυλιγματος του επαγωγίμου καθορίζεται με βάση την πυκνότητα του ρεύματος σ (A/mm²) και καθορίζεται από τη σχέση:

$$S_a = I_o \lambda / 2\alpha * \sigma \text{ (mm}^2\text{)}$$

Δεχόμαστε διατομή εμπορίου την πιο κοντινή σε σχέση με τους υπολογισμούς. Πρέπει να τονίσουμε ότι η πυκνότητα του ρεύματος εξαρτάται από τις συνθήκες αερισμού και συνήθως σεχόμαστε:

1. Την τιμή 5-6 Αμπέρ / mm² για αερισμό καλά μελετημένο.
2. Την τιμή 4 Αμπέρ / mm² για μηχανές με χαμηλό αριθμό στροφών.
3. Την τιμή 3 Αμπέρ / mm² για μηχανές μέσα στις οποίες κυκλοφορεί δύσκολα ο αέρας.

ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΓΕΜΙΣΜΑΤΟΣ ΑΥΛΑΚΙΟΥ

Όταν λέμε συντελεστή γεμίσματος αυλακιού, εννοούμε τη σχέση που υπάρχει μεταξύ διατομής του χαλκού, διατομή αγωγού* αγωγοί / αυλάκι και διατομής αυλακιού. Ως διατομή του αυλακιού θεωρούμε το αποτέλεσμα του γινόμενου, ύψος * πλάτος, μειωμένο κατά 2 χιλιοστά, λόγω της σφήνας που υπάρχει στο πάνω μέρος του αυλακιού. Ο συντελεστής γεμίσματος του αυλακιού εξαρτάται:

1. Από την τάση
2. Από τον τύπο του αυλακιού
3. Από τη διατομή των αγωγών

ΕΝΤΑΣΗ ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΕΝΟΣ ΑΣΥΓΧΡΟΝΟΥ ΤΡΙΦΑΣΙΚΟΥ ΚΙΝΗΤΗΡΑ

Σε ένα ασύγχρονο τριφασικό κινητήρα η ένταση του ρεύματος διακρίνεται σε:

1. Ονομαστική ή κανονικής λειτουργίας (I)
2. Εκκίνησης (I_{εκκ})

Η ονομαστική ένταση του ρεύματος (I) είναι εκείνη που διαρρέει την ένταση της, όταν εργάζεται με πλήρες φορτίο, που απορροφά από το δίκτυο ηλεκτροδότησης του. Ο τρόπος σύνδεσης του κάθε ένα από τα τυλίγματα ενός ΑΤΚ ορίζει τη ένταση του ρεύματος (I_φ) που τα διαρρέει.

Η ένταση του ρεύματος εκκίνησης (I_{εκκ}) που απορροφά ένας ΑΤΚ κατά την στιγμή της εκκίνησης του, ενώ ακόμα δεν έχει αρχίσει να περιστρέφεται ο δρομέας του δηλαδή η=0 είναι 5-8 φορές μεγαλύτερη από την ένταση του ρεύματος I_{ον} που απορροφά ο ίδιος κινητήρας στην κανονική του λειτουργία.

$$I_{εκκ} = (5-8) * I_{ον}$$

Με την έναρξη της περιστροφής του δρομέα του ΑΤΚ η ένταση του ρεύματος που απορροφά αυτός από το δίκτυο ηλεκτροδότησης του μειώνεται και όταν αποκτήσει την ασύγχρονη ταχύτητα περιστροφής του απορροφά από το δίκτυο την ονομαστική του ένταση I_{ον}.

ΟΛΙΣΘΗΣΗ ΚΙΝΗΤΗΡΑ

Κατά τη λειτουργία ενός ασύγχρονου τριφασικού κινητήρα ο δρομέας του αναπτύσσει την ασύγχρονη ταχύτητα περιστροφής του η . Έτσι έχουμε στο εσωτερικό του ασύγχρονου τριφασικού κινητήρα δυο ταχύτητες περιστροφής οι οποίες είναι:

1. η_s του στρεφόμενου μαγνητικού πεδίου του στάτη
2. η που αναπτύσσει ο δρομέας του κινητήρα

Έτσι μπορούμε να πούμε

- 1) $\eta_s > \eta$
- 2) η διολίσθηση συμβολίζεται με το **S** και δίνεται από τη σχέση
$$S = (n_s - n) / n_s$$
- 3) είναι σχετικό σφάλμα μεταξύ των ταχυτήτων η_s και η
- 4) είναι καθαρός αριθμός και μικρότερος από την μονάδα
- 5) χαρακτηρίζει τη ποιότητα του ασύγχρονου τριφασικού κινητήρα αν :
 $S \ll 0$
- 6) οι τιμές της ανήκουν στο φάσμα του 1 / 8 % της σύγχρονης ταχύτητας περιστροφής η_s

ΕΚΚΙΝΗΣΗ ΑΣΥΓΧΡΟΝΟΥ ΤΡΙΦΑΣΙΚΟΥ ΚΙΝΗΤΗΡΑ ΚΑΙ ΟΙ ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ ΕΚΚΙΝΗΣΗΣ

Ένας ασύγχρονος τριφασικός κινητήρα κατά την άμεση σύνδεση του στο δίκτυο ηλεκτροδότησης απορροφά ρεύμα εντάσεως 5 -8 φορές μεγαλύτερο από την ένταση του ρεύματος της κανονικής του λειτουργίας, δηλαδή

$$I_{εκκ} = (5-8) * I_{ον}$$

Στο δίκτυο της ΔΕΗ και χωρίς την έγκριση της έχουμε τρεις περιπτώσεις όπου επιτρέπεται η άμεση ζεύξη:

- 1) να διαθέτει η εγκατάσταση δικό της μετασχηματιστή. Η ένταση του ρεύματος εκκίνησης του κινητήρα εξαρτάται από τη φαινόμενη ισχύ (KVA) του Μ/Σ
- 2) η ένταση του ρεύματος που απορροφά ο ασύγχρονος τριφασικός κινητήρας στην εκκίνηση του πρέπει να είναι μικρότερη των 30 Α.
- 3) ο λόγος των εντάσεων των ρευμάτων πρέπει να είναι μικρότερος του 2 για κινητήρα με ισχύ μέχρι 7,5 KW και του 1,6 για κινητήρα με ισχύ μεγαλύτερη των 7,5 KW

ΨΥΞΗ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΜΟΝΩΣΗ ΑΓΩΓΩΝ ΑΣΥΓΧΡΟΝΩΝ ΚΙΝΗΤΗΡΩΝ

Ένα από τα πιο σημαντικά σημεία της σχεδίασης μηχανών εναλλασσομένου ρεύματος είναι η ηλεκτρική μόνωση μεταξύ των αγωγών του τυλίγματος τους. Η τυχόν καταστροφή αυτής της μόνωσης προκαλεί βραχυκύκλωμα στη μηχανή και σχεδόν ανεπανόρθωτα προβλήματα στη λειτουργία της. Ο μόνος τρόπος για την αποφυγή τέτοιων καταστάσεων είναι ο περιορισμός της θερμοκρασίας των αγωγών. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με την εισαγωγή ρεύματος ψυχρού αέρα γύρω από το τύλιγμα. Ακόμη όμως και σε αυτή την περίπτωση η μέγιστη θερμοκρασία των αγωγών περιορίζει τη μέγιστη ισχύ εξόδου της μηχανής.

Ο βασικός τρόπος καταστροφής της μόνωσης ενός τυλίγματος είναι η ξαφνική υπέρβαση μιας κρίσιμης θερμοκρασίας. Όμως σε αυτό το αποτέλεσμα οδηγούν τόσο η βαθμιαία φθορά που προκαλεί οποιαδήποτε άνοδος της θερμοκρασίας όσο και τα δυνατά χτυπήματα, οι κραδασμοί και η ηλεκτρική καταπόνηση. Μάλιστα σχετικά με τη φθορά λόγω υπερθέρμανσης υπάρχει κάποιος παλιός πρακτικός κανόνας που μερικώς ισχύει ακόμη και σήμερα. Σύμφωνα με αυτόν τον κανόνα η αναμενόμενη διάρκεια ζωής μιας μηχανής με δεδομένη μόνωση μειώνετε στο μισό κάθε φορά που η θερμοκρασία της υπερβαίνει κατά 10% την ονομαστική θερμοκρασία του τυλίγματος.

Η Εθνική Ένωση Κατασκευαστών Ηλεκτρολογικού Υλικού των ΗΠΑ (nationalelectricalmanufacturersassociation-NEMA) θέλοντας να τυποποιήσει τα όρια θερμοκρασίας για το είδος της κάθε μόνωσης μηχανών εναλλασσομένου ρεύματος της NEMA είναι η B, η F και η H. Η καθεμία τους ορίζει κάποιο ανώτατο επιτρεπτό όριο θερμοκρασίας το οποίο είναι μεγαλύτερο από αυτό της προηγούμενης τάξης. Για παράδειγμα η θερμοκρασία του τυλίγματος οπλισμού ενός επαγωγικού κινητήρα σε συνεχή λειτουργία δεν θα πρέπει να υπερβαίνει τους 80 C, αν διαθέτει μόνωση τάξης B, τους 105 C αν διαθέτει μόνωση τάξης F και τους 125 C για μόνωσης τάξης

H

Στον κανόνα " MGI-1987 κινητήρες και γεννήτριες " της NEMA περιγράφονται με λεπτομέρεια οι συγκεκριμένες επιτρεπτές θερμοκρασίας για όλους τους τύπους μηχανών και μονώσεων. Παρόμοιες τυποποιήσεις έχουν αναπτυχθεί και από άλλους πολλούς εθνικούς οργανισμούς ,αλλά και από τη Διεθνή Ηλεκτρολογική Επιτροπή (InternationalElectrotechnicalCommission – IEC)

Επιμέρους η ψύξη ασύγχρονων κινητήρων επιτυγχάνετε με

- 1) ελεύθερη είσοδο και έξοδο αέρα
- 2) είσοδο και εξαναγκασμό αέρα από αεραγωγό
- 3) επιφανειακή ψύξη
- 4) διάφορα ψυκτικά που διακινούνται με ανεμιστήρα ή όχι

Η ψύξη ενός ασύγχρονου κινητήρα σε κωδικοποιημένη γραφή αποτελείται από τα αρχικά IC του όρου Internationalcooling που ακολουθούνται από 2 χαρακτηριστικούς αριθμούς:

όπου ο πρώτος αναφέρεται στον τρόπο κυκλοφορίας του ψυκτικού μέσου και ο δεύτερος αναφέρεται στην κινητήρια μηχανή που χρησιμοποιείται για την κυκλοφορία του αέρα.

ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΕΛΗΞΗΣ ΑΣΥΓΧΡΟΝΟΥ ΤΡΙΦΑΣΙΚΟΥ ΚΙΝΗΤΗΡΑ

Κατά την λειτουργία του κινητήρα είναι δυνατόν να έχουμε υπερφόρτωση των τυλιγμάτων η οποία θεωρείτε ως ένα πολύ αρνητικό φαινόμενο για τη διάρκεια ζωής του κινητήρα καθώς και για την ομαλή λειτουργία του

Έχουμε λοιπόν τις εξής περιπτώσεις που προκαλούν υπερφόρτωση τυλιγμάτων

- 1) Πολύμεγάλη διάρκεια εκκίνησης
- 2) Μεγάλη πτώση τάσης
- 3) Διφασική λειτουργία
- 4) Υπέρταση
- 5) Μπλοκάρισμα του δρομέα
- 6) Βλάβη στο σύστημα ψύξης
- 7) Αυξημένη θερμοκρασία περιβάλλοντος

Οι παραπάνω αιτίες υπερφόρτωσης τυλιγμάτων μειώνουν τη διάρκεια ζωής του κινητήρα μας. Η μόνη λύση και η μοναδική προστασία είναι η συνεχής παρατήρηση και επιτήρηση της θερμοκρασίας που εμφανίζεται στα τυλίγματα του. Η θερμοκρασία που αναπτύσσετε ελέγχετε με θερμistor και ψυχρές αντιστάσεις.

ΕΛΕΓΧΟΣ ΑΣΥΓΧΡΟΝΩΝ ΤΡΙΦΑΣΙΚΩΝ ΚΙΝΗΤΗΡΩΝ

Οι κινητήρες επαγωγής εξαιτίας της απλότητας τους βρίσκουν πολλές εφαρμογές . Παρόλα αυτά έχουν το μειονέκτημα ,σε αντίθεση με του dc κινητήρες, ότι η ταχύτητα με την οποία στρέφονται δεν μπορεί να μεταβάλλεται επαρκώς σε ένα μεγάλο εύρος τιμών ,για διάφορες καταστάσεις λειτουργίας. Στην παρούσα παράγραφο θα γίνει μια αναφορά στους δυνατούς τρόπους ελέγχου των στροφών επαγωγικών κινητήρων.

Μέθοδος αλλαγής του αριθμού των πόλων:_ Σε αυτή την μέθοδο τα τυλίγματα του στάτη είναι σχεδιασμένα με τέτοιο τρόπο ώστε αλλάζοντας τις συνδέσεις στα διάφορα πηνία, οι άκρες των οποίων βρίσκονται έξω από τον κινητήρα, μπορούμε να αλλάζουμε τον αριθμό των πόλων με ένα ρυθμό 2:1. Αυτό έχει ως συνέπεια δυο διαφορετικές σύγχρονες ταχύτητες.

Μέθοδος μεταβολής της συχνότητας:_ Γνωρίζουμε πως η σύγχρονη ταχύτητα είναι ανάλογη της συχνότητας. Επομένως αν είναι δυνατόν να μεταβάλλουμε την συχνότητα τροφοδοσίας της τάσης, τότε αλλάζουμε και την σύγχρονη ταχύτητα του κινητήρα. Παράλληλα όμως, η μέγιστη αναπτυσσόμενη ροπή είναι αντιστρόφως ανάλογη της σύγχρονης ταχύτητας. Επομένως αν επιθυμούμε (σχεδόν) σταθερή μέγιστη ροπή, θα πρέπει να αυξάνουμε ταυτόχρονα και την τάση και την συχνότητα τροφοδοσίας για να πετύχουμε τελικά αύξηση των στροφών.

Μέθοδος μεταβολής της ολίσθησης:_ Η μεταβολή της ταχύτητας περιστροφής σε κινητήρα επαγωγής μπορεί να γίνει κατανοητή με το παρακάτω σχήμα. Η διακεκομμένη καμπύλη δείχνει την χαρακτηριστική στροφών- ροπής του φορτίου. Η συνεχόμενες καμπύλες είναι οι χαρακτηριστικές στροφών -ροπής του κινητήρα για διάφορες συνθήκες λειτουργίας, όπως είναι διαφορετικές αντιστάσεις δρομέα R_2, R_2'', R_2''' και διαφορετικές τάσεις στάτη V_1, V_2 . Άρα, αφού έχουμε 4 διαφορετικές καμπύλες στροφών-ροπής, ο κινητήρας μπορεί να δουλέψει σε οποιαδήποτε από τις τέσσερις ταχύτητες N_1, N_2, N_3, N_4 . Πρέπει να σημειώσουμε πως ευσταθές σημείο λειτουργίας είναι δεξιά του σημείου μέγιστης ροπής. Στην πράξη η ολίσθηση μπορεί να μεταβληθεί με μία από τις παρακάτω μεθόδους:

Μεταβολή της τάσης του στάτη: Αφού η αναπτυσσόμενη ηλεκτρομαγνητική ροπή είναι ανάλογη του τετραγώνου της τάσης, μπορούμε να έχουμε διαφορετικές καμπύλες στροφών-ροπής για διαφορετικές τάσεις τροφοδοσίας. Επομένως για δεδομένη αντίσταση δρομέα (π.χ. R_2) έχουμε δυο διαφορετικές καμπύλες λειτουργίας, για δυο

διαφορετικές τάσεις τροφοδοσίας, όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα. Επομένως ο κινητήρας μπορεί να σε N2 ή N4 στροφές. Ο αριθμός των στροφών μπορεί να μεταβάλλεται συνεχώς, εάν υπάρχει δυνατότητα συνεχούς μεταβολής της τάσης τροφοδοσίας. Η μέθοδος αυτή βρίσκει εφαρμογή σε κινητήρες τύπου κλωβού (βραχυκυκλωμένου δρομέα) και τυλίγματος δρομέα με δακτυλίους.

Μεταβολή της αντίστασης ρότορα: Η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται σε κινητήρες τυλιγμένου δρομέα με δακτυλίους. Η επίδραση της εισαγωγής εξωτερικών αντιστάσεων φαίνεται στο προηγούμενο σχήμα. Για το δεδομένο φορτίο υπάρχουν 3 ευσταθείς καταστάσεις λειτουργίας. Με συνεχή μεταβολή των εξωτερικών αντιστάσεων πετυχαίνουμε συνεχή μεταβολή της ταχύτητας περιστροφής του κινητήρα.

Επίσης μπορούμε να πετύχουμε αλλαγή φοράς περιστροφής του κινητήρα με την αλλαγή περιστροφής του στρεφόμενου μαγνητικού πεδίου στα τυλίγματα του στάτη και αυτό μπορούμε να το πετύχουμε με την αλλαγή της διαδοχής δυο φάσεων τροφοδοσίας του.

ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΕΛΕΓΧΟΥ ΑΣΥΓΧΡΟΝΩΝ ΚΙΝΗΤΗΡΩΝ (ΔΙΑΝΥΣΜΑΤΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ)

Η πρόσφατη ραγδαία εξέλιξη των ηλεκτρονικών ισχύος, καθώς και των ψηφιακών συστημάτων και των μικροεπεξεργαστών επέτρεψαν την ανάπτυξη μοντέρνων τεχνικών ελέγχου, με αποτέλεσμα την ταχύτερη εξέλιξη της περιοχής των ελεγχόμενων ηλεκτρικών συστημάτων κινήσεως.

Ο έλεγχος ενός συστήματος κινήσεως είναι απαραίτητος, όταν υπάρχουν συχνές μεταβολές των μεγεθών της ροπής και της ισχύος του φορτίου για να αποφευχθούν φαινόμενα όπως η υπερφόρτιση του κινητήρα, η αστάθεια του συστήματος, η υπερθέρμανση και η υπερβολική κατανάλωση ενέργειας. Εξάλλου η οικονομία στην κατανάλωση ενέργειας και η αύξηση του βαθμού απόδοσης με τον έλεγχο, επιτρέπουν τη χρήση κινητήρων χαμηλότερης ονομαστικής ισχύος.

Η προτίμηση των ηλεκτρικών συστημάτων κίνησης οφείλεται στα πλεονεκτήματά του, σε σχέση με άλλα συστήματα κινήσεως (μηχανικά, υδραυλικά κτλ.). Η επιλογή αυτή οφείλεται στα παρακάτω πλεονεκτήματα:

- 1) Ευρεία περιοχή ισχύος: από ισχύ μικρότερη του 1W(ηλεκτρονικά ρολόγια) μέχρι ισχύ μεγαλύτερη των 100MW (αντλίες σε υδροηλεκτρικούς σταθμούς).

- 2) Ευρεία περιοχή ταχυτήτων: από το μηδέν 100.000ΣΑΛ (φυγόκεντρες) και ευρεία περιοχή ροπών από μηδέν μέχρι 1.000.000Ntm (για μύλους τσιμέντου).
- 3) Προσαρμογή σε διάφορες λειτουργικές καταστάσεις όπως: κλειστά, χωρίς αερισμό, υγρά, εκρηκτικά, ραδιενεργά περιβάλλοντα. Επίσης δεν εκπέμπουν καυσαέρια και ο θόρυβος που δημιουργούν είναι χαμηλότερος από άλλα συστήματα.
- 4) Τα συστήματα ηλεκτροκίνησης μπορούν να φορτιστούν αμέσως, δεν χρειάζονται προθέρμανση, έχουν χαμηλές απώλειες, υψηλή απόδοση και δυνατότητα προσωρινής υπερφόρτισης.
- 5) Είναι ελεγχόμενα, οι χαρακτηριστικές μόνιμης κατάστασης μπορούν να αλλάζουν, εάν χρειάζεται και έχουν καλή δυναμική επίδοση, η οποία επιτυγχάνεται με ηλεκτρονικό έλεγχο. Επίσης, ανάλογα με τις συνθήκες λειτουργίας μπορούν να απορροφούν ή να παρέχουν ενέργεια στο δίκτυο.
- 6) Κατασκευάζονται σε μεγάλη ποικιλία σχεδίων κατά τη εφαρμογή όπως γραμμικοί κινητήρες για οχήματα, βηματικοί κινητήρες, κ.α..

Ο διανυσματικός έλεγχος αποτελεί σήμερα την πιο αξιόπιστη μέθοδο ελέγχου των ασύγχρονων κινητήρων προσφέροντας βέλτιστη δυναμική απόκριση στο ηλεκτρομηχανικό σύστημα. Η έρευνα στον τομέα του διανυσματικού ελέγχου κατευθύνεται σήμερα στην επίλυση των προβλημάτων που παρουσιάζονται εξαιτίας των μεταβολών των παραμέτρων της μηχανής κατά τη διάρκεια της λειτουργίας αυτής. Οι κινητήρες συνεχούς ρεύματος έχουν το πλεονέκτημα ότι ο έλεγχος της ροπής τους ανάγεται σε απευθείας έλεγχο της συνεχούς τάσης τροφοδοσίας στο τύμπανο, αν η ροή διακένου διατηρείται σταθερή με ξένη διέγερση. Έτσι ο συνδυασμός ενός κινητήρα συνεχούς ρεύματος και μιας τοπολογίας μετατροπέα ηλεκτρονικών ισχύος DC-DC αποτελούσε για πολλά χρόνια την πιο συνήθη επιλογή για έλεγχο κίνησης. Στην περίπτωση των κινητήρων επαγωγής η ροπή εξαρτάται από τη ροή διακένου και από την ταχύτητα, χωρίς όμως να μεταβάλλεται γραμμικά με κανένα από τα δυο αυτά μεγέθη. Το γεγονός αυτό περιπλέκει το σχεδιασμό του συστήματος ελέγχου. Η αλματώδης ανάπτυξη της τεχνολογίας των ηλεκτρονικών ισχύος οδήγησε τα τελευταία χρόνια στην ανάπτυξη ρυθμιστικών στρωφών χαμηλού κόστους για την οδήγηση ασύγχρονων κινητήρων. Μέχρι πριν από λίγα χρόνια η χρήση της ασύγχρονης μηχανής περιοριζόταν σε ηλεκτροκινητήρια συστήματα που λειτουργούν με περίπου σταθερή ταχύτητα, κι αυτό οφείλεται σε δύο κυρίως λόγους: Πρώτον, το γεγονός ότι η ταχύτητα λειτουργίας της

ασύγχρονης μηχανής εξαρτάται από τη συχνότητα της τάσης της τροφοδοσίας της έδινε τη δυνατότητα στις τροφοδοτούμενες από το σταθερής συχνότητας δίκτυο να λειτουργήσουν μόνο σε κάποιες συγκεκριμένες ταχύτητες αλλάζοντας τα ζεύγη των πόλων. Ο άλλος λόγος είναι το σύνθετο μοντέλο της μηχανής που δεν προσφέρεται για έλεγχο. Το πρώτο πρόβλημα λύθηκε με την ανάπτυξη και μαζική παραγωγή αντιστροφών τάσης που δίνουν τη δυνατότητα της δημιουργίας τριφασικών τάσεων που μεταβάλλονται σε συχνότητα και ενεργό τιμή. Αξιόπιστος έλεγχος επιτεύχθηκε με την ανάπτυξη των τεχνικών διανυσματικού ελέγχου. Η εξέλιξη αυτή σε συνδυασμό με την αξιοπιστία και στιβαρότητα της ασύγχρονης μηχανής έχει ως αποτέλεσμα την αντικατάσταση των μηχανών συνεχούς ρεύματος από αυτή σε ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών στη ηλεκτροκίνηση. Αν και η ιδέα του διανυσματικού ελέγχου είναι σχετικά παλιά, μόλις τα τελευταία χρόνια κατέστη δυνατό να εφαρμοστούν αξιόπιστες μέθοδοι διανυσματικού ελέγχου για συστήματα υψηλών προδιαγραφών. Τούτο οφείλεται στην εξέλιξη που παρουσίασαν τα τελευταία χρόνια η επιστήμη των ηλεκτρονικών ισχύος και η ψηφιακή τεχνολογία. Η πρόοδος της τελευταίας έδωσε τη δυνατότητα να εμφανιστούν στο εμπόριο ισχυροί μικροεπεξεργαστές για βιομηχανική χρήση, το κόστος των οποίων συνεχίζει να μειώνεται. Έτσι έγινε δυνατή η ανάπτυξη νέων μεθόδων διανυσματικού ελέγχου με μειωμένη ευαισθησία στις μεταβολές των παραμέτρων της μηχανής σε σχέση με τις κλασσικές μεθόδους ελέγχου.

Τα βασικότερα είδη του διανυσματικού ελέγχου είναι ο άμεσος και ο έμμεσος. Στον άμεσο ως είσοδοι εμφανίζονται οι επιθυμητές τιμές της ροπής και μαγνητικής ροής, η μέτρηση της οποίας γίνεται με τοποθέτηση αισθητηρίων Hall στο διάκενο, με τοποθέτηση αισθητηρίων πηνίων στο στάτη, ή χρήση τυλιγμάτων του στάτη ως αισθητήρια πηνία.

Στον έμμεσο έλεγχο ως είσοδοι χρησιμοποιούνται αναδράσεις ρευμάτων ή τάσεων που αναλύονται κατάλληλα σε άξονες d-q. Ο έμμεσος διανυσματικός έλεγχος, σε αντίθεση με τον άμεσο προτιμάται σε συστήματα που λειτουργούν σε χαμηλές ταχύτητες, πρέπει όμως να γνωρίζουμε τη σταθερά χρόνου προκειμένου να υπολογιστεί σωστά η συχνότητα ολίσθησης.

Υπάρχουν αρκετές μορφές άμεσου και έμμεσου διανυσματικού ελέγχου, ανάλογα με τις παραμέτρους που χρησιμοποιούνται για τους υπολογισμούς, καθώς και συνδυασμοί των δυο κατηγοριών όπως στην περίπτωση του υβριδικού διανυσματικού ελέγχου.

ΕΛΕΓΧΟΥ ΑΣΥΓΧΡΟΝΟΥ ΤΡΙΦΑΣΙΚΟΥ ΚΙΝΗΤΗΡΑ ΜΕ ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΕΑ (INVERTER)

Ταχύτητα ενός επαγωγικού κινητήρα είναι περίπου ανάλογη της συχνότητάς του περιστρεφόμενου πεδίου της τροφοδοσίας. Υποθέτοντας ότι το K αντιπροσωπεύει τα δεδομένα μηχανικής σχεδίασης του κινητήρα, ισχύει η ακόλουθη εξίσωση:

$$n \approx K * f$$

Αυτό σημαίνει ότι προκειμένου να μεταβληθεί η ταχύτητα πρέπει να μεταβληθεί η συχνότητα τροφοδοσίας. Πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι η μαγνητική ροή στον κινητήρα εξαρτάται από την αναλογία μεταξύ τάσης και συχνότητας:

$$\Phi \approx V / f$$

Προκειμένου να αποφευχθεί ο κορεσμός ή μια υπερβολικά χαμηλή μαγνήτιση του μαγνητικού κυκλώματος, η ροή στον κινητήρα θα έπρεπε να κρατηθεί σταθερή. Αυτό σημαίνει ότι είναι απαραίτητη η ταυτόχρονη μεταβολή της τάσης και της συχνότητας του κινητήρα.

Η ροπή ενός επαγωγικού κινητήρα είναι επίσης ανάλογη της μαγνητικής ροής.

$$M \approx K * \Phi$$

Η ροπή λοιπόν του κινητήρα είναι άμεσα εξαρτώμενη από τη μαγνητική ροή. Στον κινητήρα και καθορίζεται τόσο από την τάση όσο και από τη συχνότητά του.

Έτσι η ταχύτητα του κινητήρα εξαρτάται από την επιβαλλόμενη συχνότητα, όπως και από την οργάνωση των τυλιγμάτων και κατά λίγο από το φορτίο.

Κατά συνέπεια για να ελεγχθεί η ταχύτητα του κινητήρα είναι απαραίτητο να ελεγχθεί η συχνότητα της τροφοδοσίας.

Αν η συχνότητα μειωθεί, η τάση πρέπει επίσης να μειωθεί, ειδικά η μαγνητική ροή θα γίνει πολύ υψηλή και ο κινητήρας θα κορεσθεί. Έτσι η τάση πρέπει να ελεγχθεί, όπως και η συχνότητα. Αν η συχνότητα αυξηθεί πάνω από το κανονικό, κανονικά αυτό θα απαιτούσε περισσότερη τάση για να διατηρηθεί μέγιστη μαγνητική ροή. Αυτό συνήθως δεν είναι εφικτό και κατά συνέπεια σε υψηλές ταχύτητες είναι διαθέσιμη μικρότερη ροπή.

Άρα για να ελεγχθεί η ταχύτητα ενός συνήθους AC κινητήρα, πρέπει να ελέγχονται οι εφαρμοζόμενες τάση και συχνότητα.

Παρόλο που είναι δύσκολο να ελεγχθούν οι τάσεις και οι συχνότητες σε τόσο μεγάλη ισχύ, η χρήση ενός συνήθους επαγωγικού κινητήρα, προσφέρει μια πολύ οικονομική λύση για τη δημιουργία ενός Συστήματος Κίνησης Μεταβλητών Στροφών.

Ένας ηλεκτρονικός μετατροπέας που μετατρέπει Συνεχές Ρεύμα (DC) σε Εναλλασσόμενο Ρεύμα (AC) είναι γνωστός σαν inverter. Ηλεκτρονικοί ρυθμιστές ταχύτητας για AC κινητήρες, συνήθως μετατρέπουν την AC τροφοδοσία σε DC χρησιμοποιώντας ένα ανορθωτή και μετά το μετατρέπουν πίσω σε μεταβλητής συχνότητας, μεταβλητής τάσης AC έξοδο τροφοδοσίας χρησιμοποιώντας μια γέφυρα αντιστροφής. Η διασύνδεση μεταξύ του ανορθωτή και του αντιστροφέα ονομάζεται Σύνδεση Συνεχούς Ρεύματος (DClink).

Η τροφοδοσία, η οποία μπορεί να είναι μονοφασική (συνήθως σε μικρή ισχύ) ή τριφασική, διοχετεύεται σε μια ανορθωτική γέφυρα πλήρους κύματος, η οποία τροφοδοτεί τους ηλεκτρολυτικούς πυκνωτές της Σύνδεσης ΣΡ. Οι πυκνωτές μειώνουν την διακύμανση του ανορθωμένου ρεύματος (ειδικά σε μονοφασικές τροφοδοσίες) και παρέχουν ενέργεια σε περιπτώσεις βραχύχρονων βυθίσεων της τάσης τροφοδοσίας. Η τάση στους πυκνωτές δεν ελέγχεται και εξαρτάται από την αιχμή της AC τάσης τροφοδοσίας.

Η DC τάση μετατρέπεται στη συνέχεια ξανά σε AC χρησιμοποιώντας Διαμόρφωση Πλάτους Παλμού (PWM). Η ζητούμενη κυματομορφή παράγεται με την διακοπτική λειτουργία των τρανζίστορ εξόδου (Insulated Gate Bipolar Transistors, IGBTs) που ανοιγοκλείνουν σε μια σταθερή συχνότητα (την συχνότητα μεταγωγής). Μεταβάλλοντας τον χρόνο αγωγής και αποκοπής των IGBT παράγεται το ζητούμενο ρεύμα, αλλά η τάση εξόδου είναι πάντα μια σειρά τετραγωνικών παλμών.

Βλέπουμε πως με τον αντιστροφέα λύνουμε πολλά απαγορευτικά προβλήματα που υπήρχαν κατά το παρελθόν και πως με τη βοήθεια του όσον αφορά τον έλεγχο στροφών ασύγχρονου κινητήρα μπορούμε να έχουμε πληθώρα καινούργιων εφαρμογών που μέχρι τώρα χρησιμοποιούσαμε κινητήρες συνεχούς ρεύματος.

Σαν inverter αναφοράς και μετά από συγκριτική ανάλυση διαλέξαμε το MICROMASER 440 της SIEMENS. Είναι ένα εύκολο στο χειρισμό inverter και πληθώρα λειτουργιών και εφαρμογών.

Μετά από μελέτη του datasheet το οποίο και υπάρχει αυτούσιο από τη SIEMENS και παρατίθεται στη πτυχιακή εργασία, βρήκαμε πως μπορούμε να κάνουμε πλήθος ρυθμίσεων με τις κατάλληλες εντολές

Διαλέξαμε να αναλύσουμε 2 καταστάσεις λειτουργίας

1. ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΤΡΟΦΩΝ ΤΡΙΦΑΣΙΚΟΥ ΑΣΥΓΧΡΟΝΟΥ ΚΙΝΗΤΗΡΑ ΜΕ ΠΟΤΕΝΣΙΟΜΕΤΡΟ ΚΑΙ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟ ΔΙΑΚΟΠΤΗ START/STOP
2. ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΗ ΚΙΝΗΤΗΡΑ ΣΕ ΣΤΡΟΦΕΣ ΜΕΓΑΛΥΤΕΡΕΣ ΤΩΝ ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΩΝ ΜΕ ΤΗΝ ΧΡΗΣΗ ΠΟΤΕΝΣΙΟΜΕΤΡΟΥ (ΓΕΝΙΚΟΤΕΡΑ ΜΕ ΤΗΝ ΧΡΗΣΗ ΑΝΑΛΟΓΙΚΗΣ ΕΙΣΟΔΟΥ

ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΤΡΟΦΩΝ ΤΡΙΦΑΣΙΚΟΥ ΑΣΥΓΧΡΟΝΟΥ ΚΙΝΗΤΗΡΑ ΜΕ ΠΟΤΕΝΣΙΟΜΕΤΡΟ ΚΑΙ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟ ΔΙΑΚΟΠΤΗ START/STOP

P0700=2 ΕΛΕΓΧΟΣ START/STOP ΑΠΟ ΔΙΑΚΟΠΗ ΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΟ ΣΕ ΚΑΠΟΙΑ ΑΠΟ ΤΙΣ ΨΗΦΙΑΚΕΣ ΕΙΣΟΔΟΥΣ (ΓΕΝΙΚΟΤΕΡΑ: ΟΙ ΕΝΤΟΛΕΣ ΠΡΟΣ ΤΟ ΡΥΘΜΙΣΤΗ ΓΙΝΟΝΤΑΙ ΜΕΣΩ ΤΩΝ ΨΗΦΙΑΚΩΝ ΕΙΣΟΔΩΝ ΠΟΥ ΑΥΤΟΣ ΔΙΑΘΕΤΕΙ)

P0701=1 ΚΑΘΟΡΙΖΟΥΜΕ ΣΤΗΝ ΨΗΦΙΑΚΗ ΕΙΣΟΔΟ 1 (DIN 1) ΤΗΝ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΟΝ/OFF1. Η ΣΥΝΔΕΣΗ ΤΟΥ ΔΙΑΚΟΠΤΗ ΓΙΝΕΤΑΙ ΣΤΙΣ ΚΛΕΜΜΕΣ 5-9

ΠΡΟΣΟΧΗ!!! ΟΙ ΨΗΦΙΑΚΕΣ ΕΙΣΟΔΟΙ ΕΧΟΥΝ ΡΥΘΜΙΣΤΕΙ ΑΠΟ ΤΟ ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΟ ΜΕ ΚΑΠΟΙΕΣ ΑΡΧΙΚΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ. ΥΠΑΡΧΕΙ ΕΝΑ ΠΛΗΘΟΣ ΑΛΛΩΝ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΩΝ ΠΟΥ ΜΠΟΡΟΥΝ ΝΑ ΕΚΤΕΛΕΣΟΥΝ. ΑΠΕΥΘΥΝΘΕΙΤΕ ΣΤΗ ΛΙΣΤΑ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ

P1000=2 ΟΙ ΣΤΡΟΦΕΣ ΤΟΥ ΚΙΝΗΤΗΡΑ ΕΛΕΓΧΟΝΤΑΙ ΑΠΟ ΠΟΤΕΝΣΙΟΜΕΤΡΟ ΤΟ ΟΠΟΙΟ ΕΙΝΑΙ ΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΟ ΣΤΗΝ ΑΝΑΛΟΓΙΚΗ ΕΙΣΟΔΟ 1 (AIN 1).

Με τις παραπάνω ρυθμίσεις ο κινητήρας μπορεί να περιστραφεί από μηδέν έως και στις ονομαστικές του στροφές δηλαδή από 0 HZ έως και 50HZ. Εάν θέλετε να περιστρέψετε τον κινητήρα σε στροφές μεγαλύτερες από τις ονομαστικές του θα πρέπει να το <<δηλώσετε>> μέσα από κάποιες άλλες παραμέτρους

ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΗ ΚΙΝΗΤΗΡΑ ΣΕ ΣΤΡΟΦΕΣ ΜΕΓΑΛΥΤΕΡΕΣ ΤΩΝ ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΩΝ ΜΕ ΤΗΝ ΧΡΗΣΗ ΠΟΤΕΝΣΙΟΜΕΤΡΟΥ (ΓΕΝΙΚΟΤΕΡΑ ΜΕ ΤΗΝ ΧΡΗΣΗ ΑΝΑΛΟΓΙΚΗΣ ΕΙΣΟΔΟΥ

P0003=3 ΜΕ ΤΗΝ ΡΥΘΜΙΣΗ ΑΥΤΗ ΕΧΟΥΜΕ ΠΡΟΣΒΑΣΗ ΣΕ ΟΛΕΣ ΤΙΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΥΣ ΤΟΥ MICROMASTER

P1082=ΧΟΠΟΥ "Χ" ΕΙΝΑΙ Η ΜΕΓΙΣΤΗ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΗΣ ΠΟΥ ΘΕΛΕΤΕ ΝΑ ΕΧΕΙ Ο ΚΙΝΗΤΗΡΑΣ

P2000=ΧΟΠΟΥ "Χ" ΕΙΝΑΙ Η ΜΕΓΙΣΤΗ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΗΣ ΠΟΥ ΘΕΛΕΤΕ ΝΑ ΕΧΕΙ Ο ΚΙΝΗΤΗΡΑΣ ΚΑΙ ΕΙΝΑΙ Η ΙΔΙΑ ΠΟΥ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΑΤΕ ΣΤΗΝ P1082

Με τον εξωτερικό διακόπτη μπορείτε να δίνετε εντολή ενεργοποίησης /απενεργοποίησης στον MICROMASTER 440.

Με το ποτενσιόμετρο καθορίζετε την συχνότητα περιστροφής του κινητήρα (setpoint) Ο χρόνος επιτάχυνσης καθορίζεται από τη παράμετρο P1120 και ο χρόνος επιβράδυνσης καθορίζεται από την παράμετρο P1121 Έστω ότι θέλετε να περιστρέψετε τον κινητήρα στα 62HZ τότε θα πρέπει να ακολουθήσετε την παρακάτω διαδικασία

1. P0003=3
2. P1082=62
3. P2000=62

ΠΕΔΗΣΗ ΑΣΥΓΧΡΟΝΟΥ ΤΡΙΦΑΣΙΚΟΥ ΚΙΝΗΤΗΡΑ

Μετά το τέλος της λειτουργίας ενός ασύγχρονου τριφασικού κινητήρα πολλές φορές χρειάζεται ένα γρήγορο ,απότομο και δυναμικό σταμάτημα του δρομέα το οποίο μπορεί να επιτευχθεί με τους εξής τρόπους:

Με μηχανική πέδηση. Αυτό πετυχαίνεται με ειδικό χειροκίνητο σύστημα φρένου όπου διαθέτει ο κινητήρας

Πέδηση με συνεχές ρεύμα. Η διέλευση του ρεύματος μέσα από τα τυλίγματα του κινητήρα δημιουργεί ένα σταθερής τιμής μαγνητικό πεδίο, μέσα στο οποίο περιστρέφεται ο δρομέας λόγω αδράνειας της μάζας του. Στους αγωγούς του τυλίγματος του δρομέα δημιουργείται αντίθετη ροπή στρέψης που συντελεί στη γρήγορη ακινητοποίηση του δρομέα του ασύγχρονου τριφασικού κινητήρα. Όλα αυτά γίνονται όταν κατά τη διάρκεια της λειτουργίας ενός ATK γίνει αποσύνδεση του από το τριφασικό δίκτυο και τα άκρα τυλίγματος του συνδεθούν με πηγή συνεχούς ρεύματος και επέλθει γρήγορο φρενάρισμα.

Πέδηση με αλλαγή του ρυθμού των πόλων ATK. Με αυτό τον τρόπο και συνεπώς με την αλλαγή ταχύτητας περιστροφής του ATK δεν μηδενίζεται η περιστροφή του δρομέα απλά περιορίζει την αρχική του ταχύτητα. Πεδίζεται

όταν κατά τη διάρκεια λειτουργίας, του ΑΤΚ, σε υψηλή ταχύτητα βάλουμε τη χαμηλή.

ΑΠΩΛΕΙΕΣ

Οι κατηγορίες απωλειών ισχύος είναι οι ίδιες με αυτές των μηχανών συνεχούς ρεύματος και είναι οι εξής:

1. Απώλειες χαλκούστοστάτη
2. Απώλειες πυρήνα
3. Μηχανικές απώλειες
4. Κατανεμημένες απώλειες

Οι απώλειες χαλκού είναι οι απώλειες θερμότητας στους αγωγούς του στάτη και του δρομέα της μηχανής. Ειδικότερα οι απώλειες χαλκού στον τριφασικό στάτη (statorcopperlosses-SCL) μιας μηχανής εναλλασσομένου ρεύματος είναι

$$P_{SCL}=3I_A^2R_A$$

Όπου R_A είναι η συνολική αντίσταση των αγωγών της κάθε φάσης του στάτη I_A το αντίστοιχο ρεύμα κάθε φάσης . Οι απώλειες χαλκού στο δρομέα (rotorcopperlosses -RCL) μιας σύγχρονης μηχανής εναλλασσομένου ρεύματος δίνονται από τη σχέση

$$P_{RSL}=I_F^2R_F$$

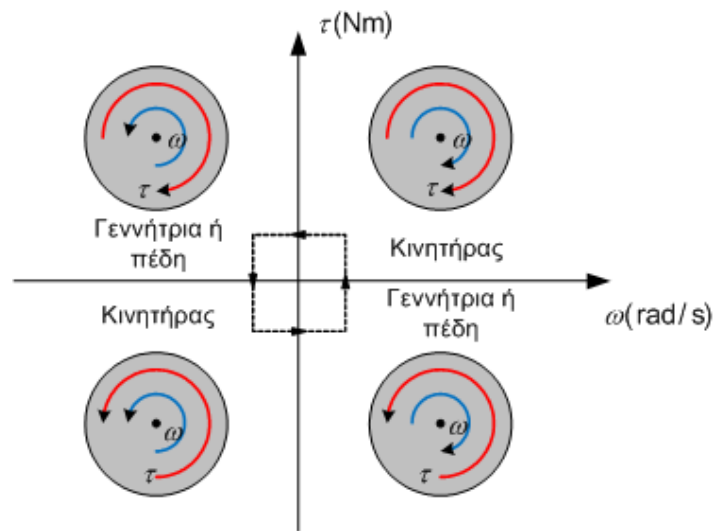
Οι μηχανικές απώλειες μιας μηχανής εναλλασσόμενου ρεύματος συνίστανται στις απώλειες λόγω τριβών μεταξύ των μηχανικών τμημάτων της μηχανής και στις απώλειες εξαερισμού (απώλειες τριβών και μηχανικών τμημάτων με αέρα).

Οι απώλειες πυρήνα οφείλονται στα φαινόμενα της υστέρησης και των δινορευμάτων. Οι δυο προηγούμενες κατηγορίες απωλειών συνήθως υπολογίζονται μαζί και ονομάζονται απώλειες χωρίς φορτίο, επειδή στη λειτουργία χωρίς φορτίο είναι ίσες με την ισχύ εξόδου της μηχανής. Τέλος στις κατανεμημένες απώλειες περιλαμβάνονται όλες οι απώλειες που δεν υπολογίζεται σε καμία από τις προηγούμενες κατηγορίες και συνήθως γίνεται η υπόθεση ότι αντιστοιχούν στο 1% της ισχύος εξόδου της μηχανής.

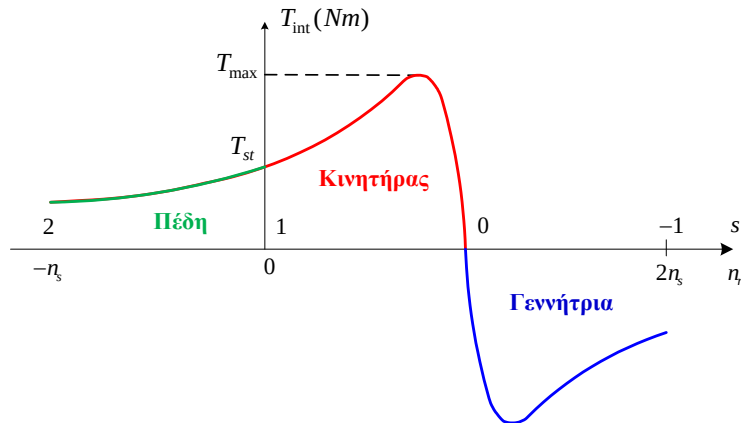
ΒΑΘΜΟΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ

Ο συνολικός βαθμός απόδοσης μιας μηχανής εναλλασσομένου ρεύματος είναι όπως και στις περιπτώσεις των μετασχηματιστών και των μηχανών συνεχούς ρεύματος ίσος με την ωφέλιμη ισχύ εξόδου της μηχανής προς την ισχύ εισόδου $\eta = P_{out} / P_{in}$ **1**

ΠΕΔΗΣΗ ΤΡΙΦΑΣΙΚΟΥ ΕΠΑΓΩΓΙΚΟΥ ΚΙΝΗΤΗΡΑ



Χαρακτηριστική Ροπής - στροφών



$0 < n_r < n_s$ ή $1 < s < 0$:

Περιοχή λειτουργίας της ασύγχρονης μηχανής ως Κινητήρας

$n_r > n_s$ (Υπερσύγχρονος αριθμός στροφών): Με τη βοήθεια κινητήριας μηχανής στρέφεται ο άξονα πάνω από το σύγχρονο αριθμό στροφών και η ασύγχρονη μηχανή λειτουργεί ως **Γεννήτρια**. (**αποδίδει πραγματική ισχύ στο δίκτυο**), οπότε: **$s < 0$ και $P_{int} < 0$, $T_{int} < 0$.**

Αλλαγή της διαδοχής των φάσεων του δικτύου: Αν η μηχανή λειτουργεί ως κινητήρας, θα αντιστραφεί η φορά του στρεφόμενου μαγνητικού πεδίου του τυλίγματος του στάτη. Στην κατάσταση αυτή, η παραγόμενη ηλεκτρική ροπή αλλάζει πρόσημο, γίνεται δηλαδή αντιρροπή, με αποτέλεσμα το απότομο φρενάρισμα του κινητήρα (Πέδη).

ΕΙΔΗ ΠΕΔΗΣΕΩΝ

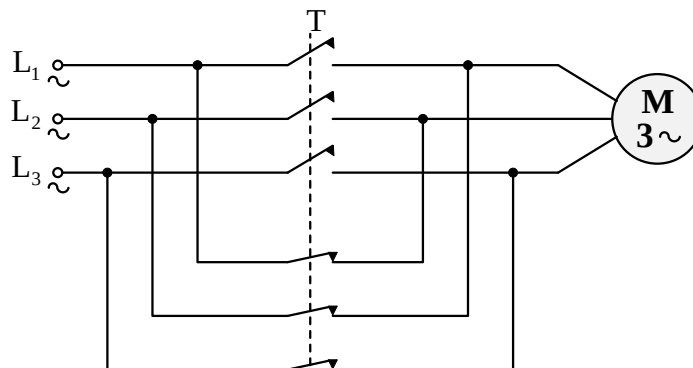
- Ελεύθερη πέδηση
- Δυναμική πέδηση
- Δυναμική πέδηση με συνεχές ρεύμα
- Πέδηση με αλλαγή του αριθμού των πόλων

Ελεύθερη πέδηση

Η πέδηση του κινητήρα, **λόγω των μηχανικών τριβών** των διαφόρων συνιστωσών του συστήματος (έδρανα, ανεμισμός), **μετά την αφαίρεση της τάσης τροφοδοσίας.**

Δυναμική πέδηση

Επιτυγχάνεται με την **απότομη αλλαγή της φοράς περιστροφής του μαγνητικού πεδίου** του τυλίγματος του στάτη, **αλλάζοντας τη διαδοχή δύο οποιονδήποτε από τις τρεις φάσεις της τάσης τροφοδοσίας.**



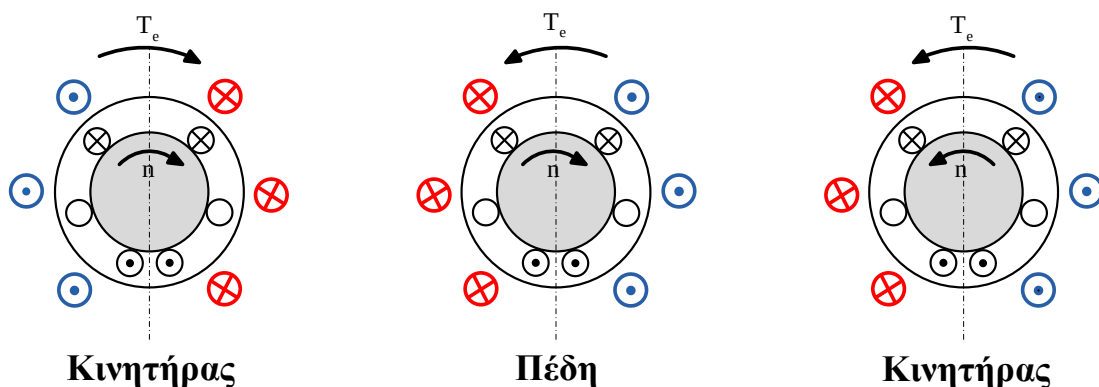
Αν η ασύγχρονη μηχανή λειτουργεί ως **κινητήρας**, με ολίσθηση " s ", αριστερόστροφα. Με την εναλλαγή της φοράς περιστροφής του πεδίου, ο δρομέας, ο οποίος συνεχίζει και κινείται αριστερόστροφα, αποκτά ολίσθηση " $2-s$ ".

$$s = \frac{n_s - (-n_r)}{n_s} = 1 + \frac{n_r}{n_s} = 2 - s_1$$

Η **αναπτυσσόμενη ηλεκτρική ροπή αλλάζει και αυτή πρόσημο**, και μαζί με τη ροπή του φορτίου (εφόσον υπάρχει) προστίθεται αλγεβρικά, ώστε να επαναφέρει τον κινητήρα στη σωστή φορά περιστροφής (δηλαδή, τη φορά εκείνη που συμπίπτει με τη φορά περιστροφής του κύριου μαγνητικού πεδίου).

Η **παραγόμενη μηχανική ισχύς**, στην περιοχή λειτουργίας, $2 < s < 1$, είναι **αρνητική**.

Απαραίτητη προϋπόθεση για το σταμάτημα του κινητήρα, είναι η ύπαρξη ενός **αισθητήριου ταχύτητας**, έτσι ώστε μόλις οι στροφές φτάσουν κοντά στο μηδέν, μέσω κατάλληλου αυτοματισμού να αποσυνδεθεί ο κινητήρας από το δίκτυο. Σε αντίθετη περίπτωση, θα έχουμε **αλλαγή τεταρτημορίου και λειτουργία του κινητήρα με αντίθετη φορά περιστροφής**.



Η **παραγόμενη μηχανική ισχύς**, στην περιοχή λειτουργίας, $2 < s < 1$, είναι **αρνητική**.

Οι **απώλειες χαλκού του δρομέα είναι αρκετά υψηλές**, καθόσον είναι ίσες με το άθροισμα της ισχύος διακένου και της μηχανικής ισχύος στον άξονα περιστροφής

$$P_g = -P_L + P_{Cu,r}$$

Χρόνος πέδησης

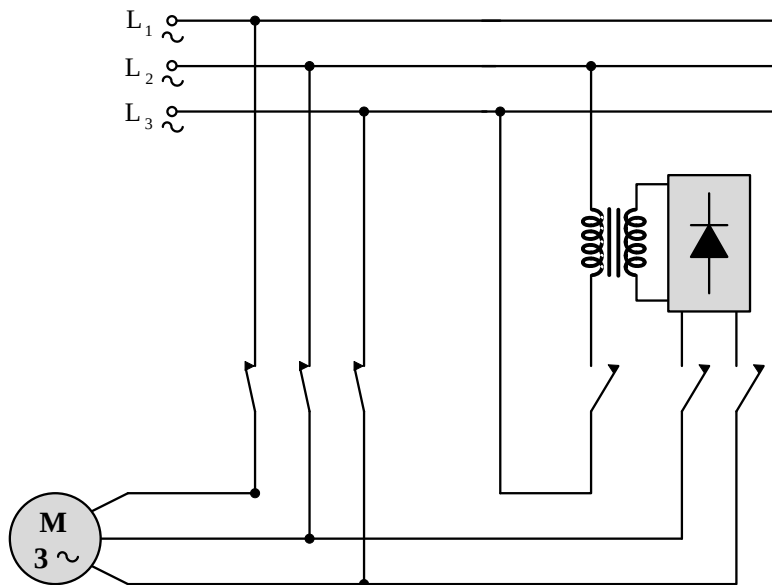
$$\Delta t = \frac{J\omega_s^2}{3V_1^2 R_2} \left[R_2^2 \ln(2-s_1) + 2R_1 R_2 (1-s_1) + \frac{1}{2} (R_1^2 + X^2) (3-4s_1+s_1^2) \right]$$

Ο χρόνος πέδησης είναι συνάρτηση της **αντίστασης του δρομέα**. Επομένως για **ασύγχρονους κινητήρες τυλιγμένου δρομέα**, υπάρχει κάποια συγκεκριμένη τιμή της αντίστασης R_2 , για την οποία ο χρόνος πέδησης **ελαχιστοποιείται**

$$R_2 = \sqrt{\frac{(R_1^2 + X^2)(3-4s_1+s_1^2)}{2 \ln(2-s_1)}}$$

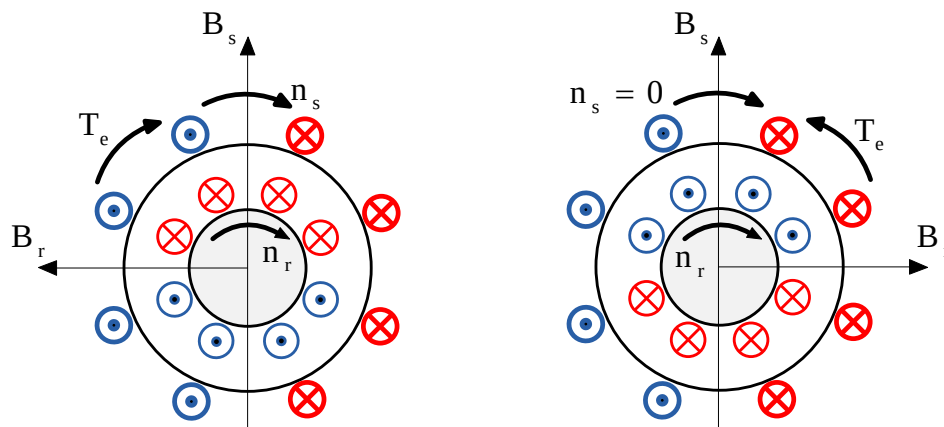
Δυναμική πέδηση με συνεχές ρεύμα

Το **τύλιγμα του στάτη** αποσυνδέεται από το **δίκτυο του Ε.Ρ.** και **τροφοδοτείται με Σ.Ρ.**, μέσω κατάλληλης ανορθωτικής διάταξης



Κατά την ενεργοποίηση του μεταγωγέα (ρελαί) – διαδικασία πέδησης – **οι δύο φάσεις του τυλίγματος του στάτη, συνδέονται σε σειρά και διεγείρονται με συνεχές ρεύμα.**

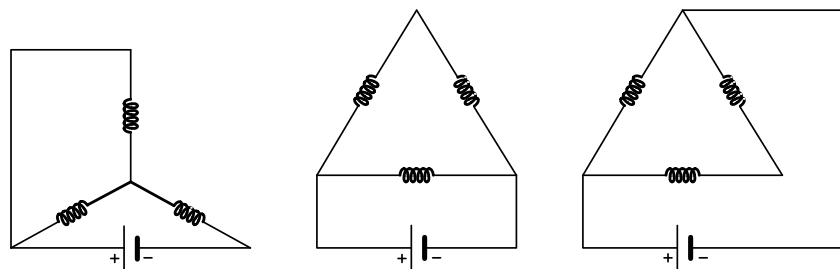
Η κατάσταση λειτουργίας, **είναι ανάλογη με εκείνη της σύγχρονης γεννήτριας**, με **ανεστραμμένα χωροταξικά τα τυλίγματα διέγερσης και τυμπάνου**. Δηλαδή, στην περίπτωση αυτή, το **τύλιγμα διέγερσης βρίσκεται στο σταθερό μέρος**, ενώ **το τύλιγμα του δρομέα αποτελεί το τύλιγμα τυμπάνου της γεννήτριας**.



Προφανώς, η **κινητική ενέργεια** των στρεφόμενων μαζών του συστήματος, **μετατρέπεται σε θερμική ενέργεια στο ωμικό μέρος του τυλίγματος του δρομέα**.

Ένα **πλεονέκτημα** της μεθόδου αυτής σε σχέση με την προηγούμενη, είναι ότι **μετά το μηδενισμό των στροφών δεν υπάρχει ο κίνδυνος της επανεκκίνησης**. Δηλαδή, η μηχανή σταματάει ολοκληρωτικά.

Οι **διάφορες συνδεσμολογίες του στάτη**, που χρησιμοποιούνται στη συγκεκριμένη μέθοδο, είναι



Πέδηση με αλλαγή του αριθμού των πόλων

Η μέθοδος αυτή, αφορά αποκλειστικά και **μόνο στους κινητήρες στους οποίους υπάρχει η δυνατότητα αλλαγής του αριθμού των πόλων.**

Π.χ. διπλασιάζοντας τον αριθμό των πόλων, η ταχύτητα του στρεφόμενου μαγνητικού πεδίου υποδιπλασιάζεται, με αποτέλεσμα στην περιοχή στροφών, $n_2 \leq n_r \leq n_1$ (όπου $n_2 = n_1 / 2$), η μηχανή να λειτουργεί **ως γεννήτρια επιστρέφοντας ισχύ στο δίκτυο.**

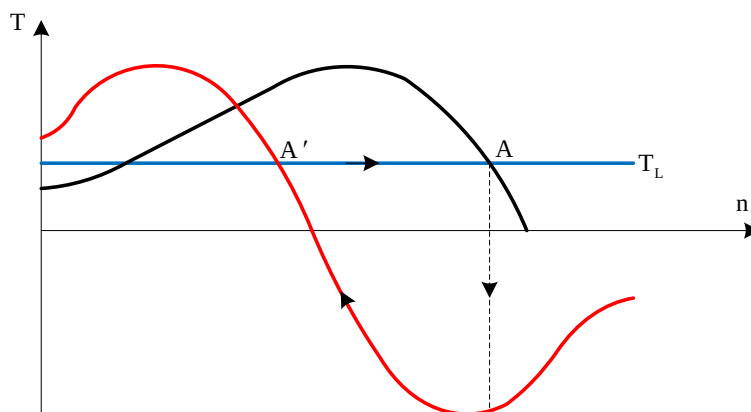
Η **ολίσθηση, πριν και μετά την αλλαγή των πόλων**, είναι

$$s_1 = \frac{n_{s1} - n_1}{n_{s1}} = 1 - \frac{n_1}{n_{s1}}$$

$$s_2 = \frac{\frac{n_{s1}}{2} - n_1}{\frac{n_{s1}}{2}} = 1 - \frac{2n_1}{n_{s1}} = s_1 - \frac{n_1}{n_{s1}} = \left(\frac{n_1}{n_{s1}} - s_1 \right)$$

Πέδηση με αλλαγή του αριθμού των πόλων

Χαρακτηριστικές ροπής-στροφών κατά τη διάρκεια της αλλαγής του αριθμού των πόλων, για σταθερό μηχανικό φορτίο



Κάτω από την επίδραση της **δημιουργούμενης αντιρροπής** (στην οποία προστίθεται και η ροπή του φορτίου), έχουμε σταδιακή μείωση των στροφών. Μόλις οι στροφές ελαττωθούν κάτω από το νέο σύγχρονο αριθμό στροφών, η ηλεκτρική ροπή αλλάζει πρόσημο, με αποτέλεσμα η μηχανή να λειτουργεί ξανά ως **κινητήρας**.

Για την πλήρη πέδηση του κινητήρα, θα πρέπει η παραπάνω μέθοδος να συνδυαστεί στο διάστημα, και με άλλη **βοηθητική διάταξη πέδησης** (μηχανική ή ηλεκτρική).

Εργαστηριακή Άσκηση:

ΤΡΟΠΟΙ ΕΚΚΙΝΗΣΕΩΣ ΤΩΝ ΑΣΥΓΧΡΟΝΩΝ ΤΡΙΦΑΣΙΚΩΝ ΚΙΝΗΤΗΡΩΝ ΒΡΑΧΥΚΥΚΛΩΜΕΝΟΥ ΔΡΟΜΕΑ ΚΑΙ ΔΑΚΤΥΛΙΟΦΟΡΩΝ

Α. ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο ασύγχρονος τριφασικός κινητήρας αποτελείται από το στάτη που έχει ένα τριφασικό τύλιγμα με Ρ ζεύγη πόλων και από το δρομέα ο οποίος μπορεί να είναι βραχυκυκλωμένος ή να έχει πολυφασικό τύλιγμα το οποίο καταλήγει σε δακτυλίδια.

Ο στάτης τροφοδοτείται από το τριφασικό δίκτυο τροφοδοσίας με τάση η οποία έχει συχνότητα f , ενώ ο δρομέας έχει τον ίδιο αριθμό πόλων με το στάτη.

Τα ρεύματα του στάτη δημιουργούν μια στρεφόμενη μαγνητική ροή Φ_s η οποία στρέφεται με τη σύγχρονη ταχύτητα περιστροφής n_s η οποία όπως είναι γνωστό είναι:

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p} \text{ rpm}$$

Η ροή αυτή σαρώνει τα πηνία του δρομέα και έτσι σ' αυτά επάγεται μια Η.Ε.Δ. εξ επαγωγής και λόγω της βραχυκυκλώσεως των τυλιγμάτων δημιουργούνται ρεύματα τα οποία προκαλούν την ανάπτυξη ροπής.

Η ροπή αυτή κινεί το δρομέα κατά την ίδια φορά που περιστρέφεται και η ροπή Φ_s .

Η ταχύτητα του δρομέα δεν μπορεί να φτάσει τη σύγχρονη ταχύτητα περιστροφής του μαγνητικού πεδίου του στάτη n_s γιατί αν γινόταν κάτι τέτοιο, έπρεπε να υπήρχε μια σταθερή μαγνητική ροή και έτσι δεν θα υπήρχαν επαγόμενες τάσεις και ρεύματα καθώς και ηλεκτρομαγνητική ροπή (σύμφωνα με την αρχή λειτουργίας του σύγχρονου κινητήρα).

Η ταχύτητα περιστροφής του δρομέα είναι :

$$n = n_s \cdot (1 - S) \quad (1) \quad \text{όπου:} \quad S = \frac{n_s - n}{n_s}$$

Ο λόγος αυτός καλείται ολίσθηση ή διολίσθηση και είναι χαρακτηριστικό μέγεθος των ασύγχρονων κινητήρων.

Η ταχύτητα σαρώσεως του δρομέα από τη στρεφόμενη ροή είναι :

$$n_s - n = S \cdot n_s$$

Η ροή όμως αυτή που σαρώνει το στάτη με ταχύτητα n_s , επάγει σ' αυτόν τάσεις με συχνότητα f οι οποίες εξισορροπούν τις τάσεις που επιβάλλονται από τη πηγή. Στο δρομέα οι επαγόμενες τάσεις και τα επαγόμενα ρεύματα έχουν συχνότητα :

$$f_2 = S \cdot f$$

Τα ρεύματα του δρομέα δημιουργούν μια στρεφόμενη ροή η οποία έχει ταχύτητα περιστροφής σε σχέση με το δρομέα :

$$n_{\phi 2} = \frac{f_2}{p} = \frac{S \cdot f}{P}$$

Αλλά σε σχέση με το στάτη:

$$n_{\phi 1} = n + n_{\phi 2} = n + \frac{S \cdot f}{P}$$

Αντικαθιστώντας το n από την (1) έχουμε :

$$n_{\phi 1} = n_s (1 - S) + \frac{S \cdot f}{P} = n_s - S n_s + S n_s = n_s$$

Βλέπουμε ότι οι ροές που οφείλονται στα ρεύματα του στάτη και του δρομέα περιστρέφονται με την ίδια ταχύτητα για οποιαδήποτε τιμή του S . Η στρεφόμενη μαγνητική ροή στο διάκενο αποτελεί τη σύνθεση των δυο στρεφόμενων ροών στάτη και δρομέα.

Αν παραλείψουμε τις πτώσεις τάσεων που οφείλεται στις ωμικές αντιστάσεις και στις επαγωγικές αντιδράσεις του στάτη, μια τροφοδοσία με σταθερή τάση και συχνότητα αντιστοιχεί με μια σταθερή μαγνητική ροή. Πραγματικά, η ροή αυτή σαρώνοντας με την ίδια ταχύτητα περιστροφής τις ίδιες σπείρες του τυλίγματος

του στάτη, οφείλει να επάγει σ' αυτές τάσεις (Η.Ε.Δ.) που εξισορροπούν τις τάσεις τροφοδοσίας για οποιαδήποτε κατάσταση λειτουργίας του κινητήρα.

Η Η.Ε.Δ. που επάγεται σε κάθε φάση του στάτη είναι :

$$e_1 = -n_1 \frac{d\varphi}{dt} = -n_1 \cdot \omega \cdot \Phi_m \cdot \cos \omega t$$

όπου :

$$\varphi = \varphi_m \sin \omega t$$

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot f$$

n_1 = μια σταθερά που αντιστοιχεί στον αριθμό των ενεργών αγωγών ανά φάση του στάτη και στο συντελεστή τυλίγματος.

Η ενεργή τιμή της τάσεως που επάγεται στο στάτη είναι :

$$E_1 = 4,44 \cdot f \cdot n_1 \cdot \Phi_m$$

Σε ότι αφορά το δρομέα, η επαγόμενη τάση σ' αυτόν (λόγω του στρεφόμενου πεδίου του στάτη), όταν ο δρομέας είναι ακίνητος, είναι της ίδιας μορφής με αυτήν που επάγεται σε κάθε φάση του στάτη και συμβολίζεται με E_{20} . Αν n_2 είναι η αντίστοιχη σταθερά για το δρομέα, θα είναι:

$$E_{20} = 4,44 \cdot f \cdot n_2 \cdot \Phi_m$$

Με τις συνθήκες αυτές, ο ασύγχρονος κινητήρας συμπεριφέρεται σαν ένας **μετασχηματιστής** του οποίου ο λόγος μετασχηματισμού είναι:

$$m = \frac{n_2}{n_1} = \frac{E_{20}}{E_1}$$

Όταν ο δρομέας περιστρέφεται μέσα στο στρεφόμενο πεδίο, η σχετική ταχύτητα του στρεφόμενου πεδίου και του δρομέα είναι Sf . Με τις συνθήκες αυτές, η συχνότητα της νέας Η.Ε.Δ. που επάγεται από το στρεφόμενο πεδίο σε κάθε μια από τις φάσεις του δρομέα είναι :

$$f_2 = S \cdot f$$

άρα:
$$E_{2s} = S \cdot E_{20}$$

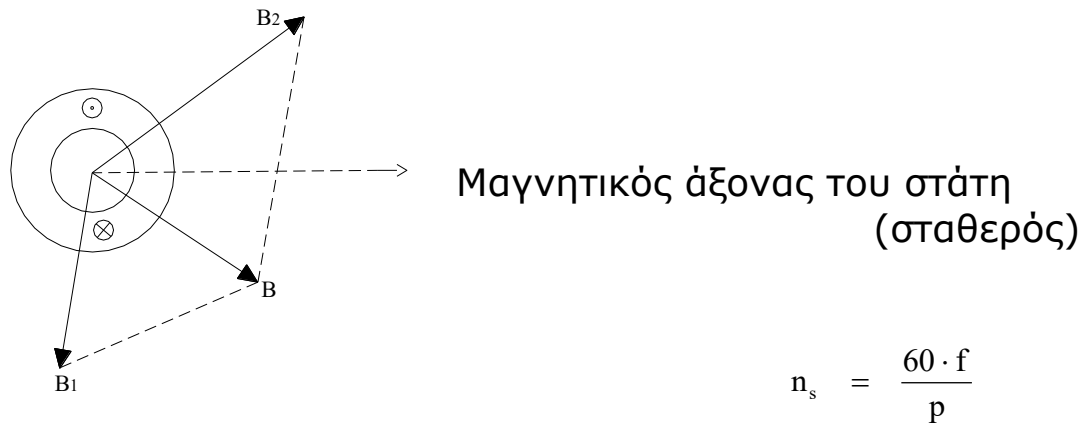
A.1 Λειτουργία υπό φορτίο

Όταν ο δρομέας στρέφεται με την κανονική του ταχύτητα, η τάση E_2 που επάγεται από το στρεφόμενο μαγνητικό πεδίο του στάτη, θα προκαλέσει στο δρομέα τριφασικά ρεύματα συχνότητας $f_2 = S \cdot f$, επειδή υπάρχει τριφασικό τύλιγμα σ' αυτόν. Τα ρεύματα αυτά με τη σειρά τους θα δημιουργήσουν ένα στρεφόμενο πεδίο B_2 το οποίο θα περιστρέφεται σε συχνότητα $S \cdot f$ σε σχέση με το δρομέα, δηλαδή με ταχύτητα:

$$n + \frac{S \cdot f}{p} = n_s$$

και σε σχέση με το στάτη του ισοδύναμου διπολικού κινητήρα.

Τελικά τα δύο πεδία, του στάτη B_1 και του δρομέα B_2 , περιστρέφονται με την ίδια ταχύτητα και αυτό είναι αναγκαίος όρος για να αναπτύσσεται ροπή. Τα δύο πεδία δημιουργούν στο χώρο μια γωνία μεταξύ τους η οποία είναι μεγαλύτερη από 90° , επειδή υπάρχει η απομαγνητίζουσα δράση του δρομέα. Το συνισταμένο πεδίο B είναι η σύνθεση των πεδίων B_1 και B_2 , σχήμα 1.



Σχήμα 1

Αυτό το συνιστάμενο πεδίο, παράγει σε κάθε σπείρα του στάτη και του δρομέα μια εναλλασσόμενη ροή όπως σε ένα μετασχηματιστή ο οποίος θεωρείται χωρίς απώλειες.
Η τάση τροφοδοσίας είναι:

$$U_1 = E_1 = 4,44 \cdot f \cdot n_1 \Phi_m \text{ δηλαδή:}$$

Για μια τάση στο στάτη σταθερής ενεργής τιμής, η μέγιστη ροή είναι σταθερή για οποιαδήποτε τιμή του φορτίου της μηχανής.

Η ενεργή τιμή των ρευμάτων ανά φάση του δρομέα είναι :

$$I_2 = \frac{S \cdot E_{20}}{\sqrt{R_2^2 + (S \cdot X_2)^2}}$$

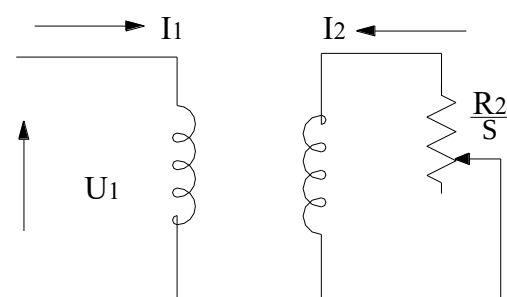
όπου : R_2 είναι η ωμική αντίσταση ανά φάση του τυλίγματος του δρομέα

X_2 η επαγωγική αντίδραση σκεδάσεως.

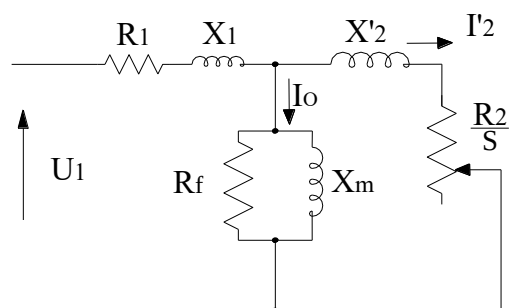
Με βάση την παραπάνω σχέση μπορούμε να συμπεράνουμε ότι:

Μία ασύγχρονη μηχανή είναι ισοδύναμη με ένα στατό Μ/Σ του οποίου το δευτερεύον θεωρείται χωρίς αντίσταση και τροφοδοτεί ένα φορτίο $\frac{R_2}{S}$, *σχήμα 2*.

Στο *σχήμα 2(β)* βλέπουμε το ισοδύναμο κύκλωμα της μηχανής όπου τα διάφορα μεγέθη είναι ανοιγμένα στο πρωτεύον.



[α]



[β]

Σχήμα 2

Στο *σχήμα 2(β)* είναι:

$$R'_2 = m^2 R_2$$

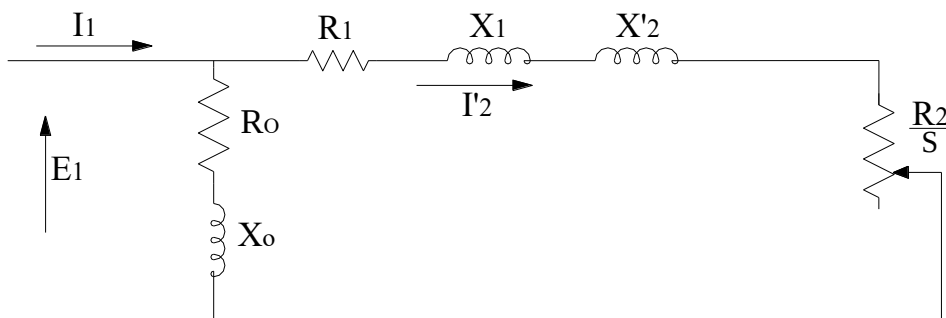
$$E'_{20} = \frac{1}{m} \cdot E_{20}$$

$$X'_2 = m^2 X_2$$

$$I'_2 = \frac{1}{m} \cdot I_2$$

$$m = \frac{n_2}{n_1} = \frac{E_{20}}{E_1}$$

Το ισοδύναμο κύκλωμα μπορεί ακόμη να απλοποιηθεί σύμφωνα με το *σχήμα 3*.



Σχήμα 3

όπου:

$E_1 = U_1$ η φασική τάση τροφοδοσίας του τάση

I_1 το φασικό ρεύμα τροφοδοσίας τους στάτη

R_0 η ωμική αντίσταση ανά φάση του δρομέα όταν αυτός στρέφεται χωρίς φορτίο και η ταχύτητά του είναι περίπου ίση με τη σύγχρονη

X_0 η επαγωγική αντίδραση ανά φάση, όμοια με τα παραπάνω

R_1 η ωμική αντίσταση ανά φάση του στάτη

X_1 η επαγωγική αντίδραση ανά φάση του στάτη

R_2 η ανοιγμένη στο πρωτεύον ωμική αντίσταση του δρομέα

X_2 η ανοιγμένη στο πρωτεύον επαγωγική αντίδραση του δρομέα όταν αυτός είναι ακίνητος

Από το παραπάνω ισοδύναμο κύκλωμα το ανοιγμένο στο πρωτεύον ρεύμα I'_2 είναι:

$$I'_2 = \frac{E_1}{\sqrt{\left(\frac{R_1 + R'_2}{s}\right)^2 + (X_1 + X'_2)^2}}$$

A.2 Εκκίνηση κινητήρων βραχυκυκλωμένου δρομέα.

Κατά τη στιγμή της εκκινήσεως είναι $n = 0$ και $s = 1$. Άρα ο παραπάνω τύπος κατά τη στιγμή της εκκινήσεως γράφεται:

$$I'_{2εκκ} = \frac{E_1}{\sqrt{(R_1 + R'_2)^2 + (X_1 + X'_2)^2}}$$

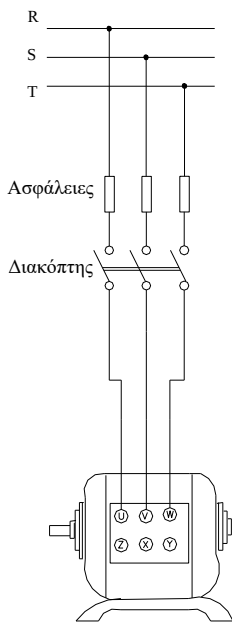
Η παραπάνω τιμή του ρεύματος είναι πολύ μεγαλύτερη από το ρεύμα κανονικής λειτουργίας του κινητήρα. Αποδεικνύεται ότι το ρεύμα εκκινήσεως είναι:

$$I_{εκκ} = (6 - 8) I_{ον}$$

Παρακάτω περιγράφονται διάφοροι τρόποι εκκινήσεως των τριφασικών κινητήρων βραχυκυκλωμένου δρομέα και δακτυλιοφόρων .

1. Άμεσηεκκίνηση

Η άμεση εκκίνηση των κινητήρων βραχυκυκλωμένου δρομέα γίνεται με την χρήση μόνο ενός απλού τριπολικού διακόπτη και είναι η απλούστερη και η φθηνότερη μέθοδος που χρησιμοποιείται στη βιομηχανία. Η συνδεσμολογία φαίνεται στο *σχήμα 4*.



Πλεονεκτήματα:

- α.** Υψηλή ροπή εκκινήσεως
- β.** Μικρό κόστος εγκαταστάσεως

Μειονεκτήματα:

- α.** Μεγάλο ρεύμα εκκινήσεως
- β.** Μεγάλη στιγμιαία πτώση τάσεως(βύθιση τάσεως) στο δίκτυο της(βύθιση τάσεως) στο δίκτυο της Δ.Ε.Η.

Το μέγεθος της βυθίσεως τάσεως δεν εξαρτάται μόνο από το ρεύμα εκκινήσεως που είναι μεγάλο, αλλά και από την ικανότητα του δικτύου τροφοδοσίας. Για το λόγο αυτό, πριν από την εγκατάσταση των κινητήρων πρέπει να γίνεται συνεννόηση με τη Δ.Ε.Η. αν είναι δυνατή η εγκατάσταση κινητήρων με άμεση εκκίνηση.

Σχήμα 4 Σύμφωνα με τους κανονισμούς, επιτρέπεται χωρίς έγκριση

η εγκατάσταση τριφασικών κινητήρων με άμεση εκκίνηση εάν η σχέση του ρεύματος εκκινήσεως προς το ονομαστικό ρεύμα του κινητήρα είναι μικρότερη του 2 για κινητήρες μέχρι 10 HP και του 1.6 για μεγαλύτερους κινητήρες.

2. Εκκίνηση με διακόπτη αστέρα – τριγώνου.

Σύμφωνα με αυτή τη μέθοδο, το τύλιγμα του κινητήρα το οποίο είναι κατασκευασμένο να λειτουργεί κανονικά σε συνδεσμολογία τριγώνου, στην εκκίνηση συνδεσμολογείται σε αστέρα.

Αν η εκκίνηση του κινητήρα γίνει χωρίς διακόπτη αστέρα – τριγώνου με έμμεση εκκίνηση σε συνδεσμολογία του τυλίγματος σε τρίγωνο, το ρεύμα που θα διέρρεε το τύλιγμα της κάθε φάσεως, θα ήταν:

$$I_{\phi} = \frac{U}{Z}$$

όπου: U η πολική τάση του δικτύου και Z η σύνθετη αντίσταση κάθε φάσεως του τυλίγματος.

Κατά συνέπεια η ένταση της γραμμής θα ήταν :

$$I_{\Delta} = \sqrt{3} I_{\phi} = \frac{\sqrt{3} \cdot U}{Z}$$

Εκκίνηση όμως του κινητήρα με ζεύξη του τυλίγματος σε αστέρα, στην κάθε φάση επικρατεί τάση:

$$U_{\phi} = \frac{U}{\sqrt{3}}$$

Κατά συνέπεια η ένταση του ρεύματος ανά φάση η οποία τώρα είναι κα ένταση της γραμμής τροφοδοσίας, θα είναι:

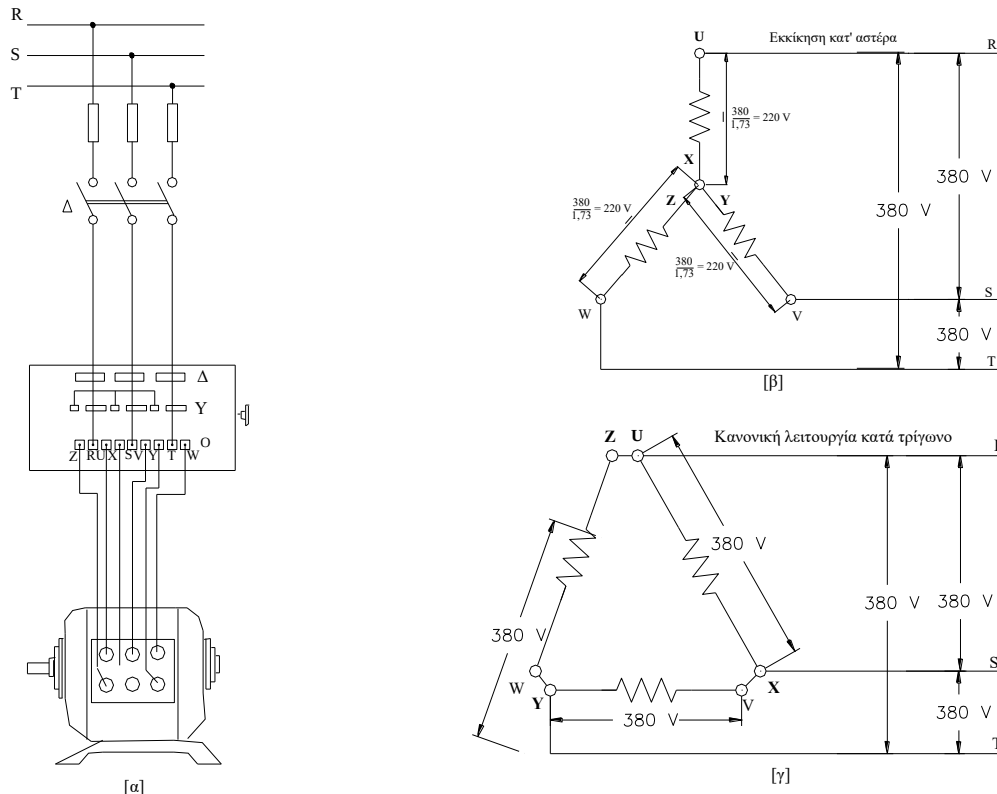
$$I_Y = \frac{U_{\phi}}{Z} = \frac{U}{\sqrt{3} \cdot Z}$$

Συνδυάζοντας τις παραπάνω σχέσεις

$$I_Y = \frac{I_{\Delta}}{3}$$

Από τα παραπάνω συμπεραίνουμε ότι κατά την εκκίνηση του κινητήρα σε αστέρα, το ρεύμα εκκινήσεως είναι τρεις φορές μικρότερο από το ρεύμα που θα απορροφούσε ο κινητήρας στην εκκίνηση σε ζεύξη του τυλίγματος σε τρίγωνο. Με τον ίδιο τρόπο μειώνεται και η ροπή εκκινήσεως του κινητήρα, επειδή αυτή είναι ανάλογη του τετραγώνου της τάσεως τροφοδοσίας.

Η συνδεσμολογία φαίνεται στο *σχήμα 5*.



Σχήμα 5

Συνοψίζοντας τα παραπάνω σε ότι αφορά τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα της μεθόδου έχουμε:

Πλεονεκτήματα:

- α.** Μείωση του ρεύματος εκκινήσεως κατά 1/3
- β.** Εκκίνηση μεγάλων κινητήρων

Μειονεκτήματα:

- α.** Μείωση της οπής εκκινήσεως στο 1/3
- β.** Σωστή εκλογή του χρόνου μεταγωγής από τον αστέρα στο τρίγωνο

Για να κάνουμε χρήση του διακόπτη αστέρα – τριγώνου πρέπει ο κινητήρας να είναι κατασκευασμένος έτσι ώστε να μπορεί να εργάζεται κανονικά τροφοδοτούμενος με την τάση του δικτύου σε συνδεσμολογία τριγώνου. Για το τριφασικό δίκτυο της Δ.Ε.Η. του οποίου η πολική τάση είναι 380 V, για να κάνουμε χρήση του

διακόπτη αστέρα – τριγώνου πρέπει ο κινητήρας να μπορεί να λειτουργεί σε συνδεσμολογία τριγώνου.

Εάν στην πινακίδα του κινητήρα αναγράφεται 220/380 V, αυτό σημαίνει ότι το τυλίγμα του κινητήρα μπορεί να συνδεθεί σε συνδεσμολογία αστέρα για πολική τάση 380 V και σε συνδεσμολογία τριγώνου για πολική τάση 220 V (το τρίγωνο συνδέεται πάντα στην μικρότερη τάση).

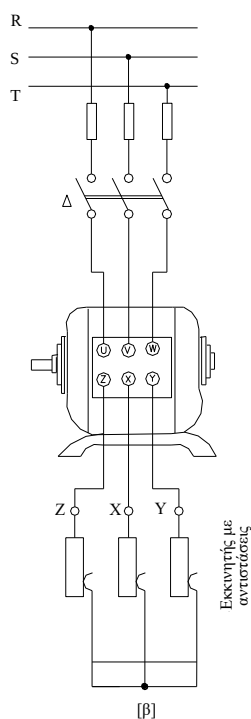
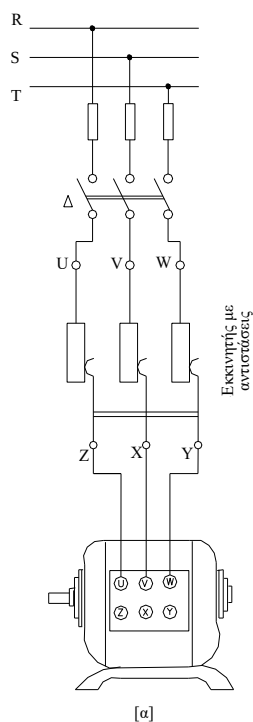
Για το δίκτυο της Δ.Ε.Η. οι κινητήρες που μπορούν να ξεκινήσουν με διακόπτη αστέρα – τριγώνου είναι αυτοί που στην πινακίδα τους αναγράφεται:

380 Δ

380/660 V.

3. Εκκίνηση με αντιστάσεις στο στάτη.

Σύμφωνα με τη μέθοδο αυτή, χρησιμοποιούμε εκκινητή ο οποίος αποτελείται από τριφασική ωμική αντίσταση η οποία παρεμβάλλεται μεταξύ του δικτύου τροφοδοσίας και του κινητήρα. Η συνδεσμολογία φαίνεται στο *σχήμα 6*.



Στο *σχήμα 6(α)* ο εκκινητής συνδέεται μπροστά από το στάτη του κινητήρα ενώ η συνδεσμολογία του τυλίγματος μπορεί να είναι σε αστέρα ή σε τρίγωνο. Στο *σχήμα 6(β)* ο εκκινητής συνδέεται μετά τον κινητήρα αλλά η συνδεσμολογία του τυλίγματος είναι μόνο σε αστέρα και ο ουδέτερος κόμβος σχηματίζεται με τη βοήθεια του εκκινητή.

Πλεονεκτήματα :

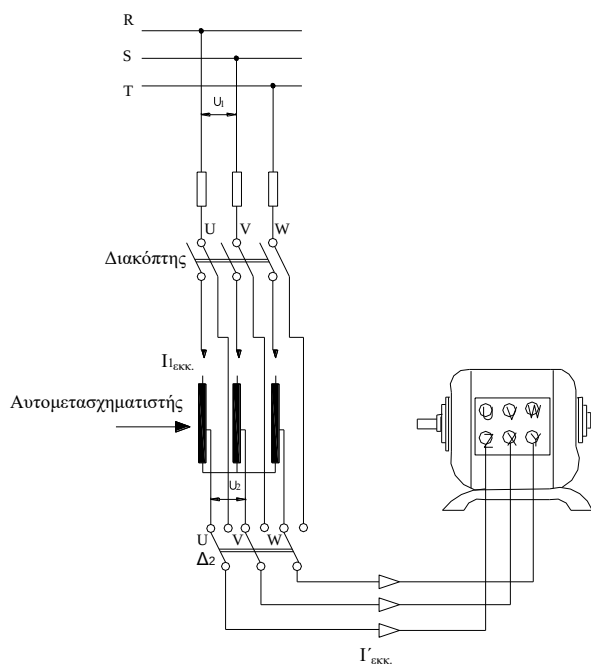
- α.** Μείωση του ρεύματος εκκινήσεως
- β.** Βελτίωση του συντελεστή ισχύος κατά την εκκίνηση

Μειονεκτήματα:

- α.** Ελάττωση της ροπής εκκινήσεως
- β.** Μεγάλες θερμικές απώλειες στον εκκινητή (απώλειες Joule)

4. Εκκίνηση με αυτομετασχηματιστή.

Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται για μεγάλους κινητήρες βραχυκυκλωμένου δρομέα οι οποίοι δεν μπορούν και δεν επιτρέπεται να ξεκινήσουν με διακόπτη αστέρα – τριγώνου επειδή είναι μεγάλης ισχύος. Η συνδεσμολογία φαίνεται στο *σχήμα 7*.



Σχήμα 7

Κατά την εκκίνηση συνδέουμε τον κινητήρα με τη βοήθεια του διακόπτη διπλής ενέργειας Δ_2 με τις λήψεις u, v, w του αυτομετασχηματιστή. Στη συνέχεια κλείνουμε το διακόπτη Δ_1 και τροφοδοτείται ο αυτομετασχηματιστής. Έτσι ο κινητήρας ξεκινά με μειωμένη τάση η οποία εξαρτάται από την κατασκευή του αυτομετασχηματιστή.

Μετά την εκκίνηση του κινητήρα μεταθέτουμε τις επαφές του διακόπτη Δ_2 προς τα δεξιά και ο κινητήρας δέχεται όλη την τάση του δικτύου. Στην συνέχεια ανοίγουμε το διακόπτη Δ_1 και ο αυτομετασχηματιστής αποσυνδέεται από το δίκτυο.

Με τον τρόπο αυτό το ρεύμα εκκινήσεως του κινητήρα μειώνεται σύμφωνα με τη σχέση μεταφοράς του αυτομετασχηματιστή ενώ το ρεύμα που απορροφά ο αυτομετασχηματιστής από το δίκτυο μειώνεται στο $\frac{1}{4}$. Ανάλογα μειώνεται και η ροπή εκκινήσεως.

Πλεονεκτήματα:

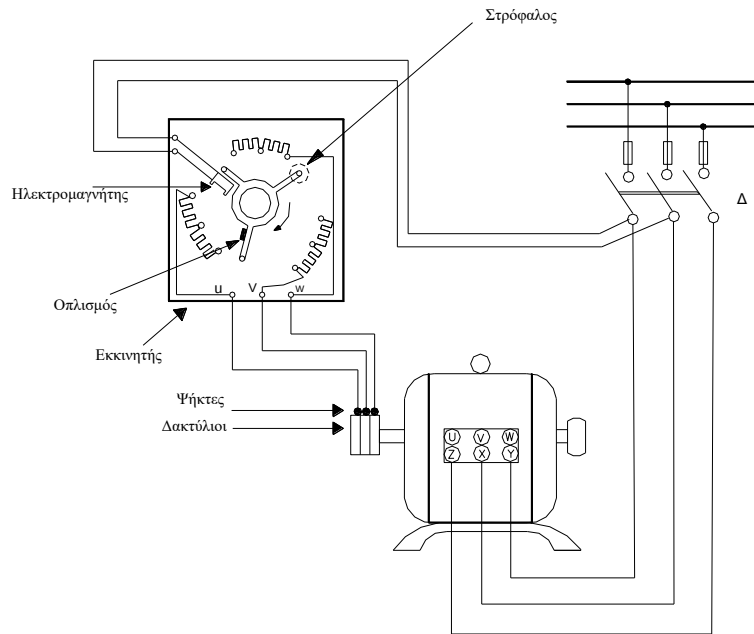
- α.** Μείωση του ρεύματος εκκινήσεως
- β.** Μικρές θερμικές απώλειες

Μειονεκτήματα:

- α.** Μεγάλο κόστος εγκαταστάσεως
- β.** Μείωση της ροπής εκκινήσεως

8.1.3 Εκκίνηση δακτυλιοφόρων κινητήρων

Η απλούστερη μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε πάρα πολύ στην βιομηχανία για την εκκίνηση των δακτυλιοφόρων κινητήρων είναι η σύνδεση στα δακτυλίδια του δρομέα ενός τριφασικού ωμικού εκκινητή. Η συνδεσμολογία φαίνεται στο *σχήμα 8*.



Σχήμα 8

Σύμφωνα με την παραπάνω συνδεσμολογία, αφού κλείσει ο διακόπτης τροφοδοσίας Δ, το τύλιγμα του στάτη συνδέεται με το τριφασικό δίκτυο τροφοδοσίας. Ο στρόφαλος του εκκινητή βρίσκεται στη θέση ηρεμίας και κατά συνέπεια ο δρομέας είναι ανοικτός. Η τάση που επάγεται στο τριφασικό τύλιγμα του δρομέα δεν εφαρμόζεται σε κανένα φορτίο και γι' αυτό δεν είναι δυνατό να δημιουργηθεί ροπή στρέψεως (δεν κυκλοφορεί ρεύμα στα τυλίγματα).

Μόλις γυρίσουμε το στρόφαλο στην αρχική θέση των αντιστάσεων, η τάση του δρομέα εφαρμόζεται στις αντιστάσεις του εκκινητή και αρχίζει η κυκλοφορία του ρεύματος στα τυλίγματα του δρομέα και αναπτύσσεται ροπή στρέψεως. Με τον τρόπο αυτό γίνεται έλεγχος του ρεύματος του δρομέα άρα και του ρεύματος του στάτη δηλαδή του ρεύματος εκκινήσεως. Στην τελευταία θέση οι αντιστάσεις βραχυκυκλώνονται και ο κινητήρας συμπεριφέρεται σαν κινητήρας βραχυκυκλωμένου δρομέα.

Πολλοί κινητήρες διαθέτουν σύστημα ανυψώσεως των ψηκτρών και έτσι αυτές δεν φθείρονται.

Σε μεγάλους κινητήρες ο εκκινητής βρίσκεται μέσα σε λάδι για να ψύχεται.

Πλεονεκτήματα:

- α.** Μείωση του ρεύματος εκκινήσεως κατά βούληση
- β.** Μεγάλη ροπή εκκινήσεως
- γ.** Βελτίωση του συντελεστή ισχύος κατά την εκκίνηση

Μειονεκτήματα:

- α.** Απαιτείται συντήρηση του συστήματος των ψηκτρών
- β.** Η μέθοδος δεν συμφέρει σε κινητήρες μικρής ισχύος

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΤΥΛΙΓΜΑΤΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΩΝ

(ΣΤΕΛΙΟΣ ΑΝΤΩΝΟΠΟΥΛΟΣ ,2^η ΕΚΔΟΣΗ)

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΠΕΡΙΕΛΙΞΕΩΝ

ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΜΗΧΑΝΕΣ DC-AC

(ΤΟΥ STEPHENJ. CHAPMAN ΕΚΔΟΣΕΙΣ Α. ΤΖΙΟΛΑ Ε.)

WIKIPEDIA www.wikipedia.com

Ηλεκτρικές μηχανές (Μαλατέστας, Παντελής Β.)