



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΕΙΡΑΙΑ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Τ.Ε.

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΑΣΚΗΣΗ

ΜΕΛΕΤΗ ΗΛΕΚΤΡΟΚΙΝΗΤΗΡΩΝ ΓΙΑ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΥΣ ΑΝΥΨΩΣΗΣ & ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΦΟΡΤΙΩΝ

***(STUDY OF ELECTRIC MOTORS FOR LIFTING &
CARRYING LOADS)***



ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ : Κ.Ηρακλής Βυλλιώτης

ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ : Οικονομίδης Νικόλαος **A.M.** 40004

ΙΟΥΝΙΟΣ

2014

Περιεχόμενα

| | |
|---|----|
| ΕΙΣΑΓΩΓΗ | 3 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ΑΝΑΛΥΣΗ ΦΟΡΤΙΩΝ | 5 |
| 1.1 Αρχές Λειτουργίας Ανυψωτικών Μηχανών..... | 4 |
| 1.2 Τμήματα Γερανών..... | 5 |
| 1.3 Φορτία Γερανών | 10 |
| 1.4 Κατηγορίες φορτίων..... | 10 |
| 1.5 Κίνηση των Ανυψωτικών Μηχανών. | 22 |
| 1.6 Κύριες Εξισώσεις Λειτουργίας..... | 30 |
| 1.7 Γερανογέφυρα | 33 |
| 1.8 Περιστρεφόμενοι Γερανοί Πύργου. | 41 |
| 1.9 Μεταφορικές Ταινίες. | 43 |
| 1.9.2 Χαρακτηριστικές Εξισώσεις..... | 45 |
| 1.9.3 Στοιχεία Μεταφορικών Ταινιών..... | 46 |
| 1.9.4 Τύποι Μεταφορικών Ταινιών..... | 51 |
| 1.10 Στοιχεία Κινητήρων Μεταφορικών Ταινιών..... | 57 |
| 1.10.1 Χαρακτηριστική Ηλεκτροκινητήρα..... | 57 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΩΝ. 2.1 Εισαγωγή..... | 65 |
| 2.2 Σύνοψη Κατασκευαστική Περιγραφή. | 68 |
| 2.3 Κατασκευαστικά Στοιχεία Ηλεκτρικών Μηχανών DC. | 69 |
| 2.4 Βασικές Αρχές των Μηχανών Συνεχούς Ρεύματος. | 73 |
| 2.5 Λειτουργία Γεννήτριας | 75 |
| 2.6 Γεννήτρια Συνεχούς Ρεύματος | 76 |
| 2.7 Κινητήρες Συνεχούς Ρεύματος..... | 77 |

| | |
|--|------------|
| 2.8 Κινητήρες Συνεχούς Ρεύματος Διέγερσης Σειράς..... | 78 |
| 2.9 Χαρακτηριστικές Εξισώσεις..... | 79 |
| 2.10 Χαρακτηριστική Ροπής-Ταχύτητας των Κινητήρων Συνεχούς Ρεύματος..... | 80 |
| 2.11 Εκκίνηση των Κινητήρων Συνεχούς Ρεύματος..... | 81 |
| 2.12 Η Πέδηση στους Κινητήρες Συνεχούς | 83 |
| 2.13 Κινητήρες Εναλλασσόμενου Ρεύματος..... | 87 |
| 2.14 Σύγχρονοι Κινητήρες. | 87 |
| 2.15 Αρχή Λειτουργίας. | 88 |
| 2.16 Χαρακτηριστικές Εξισώσεις..... | 89 |
| 2.17 Ασύγχρονοι Κινητήρες. | 89 |
| 2.18 Επαγωγικοί Κινητήρες. | 90 |
| 2.19 Κατασκευή των Ασύγχρονων Τριφασικών Κινητήρων..... | 94 |
| 2.20 Κατασκευαστικά Στοιχεία Βραχυκυκλωμένου Δρομέα | 96 |
| 2.21 Χαρακτηριστική Ροπής-Ταχύτητας των Επαγωγικών Κινητήρων. | 98 |
| 2.22 Εκκίνηση Επαγωγικού Κινητήρων..... | 101 |
| 2.23 Πέδηση Επαγωγικών Κινητήρων..... | 106 |
| 2.24 Ρύθμιση Στροφών Επαγωγικών Κινητήρων. | 107 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ΕΠΙΛΟΓΟΣ & ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ..... | 111 |
| Βιβλιογραφία | 113 |

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα ανυψωτικά συστήματα αποτελούν μια επιμέρους κατηγορία του ευρύτερου τομέα των μεταφορικών συστημάτων. Τα μεταφορικά συστήματα στη βιομηχανία αναφέρονται στη διακίνηση υλικών, προϊόντων και μηχανημάτων. Η διακίνηση υλικών και προϊόντων αναφέρεται συνήθως στην εισαγωγή υλικών, στη συναρμολόγηση, στη συσκευασία και στην αποθήκευση. Τα μηχανήματα διακίνησης διακρίνονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες, στα μηχανήματα συνεχούς μεταφοράς και στα μηχανήματα ασυνεχούς μεταφοράς.

Τα μηχανήματα της πρώτης κατηγορίας λειτουργούν συνεχώς για μεγάλο χρονικό διάστημα μεταφέροντας συνήθως υλικά και προϊόντα, είτε αυτά είναι διαταγμένα κατά τεμάχια, είτε είναι στοιβαγμένα χύδην. Ένα κλασσικό παράδειγμα τέτοιου μηχανισμού αποτελούν οι μεταφορικές ταινίες που υποστηρίζουν μια μεγάλη γκάμα γραμμών παραγωγής. Τα μηχανήματα ασυνεχούς μεταφοράς εκτελούν διαδοχικές διαδρομές προώθησης και παραλαβής. Σε αυτή την κατηγορία των συστημάτων διακίνησης υπάγονται και τα ανυψωτικά συστήματα.

Τα ανυψωτικά συστήματα συνιστούν μια από τις πιο σύνθετες μηχανολογικές ή ηλεκτρομηχανολογικές διατάξεις. Και τούτο γιατί αποτελούνται από μια σειρά πολλαπλών μηχανισμών που περιλαμβάνουν μια μεγάλη γκάμα στοιχείων μηχανών, σιδηρών κατασκευών αλλά και ηλεκτρικών διατάξεων. Είναι γεγονός ότι οι ανάγκες ανύψωσης υλικών και εξοπλισμού στη βιομηχανία ποικίλλουν πάρα πολύ είτε ως προς το βάρος, το μέγεθος και τη μορφή του ανυψωνόμενου φορτίου, είτε ως προς τη δυσκολία πρόσβασης στα σημεία παραλαβής και απόθεσης και το ύψος στο οποίο βρίσκονται αυτά, είτε ως προς το άνοιγμα και την ταχύτητα λειτουργίας, είτε ως προς μια μεγάλη και δύσκολα καταγραφόμενη σειρά παραμέτρων στις διάφορες βιομηχανικές ανυψώσεις φορτίων.

Οι ηλεκτροκινητήρες προτιμώνται σαν μηχανές ενεργοποίησης των ανυψωτικών συστημάτων. Προσφέρουν το πλεονέκτημα του τηλεέλεγχου και τηλεχειρισμού, αλλά και τη δυνατότητα πολλαπλών ρυθμίσεων που καλύπτουν πολύ διαφορετικές απαιτήσεις ανύψωσης. Καθοριστικό πλεονέκτημα των ηλεκτροκινητήρων είναι ότι αναπτύσσουν μεγάλη ροπή εκκίνησης σε σύγκριση με άλλους μηχανισμούς ενεργοποίησης (πράγμα απαραίτητο στις περισσότερες ανυψωτικές εφαρμογές) Μπορούν να χρησιμοποιηθούν είτε κινητήρες συνεχούς ρεύματος, είτε ασύγχρονοι κινητήρες εναλλασσόμενου ρεύματος, δεδομένου ότι η κατανάλωση ρεύματος προσαρμόζεται αμέσως προς την απαιτούμενη ισχύ τόσο στο συνεχές όσο και στο εναλλασσόμενο ρεύμα. Στην ηλεκτρική έλξη εφαρμόζονται συστήματα ηλεκτρικής κίνησης των οποίων οι μηχανές πολύ συχνά είναι τριφασικοί κινητήρες βραχυκυκλωμένου δρομέα. Οι μηχανές αυτές βρίσκουν μεγάλες εφαρμογές τόσο στην ηλεκτρική έλξη όσο και στη βιομηχανία, εξαιτίας των πλεονεκτημάτων τους που είναι η απλή κατασκευή, η αξιοπιστία και το χαμηλό κόστος. Επίσης σε αντίθεση με τους κινητήρες συνεχούς ρεύματος, μπορούν να χρησιμοποιηθούν και σε επικίνδυνο περιβάλλον, όπως σε μια ηλεκτράμαξα, αφού

δεν υπάρχει πρόβλημα με σπινθήρες και διάβρωση. Επιπλέον παρουσιάζουν και το πλεονέκτημα της χαμηλής συντήρησης. Επίσης για την ηλεκτρική έλξη αμαξοστοιχιών χρησιμοποιούνται και σύγχρονοι κινητήρες με διέγερση, ενώ τα τελευταία χρόνια εφαρμόζονται και σύγχρονοι κινητήρες με μόνιμο μαγνήτη. Το καλύτερο μέσο για την μεταφορά ογκωδών υλικών είναι οι μεταφορικές ταινίες αφού παρέχει πολλαπλές επιλογές ανάλογα το υλικό που θέλουμε να διακινήσουμε. Όταν το ύψος μεταφοράς (ανέβασμα) και η συνολική ποσότητα είναι δεδομένα τότε πολλές φορές το σύστημα αυτό είναι πιο οικονομικό. Κατά το 1890 φαίνεται ότι άρχισε η χρησιμοποίηση μεταφορικών ταινιών για το ανέβασμα υλικών βαρύτερων από το σιτάρι.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ΑΝΑΛΥΣΗ ΦΟΡΤΙΩΝ

1.1 Αρχές Λειτουργίας Ανυψωτικών Μηχανών Γενικές Αρχές.

Η λειτουργία των ανυψωτικών μηχανών στηρίζεται στην αρχή διατηρήσεως της ενέργειας. Όπως είναι γνωστό, έργο είναι το γινόμενο της δυνάμεως επί την απόσταση που έχει διανυθεί κατά τη διεύθυνση της δυνάμεως. Για να υπάρξει επομένως ισορροπία κατά τη λειτουργία ενός ανυψωτικού μηχανήματος, πρέπει το γινόμενο του βάρους που ανυψώνεται επί το ύψος ανυψώσεως να είναι ίσο με το γινόμενο της δυνάμεως που ενεργεί τη ανύψωση επί την απόσταση που διανύθηκε από αυτή κατά τον ίδιο χρόνο, αν παραλειφθούν οι τριβές.

Επομένως ότι κερδίζουμε σε δύναμη, το χάνουμε σε χρόνο.

Η διαφορά των δύο ταχυτήτων δυνάμεως και βάρους πετυχαίνεται με κατάλληλη εκλογή των μοχλοβραχιόνων. Αν, όμως, δεν επαρκεί η σχέση των μοχλοβραχιόνων, χρησιμοποιούμε και ενδιάμεσες κινήσεις με τροχαλίες, οδοντωτούς τροχούς, ατέρμονες κοχλίες και υδραυλικό πιεστήριο.

Η μετάδοση της κινήσεως γίνεται με δύο τρόπους:

- Με **περιστροφική κίνηση** της δυνάμεως. Σε αυτήν η εξωτερική δύναμη με τη βοήθεια ενός στροφάλου προκαλεί ροπή στρέψεως στον άξονα, στον οποίο άμεσα ή έμμεσα αντιδρά το βάρος,
- Με **ευθύγραμμη κίνηση** της δυνάμεως. Σε αυτήν η δύναμη δρα στην άκρη σχοινιού ή αλυσίδας, χωρίς να υπεισέρχεται καμιά ροπή στρέψεως, εκτός από την αναγκαία για την υπερνίκηση των τριβών.

Οι ανυψωτικές μηχανές δεν λειτουργούν συνεχώς, αλλά σε κύκλους λειτουργίας που ακολουθούνται από στάσεις. Όταν εκκινεί μία ανυψωτική μηχανή, έχουμε επιτάχυνση από την ηρεμία μέχρι την κανονική ταχύτητά της.

Κατά τη διακοπή της κινήσεως με μια πέδη πετυχαίνουμε επιβράδυνση μέχρι την ταχύτητα μηδέν.

Και στις δύο περιπτώσεις λόγω των κινουμένων μαζών επέρχεται σημαντική αύξηση των επιφορτίσεων, έναντι της κανονικής λειτουργίας με ομοιόμορφη ταχύτητα. Κατά την κανονική λειτουργία ενεργούν μόνο οι στατικές δυνάμεις αυξημένες κατά τις τριβές.

Κατά τις εκκινήσεις όμως και τις διακοπές μας χρειάζεται μία επιτάχυνση ή επιβράδυνση, για την οποία θα απαιτηθεί επιπρόσθετη δύναμη: $P = m \cdot b$ (όπου $m = G/g$), που δίνει στη μάζα επιτάχυνση. Θεωρούμε τις επιταχύνσεις ή επιβραδύνσεις αυτές ομαλές, οπότε η επιτάχυνση είναι $b = \frac{u}{t}$ και η γωνιακή επιτάχυνση

$$\varepsilon = \frac{\omega}{t} = \frac{\pi \cdot n}{30 \cdot t}$$

Είναι φανερό ότι οι μάζες που κινούνται είναι πολύ μεγαλύτερες στους μηχανισμούς κυλίσεως (π.χ. στην κύλιση μιας γερανογέφυρας) παρά στους μηχανισμούς ανυψώσεως. Κατά συνέπεια στους μηχανισμούς ανυψώσεως, επειδή και ο χρόνος επιταχύνσεως είναι μικρότερος και οι κινητήρες δεν προλαβαίνουν να υπερθερμανθούν από την υπερφόρτωση κατά την επιτάχυνση αρκεί ο υπολογισμός τους μόνο με την ταχύτητα κανονικής λειτουργίας. Σε μηχανισμούς όμως κυλίσεως κατά τον υπολογισμό πρέπει να λαμβάνονται υπόψη και οι επιταχύνσεις ή επιβραδύνσεις λόγω μαζών που κινούνται.

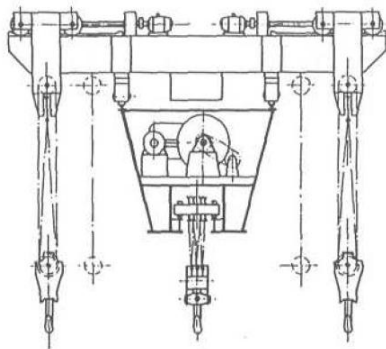
1.2 Τμήματα γερανών.

Τα συνιστάμενα τμήματα των γερανών χωρίζονται σε περαιτέρω κατηγορίες οι οποίες είναι :

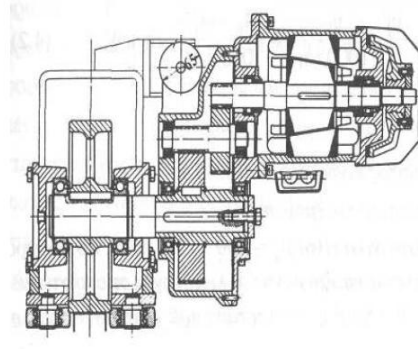
1. Μηχανισμοί κινήσεων
2. Βαρούλκο-βαρουλκοφορείο
3. Πυλώνας
4. Φορείο
5. Γέφυρα
6. Δακτύλιος στροφής
7. Πύργος
8. Κεραία
9. Σύστημα συγκράτησης του φορτίου
10. Πολύσπαστο

1) Έχουμε τέσσερις μηχανισμούς κινήσεων:

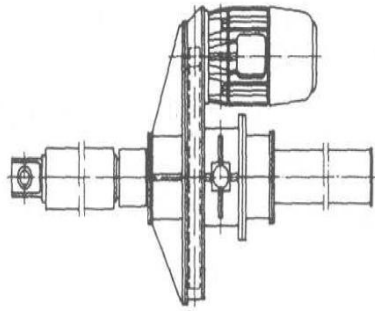
- Τον μηχανισμό ανύψωσης του φορτίου για την άνοδο και την κάθοδο του φορτίου αντίστοιχα ,Εικόνα 1.1.
- Τον μηχανισμό κίνησης ολόκληρου του γερανού Εικόνα 1.2
- Τον μηχανισμό προσέγγισης παρουσιάζεται στην Εικόνα 1.3 που χρησιμοποιείται για την αλλαγή κλίσης της κεραίας ή του βραχίονα της κεραίας .
- Τον μηχανισμό περιστροφής , που περιστρέφει στο οριζόντιο επίπεδο το στρεφόμενο μέρος , Εικόνα 1.4



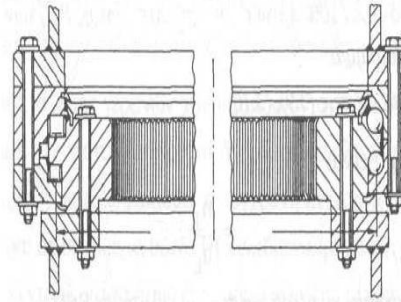
Εικόνα 1.1



Εικόνα 1.2



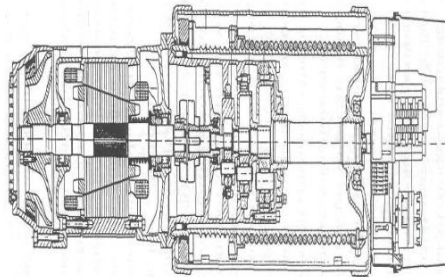
Εικόνα 1.3



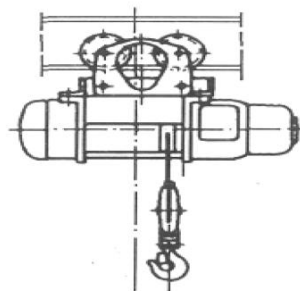
Εικόνα 1.4

2) Βαρούλκο-βαρουλκοφορείο

Το βαρούλκο (Εικόνα 1.5) λοιπόν είναι το μηχάνημα που μεταφέρει τη δύναμη έλξης από ένα ηλεκτροκίνητο τύμπανο σε ένα εύκαμπτο φορέα (συρματόσχοινο, αλυσίδα). Το βαρουλκοφορείο (Εικόνα 1.6) είναι το μηχάνημα που μεταφέρει το βαρούλκο εγκάρσια προς την κίνηση του γερανού.



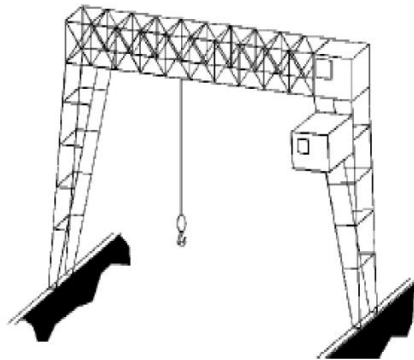
Εικόνα 1.5



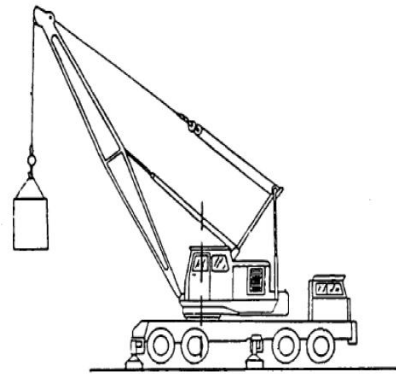
Εικόνα 1.6

3) Πυλώνας (Εικόνα 1.7) λέγεται η μεταλλική κατασκευή που έχει σκοπό την υπερέυωση του γερανού ή της γερανογέφυρας για τους λειτουργικούς του σκοπούς.

4) Φορείο (Εικόνα 1.8) ονομάζεται η κατασκευή υποστήριξης του γερανού, η οποία φέρει τροχούς ή ράουλα με σκοπό την ίση κατανομή φορτίου στους τροχούς ή στα ράουλα αντίστοιχα.

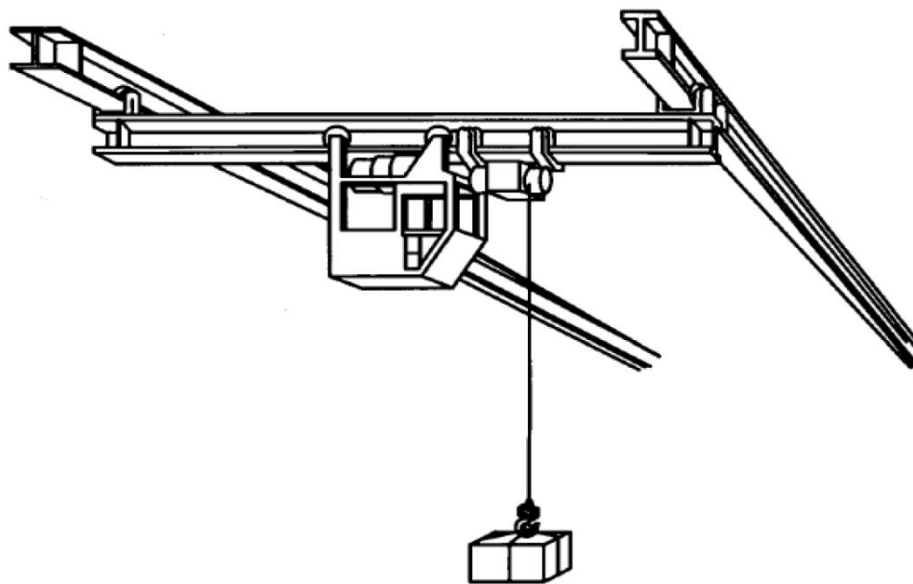


Εικόνα 1.7



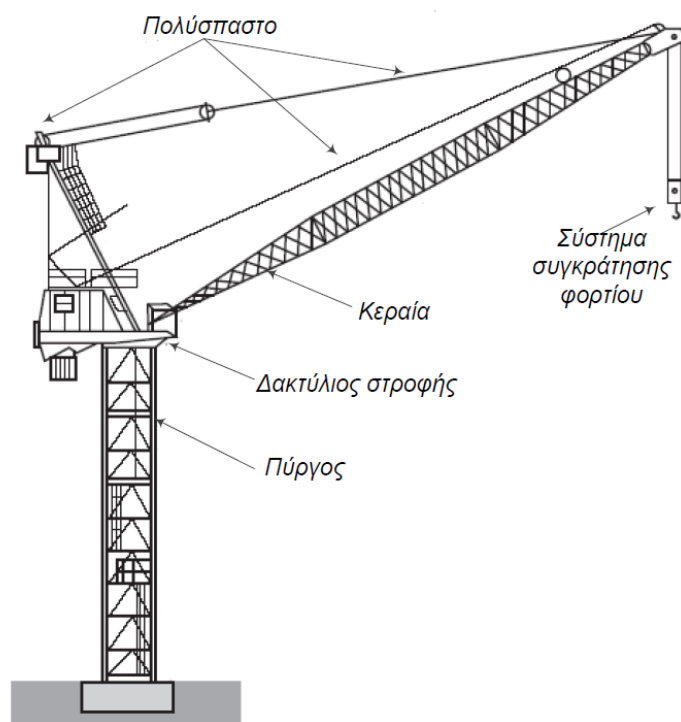
Εικόνα 1.8

5) Γέφυρα (Εικόνα 1.9) είναι η κύρια υποστήριξη γερανού τύπου γερανογέφυρας, επί της οποίας κινείται το βαρουλκοφορείο



Εικόνα 1.9

- 6) Δακτύλιος στροφής είναι το στοιχείο που συμβάλλει στην μεταφορά του φορτίου από τα κινούμενα στα ακίνητα μέρη του γερανού (Εικόνα 1.10).
- 7) Πύργος είναι η κατακόρυφη κατασκευή που φέρει την κεραία ή και την περιστρεφόμενη πλατφόρμα και προσδίδει το απαραίτητο ύψος λειτουργίας σχετικά με την θέση της βάσης της κεραίας (Εικόνα 1.10).
- 8) Κεραία , είναι το στοιχείο που προσδίδει την απαραίτητη ακτίνα λειτουργίας ή το ύψος στο σύστημα ανάρτησης του φορτίου (Εικόνα 1.10).
- 9) Σύστημα συγκράτησης του φορτίου , είναι η διάταξη (αρπάγη, άγκιστρο , ηλεκτρομαγνήτης) για την σύλληψη , συγκράτηση και μεταφορά του φορτίου (Εικόνα 1.10).
- 10) Πολύσπαστο είναι το σύστημα που αποτελείται από τροχαλίες και συρματόσχοινα κατάλληλο για τις μετατροπές δυνάμεων και ταχυτήτων (Εικόνα 1.10).



Εικόνα 1.10

1.3 Φορτία Γερανών.

Στην παράγραφο αυτή αναφέρονται τα φορτία που εμφανίζονται κατά την διάρκεια λειτουργίας των γερανών και είναι τα εξής :

- Δυνάμεις στο σύστημα ανύψωσης
- Δυνάμεις αδράνειας και βαρύτητας
- Δυνάμεις από αιφνίδια ελάττωση του φορτίου
- Φορτία κατά την κίνηση σε ανομοιόμορφη επιφάνεια
- Δυνάμεις από επιταχύνσεις
- Φορτία λόγω μετατοπίσεων
- Φορτία ανέμου σε κατάσταση λειτουργίας
- Φορτία χιονιού και πάγου
- Φορτία λόγω κλιματικών επιδράσεων
- Φορτία λόγω στρεβλώσεων
- Φορτία ανέμου εκτός κατάστασης λειτουργίας
- Δυνάμεις πρόσκρουσης στον τερματικό προσκρουστήρα
- Φορτία λόγω κλίσης
- Φορτία λόγω διακοπής της λειτουργίας
- Φορτία αστοχίας
- Φορτία διέγερσης της συσκευής ανύψωσης
- Φορτία συναρμολόγησης , διάλυσης και μεταφοράς
- Φορτία σε μέσα πρόσβασης.

1.4 Κατηγορίες φορτίων.

Τα φορτία που επιδρούν κατά την λειτουργία της ανύψωσης , χωρίζονται σε τέσσερις κατηγορίες . Και οι κατηγορίες αυτές είναι κανονικά φορτία (regular), τυχαία (occasional) , κατ'εξάιρεση φορτία(exceptional) και ειδικά φορτία (miscellaneous). Μεμονωμένα φορτία θεωρούνται εκείνα τα φορτία που σχετίζονται με την μορφή της ανύψωσης και την χρήση της .

1) Τα κανονικά φορτία εμφανίζονται κατά την κανονική λειτουργία , και θα πρέπει να μελετώνται κατά τους υπολογισμούς έναντι της αστοχίας της κατασκευής , από διαρροή υλικού , ελαστική αστάθεια και , όταν αυτό είναι δυνατόν έναντι σε κόπωση.

Προέρχονται από την βαρύτητα και από τις επιταχύνσεις και επιβραδύνσεις που παράγονται από το σύστημα μετάδοσης της κίνησης και τα φρένα που ενεργούν πάνω στο βάρος της μάζας που ανυψώνεται και στο φορτίο ανύψωσης , καθώς και από διάφορες μετατοπίσεις .

2) Τυχαία φορτία και οι επιδράσεις τους είναι εκείνα τα φορτία που εμφανίζονται σπάνια και συνήθως αμελούνται στους υπολογισμούς για την εκτίμηση της αντοχής . Συμπεριλαμβάνουν φορτία που προκαλούνται από άνεμο , χιόνι και πάγο στη κατάσταση λειτουργίας θερμοκρασίες και απο στρεβλώσεις .

3) Τα κατ'εξαιρεση φορτία και οι επιδράσεις τους εμφανίζονται σπάνια και μπορούν επίσης να μην συμπεριλαμβάνονται στους υπολογισμούς της αντοχής . Συμπεριλαμβάνουν φορτία που προέρχονται από τις δοκιμές στην κατασκευή , φορτία ανέμου εκτός κατάστασης λειτουργίας , δυνάμεις πρόσκρουσης στους τερματικούς προσκρουστήρες και κλίσης , όπως επίσης και από έκτακτη διακοπή της λειτουργίας , αστοχία του συστήματος μετάδοσης της κίνησης , και υπερβολικές τιμές στο φορτίο ανύψωσης .

4) Τα ειδικά φορτία περιλαμβάνουν φορτία ανέγερσης και φορτία θραύσης και επίσης φορτία σε πλατφόρμες και σε μέσα πρόσβασης.

Η κατηγορία στη οποία κατατάσσεται ένα φορτίο δεν είναι μια σημαντική ένδειξη ή κρίσιμη για το συγκεκριμένο φορτίο. Για παράδειγμα φορτία ανέγερσης και θραύσης, παρόλο που ανήκουν στην τελευταία κατηγορία θα πρέπει να δίνεται σημαντική προσοχή όταν ένα σημαντικό μέρος των ατυχημάτων εμφανίζεται κατά την διάρκεια τέτοιων καταστάσεων λειτουργίας.

Κανονικά φορτία.

Δυνάμεις που εμφανίζονται στο σύστημα ανύψωσης λόγω της ανύψωσης και της βαρύτητας.

Η μάζα ανύψωσης συμπεριλαμβάνει εκείνα τα στοιχεία που είναι πάντοτε στην θέση τους κατά την λειτουργία , εκτός από το ωφέλιμο φορτίο. Για κάποιες εφαρμογές μπορεί να είναι απαραίτητο να προσθέσουμε μάζα για τον υπολογισμό συγκράτησης των υλικών που μεταφέρεται , όπως είναι το κάρβουνο , η σκόνη κ.α.

Οι δυνάμεις βαρύτητας που προκαλούνται από την μάζα της εφαρμογής θα πρέπει να πολλαπλασιάζεται από έναν συντελεστή 1

ϕ όπου δίνεται από την σχέση $\phi = 1 \pm a$ με $0 \leq a \leq 0,1$.

Κατά αυτόν τον τρόπο λαμβάνονται υπόψη οι ταλαντώσεις που προκύπτουν από την διαδικασία της ανύψωσης , όταν ανυψώνεται το μεικτό βάρος από το έδαφος. Υπάρχουν πάντα δύο τιμές του συντελεστή έτσι ώστε να αντιπροσωπεύει τις χαμηλές και υψηλές τιμές των ταλαντώσεων .

Ο συντελεστής 1 ϕ θα πρέπει να χρησιμοποιείται στον σχεδιασμό της ανυψωτικής κατασκευής , σε μερικές περιπτώσεις εφαρμόζονται και οι δύο τιμές του συντελεστή για να βρούμε τις πιο κρίσιμες τιμές των φορτίων σε στοιχεία και τους συνδέσμους της κατασκευής .

Φορτία αδράνειας και βαρύτητας κατά την κατακόρυφη ανύψωση φορτίου.

Η μάζα του μεικτού βάρους περιλαμβάνει τις μάζες του ωφέλιμου βάρους συνδέσμους ανύψωσης και ένα τμήμα της μάζας των συρματόσχοινων ανύψωσης.

Κατηγορίες ανύψωσης.

Οι εφαρμογές ανύψωσης κατατάσσονται στις κατηγορίες 1 HC έως και 4 HC ανάλογα με τα δυναμικά τους χαρακτηριστικά. Οι κατηγορίες ανύψωσης δίνονται από τον Πίνακα 1 και η επιλογή τους πρέπει να γίνεται σύμφωνα πάντα με την εμπειρία. Οι αντιπροσωπευτικές τιμές των β_2 και του ϕ_2 δίνονται στον Πίνακα 1 και απεικονίζονται στην Εικόνα 1.1.11.

Η επιλογή της κατηγορίας ανύψωσης εξαρτάται την μορφή ανύψωσης και αντιμετωπίζεται σε συνεργασία με άλλα Διεθνή Πρότυπα. Ισοδύναμα οι τιμές του ϕ_2 μπορούν να καθοριστούν από πειραματική ανάλυση χωρίς να γίνει αναφορά στις κατηγορίες ανύψωσης.

Πίνακας 1-Τιμές για τους συντελεστές β_2 και ϕ_2

| Κατηγορία ανύψωσης | β_2 | ϕ_2 | |
|--------------------|-----------|-----------------|-----------------|
| | | $\phi_{2,\min}$ | $\phi_{2,\max}$ |
| HC ₁ | 0,2 | 1,0 | 1,3 |
| HC ₂ | 0,4 | 1,05 | 1,6 |
| HC ₃ | 0,6 | 1,1 | 1,9 |
| HC ₄ | 0,8 | 1,15 | 2,2 |

Στην περίπτωση ανύψωσης ενός φορτίου που γίνεται με χαλαρό συρματόσχοινο όταν εδράζεται στο έδαφος, οι δυναμικές επιδράσεις κατά την μεταφορά του φορτίου από το έδαφος στην συσκευή ανύψωσης θα πρέπει να γίνεται ως εξής πολλαπλασιάζοντας τις δυνάμεις βαρύτητας με τον συντελεστή ϕ_2 (βλ. Εικόνα 1.11).

Ο συντελεστής θα πρέπει να υπολογίζεται από τις εξής σχέσεις :

$$\phi_2 = \phi_{2\min} \text{ για } 0,2 / h v \leq m s$$

$$\phi_2 = \phi_{2\min} + (\phi - \phi_{2\min}) \cdot h v / m s \text{ για } 0,2 / h v > m s$$

Όπου

$h v$ είναι η σταθερή ταχύτητα ανύψωσης, σε μέτρα ανά δευτερόλεπτο, η οποία σχετίζεται με την συσκευή συγκράτησης της μάζας, και προκύπτει από την περιστροφική ταχύτητα του κινητήρα χωρίς φορτίο.

$\phi_{2\min}$ συντελεστής που συνδέεται με την κατηγορία ανύψωσης (βλ. Πίνακα 1)

$\phi_{2\max}$ συντελεστής που δίνεται στον Πίνακα 1 σύμφωνα με την κατηγορία ανύψωσης.

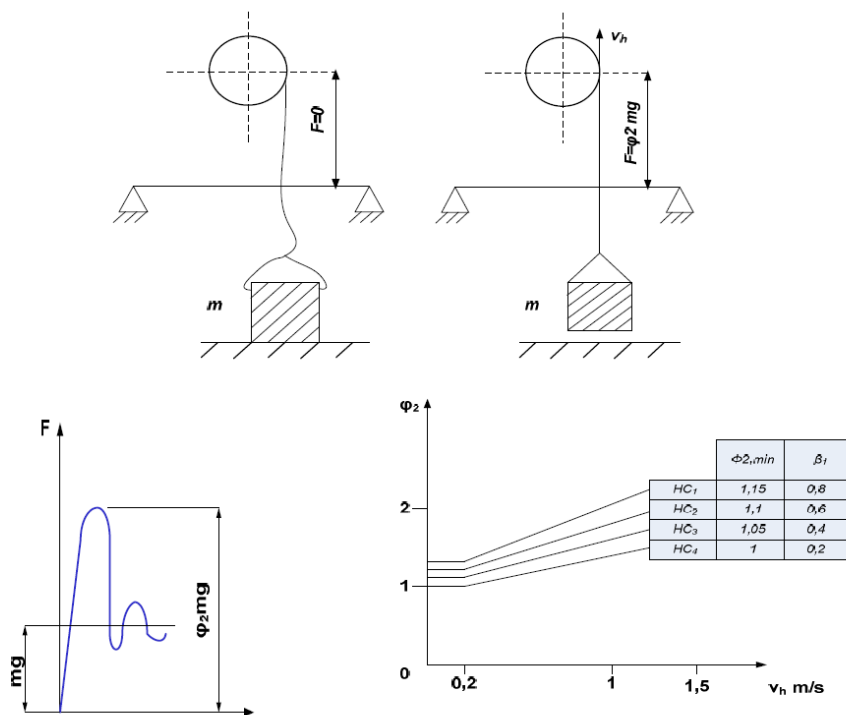
Όπου το σύστημα ελέγχου της ανύψωσης εξασφαλίζει μια σταθερή χαμηλή ταχύτητα (creep speed), αυτή η ταχύτητα θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη μόνο όταν η κατασκευή εργάζεται σε κανονική λειτουργία για την εκλογή του συντελεστή ϕ_2 . Όπου αυτό δεν συμβαίνει τότε έχουμε δύο περιπτώσεις, με την εκλογή του συντελεστή ϕ_2 για συνθήκες κανονικής λειτουργίας, όπως παρουσιάζεται παρακάτω, και μια τιμή για τον συντελεστή, $\phi_{2\max}$ για να καλύψουμε ειδικές περιπτώσεις λειτουργίας.

Κανονική λειτουργία.

1) Όπου εκλέγεται πολύ χαμηλή σταθερή ταχύτητα από το σύστημα μετάδοσης του γερανού, αυτή η ταχύτητα θα χρησιμοποιηθεί για τον καθορισμό του συντελεστή ϕ_2 .

2) Όπου μια σταδιακά μεταβλητή ταχύτητα ελέγχου παρέχεται ή ένας τέτοιος έλεγχος μπορεί να διεξάγεται από το σύστημα μετάδοσης του γερανού, η τιμή του συντελεστή ϕ_2 για την κατάλληλη κατηγορία ανύψωσης θα εκλέγεται μέσω της Εικόνας 1.11.

Για εφαρμογές με τύπο ελέγχου 1) όπως παρουσιάζεται παραπάνω η τιμή του συντελεστή ϕ_2 θα πρέπει να βασίζεται στην τιμή της ταχύτητας h η οποία προκύπτει από την μέγιστη ονομαστική ταχύτητα του κινητήρα χωρίς φορτίο. Για εφαρμογές με τύπο ελέγχου 2) η τιμή του ϕ_2 για την κλάση ανύψωσης θα πρέπει να βασίζεται στη τιμή της h παραγόμενη από μια τιμή η οποία δεν είναι μικρότερη από 0,5 φορές της μέγιστης ονομαστικής ταχύτητας του κινητήρα ή της μηχανής σε λειτουργία χωρίς φορτίο.



Εικόνα 1.11. Συντελεστής ϕ_2 .

Φορτία κατά την περίπτωση αιφνίδιας ελάττωσης φορτίου.

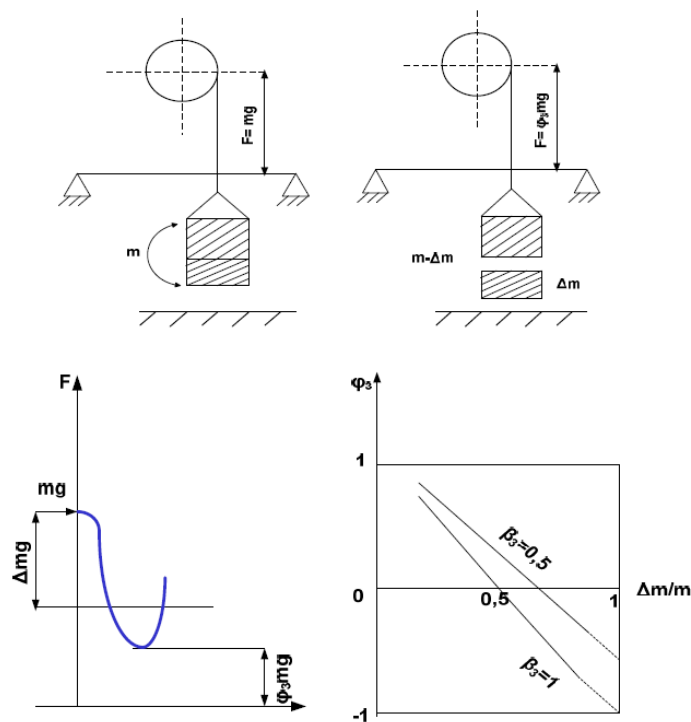
Για εφαρμογές ανύψωσης που απελευθερώνουν τμήμα του ωφέλιμου φορτίου τους ως μια κανονική λειτουργία εργασίας, όπως είναι οι αρπάγες ή μαγνήτες που χρησιμοποιούνται, η μεγαλύτερη δυναμική επίδραση στην εφαρμογή μπορεί να προσομοιωθεί πολλαπλασιάζοντας το ωφέλιμο φορτίο από έναν συντελεστή β_3 ϕ (βλ. Εικόνα 1.12.).

Η τιμή του συντελεστή ϕ β_3 δίνεται από την παρακάτω σχέση :

$$\phi \beta_3 = 1 - \frac{\Delta m}{m} * (1 + \beta_3)$$

Όπου

Δm είναι το μέρος της μάζας που αποσπάται από ωφέλιμο φορτίο
 m είναι ολόκληρη η μάζα του φορτίου β_3 είναι ίσος με 0,5 για εφαρμογές με αρπάγες ή άλλες συσκευές βραδείας λειτουργίας, ενώ 1 όταν σε εφαρμογές ανύψωσης χρησιμοποιούνται ηλεκτρομαγνητική ή κάποια άλλη παρόμοια συσκευή ταχείας λειτουργίας.



Εικόνα 1.12. Συντελεστής $\phi \beta_3$

Φορτία που προκαλούνται κατά την κίνηση σε ανομοιόμορφη επιφάνεια.

1) Περίπτωση κίνησης πάνω σε οδόστρωμα

Οι επιδράσεις σε κίνηση πάνω σε οδόστρωμα με ή χωρίς φορτίο, εξαρτώνται από την διαμόρφωση της εφαρμογής (κατανομή μάζας), την ελαστική συμπεριφορά της εφαρμογής, την ταχύτητα κίνησης και στις ιδιότητες και τις συνθήκες πάνω στην επιφάνεια κίνησης. Οι δυναμικές επιδράσεις θα πρέπει να εκτιμώνται σύμφωνα με την εμπειρία, τις δοκιμές, ή από τους υπολογισμούς με την χρήση ενός κατάλληλου μοντέλου για την εφαρμογή και την επιφάνεια κίνησης.

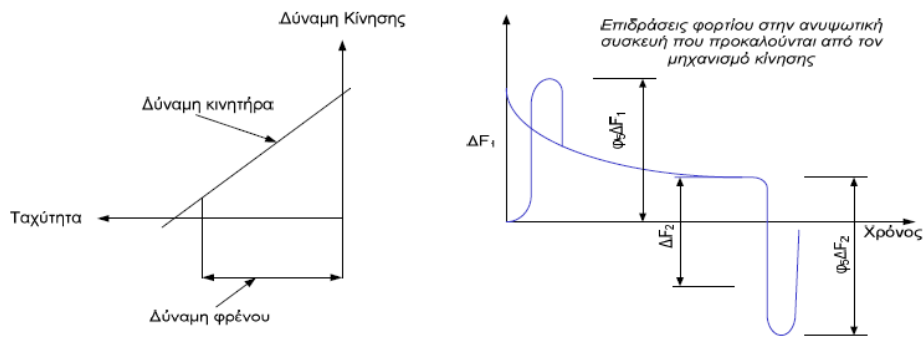
2) Περίπτωση κίνησης πάνω σε σιδηροτροχιές

Οι επιδράσεις από την κίνηση πάνω σε σιδηροτροχιές, με ή χωρίς φορτίο έχουν γεωμετρικά χαρακτηριστικά ελαστικής συμπεριφοράς που προκαλούν επιταχύνσεις στους τροχούς οι οποίες εξαρτώνται από την διαμόρφωση της εφαρμογής (κατανομή μάζας, ελαστικότητα), ταχύτητα κίνησης και την διάμετρο των τροχών. Θα πρέπει να εκτιμώνται σύμφωνα με την εμπειρία, τις δοκιμές, ή με υπολογισμούς με ένα κατάλληλο μοντέλο για την εφαρμογή. Οι επιταχύνσεις που δημιουργούνται μπορεί να λαμβάνονται υπόψη στους υπολογισμούς, πολλαπλασιάζοντας τις δυνάμεις βαρύτητας που εμφανίζονται από την μάζα ανύψωσης και το ωφέλιμο φορτίο από έναν συντελεστή ϕ_4 . Για μεμονωμένες εφαρμογές η συγκεκριμένη παράγραφος καθορίζει ανοχές για τις σιδηροτροχιές και εκτιμήσεις για τις συνθήκες για τις οποίες η τιμή του συντελεστή ϕ_4 να λαμβάνεται ίση με 1.

Φορτία που προκαλούνται επιταχύνσεις για όλους τους μηχανισμούς κίνησης στους γερανούς συμπεριλαμβάνοντας και τον μηχανισμό ανύψωσης.

Φορτία που δημιουργούνται από επιταχύνσεις ή επιβραδύνσεις, οι οποίες προκαλούνται από τον μηχανισμό κίνησης μπορούν να υπολογιστούν με την χρήση μοντέλων που βασίζονται στην κινηματική ανάλυση στερεού σώματος, τα οποία λαμβάνουν υπόψη τους τις ιδιότητες των υλικών, την κατανομή της μάζας της ανυψωτικής λειτουργίας, και όπου αυτό είναι δυνατόν να δίνουν αποτελέσματα για τις εσωτερικές απώλειες λόγω τριβής. Για αυτό τον λόγο, το μεικτό φορτίο λαμβάνεται στην κορυφή του ιστού του γερανού ή κάτω από το βαρούλκο. Μια ανάλυση στερεού σώματος δεν αντικατοπτρίζει άμεσα ελαστικές επιδράσεις. Για να γίνει αυτό, οι αλλαγές στην δύναμη κίνησης ($\&F$), οι οποίες δημιουργείται από επιταχύνσεις ή επιβραδύνσεις, μπορούν να πολλαπλασιαστούν από έναν συντελεστή ϕ_5 και να προστεθούν αλγεβρικά στις δυνάμεις που υπήρχαν προτού την επιτάχυνση ή την επιβράδυνση. Αυτή η ενισχυμένη δύναμη εφαρμόζεται μετά στις συνιστώσες που εμφανίζονται στο σύστημα κίνησης και όπου αυτό είναι δυνατόν στην συσκευή και στο μεικτό φορτίο επίσης. (Βλ. Εικόνα 1.1.13) Το εύρος των τιμών του συντελεστή ϕ_5 είναι $1 \leq \phi_5 \leq 2$. Η τιμή που χρησιμοποιείται εξαρτάται από τον βαθμό αλλαγής της ταχύτητας στο σύστημα κίνησης ή την δύναμη κατά το φρενάρισμα και την κατανομή της μάζας καθώς και την ελαστική συμπεριφορά του συστήματος. Γενικά, οι χαμηλές τιμές είναι αντιπροσωπευτικές σε συστήματα όπου οι δυνάμεις μεταβάλλονται ομαλά και οι υψηλές τιμές σε εκείνα τα συστήματα όπου εμφανίζονται παρουσιάζουν απότομες αλλαγές.

Σε φυγοκεντρικές δυνάμεις, ο συντελεστής μπορεί να λαμβάνεται ίσος με την μονάδα. Όταν μια δύναμη μπορεί να μεταδίδεται σε ένα σύστημα, να περιορίζεται από τις τριβές ή από την φύση του μηχανισμού κίνησης, θα πρέπει να χρησιμοποιείται η περιορισμένη αυτή δύναμη και ένας κατάλληλος συντελεστής ϕ_5 .



Εικόνα 1.13. Συντελεστής ϕ_5 .

Φορτία που προκαλούνται λόγω μετατοπίσεων.

Θα πρέπει να γίνονται υπολογισμοί για τα φορτία που αυξάνονται λόγω των μετατοπίσεων συμπεριλαμβάνοντας και αυτά που προκύπτουν κατά τον σχεδιασμό όπως είναι από προεντάσεις και αυτά που είναι ικανά να προκαλέσουν στρεβλώσεις .

Άλλα φορτία που θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη είναι εκείνα τα οποία μπορούν να δημιουργηθούν από αύξηση των μετατοπίσεων , που πρέπει να είναι σε περιορισμένες οριακές τιμές όπως είναι στις μεταβολές των φορτίων ανάμεσα των σιδηροτροχιών και στις στηρίξεις .

Τυχαία φορτία.

Φορτία ανέμου στην κατάσταση λειτουργίας.

Τα φορτία ανέμου στην κατάσταση λειτουργίας θα πρέπει να υπολογίζονται σύμφωνα με το διεθνές πρότυπο ISO 4302 .

Φορτία χιονιού και πάγου.

Όπου είναι αναγκαίο τα φορτία χιονιού και πάγου πρέπει να λαμβάνονται υπόψη. Θα πρέπει να μελετάται η επιφάνεια που εκτίθεται στα φορτία αυτά και αυξάνεται με την επίδραση του ανέμου.

Φορτία που προκαλούνται από μεταβολές της θερμοκρασίας.

Φορτία που προκαλούνται από την συστολή ή την διαστολή εξαρτημάτων της κατασκευής λόγω της μεταβολής στην θερμοκρασία θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη στον σχεδιασμό.

Φορτία που δημιουργούνται από στρεβλώσεις.

Αυτή η παράγραφος ασχολείται με τα φορτία που δημιουργούνται από τις στρεβλώσεις , οι οποίες εμφανίζονται στους οδηγούς (όπως είναι οι τροχίσκοι και οι φλάντζες των τροχών) σε συσκευές ανύψωσης που είναι εφοδιασμένες με τροχούς , για την κίνηση ή την μεταφορά με σταθερή κατάσταση λειτουργίας . Αυτά τα φορτία προκαλούνται από αντιδράσεις των μέσων οδήγησης τα οποία αναγκάζουν τους τροχούς να αποκλίνουν από την κανονική τους διεύθυνση . Όμοια φορτία προκαλούνται και από επιταχύνσεις οι οποίες δρουν σε αδρανειακές μάζες και μπορούν επίσης να προκαλέσουν

στρεβλώσεις στην συσκευή ανύψωσης .

Τα φορτία από στρεβλώσεις όπως ορίζονται από τα παραπάνω συνήθως λαμβάνονται ως τυχαία φορτία , όμως η συχνότητα εμφάνισης τους ποικίλει ανάλογα με την διαμόρφωση και την συντήρηση της συσκευής . Σε μεμονωμένες περιπτώσεις η συχνότητα αυτή μπορεί να καθορίσει εάν έχουν ληφθεί τα φορτία ως τυχαία φορτία ή κανονικά φορτία . Για την εκτίμηση του μέτρου των φορτίων στρέβλωσης και την κατηγορία στην οποία ανήκουν δίνονται πληροφορίες στα ξεχωριστά μέρη του ISO 8686 , που αφορούν ξεχωριστές μορφές ανύψωσης.

Κατ'εξαιρέση φορτία.

Φορτία ανέμου εκτός κατάστασης λειτουργίας.

Όταν μελετάμε φορτία εκτός κατάσταση λειτουργίας , οι δυνάμεις βαρύτητας στο τμήμα της μάζας nm για το οποίο το σύστημα ανύψωσης παραμένει σε αναστολή , θα πρέπει να υπολογίζεται από την παρακάτω σχέση :

$$nm = m - \Delta m$$

Όπου

$m - \Delta m$ είναι το τμήμα του μεικτού βάρους το οποίο παραμένει σε αναστολή
 m είναι η μάζα του μεικτού βάρους .

Φορτία ελέγχου.

Οι τιμές των φορτίων σε συνθήκες ελέγχου θα λαμβάνονται σύμφωνα με το διεθνές πρότυπο ISO 4310 . Τα φορτία των δυναμικών και στατικών ελέγχων απαιτούνται να είναι στο ελάχιστο από αυτά που δίνονται από το διεθνές πρότυπο ISO 4310 , οι υπολογισμοί για την αντοχή των ελέγχων αυτών μπορεί να κριθεί απαραίτητη. Σε αυτήν την περίπτωση το δυναμικό φορτίο που προκύπτει από τις δοκιμές θα πρέπει να πολλαπλασιαστεί από έναν συντελεστή $\phi 6$.

Φορτία κλίσης.

Εάν η συσκευή ανύψωσης με περιορισμό στην οριζόντια διεύθυνση του φορτίου γέρνει όταν το φορτίο ή το εξάρτημα της ανύψωσης συγκρούεται με ένα εμπόδιο , οι δυναμικές φορτίσεις που προκύπτουν θα πρέπει να καθοριστούν . Εάν μια συσκευή που γέρνει μπορεί να επανέλθει στην αρχική της κατάσταση χωρίς έλεγχο , οι συνέπειες της σύγκρουσης στην κατασκευή στήριξης θα πρέπει να ληφθούν σοβαρά υπόψη .

Φόρτια από διακοπή της λειτουργίας λόγω κινδύνου.

Τα φορτία που προκαλούνται από διακοπή της λειτουργίας λόγω κινδύνου θα πρέπει να εκτιμώνται , και να λαμβάνονται στις πιο ανεπιθύμητες καταστάσεις για τον μηχανισμό κίνησης (π.χ. δυσμενής συνδυασμός επιταχύνσεων και φορτίσεων) και κατά την διάρκεια της διακοπής . Η επιλογή του συντελεστή $\phi 5$ θα είναι ανάμεσα στα όρια $\phi 5 1,5 \leq \phi 5 \leq 2$.

Φορτία που προκαλούνται από θραύση του μηχανισμού κίνησης ή από τα μηχανικά στοιχεία του.

Όπου παρέχεται ασφάλεια με φρένα έκτακτης ανάγκης αντί για φρένα ασφάλειας , αστοχία και ενεργοποίηση της πέδησης έκτακτης ανάγκης θα

λαμβάνονται στις πιο δυσμενής συνθήκες φόρτισης. Όπου υπάρχουν δυο συστήματα μηχανισμών για λόγους ασφαλείας, υποθέτουμε πως η αστοχία θα εμφανιστεί σε κάθε τμήμα των δύο συστημάτων.

Και στις δύο περιπτώσεις, τα φορτία που προκύπτουν θα εκτιμώνται λαμβάνοντας υπόψη πιθανές συγκρούσεις κατά την μεταφορά των δυνάμεων.

Φορτία που προκαλούνται από διέγερση της θεμελίωσης της ανυψωτικής συσκευής.

Παραδείγματα τέτοιων φαινομένων αποτελούν οι σεισμοί ή ταλαντώσεις που προκαλούνται από κύματα. Τα φορτία που προκαλούνται από τέτοιου είδους διέγερση θα λαμβάνονται υπόψη μόνο όταν αποτελούν σημαντικό κίνδυνο για την ανυψωτική συσκευή.

Ειδικά φορτία.

Φορτία που προκαλούνται κατά την συναρμολόγηση, διάλυση και μεταφορά.

Τα φορτία που ενεργούν σε κάθε στάδιο της συναρμολόγησης και της διάλυσης του γερανού θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη, συμπεριλαμβάνοντας και εκείνα τα φορτία που εμφανίζονται για ταχύτητες ανέμου μεγαλύτερες από 8,3 m/s. Σε κάποιες περιπτώσεις μπορεί να χρειαστεί να συμπεριλάβουμε και τα φορτία που εμφανίζονται κατά την μεταφορά.

Φορτία σε πλατφόρμες και σε άλλα μέσα που παρέχουν πρόσβαση.

Τα φορτία που εμφανίζονται σε αυτήν κατηγορία θεωρούνται τοπικά, που δρουν στις εγκαταστάσεις και στα στοιχεία στήριξης τους.

Θα πρέπει να γίνετε έλεγχος στα παρακάτω φορτία:

- 3000N για τα υλικά που τοποθετούνται σε πλατφόρμες
- 1500N για τα μέσα πρόσβασης
- και όχι λιγότερο από 300 N για οριζόντια κίνηση σε σιδηροτροχιές, ανάλογα με την τοποθεσία και την χρήση.

Συνδυασμός φορτίων.

Τα φορτία που εμφανίζονται σε έναν γερανό θα συνδυαστούν για καθορίσουν τις τάσεις κατά την διάρκεια της κανονικής λειτουργίας σύμφωνα με τους υπολογισμούς στην ελαστική και στατική συμπεριφορά του.

1) Η κατασκευή θα λαμβάνεται στην πιο δυσμενή της κατάσταση και διαμόρφωση, ενώ τα φορτία θεωρούμε πως ενεργούν κατά μέτρο, θέση και διεύθυνση προκαλώντας τις πιο δυσμενής τάσεις σε κρίσιμα σημεία της κατασκευής που επιλέγονται για την εκτίμηση της μηχανολογικής μελέτης.

2) Τα φορτία μπορούν να συνδυαστούν με τις τιμές που ορίζονται σε αυτή την παράγραφο, ή όταν αυτό είναι δυνατόν να συνδυαστούν με κάποια φορτία τα οποία θα μπορούν να προσεγγίζουν σε καλό βαθμό τις συνθήκες φόρτισης που ισχύουν στην πραγματικότητα.

Οι συνδυασμοί φορτίων για ξεχωριστά είδη ανύψωσης θα συνδυάζονται με τις προδιαγραφές που ορίζονται και παρουσιάζονται στον παρακάτω Πίνακα 2. Να σημειώσουμε εδώ πως για κάθε από τις 4 κατηγορίες γεραμών ο παρακάτω πίνακας είναι σχεδιασμένος και για τις δύο μεθόδους υπολογισμού φορτίων και

για την Μέθοδο της επιτρεπόμενης τάσης (ASD) καθώς για την Μέθοδο της οριακής τάσης (ULS) .

Πίνακας 2-Φορτία και συνδυασμός φορτίων

| 1 | 2 | | 3 | | | | 4 | | | | | 5 | | | | | | 6 | | | | | | | | | |
|--------------------|--|---|--|------------------------------|------------------|-----------------|----------------------|------------------|------------------|------------------|-----------------|----------------------|----------------|-------------------|------------------|------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|--------|-----------------|----|---|
| | | | Συνδυασμός φορτίων Α | | | | Συνδυασμός φορτίων Β | | | | | Συνδυασμός φορτίων C | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | Υ _ρ | A ₁ | A ₂ | A ₃ | A ₄ | Υ _β | B ₁ | B ₂ | B ₃ | B ₄ | B ₅ | Υ _ρ | C ₁ | C ₂ | C ₃ | | C ₄ | C ₅ | C ₆ | C ₇ | C ₈ | γραμμή | | | |
| Κατηγορίες φορτίων | Φορτία F | | | Υ _{ρA1} | Φ ₁ | Φ ₁ | 1 | - | Υ _{βB1} | Φ ₁ | Φ ₁ | 1 | - | - | Υ _{ρC1} | Φ ₁ | 1 | Φ ₁ | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | |
| | | Βαρύτητα επιταχύνσεις συγκρούσεις | 1) Μάζα της ανυψωτικής κατασκευής | Υ _{ρA1} | Φ ₁ | Φ ₁ | 1 | - | Υ _{βB1} | Φ ₁ | Φ ₁ | 1 | - | - | Υ _{ρC1} | Φ ₁ | 1 | Φ ₁ | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | | | 2) Μάζα του μεικτού βάρους | Υ _{ρA2} | Φ ₂ | Φ ₂ | - | - | Υ _{βB2} | Φ ₂ | Φ ₂ | - | - | - | Υ _{ρC2} | Φ ₂ | 1 | - | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | | | 3) Μάζες της ανυψωτικής συσκευής και φορτίο ανύψωσης, με κίνηση πάνω σε ανομοιομορφη επιφάνεια | Υ _{ρA3} | - | - | - | Φ ₄ | Υ _{βB3} | - | - | - | Φ ₄ | Φ ₄ | Υ _{ρC3} | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | | Επιταχύνσεις από τον μηχανισμό κίνησης | 4) Μάζες της ανυψωτικής συσκευής και μεικτό βάρος | α) Με ανυψωτικό μηχανισμό | Υ _{ρA4} | Φ ₅ | Φ ₅ | - | - | Υ _{βB4} | Φ ₅ | Φ ₅ | - | - | - | Υ _{ρC4} | - | - | Φ ₅ | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | | | | β) Χωρίς ανυψωτικό μηχανισμό | | - | - | Φ ₅ | Φ ₅ | | - | - | Φ ₅ | Φ ₅ | - | | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Μετατοπίσεις | | Υ _{ρA5} | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | Υ _{βB5} | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | Υ _{ρC5} | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | |
| Τυχαία φορτία | Κλιματικές συνθήκες | 1) Φορτία ανέμου σε κατάσταση λειτουργίας | | | | | | Υ _{βB6} | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | Υ _{ρC6} | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | | |
| | | 2) Φορτία χιονού και πάγου | | | | | | Υ _{βB7} | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | Υ _{ρC7} | - | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | | |
| | | 3) Μεταβολές της θερμοκρασίας | | | | | | Υ _{βB8} | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | Υ _{ρC8} | - | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | | |
| | Στρεβλώσεις | | | | | | | Υ _{βB9} | - | - | - | - | 1 | Υ _{ρC9} | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | | |
| Κατ'εξοχή φορτία | 1) Ανύψωση ελεύθερου βάρους από το έδαφος | | | | | | | | | | | | | Υ _{ρC10} | Φ ₂ | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | | |
| | 2) Φορτία ανέμου εκτός κατάσταση λειτουργίας | | | | | | | | | | | | | Υ _{ρC11} | - | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | | |
| | 3) Φορτία ελέγχου | | | | | | | | | | | | | Υ _{ρC12} | - | - | Φ ₅ | - | - | - | - | - | - | - | - | | |
| | 4) Δυνάμεις πρόσκρουσης | | | | | | | | | | | | | Υ _{ρC13} | - | - | - | Φ ₇ | - | - | - | - | - | - | - | | |
| | 5) Δυνάμεις κλίσης | | | | | | | | | | | | | Υ _{ρC14} | - | - | - | - | 1 | - | - | - | - | - | - | | |
| | 6) Φορτία έκτακτης διακοπής λόγω κινδύνου | | | | | | | | | | | | | Υ _{ρC15} | - | - | - | - | - | Φ ₅ | - | - | - | - | - | | |
| | 7) Λόγω αστοχίας του μηχανισμού κίνησης | | | | | | | | | | | | | Υ _{ρC16} | - | - | - | - | - | - | Φ ₅ | - | - | - | - | | |
| | 8) Φορτία λόγω διέγερσης της ανυψωτικής συσκευής | | | | | | | | | | | | | Υ _{ρC17} | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 1 | | |
| | Συντελεστής αυτοχής | | | | | Υ _{βA} | | | | | Υ _{βB} | | | | | | | | | | | | | | Υ _{βC} | 19 | |

Συνδυασμοί φορτίων.

A1 και B1 : Ανυψωτικές εφαρμογές κάτω από κανονικές συνθήκες λειτουργίας , φορτία ανύψωσης και τοποθέτησης , χωρίς φορτία ανέμου σε κατάσταση λειτουργίας και άλλων κλιματικών επιδράσεων (A1) και με φορτία ανέμου σε κατάσταση λειτουργίας και άλλες κλιματικές επιδράσεις (B1) .

Γενικά ανύψωση , μεταφορά και κίνηση γερανού προς την κατεύθυνση του ανέμου και περιστροφή είναι πιθανό να εμφανιστούν ταυτόχρονα. 6s αποτέλεσμα τα φορτία που προκύπτουν από αυτές τις κινήσεις θα συνδυάζονται έτσι ώστε να αντιπροσωπεύουν συγκεκριμένες καταστάσεις λειτουργίας του γερανού .

A2 και B2 : Ανυψωτικές εφαρμογές κάτω από κανονικές συνθήκες λειτουργίας, με αιφνίδια απελευθέρωση τμήματος του φορτίου ανύψωσης , χωρίς φορτία ανέμου σε κατάσταση λειτουργίας και άλλες κλιματικές επιδράσεις (A2) , και με φορτία ανέμου σε κατάσταση λειτουργίας και άλλες κλιματικές επιδράσεις (B2) .

Οι δυνάμεις κίνησης θα συνδυάζονται όπως και στον συνδυασμό A1 και B1 .

A3 και B3 : Ανυψωτικές εφαρμογές κάτω από κανονικές συνθήκες λειτουργίας, επιταχύνοντας το φορτίο που βρίσκεται σε αναστολή , χωρίς φορτία ανέμου σε κατάσταση λειτουργίας και άλλες κλιματικές επιδράσεις(A3) , και με φορτία ανέμου σε κατάσταση λειτουργίας και άλλες κλιματικές επιδράσεις (B3) .

Διάφορες δυνάμεις κίνησης θα συνδυάζονται όπως και στον συνδυασμό A1 και B1 .

A4 και B4 : Ανυψωτικές εφαρμογές κάτω από κανονικές συνθήκες λειτουργίας, κίνηση πάνω σε ανομοιόμορφη επιφάνεια ή τροχιά , χωρίς φορτία ανέμου σε κατάσταση λειτουργίας και άλλες κλιματικές επιδράσεις (A4) , και με φορτία ανέμου σε κατάσταση λειτουργίας και άλλες κλιματικές επιδράσεις (B4) .

Οι δυνάμεις κίνησης θα συνδυάζονται όπως και στον συνδυασμό A1 και B1 .

B5 : Ανυψωτικές εφαρμογές κάτω από κανονικές συνθήκες λειτουργίας, κίνηση με σταθερή ταχύτητα πάνω σε ανομοιόμορφη επιφάνεια με κλίση, με φορτία ανέμου σε κατάσταση λειτουργίας και άλλες κλιματικές επιδράσεις .

C1 : Ανυψωτικές εφαρμογές σε κατάσταση λειτουργίας για την ανύψωση φορτίου που εδράζεται στο έδαφος με την εξαίρεση της εφαρμογής του συντελεστή φ_2 .

C2 : Ανυψωτικές εφαρμογές εκτός κατάστασης λειτουργίας συμπεριλαμβάνοντας , φορτία ανέμου εκτός κατάστασης λειτουργίας και άλλες κλιματικές επιδράσεις.

C3 : Ανυψωτικές εφαρμογές κάτω από συνθήκες ελέγχου .

Οι δυνάμεις κίνησης θα συνδυάζονται όπως και στον συνδυασμό A1 και B1 .

C4 έως και C8 : Ανυψωτικές εφαρμογές με μεικτό φορτίο σε συνδυασμό με φορτία όπως είναι , οι δυνάμεις πρόσκρουσης (C4) , δυνάμεις κλίσης (C5), έκτακτης διακοπής της λειτουργίας (C6), αστοχίας του μηχανισμού κίνησης (C7), και φορτία λόγω διέγερσης της θεμελίωσης της κατασκευής (C8).

Ειδικές εφαρμογές φορτίων.

Γενικά ο συνδυασμός **A** περιλαμβάνει τα κανονικά φορτία , ο συνδυασμός **B** περιλαμβάνει κανονικά φορτία τα οποία συνδυάζονται με τυχαία φορτία , και τέλος ο συνδυασμός **C** περιλαμβάνει κανονικά φορτία που συνδυάζονται με κατ'εξάιρεση φορτία και ειδικά φορτία. Εκτός όμως από τα παραπάνω είναι πιθανόν να λαμβάνονται υπόψη περισσότερα φορτία όπως γίνεται στις εξής περιπτώσεις :

- Κατά το στάδιο συναρμολόγησης ,ανέγερσης και αποσυναρμολόγησης του γερανού
- Κατά τις την εμφάνιση μετατοπίσεων λόγω ελαστικής συμπεριφοράς του γερανού ή φορέα του
- Κατά την απόδειξη της φέρουσας ικανότητας του γερανού για αντοχή σε κόπωση
- Και για ανυψωτικές εφαρμογές για μεγάλο βαθμό επικινδυνότητας

Συναρμολόγηση -Ανέγερση-Αποσυναρμολόγηση.

Κάθε στάδιο της συναρμολόγησης ανέγερσης και της αποσυναρμολόγησης του θα πρέπει να μελετάται , λαμβάνοντας υπόψη το κατάλληλο φορτίο και τον συνδυασμό φορτίων , που θα καθορίζονται για κάθε είδους γερανό. Ο υπολογισμός της αντοχής θα γίνεται σε κάθε περίπτωση για κάθε σημαντικό φορτίο σε κάθε στοιχείο ή φορέα της κατασκευής .Σε μερικές περιπτώσεις μπορεί να κριθεί απαραίτητο να συμπεριλάβουμε φορτία που εμφανίζονται κατά την διαδικασία της μεταφοράς.

Μετατοπίσεις λόγω ελαστικής συμπεριφοράς.

Σε μερικές περιπτώσεις , οι μετατοπίσεις καθιστούν την εφαρμογή ακατάλληλη να εκτελέσει τις λειτουργίες της , και μπορούν να επιδράσουν στην ευστάθεια της κατασκευής , ή ακόμη να επεμβαίνουν στην σωστή λειτουργία του μηχανισμού της .

Σε αυτές περιπτώσεις θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η εμφάνιση των μετατοπίσεων στους υπολογισμούς της αντοχής και όπου είναι δυνατόν οι μετρούμενες μετατοπίσεις θα πρέπει να συγκρίνονται με τα επιτρεπόμενα όρια.

Αντοχή σε κόπωση.

Όπου είναι απαραίτητο θα πρέπει να γίνεται έλεγχος στην κατασκευή για αντοχή σε κόπωση και θα διεξάγεται πάντα σύμφωνα με τις προδιαγραφές. Γενικά , οι συνδυασμοί φορτίων $A1$, $A2$, $A3$ και $A4$ (Κανονικά φορτία) θα πρέπει να συμπεριλαμβάνονται στον έλεγχο .

Σε μερικές περιπτώσει μπορεί να κριθεί απαραίτητο να συμπεριλάβουμε τυχαία φορτία όπως είναι τα φορτία ανέμου σε κατάσταση λειτουργίας , ειδικά φορτία όπως τα φορτία ελέγχου και φορτία που προκαλούν διέγερση στην θεμελίωση της κατασκευής(π.χ σεισμός) .

Εφαρμογές με μεγάλο βαθμό επικινδυνότητας.

Σε κάποιες περιπτώσεις όπου εμφανίζεται αστοχία λόγω ανθρώπινης παρέμβασης ή διάφορων οικονομικών επιπτώσεων, θα πρέπει να αυξηθεί η επάρκεια της κατασκευής με την χρήση του συντελεστή κινδύνου $1 < n < \gamma >$, η τιμή του θα εκλέγεται σύμφωνα με τις απαιτήσεις της συγκεκριμένης κατασκευής.

Με την χρήση της μεθόδου της επιτρεπόμενης τάσης, οι τάσεις θα διαιρούνται από τον συντελεστή $n < \gamma >$. Ενώ με την μέθοδο της οριακής κατάστασης, τα φορτία θα πρέπει να πολλαπλασιάζονται από τον συντελεστή ρίσκου $n < \gamma >$.

1.5 Κίνηση των Ανυψωτικών Μηχανών.

Τα διάφορα είδη των μηχανικών κινήσεων έχουν πλεονεκτήματα και πρέπει να επιλέγονται ανάλογα με τις χαρακτηριστικές ιδιότητες κάθε ανυψωτικής μηχανής. Για να καθορισθεί ο τρόπος κινήσεως μιας ανυψωτικής μηχανής και να προβλεφθούν τα μειονεκτήματα ή πλεονεκτήματα κάθε συστήματος κινήσεως, πρέπει να είναι γνωστά τα χαρακτηριστικά κάθε ανυψωτικής μηχανής από την άποψη της λειτουργίας της, τα οποία είναι τα εξής:

Διακεκομμένη λειτουργία: τέτοια λειτουργία έχουν οι περισσότερες ανυψωτικές μηχανές. Οι χρόνοι συζεύξεως, διαδέχονται τους χρόνους ηρεμίας. Γίνονται συχνές εκκινήσεις και πρέπει η εγκατάσταση σε ελάχιστο χρονικό διάστημα να είναι έτοιμη για λειτουργία και επιπλέον οι μεγάλες αντιστάσεις εκκινήσεως να υπερνικούνται γρήγορα και με ασφάλεια. Για την αντίσταση διαρκούς λειτουργίας αρκεί μία σημαντικά μικρότερη ισχύς. Εάν η κινητήρια μηχανή υπολογισθεί με την αντίσταση εκκινήσεως η ισχύς της θα είναι υπερβολική για την κανονική λειτουργία. Καλύτερα και οικονομικότερα είναι να γίνει δεκτή ορισμένη υπερφόρτιση μόνο για τον μικρό χρόνο της εκκίνησης.

Ταχεία, διαρκής μεταβολή της φορτίσεως. Σε ένα γερανό με αρπάγη, εφόσον ανυψώνεται πάντα το ίδιο υλικό η φόρτιση αυτού πρέπει να υπολογισθεί περίπου ομοιόμορφα. Όμοιες συνθήκες επικρατούν και στους γερανούς με μαγνητικές ανατροπές βαγονέτων. Σε γερανογέφυρες εργοστασίων και κυρίως σε εγκαταστάσεις για μεταφορά μονωμένων τεμαχίων, η φόρτιση είναι εξαιρετικά διάφορη. Εκτός αυτού μετά την ανύψωση με φορτίο ακολουθεί ανύψωση χωρίς φορτίο. Είναι ευνόητο ότι τα μικρά φορτία π.χ. το κενό άγκιστρο μπορεί να ανυψώνεται με μεγαλύτερη ταχύτητα του πλήρους φορτίου, εάν θέλουμε η προς διάθεση ισχύς να χρησιμοποιείται κατά το δυνατό καλύτερο. Για αυτό καλύτερη κινητήρια δύναμη πρέπει να θεωρείται εκείνη, της οποίας οι στροφές (κατά το δυνατό αυτόματα) μεταβάλλονται σε αντίστροφο λόγο ως προς το φορτίο.

Ταχεία διαρκής μεταβολή της φοράς περιστροφής. Γενικά μετά την άνοδο ακολουθεί κάθοδος, μετά την εμπροσθοπορεία οπισθοπορεία κ.λ.π. είναι για αυτό σημαντικό η αλλαγή αυτή πορείας να γίνεται γρήγορα και με απλό τρόπο. Σε ορισμένες περιπτώσεις πρέπει να υπάρχει και λεπτότερη ρύθμιση για εξίσωση διαφόρων υψών π.χ. τα κιβώτια χυτηρίου πρέπει να

κινούνται με την απαιτούμενη προσοχή ώστε να προσαρμόζονται στην κατάλληλη θέση.

Εκκίνηση με φορτίο. Όταν το φορτίο αναρτάται από το καλώδιο και ο γερανός τεθεί σε λειτουργία, η εκκίνηση γίνεται με πλήρες φορτίο. Όμοια εάν γερανός φορτισμένος κινηθεί μπροστά η πίσω η εκκίνηση γίνεται με πλήρες φορτίο. Τους παραπάνω αναφερόμενους όρους λειτουργίας των ανυψωτικών μηχανών καλύτερα ο ηλεκτροκινητήρας. Για αυτό και προτιμάται σαν το συνηθέστερο μέσο κινήσεως των Ανυψωτικών Μηχανών. Στην περίπτωση αυτή η κίνηση πρέπει να γίνεται κατά τρόπο που να επιτρέπει τη μεταβολή στροφών, κατά προτίμηση αυτόματα και κατ'αντίστροφο λόγο προς το μέγεθος του φορτίου.

Η κίνηση των ανυψωτικών μηχανών γίνεται κατά τους εξής τρόπους:

1. Κίνηση Δια Χειρός.
2. Κίνηση Με Ατμό.
3. Κίνηση Με Μηχανή Εσωτερικής Καύσης (ΜΕΚ).
4. Κίνηση Με Πεπιεσμένο Αέρα.
5. Κίνηση Με Πεπιεσμένο Νερό.
6. Κίνηση Με Ηλεκτροκινητήρες.

1) Κίνηση δια Χειρός (Λειτουργία χειροκίνητη).

Για να επιτευχθεί ισχύς 1HP με χειροκίνητη κίνηση απαιτούνται 4-5 άτομα. Για αυτό το λόγο περιορίζεται το είδος αυτό της κίνησης σε πολύ μικρές ισχύς.

Αυτή χρησιμοποιείται σε τροχαλίες, πολύσπαστα, βαρούλκα, ατέρμονες κοχλίες, υδραυλικά πιεστήρια, ανελκυστήρες και γερανούς που δεν χρησιμοποιούνται συχνά.

Η δύναμη του ανθρώπου ενεργεί:

- Ως δύναμη έλξεως στην άκρη καλωδίου ή αλυσίδας. Στην περίπτωση αυτή ασκείται δύναμη 12 ως 15 kp με μέση ταχύτητα 0,3 ως 0,4 m/sec και σε εξαιρετικές περιπτώσεις για σύντομη λειτουργία 30 ως 40 kp.
- Ως δύναμη στρέψεως στην άκρη στροφάλου ή απλού μοχλού. Ο άνθρωπος τότε ασκεί δύναμη 10 ως 15 kp με ταχύτητα 20 ως 30 rpm για συνεχή λειτουργία ή δύναμη 20 kp για σύντομη λειτουργία.

Πλεονεκτήματα: Οικονομία, απλότητα και αθόρυβη λειτουργία .

Μειονεκτήματα: Η ταχύτητα είναι πολύ μικρή και για μακρά και συνεχή εργασία επέρχεται καταπόνηση του ανθρώπου, ενώ ο χειρισμός από περισσότερους εργάτες συγχρόνως δεν είναι εύκολος. Για το λόγο αυτό η δύναμη αυτή χρησιμοποιείται για μικρά βάρη και μέτριες ταχύτητες. Η με αποφυγή κρούσεων άνοδος και κάθοδος του βάρους είναι δυνατή μόνο από καλά εξασκημένο και προσεκτικό προσωπικό.

2) Κίνηση με ατμό (Λειτουργία μηχανική άμεση)

Σαν μέσο κινήσεως χρησιμεύει κυρίως η ατμομηχανή, είτε θέτοντας σε περιστροφή άξονα, είτε κινώντας έμβολο μέσα σε επιμήκη κύλινδρο.

Πλεονεκτήματα: Απλή κατασκευή, μικρότερη συχνότητα επισκευών έναντι ΜΕΚ, υψηλός βαθμός αποδόσεως, γιατί ενεργεί αμέσως (καλή ροπή εκκίνησης) και λειτουργεί μόνο κατά το χρόνο ανυψώσεως του βάρους. Μπορεί να εκκινήσει με πλήρες φορτίο.

Με μεταβολή του βαθμού εισροής η ατμομηχανή ανταποκρίνεται προς το βάρος που ανυψώνεται κάθε φορά. Εύκολη αλλαγή φοράς περιστροφής.

Μειονεκτήματα: Απαιτείται επιτήδειος χειρισμός από εξασκημένο προσωπικό. Έχει μεγάλο ίδιο βάρος (λέβητας, νερό, καύσιμο). Κατανάλωση καυσίμου ακόμη και στα διαλείματα.

3) Κίνηση με Μηχανή Εσωτερικής Καύσης - Μ.Ε.Κ (Λειτουργία μηχανοκίνητη έμμεση)

Πετυχαίνεται με διάταξη τροχαλιών και ιμάντων (λουριών) ή καλωδίων, τα οποία παραλαμβάνουν την κίνηση από μία Μ.Ε.Κ.

Πλεονεκτήματα: Χάρη στην ολίσθηση των ιμάντων πετυχαίνεται λειτουργία χωρίς κρούσεις. Ανεξαρτησία από κεντρικό σταθμό παραγωγής ενέργειας. Είναι δυνατές οι μικρές μετακινήσεις και η αλλαγή ταχύτητας με ενδιάμεση εγκατάσταση. Μικρό ίδιο βάρος και διαστάσεις έναντι εγκαταστάσεις ατμού.

Μειονεκτήματα: Μικρός βαθμός αποδόσεως, γιατί ορισμένοι άξονες, τροχαλίες και ιμάντες διαρκώς λειτουργούν άσκοπα. Χρησιμοποιείται μόνο, όπου η κίνηση ενός κύριου άξονα είναι αναγκαία. Μεγάλα έξοδα λειτουργίας, κατανάλωση καυσίμου ακόμη και μεταξύ των χρόνων εργασίας, μικρή δυνατότητα υπερφόρτισης, εκκίνηση με φορτίο και αντιστροφή μόνο με κιβώτιο ταχυτήτων. Ευαίσθητες μηχανές.

4) Κίνηση με πεπιεσμένο αέρα

Ο πεπιεσμένος αέρας συγκεντρώνεται σε αεροθάλαμους με πίεση 5 ως 6 At και από εκεί με σωλήνες φέρεται στους κινητήρες, οι οποίοι προκαλούν περιστροφή άξονα ή κίνηση εμβόλου.

Πλεονεκτήματα: Ευκολία μεταφοράς και διανομής της ενέργειας. Απώλειες μηδαμινές. Δεν υπάρχει φόβος ψύξεως, όπως στις μηχανές, που λειτουργούν με υδραυλική πίεση.

Μειονεκτήματα: Ανάγκη μεγάλων αεριοφυλακίων. Μικρός βαθμός αποδόσεως επειδή έχουμε μεγάλη κατανάλωση και κατά τις διακοπές. Ένεκα της χαμηλής πίεσεως του αέρα η χρήση τους είναι περιορισμένη για μικρά και μέσα βάρη.

5) Κίνηση με πεπιεσμένο νερό (Λειτουργία με υδραυλική πίεση)

Το νερό που θα χρησιμοποιηθεί ή προέρχεται από το δίκτυο της πόλεως ή παρέχεται από κεντρικές εγκαταστάσεις κινητήρων και αντλιών. Το νερό διοχετεύεται με πίεση στο έμβολο ανυψωτικής μηχανής, το οποίο κατευθείαν ή μέσω πολυσπάστων ενεργεί στο βάρος.

Πλεονεκτήματα: Απλότητα του κινητήρα διαδρομής. Με απλή επίβλεψη, ακριβής

ήρεμη και ασφαλής λειτουργία. Δεν υπάρχουν απώλειες ούτε στους αγωγούς ούτε λόγω άσκοπης λειτουργίας. Η κινητήρια μηχανή υπολογίζεται για τη μέση απόδοση και ανταποκρίνεται στις μέγιστες ανάγκες που παρουσιάζονται κάθε φορά.

Μειονεκτήματα: Η κατανάλωση του έργου ανά διαδρομή είναι η μέγιστη ανεξάρτητα από το ανυψωμένο βάρος. Η διάταξη των εγκαταστάσεων είναι δαπανηρή

και περίπλοκη. Απαιτείται προφύλαξη από την πήξη του νερού.

Το είδος αυτής της κατασκευής έχει ήδη εγκαταλειφθεί και χρησιμοποιείται μόνο σε μικρούς ανυψωτήρες. Σήμερα χρησιμοποιούνται απλοί υδραυλικοί ανυψωτικοί μηχανισμοί, όπως ο υδραυλικός γρύλος. Αντί νερού στους μικρούς μηχανισμούς χρησιμοποιείται λάδι και άλλα αντιοξειδωτικά υλικά.

Κίνηση με Ηλεκτροκινητήρες

Ο ηλεκτροκινητήρας προτιμάται έναντι των άλλων μέσων κινήσεως, διότι είναι πάντα έτοιμος να τεθεί σε λειτουργία χωρίς κατά τις παύσεις να χρειάζεται προσαγωγή ενέργειας. Εκκίνηση, ρύθμιση, αλλαγή στροφών και ρύθμιση από μακριά μπορούν να επιτευχθούν εύκολα. Βάρος και διαστάσεις είναι σχετικά μικρά, διακοπές λειτουργίας λόγω επισκευών σε ηλεκτρικές εγκαταστάσεις σπάνιες. Η κατανάλωση ρεύματος προσαρμόζεται αυτόματα προς την απαιτούμενη ισχύ. Αυτό ισχύει τόσο για το συνεχές, όσο και για το εναλλασσόμενο ρεύμα.

Πλεονεκτήματα: Ψηλός βαθμός αποδόσεως γιατί δεν υπάρχουν απώλειες από άσκοπη λειτουργία και η κατανάλωση ρεύματος από τον κινητήρα είναι σχεδόν ανάλογη προς το παραγόμενο έργο.

Με ένα απλό καλώδιο συνδέεται με το υπάρχον δίκτυο με την μικρότερη δυνατή δαπάνη.

Μειονεκτήματα: Δύσκολο να επιτευχθεί λειτουργία χωρίς κρούσεις.

Υπαρξη ηλεκτρικού δικτύου στο χώρο εργασίας.

Για την κίνηση των ανυψωτικών μηχανών χρησιμοποιείται τόσο το συνεχές ρεύμα όσο και το εναλλασσόμενο ρεύμα.

Προκειμένου για συνεχές ρεύμα προτιμώνται κινητήρες σειράς γιατί αυτοί κατά την έναρξη ανυψώσεως παρουσιάζουν μεγάλη ροπή στρέψεως που είναι αναγκαία για την εκτέλεση έργου και την επιτάχυνση των μαζών που κινούνται.

Η φορά περιστροφής αλλάζουμε αλλαγή της φοράς του ρεύματος. Απο τους Ε.Ρ χρησιμοποιούνται οι ασύγχρονοι κινητήρες των οποίων ο αριθμός στροφών ελάχιστα αποκλίνει από τον αριθμό στροφών του σύγχρονου κινητήρα που δίνεται από την σχέση:

$$n = \frac{60 * f}{p}$$

Όπου f=συχνότητα του Ε.Ρ (50Hz)

p=αριθμός πόλων

Οι κινητήρες αυτοί είναι φθηνοί και απλοί.

Προτιμάται ο ασύγχρονος κινητήρα με βραχυκυκλωμένου δρομέα.

Πετυχημένη θεωρείται επίσης και η χρησιμοποίηση κινητήρα σειράς με συλλέκτη γιατί έχει μεγάλη ροπή στρέψεως και φόρτιση που εξαρτάται από τις στρόφες το κόστος του όμως είναι μεγαλύτερο και παρουσιάζει πολλές βλάβες.

Τάσεις και Είδη Ηλεκτροκινητήρων

Οι πιο συνηθισμένες τάσεις είναι οι εξής:

Ε.Ρ. 220, 380, 500 VOLTS και 50 περιόδους

Σ.Ρ. 220 και 440 VOLTS

Τα συνηθισμένα είδη ηλεκτροκινητήρων είναι:

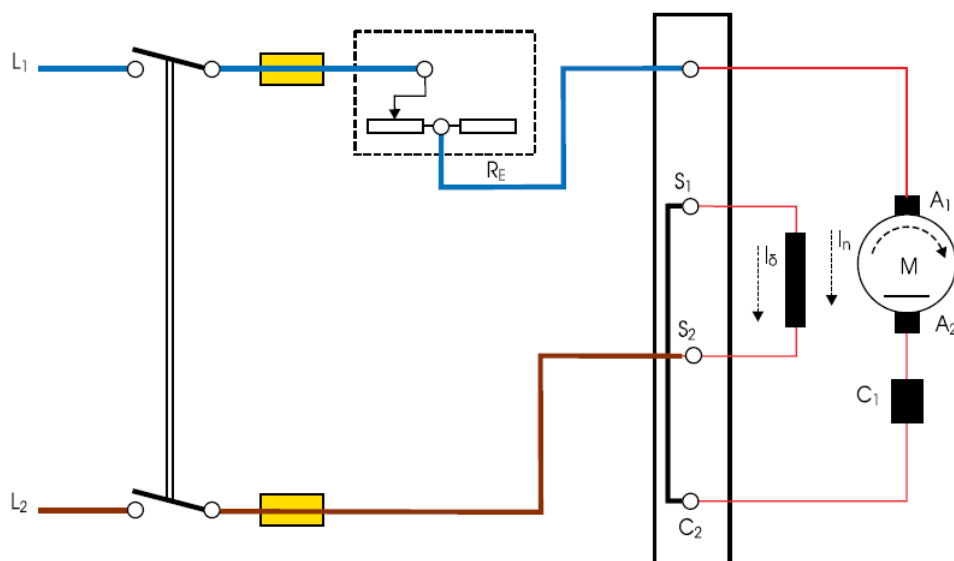
Κινητήρας Σ.Ρ. Σειράς: Ο κινητήρα αυτός θεωρείται ο καλύτερος για τους γερανούς.

Κατά την εκκίνηση τα τυλίγματα τυμπάνου και μαγνητών δέχονται ισχυρό ρεύμα και έτσι η ροπή εκκινήσεως φθάνει την τιμή 2,5 - 3 φορές την κανονική ροπή. Ο κινητήρας σειράς έχει επίσης την σπουδαία ιδιότητα οι στροφές του να εξαρτώνται από την φόρτιση αυτού. Όσο μικρότερη είναι η φόρτιση, τόσο μικρότερο είναι το από τον κινητήρα παραλαμβανόμενο ρεύμα, η διέγερση των μαγνητών ασθενέστερη και η αναπτυσσόμενη στο τύλιγμα του τυμπάνου τάση μικρότερη, άρα οι στροφές περισσότερες.

Κατά την εκκίνηση συμβαίνουν τα εξής:

Όταν το τύμπανο παραμένει ακόμα ακίνητο η επαγωγικά αναπτυσσόμενη τάση στο τύλιγμα του τυμπάνου είναι μηδενική, ώστε το παραλαμβανόμενο ρεύμα θα ήταν πραγματικά τόσο μεγάλο, ώστε θα έκαψε τα τυλίγματα. Για τον λόγο αυτό προτάσσεται ρυθμιζόμενη αντίσταση εκκινήσεως η οποία βαθμιαία αποζευγνύεται με αυξανόμενο αριθμό στροφών και αυξανόμενη τάση και τέλος βραχυκυκλώνεται. Στους γερανούς ο κινητήρας κατασκευάζεται κυκλικός και χρησιμεύει ταυτόχρονα και για την αλλαγή της φοράς περιστροφής.

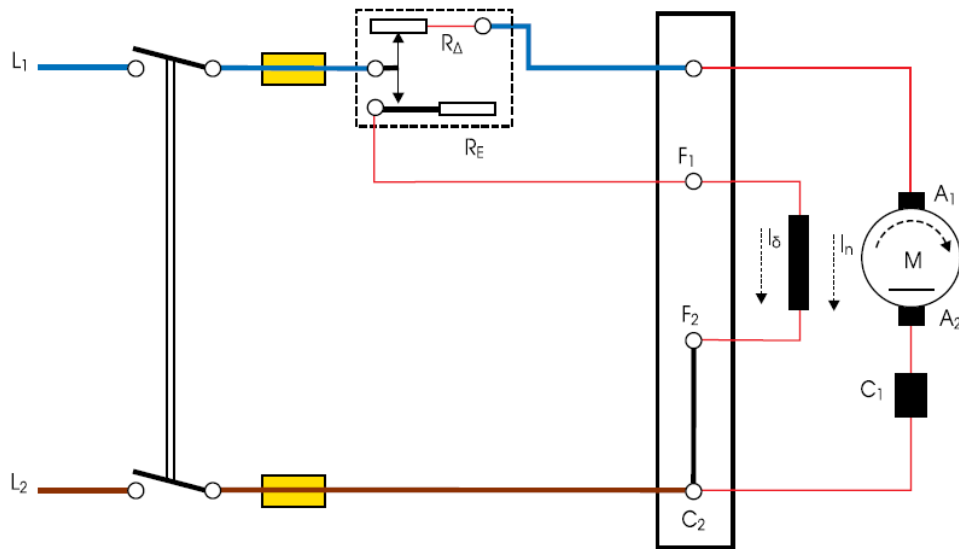
Στον κινητήρα Σ.Ρ. σειράς (Σχήμα 1.14) η αντιστροφή μπορεί να γίνει και με αλλαγή του ρεύματος του τυμπάνου.



Σχήμα 1.14

Κινητήρας Σ.Ρ. Διακλαδώσεως (Σχήμα 1.15) :

Η ροπή εκκινήσεως του κινητήρα είναι όμοια καλή, αλλά μικρότερη της αντίστοιχης ροπής του κινητήρα σειράς. Οι στροφές είναι ανεξάρτητες από την φόρτιση και περίπου σταθερές. Χρησιμοποιείται περισσότερο σε ανελκυστήρες, όπου οι φορτίσεις είναι μερικές φορές πολύ μικρές.



Σχήμα 1.15

Ασύγχρονοι Κινητήρες Ε.Ρ.:

Ο κινητήρας Ε.Ρ. έχει σήμερα την μεγαλύτερη χρήση, σαν κινητήρα γερανού, διότι είναι ο φθηνότερος και απλούστερος. Συντήρηση και εξυπηρέτηση είναι απλούστερες και οι βλάβες στους δακτυλίους ολισθήσεως σπανιότερες από τις βλάβες του συλλέκτη του κινητήρα Σ.Ρ. Για αυτό και ο κινητήρας σειράς Σ.Ρ. συνεχώς εκτοπίζεται.

Εάν ο κινητήρας με την ενέργεια του πίπτοντος βάρους παρασυρθεί σε στροφές υπερσύγχρονες, τότε ενεργεί σαν γεννήτρια. Μπορεί έτσι να χρησιμοποιηθεί για πέδηση, επιστρέφοντας την ενέργεια στο δίκτυο. Με τον τρόπο αυτό η μηχανική πέδη πραγματικά εκφορτίζεται και σε μερικές περιπτώσεις δεν είναι και απαραίτητη.

Ασύγχρονοι Κινητήρες με Βραχυκυκλωμένο Δρομέα (Σχήμα 1.16).

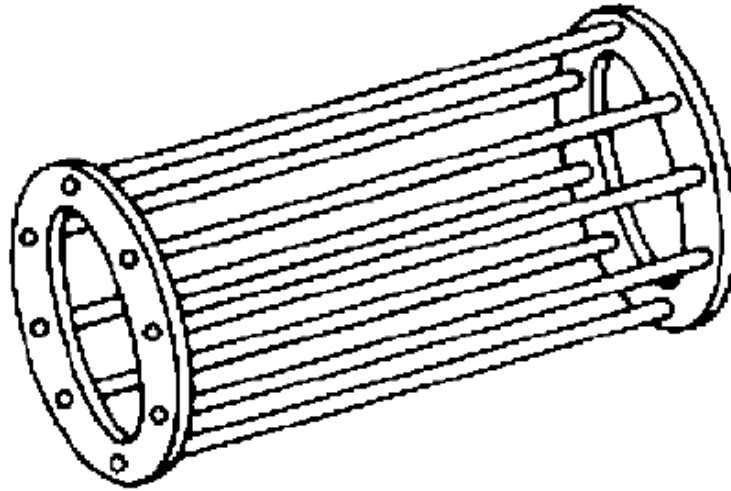
Στον στάτη δημιουργείται περιστρεφόμενο μαγνητικό πεδίο.

Στον δρομέα το τύλιγμα αποτελείται από ράβδους αλουμινίου ή ορείχαλκου οι οποίες τοποθετούνται σε επίμηκες αύλακες του δρομέα, συνδεδεμένες κατά τις μετωπικές επιφάνειες αυτών, με δακτυλίους χαλκού σε είδος κλωβού. Η παραλαβή ρεύματος προσαρμόζεται με την φόρτιση. Η ολίσθηση είναι ακόμα και με πλήρες φορτίο σχετικά μικρή. Εξαιτίας αυτού ο αριθμός στροφών για όλες τις φορτίσεις παραμένει σχεδόν σταθερός. Ο βραχυκυκλωμένος δρομέας έχει εξαιρετικά απλή κατασκευή και για αυτό και μεγάλη ασφάλεια λειτουργίας.

Δεν χρειάζεται γενικά αντίσταση εκκινήσεως. Ο στάτης συνδέεται αμέσως με το

δίκτυο. Η ροπή εκκινήσεως είναι περίπου 2- 2,5 φορές μεγαλύτερη της ροπής του πλήρους φορτίου. Κατά τις πρώτες εντούτοις στιγμές της εκκινήσεως, όταν ο δρομέας είναι ακίνητος το ρεύμα σύζευξης είναι ειδικά μεγάλο (περίπου 5πλάσιον του κανονικού ρεύματος). Εξαιτίας αυτού οι κινητήρες με βραχυκυκλωμένο δρομέα περιορίζονται στα μικρά ανυψωτικά μηχανήματα.

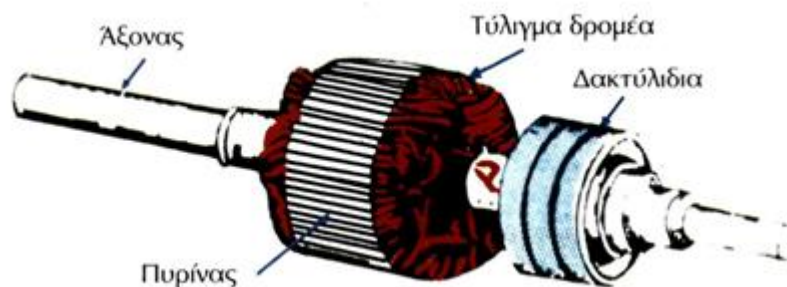
Για την αλλαγή της φοράς στροφής εναλλάσσονται δύο ενώσεις του τυλίγματος του στάτη.



Σχήμα 1.16

Ασύγχρονος Κινητήρας με Δακτυλίους (Σχήμα 1.17)

Για την ελάττωση του μεγάλου ρεύματος εκκινήσεως του ασύγχρονου κινητήρα με βραχυκυκλωμένο δρομέα, προτάσσουν στον δρομέα μία αντίσταση εκκινήσεως. Κατά την εκκίνηση, ο στάτης συνδέεται με το δίκτυο, με τον κύριο διακόπτη και η αντίσταση εκκινήσεως του δρομέα βαθμιαία βραχυκυκλώνεται ώστε πλέον ο κινητήρας συμπεριφέρεται σαν βραχυκυκλωμένος. Για την σύνδεση της σταθερής αντίστασης εκκινήσεως με τα άκρα του τυλίγματος του δρομέα απαιτούνται δακτύλιοι. Ο κινητήρας με δακτυλίους δεν είναι τόσο απλός στην κατασκευή, όπως ο βραχυκυκλωμένος. Η αντιστροφή επιτυγχάνεται και πάλι με αλλαγή του στρεφόμενου μαγνητικού πεδίου.



Σχήμα 1.17

Κινητήρας Ε.Ρ. με Συλλέκτη:

Κινητήρες Ε.Ρ. με συλλέκτη (Σχήμα 1.18) χαρακτηρίζονται από το ότι ο δρομέας των σχηματίζεται σαν τύμπανο Σ.Ρ. και εφοδιάζονται με συλλέκτη. Στις ανυψωτικές μηχανές χρησιμοποιείται με επιτυχία ο κινητήρας Ε.Ρ. Έχει μεγάλη ροπή εκκινήσεως και φόρτιση εξαρτώμενη από τις στροφές. Η τιμή αυτού όμως είναι μεγαλύτερη όπως και η δυνατότητα βλαβών.

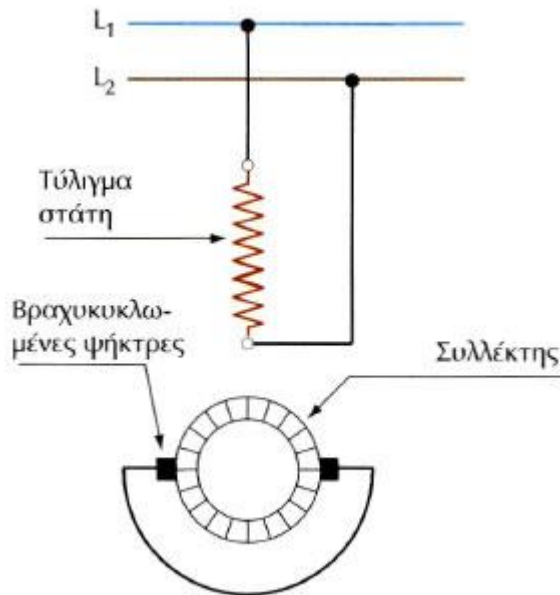
Ζεύξη κατά Leonard: Η ζεύξη κατά Leonard, χρησιμοποιείται σε γερανούς μεγάλων φορτίων όπως σε μηχανισμούς που απαιτούν μεγάλη ισχύ κινητήρα. Με αυτήν πετυχαίνεται εκκίνηση χωρίς απώλειες και ρύθμιση τόσο λεπτή η οποία δεν μπορεί να επιτευχθεί με τις συνήθεις συσκευές ελέγχου. Για τον λόγο αυτό η ζεύξη Leonard, προτιμάται σε γερανούς χυτηρίου.

Με τον κινούμενο κινητήρα συνδέονται μηχανικά γεννήτρια συνεχούς ρεύματος. Η γεννήτρια δίνει την απαιτούμενη ενέργεια για τον κινητήρα. Η διεγέρτρια, χρησιμοποιείται εφόσον δεν υπάρχει δίκτυο Σ.Ρ. Η τάση της, ρυθμίζεται μέσω αντίστασης με μεταβολή του ρεύματος διέγερσης. Έτσι μεταβάλλεται και η προσαγόμενη τάση του κινητήρα και γίνεται δυνατή και περαιτέρω μεταβολή των στροφών. Η αλλαγή πορείας γίνεται με τον διακόπτη, ο οποίος αντιστρέφει το ρεύμα διέγερσης, με συνέπεια να αντιστρέφονται τάση και φορά περιστροφής του. Κατά την φόρτιση του κινητήρα του γερανού η γεννήτρια Σ.Ρ. αποδίδει ηλεκτρική ενέργεια. Η απαιτούμενη για την κίνηση της γεννήτριας μηχανική ενέργεια λαμβάνεται εν μέρει από την κινητική ενέργεια του περιστρεφόμενου τυμπάνου της γεννήτριας, εάν η χαρακτηριστική του κινητήρα πέφτει με την αύξηση των στροφών. Οι στροφές έτσι της γεννήτριας, ελαττώνονται με την φόρτιση. Η ενέργεια που απελευθερώνεται από τις μάζες του τυμπάνου της γεννήτριας ενεργεί σαν αποσβεστήρας μεταξύ δικτύου και κινητήρα γερανού και εμποδίζει τις κρούσεις φορτίσεως του κινητήρα γερανού να επενεργούν στο δίκτυο.

Η εκλογή του τρόπου λειτουργίας μιας ανυψωτικής μηχανής θα πρέπει να είναι αποτέλεσμα μελέτης των συνθηκών λειτουργία της.

Πρέπει οπωσδήποτε να μελετηθούν και να ληφθούν υπόψη τα εξής στοιχεία:

- Η ελάττωση της ολικής δαπάνης λειτουργίας δηλαδή η επιτυχία ψηλού βαθμού αποδόσεως.
- Η ταχύτητα της εκτελέσεως των εργασιών.
- Ο κινητήρας που θα επιλέγει πρέπει να ανταποκρίνεται στη μέγιστη ισχύ και να έχει ικανοποιητικό βαθμό αποδόσεως και σε μικρότερα φορτία.
- Η ευκολία στους χειρισμούς.
- Η ασφάλεια λειτουργίας ιδίως όταν πρόκειται για τη μεταφορά ανθρώπων.



Σχήμα 1.18

Προκειμένου για την εκλογή κινητήρα πρέπει να ληφθούν υπόψη:

1) Εκατοστιαία Διάρκεια Συζεύξεως

Οι ισχύς των κινητήρων πρέπει βέβαια να επαρκούν, για να εξασφαλίζονται φορτία και τις ταχύτητες και επίσης να μη γίνονται απρόβλεπτες υπερφορτίσεις.

Υπερεπάρκεια των διαστάσεων πρέπει επίσης να αποφεύγεται, για να μην γίνεται ο ηλεκτρικός εξοπλισμός χωρίς λόγο ακριβός και για να ρυθμίζεται ο κινητήρας ευκολότερα. Ακριβής καθορισμός της ισχύος είναι γενικά δύσκολος σε κινητήρες γερανών. Η ικανότητα φόρτισης ηλεκτροκινητήρα περιορίζεται γενικά μόνο με την επιτρεπόμενη θέρμανση των τυλιγμάτων κατά την δίοδο του ρεύματος. Κανονική θερμοκρασία είναι 60°C και με ειδικές μονώσεις 80°C 90°C. Με την υπέρβαση των τιμών αυτών η διάρκεια ζωής του ηλεκτροκινητήρα ελαττώνεται.

Οι ανυψωτικές μηχανές εργάζονται ως επί το πλείστον με λειτουργία διακοπτόμενη.

Οι χρόνοι ζεύξεως εναλλάσσονται με τους χρόνους διακοπών. Η όλη διάρκεια του κύκλου αποτελείται από τον χρόνο ζεύξεως και από τον χρόνο της παύσης (χωρίς παροχή ρεύματος). Γενικά η σύζευξη του κινητήρα διαρκεί λιγότερο από 1 λεπτό ενώ η παύση διαρκεί περισσότερα λεπτά. Έτσι οι κινητήρες έχουν πάντοτε το χρόνο να ψύχονται και μπορούν να φορτίζονται περισσότερο, ενώ αντίστοιχα οι διαστάσεις των εκλέγονται μικρότερες.

Διαφορές φορτίσεων ή διαστάσεων έναντι της συνεχούς λειτουργίας γίνονται τόσο μεγαλύτερες όσο μεγαλύτερη είναι οι χρόνοι παύσεων, σε σύγκριση με τους χρόνους συζεύξεως.

Λόγω της διαφοράς συνθηκών λειτουργίας των διαφόρων γερανών, χρησιμοποιείται ο όρος "εκατοστιαία διάρκεια συζεύξεως" (Δ.Σ.). Με αυτόν εννοούν το άθροισμα των χρόνων συζεύξεως ως προς τη συνολική διάρκεια του κύκλου λειτουργίας.

$$\Delta. \Sigma = \frac{\Sigma * ta}{T} * 100$$

Όπου ta είναι ο χρόνος συζεύξεως και Ta ο χρόνος κύκλου λειτουργίας.

2) Το είδος φορτίσεως δηλαδή το μέγεθος και οι μεταβολές της.

3) ο απαιτούμενος αριθμός στροφών.

4) Το είδος κατασκευής το οποίο θα καθορισθεί από το χώρο στον οποίο λειτουργεί ο κινητήρας, δηλαδή ύπαιθρο, χώροι γεμάτοι σκόνη, υγρασία, οξέα, χώροι ξεροί και καθαροί.

Στην πρώτη περίπτωση προτιμάται ο κινητήρας κλειστού τύπου, ενώ στην δεύτερη είναι προτιμότερος ο κινητήρας ανοικτού τύπου διότι είναι φθηνότερος και η επίβλεψη του είναι απλή.

1.6 Κύριες Εξισώσεις Λειτουργίας.

Ονομάζουμε: Q το ανυψούμενο βάρος, h το ύψος ανυψώσεως του, P_o η λειτουργούσα δύναμη χωρίς τριβές, s το δρόμο της.

Σύμφωνα με τη γενική αρχή των ανυψωτικών μηχανών πρέπει: $Qh = P_o s$

Από αυτή έχουμε:

$$\frac{h}{s} = \frac{P_o}{Q}$$

Η σχέση $h/s = \lambda$ λέγεται σχέση μεταδόσεως και η γνώση της μας είναι πάντοτε απαραίτητη για να εκφράσουμε και τη σχέση μεταξύ δυνάμεως που ενεργεί και βάρους που ανυψώνεται.

Στην πραγματικότητα όμως η κινούσα δύναμη έχει να υπερνικήσει και τις αντιστάσεις του κινηματικού μηχανισμού που προκαλούνται από τριβές, από δυσκαμψία κ.λπ.

Αν η P η πραγματική δύναμη και φ ο συντελεστής απωλειών:

$P = P_o (1 + \Phi)$ το $\frac{1}{1 + \Phi} = n$ λέγεται βαθμός αποδόσεως. Συνεπώς:

$$P = P_o \frac{1}{n} \quad \text{Επομένως:}$$

$$P = \frac{Q}{n} * \frac{h}{s}$$

Αν είναι v_1 η ταχύτητα ανυψώσεως του βάρους, v_2 η ταχύτητα της δυνάμεως και t ο χρόνος λειτουργίας τότε επειδή:

$$Qh = P_o s \quad \frac{h}{s} = \frac{v_1}{v_2} = \lambda$$

δηλαδή η σχέση μεταδόσεως παριστάνει και το λόγο των ταχυτήτων κινήσεως βάρους και δυνάμεως.

Η ισχύς της δυνάμεως που χρησιμοποιείται για την ανύψωση βάρους Q σε kp με

ταχύτητα v σε m ανά second θα είναι:

$$N = \frac{Q \cdot v}{n \cdot 75} \quad (\text{PS})$$

Αν οι παθητικές αντιστάσεις είναι τόσο μεγάλες ώστε το βάρος να μένει αιωρούμενο χωρίς να επενεργεί η δύναμη (μηχάνημα αυτοπεδούμενο).

Αντίσταση κυλίσεως φορείου ή φορέα.

Κατά την κύλιση φορείου ή φορέα με σταθερή ταχύτητα η συνολική αντίσταση κυλίσεως είναι ίση με το άθροισμα της τριβής του στροφέα και της τριβής κυλίσεως του τροχού επάνω στην τροχιά.

Αν P είναι η δύναμη επάνω στον τροχό τότε μεταξύ του τροχού και του τριβέα που περιβάλλει τον άξονα αναπτύσσεται τριβή ίση με $\mu \cdot P$, όπου μ είναι ο συντελεστής τριβής.

Η ροπή της δυνάμεως αυτή ως προς τον άξονα του τροχού είναι:

$$M_z = \mu \cdot P \cdot \frac{d}{2}$$

Όπου d είναι η διάμετρος του στροφέα.

Από την θεωρία των τριβών είναι γνωστό ότι κατά την κύλιση τροχού επάνω σε τροχιά η αντίδραση της τροχιάς δεν διέρχεται από τον κατακόρυφο άξονα του τροχού, αλλά είναι μετατοπισμένη προς το μέρος της κινήσεως κατά απόσταση f . Συνεπώς δημιουργείται ως προς τον άξονα του τροχού η ροπή αντιστάσεως κυλίσεως

$M_R = P \cdot f$. Αν με W_f συμβολίσουμε τη συνολική αντίσταση λόγω τριβών τότε αν λάβουμε ροπές ως προς το κέντρο του τροχού βρίσκουμε:

$$W_f \cdot R = M_z + M_R = \mu \cdot P \cdot \frac{d}{2} + P \cdot f \quad \text{ή} \quad W_f = \frac{P}{R} \cdot \left(\mu \cdot \frac{d}{2} + f \right)$$

Για έδρανα ολισθήσεως λαμβάνεται: $\mu \cong 0,08$ και για έδρανα κυλίσεως $\mu \cong 0,0015$

Το f ονομάζεται μοχλοβραχίονας τριβής κυλίσεως και λαμβάνεται ίσο με 0,05 cm.

Μηχανισμοί Κυλίσεως.

Στην παράγραφο 1.1.6 είδαμε ότι αντίσταση κυλίσεως φορείου ή φορέα ή γέφυρας δίνεται από την εξίσωση: $W_f = \frac{P}{R} \cdot \left(\mu \cdot \frac{d}{2} + f \right)$

όπου λαμβάνεται $P=Q+G_0$ και για την περίπτωση φορείου και $P=Q+G_0 + G_K$ για την περίπτωση γέφυρας.

Επίσης για λόγους ασφαλείας πρέπει η δύναμη που προκύπτει να πολλαπλασιάζεται επί συντελεστή 1,11 ως 1,25. Αν ο μηχανισμός κυλίσεως είναι χειροκίνητος η ροπή αντιστάσεως είναι $M_f = W_f \cdot R$. Αν ονομάσουμε δε K την δύναμη που ασκείται με την αλυσίδα σε οδοντωτή κινητήρια τροχαλία και D_K τη διάμετρο της τροχαλίας τότε η κινητήρια ροπή είναι: $M_{κιν} = K \cdot \frac{D_K}{2}$ και η συνολική σχέση μετάδοσης θα είναι:

$$i = \frac{M_f}{M_{κιν} * n}$$

όπου n είναι ο συνολικός βαθμός αποδόσεως του μηχανισμού (0,80 ως 0,95).

Για ηλεκτροκίνητα μηχανήματα με διαρκή λειτουργία υπό πλήρες φορτίο η ισχύς που απαιτείται είναι:

$$N_f = \frac{W_f * U}{n * 75} \text{ (PS)} \quad \text{ή} \quad \frac{W_f * U}{n * 102} \text{ (KW)}$$

Όπου U(m/second) είναι η ταχύτητα κυλίσεως και ο συνολικός βαθμός αποδόσεως του μηχανισμού ικανοποιητική προσέγγιση πετυχαίνεται αν αρχικά λάβουμε n=0,85. Επειδή κατά την εκκίνηση παρουσιάζεται αντίσταση λόγω αδρανείας πρέπει κατά τον υπολογισμό της ισχύος του ηλεκτροκινητήρα να λαμβάνεται υπόψη και η ισχύς που απαιτείται για την επιτάχυνση για να αποφευχθεί έτσι η υπερθέρμανση του κινητήρα. Όπου (PS) είναι ο γερμανικός ίππος 1 PS=736W ή 0,736KW.

Αν συμβολίσουμε την επιτάχυνση με γ (m/sec²) τότε η αντίσταση της αδρανείας είναι:

$$W_\gamma = 1,2 * \frac{Q + G}{g} * \gamma$$

όπου $G=G_0$ ή $G=G_0 + G_K$ ανάλογα αν πρόκειται για φορείο ή γερανογέφυρα.

Ο συντελεστής 1,2 τέθηκε για να ληφθούν υπόψη και οι περιστρεφόμενες μάζες των τροχών του κινητήρα.

Συνήθως εκλέγεται $\gamma=0,20$ ως $0,35$ m/sec² για φορεία και $\gamma=0,40$ ως $0,70$ m/sec² για γέφυρες.

Στο τέλος του χρόνου η επιταχύνσεως η ισχύς που απαιτείται θα είναι:

$$N_\gamma = \frac{W_\gamma * U}{n * 75} \text{ (PS)} \quad \text{ή} \quad \frac{W_\gamma * U}{n * 102} \text{ (KW)}$$

Για την εκλογή του κινητήρα χρησιμοποιείται η ονομαζόμενη απαιτούμενη ονομαστική ισχύς του κινητήρα η οποία υπολογίζεται από την εξίσωση:

$$N_n = \frac{N_f + N_\gamma}{2,0} \quad \text{ως} \quad \frac{N_f + N_\gamma}{1,7}$$

Εκτός από την ονομαστική ισχύ ως κριτήρια επιλογής ηλεκτροκινητήρα θεωρούνται η συχνότητα και η διάρκεια συζεύξεως.

Αν η λειτουργία ενός κινητήρα διακόπτεται σε συχνά διαστήματα πρέπει να εκτιμηθεί και η θερμική καταπόνηση του μονωτικού των συρμάτων επειδή η διάρκεια ζωής του ελαττώνεται με την αύξηση της θερμοκρασίας.

Συνιστάται γενικά η εκλογή κινητήρα μεγαλύτερης ισχύος από την απαιτούμενη ώστε να αποφεύγεται η θέρμανση του πηνίου από υπερφόρτιση.

1.7 Γερανογέφυρα.

Γενικά.

Τα ανυψωτικά συστήματα τύπου γερανογέφυρας χρησιμοποιούνται ευρέως για τη μετακίνηση υλικών σε μεγάλο πλήθος βιομηχανικών χώρων, όπως σε ναυπηγεία, εργοτάξια οικοδομικών κατασκευών, χαλυβουργεία, αποθήκες logistics, εργοστάσια παραγωγής ενέργειας κ.α. Η μεταφορά των φορτίων είναι δύσκολη, καθώς προβλήματα δημιουργούνται λόγω των ανεπιθύμητων ταλαντώσεων κατά τη διάρκεια της μετακίνησης.

Η γερανογέφυρα είναι ο πιο διαδεδομένος τύπος γερανού κατάλληλος για τη μετακίνηση τεμαχίων σε μηχανουργεία, αίθουσες συναρμολόγησης και αποθήκες. Η φόρτωση υλικών χύδην διεξάγεται με αρπάγες.

Οι δύο φορείς κεφαλής, στους οποίους εδράζονται οι τροχοί του γερανού, κινούνται πάνω σε γερανοτροχιές που είναι συνήθως τοποθετημένες ψηλά. Οι φορείς της γερανογέφυρας, πάνω στους οποίους κυλιέται το φορείο, στηρίζονται στα δύο άκρα τους στους φορείς κεφαλής.

Η επιφάνεια εργασίας της γερανογέφυρας αντιστοιχεί σε ένα ορθογώνιο παραλληλόγραμμο. Κατά την κατασκευή πρέπει να ληφθεί πρόνοια ώστε η απόσταση του ακρίστρου ανάρτησης να απέχει όσο το δυνατόν λιγότερο από τους πλευρικούς και μετωπικούς τοίχους της αίθουσας. Για τη συντήρηση των μηχανημάτων πρέπει να προβλέπονται σκάλες ανόδου και διάδρομοι πρόσβασης προστατευμένοι με κιγκλιδώματα για ασφάλεια έναντι ατυχημάτων.

Κατά την εκκίνηση και πέδηση δεν επιτρέπεται να ολισθαίνουν οι τροχοί του γερανού και του φορείου. Γωνιακή θέση και "κόλλημα" της γερανογέφυρας κατά την κίνηση προκαλούν μέσω των κρούσεων μαζικές δυνάμεις. Αυτό το φαινόμενο αντιμετωπίζεται με καλή παραλληλότητα των τροχιών και των ατράκτων των τροχών στον φορέα κεφαλής καθώς και με μικρές κατά το δυνατόν αποκλίσεις στις διαμέτρους των τροχών.

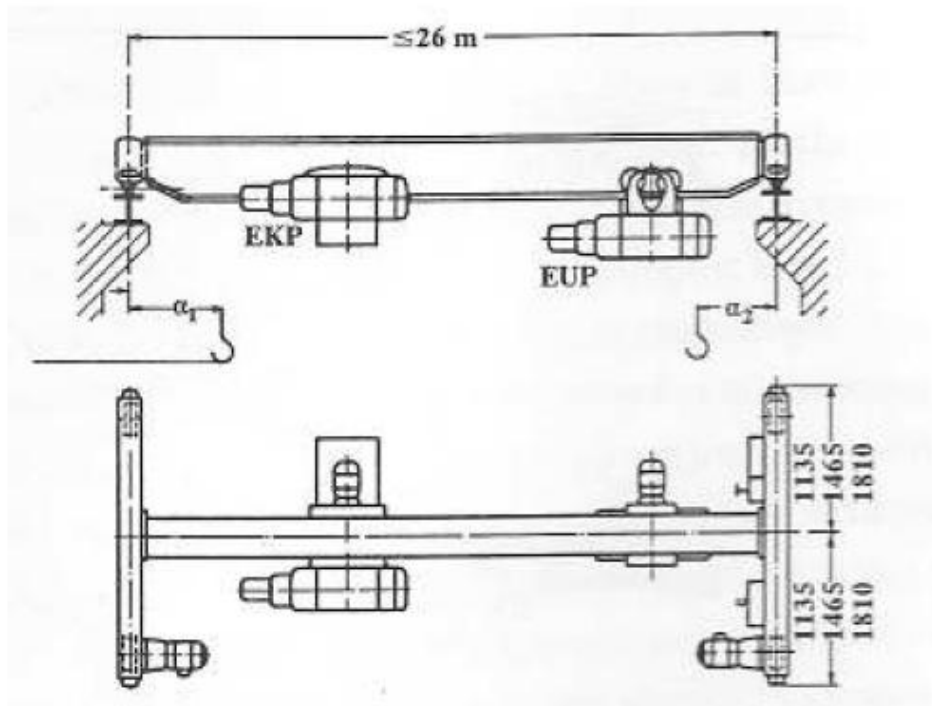
Σε εγκαταστάσεις που λειτουργούν σε ανοιχτό χώρο εκλέγονται ισχυρότερα συστήματα κίνησης λόγω των φορτίων που προέρχονται από τον άνεμο. Επίσης είναι απαραίτητη η ασφάλιση τους για να μην παρασύρονται όταν είναι στάσιμοι από τον άνεμο.

Τα φορτία και οι ταχύτητες εργασίας για γεραμούς καθορίζονται στα DIN15021 και 15022.

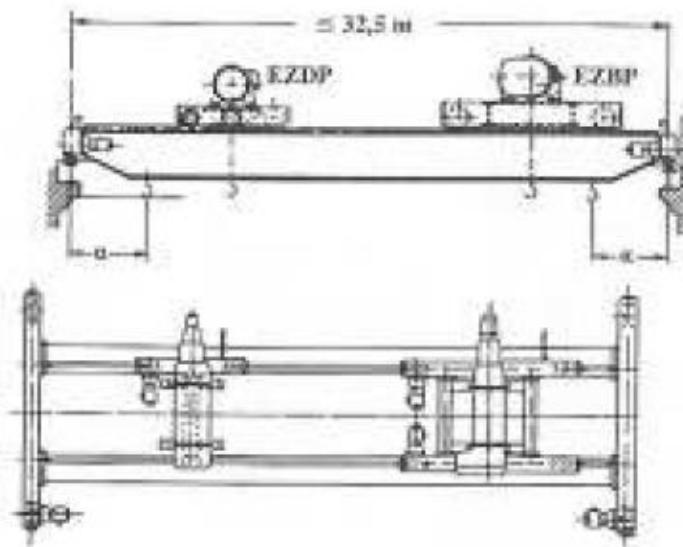
| | |
|-----------------------------|-------------------|
| Φορτίο | 2 έως 250 (500) t |
| Ταχύτητα κυλιόμενου φορείου | 16 έως 63 m/min |
| Ταχύτητα κίνησης γερανού | 25 έως 160 m/min |
| Ταχύτητα ανύψωσης φορτίου | 0,8 έως 40 m/min |
| Ύψος ανύψωσης | 5 έως 50m |

Ενδιάμεσες τιμές λαμβάνονται σύμφωνα με τους τυποποιημένους αριθμούς. Η ελευθερία χώρου που παρέχει μια γερανογέφυρα αντισταθμίζεται σε κάποιο βαθμό από τον κίνδυνο ατυχήματος κατά τη μεταφορά των φορτίων πάνω από εργαζόμενα άτομα. Για φορτία έως 10 t περίπου και ανοίγματα έως 20 m μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως κύριος φορέας μια δοκός I και το φορείο να κινείται στο κάτω πέλμα. Συνήθως όμως οι φορείς γερανογεφυρών κατασκευάζονται σήμερα συγκολλητοί σε μορφή κλειστού κιβωτίου. Οι φορείς κεφαλής κατασκευάζονται επίσης συγκολλητοί από ελάσματα ή δοκούς και βιδώνονται πάνω στους κυρίως φορείς της γερανογέφυρας. Γενικά οι φορείς σε μορφή κιβωτίου είναι ιδιαίτερα κατάλληλοι για μεγάλα φορτία και ανοίγματα γιατί η κλειστή μορφή εξασφαλίζει μεγάλη ακαμψία.

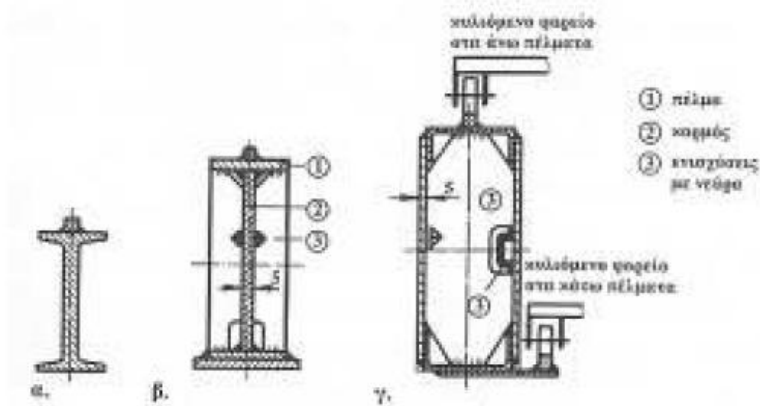
Στα σχήματα 1.19 έως 1.22 δίνεται η βασική μορφή γερανογεφυρών με έναν και δύο φορείς (σχήματα 1.19, 1.20), καθώς και οι διατομές φορέων διαφόρων μορφών (σχήματα 1.21, 1.22). Το πλαίσιο των κυλιόμενων φορέων κατασκευάζεται συγκολλητό επίσης από τυποποιημένους δοκούς, στραντζαριστά προφίλ ή ελάσματα. Τα επιμέρους τεμάχια της κατασκευής τοποθετούνται κατά τέτοιο τρόπο στο πλαίσιο ώστε οι δυνάμεις στους τροχούς να είναι περίπου ίσες.



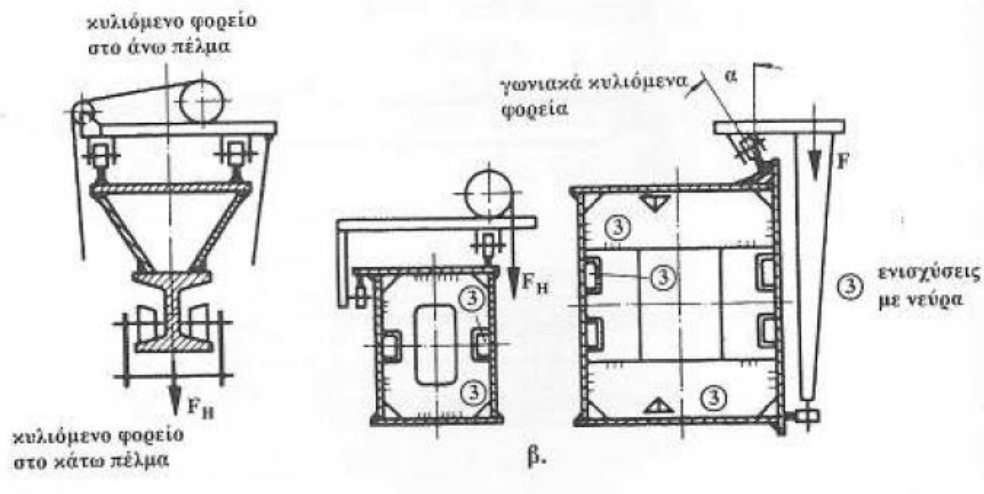
Σχήμα 1.19: Γερανογέφυρα με ένα φορέα, τύπο ΕΚΚΕ. Με ηλεκτρικό βαρούλκο ως κυλιόμενο φορείο μιας τροχιάς στο κάτω πέλμα του φορέα Κύριος φορέας και φορείς κεφαλής με μορφή κλειστού κιβωτίου. Οδήγηση με χειριστήριο από το δάπεδο. Φορτία έως 10 t, ανοίγματα έως 26 m.



Σχήμα 1.20: Γερανογέφυρα με δυο φορείς τύπος ΖΚΚΕ Με ηλεκτρικό βαρούλκο ως κυλιόμενο φορείο δυο τροχιών στο άνω πέλμα των φορέων. Κύριοι φορείς και φορείς κεφαλής με μορφή κλειστού κιβωτίου. Οδήγηση με χειριστήριο από το δάπεδο .Φορτία έως 32 t, ανοίγματα έως 32,5 m.



Σχήμα 1.21: Διατομές φορέων γερανογεφυρών με (δυο φορείς) α) φορέας τυποποιημένου προφίλ διπλού ταφ β) φορέας με κορμό από έλασμα γ) φορέας μορφής κλειστού κιβωτίου.



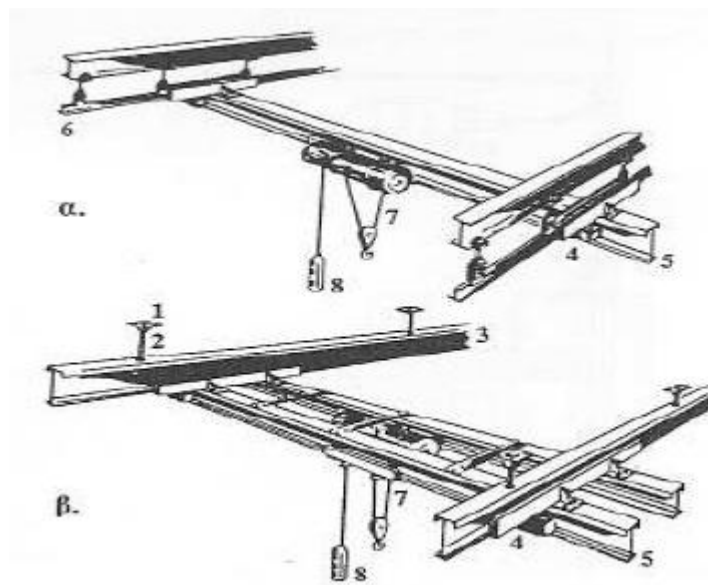
Σχήμα 1.22: Διατομές φορέων Γερανογεφυρών (με ένα φορέα). α. συνδυασμένος φορέας από τυποποιημένο προφίλ διπλού ταυ και κλειστό κιβώτιο, β. φορείς μορφής κλειστού κιβωτίου.

Οι γερανογέφυρες κυλιούνται συνήθως πάνω σε τέσσερις τροχούς τοποθετημένους ανά δύο σε κάθε φορέα κεφαλής. Για βαριά φορτία οι τροχοί συνδέονται ανά δύο σε ένα σύστημα ώστε ο γερανός να στηρίζεται συνολικά σε οκτώ τροχούς. Σε μεγάλα ανοίγματα γερανογεφυρών κάθε φορέας κεφαλής διαθέτει πολλές φορές δικό του σύστημα κίνησης. Όταν υπάρχει κίνηση χειρός, σε μικρά ανοίγματα, τότε ο αλυσοτροχός κίνησης τοποθετείται στον ένα φορέα κεφαλής και κινεί τον τροχό πορείας μέσω απλού μειωτήρα. Η κίνηση μπορεί να μεταδοθεί και στον άλλο φορέα κεφαλής μέσω μιας ατράκτου τοποθετημένης κατά μήκος της γέφυρας. Στο τέλος της γερανοτροχιάς τοποθετούνται σταθερά εμπόδια για να εμποδίζεται η πτώση του γερανού. Για τον περιορισμό των κρούσεων κατά την πρόσκρουση προβλέπονται στα δύο άκρα του φορέα κεφαλής προσκρουστήρες από ελαστικό (όταν η ταχύτητα κίνησης είναι μεγαλύτερη των 40 m/min), Για μεγάλες ταχύτητες κίνησης υπάρχουν στο τέλος της γερανοτροχιάς τερματικοί διακόπτες ασφαλείας που διακόπτουν τη λειτουργία τω' κινητήρων προτού φθάσει ο γερανός στα τελικά εμπόδια της τροχιάς, ώστε να μην πέσει με ορμή πάνω τους.

Κρεμαστές γερανογέφυρες.

Ο κύριος φορέας των κρεμαστών γερανογεφυρών είναι ανηρτημένος σε φορείς κεφαλής μικρού μήκους που κινούνται στο κάτω πέλμα τροχιών στερεωμένων στην οροφή του κτιρίου (Σχήμα 1.23).

Λόγω της υψηλής φόρτισης του κάτω πέλματος των τροχιών, ιδιαίτερα μέσω της πρόσθετης τοπικής καταπόνησης σε κάμψη, αναπτύχθηκαν για την περίπτωση αυτή ειδικά προφίλ από υλικά υψηλής αντοχής με ιδιαίτερα χοντρά πέλματα. Η στερέωση των τροχιών στην οροφή γίνεται με αγκυρώσεις εφελκυσμού και συνδέσεις ώστε να είναι δυνατή μια ελαφρά πλευρική ταλάντευση της γερανοτροχιάς. Η γέφυρα της κρεμαστής γερανογέφυρας, τύπου ενός ή δύο φορέων κατασκευασμένων από συγκολλημένα ελάσματα ή μορφής κιβωτίου, φέρει το κυλιόμενο φορείο που κινείται σε τροχιά συγκολλημένη στο κάτω μέρος του κυρίως φορέα.



Σχήμα 1.23. Κρεμαστές γερανογέφυρες. α. με ένα φορέα, β. με δύο φορείς (1) (2) στοιχεία για τη στήριξη στην οροφή του κτιρίου, (3) φορέας της τροχιάς, (4) φορέας κεφαλής και κίνηση με τροχούς τριβής, (5) κύριος.

Η κίνηση του γερανού και του φορείου επιτυγχάνεται μέσω κανονικών τυποποιημένων ηλεκτρομειωτήρων ή μέσω τροχών τριβής. Στη δεύτερη περίπτωση ο ηλεκτρομειωτήρας με πέδη κινεί ένα τροχό τριβής από ελαστικό ή πλαστικό που πιέζεται μέσω ελατηρίων στο κάτω μέρος των τροχιών. Το σύστημα ανύψωσης χρησιμοποιούνται συνήθως κανονικά ηλεκτρικά βαρούλκα. Ο χειρισμός γίνεται από το δάπεδο ή σπανιότερα από καμπίνα. Για μεγάλα ανοίγματα ή γερανογέφυρα μπορεί να αναρτηθεί και να κινείται σε περισσότερες από δύο τροχιές.

Πλεονεκτήματα

Καλή οδήγηση του γερανού χωρίς "κόλλημα" ακόμα και σε ελαφρά καμπύλες τροχιές.

Μεγάλα ανοίγματα μέσω περισσότερων αναρτήσεων (έως 100 m, χωρίς πρόσθετες αναρτήσεις 5 ... 30 m). Μετακίνηση σε γειτονικές κρεμαστές γερανογέφυρες.

Υψηλός βαθμός τυποποίησης. Χαμηλή τιμή. Προμήθεια σε σύντομο χρόνο.

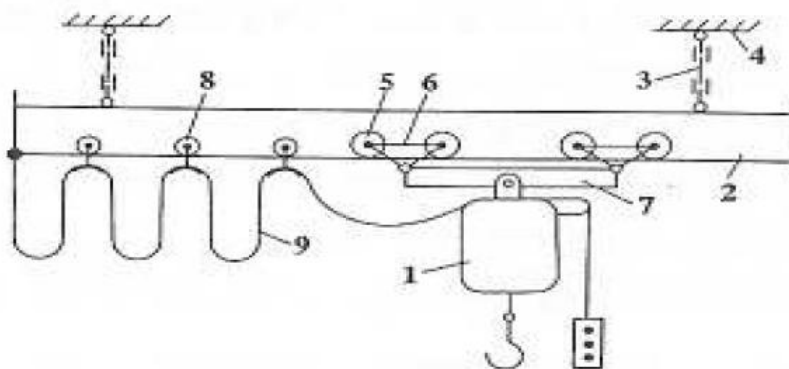
Μειονεκτήματα

Περιορισμένα φορτία (έως 10 t). Μικρές ταχύτητες κίνησης της γέφυρας (έως 40 m/min). Πρόσθετη φόρτιση της οροφής της αίθουσας λόγω της ανάρτησης. Γενικά η μετάβαση σε ελαφρότερες κατασκευές αιθουσών με περιορισμένες δυνατότητες φόρτισης της οροφής καθώς και η μεγάλη προσφορά ελαφρών, φθηνών και τυποποιημένων κανονικών γερανογεφυρών μείωσαν τη σημασία των κρεμαστών γερανογεφυρών.

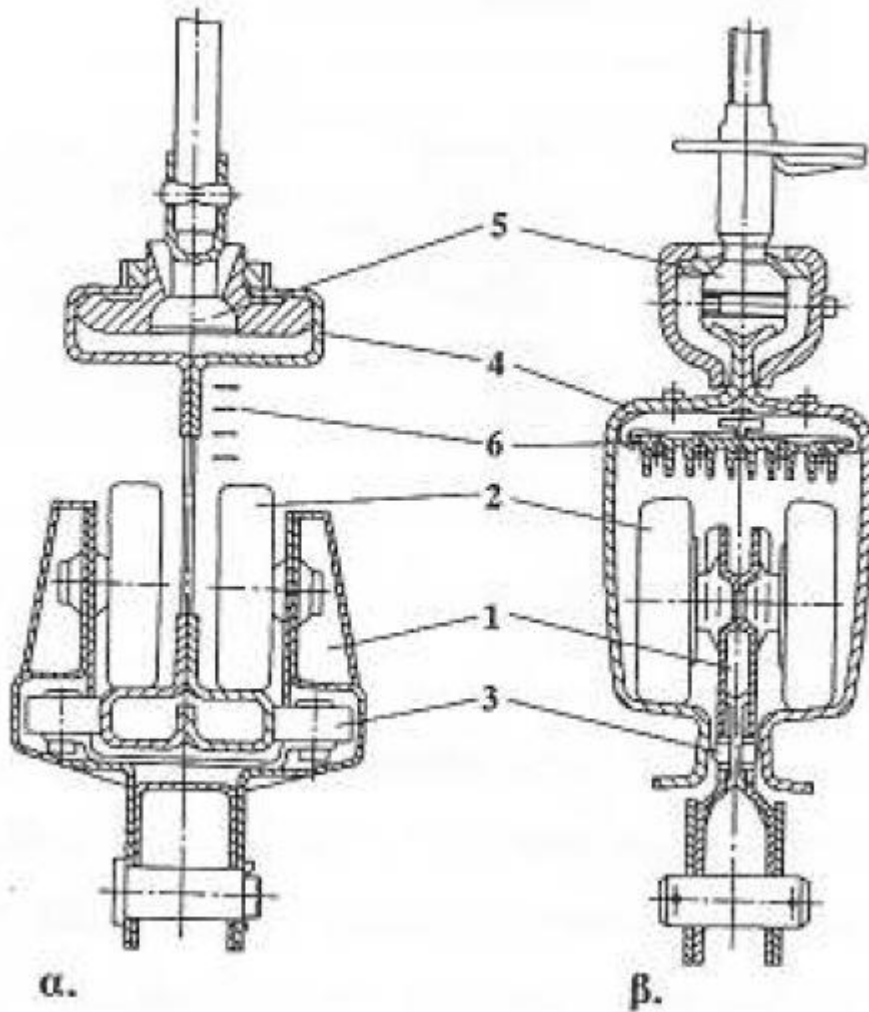
Κρεμαστά συστήματα μιας τροχιάς.

Κατασκευάζονται με το σύστημα των εναλλακτικών στοιχείων, εξοπλίζονται κατά κανόνα με ηλεκτρικά βαρούλκα αλυσίδας (1) με χειρισμό από το δάπεδο και χρησιμοποιούνται για την εξυπηρέτηση θέσεων εργασίας στην παραγωγή, για φορτία μέχρι 2,0 t (Σχήμα 1.24). Οι εν ψυχρώ διαμορφωμένες σιδηροτροχιές (2) αναρτώνται σταθερά ή με δυνατότητα ταλάντωσης μέσω κοχλιωτών ράβδων (3) στην οροφή (4). Στο εσωτερικό του φορέα ή στο κάτω πέλμα κυλίσουν τετράτροχα συστήματα (6) εξοπλισμένα με τροχούς από πλαστικό (5), τα οποία κινούνται με το χέρι ή με ηλεκτροκινητήρα μέσω τροχών τριβής για φορτία άνω των 500 kg. Υπάρχει η δυνατότητα αλλαγής τροχιάς καθώς και κατασκευής τροχιάς που περιλαμβάνει τόξα κύκλου σε οριζόντιο επίπεδο.

Δοκοί (7) κατανέμουν μεγαλύτερα φορτία σε περισσότερα συστήματα τροχών. Η τροφοδοσία με ρεύμα σε μικρές αποστάσεις γίνεται με επίπεδους αγωγούς (9) που αναρτώνται σε βαγονάκια αγωγών (8). Για μεγαλύτερες αποστάσεις χρησιμοποιούνται γραμμές ρεύματος (6) του Σχήματος 1.25



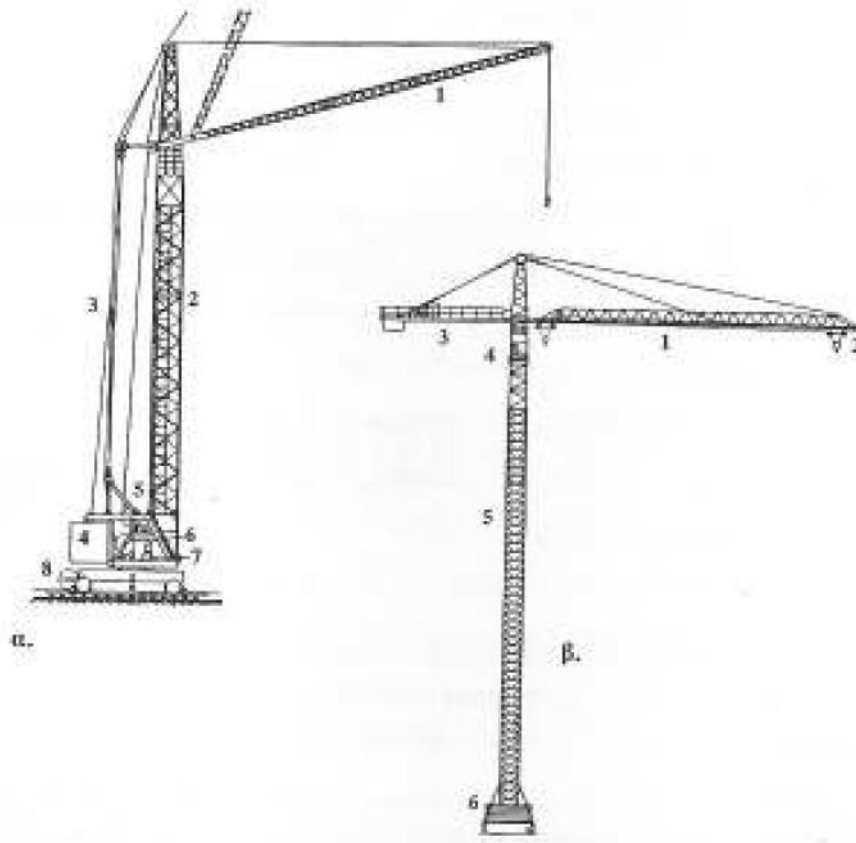
Σχήμα 1.24 Κρεμαστά συστήματα μιας τροχιάς (σχηματικά).



Σχήμα 1.25 Διατομές κρεμαστών συστημάτων μιας τροχιάς (1) σύστημα κίνησης, (2) τροχί κύλισης, (3) πλευρικοί τροχίσκοι οδήγησης, (4) τροχιά κίνησης, (5) άρθρωση ανάρτησης, (6) γραμμές ρεύματος.

1.8 Περιστρεφόμενοι γερανοί πύργου.

Ο λεπτός ψηλός πύργος είναι τοποθετημένος πάνω σε ένα φορείο κινούμενο σε τροχιές και φέρει στην κορυφή του την κεραία. Πύργος και κεραία κατασκευάζονται τις περισσότερες φορές σε μορφή δικτυώματος λόγω των δυνάμεων του ανέμου, του πολύ μεγάλου ύψους και ανοίγματος καθώς και για λόγους βάρους. Για να επιτευχθεί μια ικανοποιητική ευστάθεια προβλέπεται ένα αντίβαρο στο φορείο ή στο κάτω μέρος του πύργου. Λόγω του υψηλού κινδύνου.



Σχήμα 1.26 : Περιστρεφόμενοι γερανοί πύργου α. σε περιστρεφόμενο πύργο. (1) συμπτυσσόμενη κεραία, (2) περιστρεφόμενος πύργος, (3) συρματόσχοινα απόζευξης, (4) κάτω αντίβαρο, (5) βαρούλκο συρματόσχοινου ανύψωσης, (6) βαρούλκο συρματόσχοινου σύμπτυξης της κεραίας, (7) σύστημα περιστροφής, (8) φορείο σε σύστημα κίνησης και έδρανο κύλισης για περιστροφή. Μέγιστη ανύψωση - 25 m. Φορτίο 0,65 ... 1,3 t. Άνοιγμα 6... 13m. β. σε σταθερό πύργο. (1) σταθερή κεραία σε αντικεραία και άνω αντίβαρο, (2) κυλιόμενο φορείο σε έλξη συρματόσχοινου, (3) βαρούλκα ανύψωσης και κίνησης για το φορείο, (4) σύστημα περιστροφής, (5) σταθερός πύργος σε κεντρικό κάτω αντίβαρο, (6) φορείο κίνησης του γερανού. Μέγιστη ανύψωση - 50 m. Φορτίο 2,2 ... 5t Άνοιγμα 17 ... 30 m.

Για λόγους ασφαλείας θα πρέπει επίσης οι τροχιές να είναι τοποθετημένες σε ένα απόλυτα οριζόντιο και άκαμπτο επίπεδο ώστε η θέση του πύργου να μην είναι επικλινής. Για να εξασφαλισθεί καλή ορατότητα και εποπτεία της περιοχής εργασίας η καμπίνα του οδηγού είναι τοποθετημένη στο άνω μέρος του πύργου με πρόσβαση μέσω μιας προστατευμένης εσωτερικής σκάλας. Το σύστημα κίνησης βρίσκεται μέσα στο φορείο.

Ο περιστρεφόμενος γερανός-πύργος χρησιμοποιείται κυρίως σε έργα οικοδομικά και συναρμολόγησης.

- Φορτίο 1 ... 8 (50) t, μεγάλα φορτία για τα πολύ βαριά προκατασκευασμένα τμήματα από μπετόν
- Μέγιστο άνοιγμα 10 ... 40 (60) m
- Ροπή φορτίου 80 ... 1000 (10000) kNm
- Ύψος ανύψωσης 20 ... 60 (100)m
- Ταχύτητα ανύψωσης 20 έως 60 m/min, υψηλές τιμές λόγω του μεγάλου ύψους
- Αριθμός στροφών 0,5 5 RPM
- Ταχύτητα πορείας του γερανού 12,5 ... 40 m/min

1.9 Μεταφορικές Ταινίες.

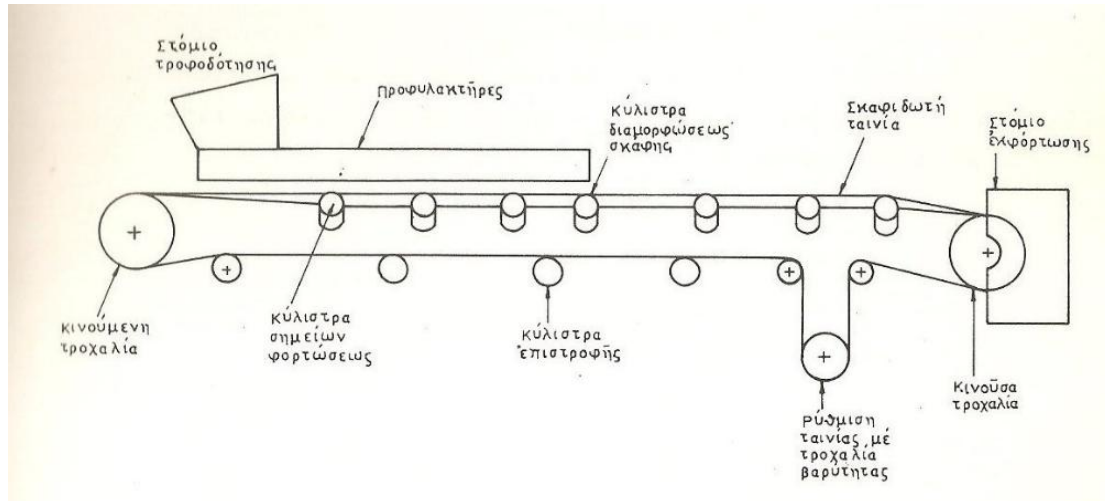
Εισαγωγή.

Το πρώτο μεγαλύτερο και σύστημα μεταφορικών ταινιών έγινε από την εταιρία Concentrating. Είχε περισσότερες από 50 μεταφορικές ταινίες με πλάτος ταινιών από 50 μέχρι 75 cm και τα κέντρα μήκος απείχαν 15 m. Το πρώτο σύστημα τροχών ήταν εξοπλισμένο με βαρειούς χυτοσιδερένιους κυλίνδρους τύπου κοίλου καρουλιού. Τα πρώτα αποτελέσματα της λειτουργίας δεν ήταν καθόλου ευχάριστα και ήταν κάθε άλλο παρά μία επιτυχημένη κατασκευή. Παρατηρούνταν φθορές σε μικρό χρονικό διάστημα τόσο των ταινιών όσο και των τροχών. Η πρώτη μεταφορική ταινία που λειτούργησε σωστά ήταν το 1896 είχε μήκος 150 m και 4 στρώματα πάχους. Αυτή δε η μεταφορική ταινία πήρε και πατέντα το ίδιο έτος. Από τότε οι μεταφορικές ταινίες εύρισκαν μεγάλη εφαρμογή και ανάπτυξη. Τα σοβαρότερα όμως προβλήματα που αντιμετωπίζονται σε αυτού του είδους τις ταινίες κατά την σχεδίαση και συντήρηση είναι στις περιπτώσεις φορτωμένων ιμάντων που δημιουργείται συγκέντρωση τάσεων στα σημεία επαφής επιφάνειας ιμάντα και διώχεται το λίπος με αποτέλεσμα να μειώνεται η διάρκεια ζωής. Για εξάλειψη μερικώς η ανωμαλία αυτή τοποθετήθηκαν πολλαπλοί κύλινδροι γιατί έτσι μειώνονται οι αιχμές των τάσεων στα σημεία αυτά. Από τότε έχουν επινοηθεί διάφορα συστήματα όπως των αυτολιπαινόμενων κυλίνδρων για να μειώσουν τις φθορές και να είναι οικονομική η κατασκευή και η λειτουργία τους.

Η εισαγωγή των αντιτριβικών ρουλεμάν στους κυλίνδρους-τροχούς βοήθησε πολύ στην κατασκευή μοντέρνων μεταφορικών ταινιών έτσι μπόρεσαν να κατασκευαστούν μεταφορικές ταινίες για μεταφορά βάρους της τάξεως τόνων και απόστασης χιλιομέτρων.

1.9.1 Χρήσεις Μεταφορικών Ταινιών.

Το καλύτερο μέσο για την μεταφορά ογκωδών υλικών είναι οι μεταφορικές ταινίες. Όταν το ύψος μεταφοράς (ανέβασμα) και η συνολική ποσότητα είναι δεδομένα τότε πολλές φορές το σύστημα αυτό είναι πιο οικονομικό. Αυτές οι περιπτώσεις παρουσιάζονται σε όλες τις βιομηχανίες στην σχεδίαση των έργων και στο σύστημα κατασκευών για τα υλικά ποικίλουν ευρέως στις διαστάσεις υγρασία, χημικά χαρακτηριστικά και θερμοκρασία. Το υλικό τοποθετείται καταλλήλως επάνω στην μεταφορική ταινία και κατά την κίνηση κάνει διάφορες μετακινήσεις ανάλογα πως είναι τοποθετημένη η ταινία δηλαδή οριζόντια, με κλίση προς τα πάνω ή με κλίση προς τα κάτω η ακολουθεί ένα συνδυασμό αυτών. Επομένως η σχεδίαση εξαρτάται από την μορφή της μεταφορικής ταινίας. Στο σημείο της εκφόρτωσης το υλικό πρέπει να κατευθύνεται καταλλήλως προς μια άλλη μηχανή ή στην αποθήκη. Μια τυπική διάταξη οριζόντιας μεταφορικής μηχανής φαίνεται στην Εικόνα 1.27. Τα κύρια μέρη μιας τέτοιας μηχανής είναι τα παρακάτω πέντε:



Εικόνα 1.27

Χαρακτηριστικά των υλικών.

Το είδος του χρησιμοποιούμενου φορτίου και οι φυσικές και μηχανικές ιδιότητες αποτελούν τους κύριους παράγοντες που καθορίζουν τον τύπο και τα χαρακτηριστικά της σχεδίασης μιας μεταφορικής μηχανής και των εξαρτημάτων της. Τα φορτία που χρησιμοποιούνται στις εσωτερικές μηχανές διαιρούνται σε φορτία μονάδος και ογκώδη φορτία.

Τα **μεμονωμένα φορτία** περιλαμβάνουν προϊόντα που συνήθως χαρακτηρίζονται από το αριθμό των κομματιών π.χ. μέρη και εξαρτήματα μηχανών, τυποποιημένα κιβώτια κ.λπ. ως επίσης προϊόντα διάφορων διαστάσεων (κουτιά, ράβδοι, συσκευασμένα είδη, σάκοι, κ.λπ.). Τα μεμονωμένα φορτία χαρακτηρίζονται από όλες τις διαστάσεις τους, το σχήμα, το βάρος και από ειδικά χαρακτηριστικά εάν υπάρχουν. Στα ειδικά χαρακτηριστικά περιλαμβάνονται η θερμοκρασία, εκρηκτικότητα, αναφλεξιμότητα, ευθραυστότητα.

Τα **ογκώδη φορτία** περιλαμβάνουν διάφορα συσσωρευμένα φορτία, κοκκώδη και κονιοποιημένα υλικά (μετάλλευμα, άνθρακας, τύρφη, τυπική άμμος τσιμέντο, πριονίδια, κ.λπ.). Τα ογκώδη φορτία χαρακτηρίζονται από τις φυσικές και μηχανικές ιδιότητες όπως η κατανομή των ξεχωριστών μερών σύμφωνα με τις διαστάσεις, ο όγκος και το ειδικό βάρος, το περιεχόμενο της υγρασίας, η κινητικότητα των μερών του, η γωνία διασποράς, η λειαντικότητα και ειδικές ιδιότητες.

Σωρός και Διαστάσεις. Όταν πρόκειται για κοκκώδη υλικά ή ποσοτική κατανομή των κόκκων του ογκώδους φορτίου σύμφωνα με τις διαστάσεις είναι γνωστή σαν κοκκομετρική σύνθεση ή χώρος-διάστασεις του φορτίου. Οι διαστάσεις των κόκκων καθορίζονται γραμμικά σε χιλιοστά (mm).

Γωνία Διασποράς (σφροῦ) .Όταν ένα υλικό εναποτίθεται σε σφρό μετά την ηρεμία του σχηματίζεται ένας κώνος. Η γωνία του κώνου που σχηματίζεται από την οριζόντιο και την γενέτειρα του κώνου όταν το υλικό πέφτει ελεύθερα ή πέφτει από ένα κοίλο κύλινδρο είναι η γωνία διασποράς (φ_{st})

Γωνία Δυναμικής (υπερφορτώσεως) (φ_{dyn}). Η γωνία αυτή καθορίζεται κατά τον ίδιο τρόπο με την γωνία στατικής διασποράς αλλά μετρείται όταν η μεταφορική ταινία βρίσκεται σε λειτουργία είναι μικρότερη κατά 5° μέχρι 15° της στατικής. Σε μερικά υλικά μπορεί να είναι μικρότερη κατά 20° .

1.9.2 Χαρακτηριστικές Εξισώσεις.

Ικανότητα συνεχών μεταφορικών ιμάντων. Η ανυψωτική ικανότητα των συνεχών μεταφορικών μηχανών εξαρτάται από το βάρος του φορτίου ανά τρέχον μέτρο του μήκους W_m (kp/m) του ιμάντα και από την ταχύτητα μεταφοράς v (m/second). Τότε η ικανότητα του ιμάντα είναι $W_m * v$ (kp/second) και η ωριαία απόδοση δίδεται από την σχέση: $Q = 3,6 * W_m * v$ (t/h) Συντελεστής αντίστασης κίνησης. Όταν μια μεταφορική ταινία η ανυψωτική μηχανή είναι ανάγκη να ανεβάσει φορτίο Q (t/h) σε ένα ύψος H (m) τότε είναι η καταναλισκόμενη ισχύς είναι:

$$N_m = \frac{1000 * QH}{3600 * 75} = \frac{Q * H}{270} \text{ (hp)} \quad \text{ή} \quad N_{th} = \frac{1000 * QH}{3600 * 102} = \frac{Q * H}{367} \text{ (KW)}$$

Καθώς και για βαθμό απόδοσης h η απαιτούμενη ισχύ είναι:

$$N_r = \frac{N}{h} = \frac{Q * H}{270 * h} \text{ (hp)} = \frac{Q * H}{360 * h} \text{ (KW)}$$

Η σχέση αυτή ισχύει για μεταφορικές μηχανές που προορίζονται να ανεβάσουν φορτίο σε ύψος H . Σε περιπτώσεις οριζόντιας μεταφοράς του φορτίου ($H=0$) δεν ισχύει. Η απαιτούμενη ισχύ για την κίνηση μεταφορικών μηχανών εκφράζεται από την αντίσταση κατά την κίνηση. Αν το βάρος του φορτίου ανά τρέχον μέτρο ιμάντα είναι W_m σε kp/m το μήκος του ιμάντα L σε m και ο συντελεστής τριβής w , τότε η δύναμη που θα απαιτηθεί για να μεταφερθεί το βάρος είναι: $F_f = W_m * Lw$ (kp) και η απαιτούμενη ισχύ για να υπερνικηθεί η τριβή θα είναι:

$$N_f = \frac{F_f * v}{75} = \frac{W_m * Lw}{75} = \frac{Q * Lw}{75 * 3,6} = \frac{Q * Lw}{270} \text{ (hp)}$$

ή

$$N_f = \frac{F_f * v}{102} = \frac{W_m * Lw}{102} = \frac{Q * Lw}{102 * 3,6} = \frac{Q * Lw}{367} \text{ (KW)}$$

και η συνολική κατανάλωση ισχύος θα είναι:

$$N = \frac{Q * H}{270} + \frac{Q * Lw}{270} \text{ (hp)} \quad \text{ή} \quad N = \frac{Q * H}{367} + \frac{Q * Lw}{367} \text{ (KW)}$$

Από τις παραπάνω δύο σχέσεις καθορίζεται η ισχύς την κίνησης του οδηγού της τροχαλίας αν στο συντελεστή τριβής W_o λάβουμε υπόψη μας και τους συντελεστές τριβής που επηρεάζουν την κίνηση του ιμάντα τότε:

$$N_o = \frac{Q * H}{270} + \frac{Q * Lw_o}{270} \text{ (hp)} \quad \text{ή} \quad N_o = \frac{Q * H}{367} + \frac{Q * Lw_o}{367} \text{ (KW)}$$

και για βαθμό απόδοσης h θα ισχύει : $N_o = N * h$

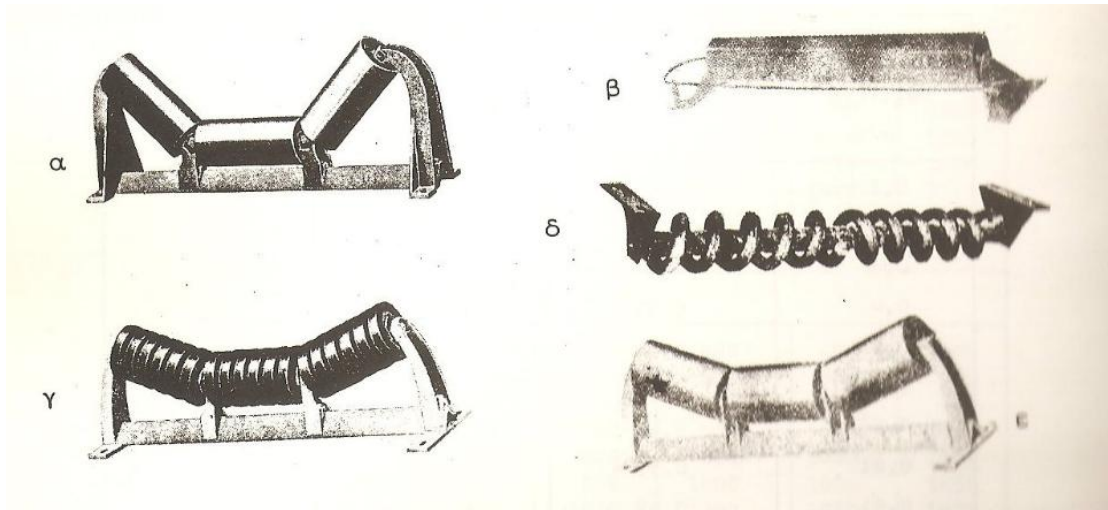
Έστω w' είναι ο συντελεστής αντιστάσεως για τα ξεχωριστά κομμάτια σε σχέση με το μικτό βάρος του μεταφερόμενου φορτίου π.χ. το βάρος του υλικού και το βάρος των κινουμένων στοιχείων της μηχανής. Έτσι αν W_o είναι το βάρος της μεταφορικής μηχανής που μεταφέρει βάρος W τότε η δύναμη έλξης για την οριζόντια κίνηση είναι: $F = (W + W_o) * w'$ Πρακτικά όμως ο συντελεστής αντιστάσεως κυμαίνεται μέσα σε όρια που εξαρτώνται από τον τύπο της μεταφορικής ταινίας.

1.9.3 Στοιχεία Μεταφορικών Ταινιών.

Κύλιστρα.

Στην πράξη οι εγκαταστάσεις των μεταφορικών ταινιών είναι ακριβές εγκαταστάσεις και έχουν το μειονέκτημα ότι τα διάφορα στοιχεία φθείρονται γρήγορα.

Επομένως τα κύλιστρα πάνω στα οποία τρέχουν οι ιμάντες πρέπει να σχεδιάζονται , να επιλέγονται και να στερεώνονται κατά τέτοιο τρόπο ώστε να εξασφαλίζεται η μέγιστη διάρκεια ζωής. Η αντίσταση τριβής του κυλίστρου επιδρά στην τάνυση του ιμάντα και στην ισχύ του κινητήρα. Η διάμετρος του κυλίστρου , η σχεδίαση των ρουλεμάν και η διατάξεις στεγανότητας είναι σπουδαίες γιατί αυτές συγκρατούν τα κύρια στοιχεία που επιδρούν στην αντίσταση τριβής. Με τον συνδυασμό του τύπου και τις διατάξεις των κυλίστρων επιτυγχάνεται η ελάχιστη συσσώρευση του υλικού . Στην Εικόνα 1.28 εικονίζονται διάφορα είδη κυλίστρων.



Εικόνα 1.28 Τυποποιημένες μορφές κυλίστρων.

α. Κύλιστρο μεταφοράς με γωνία 20° .

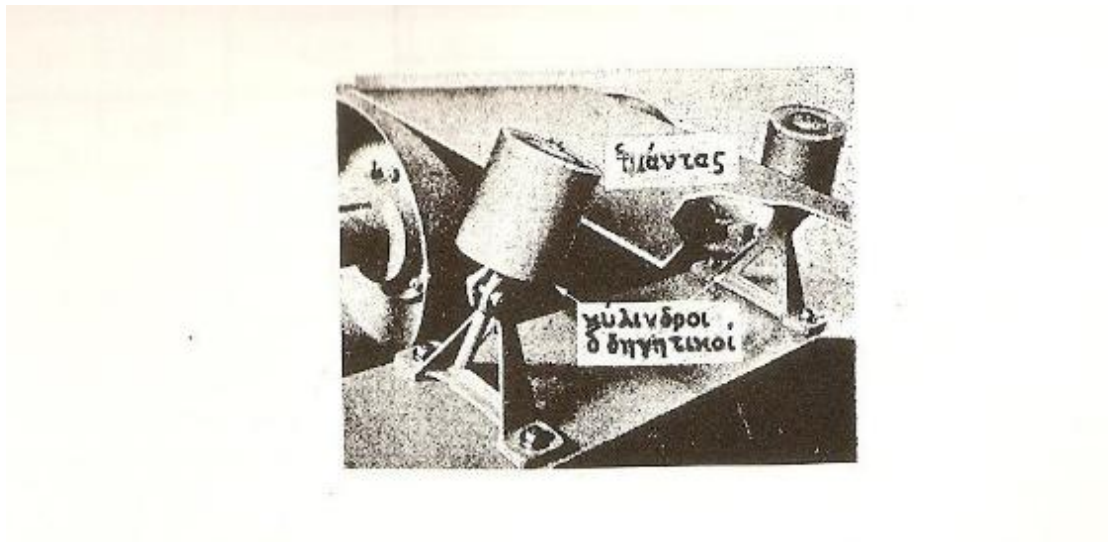
β. Κύλιστρο για επίπεδη ταινία.

γ. Κύλιστρο μεταφοράς με ελαστικούς δίσκους για γωνία σκαφίδωσης 20° .

δ. Κύλιστρο επιστροφής ελατηριωτό.

ε. Κύλιστρο μεταφοράς με γωνίες σκαφίδωσης 20° και 45° .

Στην Εικόνα 1.29 εικονίζεται μια τυπική διάταξη μεταφορικής ταινίας με κύλιστρα σαν οδηγούς σε γωνία.

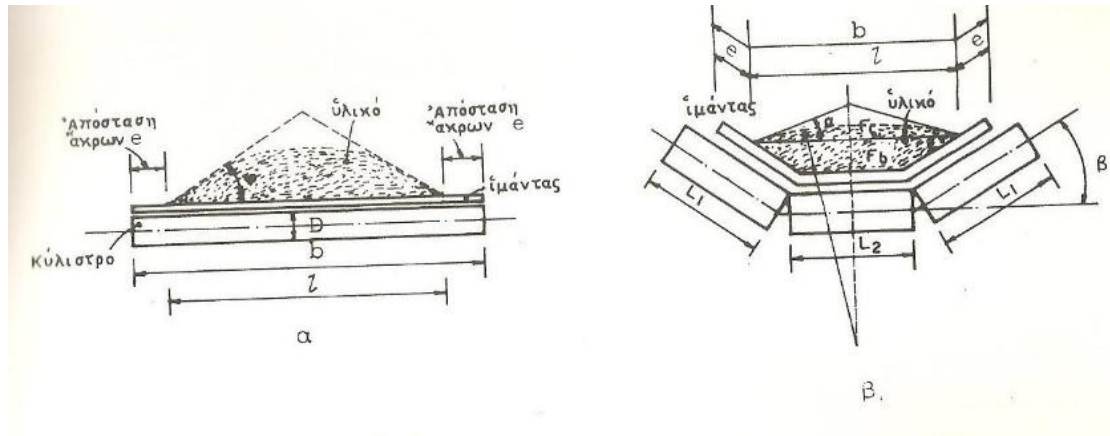


Εικόνα 1.29

Διαστήματα κυλίστρων.

Το κανονικό διάστημα των κυλίστρων μεταφοράς εξαρτάται: **1)** από το βάρος του μάντα και το βάρος του μεταφερόμενου υλικού, **2)** από την κοίλανση που δημιουργείται μεταξύ των κυλίστρων. Καθώς η κοίλανση αυξάνει είτε λόγο βάρους του μάντα και του υλικού είτε λόγω αύξησης του διαστήματος των κυλίστρων θα απαιτείται μεγαλύτερη ισχύ για να λειτουργήσει η μεταφορική ταινία.

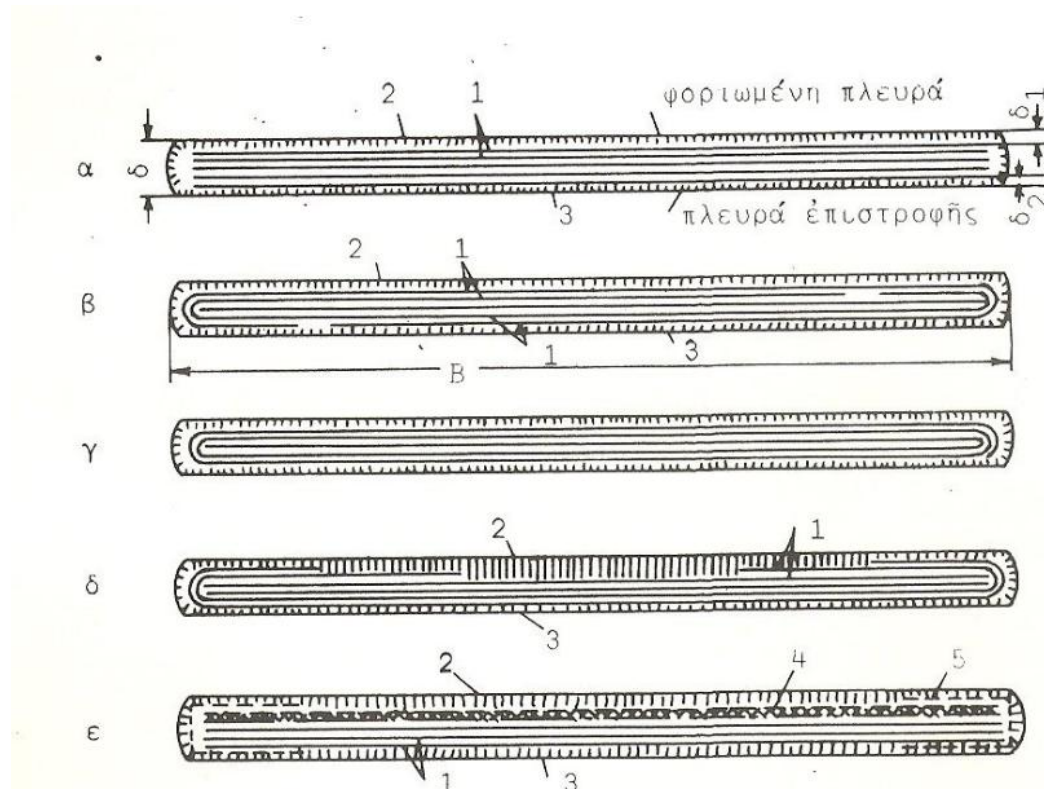
Για την καλύτερη σχεδίαση και περισσότερο αποδοτική λειτουργία της ταινίας η κοίλανση δεν επιτρέπεται να είναι μεγαλύτερη από 3% του διαστήματος των κυλίστρων μεταφοράς όταν λάβουμε υπόψη μας την εγκάρσια τομή. Στην Εικόνα 1.30 εικονίζεται μια διάταξη ιμάντων.



Εικόνα 1.30 α. επίπεδος ιμάντας , β. σκαφιδωτός ιμάντας με γωνία κοίλανσης.

Στοιχεία ιμάντων μεταφορικών ταινιών.

Στους παρακάτω τύπους υφασμάτων ιμάντων μεταφορικών ταινιών χρησιμοποιούνται σαν υλικά: τρίχωμα καμήλας , μπαμπάκι (κολλημένο η υφαντό) , εμβαπτισμένο μπαμπάκι και υφασμάτινοι ιμάντες διαφόρων τύπων με επικάλυψη ελαστικού. Οι ιμάντες πρέπει να πληρούν τις ακόλουθες απαιτήσεις: χαμηλή υγροσκοπικότητα , υψηλή αντοχή , μικρό βάρος , μικρή επιμήκυνση , μεγάλη ευκαμψία , μεγάλη αντίσταση στον διαχωρισμό των νημάτων (αντοχή στις μεταβλητές τάσεις ένεκα της συχνότητας κάμψης και τριβής κατά την λειτουργία του φορτωμένου ιμάντα) , μεγάλη διάρκεια ζωής. Χάρης αυτές τις ιδιότητες τους οι ελαστικοί ιμάντες προτιμούνται καλύτερα από τους άλλους τύπους ιμάντων. Επίσης γίνονται κατάλληλες δοκιμές για την αξιοπιστία & την αντοχής τους όπως: **1)** Δοκιμή αντοχής στον εφελκυσμό **2)** Μέθοδος δοκιμής αντοχής σε θραύση **3)** Μέθοδος δοκιμής σε ηλεκτρική αγωγιμότητα **4)** Μέθοδος δοκιμής αντοχής σε θερμοκρασία **5)** Δοκιμή σε σχίσμο του ιμάντα. Στην Εικόνα 1.31 εικονίζονται διάφοροι τύποι ελαστικών ιμάντων μεταφορικών ταινιών.



Εικόνα 1.31. α. κομμένα νήματα , β, πτυσσόμενα νήματα , γ. σπειροειδώς πτυσσόμενα ωήματα , δ. βαθμιδωτά νήματα , ε. ιμάντας ανθετικός σε υψηλή θερμοκάσια.

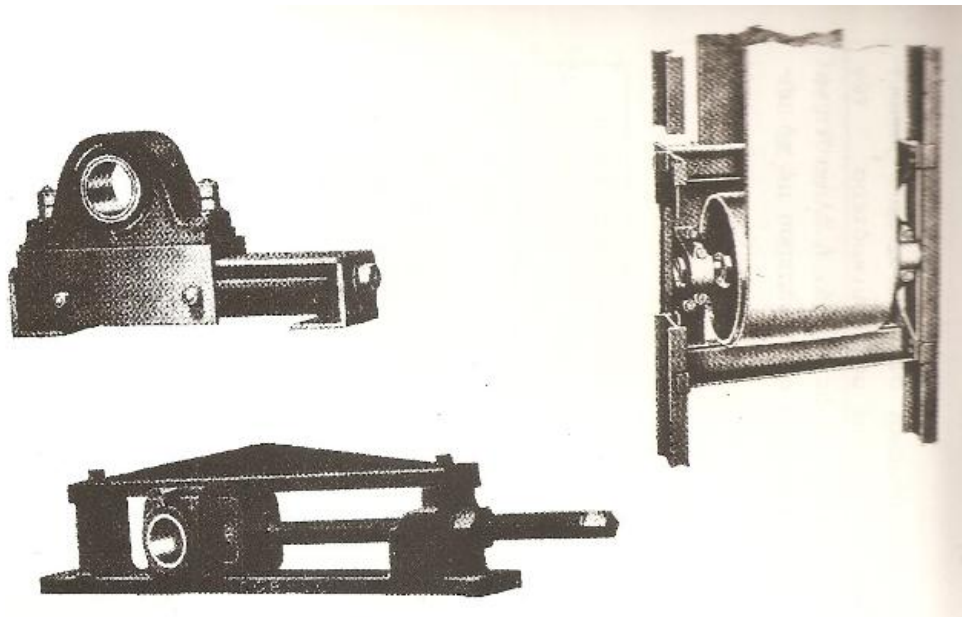
1.υφασμάτινα νήματα , 2. πάνω κάλυμα , 3. κάτω κάλυμα , 4. στρώμα ασβέστου , 5.λωρίδα σπασίματος

Προφυλακτήρες και στόμια φόρτωσης.

Εάν οι προφυλακτήρες και τα στόμια φόρτωσης δεν σχεδιασθούν και τοποθετηθούν ορθά μπορούν να επιφέρουν ζημιές στην μεταφορική ταινία.Επομένως η σχεδίαση των πρέπει να στηρίζεται σε προσεκτικούς υπολογισμούς.Ο πιο ακριβής υπολογισμός του απαιτούμενου όγκου ενός στόμιου καθορίζεται από την κατασκευή σχεδίου που δείχνει την φόρτωση και εκφόρτωση των υλικών για μια δεδομένη περίοδο που αντιστοιχεί σε ένα πλήρη κύκλο λειτουργίας ή σε μια ημέρα ή σε μια εναλλαγή.

Σφιγκτήρες.

Όλες οι καλά μελετημένες ταινίες χρησιμοποιούν συσκευές σφιγκτήρων για τους παρακάτω λόγους: **1.** Να εξασφαλίσουν κατάλληλη δύναμη τάνυσης για να αποφεύγεται η ολίσθηση στην οδηγό τροχαλία. **2.** Να εξασφαλίσουν κατάλληλη δύναμη τάνυσης κατά την φόρτωση και άλλα σημεία κατά το μήκος του ιμάντα αυτό είναι αναγκαίο για να αποφεύγονται απώλειες στην περιοχή της σκαφίδωσης μεταξύ των κυλίστρων και για να μη χύνεται το υλικό από τον ιμάντα. **3.** Να αποφεύγεται το τσαλάκωμα και συρίκνωμα του ιμάντα. **4.** Να επιτρέπει το τύλιγμα του ιμάντα σε περίπτωση ματίσματος. Χωρίς αυτό το τύλιγμα μικρά κομμάτια του καινούργιου ιμάντα που χρειάζονται δύο ματίσματα θα έπρεπε να προστεθούν για κάθε επισκευή ματίσματος. Οι σφιγκτήρες χρησιμοποιούνται ακόμη για απεριοδικές ρυθμίσεις, χειροκίνητες, αυτόματες, ή με υδραυλικές ή πνευματικές συσκευές. Οι χειροκίνητοι ρυθμιζόμενοι σφιγκτήρες χρησιμοποιούνται σε μεταφορικές ταινίες με μήκος μικρότερο των 60,0 m. Στην Εικόνα 1.32 εικονίζονται διάφοροι τύποι σφιγκτήρων.



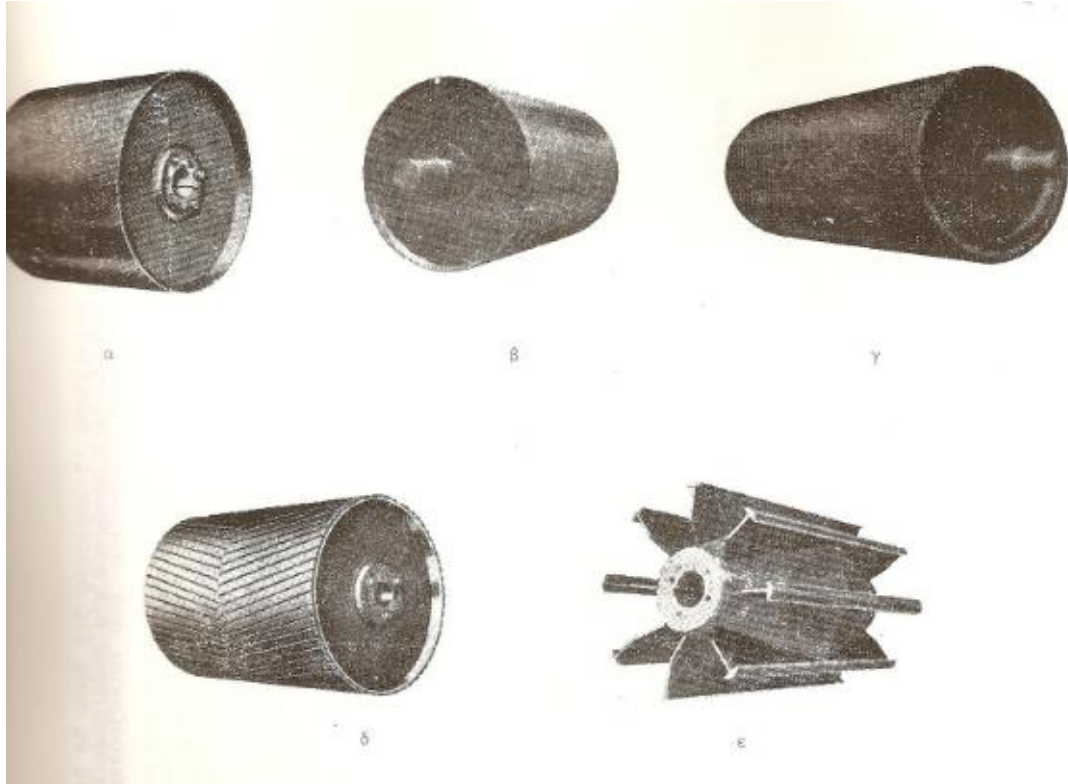
Εικόνα 1.32

Τροχαλίες και άξονες

Οι τροχαλίες και άξονες των μεταφορικών ταινιών αποτελούν μια σύνθετη κατασκευή και η μελέτη των δεν είναι δυνατόν να γίνει ξεχωριστά καθόσον τα χαρακτηριστικά της λειτουργίας των σχετίζονται πολύ στενά μεταξύ.

Η κατασκευή των πρώτων τροχαλιών ήταν από ξύλο αργότερα από χυτοσίδηρο.

Σήμερα κατά κανόνα οι τροχαλίες κατασκευάζονται από συγκολλητό χάλυβα και είναι τυποποιημένες ως προς τις διαστάσεις ομοιότητες κατασκευής και ικανότητα φόρτισης. Σε ειδικές περιπτώσεις ανάλογα με τις συνθήκες εργασίας χρησιμοποιούνται τροχαλίες από χυτοσίδηρο. Οι τροχαλίες καταπονούνται από τις δυνάμεις τάνυσης, το βάρος του άξονα και της τροχαλίας. Στην Εικόνα 7 εικονίζονται διάφοροι τύποι τροχαλιών.



Εικόνα 1.33. α. κοινή χαλύβδινη τροχαλία, β. προκατασκευασμένη τροχαλία με στεφάνη, γ. τροχαλία με κυρτωμένα άκρα, δ. χαλύβδινη τροχαλία με επένδυση αντίθετης διάταξης, ε. προκατασκευασμένη τροχαλία με πτερώγια.

1.9.4 Τύποι Μεταφορικών Ταινιών.

Γενικά.

Οι τύποι των μεταφορικών ταινιών εξαρτώνται από τις συνθήκες εργασίας, την αποδοτικότητα, την διάρκεια ζωής, το είδος του φορτίου κ.λπ.

Κατά την μελέτη εκλογής του τύπου της μεταφορικής ταινίας λαμβάνονται υπόψη οι όλοι αυτοί οι παράγοντες ο συνδυασμός των οποίων αποβλέπει στην λήψη μιας

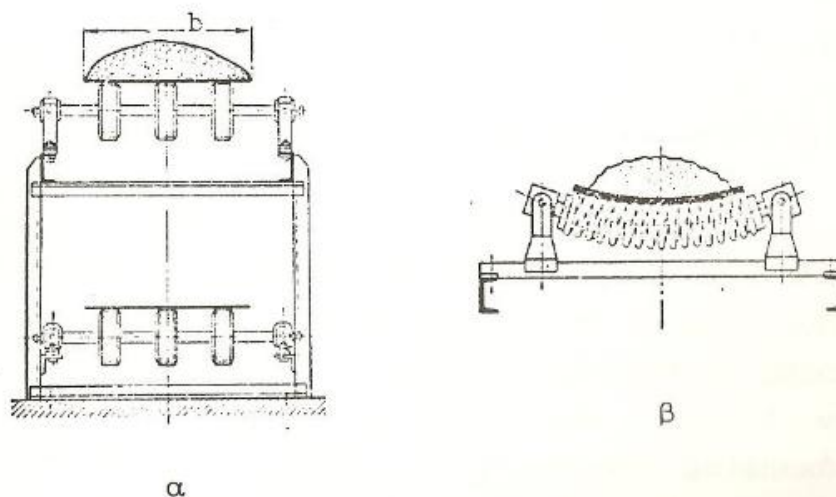
απόφασης ώστε η μεταφορική ταινία να εργάζεται με την βέλτιστη απόδοση της. Παρακάτω θα εκτεθούν διάφοροι τύποι μεταφορικών ταινιών που χρησιμοποιούνται σε διάφορους τρόπους εργασίας.

Μεταφορικές ταινίες με μεταλλικούς ιμάντες.

Οι μεταφορικές αυτές ταινίες (καλούμενες με ιμάντες Sandvik) είναι όμοιες με τις ταινίες με τις ταινίες με τους λαστιχένιους ιμάντες όσον αφορά στην γενική τους διάταξη και στις αρχές λειτουργίας. Όμως η σχεδίαση των επιμέρους τεμαχίων διαφέρει λόγω της διαμόρφωσης και της αυξανόμενης ακαμψίας του χαλύβδινου ιμάντα. Οι ιμάντες κατασκευάζονται από ψυχρό ρολλαρισμένο ανθρακίτη ή ανοξείδωτο χάλυβα και είναι ρολλαρισμένοι σε όλη την επιφάνεια (350 έως 800 mm πλάτος και 0,6 έως 1.2 mm πάχος) ή σε δύο περισσότερα κομμάτια που το καθένα έχει πλάτος μέχρι 4m κατασκευασμένο με μια ειδική μέθοδο.

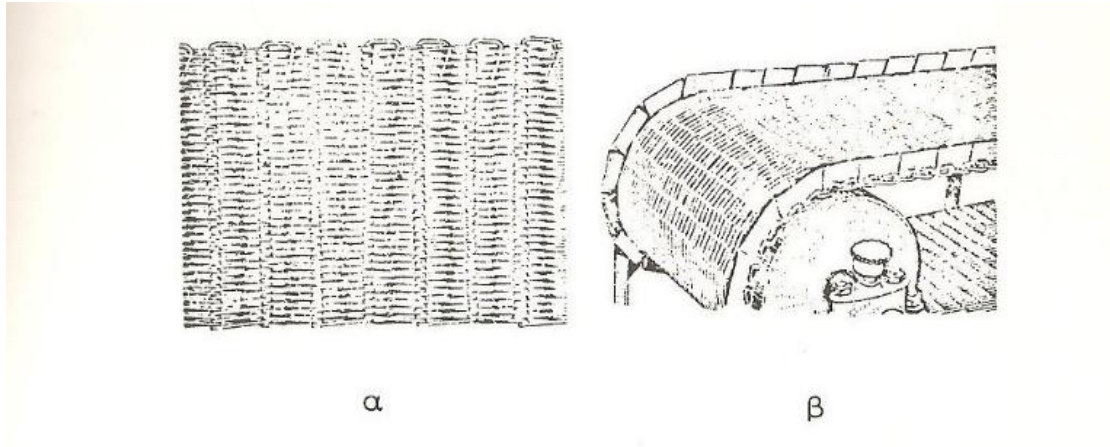
Ο ιμάντας με άνθρακα-χάλυβα χρησιμοποιείται για διακίνηση υλικών σε θερμοκρασία 100-120 $^{\circ}\text{C}$ όταν η θερμοκρασία δεν είναι ομοιόμορφα κατανομημένη και μέχρι 300 $^{\circ}\text{C}$ όταν είναι ομοιόμορφα κατανομημένη. Η λεία επιφάνεια του χαλύβδινου ιμάντα επιτρέπει να ανεβάσει και να ξεφορτώσει ιξώδη υλικά βρεγμένη άργιλο, ακατέργαστη ζάχαρη, κ.λπ. σε διάφορα σημεία κατά μήκος της διαδρομής. Οι κλίσεις στις οποίες οι ταινίες με μεταλλικούς ιμάντες λειτουργούν είναι 2 $^{\circ}$ έως 5 $^{\circ}$ μικρότερες από εκείνες τις ταινίες με υφαντούς γομαρισμένους (λαστιχένια επένδυση) όταν μεταφέρονται ομοειδή φορτία).

Παρακάτω εικονίζεται μεταλλικοί ιμάντες. Εικόνα 1.34



Εικόνα 1.34. α. με επίπεδα κύλιση, με ελατηριωτά κύλιση
Ταχύτητες ιμάντα μεγαλύτερες από 1 m/second δεν συνιστώνται. Οι ταινίες αυτές χρησιμοποιούνται για μεταφορά φρούτων, χημικών και άλλων κλάδους τις βιομηχανίας και επίσης για βαρείες συνθήκες λειτουργίας όπου δεν είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν λαστιχένιοι υφασμάτινοι ιμάντες. Σε αυτές τις μεταφορικές ταινίες υπάρχουν και οι ταινίες με ιμάντες με συρμάτινο πλέγμα (Εικόνα 1.35) που

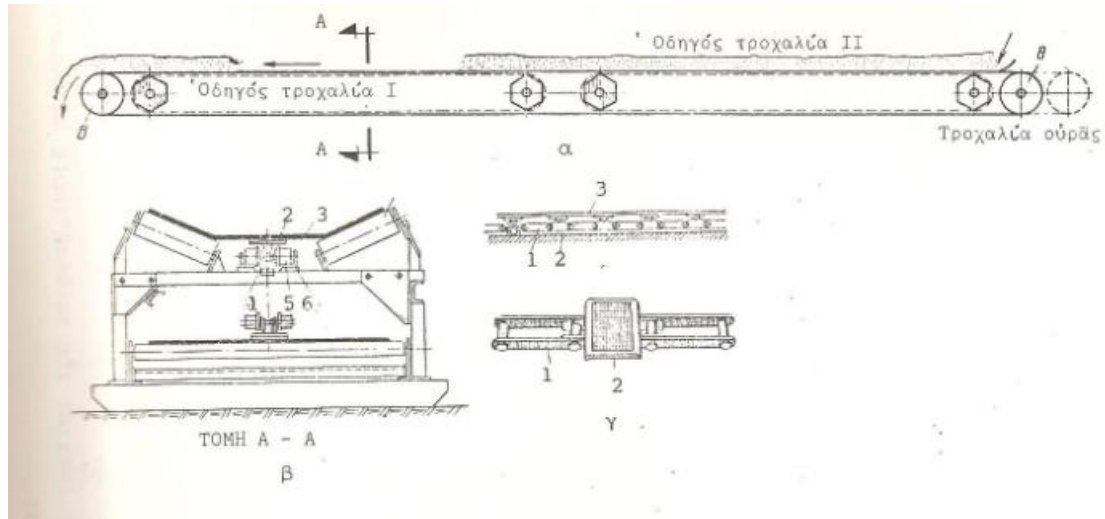
χρησιμοποιούνται για μεταφορά υλικών μέσα από περιβάλλον υψηλής θερμοκρασίας μέχρι $1000\text{ }^{\circ}\text{C}$ όπως είναι σε φούρνους, σε πλυντήρια κ.τ.λ. ως επίσης και σε χώρους ψύξης ή όμοιων λειτουργιών.



Εικόνα 1.35

Μεταφορικές ταινίες με αλυσίδες και συρματόσχοινα.

Οι ταινίες αυτές χρησιμοποιούν μια αλυσίδα ή συρματόσχοινο για να κινήσουν τον ιμάντα. Αυτή η ειδική μελέτη εξυπηρετεί δύο σκοπούς: **1)** Να αυξήσει την τροχιά της ταινίας χωρίς να ανασηκώσει τα βάρη, **2)** Να κατεβάσει το κόστος της μεταφορικής ταινίας. Σ' αυτές τις ταινίες ο ιμάντας εργάζεται ομαλά κατά την μεταφορά του φορτίου και η κατασκευή του στηρίζεται σε 3 έως 4 ενισχύσεις που είναι ανεξάρτητες του μήκους του ιμάντα. Η έλξη επιτυγχάνεται με μια γερή αλυσίδα ή χαλύβδινο σύρμα, ικανό να πάρει βαριά φορτία. Η κίνηση από την αλυσίδα ή τα συρματόσχοινα μεταφέρεται στον ιμάντα με την τριβή. Στην Εικόνα 1.36 φαίνεται η διάταξη μια τέτοιας μεταφορικής ταινίας με αλυσίδες. Η αλυσίδα 1 αποτελείται από πλάκες που συνδέονται με το τεμάχιο 2 και αποτελεί το στοιχείο έλξης της μεταφορικής ταινίας. Ο ιμάντας 3 σκαφιδώνεται λόγω των κύλιστρον 4. Τα κύλιστρα αυτά δεν έχουν κεντρικό κύλιτρο αλλά κυλίστωνα πάνω στο τύμπανο 5 που φέρει οδηγούς 6. Έτσι ο ιμάντας ευρίσκεται σε κίνηση λόγω της τριβής μεταξύ πλακών και ιμάντα.

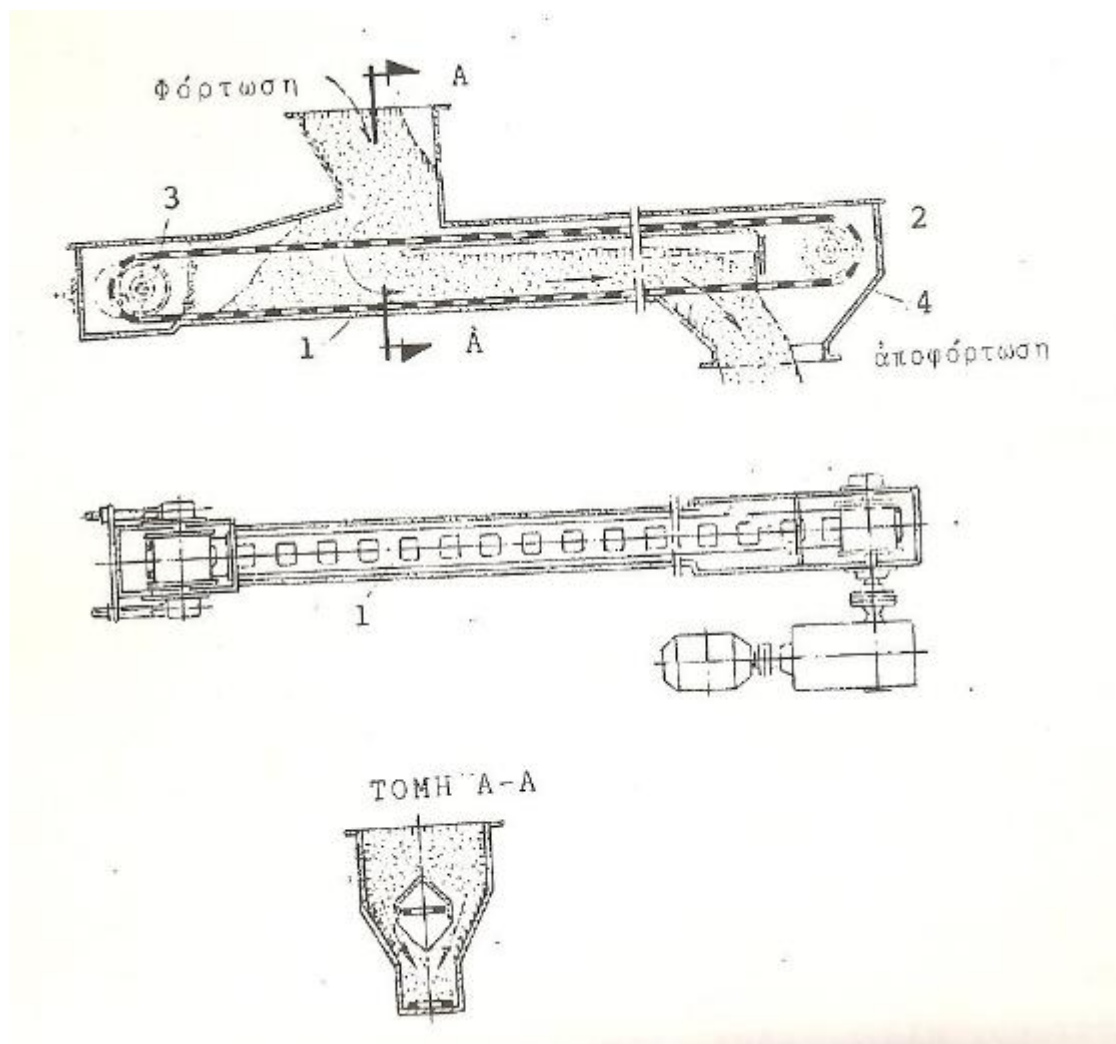


Εικόνα 1.36. Σχηματική Διάταξη μεταφορικής ταινίας με αλυσίδες: α. ταινίας, β. εγκάρσια τομή, γ. κινούμενα μέρη, 1. αλυσίδα, 2. φωλιά ρουλεμάν, 3. μάντας, 4. κύλιστρο, 5. τύμπανο, 6. οδηγός

Η επιτυχής λειτουργία μιας τέτοιας μεταφορικής ταινίας εξαρτάται από την επαφή μεταξύ μάντα και αλυσίδας. Το πλεονέκτημα που προσφέρεται από τέτοιους μάντες είναι ότι είναι ικανοί να λειτουργήσουν σε μεγάλες αποστάσεις καθόσον είναι να λειτουργούν κατά τμήματα. Στην κατηγορία αυτή των μεταφορικών ταινιών όπως αναφέρθηκε υπάγονται και οι μεταφορικές ταινίες με συρματόσχοινα που έχουν τα ίδια πλεονεκτήματα μόνο που είναι πιο ελαφριές κατασκευές μεταφορικές αυτές ταινίες συνήθως διαθέτουν πλάτος 600 έως 1200, ικανότητα μεταφοράς 25 έως 750 t/h, ταχύτητα 1,25 έως 2 m/second, μήκος 400 έως 3800 m, διάμετρο συρματόσχοινου 25 έως 35 mm, διάμετρο οδηγού τροχαλίας 2 έως 5 m.

Καταδυόμενες μεταφορικές ταινίες.

Η διακίνηση ογκωδών υλικών σε ένα συνεχές ρεύμα επιτυγχάνεται με καταδυόμενες ταινίες (Εικόνα 1.37). Οι ταινίες αυτές αποτελούνται από τον ιμάντα 1 που τρέχει γύρω από τον οδηγό τροχαλία 2 και την τροχαλία ουράς 3 που ευρίσκεται ερμητικά κλεισμένη στην θήκη 4. ο ιμάντας κατασκευάζεται από γομαρισμένο υφαντό και χάλυβα σε ρολούς ή σύρμα. Οι καταδυόμενες μεταφορικές ταινίες ουσιαστικά διαίρουνται σε τρεις τύπους ανάλογα με την θέση του στομίου φόρτωσης και εκφόρτωσης και αυτοί είναι: **1.** Τύπος με φόρτωση στο κέντρο-εκφόρτωση στα άκρα του ιμάντα που χρησιμοποιείται για ελεύθερη ροή και κονιοποιημένα σαν σκόνη υλικά, **2.** Τύπος με φόρτωση-εκφόρτωση στα άκρα του ιμάντα που χρησιμοποιείται για στερεά υλικά και ιμάντες με συρματόσχοινα, **3.** Τύπος με φόρτωση του ιμάντα σε ολόκληρο το μήκος του για κοκκώδη υλικά. Γενικά οι καταδυόμενες μεταφορικές ταινίες χρησιμοποιούνται για μεταφορά ξηρών, κονιοποιημένων ελεύθερης ροής και κοκκωδών υλικών σε ένα οριζόντιο ή κεκλιμένο επίπεδο.

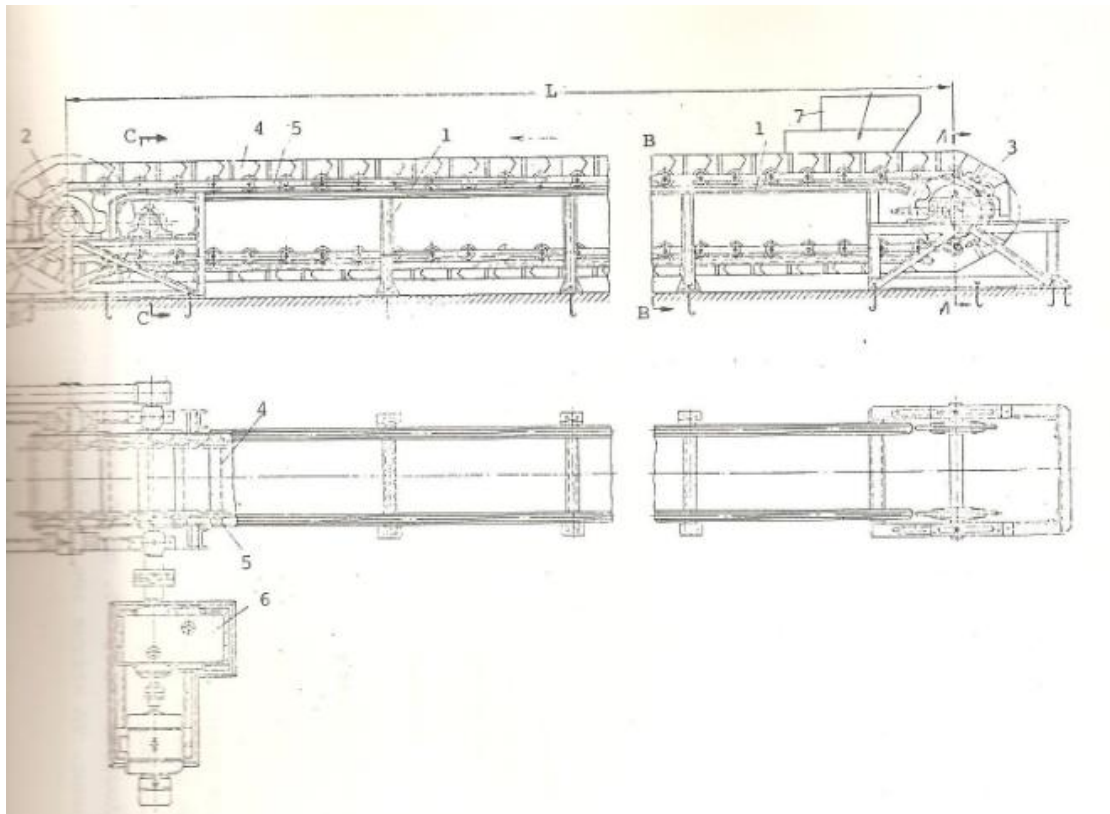


Εικόνα 1.37

Μεταφορικές ταινίες τύπου Apron.

Οι μεταφορικές ταινίες τύπου Apron (Εικόνα 1.38) ή λεπτές μεταφορικές ταινίες αποτελούνται από τον σκελετό 1 , την οδηγό τροχαλία 2 , στην τροχαλία ουράς 3 , την κινούμενη κλίνη ή Apron που αποτελείται από ξεχωριστές λεπτές λουρίδες 4 που εξασφαλίζονται από ένα ή δύο κύλιστρα της αλυσίδας έλξης 5 , οι δεσμοί αποτελούνται από κυλίνδρους.

Το πλέγμα των αλυσίδων κινείται μέσω οδοντωτών τροχών που παίρνουν κίνηση από την κινητήρα 6 .το συγκρότημα κινείται κατά μήκος του άξονα της μεταφορικής ταινίας υλικά που θα μεταφερθούν φορτώνονται πάνω στην ταινία που τροφοδοτείται από ένα ή περισσότερα χωνιά 7 , τοποθετημένα σε οποιοδήποτε σημείο κατά μήκος της διαδρομής και ξεφορτώνονται πάνω από την τροχαλία στο χώρο 8.Οι μεταφορικές ταινίες τύπου Apron χρησιμοποιούνται να μεταφέρουν διάφορα ογκώδη υλικά και κομμάτια οριζόντια με κλίση.Χρησιμοποιούνται ευρύτατα στην χημική βιομηχανία , μεταλλουργία , ορυχεία , δομικές μηχανές και άλλους κλάδους της βιομηχανίας.Επίσης χρησιμοποιούνται για μεταφορές τεμαχίων από τους χώρους εργασίας στην γραμμή παραγωγής.Η διαφορά από τις άλλες μεταφορικές ταινίες είναι ότι με τις ταινίες τύπου Apron συνήθως διακινούμε υλικά βαριά , χονδρόκοκκα , με ανώμαλη επιφάνεια και θερμά (άμμος , χυτεύσιμα , σφυρήλατα κομμάτια , κ.λπ.).Επίσης χρησιμοποιούνται σε χώρους πλυσίματος , βαφής , ψύξης , ξήρανσης , πυράκτωσης , κ.λπ.).



Εικόνα 1.38

Πλεονεκτήματα τους:

1) Διαθέτουν ικανότητες διακίνησης βαριών , χονδρόκοκκων και θερμών υλικών.
2) Έχουν την ικανότητα μεταφοράς 2000 t/h και άνω ειδικά όταν εφοδιάζονται με προφυλακτήρες. Επίσης είναι ενισχυμένες με ισχυρές αλυσίδες έλξης που επιτρέπουν την εγκατάσταση μεγάλου μήκους ταινιών , τρέχουν ομαλά και αθόρυβα και έχουν την δυνατότητα αλλαγής κατεύθυνσης και δημιουργίας καμπυλότητας μικρής ακτίνας. **Μειονεκτήματα τους:** 1) Μεγάλο ίδιο βάρος της ταινίας και αλυσίδων. 2) πολύπλοκη κατασκευή και υψηλό κόστος. 3) Μεγάλος αριθμός αιωρούμενων συνδέσμων που χρειάζονται συνεχή συντήρηση για να λειτουργούν αποδοτικά. Οι αρχές κατασκευής γεωμετρίας κ.λπ. των ταινιών αυτών δεν διαφέρουν από τι έχει περιγράψει μέχρις εδώ εκτός από την ανοδική κλίση που μπορεί να φθάσει πάνω από 45° με ειδικές διατάξεις και η ακτίνα καμπύλωσης $R=5$ έως 8 m.

1.10 Στοιχεία Κινητήρων Μεταφορικών Ταινιών.

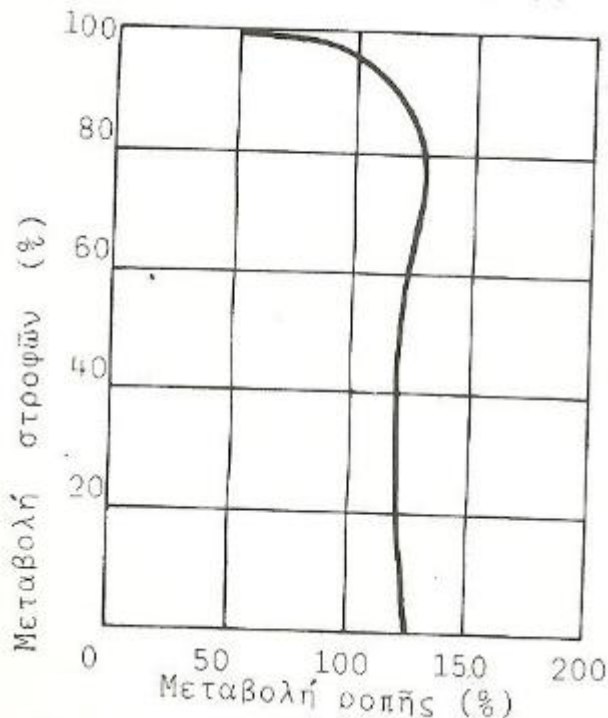
Γενικά.

Μετά τον καθορισμό των βασικών απαιτήσεων ισχύος η επιλογή των ηλεκτροκινητήρων των μεταφορικών ταινιών εξαρτάται από πολλούς συντελεστές όπως τα χαρακτηριστικά κατά την εκκίνηση , είδος και τάση της ισχύος , συνθήκες ατμόσφαιρας και περιβάλλοντος , απαιτήσεις απλών ή πολλαπλών ταχυτήτων , ειδικές συνθήκες συντήρησης , και κατά πόσο η ταινία είναι ανοδική , καθοδική ή δεν έχει καμία η περισσότερες καμπύλες.

1.10.1 Χαρακτηριστικά Ηλεκτροκινητήρα.

Ο ηλεκτροκινητήρας που θα επιλεγεί πρέπει να έχει ισχύ ικανή για να καλύπτει τις απαιτήσεις τουλάχιστον των κινούμενων μερών της μεταφορικής ταινίας. Οι στεγανοί κινητήρες έχουν συντελεστή αύξησης της ισχύος λειτουργίας ίσον με 1,15 που σημαίνει ότι είναι δυνατή η υπερφόρτιση κατά 15% χωρίς να υπάρχει κίνδυνος υπερθέρμανσης. Κατά NEMA (National Electrical Manufacturers Association , U.S.A) για την αποφυγή της υπερθέρμανσης τοποθετούνται ανεμιστήρες ψύξεως με συντελεστή αύξηση της ισχύος ίσον με 1,15 δηλαδή ικανός να υπερφορτωθούν κατά 15%. Στην περίπτωση που υπάρχει ένας τέτοιος συντελεστής αύξησης της ισχύος λειτουργίας ίσος με 1,15 δεν συνιστάται να χρησιμοποιείται για απρόσθετο φορτίο παρά μόνο σε περιπτώσεις που η υπολογισμένη ισχύ στον άξονα του κινητήρα είναι πολύ ασήμαντη και μια πλήρη ανάλυση δείχνει ότι κατά την εκκίνηση η μεταφορική ταινία είναι δυνατόν να λειτουργήσει σε όλες τις συνθήκες λειτουργίας. Επίσης η ροπή στρέψης στον άξονα αυξάνει κατά 135% μέχρι 200% όπως φαίνεται στον Πίνακα 1. Οι τιμές αυτές μειώνονται λόγω απωλειών στην ταινία και στον κινητήριο άξονα , έτσι ώστε η επιτρεπόμενη ροπή κατά την εκκίνηση θα ποικίλει και θα είναι κατευθείαν ανάλογη προς την επιτρεπόμενη τάση. Κατά πόσον η μεταφορική ταινία είναι οριζόντια , καθοδική , ή ανοδική θα επιδράσει αναλογικά. Μια ιδανική μεταβολή της ροπής στρέψης σε συνάρτηση με την μεταβολή

των στροφών φαίνεται στο διάγραμμα του Εικόνα 1.39



Εικόνα 1.39.Ιδανική μεταβολή της ροπής στρέψεως σε συνάρτηση με την μεταβολή των στροφών στον άξονα μεταφορικής ταινίας.Η καμπύλη ισχύει για υπερφόρτιση μέχρι 130%.

Το παραπάνω διάγραμμα είναι ενδεικτικό και ισχύει για ορισμένο τύπο κινητήρα όπου πρέπει να συνοδεύει τον ηλεκτροκινητήρα μεταβολή του διαγράμματος επιτυγχάνεται με διάφορες διατάξεις μέτρησης της ροπής και των στροφών. Σαν ηλεκτροκινητήρες συνιστώνται οι κινητήρες με κλωβό , εναλλασσόμενου ρεύματος γιατί είναι οι πιο απλοί , περισσότερο οικονομικοί και απαιτούν ελάχιστη συντήρηση.Χαρακτηριστικά καμπυλών κινητήρων με κλωβό (κατά NEMA) φαίνονται στο Εικόνα 1.39 που αφορούν δύο τύπους κινητήρων (NEMA B , C) ισχύος 50 hp ,1800rpm.Τα στοιχεία ελήφθησαν από τον Πίνακα 6.1 που φαίνονται τα χαρακτηριστικά κινητήρων για μεταφορικές ταινίες Πίνακα 6.1 δείχνει ότι η ροπή εκκίνησης για κινητήρα τύπου B ποικίλει από 100 μέχρι 275% της ροπής του πλήρους φορτίου , εξαρτώμενη από την ισχύ και τις στροφές.

Πίνακας 6.1. Τιμές ισχύος, στροφών, συχνότητας, και ροπής ρότορος κατά την λειτουργία και την βλάβη του κινητήρα.

| Στροφές σύγχρονου κινητήρα Συχνότη. 60cps = 50cps | Ελάχιστη ροπή ρότορα επί τοις % της ροπής του πλήρους φορτίου | | | | | | | | | | | Ελάχιστη ροπή βλάβης επί τοις % της ροπής του πλήρους φορτίου. (2) | | | | | | |
|---|---|--------------|--------------|------------|------------|------------|------------|------------|--------------|--------------|---------------------------|--|--------------|--------------|------------|--------------|--------------|------------|
| | Τύπος A και B | | | | | | | | Τύπος C | | | Τύπος B και C | | | | Τύπος C | | |
| | 3600 3000 | 1800 1500 | 1200 1000 | 900 750 | 720 600 | 600 500 | 514 428 | 450 375 | 1800 1500 | 1200 1000 | 900 750 ⁽¹⁾ | 3600 3000 | 1800 1500 | 1200 1000 | 900 750 | 1800 1500 | 1200 1000 | 900 750 |
| Ισχύς (hp) | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1/2 | | | | 150 | 150 | 115 | 110 | 105 | | | | | | | | | 250 | |
| 3/4 | | | 175 | 150 | 150 | 115 | 110 | 105 | | | | | | | 275 | 250 | | |
| 1 | | 275 | 175 | 150 | 150 | 115 | 110 | 105 | | | | | | 300 | 275 | 250 | | |
| 1 1/2 | 175 | 265 | 175 | 150 | 150 | 115 | 110 | 105 | | | | | | 275 | 300 | 275 | 250 | |
| 2 | 175 | 250 | 175 | 150 | 145 | 115 | 110 | 105 | | | | | | 250 | 275 | 250 | 225 | |
| 3 | 175 | 250 | 175 | 150 | 135 | 115 | 110 | 105 | | 250 | 225 | | | 250 | 275 | 250 | 225 | |
| 5 | 150 | 185 | 160 | 130 | 130 | 115 | 110 | 105 | 250 | 250 | 225 | | | 225 | 225 | 225 | 200 | 200 |
| 7 1/2 | 150 | 175 | 150 | 125 | 120 | 115 | 110 | 105 | 250 | 225 | 200 | | | 215 | 215 | 215 | 190 | 190 |
| 10 | 150 | 175 | 150 | 125 | 120 | 115 | 110 | 105 | 250 | 225 | 200 | | | 200 | 200 | 200 | 190 | 190 |
| 15 | 150 | 165 | 140 | 125 | 120 | 115 | 110 | 105 | 225 | 200 | 200 | | | 200 | 200 | 200 | 190 | 190 |
| 20 | 150 | 150 | 135 | 125 | 120 | 115 | 110 | 105 | 200 | 200 | 200 | | | 200 | 200 | 200 | 190 | 190 |
| 25 | 150 | 150 | 135 | 125 | 120 | 115 | 110 | 105 | 200 | 200 | 200 | | | 200 | 200 | 200 | 190 | 190 |

Συνέχεια Πίνακα 6.1

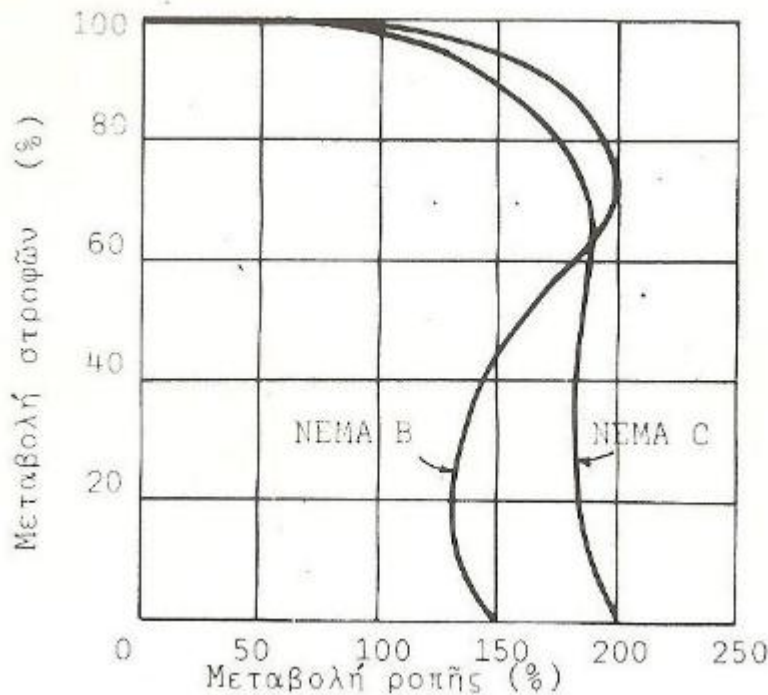
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 30 | 150 | 150 | 135 | 125 | 120 | 115 | 110 | 105 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 190 | 190 | 190 |
| 40 | 135 | 150 | 135 | 125 | 120 | 115 | 110 | 105 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 190 | 190 | 190 |
| 50 | 125 | 150 | 135 | 125 | 120 | 115 | 110 | 105 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 190 | 190 | 190 |
| 60 | 125 | 150 | 135 | 125 | 120 | 115 | 110 | 105 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 190 | 190 | 190 |
| 75 | 110 | 150 | 135 | 125 | 120 | 115 | 110 | 105 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 190 | 190 | 190 |
| 100 | 110 | 125 | 125 | 125 | 120 | 115 | 110 | 105 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 190 | 190 | 190 |
| 125 | 100 | 110 | 125 | 125 | 120 | 115 | 110 | 105 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 190 | 190 | 190 |
| 150 | 100 | 110 | 125 | 125 | 120 | 115 | 110 | 105 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 190 | 190 | 190 |
| 200 | 100 | 100 | 125 | 125 | 120 | 115 | 110 | 105 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 190 | 190 | 190 |

Σημείωση: (1) Για στροφές μικρότερες των 750 rpm ή ελάχιστη ροπή λαμβάνεται γενικά 200%

(2) Οι τιμές του τύπου B δεν ισχύουν για τον τύπο A

Πίνακας 6.1.

Για τις κινητήριες ταινίες η απαιτούμενη ισχύ είναι μεγαλύτερη της ροπής εκκίνησης και χρησιμοποιούνται κινητήρες τύπου C (NEMA). Αξίζει να σημειωθεί ότι η καμπύλη ροπής στροφών κινητήρων τύπου C προσεγγίζει την ιδανική καμπύλη που είναι ευθεία. Επειδή όμως παραμένει σταθερή μεταξύ 175 και 225% αυτή η καμπύλη ροπής στροφών είναι δυνατόν να δημιουργήσει υπερτάσεις στην ταινία κατά την διάρκεια της εκκίνησης. Το μειονέκτημα αυτό, μπορεί να έρθει με μείωση της τάσεως εκκίνησης. Κινητήρες ισχύος πάνω από 200 hp δεν έχουν τυποποιηθεί κατά NEMA όπως φαίνεται και στον Πίνακα 6.1. Σε πολλές περιπτώσεις οι τυποποιημένοι κινητήρες σε αυτές τις διαστάσεις θα διαθέτουν μια ροπή εκκίνησης μόνον κατά 100%. Επομένως κατά την κατασκευή του κινητήρα πρέπει να καθορίζεται ότι πρόκειται να χρησιμοποιηθεί για μεταφορική ταινία.



Εικόνα 1.40. Τυπικές καμπυλές ροπής-στροφής για κινητήρα 50 hp ,1800rpm.

Επιτάχυνση Μεταφορικής Ταινίας.

Ο ηλεκτροκινητήρας που θα κινεί μια πλήρως φορτωμένη μεταφορική ταινία χωρίς να υπερθερμανθεί ενδέχεται να μην είναι ικανός να επιταχύνει τον φορτωμένο μάντα από την ηρεμία στην ταχύτητα που έχει μελετηθεί.

Για να εξασφαλίσουν επαρκείς δυνατότητες εκκίνησης πρέπει να υπάρχουν οι ακόλουθες συνθήκες:

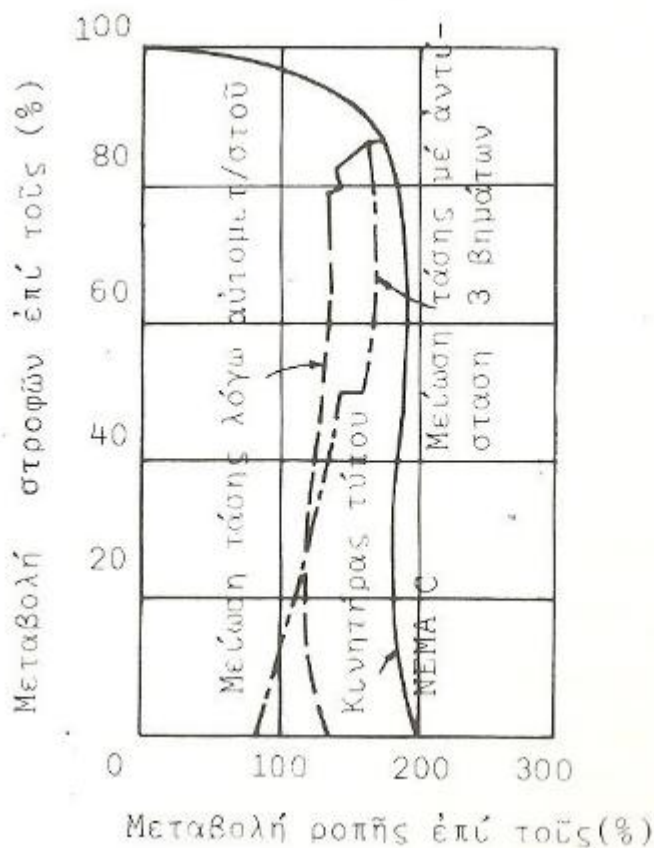
1. Η ροπή του ρότορα του κινητήρα θα περιλαμβάνει το άθροισμα της απαιτούμενης ροπής για να σηκώσει το υλικό συν δύο φορές περίπου την απαιτούμενη ροπή για να υπερνικήσει την συνολική τριβή της μεταφορικής ταινίας ως επίσης οποιαδήποτε δυνατή πτώση τάσης του ηλεκτρικού δικτύου που ενδέχεται να υπάρξει κατά την διάρκεια της επιτάχυνσης.

Αυτό δεν είναι δυνατόν για μεγάλες οριζόντιες ή για καθοδικές ταινίες.

2. Η καμπύλη ροπής-στροφών του κινητήρα δεν θα μπορούσε να πέσει κάτω από την χαραγμένη γραμμή που αντιστοιχεί στην ροπή-στρέψης του ρότορα που δίνει την απαιτούμενη ισχύ για να λάβει τις κανονικές στροφές. Η διαθέσιμη ροπή επιτάχυνσης του κινητήρα

Πτώση τροφοδότησης ηλεκτρικής τάσης.

Σε όλες τις μεθόδους της πτώσης τάσης κατά την εκκίνηση, η ροπή ισούται με το τετράγωνο της τάσης. Αυτό μειώνει το ρεύμα τροφοδοσίας που αντιστοιχεί στην πλήρη τάση εκκίνησης. Το μειωμένο ρεύμα εκκίνησης στους κινητήρες τύπου κλωβού μπορεί να συμπληρωθεί με την χρησιμοποίηση αρχικής αντίστασης αυτομετασχηματισμού ή εκκινήτου. Η μειωμένη τάση εκκίνησης φαίνεται στο διάγραμμα του Εικόνα 1.41 από το οποίο φαίνεται ότι η επίδραση της αρχικής κατάστασης δηλαδή μέχρι ο ρότορας να πάρει τις στροφές η ροπή παίρνει τιμή που αντιστοιχεί στην πλήρη τάση καθώς η τιμή του ρεύματος μειώνεται.



Εικόνα 1.41

Εξάλλου ο αυτομετασχηματιστής μειώνει την ροπή ακόμα και στο διάστημα των πλήρων στροφών. Δυστυχώς αυτή η μέθοδος προκαλεί στον μόνιμα δονήσεις όταν ο μετασχηματιστής δίνει την πλήρη τάση λειτουργίας εκτός εάν χρησιμοποιηθεί ο αυτομετασχηματιστής ανοιχτού τύπου.

Χρόνος Επιτάχυνσης.

Μεταφορικές ταινίες με μεγάλες μάζες συνήθως απαιτούν πολύ χρόνο για να φθάσουν οι κινητήρες τις πλήρεις στροφές. Όταν χρησιμοποιούνται κινητήρες τύπου κλωβού σ αυτές τις μεταφορικές ταινίες είναι ανάγκη να ελέγχεται η θερμικής τους ικανότητα. Ένας γενικός κανόνας είναι να δοκιμάζεται η επιτάχυνση της ταινίας ώστε να αποκτήσει την κανονική λειτουργία της σε χρόνο λιγότερο των 15 second και οι κινητήρες να παίρνουν τις πλήρεις στροφές σε χρόνο όχι μεγαλύτερο των 6 second.

Αναστροφή και φρενάρισμα κινητήρα.

Οι τυποποιημένοι κινητήρες τύπου κλωβού όταν οι στροφές υπερβαίνουν τις κανονικές (σύγχρονες) με την επίδραση εξωτερικών μέσων, θα καταστούν γεννήτριες και επομένως θα εξασκήσουν ροπή φρεναρίσματος. Η τιμή της ροπής είναι ίδια με την ροπή επιτάχυνσης αλλά αντίθετη. Γι αυτό το λόγο αυτοί οι κινητήρες χρησιμοποιούνται σε καθοδικές μεταφορικές ταινίες εάν ο ιμάντας και το φορτίο του είναι τέτοιο που ο κινητήρας πρόκειται να λειτουργήσει στις κανονικές (σύγχρονες) του στροφές. Υπάρχουν δύο σημεία να ελεγχθούν οι κινήσεις: **1.** Το πρώτο είναι ότι ο κινητήρας πρέπει να έχει ικανοποιητική και συνεχή ροπή για να εμποδίσει το φορτίο να δημιουργήσει ανάποδες στροφές. Εάν αυτό δεν είναι δυνατόν τότε πρέπει να υπάρχει συνθήκη υπερφόρτωσης και ο κινητήρας θα αποσυνδέεται από την ισχύ τροφοδοσίας μέσω συσκευής υπερφόρτωσης. Ένα φρενάρισμα είναι αναγκαίο σαν μέσο προστασίας. Επίσης φυγοκεντρικοί διακόπτες τοποθετημένοι για κρίσιμες ταχύτητες χρησιμοποιούνται να διακόψουν το ηλεκτρικό ρεύμα προς τον κινητήρα και να τον σταματήσουν με φρένο. **2.** Το δεύτερο σημείο για έλεγχο είναι η αναπτυσσόμενη ισχύ από τον κινητήρα ενεργώντας πάνω στην γεννήτρια. Αυτή η ισχύς πρέπει να αποβεσθεί από άλλες κινήσεις ή ικανές συσκευές που λειτουργούν με ηλεκτρική ισχύ. Το σύστημα διανομής της ισχύος πρέπει να προσαρμόζεται σ αυτή την κατάσταση.

Κινητήρες Περιστρεφόμενου Δρομέα.

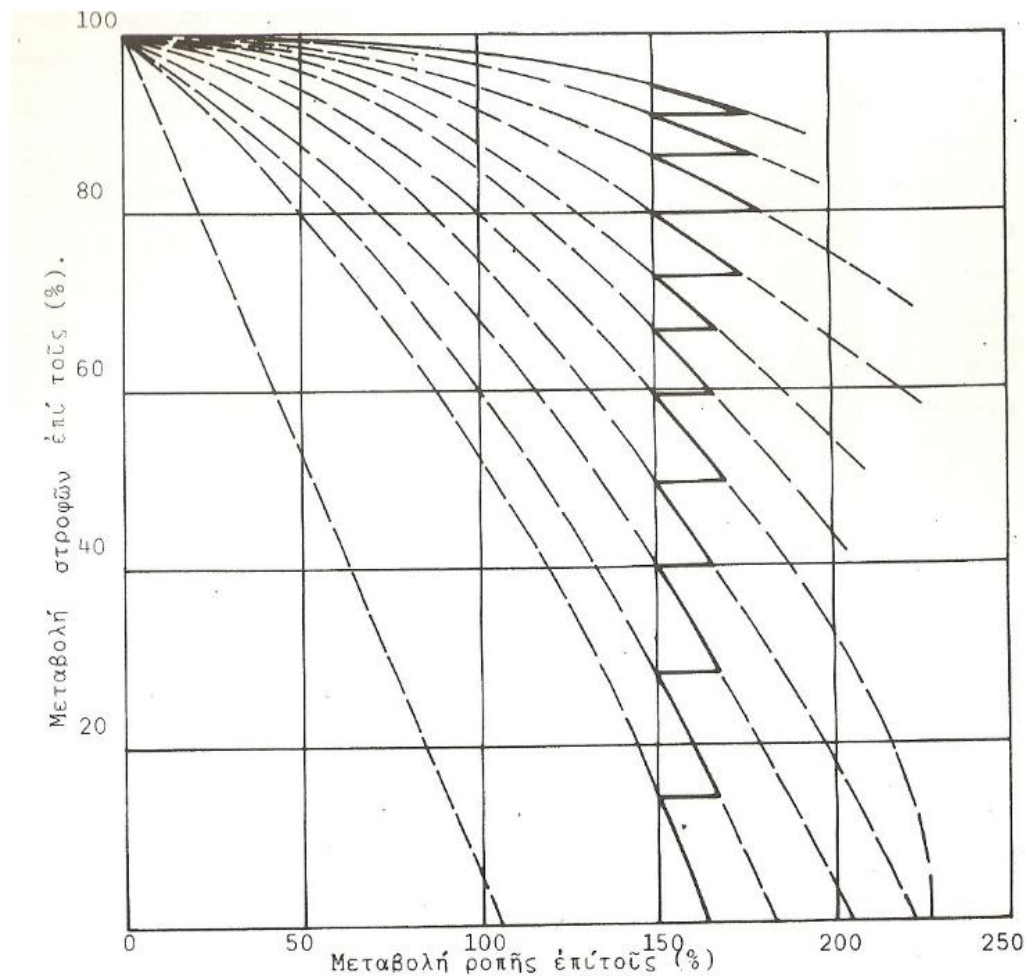
Για τις μεγάλης διάρκειας και υψηλής απόδοσης μεταφορικές ταινίες ή για δύσκολες συνθήκες εκκίνησης που οι κινητήρες κλειστού κλωβού δεν είναι επαρκείς είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν κινητήρες περιστρεφόμενου δρομέα. Αυτού του είδους οι κινητήρες επιτρέπουν έλεγχο της ροπής με βήματα επιτάχυνσης από 0 μέχρι 20 με την προσθήκη εξωτερικής αντίστασης στο δευτερεύον πηνίο. Οι μαγνητικές επαφές ή φυγόκεντροι διακόπτες χρησιμοποιούνται να μικρύνουν την δευτερεύουσα αντίσταση καθώς ο κινητήρας και η μεταφορική ταινία πλησιάζουν στην κανονική λειτουργία. Οι μαγνητικές επαφές είναι δυνατόν να λειτουργούν αυτόματα με ρελέ χρόνου, συχνότητας ή ρεύματος. Με κατάλληλη επιλογή της τιμής της αντίστασης και του χρόνου ή ρεύματος μπορεί να εξευρεθεί μια ειδική συσκευή επιταχυνόμενης ροπής για να προσαρμοστεί σε μια ιδιαίτερη μεταφορική ταινία. Το διάγραμμα της

ταχύτητας-ροπής κινητήρα περιστρεφόμενου δρομέα με 13 βήματα φαίνεται στο Εικόνα 1.42 και μπορεί να αυξήσει την μέση ροπή κατά 160% κατά την διάρκεια της επιτάχυνσης με πολύ μικρές μεταβολές προς τα πάνω ή προς τα κάτω.

Η χρησιμοποίηση επιπλέον βημάτων θα μείωνε την μεταβολή ακόμα περισσότερο.

Στους κινητήρες περιστρεφόμενου δρομέα μπορούν να χρησιμοποιηθούν ειδικές διατάξεις για να εξομαλύνουν την επιτάχυνση της μεταφορικής ταινίας.

Αυτές οι διατάξεις μπαίνουν στην πρωτεύουσα και δευτερεύουσα αντίσταση και κάθε επιλογή παρέχει σαφώς σταθερή ροπή. Επίσης μια ρυθμιζόμενη αντίσταση στο δευτερεύον τύλιγμα θα προσέδιδε στον κινητήρα πολύ καλά χαρακτηριστικά ως επίσης παροχή μέγιστης ροπής για έλξη σε περιπτώσεις κινδύνων και συνθήκες χαμηλής ροπής. Συνήθως οι μεταφορικές ταινίες λειτουργούν σε μια ταχύτητα αλλά να λειτουργήσουν σε δύο η περισσότερες καλύτερος τρόπος λειτουργίας είναι ο συνδυασμός της σταθερής ταχύτητας και των μεταβλητής ταχύτητας μηχανικών μεταδόσεων κατά τον οποίον εκλέγουμε εκείνη την σταθερή ταχύτητα που η διακίνηση των υλικών πάνω στον ιμάντα γίνεται ομαλά και σταθερά. Αυτό επιτυγχάνεται μηχανικά ή με αυτόματο σύστημα.



Εικόνα 1.42.Μεταβολή της ροπής και στροφών σε κινητήρα περιστρεφόμενου δρομέα με 13 βήματα για την εκκίνηση.

Κινητήρες Κλειστού Τύπου.

Η επιλογή των κινητήρων κλειστού τύπου εξαρτάται από το υλικό που θα μεταφερθεί και την σκόνη του περιβάλλοντος. Κατά την χρησιμοποίηση κινητήρων ανοικτού-στεγανού τύπου είναι ανάγκη να χρησιμοποιούνται ανεμιστήρες ψύξης των κινητήρων. Κατά την μεταφορά εκρηκτικών υλών η υλικών που δημιουργούν σκόνη και δημιουργούνται κίνδυνοι χρησιμοποιούνται κλειστού-στεγανού τύπου κινητήρες. Υπάρχουν δύο κατηγορίες κινητήρων κλειστού τύπου.

1. Κλάση 2 , Ομάδα F. Οι κινητήρες είναι κατάλληλοι για περιοχές που περιέχουν μαύρο άνθρακα , γαιάνθρακα , σκόνη κ.τ.λ.

2. Κλάση 2 , Ομάδα G. Οι κινητήρες είναι κατάλληλοι για περιοχές που περιέχουν τεμάχια σκόνης. Τελευταία χρησιμοποιούνται κινητήρες με καλύμματα πτερυγιά από εποξειδικές ρητίνες και είναι κατάλληλοι για περιοχές με υγρασία και σκόνη αλλά όχι για περιοχές με εκρηκτικές ύλες.

Σε περιοχές με σκόνη συνιστάται η χρησιμοποίηση λίπους ή μουφών στα ρουλεμάν των κινητήρων για να προστατευθούν από τους κινδύνους φθοράς λόγω σκόνης,

Επίδραση Συνθηκών Περιβάλλοντος.

Οι συνθήκες περιβάλλοντος και οι ατμοσφαιρικές συνθήκες επιδρούν στην επιλογή του κινητήρα. Συνήθως η θερμοκρασία λειτουργίας δεν πρέπει να ξεπερνά τους 40°C δεδομένου ότι στα τυλίγματα του κινητήρα δεν είναι σκόπιμο να αναπτύσσεται θερμοκρασία μεγαλύτερη 55°C . Η άνοδος της θερμοκρασίας στον κινητήρα είναι σοβαρός παράγων και πρέπει να αναγράφεται πάντοτε στα προσπέκτους των κατασκευαστών κινητήρων. Μια αύξηση της θερμοκρασίας λειτουργίας κατά 10°C μπορεί να μειώσει την ζωή της μόνωσης κατά 50%. Όταν οι μεταβολές της θερμοκρασίας παρουσιάζονται κατά την διάρκεια 24ωρου λειτουργίας και οι κινητήρες εργάζονται συνέχεια είναι ανάγκη να τοποθετηθούν απαγωγείς θερμότητας (π.χ. ανεμιστήρες , κ.α.) για να μειωθούν οι κίνδυνοι βραχυκυκλωμάτων στα τυλίγματα απαγωγείς θερμότητας ενεργοποιούνται όταν σταματούν οι κινητήρες. Επίσης μεγάλα υψόμετρα με κενά αέρος μειώνουν την ικανότητα ψύξης του κινητήρα και είναι ανάγκη να τοποθετούνται σκελετοί ή πτερύγια απαγωγείς της θερμότητας. Συνήθως οι κινητήρες εργάζονται αποδοτικά στην επιφάνεια της θάλασσας και μέχρι ύψους 1000m. Κατόπιν των παραπάνω απαιτείται μεγάλη προσοχή για την κατάλληλη επιλογή του τύπου του κινητήρα , αποφασιστικό δε παράγοντα αποτελεί η γνώση των συνθηκών λειτουργίας των κινητήρων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΩΝ.

2.1 Εισαγωγή.

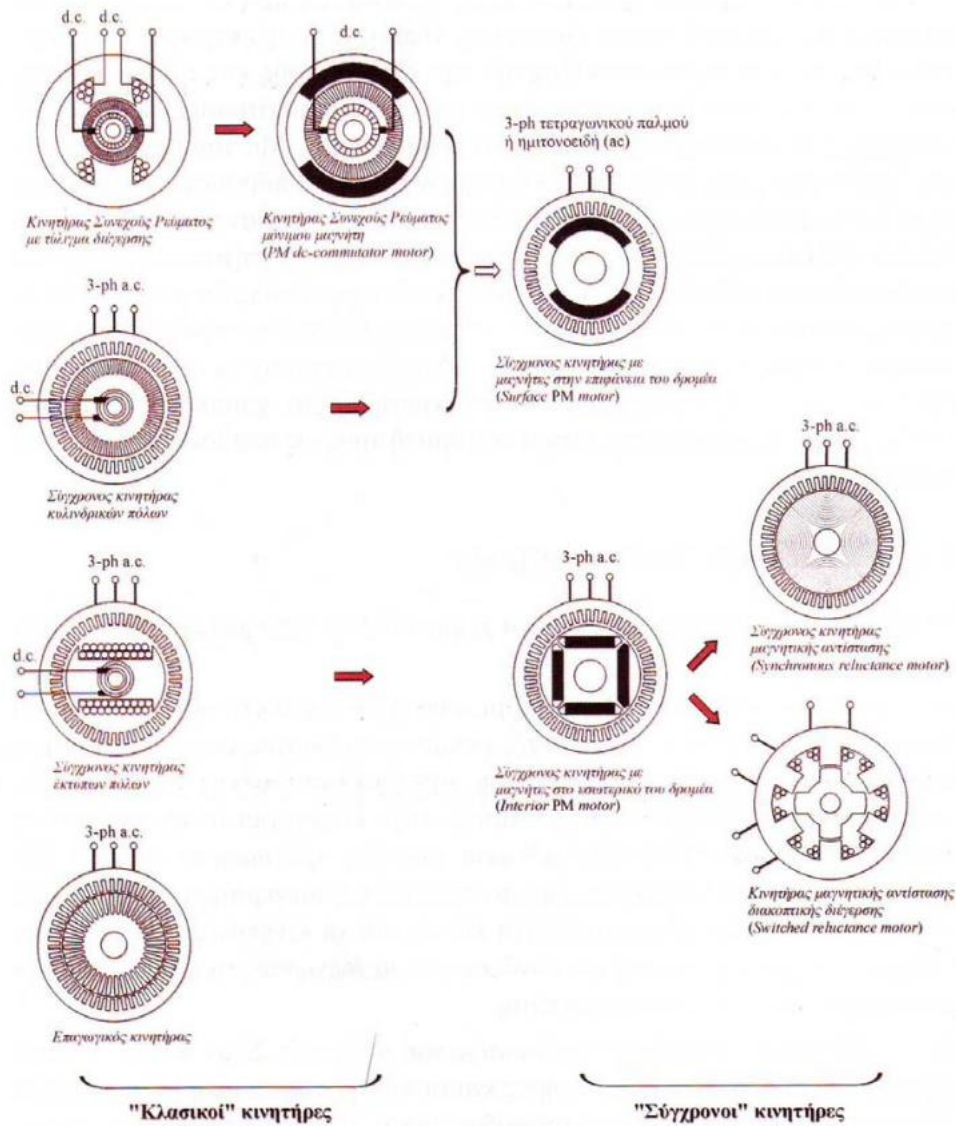
Σε οποιαδήποτε στρεφόμενη ηλεκτρική μηχανή υφίστανται ταυτόχρονα δύο μηχανισμοί ο μηχανισμός παραγωγής ροπής και ο μηχανισμός παραγωγής τάσης χάρη στη δράση και στην αλληλεπίδραση των οποίων βασίζεται το όλο φαινόμενο της ηλεκτρομηχανικής μετατροπής ενέργειας. Ο μηχανισμός παραγωγής της ροπής βασίζεται στην προσπάθεια ευθυγράμμισης των δύο μαγνητικών πεδίων που δημιουργούνται από τα τυλίγματα του στάτη και του δρομέα. Υπάρχουν και ειδικές κατηγορίες ηλεκτρικών κινητήρων όπως οι κινητήρες μαγνητικής αντίστασης καθώς και οι βηματικοί κινητήρες στους οποίους η παραγωγή ροπής οφείλεται στην προσπάθεια ευθυγράμμισης του σιδηρομαγνητικού υλικού του δρομέα με το μαγνητικό πεδίο του στάτη. Στις περισσότερες των περιπτώσεων λοιπόν τα μαγνητικά πεδία δημιουργούνται μέσα από κατάλληλα διαμορφωμένα τυλίγματα στο στάτη και στο δρομέα της στρεφόμενης ηλεκτρικής μηχανής. Η παραγωγή της τάσης σε ένα τύλιγμα σχετίζεται άμεσα με τη χρονική μεταβολή της πεπλεγμένης ροής σε ένα τύλιγμα σχετίζεται πάντα με την μηχανική κίνηση. Για το λόγο αυτό και οι επαγόμενες με αυτόν τον τρόπο τάσεις χαρακτηρίζονται ως τάσεις ταχύτητας. Η χρονική μεταβολή της πεπλεγμένης ροής μπορεί να προέλθει είτε δια της περιστροφής του τυλίγματος σε χώρο σταθερού μαγνητικού πεδίου είτε δια της περιστροφής ενός σταθερού μαγνητικού πεδίου σε σχέση με το μαγνητικό άξονα του σταθερού τυλίγματος. Ανεξάρτητα από το είδος λειτουργίας της ηλεκτρικής μηχανής οι μηχανισμοί παραγωγής τάσης και ροπής οι οποίοι συνυπάρχουν και χάρη στη συνύπαρξη αυτή καθίσταται δυνατή η ηλεκτρομηχανική μετατροπή της ενέργειας, απαιτούν τη χρήση τουλάχιστον δύο βασικών τυλιγμάτων από τα οποία το ένα είναι τοποθετημένο στο στάτη και το άλλο στο δρομέα. Το ένα από τα δύο αυτά βασικά τυλίγματα έχει ως σκοπό την παραγωγή του μαγνητικού πεδίου στο εσωτερικό της μηχανής και χαρακτηρίζεται ως τύλιγμα διέγερσης καθότι όπως προαναφέραμε το μαγνητικό πεδίο αποτελεί το μέσον για τη σύζευξη μεταξύ του ηλεκτρικού και του μηχανικού συστήματος. Το τύλιγμα διέγερσης είναι συνήθως τύλιγμα χαμηλής ισχύος σε σχέση πάντα με τη συνολική ηλεκτρική ισχύ της μηχανής. Σε πολλές ηλεκτρικές μηχανές συνήθως μικρής ισχύος το τύλιγμα διέγερσης υποκαθίσταται από μόνιμους μαγνήτες. Το δεύτερο τύλιγμα το οποίο στρέφεται σε σχέση με το μαγνητικό πεδίο δημιουργεί το τύλιγμα διέγερσης και στο οποίο επάγονται τάσεις και ροπές είναι γνωστό ως τύλιγμα τυμπάνου. Το τύλιγμα τυμπάνου είναι τύλιγμα ισχύος και έχει ουσιαστικό ρόλο στην ηλεκτρομηχανική μετατροπή της ενέργειας. Ανάλογα του είδους της ηλεκτρικής μηχανής το τύλιγμα τυμπάνου μπορεί να βρίσκεται στο στάτη ή στο δρομέα. Αν και υπάρχουν πολλοί τύποι στρεφόμενων ηλεκτρικών μηχανών οι βασικές κατηγορίες ταξινόμησης τους είναι στις ηλεκτρικές μηχανές συνεχούς ρεύματος (DC) καθώς και στις ηλεκτρικές μηχανές εναλλασσόμενου ρεύματος (AC). Ανάλογα με τον αριθμό και τον τρόπο σύνδεσης

των τυλιγμάτων διέγερσης οι μηχανές συνεχούς ρεύματος χαρακτηρίζονται ως ξένης διέγερσης , παράλληλης διέγερσης , διέγερσης σειράς καθώς και ξένης διέγερσης .Οι μηχανές (DC) προσφέρονται για έλεγχο της τάσης και της ροπής ανάλογα αν λειτουργούν ως γεννήτριες ή κινητήρες.Όμως με την εξέλιξη των ηλεκτρικών μετατροπέων ισχύος για τον έλεγχο των μηχανών (AC) η χρήση τους ολοένα και περιορίζεται.Οι βασικές κατηγορίες των στρεφόμενων μηχανών (AC) είναι οι ασύγχρονες μηχανές , οι μηχανές επαγωγής καθώς και οι σύγχρονες μηχανές χρησιμοποιούνται κατά κύριο λόγο ως ηλεκτρικοί κινητήρες καλύπτοντας σχεδόν το σύνολο των βιομηχανικών εφαρμογών σήμερα. Στο Σχήμα 2.1 φαίνεται η εξέλιξη της κατασκευής των κινητήρων ώστε από του “κλασικούς” κινητήρες των κατηγοριών 1 και 2 να προκύψουν οι “ σύγχρονοι ” brushless κινητήρες. Στην πρώτη στήλη βρίσκονται οι κινητήρες συνεχούς ρεύματος , οι επαγωγικοί κινητήρες (βραχυκυκλωμένοι και δακτυλιοφόρου δρομέα) κι οι σύγχρονοι κινητήρες με τύλιγμα διέγερσης στο δρομέα (κυλινδρικοί κι έκτυπων πόλων). Στη δεύτερη στήλη βρίσκονται οι κινητήρες συνεχούς ρεύματος μόνιμου μαγνήτη οι οποίοι προέρχονται ως εξέλιξη από τους συμβατικούς κινητήρες συνεχούς ρεύματος , όταν αντικατασταθεί το τύλιγμα της διέγερσης του στάτη από μόνιμο μαγνήτη. Στην τρίτη στήλη βρίσκονται οι σύγχρονοι κινητήρες μόνιμου μαγνήτη (PM) για τους οποίους έχουμε 2 βασικούς σχεδιαστικούς τύπους:

1) Σύγχρονοι κινητήρες με μαγνήτες στην επιφάνεια του δρομέα (SPM, surface PM motors). Αυτοί προέρχονται από τη εξέλιξη των κινητήρων συνεχούς ρεύματος μόνιμου μαγνήτη αντιμεταθέτοντας τις θέσεις των μαγνητών και της περιέλιξης (γι’ αυτό είναι γνωστοί ως brushless dc motors).Δηλαδή , οι μαγνήτες βρίσκονται στο δρομέα ενώ τα τυλίγματα της περιέλιξης στο στάτη . Ωστόσο , αν δούμε τις αλλαγές μόνο από τον τρόπο παραγωγής της διέγερσης , μπορούμε να θεωρήσουμε ότι προέρχονται απ’ ευθείας από τους σύγχρονους κινητήρες κυλινδρικών πόλων όπου το τύλιγμα διέγερσης του δρομέα έχει αντικατασταθεί από μόνιμους μαγνήτες.

2) Σύγχρονοι κινητήρες με μαγνήτες στο εσωτερικό του δρομέα (IPM, interior PM motors). Αυτοί προέρχονται απ’ ευθείας από τους συμβατικούς σύγχρονους κινητήρες έκτυπων πόλων όπου το τύλιγμα διέγερσης του δρομέα έχει αντικατασταθεί από μόνιμους μαγνήτες. Στην τέταρτη στήλη βρίσκονται οι δύο τύποι κινητήρων μαγνητικής αντίστασης: οι σύγχρονοι κινητήρες μαγνητικής αντίστασης διακοπτικής διέγερσης (SRM, switched reluctance motors). Οι κινητήρες αυτοί είναι brushless, όπως και της προηγούμενης στήλης και προέρχονται από τους σύγχρονους κινητήρες εσωτερικής θέσης μαγνητών όταν αφαιρεθούν οι μαγνήτες από το δρομέα. Η αρχή λειτουργίας τους βασίζεται στην έλξη που ασκεί ο στάτης στο δρομέα λόγω της διαφορετικής μαγνητικής αντίστασης που παρουσιάζουν οι πυρήνες μεταξύ τους . Οι σύγχρονοι κινητήρες μαγνητικής αντίστασης έχουν έκτυπους πόλους μόνο στο δρομέα , ενώ στο στάτη έχουν τριφασική περιέλιξη και τροφοδοτούνται με εναλλασσόμενη τάση .Οι κινητήρες μαγνητικής αντίστασης διακοπτικής διέγερσης έχουν έκτυπους πόλους και στο στάτη και δρομέα. Στις μηχανές αυτές , η τροφοδοσία του στάτη είναι παλμοί τάσης συγκεκριμένης συχνότητας ανάλογη με την ταχύτητα περιστροφής ενώ η διάρκεια των παλμών εξαρτάται από τη ροπή φόρτισης του κινητήρα.Στην παρακάτω παρουσίαση των κινητήρων δεν αναφέρονται

οι βηματικοί κινητήρες (stepper motors) καθώς και διάφοροι ειδικοί τύποι “ κλασικών” και ”σύγχρονων” κινητήρων όπως , όπως οι επαγωγικοί και οι σύγχρονοι κινητήρες γραμμικής κίνησης(linear motors), οι κινητήρες αξονικής ροής (axial flux motors), οι κινητήρες υστέρησης (hysteresis motors) κλπ. Οι βηματικοί κινητήρες είναι brushless κινητήρες και ο σχεδιασμός τους προκύπτει από ο συνδυασμό των σύγχρονων κινητήρων μόνιμου μαγνήτη και κινητήρων μαγνητικής αντίστασης διακοπτικής διέγερσης. Οι κινητήρες γραμμικής κίνησης δίνουν ευθύγραμμη κίνηση στο δρομέα , ενώ στους κινητήρες αξονικής ροής , τα κύρια χαρακτηριστικά τους είναι το μικρό αξονικό μήκος και η μεγάλη ροπή αδράνειας. Τέλος , οι κινητήρες υστέρησης είναι συνήθως μικρής ισχύος μηχανές με τύλιγμα μόνο στο στάτη και η αρχή λειτουργίας τους βασίζεται στην εκμετάλλευση του φαινομένου της υστέρησης στο πυρήνα του δρομέα.



Σχήμα 2.1 Εξέλιξη των “κλασικών” κινητήρων σε brushless κινητήρες.

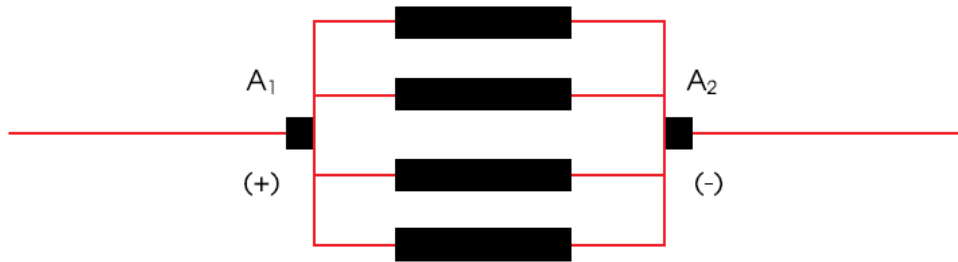
2.2 Σύντομη Κατασκευαστική Περιγραφή.

Ο στάτης μιας μηχανής Σ.Ρ αποτελείται από το ζύγωμα , τους μαγνητικούς πόλους , τους βοηθητικούς πόλους , τον ψηκτροφορέα με τις ψήκτρες , το κιβώτιο ακροδεκτών και τα δύο καλύμματα. Το ζύγωμα είναι το κύριο μέρος του στάτη όπου αποτελεί τον κορμό της μηχανής μέσω του οποίου ενώνονται μηχανικά και μαγνητικά οι πόλοι. Κατασκευάζεται από χυτοχάλυβα ή μαλακό σίδηρο. Οι μαγνητικοί πόλοι αποτελούν τη διέγερση της μηχανής δηλαδή την πρωτεύουσα πηγή μαγνητικής ροής στο διάκενο. Οι βοηθητικοί πόλοι τοποθετούνται μεταξύ των κύριων πόλων και χρησιμεύουν για την αποφυγή των σπινθηρισμών του συλλέκτη από τη μετακίνηση της ουδέτερης ζώνης κατά την ύπο φορτίο λειτουργία. Ο ψηκτροφορέας με τις ψήκτρες χρησιμεύει για την προσαγωγή ή απαγωγή του ρεύματος των τυλιγμάτων του δρομέα της μηχανής. Οι ψήκτρες κατασκευάζονται από σκληρό άνθρακα , από γραφίτη ή από μίγμα άνθρακα και χαλκού. Τέλος τα καλύμματα χρησιμεύουν για στήριξη του άξονα του δρομέα , του ψηκτροφορέα και την προφύλαξη του εσωτερικού της μηχανής. Ο δρομέας αποτελείται από τον άξονα , το επαγωγικό τύμπανο (πυρήνα και τύλιγμα) , το συλλέκτη και τον ανεμιστήρα. Ο πυρήνας του επαγωγικού τυμπάνου καθώς και ο πυρήνας του στάτη , κατασκευάζονται από μονωμένα ελάσματα , για την όσο το δυνατόν μεγαλύτερη μείωση των απωλειών από δινορεύματα. Τα βασικά τυλίγματα μιας μηχανής Σ.Ρ είναι δύο. Το τύλιγμα διέγερσης το οποίο βρίσκεται στο σταθερό μέρος (στάτη) και το τύλιγμα τυμπάνου το οποίο βρίσκεται στο δρομέα. Κατασκευαστικά τα τυλίγματα διέγερσης είναι συγκεντρωμένα. Δηλαδή κάθε πόλος αποτελείται από μια ομάδα από ελίγματα διασυνδεδεμένα σε σειρά καταλήγουν σε δύο ακροδέκτες. Ο αριθμός των ελιγμάτων αυτών καθώς επίσης και η διατομή τους καθορίζεται κυρίως από την ισχύ και κατά επέκταση από την εγκατεστημένη ροή στο διάκενο από την γεωμετρία της μηχανής και από το είδος των σιδηρομαγνητικών υλικών. Το τύλιγμα τυμπάνου σε αντίθεση με το τύλιγμα διέγερσης , είναι διανεμημένο. Αποτελείται από ομάδες ομοιόμορφα διανεμημένες και κατάλληλα συνδεδεμένες στις αύλακες γύρω από την περιφέρεια του διακένου. Τα άκρα των ομάδων αυτών καταλήγουν στους τομείς του συλλέκτη. Οι βασικές κατηγορίες τυλιγμάτων τυμπάνου είναι δύο:

1. Τα βροχοτυλίγματα
2. Και τα κυματοτυλίγματα.

Τα απλά βροχοτυλίγματα παρουσιάζουν τις εξής ιδιότητες:

- α) Ο αριθμός των τομέων του συλλέκτη είναι ίσος με τον αριθμό των ομάδων του τυλιγματος δεδομένου ότι σε κάθε τομέα καταλήγουν δύο άκρα.
 - β) Ο αριθμός των παράλληλων κλάδων του τυλιγματος είναι ίσος με τον αριθμό των πόλων της μηχανής.
 - γ) Ο αριθμός των ψηκτρών ισούται με τον αριθμό των πόλων ή τον αριθμό των παράλληλων κλάδων.
- Παρακάτω στο Σχήμα 2.2 απεικονίζεται η παράλληλη σύνδεση περιέλιξης σε βροχοειδές τύλιγμα.

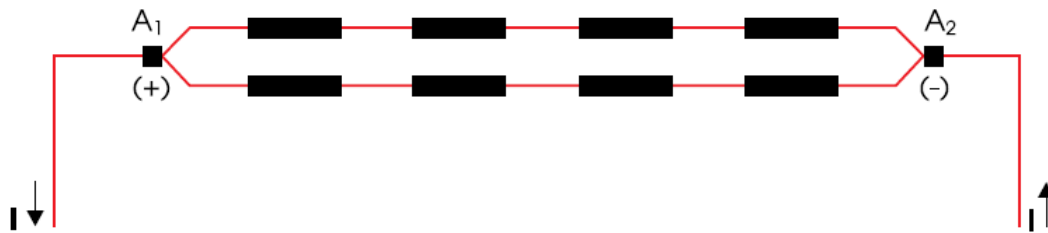


Σχήμα 2.2

Για τα απλά κυματοτυλίγματα ισχύει ότι:

Όλα τα απλά κυματοτυλίγματα έχουν μόνο δύο παράλληλους κλάδους ανεξάρτητα του αριθμού των πόλων της μηχανής.

Παρακάτω στο Σχήμα 2.3 απεικονίζεται η εν σειρά σύνδεση περιέλιξης σε κυματοειδές τύλιγμα.



Σχήμα 2.3

2.3 Κατασκευαστικά Στοιχεία Ηλεκτρικών Μηχανών DC.

Κάθε μηχανή Σ.Ρ αποτελείται από το ακίνητο μέρος (Σχήμα 2.4) το οποίο ονομάζεται στάτης και από το κινητό (Σχήμα 2.5) μέρος το οποίο ονομάζεται δρομέας. Ο στάτης είναι το συγκρότημα των ακινήτων τμημάτων της μηχανής και έχει ως κύριο προορισμό του να δημιουργεί μαγνητική ροή.

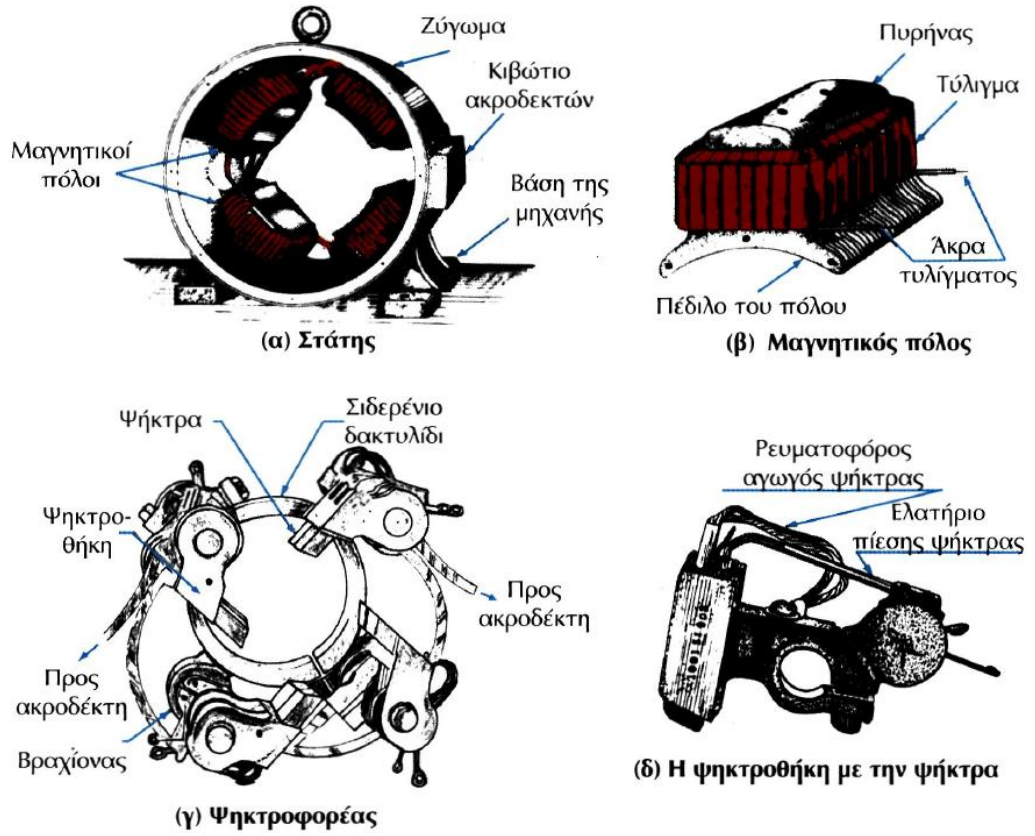
Ο **στάτης** αποτελείται από:

- το ζύγωμα
- τους μαγνητικούς πόλους
- τα πέδιλα των πόλων

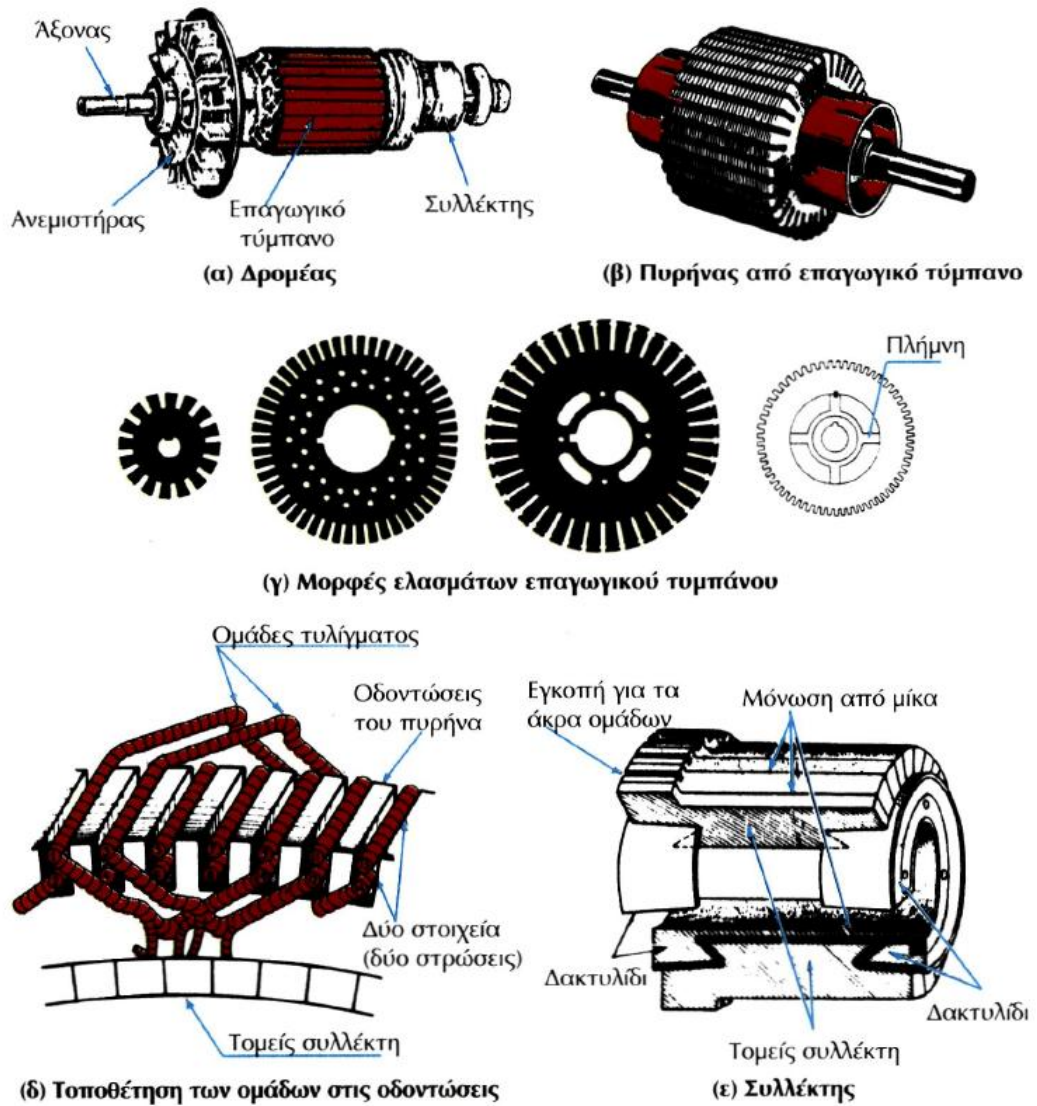
- τα τυλίγματα των πόλων
- τα καλύμματα
- τους ψηκτροφορείς
- τα σιδερένια πέδιλα
- τους βραχίονες
- τις ψηκτροθήκες
- τις ψήκτρες
- τα ελατήρια πίεσης των ψηκτρών

Ο **δρομέας** είναι το συγκρότημα των κινητών τμημάτων της μηχανής και αποτελείται:

- τον άξονα
- τον πυρήνα του επαγωγικού τυμπάνου
- το τύλιγμα του επαγωγικού τυμπάνου
- το συλλέκτη
- τον ανεμιστήρα
- την πλημνή



Σχήμα 2.4 Τα ακίνητα μέρη της μηχανής.

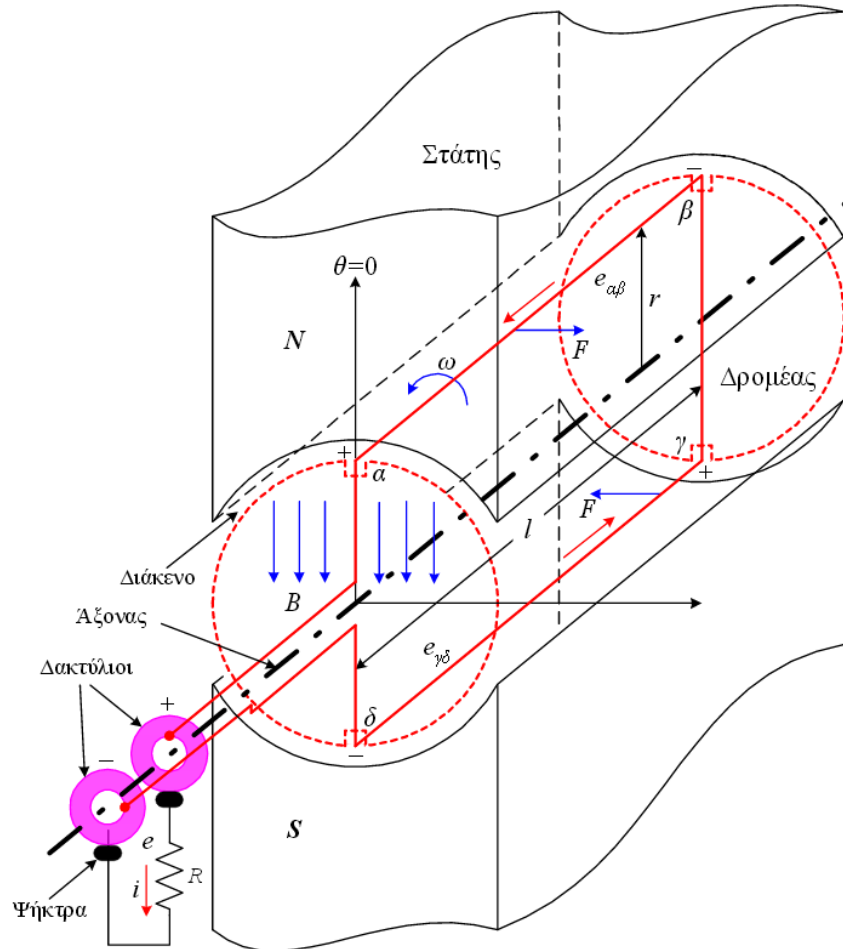


Σχήμα 2.5 Τα κινητά μέρη της μηχανής.

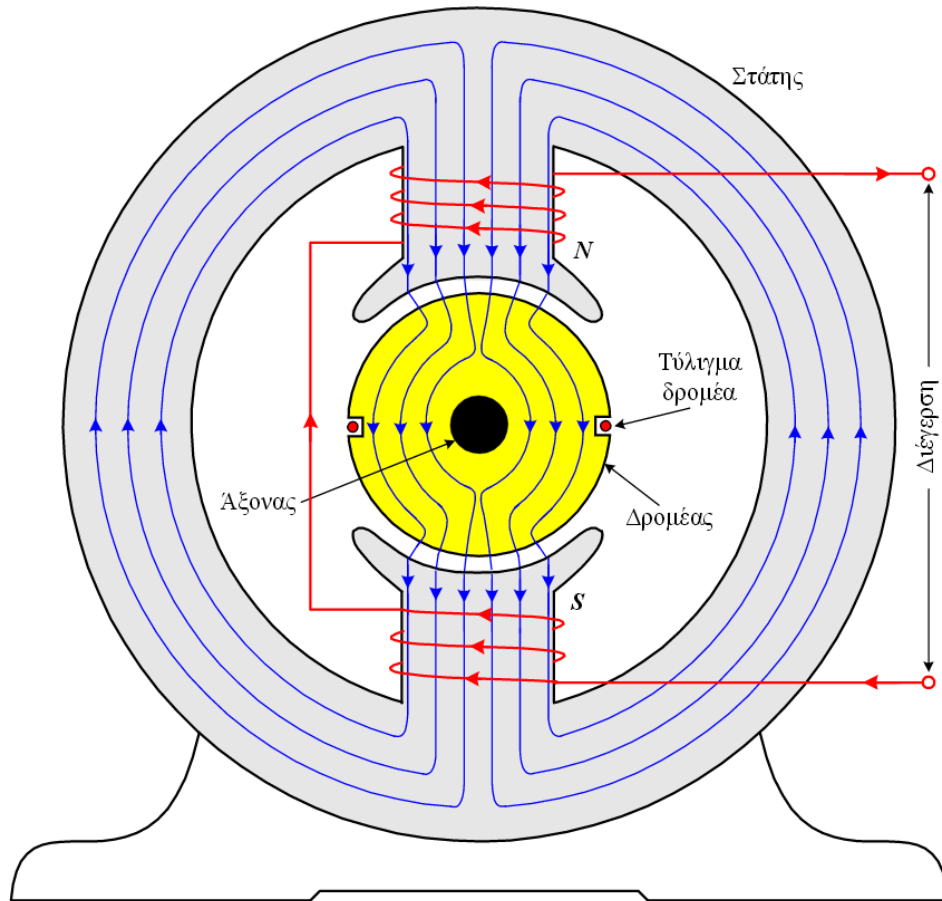
2.4 Βασικές Αρχές των Μηχανών Συνεχούς Ρεύματος.

Οι μηχανές συνεχούς ρεύματος είναι γεννήτριες που μετατρέπουν τη μηχανική ενέργεια σε ηλεκτρική ενέργεια με τη μορφή συνεχούς ρεύματος και κινητήρες που μετατρέπουν τη συνεχή ηλεκτρική ενέργεια σε μηχανική. Οι περισσότερες μηχανές συνεχούς ρεύματος μοιάζουν με τις μηχανές εναλλασσόμενου ρεύματος αφού και στις δύο κατηγορίες τα ρεύματα και οι τάσεις στο εσωτερικό των μηχανών είναι εναλλασσόμενα. Απλώς οι μηχανές συνεχούς ρεύματος έχουν συνεχή έξοδο μόνο επειδή υπάρχει μηχανισμός που μετατρέπει τις εσωτερικές εναλλασσόμενες τάσεις σε συνεχείς. Ο συγκεκριμένος μηχανισμός ονομάζεται συλλέκτης και οι μηχανές συνεχούς ρεύματος ονομάζονται μηχανές με συλλέκτη. Οι βασικές αρχές λειτουργίας των μηχανών συνεχούς ρεύματος είναι πολύ απλές. Δυστυχώς όμως η περίπλοκη δομή των πραγματικών μηχανών τις κάνει μερικές φορές κάπως δυσνόητες. Αυτού του είδους οι ηλεκτρικές μηχανές, δηλαδή του συνεχούς ρεύματος, ιστορικά προηγούνται των μηχανών εναλλασσόμενου ρεύματος. Η δυνατότητα που παρέχουν για εύκολο έλεγχο ταχύτητας και ροπής τις είχε καταστήσει για δεκαετίες τη μοναδική επιλογή για συστήματα ηλεκτρικής κίνησης που απαιτούσαν μεταβλητή ταχύτητα λειτουργίας. Η ευκολία του ελέγχου έγκειται στο ότι γενικά σε μια μηχανή συνεχούς ρεύματος η ταχύτητα περιστροφής είναι ανάλογη της εφαρμοζόμενης τάσης στο τύμπανο και η αναπτυσσόμενη ροπή είναι ανάλογη του ρεύματος τυμπάνου. Συνεπώς, όπως ήδη θα είναι φανερό, είναι αρκετά απλός ο έλεγχος ενός τέτοιου κινητήρα (π.χ. μέσω ενός μετατροπέα συνεχούς σε συνεχές – DC to DC Converter). Οι κινητήρες συνεχούς ρεύματος έχουν χρησιμοποιηθεί για πάρα πολλά χρόνια σε συστήματα ηλεκτρικής κίνησης και θεωρούνταν αναντικατάστατοι σε εφαρμογές μεταβλητής ταχύτητας περιστροφής. Μόνο τα τελευταία είκοσι χρόνια δόθηκε η δυνατότητα αντικατάστασής τους από τους ασύγχρονους κινητήρες εναλλασσόμενου ρεύματος (κινητήρες επαγωγής) που οδηγούνται με προηγμένες τεχνικές ελέγχου. Κάθε ηλεκτρική μηχανή αποτελείται από δύο κύρια τμήματα. Τα ακίνητο τμήμα της μηχανής ονομάζεται στάτης (stator) και το στρεφόμενο τμήμα δρομέας (rotor). Στο Σχήμα 2.6 εικονίζεται η δομή μιας στοιχειώδους ηλεκτρικής μηχανής. Η αρχή λειτουργίας όλων των ηλεκτρικών μηχανών στηρίζεται σ' αυτή τη στοιχειώδη μηχανή. Ο στάτης της μηχανής αποτελείται από ένα ηλεκτρομαγνήτη με δύο πόλους, το βόρειο και το νότιο, ο οποίος παράγει το μαγνητικό πεδίο Β. Ο δρομέας αποτελείται από ένα κύλινδρο κατασκευασμένο από σιδηρομαγνητικό υλικό, ο οποίος μπορεί να στραφεί γύρω από τον άξονα. Σε δύο αυλακώσεις στην επιφάνεια του κυλίνδρου, είναι συμμετρικά τοποθετημένοι οι αγωγοί ενός πλαισίου. Το πλαίσιο αυτό ονομάζεται, τύλιγμα του δρομέα. Θα δούμε στη συνέχεια ότι το τύλιγμα του δρομέα στις πρακτικές μηχανές συνεχούς ρεύματος, έχει πολύ πιο σύνθετη δομή από αυτή του απλού πλαισίου. Τα άκρα του τυλίγματος του δρομέα συνδέονται σε δύο δακτυλίους, με τους οποίους εφάπτονται οι ψήκτρες (brushes). Μέσω των δακτυλίων και των ψηκτρών το τύλιγμα του δρομέα είναι διαθέσιμο στο στάτη. Μεταξύ των πόλων του στάτη και του κυλινδρικού δρομέα, υπάρχει ένα διάκενο αέρα με σταθερό πλάτος. Οι δυναμικές γραμμές του μαγνητικού πεδίου του στάτη, στη διαδρομή τους από το βόρειο προς το νότιο πόλο, διέρχονται μέσω του δρομέα και του διακένου. Επειδή η μαγνητική διαπερατότητα του αέρα είναι πολύ μικρότερη από εκείνη του δρομέα, οι δυναμικές γραμμές είναι κάθετες στην επιφάνεια του δρομέα (Σχήμα 2.7). Έτσι, η διαδρομή της μαγνητικής ροής στο

διάκενο με τη μεγάλη μαγνητική αντίσταση είναι ελάχιστη. Επιπλέον, η μαγνητική ροή που διέρχεται από το τύλιγμα του δρομέα μεταβάλλεται περίπου γραμμικά, καθώς ο δρομέας στρέφεται.



Στο Σχ. 2.6 εικονίζεται η δομή μιας στοιχειώδους ηλεκτρικής μηχανής.



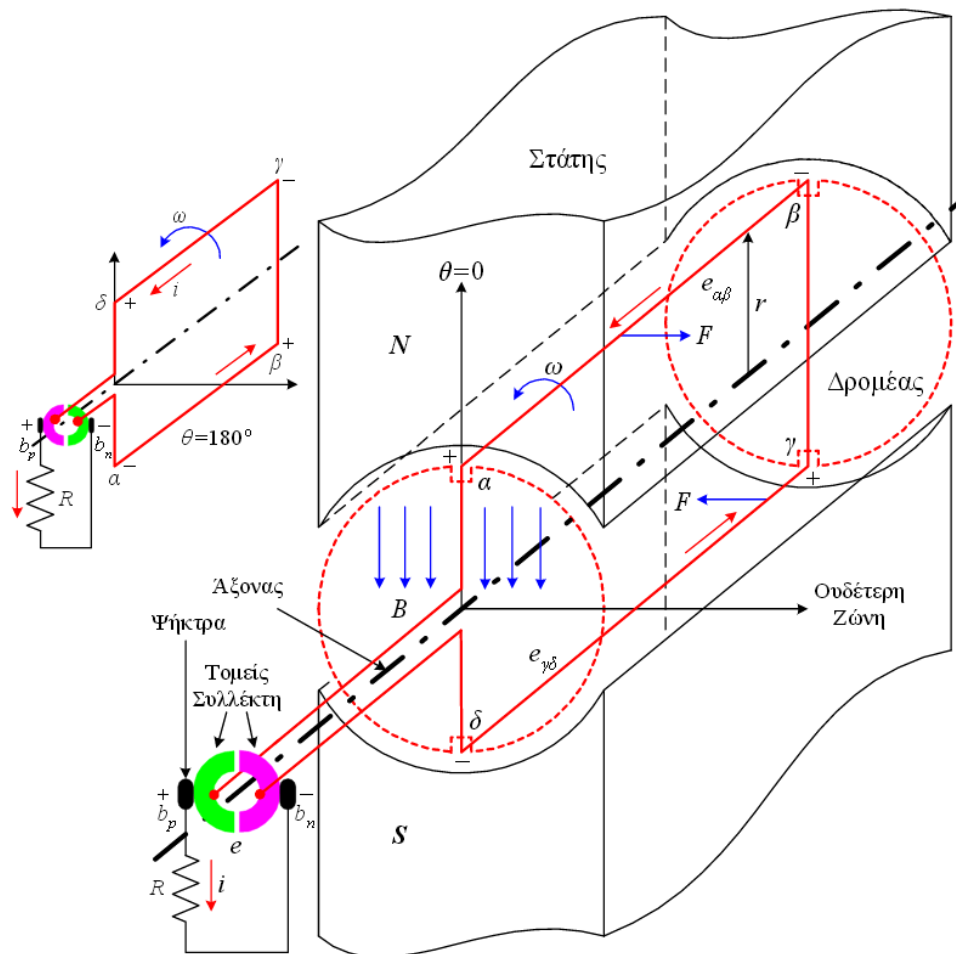
Σχήμα 2.7 Δυναμικές γραμμές του μαγνητικού πεδίου στη στοιχειώδη ηλεκτρική μηχανή , όπου διακρίνεται πλήρως ο στάτης.Οι μαγνητικές γραμμές είναι κάθετες στην επιφάνεια του δρομέα

2.5 Λειτουργία Γεννήτριας.

Θεωρούμε ότι ο δρομέας της στοιχειώδους μηχανής (Σχήμα 2.6), στρέφεται από μια κινητήρια μηχανή. Στην περίπτωση αυτή , στα άκρα του ορθογώνιου πλαισίου του δρομέα αναπτύσσεται μια τάση εξ επαγωγής και η μηχανή λειτουργεί ως γεννήτρια. Η ολική τάση στα άκρα του πλαισίου , είναι ίση με το αλγεβρικό άθροισμα των τάσεων στις τέσσερις πλευρές του. Καθώς το πλαίσιο περιστρέφεται στις περιοχές κάτω από τους πόλους , το μαγνητικό πεδίο είναι σταθερό και κάθετο στις πλευρές του πλαισίου $\alpha\beta$ και $\gamma\delta$, ενώ είναι παράλληλο στις πλευρές του $\beta\gamma$ και $\alpha\delta$. Επομένως , στις πλευρές $\alpha\beta$ και $\gamma\delta$ του πλαισίου με μήκος l , επάγεται τάση ίση με Σ στις πλευρές $\beta\gamma$ και $\alpha\delta$ δεν επάγεται τάση , καθώς στρέφονται παράλληλα προς το μαγνητικό πεδίο.

2.6 Γεννήτρια Συνεχούς Ρεύματος.

Η τάση εξόδου της γεννήτριας είναι εναλλασσόμενη. Επομένως, η διάταξη του Σχήμα 2.6 είναι μια μηχανή εναλλασσόμενου ρεύματος. Προκειμένου να παράγουμε συνεχή τάση από τη στοιχειώδη μηχανή, συνδέουμε τα άκρα του πλαισίου με δύο ημιδακτυλίους (Σχήμα 2.8). Οι δύο ημιδακτύλιοι ονομάζονται τομείς του συλλέκτη. Οι δύο ψήκτρες εφάπτονται με τους τομείς του συλλέκτη. Έτσι, η ψήκτρα b_p συνδέεται πάντα με την πλευρά του πλαισίου που είναι απέναντι από το βόρειο πόλο και αναπτύσσει θετική τάση. Αντίστοιχα, η ψήκτρα b_n συνδέεται πάντα με την πλευρά του πλαισίου που είναι απέναντι από το νότιο πόλο και αναπτύσσει αρνητική τάση.



Σχήμα 2.8 Στοιχειώδης ηλεκτρική μηχανή συνεχούς ρεύματος ως γεννήτρια.

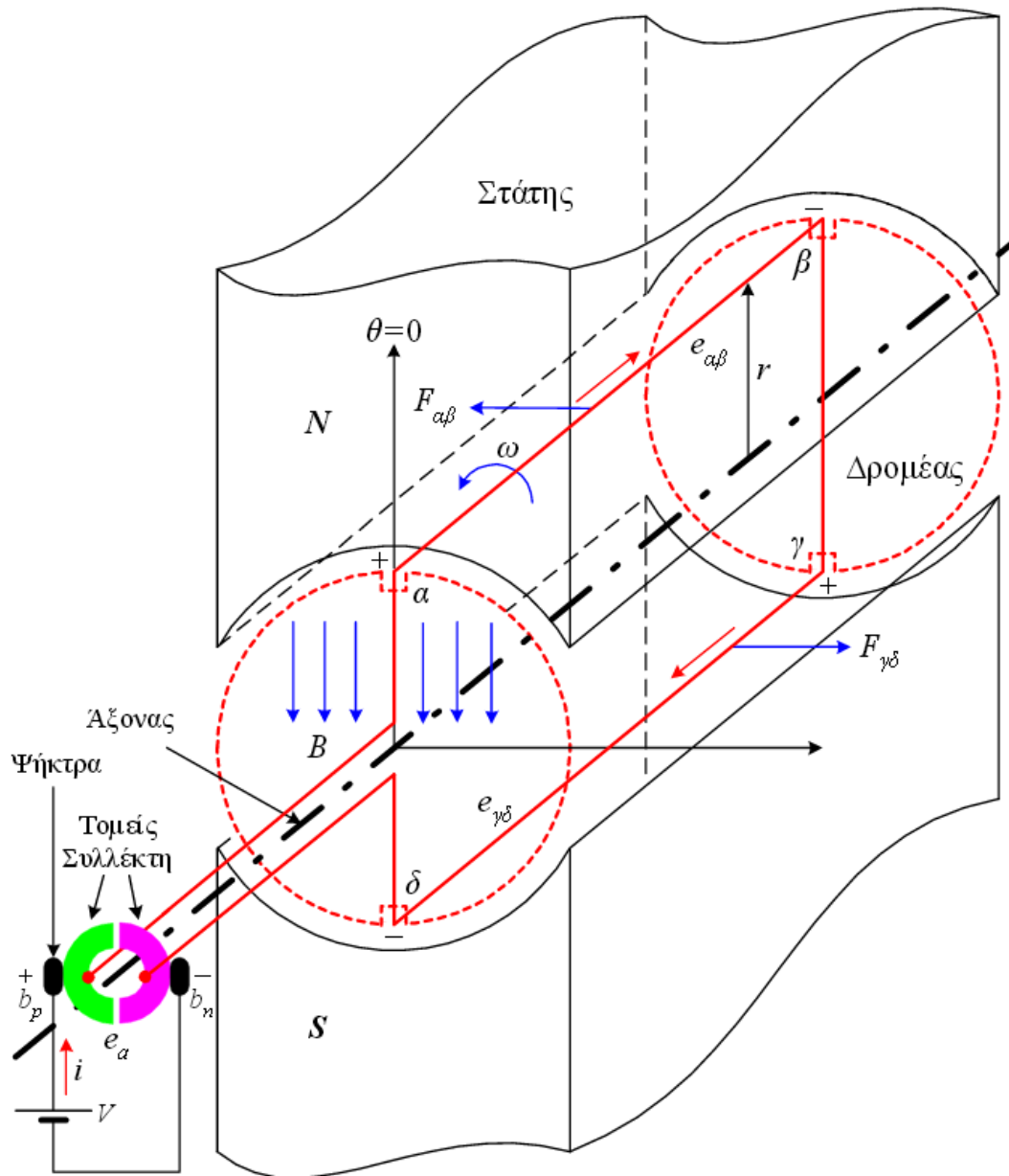
Το τύλιγμα διέγερσης (μαγνητικών πόλων) της γεννήτριας τροφοδοτείται από την ίδια την γεννήτρια συνήθως και ανάλογα με τον τρόπο με τον οποίο συνδέεται με το τύλιγμα του επαγωγικού τυμπάνου οι γεννήτριες διακρίνονται σε τέσσερες κατηγορίες

1. Γεννήτριες ξένης διέγερσης

2. Γεννήτριες παράλληλης διέγερσης.
3. Γεννήτριες με διέγερση σειράς
4. Γεννήτριες σύνθετης διέγερσης.

2.7 Κινητήρας Συνεχούς Ρεύματος.

Αν τροφοδοτήσουμε το τύλιγμα του δρομέα (πλαίσιο), της στοιχειώδους μηχανής συνεχούς ρεύματος με συνεχή τάση, τότε αυτή θα λειτουργήσει ως κινητήρας. Η περιστροφή του δρομέα οφείλεται στις δυνάμεις Laplace που αναπτύσσονται στις πλευρές $\alpha\beta$ και $\gamma\delta$ του πλαισίου, όταν αυτές βρίσκονται κάτω από τους πόλους. Η φορά των δυνάμεων Laplace εικονίζεται στο Σχήμα 2.9.



Σχήμα 2.9 Στοιχειώδης ηλεκτρική μηχανή συνεχούς ρεύματος ως κινητήρας.

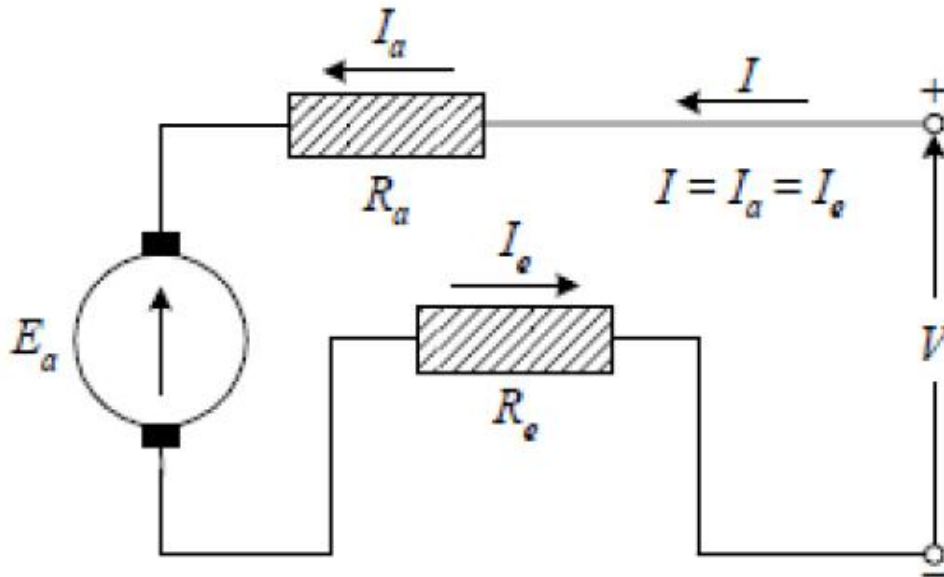
Ανάλογα με τον τρόπο σύνδεσης του τυλίγματος διέγερσης με το τύλιγμα τυμπάνου οι κινητήρες διακρίνονται σε
Κινητήρες ξένης διέγερσης (ξεχωριστή τροφοδοσία διέγερσης)
Κινητήρες παράλληλης διέγερσης
Κινητήρες διέγερσης σειράς
Κινητήρες σύνθετης διέγερσης

2.8 Κινητήρες Συνεχούς Ρεύματος Διέγερσης Σειράς.

Αρχή Λειτουργίας.

Οι κινητήρες συνεχούς ρεύματος με διέγερση σειράς έχουν τυλίγματα διέγερσης με σχετικά λίγες σπείρες οι οποίες είναι συνδεδεμένες στη σειρά με το κύκλωμα οπλισμού. Η λειτουργία του κλασσικού ηλεκτρικού κινητήρα συνεχούς ρεύματος βασίζεται στην αλληλεπίδραση δύο μαγνητικών πεδίων. Το πρώτο πεδίο δημιουργείται από μόνιμους μαγνήτες (διέγερση) που βρίσκονται συνήθως σταθερά προσαρμοσμένοι στον στάτη της μηχανής. Το δεύτερο πεδίο δημιουργείται στον δρομέα της μηχανής από το περιστρεφόμενο τύλιγμα τυμπάνου, που συνιστά έναν ηλεκτρομαγνήτη. Βασικό ρόλο στη λειτουργία της μηχανής συνεχούς ρεύματος παίζει ο συλλέκτης. Ο ρόλος του συλλέκτη είναι να αντιστρέφει τη φορά του ηλεκτρικού ρεύματος τυμπάνου δύο φορές σε κάθε κύκλο, έτσι ώστε να αντιστρέφεται η πολικότητα του ηλεκτρομαγνήτη τυμπάνου την κατάλληλη χρονική στιγμή (όταν οι δύο αντίθετοι μαγνητικοί πόλοι βρίσκονται απέναντι) και τελικά να αλληλεπιδρούν μαγνητικά τα δύο πεδία.

Είναι αρκετά διαδεδομένοι και ο κύριος λόγος που καθιστά τους κινητήρες συνεχούς ρεύματος δημοφιλείς, είναι η ευκολία στον έλεγχο της ταχύτητάς τους μέχρι το μηδέν και η εξαιρετική δυναμική τους συμπεριφορά. Έτσι, υπάρχουν εφαρμογές πολύ υψηλών απαιτήσεων στις οποίες οι κινητήρες συνεχούς ρεύματος είναι αναντικατάστατοι. Στους κινητήρες με διέγερση σειράς, το τύλιγμα της διέγερσης συνδέεται σε σειρά με το κύκλωμα του δρομέα, όπως εικονίζεται στο Σχήμα 2.10. Έτσι, το ρεύμα της διέγερσης είναι ίσο με το ρεύμα του οπλισμού και η μαγνητική ροή είναι συνάρτηση του ρεύματος στο δρομέα ($I = I_a = I_e$).



Σχήμα 2.10 : Ισοδύναμο κύκλωμα του κινητήρα με διέγερση σειράς.

Σύμφωνα με το ισοδύναμο κύκλωμα ισχύει ότι:

$$I = I_s = I_a$$

$$V = I_s * R_{sw} + V_a = I_a * R_{sw} + R_a * I_a + E_a$$

2.9 Χαρακτηριστικές Εξισώσεις.

Επαγόμενη Ροπή στον Αξονα ενός Κινητήρα με Διέγερση Σειράς

Το βασικό χαρακτηριστικό ενός κινητήρα συνεχούς ρεύματος με διέγερση σειράς είναι το γεγονός ότι η μαγνητική ροπή στο εσωτερικό του είναι ανάλογη του ρεύματος οπλισμού πριν φυσικά την εμφάνιση κορεσμού. Η αύξηση του ρεύματος εισόδου προκαλεί αύξηση της μαγνητικής ροής στο εσωτερικό του κινητήρα η οποία μειώνει την ταχύτητα περιστροφής. Το αποτέλεσμα είναι ότι η καμπύλη ροπής-ταχύτητας ενός τέτοιου κινητήρα να παρουσιάζει πολύ απότομη κλίση. Η επαγόμενη ροπή μιας τέτοιας μηχανής δίνεται από τον τύπο:

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

Η μαγνητική ροή στο εσωτερικό αυτής της μηχανής είναι ανάλογη προς το ρεύμα της (φυσικά πριν τον κορεσμό του μετάλλου του). Δηλαδή αυτή η μαγνητική ροή μπορεί να οριστεί ως εξής:

$$\Phi = c * I_A$$

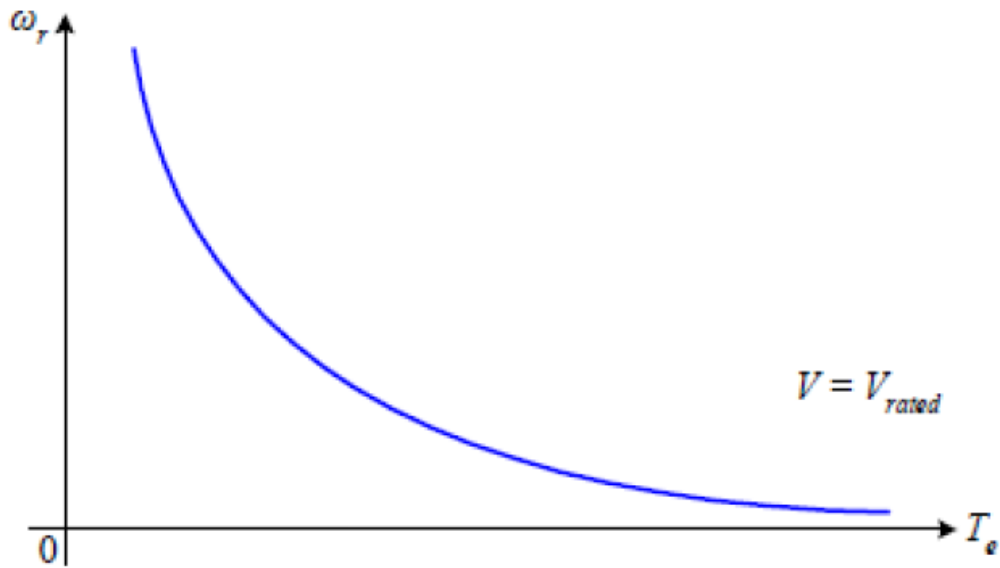
Όπου c είναι ένας σταθερός συντελεστής αναλογίας επαγόμενη ροπή στον κινητήρα δίνεται από την σχέση:

$$\tau_{ind} = K * \Phi * I_A = K * c * I_A^2$$

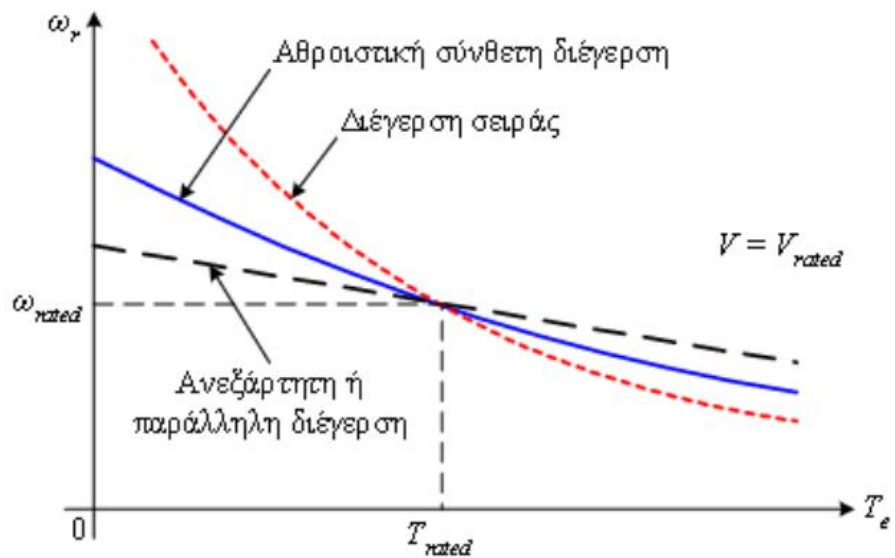
Με άλλα λόγια η ροπή του κινητήρα είναι ανάλογη με το τετράγωνο του ρεύματος οπλισμού του. Το προφανές συμπέρασμα αυτής της σχέσης είναι ότι ο κινητήρας με διέγερση σειράς δίνει μεγαλύτερη ροπή ανά μονάδα ρεύματος από οποιοδήποτε άλλο κινητήρα συνεχούς ρεύματος. Αυτός ακριβώς είναι ο λόγος που χρησιμοποιείται σε εφαρμογές όπου απαιτείται πολύ μεγάλη ροπή. Τέτοιου είδους εφαρμογές είναι κινητήρες εκκίνησης (μίξες) στα αυτοκίνητα, κινητήρες των ανελκυστήρων και των μηχανών έλξης στην ηλεκτροκίνηση.

2.10 Χαρακτηριστική Ροπής-Ταχύτητας των Κινητήρων Συνεχούς Ρεύματος.

Έτσι, μια αύξηση της ροπής φορτίου προκαλεί την αύξηση του ρεύματος οπλισμού και της μαγνητικής ροής στην. Επειδή η ροή αυξάνεται με τη ροπή, η ταχύτητα πρέπει να μειωθεί σημαντικά ώστε να διατηρηθεί η ισορροπία μεταξύ της σταθερής τάσης τροφοδοσίας V και της ΑΗΕΔ του κινητήρα. Από το Σχήμα 2.11 παρατηρούμε ότι, η ταχύτητα του κινητήρα αποκτά πολύ μεγάλες τιμές όταν η ροπή του φορτίου τείνει στο μηδέν. Στην πράξη η ροπή του κινητήρα δεν είναι δυνατό να μηδενιστεί επειδή πρέπει να ξεπεραστούν τουλάχιστον οι απώλειες πυρήνα, οι μηχανικές και οι κατανεμημένες. Έτσι, οι κινητήρες με διέγερση σειράς δεν πρέπει ποτέ να λειτουργούν χωρίς φορτίο ούτε να συνδέεται στο φορτίο του μέσω κάποιου ιμάντα ή άλλου μηχανισμού που θα μπορούσε να σπάσει. Οι κινητήρες σειράς δίνουν τη μεγαλύτερη ροπή ανά μονάδα ρεύματος, από κάθε άλλο κινητήρα συνεχούς ρεύματος, εξαιτίας της αύξησης της ροής με τη ροπή και μάλιστα σε μικρή ταχύτητα. Επομένως, χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές όπου απαιτείται υψηλή ροπή εκκίνησης και μεγάλες υπερφορτίσεις. Τέτοιες εφαρμογές είναι οι κινητήρες των ανελκυστήρων, των γερανών και των συστημάτων έλξης (τρένα).



Σχήμα 2.11 : Φυσική χαρακτηριστική ταχύτητας–ροπής του κινητήρα με διέγερση σειράς.



Σχήμα 2.12

Όπως παρατηρούμε στο Σχήμα 2.12 όπου βλέπουμε την φυσική χαρακτηριστική ροπής-ταχύτητας των τεσσάρων ειδών διέγερσης ο κινητήρας διέγερσης σειράς υπερτερεί κατά πολύ.

2.11 Εκκίνηση των Κινητήρων Συνεχούς.

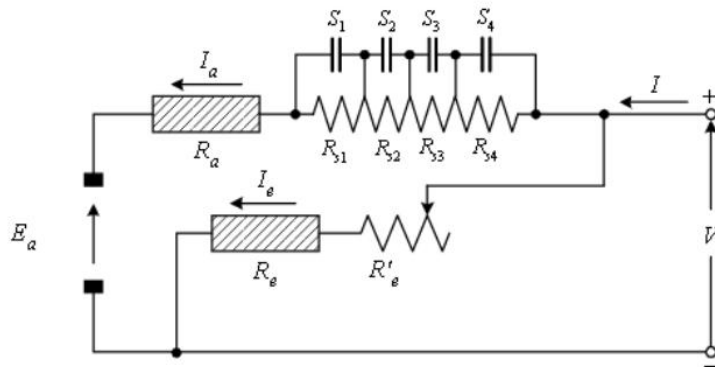
Η εκκίνηση του κινητήρα είναι μια δυναμική διαδικασία η οποία διαρκεί πολύ μικρό χρονικό διάστημα λόγω των αρκετά υψηλών ρευμάτων μπορεί να προκληθούν έντονα φαινόμενα υπερθέρμανσης στον κινητήρα αλλά και πρόβλημα σε γειτονικά παρειαυρισκόμενες συσκευές λόγω βύθισης τάσης. Το πρόβλημα αυτό είναι ιδιαίτερα έντονο σε κινητήρες με μεγάλη συχνότητα εκκινήσεων/διακοπών. Η χρήση λοιπόν διατάξεων εκκίνησης και προστασίας ιδιαίτερα σε κινητήρες μεγάλης ισχύος είναι απαραίτητη. Κατά τη στιγμή της εκκίνησης ο δρομέας της μηχανής είναι σε στάση και κατά συνέπεια η αναπτυσσόμενη ΑΗΕΔ είναι μηδενική. Για το ρεύμα τυμπάνου ισχύει πως:

$$I_a = \frac{V_a - E_a}{R_a} = \frac{V_a - K_{g*} \Phi_n}{R_a}$$

Συνεπώς κατά την εκκίνηση:

$$I_{a,st} = I_a (n = E_a = 0) = \frac{V_a}{R_a} \gg I_{a,no}$$

Γίνεται αντιληπτό πως σχεδόν όλη η τάση τροφοδοσίας του κινητήρα εφαρμόζεται στην ωμική αντίσταση του τυλίγματος τυμπάνου με αποτέλεσμα την σημαντική ανάπτυξη σημαντικά ισχυρών ρευμάτων. Όπως προαναφέραμε τα ρεύματα αυτά είναι ανεπιθύμητα όχι μόνο για τον ίδιο τον κινητήρα αλλά και για τα γειτονικά παρειαυρισκόμενες συσκευές λόγω βύθισης τάσης. Καταπολέμηση αυτού του προβλήματος αντιμετωπίζεται είτε με τη βαθμιαία αύξηση της τάσης τροφοδοσίας του τυλίγματος τυμπάνου κυρίως μέσω διατάξεων ηλεκτρονικών ισχύος) είτε με την παρεμβολή αντιστάσεων σε σειρά με το τύλιγμα τυμπάνου κατά την διάρκεια της εκκίνησης μέσω των κλασικών εκκινήτων οι οποίοι ακόμη και σήμερα γίνεται η χρήση τους, δύο είναι τα είδη: Εκκινήτρις τριών ακροδεκτών καθώς και ο Εκκινήτρις τεσσάρων ακροδεκτών. Παρακάτω εικονίζεται (Σχήμα 2.13) μια διάταξη εκκίνησης κινητήρα παράλληλης διέγερσης τεσσάρων ακριδεκτών.



Σχήμα 2.13

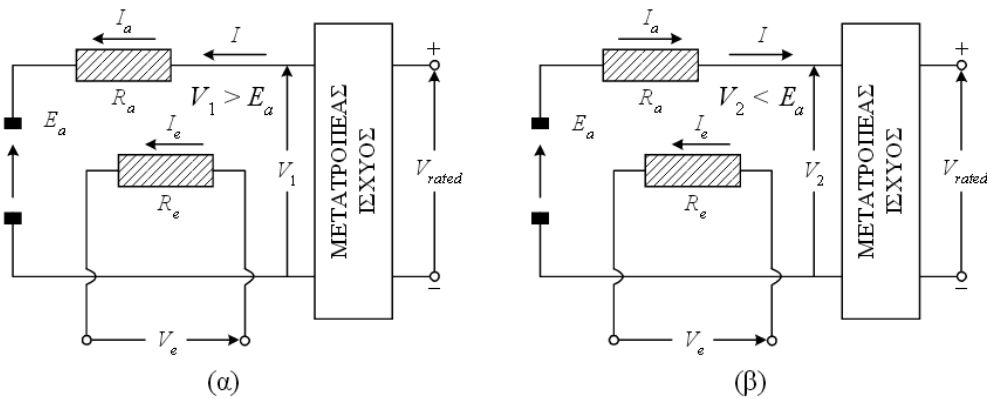
2.12 Η Πέδηση στους Κινητήρες Συνεχούς.

Πέδηση ονομάζεται η διαδικασία επιβράδυνσης, μείωσης της ταχύτητας, ενός ηλεκτρικού κινητήρα. Κατά τη διάρκεια της πέδησης, ο κινητήρας λειτουργεί ως γεννήτρια. Δηλαδή, ο κινητήρας μετατρέπει κατά το διάστημα της πέδησης τη μηχανική ενέργεια από το φορτίο, σε ηλεκτρική ενέργεια. Η μηχανική ενέργεια παρέχεται, στην περίπτωση του παθητικού φορτίου, από την κινητική ενέργεια που είναι αποθηκευμένη στην αδράνεια του συστήματος κινητήρας-φορτίο, είτε απευθείας από το ενεργό φορτίο. Για την πέδηση των κινητήρων συνεχούς ρεύματος, το ρεύμα του οπλισμού πρέπει να αντιστραφεί, ενώ η φορά της κύριας μαγνητικής ροής διατηρείται σταθερή. Η αρνητική ισχύς (αρνητικό πρόσημο) σημαίνει ότι, η μηχανή μετατρέπει τη μηχανική ενέργεια σε ηλεκτρική, δηλαδή λειτουργεί ως γεννήτρια. Διακρίνουμε τρεις μεθόδους πέδησης των ηλεκτρικών κινητήρων όλων των κατηγοριών, ανάλογα με τον τρόπο διάθεσης της ισχύος που ανακτάται από τη μηχανή (regenerated power):

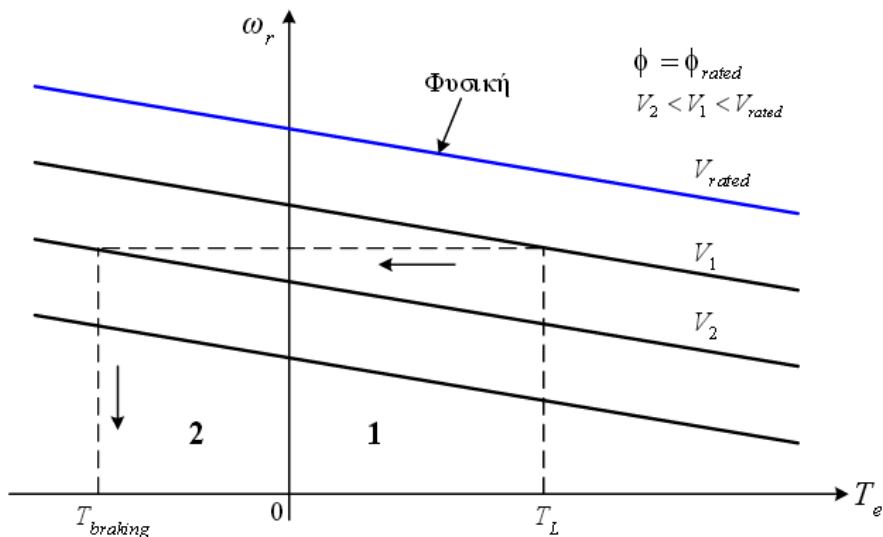
1. Πέδηση με ανάκτηση της ισχύος (regenerative braking)
2. Δυναμική πέδηση (dynamic braking)
3. Πέδηση με αναστροφή της τάσης (plugging)

Αναγεννητική Πέδηση.

Με αυτή την μέθοδο ένα μεγάλο ποσοστό της μηχανικής ενέργειας των στρεφόμενων μαζών δεν καταναλώνεται πλέον ως θερμότητα στην αντίσταση πέδησης αλλά επιστρέφει πίσω στο δίκτυο ως ηλεκτρική ενέργεια. Για να γίνει όμως αυτή η μέθοδος εφικτή θα πρέπει ο κινητήρας να είναι σε συνδεσμολογία ξένης και όχι παράλληλης διέγερσης ώστε η τάση τροφοδοσίας του τυλίγματος διέγερσης να παραμένει ανεπηρέαστη από τις μεταβολές της τάσης τυμπάνου. Εφαρμογές που έχει η συγκεκριμένη μέθοδος είναι σε φορτία όπως ηλεκτρικά οχήματα, ηλεκτρικά τρένα, ανελκυστήρες, βαρούλκα. Δηλαδή σε φορτία όπου οι δυνάμεις βαρύτητας μπορούν να προκαλέσουν περιστασιακά την αύξηση της επαγόμενης ΑΗΕΔ λόγω της αύξησης των στροφών σε τιμές μεγαλύτερες από την τάση τροφοδοσίας.



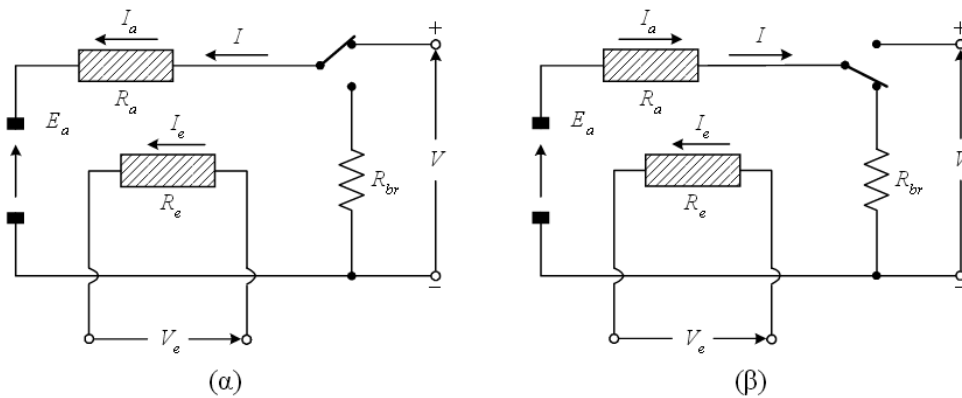
Σχήμα 2.14. Πέδηση του κινητήρα με ανεξάρτητη διέγερση. Λειτουργία κινητήρα με $V_1 > E_a$ (α) και λειτουργία γεννήτριας $V_2 < E_a$ (β)



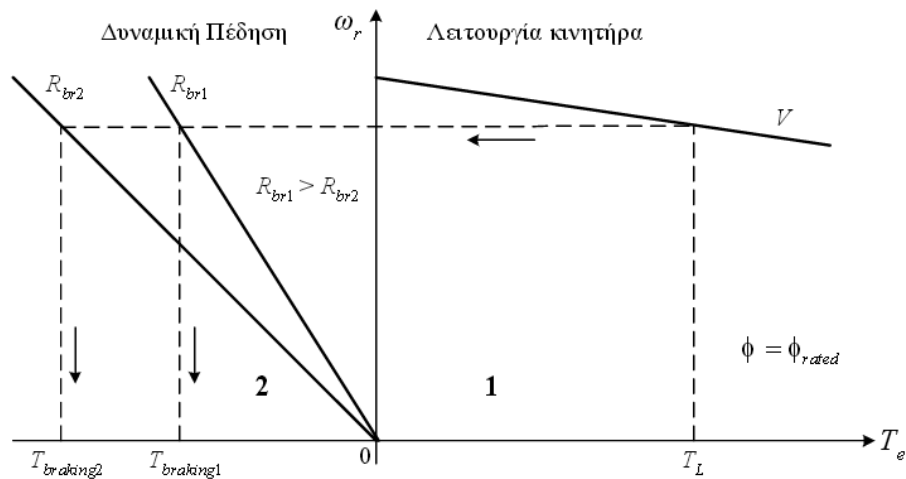
Σχήμα 2.15. Χαρακτηριστικές ταχύτητας–ροπής του κινητήρα με ανεξάρτητη διέγερση, κατά τη λειτουργία κινητήρα (πρώτο τεταρτημόριο) και κατά την πέδηση με τη μέθοδο της ανάκτησης ισχύος (δεύτερο τεταρτημόριο)

Δυναμική Πέδηση.

Η πέδηση ενός κινητήρα συνεχούς ρεύματος με τη δυναμική μέθοδο, σημαίνει την αποσύνδεση του κυκλώματος οπλισμού από την πηγή τροφοδοσίας και τον παραλληλισμό του με μια αντίσταση (Σχήμα 2.16). Επειδή η τάση τροφοδοσίας της μηχανής είναι μηδέν (Σχήμα 2.16, α), η ΑΗΕΔ προκαλεί τη ροή ενός ρεύματος οπλισμού με την αντίθετη φορά από εκείνη στη λειτουργία του κινητήρα (Σχήμα 2.16, β). Επομένως, η μηχανή λειτουργεί ως γεννήτρια αναπτύσσοντας αρνητική ροπή.



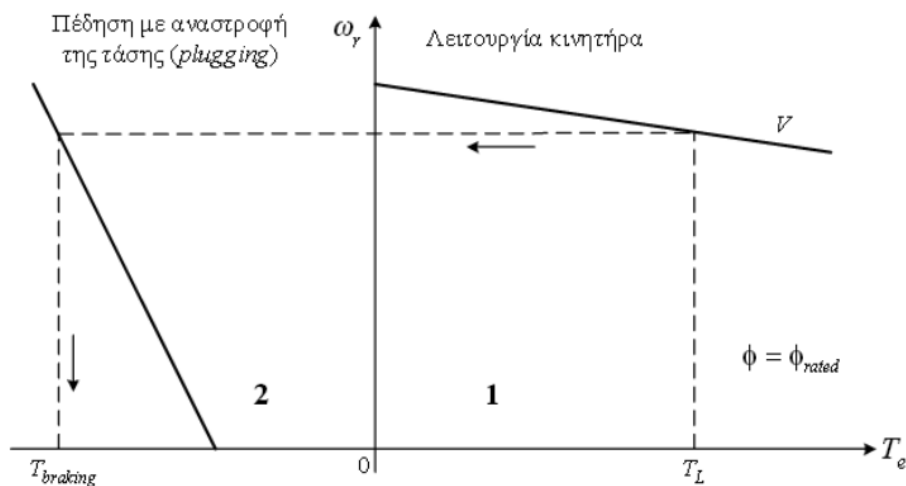
Σχήμα . 2.16 Δυναμική πέδηση του κινητήρα με ανεξάρτητη διέγερση. Λειτουργία κινητήρα (α), λειτουργία γεννήτριας (β)



Σχήμα 2.17. Χαρακτηριστικές ταχύτητας–ροπής του κινητήρα με ανεξάρτητη διέγερση, κατά τη λειτουργία κινητήρα (πρώτο τεταρτημόριο) και κατά τη δυναμική πέδηση (δεύτερο τεταρτημόριο).

Πέδηση Plugging.

Σ' αυτή τη μέθοδο πέδησης, αντιστρέφεται η φορά της τάσης τροφοδοσίας στο τύλιγμα του οπλισμού (Σχήμα 2.17). Έτσι, αντιστρέφεται η φορά του ρεύματος στον οπλισμό και η μηχανή λειτουργεί ως γεννήτρια. Η ενέργεια που παράγεται από τη μηχανή, μαζί με την ισχύ που η μηχανή απορροφά από την πηγή τροφοδοσίας, καταναλώνονται στην ωμική αντίσταση του δρομέα. Το ρεύμα στον οπλισμό αποκτά μια εξαιρετικά μεγάλη τιμή $I_a = (E_a + V)/R_a$, η οποία συχνά περιορίζεται με τη σύνδεση μιας εξωτερικής αντίστασης, σε σειρά με το κύκλωμα του δρομέα. Επομένως, η πέδηση με plugging είναι μια εξαιρετικά αναποτελεσματική μέθοδος. Η χαρακτηριστική ταχύτητας-ροπής του κινητήρα με plugging, εικονίζεται στο δεύτερο τεταρτημόριο του Σχήμα 2.18. Η ροπή πέδησης της μηχανής στη μηδενική ταχύτητα είναι σημαντική. Έτσι, όταν ο σκοπός της πέδησης είναι το σταμάτημα του κινητήρα, απαιτούνται πρόσθετες διατάξεις για την αποσύνδεση του κινητήρα από την πηγή. Αν δεν γίνει αυτό, ο κινητήρας επιταχύνει προς την αντίθετη κατεύθυνση.



Σχήμα 2.18. Χαρακτηριστική ταχύτητας-ροπής του κινητήρα με ανεξάρτητη διέγερση, κατά τη λειτουργία κινητήρα (πρώτο τεταρτημόριο) και κατά τη πέδηση με αναστροφή της τάσης (δεύτερο τεταρτημόριο)

2.13 Κινητήρες Εναλλασσόμενου Ρεύματος.

Εισαγωγή.

Οι μηχανές εναλλασσομένου ρεύματος είναι γεννήτριες που μετατρέπουν τη μηχανική ενέργεια σε ηλεκτρική και κινητήρες που μετατρέπουν την ηλεκτρική ενέργεια σε μηχανική. Οι βασικές αρχές λειτουργίας των μηχανών εναλλασσομένου ρεύματος είναι πολύ απλές αλλά δυστυχώς επισκιάζονται από την περίπλοκη κατασκευή των πραγματικών μηχανών. Υπάρχουν δύο βασικές κατηγορίες ηλεκτρικών μηχανών εναλλασσομένου ρεύματος οι σύγχρονες και οι επαγωγικές. Οι σύγχρονες ηλεκτρικές μηχανές είναι κινητήρες και γεννήτριες στις οποίες το ρεύμα διέγερσης τροφοδοτείται από επαγωγή στα τυλίγματα του πεδίου τους. Τα κυκλώματα πεδίου των περισσότερων σύγχρονων και επαγωγικών μηχανών βρίσκονται στους δρομείς τους. Μπορεί οι κινητήρες συνεχούς ρεύματος διέγερσής σειράς να κρίνονται άκρως κατάλληλοι διότι έχουν χρησιμοποιηθεί για πάρα πολλά χρόνια σε συστήματα ηλεκτρικής κίνησης και θεωρούνταν αναντικατάστατοι σε εφαρμογές μεταβλητής ταχύτητας περιστροφής.

Αλλά με την ανάπτυξη των ηλεκτρονικών ισχύος δόθηκε η δυνατότητα αντικατάστασής τους από τους ασύγχρονους κινητήρες εναλλασσόμενου ρεύματος (κινητήρες επαγωγής) που οδηγούνται με προηγμένες τεχνικές ελέγχου.

2.14 Σύγχρονοι Κινητήρες.

Κινητήρας Ε.Ρ. είναι κάθε μηχανή, η οποία μετατρέπει την ηλεκτρική ενέργεια σε μηχανική, με την προϋπόθεση ότι συνδέεται σε εναλλασσόμενο δίκτυο. Ανάλογα με την κατασκευή και με τη λειτουργία τους οι κινητήρες Ε.Ρ. χωρίζονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες:

1) τους σύγχρονους, και

2) τους ασύγχρονους.

Είναι γνωστό ότι η λειτουργία ενός εναλλακτήρα μπορεί να αντιστραφεί και ο εναλλακτήρας να λειτουργήσει ως κινητήρας. Ένας τέτοιος κινητήρας ονομάζεται σύγχρονος, από τη σύγχρονη ταχύτητα περιστροφής $n_s = 60 \cdot f / P$ (στρ/μιν), δηλαδή περιστρέφεται με την ταχύτητα εκείνη, με την οποία θα έπρεπε να περιστραφεί η ίδια μηχανή - ως εναλλακτήρας - για να παράγει ρεύμα της αυτής συχνότητας (f) προς το εναλλασσόμενο ρεύμα το οποίο την τροφοδοτεί.

Οι σύγχρονοι κινητήρες χρησιμοποιούνται:

1) Για να κινούν ορισμένα μηχανήματα.

2) Για να διορθώνουν τον συντελεστή ισχύος μιας εγκατάστασης

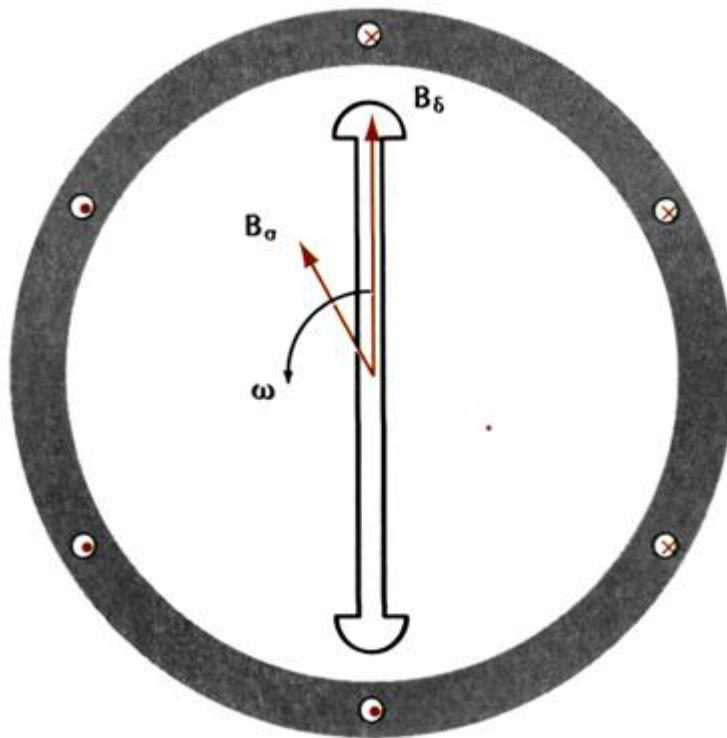
2.15 Αρχή Λειτουργίας.

Η λειτουργία ενός σύγχρονου κινητήρα στηρίζεται στις δυνάμεις που ασκούνται μεταξύ ετερόνυμων μαγνητικών πόλων. Το Σχήμα 2.19. δείχνει ένα σύγχρονο κινητήρα δύο πόλων, όπου το μαγνητικό πεδίο του δρομέα (B_{δ}) παράγεται από το ρεύμα διέγερσης (I_{δ}).

Στο στάτη της μηχανής εφαρμόζεται ένα τριφασικό σύστημα ρευμάτων, το οποίο παράγει στο εσωτερικό της περιστρεφόμενο ομογενές μαγνητικό πεδίο (B_{σ}). Έτσι, στο εσωτερικό του κινητήρα υφίστανται δυο πεδία που τείνουν να ευθυγραμμιστούν, όπως ακριβώς δυο μαγνητικοί ράβδοι.

Επειδή, όμως, το πεδίο του στάτη περιστρέφεται συνεχώς, το πεδίο του δρομέα και ο ίδιος ο δρομέας προσπαθεί συνεχώς να τον ακολουθεί. Όσο μεγαλύτερη είναι η γωνία μεταξύ των δύο πεδίων, τόσο μεγαλύτερη είναι η ροπή που ασκεί στο δρομέα το μαγνητικό πεδίο του.

Αυτή ακριβώς είναι η αρχή λειτουργίας του σύγχρονου κινητήρα. Το μαγνητικό πεδίο του δρομέα "κυνηγάει" συνεχώς το πεδίο του στάτη, χωρίς ποτέ να καταφέρνει να το φτάσει..



Σχήμα 2.19

2.16 Χαρακτηριστικές Εξισώσεις

Γίνεται υπόθεση ότι το μέτρο του διανύσματος της μαγνητικής επαγωγής B στο διάκενο της μηχανής μεταβάλλεται με το ημίτονο της μηχανικής γωνίας ενώ η διεύθυνση του είναι ακτινική με φορά από το δρομέα προς τον στάτη.σ αυτό το είδος κατανομής της μαγνητικής ροής αποβλέπουν όλοι όσοι ασχολούνται με το σχεδιασμό τέτοιων μηχανών. Το μέτρο της μαγνητικής επαγωγής δίνεται από την σχέση:

$$B = B_M \cdot \cos \alpha$$

Όπου η γωνία α θεωρείται μηδενική στην κατεύθυνση που η μαγνητική επαγωγή είναι μέγιστη. Σημειώνεται ότι σε ορισμένα σημεία του διακένου η μαγνητική επαγωγή έχει φορά από το στάτη προς το δρομέα επειδή το πρόσημο σ αυτά τα σημεία είναι αρνητικό. Όμως ο δρομέας της μηχανής περιστρέφεται με ταχύτητα ω_m και έτσι το μέτρο της μαγνητικής επαγωγής σ οποιαδήποτε γωνία α είναι γύρω του είναι:

$$e = (v * B) * I$$

όπου v = ταχύτητα του αγωγού
 B =μαγνητική επαγωγή πεδίου
 I =μήκος αγωγού

Η μαγνητική δε επαγωγή του διακένου δίδεται από την παρακάτω σχέση:

$$B_s(\alpha) = B_s \cdot \sin \alpha$$

2.17 Ασύγχρονοι Κινητήρες.

Ονομάζονται ασύγχρονοι κινητήρες, επειδή δεν κινούνται με τη σύγχρονη ταχύτητα περιστροφής, όπως οι σύγχρονοι κινητήρες, αλλά με διαφορετική ταχύτητα.

Οι ασύγχρονοι κινητήρες διακρίνονται:

1) Στους επαγωγικούς, που είναι οι:

- α) δακτυλιοφόροι (μονοφασικοί ή πολυφασικοί) κινητήρες,
- β) κινητήρες βραχυκυκλωμένου δρομέα ή κινητήρες κλωβού (μονοφασικοί ή πολυφασικοί).

2) Οι μονοφασικοί κινητήρες διακρίνονται σε:

- α) αντίστασης
- β) βραχυκυκλωμένων σπειρών στο στάτη, και
- γ) πυκνωτή (εκκίνησης - λειτουργίας).

2.18 Επαγωγικοί Κινητήρες.

Γενικά περί ηλεκτρικών μηχανών επαγωγής.

Οι ηλεκτρικές μηχανές εναλλασσόμενου ρεύματος χωρίζονται σε δυο βασικές κατηγορίες: τις σύγχρονες μηχανές και τις ασύγχρονες μηχανές ή μηχανές επαγωγής. Το ρεύμα διέγερσης των σύγχρονων μηχανών παράγεται από ανεξάρτητες πηγές Σ.Ρ ενώ το ρεύμα διέγερσης των επαγωγικών μηχανών παράγεται επαγωγικά (αρχή λειτουργίας μετασχηματιστή) στα τυλίγματα διέγερσης τους.

Αυτού του είδους οι μηχανές έλαβαν την ονομασία επαγωγικές λόγω του ότι η τάση στο δρομέα (που παράγει το ρεύμα διέγερσης και το πεδίο του δρομέα) ουσιαστικά επάγεται στο κύκλωμα διέγερσης αντί να προσφέρεται σε αυτό με κάποια ηλεκτρική σύνδεση.

Η ειδοποιός διαφορά ενός επαγωγικού κινητήρα είναι το γεγονός ότι για να κινηθεί δεν είναι απαραίτητο να τροφοδοτείται με συνεχές ρεύμα διέγερσης.

Η επαγωγική μηχανή μπορεί να λειτουργεί και σαν κινητήρας και σαν γεννήτρια. Όμως κατά τη λειτουργία της ως γεννήτρια παρατηρούνται πολλά μειονεκτήματα, πράγμα που την κάνει να χρησιμοποιείται σπάνια ως γεννήτρια. Συνέπεια τούτου είναι όλες οι επαγωγικές μηχανές να αναφέρονται ως επαγωγικοί κινητήρες.

Οι κινητήρες διακρίνονται:

- 1) δακτυλιοφόροι (μονοφασικοί ή πολυφασικοί) κινητήρες,
- 2) κινητήρες βραχυκυκλωμένου δρομέα ή κινητήρες κλωβού (μονοφασικοί ή πολυφασικοί).

Δομή ηλεκτρικών μηχανών επαγωγής

Οι ηλεκτρικές μηχανές επαγωγής αποτελούνται από το ακίνητο μέρος τον στάτη και τον περιστρεφόμενο δρομέα.

Ο στάτης και ο δρομέας χωρίζονται από το διάκενο, η τάξη μεγέθους του είναι συνήθως κλάσματα του χιλιοστού. Σε πολύ μεγάλους κινητήρες μπορεί το διάκενο να είναι μερικά χιλιοστά.

Ενεργά μέρη : είναι οι περιελίξεις του στάτη και του δρομέα (φορείς της τάσης και του ρεύματος) και οι πυρήνες του στάτη και του δρομέα (φορείς της μαγνητικής ροής). Οι περιελίξεις είναι τοποθετημένες στα αυλάκια που βρίσκονται στην εσωτερική περιφέρεια του πυρήνα του στάτη και στην εξωτερική περιφέρεια του πυρήνα του δρομέα.

Οι πυρήνες αποτελούνται από στοιβαγμένα πυριτιούχα δυναμοελάσματα για την ελαχιστοποίηση των απωλειών δινορρευμάτων. Σε μεγάλες μηχανές οι πυρήνες κατασκευάζονται για τεχνολογικούς λόγους από τομείς δυναμοελασμάτων.

Στα αυλάκια του στάτη τοποθετείται η τριφασική περιέλιξη, τα έξι άκρα της οποίας καταλήγουν σε ισάριθμους ακροδέκτες του κιβωτίου άκρων.

Η περιέλιξη που βρίσκεται στα αυλάκια του δρομέα χαρακτηρίζει και το είδος της Επαγωγικής μηχανής:

επαγωγική μηχανή με δρομέα βραχυκυκλωμένου κλωβού

Αποτελείται από μία σειρά αγώγιμων ράβδων που είναι τοποθετημένες σε αυλάκια της επιφάνειας του δρομέα και βραχυκυκλωμένες στα δύο άκρα τους μέσω μεγάλων δακτυλίων.

Επαγωγική μηχανή με δακτυλιοφόρο δρομέα.

Διαθέτει ολοκληρωμένο τριφασικό τύλιγμα όπου είναι τοποθετημένο ώστε να αποτελεί το κατοπτρικό είδωλο του τυλίγματος του στάτη. Οι τρεις φάσεις συνδέονται συνήθως σε αστέρα, ενώ τα άκρα των αγωγών συνδέονται σε δακτυλίους. Οι αγωγοί του δρομέα βραχυκυκλώνονται μέσω ψηκτρών που εφάπτονται στους δακτυλίους. Άρα τα ρεύματα του δακτυλιοφόρου δρομέα μπορούν να μετρηθούν στις ψήκτρες κι ακόμη είναι δυνατή η σύνδεση εξωτερικών αντιστάσεων στο κύκλωμα διέγερσης. Λόγω της τελευταίας δυνατότητας είναι εφικτή η επεξεργασία της χαρακτηριστικής ροπής- ταχύτητας του επαγωγικού κινητήρα δακτυλιοφόρου δρομέα.

Μη ενεργά μέρη: αποτελούν το περίβλημα, ο άξονας, τα έδρανα, τα πλέγματα, ο ανεμιστήρας και άλλα εξαρτήματα στήριξης, στερέωσης και μόνωσης.

Λειτουργία και σημαντικές ιδιότητες

Η επαγωγική μηχανή κατασκευάζεται με τυλίγματα απόσβεσης, η λειτουργία της είναι ίδια με την λειτουργία των τυλιγμάτων απόσβεσης στις σύγχρονες μηχανές (όπου είναι η πιο διαδεδομένη μέθοδος εκκίνησης τους).

Επαγόμενη ροπή :έστω ένας επαγωγικός κινητήρας βραχυκυκλωμένου κλωβού, εφαρμόζεται ένα τριφασικό σύστημα τάσεων στον στάτη, οπότε ένα τριφασικό σύστημα ρευμάτων διαρρέει τους αγωγούς του δρομέα. Συνέπεια αυτών των ρευμάτων είναι η παραγωγή του πεδίου B_s του στάτη, που περιστρέφεται με ανθρωλογιακή φορά και ταχύτητα:

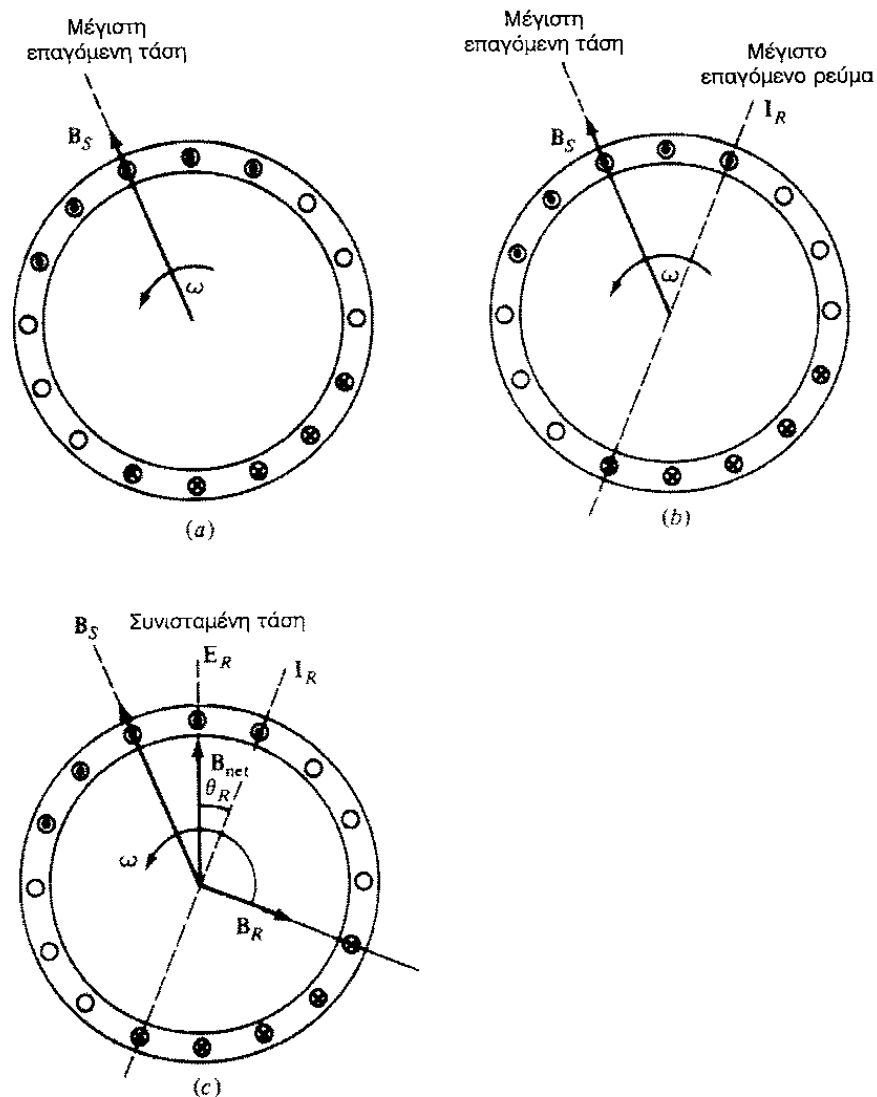
$$N_{sync} = \frac{120 * f_c}{p}$$

όπου: f_c συχνότητα συστήματος σε Hz

P αριθμός πόλων μηχανής

Η σχετική κίνηση του δρομέα ως προς το μαγνητικό πεδίο του στάτη επάγει μία τάση στα άκρα των αγωγών του δρομέα η οποία είναι:

$E_{ind} = (U \times B)l$ όπου: U, η σχετική ταχύτητα των αγωγών του δρομέα ως προς το μαγνητικό πεδίο B, η μαγνητική επαγωγή του πεδίου του στάτη I, το μήκος του αγωγού του δρομέα.



Σχήμα 2.19

Το ρεύμα του δρομέα προκαλεί το αντίστοιχο μαγνητικό πεδίο του δρομέα B_R . Η αλληλεπίδραση των δύο πεδίων προκαλεί την ροπή στη μηχανή:

$T_{ind} = KBRBS$ με ωρολογιακή φορά

Δηλαδή ο δρομέας επιταχύνεται κατά την ωρολογιακή φορά.

Η ταχύτητα του δρομέα μπορεί να είναι πολύ κοντά στη σύγχρονη αλλά δεν μπορεί να είναι ίση με αυτή. Ολίσθηση του δρομέα : η σχετική κίνηση του δρομέα ως προς τα μαγνητικά πεδία περιγράφεται από δύο μεγέθη. Την ταχύτητα ολίσθησης και την ολίσθηση.

Η ταχύτητα ολίσθησης ορίζεται ως η διαφορά της ταχύτητας του δρομέα από τη σύγχρονη ταχύτητα: $n_{slip} = n_{sync} - n_m$ όπου : n_{slip} η ταχύτητα ολίσθησης της μηχανής n_{sync} η ταχύτητα των μαγνητικών πεδίων n_m η μηχανική ταχύτητα του άξονα της μηχανής. Η ολίσθηση είναι η σχετική ταχύτητα εκφρασμένη σε εκατοστιαία ή σε ανά μονάδα βάση:

$$s = \frac{n_{slip}}{n_{sync}} * 100$$

και μέσω γωνιακής ταχύτητας:

$$s = \frac{\omega_{sync} - \omega_m}{\omega_{sync}} * 100$$

Η τιμή της ολίσθησης μεταβάλλεται μεταξύ των τιμών $s=0$, $s=1$.

Όπου έχει τιμή $s=0$ όταν ο δρομέας περιστρέφεται με τη σύγχρονη ταχύτητα και $s=1$ όταν ο δρομέας είναι ακίνητος. Όταν $n_m=0$ rpm, η συχνότητα του δρομέα f_r είναι ίση με τη συχνότητα του στάτη f_e , και η ολίσθηση είναι $s=1$. Όταν $n_m = n_{sync}$ δηλ. όταν ο δρομέας κινείται με τη σύγχρονη ταχύτητα, η συχνότητα της τάσης του δρομέα f_r είναι μηδενική και η ολίσθηση είναι $s=0$. Για κάθε άλλη ενδιάμεση τιμή της ταχύτητας του δρομέα η συχνότητα στο δρομέα είναι ανάλογη της διαφοράς της ταχύτητας του πεδίου του στάτη, n_{sync} με την ταχύτητα του δρομέα.

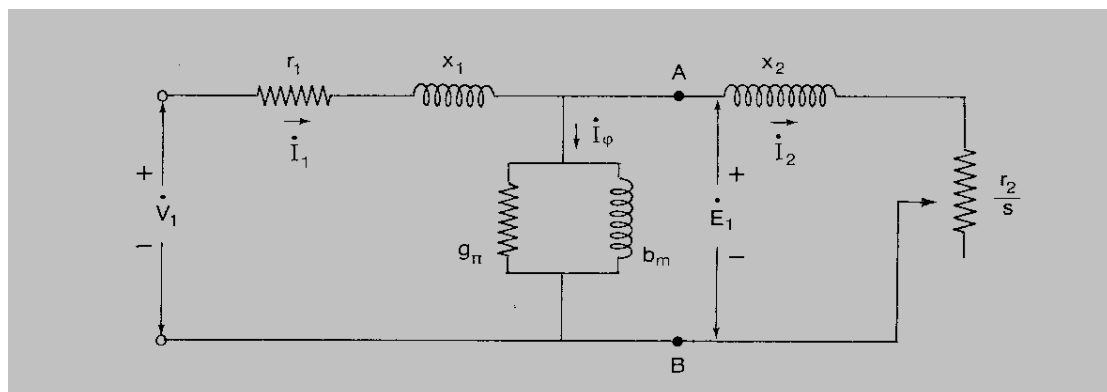
Η συχνότητα του δρομέα είναι:

$$f_r = \frac{P}{120} * (n_{sync} - n_m)$$

επίσης ισχύει $f_r = s f_e$ όπου: f_r η συχνότητα του δρομέα
 f_e η συχνότητα του στάτη.

Ισοδύναμο κύκλωμα

Οι μηχανές επαγωγής έχουν μόνο συμμετρικά τριφασικά τυλίγματα τα οποία διεγείρονται από συμμετρικές πολυφασικές τάσεις. Μελετούμε τη μία φάση μόνο εφ' όσον όλες οι φάσεις συμπεριφέρονται κατά τον ίδιο τρόπο και η μόνη διάκριση μεταξύ τους είναι η χαρακτηριστική διαφορά φάσης χρόνου. Το τυλίγμα στάτη θεωρείται συνδεδεμένο κατ'αστέρα. Επίσης θεωρείται ότι όλα τα ρεύματα και οι τάσεις έχουν ημιτονοειδή μορφή κύματος. Οι επιδράσεις των αρμονικών χώρου στη διανομή της ροής αγνοούνται, ενώ λαμβάνονται υπόψη κατά τον υπολογισμό των αντιδράσεων σκέδασης στάτη και δρομέα. Το ισοδύναμο κύκλωμα του επαγωγικού κινητήρα δίνεται στο παρακάτω σχήμα:



Σχήμα 2.20

Σχήμα 2.20

Τα μεγέθη που παριστάνονται στο ισοδύναμο κύκλωμα είναι τα εξής:

V_1 = τάση ακροδεκτών στάτη

E_1 = αντι-ΗΕΔ που αναπτύσσεται από τη συνισταμένη ροή διακένου

I_1 = ρεύμα στάτη

r_1 = πραγματική αντίσταση στάτη

X_1 = αντίδραση σκέδασης στάτη

I_{ϕ} = συνιστώσα ρεύματος διέγερσης

I_m = συνιστώσα απωλειών πυρήνα

I_m = συνιστώσα μαγνήτισης

g_m = αγωγιμότητα απωλειών πυρήνα

b_m = μαγνητίζουσα αγωγιμότητα

I_2 = συνιστώσα φορτίου

X_2 = αντίδραση σκεδάσεως δρομέα ανοιγμένοι στη συχνότητα στάτη

r_2/s = ανακλώμενη αντίσταση, συνδυασμένη επίδραση του φορτίου στον άξονα και της αντιστάσεως του δρομέα.

Ισχύει η σχέση:

$$V_1 = E_1 + I_1(r_1 + jX_1)$$

Επισημαίνεται ότι όταν τα ρεύματα και οι τάσεις του δρομέα ανακλώνται στο στάτη, η συχνότητα τους μετατρέπεται σε συχνότητα στάτη. Όλα τα ηλεκτρικά φαινόμενα του δρομέα, όταν παρατηρούνται στο στάτη, γίνονται φαινόμενα συχνότητας στάτη, διότι το τύλιγμα του στάτη απλώς βλέπει κύματα ΜΕΔ και ροής να οδεύουν στη σύγχρονη ταχύτητα. Προσδιορισμός παραμέτρων ισοδύναμου κυκλώματος
Οι παράμετροι του ισοδύναμου κυκλώματος αποτελούν απαραίτητα στοιχεία για τον υπολογισμό της επίδοσης του κινητήρα υπό φορτίο. Για τη εύρεση αυτών των παραμέτρων πραγματοποιούνται οι εξής δοκιμές: Δοκιμή κενού φορτίου, δοκιμή ακίνητου δρομέα και το πείραμα της μέτρησης των αντιστάσεων συνεχούς ρεύματος του τυλίγματος του στάτη.

2.19 Κατασκευή των Ασύγχρονων Τριφασικών Κινητήρων.

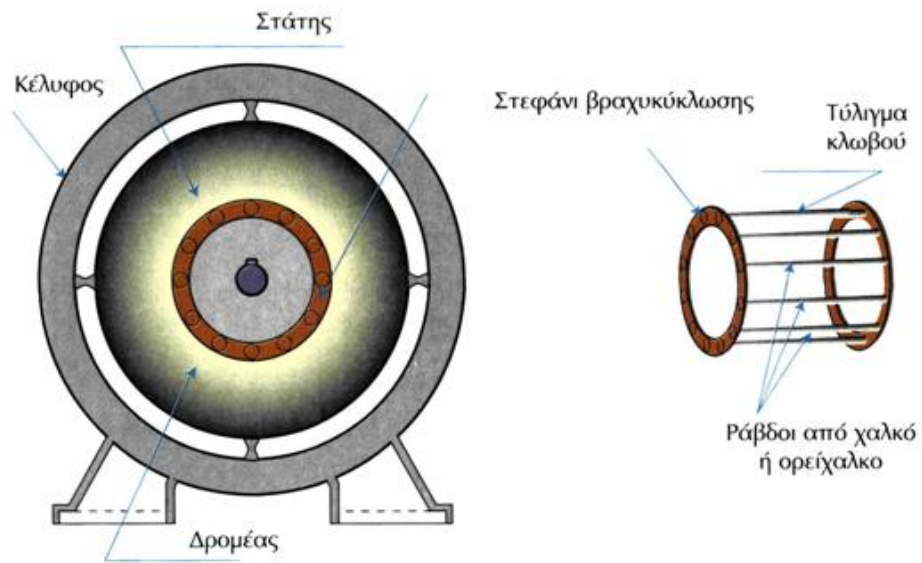
1) Στάτης

Η κατασκευή του στάτη των κινητήρων βραχυκυκλωμένου δρομέα, καθώς και των κινητήρων με δακτυλίους είναι η ίδια με εκείνη της σύγχρονης μηχανής.

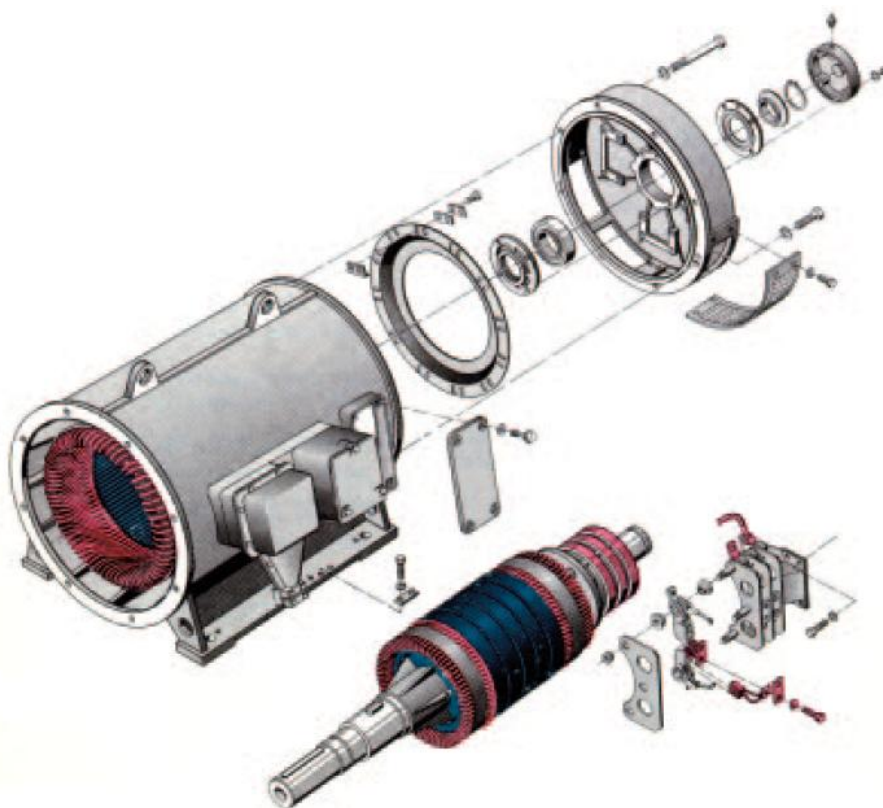
2) Δρομέας

Οι τύποι των δρομέων που τοποθετούνται στο εσωτερικό του στάτη ενός επαγωγικού κινητήρα είναι δύο:

Ο ένας από αυτούς ονομάζεται δρομέας βραχυκυκλωμένου κλωβού Σχήμα 2.21 και ο άλλος δακτυλιοφόρος δρομέας Σχήμα 2.22



Σχήμα 2.21



Σχήμα 2.22

2.20 Κατασκευαστικά Στοιχεία Βραχυκυκλωμένου Δρομέα .

Το τύλιγμα του δρομέα αποτελείται από μεταλλικές ράβδους από χαλκό ή ορείχαλκο , τα άκρα των οποίων βραχυκυκλώνονται από δύο δαχτυλίδια .Η σύνδεση γίνεται με συγκόλληση ή χύτευση.

Ο δρομέας δεν συνδέεται ηλεκτρικά με άλλο τμήμα του κινητήρα και το ρεύμα που κυκλοφορεί σ αυτόν είναι από επαγωγή λόγω του στρεφόμενου μαγνητικού πεδίου. Αν τα αυλάκια στο τύμπανο του δρομέα είναι , απλά το τύλιγμα λέγεται απλού κλωβού, αν φέρει διπλά αυλάκια το τύλιγμα λέγεται διπλού κλωβού και αν τα αυλακιά είναι βαθειά λέγεται τύλιγμα με βαθειά αυλάκια.

Οι κατασκευαστές προσπαθούν να μεταβάλουν την αντίσταση και την αντίδραση των τυλιγμάτων του δρομέα μεταβάλλοντας το μέγεθος , τη μορφή και το βάθος των αυλακίων και για αυτό έχουν δημιουργήσει ένα πλήθος επιλογών ή αλλιώς κλάσεις που αναλόγως την εφαρμογή που έχουμε επιλέγουμε και τον κατάλληλο κινητήρα στην αντίστοιχη κλάση ο οποίος βρίσκεται.

Παρακάτω στο Σχήμα 2.23 θα δούμε τις τέσσερις κλάσεις που διαχωρίστηκαν ανάλογα με τη συμπεριφορά τους κατά την εκκίνηση και κατά την κανονική λειτουργία τους.

Κλάση Α: Κανονική ροπή εκκίνησης και κανονικό ρεύμα εκκίνησης.

Έχουν τύλιγμα απλού κλωβού και διακρίνονται για την καλή επίδοση λειτουργίας σε βάρος της εκκίνησης.

Η μέγιστη ροπή είναι μεγαλύτερη του $2,5 \cdot T_{\text{ον}}$ και σε ταχύτητα πάνω από $0,8 \cdot n_s$ που σημαίνει ολίσθηση μικρότερη του 0,2. Το ρεύμα εκκίνησης είναι μεγάλο ίσο με $5:8 \cdot I_{\text{ον}}$. Χρησιμοποιούνται για κίνηση μηχανημάτων σταθερής ταχύτητας χωρίς μεγάλη ροπή εκκίνησης όπως εργαλειομηχανές , αντλίες , ανεμιστήρες.

Κλάση Β: Κανονική ροπή εκκίνησης ίδια με την κλάση Α , μικρή ολίσθηση και ρεύμα εκκίνησης το 75% της κλάσης Α.

Το ρεύμα εκκίνησης μειώθηκε με σχεδιασμό τυλίγματος υψηλής αντίδρασης σκέδασης ενώ η ροπή εκκίνησης είναι ίδια με την κλάση Α με κατασκευή όμως διπλού κλωβού ή κλωβού με βαθειά αυλάκια.

Οι εφαρμογές τους είναι ίδιες με την κλάση Α και έχουν αντικαταστήσει στη σύγχρονη τεχνολογία του κινητήρες κλάσης Α , λόγω του χαμηλότερου ρεύματος εκκίνησης.

Κλάση Γ: Έχουν τύλιγμα δρομέα διπλού κλωβού μεγαλύτερης αντίστασης από την Α και την Β.

Αναπτύσσουν μεγαλύτερη ροπή εκκίνησης , χρειάζονται μικρότερο ρεύμα εκκίνησης , έχουν μικρότερο βαθμό απόδοσης και μεγαλύτερη ολίσθηση από τις δύο προηγούμενες κλάσεις.

Έχουν μεγαλύτερο κόστος και χρησιμοποιούνται σε φορτία που χρειάζονται μεγάλη

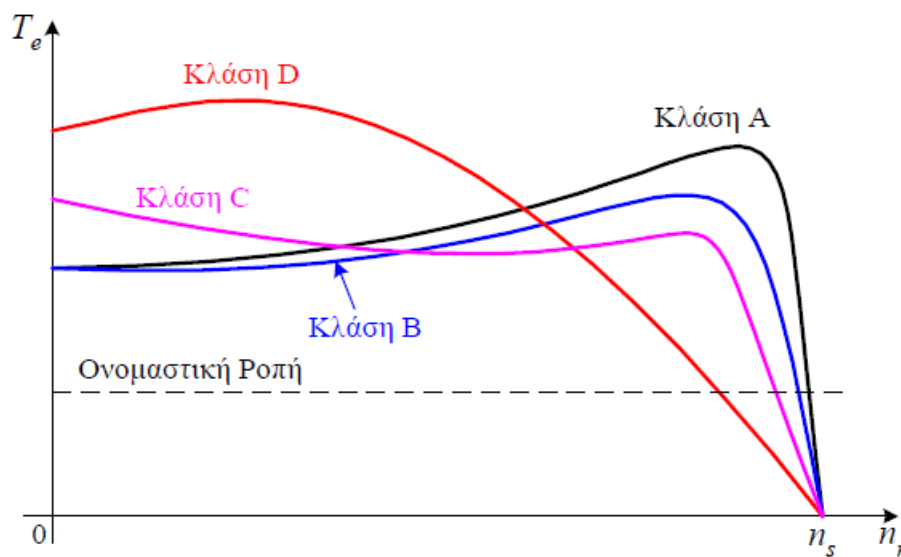
ροπή εκκίνησης όπως συμπιεστές , μεταφορικές ταινίες ισχύος 10PS μέχρι 300PS καθώς και στα ανυψωτικά μηχανήματα.

Κλάση Γ: Έχουν τύλιγμα απλού κλωβού με ράβδους από ορείχαλκο , μικρότερης διατομής για να παρουσιάζουν μεγαλύτερη αντίσταση.

Αναπτύσσουν πολύ μεγάλη ροπή εκκίνησης με χαμηλό ρεύμα εκκίνησης.

Η μέγιστη ροπή ξεπερνά την τριπλάσια της ονομαστικής και επιτυγχάνεται σε χαμηλές ταχύτητες με ολίσθηση 0,5 έως 0,11 με χαμηλό βαθμό απόδοσης.

Χρησιμοποιούνται για κίνηση διακοπτόμενων φορτίων που χρειάζονται μεγάλη επιτάχυνση και για κρουστικά φορτία όπως πρέσες , διατρητικά μηχανήματα , ψαλίδια και μηχανήματα με σφόνδυλο.



Σχήμα 2.23 Χαρακτηριστική Καμπύλη Ροπής-Ταχύτητας.

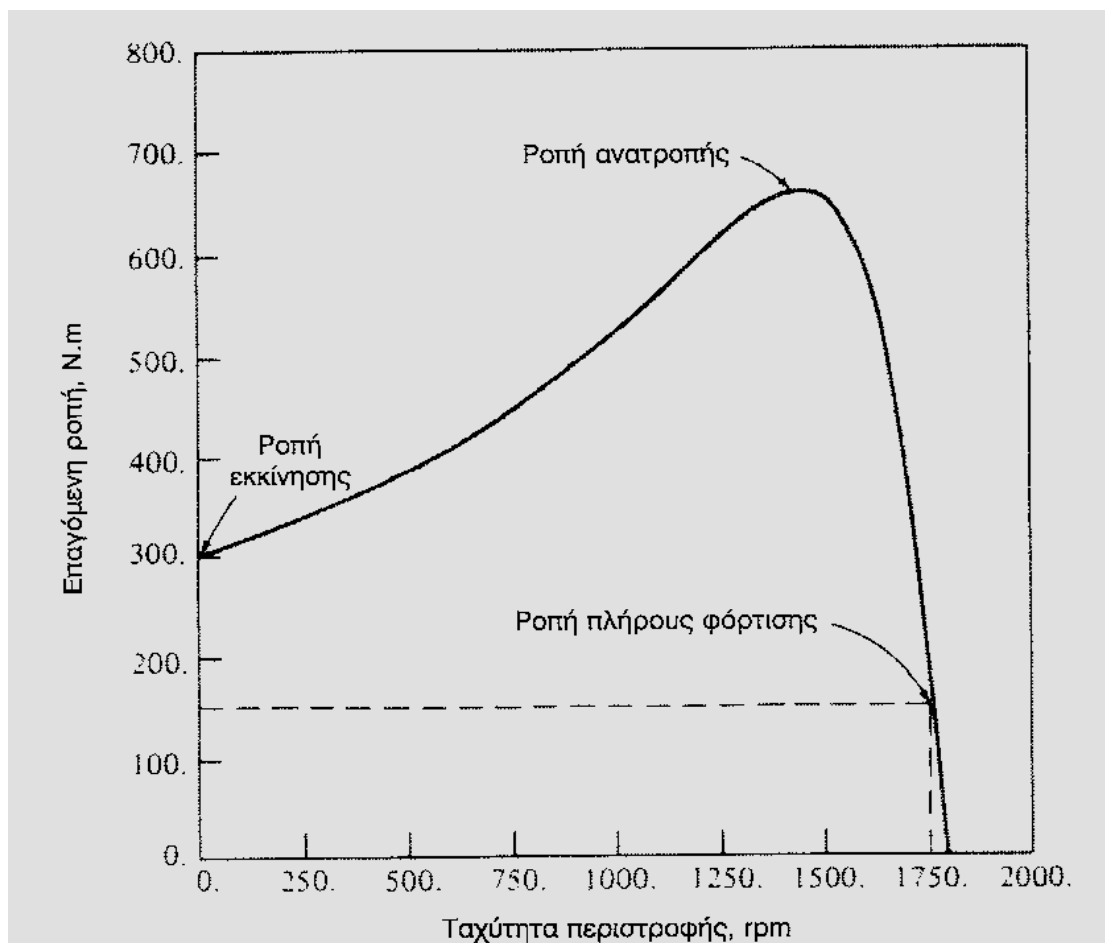
2.21 Χαρακτηριστική Ροπής-Ταχύτητας των Επαγωγικών Κινητήρων.

Η γενική εξίσωση για τη σχέση της επαγόμενης ροπής του κινητήρα με την ταχύτητα περιστροφής του, εξάγεται από το ισοδύναμο κύκλωμα και το διάγραμμα ροής ισχύος.

Η σχέση αυτή είναι:

$$T_{ind} = \frac{3 * V_{TH}^2 * \frac{R2}{s}}{\omega_{sync} [(R_{TH} + \frac{R2}{s})^2 + (X_{TH} + X2)^2]}$$

η γραφική παράσταση ροπής ταχύτητας είναι:



Σχήμα 2.24

Η παραπάνω χαρακτηριστική μπορεί να χωριστεί σε τρεις περιοχές:

Περιοχή χαμηλής ολίσθησης

Εδώ παρατηρείται σχεδόν γραμμική αύξηση της ολίσθησης του κινητήρα καθώς το φορτίο αυξάνει, ενώ η ταχύτητα περιστροφής του δρομέα μειώνεται σχεδόν γραμμικά με το φορτίο. Η αντίδραση του δρομέα είναι αμελητέα, ο

συντελεστής ισχύος του δρομέα είναι ίσος περίπου με τη μονάδα και το ρεύμα δρομέα αυξάνεται γραμμικά με την ολίσθηση.

Το τελικό εύρος της κανονικής ευσταθούς λειτουργίας ενός επαγωγικού κινητήρα περιλαμβάνεται σε αυτή την περιοχή γραμμικής και χαμηλής ολίσθησης.

Στην κανονική λειτουργία ο επαγωγικός κινητήρας παρουσιάζει γραμμική πτώση της ταχύτητας του, από τη γενική εξίσωση προκύπτει ότι η ολίσθηση σε αυτή την περιοχή δίνεται από τη σχέση:

$$T_{ind} = \frac{3V_{TH}^2 * S}{\omega_{sync} R_2}$$

Περιοχή μέτριας ολίσθησης

Σε αυτή την περιοχή η συχνότητα του δρομέα έχει υψηλότερη τιμή από αυτή της προηγούμενης περιοχής. Το μέτρο της αντίδρασης δρομέα είναι ίδιας τάξης μεγέθους με την αντίσταση. Το ρεύμα δρομέα δεν αυξάνεται τόσο απότομα όπως πριν και ο συντελεστής ισχύος αρχίζει να μειώνεται.

Επίσης εδώ παρατηρείται η μέγιστη ροπή του κινητήρα, η ροπή ανατροπής.

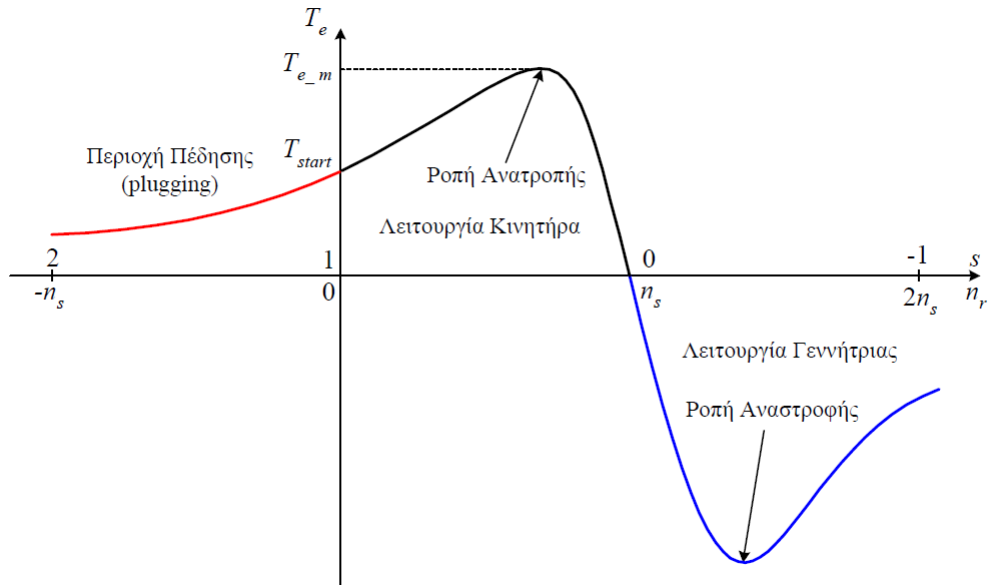
Εντοπίζεται στο σημείο όπου για μια σημαντική αύξηση του φορτίου η αύξηση του ρεύματος εξουδετερώνεται από τη μείωση του συντελεστή ισχύος του δρομέα. Η ροπή αυτή είναι η μέγιστη επιτρεπτή και είναι αδύνατο να ξεπεραστεί, επίσης είναι δύο έως τρεις φορές μεγαλύτερη από την ονομαστική ροπή του κινητήρα κατά την πλήρη φόρτιση.

Περιοχή υψηλής ολίσθησης

Η επαγόμενη ροπή μειώνεται με την αύξηση του φορτίου καθώς η αύξηση του ρεύματος στο δρομέα επικαλύπτεται από τη μείωση του συντελεστή ισχύος στο δρομέα. Επίσης σε αυτό το διάγραμμα παρατηρούνται και τα παρακάτω:

Στη σύγχρονη ταχύτητα η επαγόμενη ροπή είναι μηδενική. Η ροπή εκκίνησης είναι λίγο μεγαλύτερη από τη ροπή πλήρους φόρτισης, πράγμα που κάνει τον κινητήρα να μπορεί να ξεκινήσει με οποιοδήποτε από τα φορτία που είναι ικανός να κινήσει στη λειτουργία υπό πλήρη ισχύ.

Παρακάτω (Σχήμα 2.25) φαίνεται η χαρακτηριστική ροπής-ταχύτητας με διευρυμένη περιοχή λειτουργίας. Δηλαδή διακρίνεται η περιοχή πέδησης και η περιοχή επαγωγικής γεννήτριας.



Σχήμα 2.25

Περιοχή Πέδησης

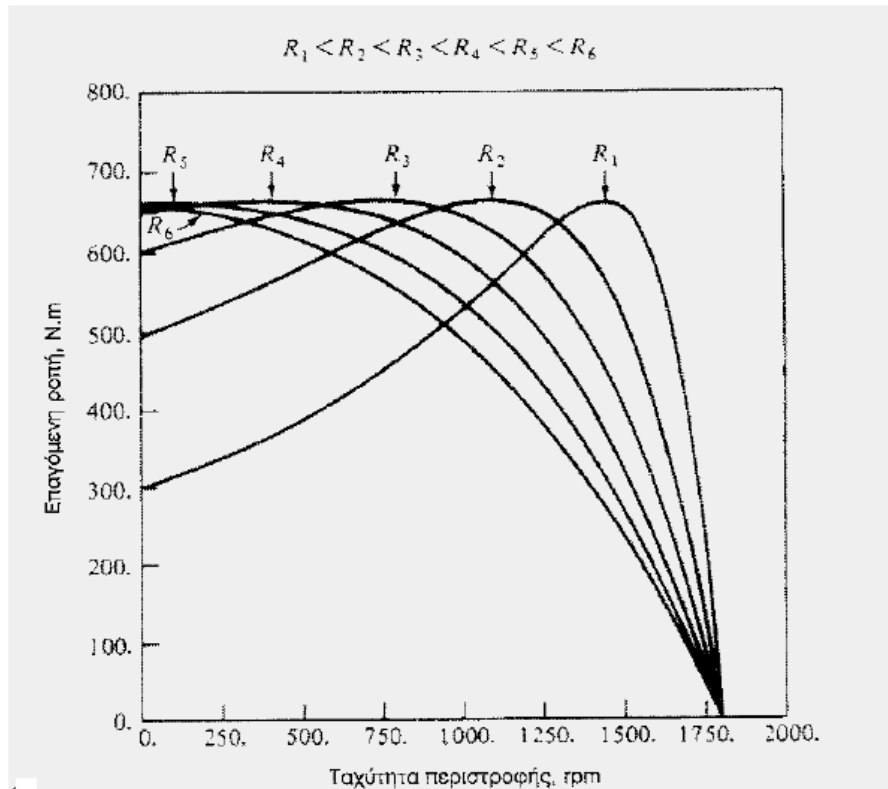
Σε αυτή την περιοχή η φορά περιστροφής του κινητήρα είναι αντίθετη από τη φορά περιστροφής των μαγνητικών πεδίων στο εσωτερικό του. Αποτέλεσμα αυτού είναι η επαγόμενη ροπή να σταματήσει τον κινητήρα και να προσπαθήσει να τον περιστρέψει προς την αντίθετη φορά.

Με αντιμετάθεση των συνδέσεων σε δύο από τις τρεις φάσεις του κινητήρα, αλλάζει η φορά περιστροφής των μαγνητικών πεδίων με αποτέλεσμα την ακαριαία πέδηση του κινητήρα.

Περιοχή Γεννήτριας

Όταν ο δρομέας περιστραφεί με ταχύτητα μεγαλύτερη της σύγχρονης τότε η φορά περιστροφής της επαγόμενης ροπής αντιστρέφεται. Συνέπεια αυτού είναι η μηχανή να λειτουργεί ως γεννήτρια δηλαδή να μετατρέπει την μηχανική ισχύ σε ηλεκτρική.

Στο επόμενο Σχήμα 2.26 φαίνονται οι επιπτώσεις της μεταβολής της αντίστασης του δρομέα στη χαρακτηριστική ροπής-ταχύτητας ενός επαγωγικού κινητήρα δακτυλιοφόρου δρομέα.



Σχήμα 2.26

2.22 Εκκίνηση Επαγωγικού Κινητήρων.

Κατά την εκκίνηση των μηχανικών επαγωγής παρουσιάζονται προβλήματα τα οποία είναι σημαντικά για τον ίδιο του κινητήρα αλλά και για τη μηχανή εργασίας και το δίκτυο. Τα κύρια προβλήματα εκκίνησης είναι τα μέτρα της ροπής εκκίνησης και του ρεύματος εκκίνησης. Για να εκκινήσει ο δρομέας θα πρέπει η ροπή που αναπτύσσεται στον άξονα να είναι μεγαλύτερη από τη ροπή που επιβάλλεται από τον άξονα στο φορτίο. Συχνά απαιτείται ροπή εκκίνησης ίση ή και μεγαλύτερη από την ονομαστική. Σε στρεφόμενες μηχανές η ροπή εκκίνησης δεν μπορεί να είναι ούτε πολύ μικρή διότι τότε απαιτείται μεγάλος χρόνος εκκίνησης ούτε πολύ μεγάλη διότι υπάρχει κίνδυνος θραύσης του άξονα. Ακόμη, κατά την εκκίνηση οι κινητήρες βραχυκλωμένου δρομέα απορροφούν ρεύμα τετραπλάσιο μέχρι και οκταπλάσιο του ονομαστικού τους. Όμως στις ηλεκτρικές κινήσεις με μεγάλο ρεύμα εκκίνησης ο χρόνος εκκίνησης δεν επιτρέπεται να είναι μεγάλος, επειδή αναπτύσσεται μεγάλη θερμότητα σε όλο το κύκλωμα και ανεπιθύητες πτώσεις τάσεις στο δίκτυο. Η ΔΕΗ απαιτεί το ρεύμα εκκίνησης να μην υπερβαίνει ορισμένες τιμές ανάλογα με την εγκατάσταση. Επίσης επιβάλλεται η εκκίνηση με διακόπτη Αστέρα/ τριγώνου σε 3Φ κινητήρα ισχύος άνω του 1,1 KW και απαγορεύει τη λειτουργία 1Φ ηλεκτροκινητήρα ισχύος άνω του 1,5 KW.

Μέθοδοι εκκίνησης επαγωγικού Κινητήρα

Για την επίλυση των ανωτέρω προβλημάτων αναπτύχθηκαν αρκετές μέθοδοι:

α) Απευθείας εκκίνηση. Ο κινητήρας συνδέεται στο δίκτυο μέσω τριπολικού διακόπτη. Η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται σε κινητήρες μικρής ισχύος μέχρι 1.5 ίππους και δημιουργεί πτώση τάσης στο δίκτυο.

Χαρακτηριστικά λειτουργίας:

Ρεύμα εκκίνησης : περίπου εξαπλάσιο του ονομαστικού

Μεγάλο ρεύμα εκκίνησης, δημιουργία πτώσης τάσης.

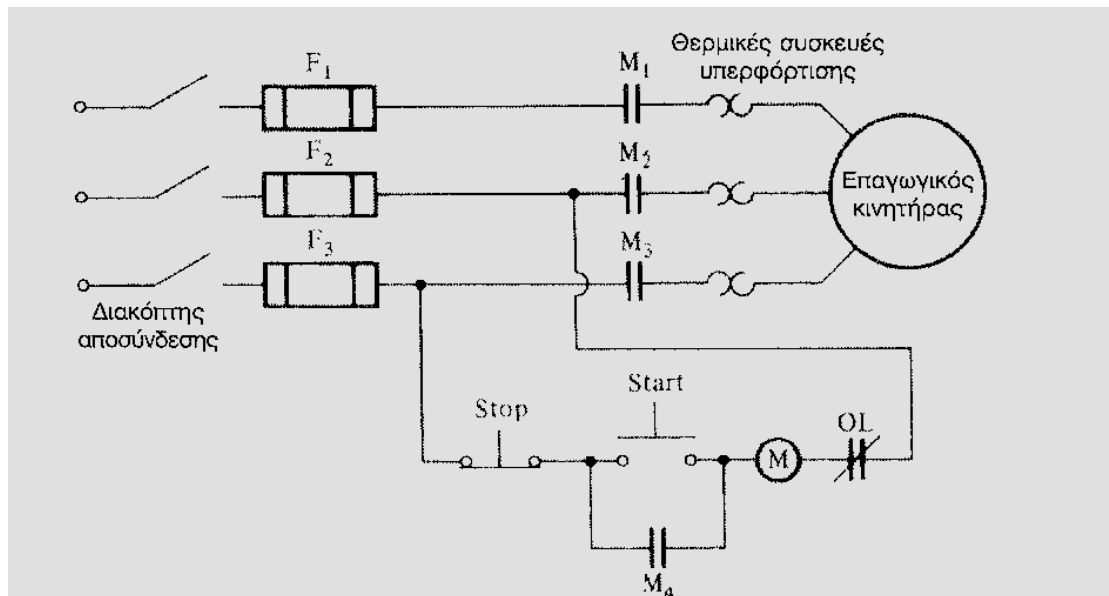
Ροπή εκκίνησης : 1.5 * ονομαστικής ροπής

Μεγάλη ροπή εκκίνησης, δυνατότητα εκκίνησης με φορτίο.

Απλός εξοπλισμός

Αδυναμία ρύθμισης

Ένα τυπικό μαγνητικό κύκλωμα εκκίνησης πλήρους τάσης ή εκκίνησης με σύνδεση στη γραμμή κάποιου επαγωγικού κινητήρα φαίνεται παρακάτω Σχήμα 2.27



Σχήμα 2.27

β) Εκκίνηση με διακόπτη αστέρα τρίγωνο

Η εκκίνηση γίνεται με ειδικό χειροκίνητο ή με αυτόματο διακόπτη αστέρα –τριγώνου. Στο παρακάτω σχήμα (2.28) φαίνεται ένας χειροκίνητος διακόπτης αστέρα-τριγώνου. Κατά την εκκίνηση ο διακόπτης στρέφεται στη θέση αστέρα και όταν φθάσει σε κάποιο οριακό αριθμό στροφών στρέφεται στη θέση τριγώνου.

Χαρακτηριστικά λειτουργίας:

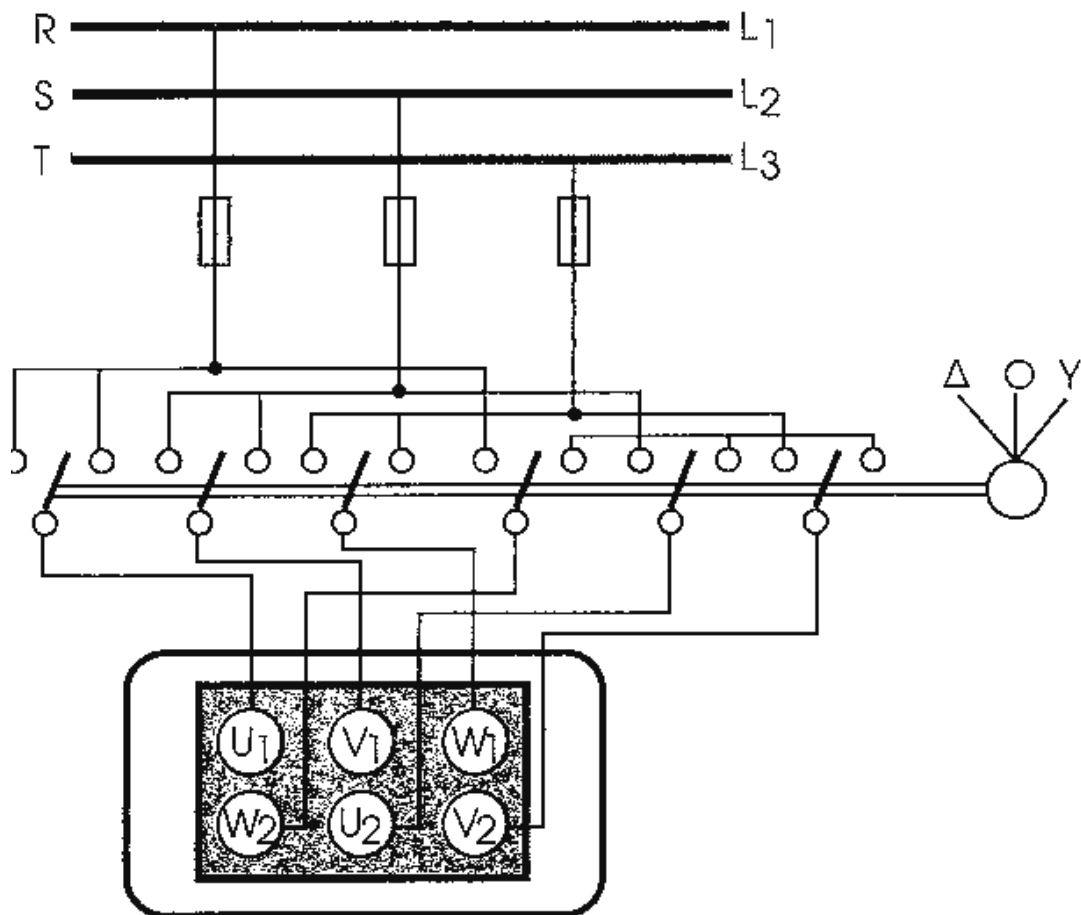
Ρεύμα εκκίνησης : περίπου διπλάσιο του ονομαστικού

Ροπή εκκίνησης : 0.5 *ονομαστικής ροπής

Σύνθετος εξοπλισμός

Αδυναμία ρύθμισης

Παρατηρούνται αιχμές ρεύματος και ροπή κατά τη μεταλλαγή από αστέρα σε τρίγωνο.



Σχήμα 2.28

γ) Εκκίνηση με αντιστάσεις στο στάτη.

Με τη διάταξη του παρακάτω σχήματος παρεμβάλλεται σε σειρά με το τύλιγμα του στάτη αντιστάσεις. Κατ' αυτόν τον τρόπο ο κινητήρας εκκινεί με ελαττωμένη τάση και φυσικά ελαττωμένη ένταση. Προοδευτικά, καθώς αυξάνεται η ταχύτητα, ελαττώνουμε την αντίσταση μέχρι ο κινητήρας να αποκτήσει την ονομαστική του ταχύτητα, οπότε ο εκκινητής τίθεται εκτός δικτύου.

Χαρακτηριστικά λειτουργίας:

Ρεύμα εκκίνησης : 4,5 του ονομαστικού

Ροπή εκκίνησης : 0.75 *ονομαστικής ροπής

Σύνθετος εξοπλισμός

Αδυναμία ρύθμισης

δ) Εκκίνηση με αυτομετασχηματιστή (Σχήμα 2.29)

Κατά την εκκίνηση κλείνουμε το διακόπτη και τροφοδοτούμε τον κινητήρα με ελαττωμένη τάση μέσω του αυτομετασχηματιστή. Όταν η ταχύτητα του κινητήρα φτάσει το 80% της κανονικής πατάμε τον μεταγωγικό διακόπτη Δ2 θέτουμε τον κινητήρα υπό πλήρη τάση δικτύου. Ταυτόχρονα ανοίγουμε τον διακόπτη Δ1 και θέτουμε τον μετασχηματιστή εκτός τάσης.

Χαρακτηριστικά λειτουργίας:

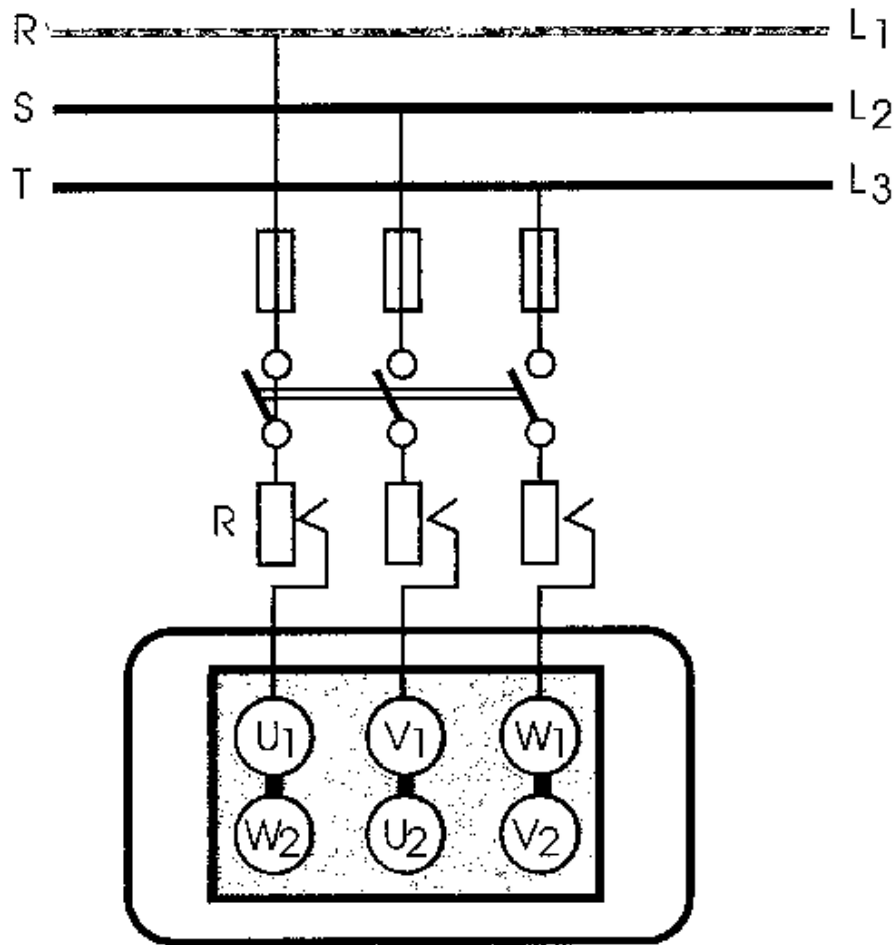
Ρεύμα εκκίνησης : 3,5 του ονομαστικού

Ροπή εκκίνησης : 0.8*ονομαστικής ροπής

Σύνθετος εξοπλισμός

Αδυναμία ρύθμισης

Μικρή ροπή εκκίνησης



Σχήμα 2.29

ε) Εκκίνηση με ηλεκτρονικό εκκινητή (Σχήμα 2.30)

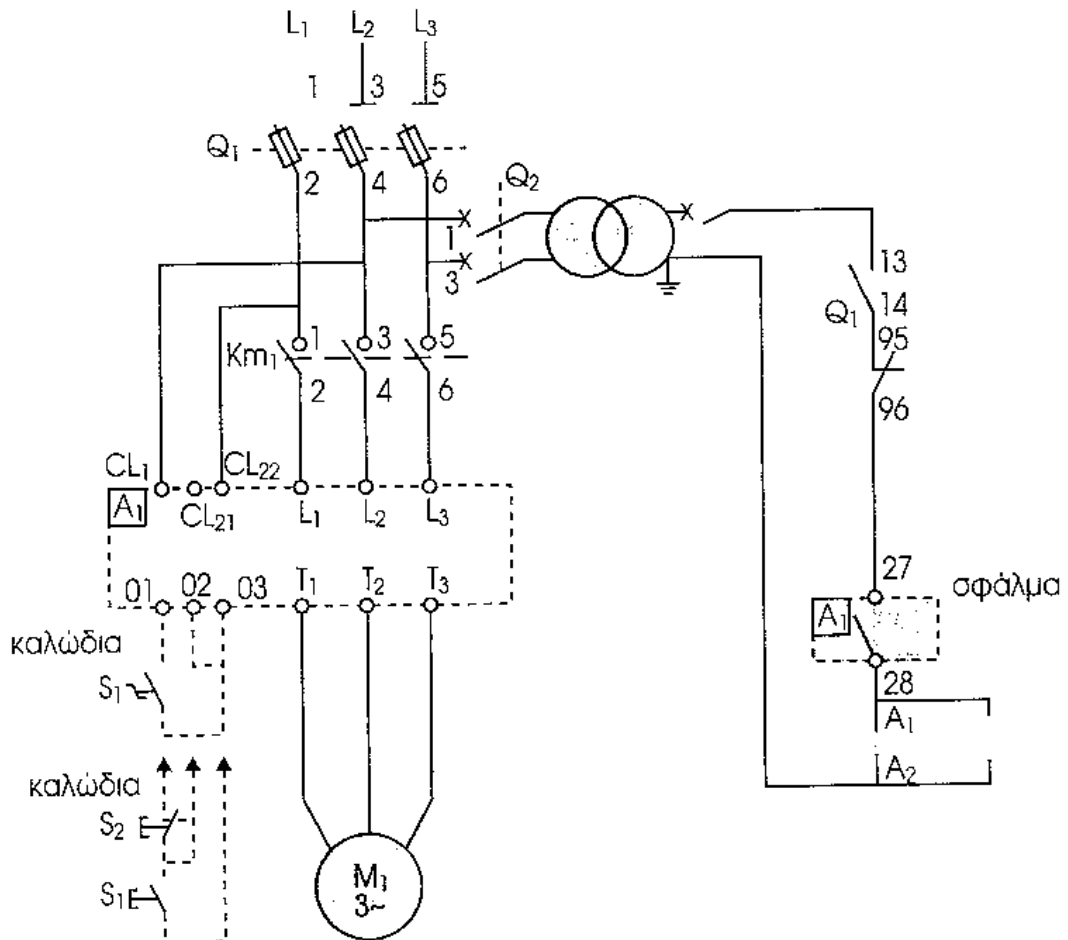
Ο ηλεκτρονικός εκκινητής επιτρέπει τον έλεγχο της διαδικασίας εκκίνησης του κινητήρα. Ανάλογα με τη ροπή του φορτίου, μπορούμε να προσαρμόσουμε την τάση και να επιτύχουμε τη βέλτιστη εκκίνηση, τόσο από άποψη ροπής όσο και από άποψη έντασης ρεύματος.

Χαρακτηριστικά λειτουργίας:

Ρεύμα εκκίνησης : 2 έως 5 του ονομαστικού

Ροπή εκκίνησης : 0,5 έως 1 της ονομαστικής ροπής

Δυνατότητα ρύθμισης των παραπάνω παραμέτρων με τις ράμπες επιτάχυνσης και επιβράδυνσης



Σχήμα 2.30

2.23 Πέδηση Επαγωγικών Κινητήρων.

Υπάρχουν οι εξής μέθοδοι Πέδησης.

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

Η δυναμική πέδηση όπου 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. Έτσι όταν η ασύγχρονη μηχανή λειτουργεί ως κινητήρας με ολίσθηση s αριστερόστροφα, την στιγμή της εναλλαγής της φοράς περιστροφής του πεδίου ο δρομέας ο οποίος συνεχίζει και κινείται αριστερόστροφα αποκτά ολίσθηση $2-s$. Με αποτέλεσμα η αναπτυσσόμενη ηλεκτρική ροπή αλλάζει και αυτή πρόσημο και προστίθεται αλγεβρικά ώστε να επαναφέρει τον κινητήρα στη σωστή φορά περιστροφής.

Δυναμική πέδηση με DC ρεύμα σ αυτή τη περίπτωση το τύλιγμα του στάτη αποσυνδέεται από το δίκτυο του E.P και τροφοδοτείται με Σ.P μέσω κατάλληλης ανορθωτικής διάταξης.

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. Δηλαδή διπλασιάζοντας τον αριθμό των πόλων η ταχύτητα του στρεφόμενου μαγνητικού πεδίου υποδιπλασιάζεται με αποτέλεσμα στην περιοχή στροφών η μηχανή να λειτουργεί ως γεννήτρια επιστρέφοντας ισχύ στο δίκτυο. Για την πλήρη πέδηση του κινητήρα θα πρέπει η παραπάνω μέθοδος να συνδιαστεί στο διάστημα $0 \leq n_r \leq n_{s2}$ και με άλλη βοηθητική διάταξη πέδησης.

2.24 Ρύθμιση Στροφών Επαγωγικών Κινητήρων.

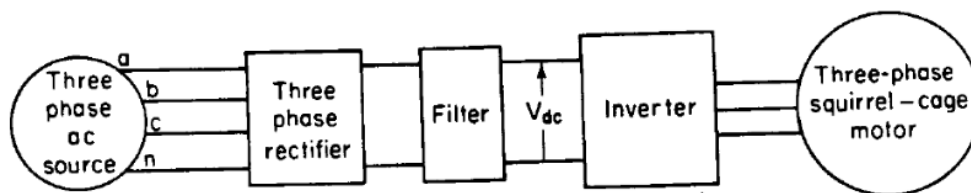
Ο έλεγχος των ηλεκτρικών μηχανών επαγωγής αποτελεί ένα ευρύτατο και διαρκώς εξελισσόμενο αντικείμενο της επιστήμης του Ηλεκτρολόγου Μηχανικού και Μηχανικού Υπολογιστών. Οι ηλεκτρικές μηχανές επαγωγής αποτελούν την κινητήριου δύναμη στην πλειονότητα των σύγχρονων βιομηχανικών εφαρμογών και συνιστούν την ιδανική επιλογή για εφαρμογές μεταβλητής ταχύτητας σε ένα μεγάλο φάσμα ισχύων που ξεκινούν από μερικά κλάσματα του Watt και εκτείνονται μέχρι χιλιάδες ή και εκατομμύρια Watts. Οι εφαρμογές τους λοιπόν είναι πάμπολλες και περιλαμβάνουν μεταξύ άλλων ηλεκτρικά τρένα , λεωφορεία (τρόλεϊ) , πλοία , εσχάτως δε και αυτοκίνητα από σχεδόν όλες τις μεγάλες αυτοκινητοβιομηχανίες , εφαρμογές ανύψωσης (γερανοί , ανελκυστήρες κ.), μεταφοράς (ταινιόδρομοι κ.α.), περιστροφής (αντλίες, φτερωτές, εργαλειομηχανές, οικιακές συσκευές κ.α.), ρομποτικές διατάξεις , συστήματα ανεμογεννητριών και ποικίλες άλλες εφαρμογές. Επομένως, όπως ίσως θα έχει ήδη διαφανεί , το ενδιαφέρον για τον έλεγχο τέτοιων συστημάτων είναι τεράστιο όχι μόνο λόγω του πλήθους και του μεγέθους των εφαρμογών τους αλλά κυρίως λόγω του ρόλου και της σημασίας των εφαρμογών αυτών στην καθημερινή ζωή όλων μας. Επιπροσθέτως το γεγονός ότι τα συστήματα ελέγχου μεταβλητής ταχύτητας παρουσιάζουν κατά το δυνατόν οικονομική λειτουργία με βελτιωμένα χαρακτηριστικά κερδίζει όλο και περισσότερη προσοχή τα τελευταία χρόνια , λόγω των οικονομικών και περιβαλλοντικών ωφελειών που αυτό συνεπάγεται.

Ο έλεγχος των ηλεκτρικών κινητήρων εναλλασσόμενου ρεύματος είναι μια σαφώς πολυπλοκότερη διαδικασία συγκρινόμενη με τον έλεγχο των κινητήρων συνεχούς ρεύματος, ιδιαίτερα μάλιστα όταν απαιτείται υψηλή απόδοση. Οι κυριότεροι λόγοι που αυξάνουν την δυσκολία του ελέγχου είναι: η ανάγκη για έλεγχο της συχνότητας και του πλάτους της τάσης του αντιστροφέα με την ελάχιστη δυνατή αρμονική παραμόρφωση και τη βέλτιστη δυνατή απόδοση , η πρόβλεψη της πολύπλοκης δυναμικής συμπεριφοράς των μηχανών εναλλασσόμενου ρεύματος , η μεταβολή κάποιων κρίσιμων παραμέτρων της μηχανής κατά τη λειτουργία, η δυσκολία επεξεργασίας των σημάτων ανάδρασης στα οποία ενυπάρχουν αρμονικές συνιστώσες , θόρυβος κ.α. Συνεπώς ο μηχανικός που επιθυμεί να προχωρήσει στον έλεγχο ενός

ηλεκτρικού κινητήρα επαγωγής θα πρέπει να κατέχει εις βάθος ένα ευρύ φάσμα γνώσεων, που απαραίτητα θα πρέπει να περιλαμβάνουν άρτια γνώση των χαρακτηριστικών και της λειτουργίας του ηλεκτρικού κινητήρα εναλλασσομένου ρεύματος, του αντιστροφέα πηγής τάσης ή ρεύματος και της θεωρίας γραμμικών και μη γραμμικών συστημάτων αυτομάτου ελέγχου. Από την καμπύλη ροπής-ταχύτητας και για λειτουργία στηνευσταθή γραμμική περιοχή, ο επαγωγικός κινητήρας λειτουργεί με μικρή ολίσθηση που αντιστοιχεί στην ονομαστική ροπή του φορτίου. Μεταβολές του φορτίου οδηγούν σε μετακινήσεις του σημείου λειτουργίας, άρα και σε μεταβολές της ταχύτητας περιστροφής, οι οποίες όμως είναι πολύ μικρές. Άρα ο επαγωγικός κινητήρας μπορεί να θεωρηθεί ότι λειτουργεί με σταθερή, πρακτικά, ταχύτητα περιστροφής. Σε πολλές όμως περιπτώσεις απαιτείται λειτουργία του κινητήρα με μεταβλητές στροφές, είτε ακολουθώντας κάποιο μεταβαλλόμενο πρόγραμμα παραγωγικής διαδικασίας, είτε γιατί το φορτίο απαιτεί μεταβλητές στροφές. Στη συνέχεια εξετάζονται οι τρόποι εκείνοι με τους οποίους ο επαγωγικός κινητήρας μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε εφαρμογές όπου απαιτούνται μεταβαλλόμενες ταχύτητες περιστροφής. Η σύγχρονη ταχύτητα περιστροφής, εξαρτάται από το πλήθος των ζευγών των πόλων του κινητήρα και από τη συχνότητα της τάσης τροφοδοσίας του κινητήρα.

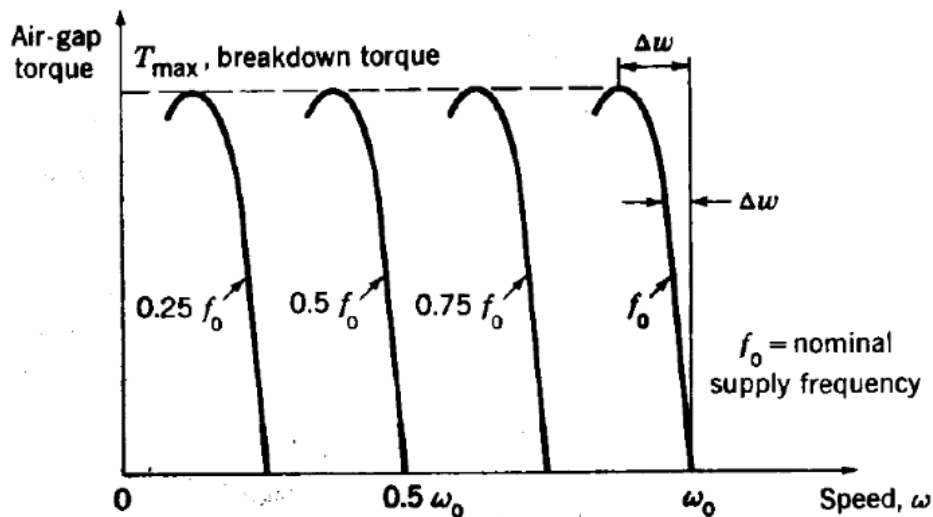
Η πρώτη μέθοδος ρύθμισης των στροφών του επαγωγικού κινητήρα στηρίζεται στην αλλαγή του πλήθους των ζευγών των πόλων. Οι περιελίξεις του στάτη μπορούν να κατασκευαστούν σαν ζεύγη, με τέτοιο τρόπο, ώστε με την ενεργοποίηση ενός διακόπτη, ο κινητήρας να έχει 1 ή 2 ζεύγη πόλων και συνεπώς η σύγχρονη ταχύτητα να υποδιπλασιάζεται. Έτσι η ταχύτητα ενός τέτοιου κινητήρα στα 50Hz μπορεί να είναι στις περιοχές των 3000 ή 1500 rpm αντίστοιχα. Οι κινητήρες αυτοί χαρακτηρίζονται σαν κινητήρες 2 ταχυτήτων και μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε 2 καθορισμένες περιοχές στροφών με σχέση 1:2 χωρίς να είναι δυνατή η ρύθμιση σε ενδιάμεσες τιμές.

Η επόμενη μέθοδος ρύθμισης στροφών, με επέμβαση στην σύγχρονη ταχύτητα περιστροφής, στηρίζεται στη μεταβολή της συχνότητας τροφοδοσίας και συνεπώς στην αντίστοιχη μεταβολή της σύγχρονης ταχύτητας. Το τριφασικό σύστημα τάσεων των 50Hz οδηγείται σε μια ειδική ανορθωτική διάταξη (rectifier) όπου με χρήση thyristors μετατρέπεται σε συνεχή (dc) τάση. Η συνεχής αυτή τάση οδηγείται στη συνέχεια σε μια παρόμοια ηλεκτρονική διάταξη με thyristors, η οποία όμως λειτουργεί αντίστροφα, δηλαδή μετατρέπει τη συνεχή τάση σε τριφασική συμμετρική. Η συσκευή αυτή, εξαιτίας της λειτουργίας της, ονομάζεται αντιστροφέας (inverter). Με κατάλληλο έλεγχο του χρονισμού της έναυσης των thyristors, δηλαδή της γωνία έναυσης, είναι δυνατή η ρύθμιση τόσο της συχνότητας του παραγόμενου τριφασικού συστήματος τάσεων, όσο και του πλάτους της τάσης. Η εφαρμογή μιας τέτοιας διάταξης για την μεταβολή της συχνότητας τροφοδοσίας, δηλαδή των στροφών, ενός επαγωγικού κινητήρα φαίνεται στο Σχήμα 2.31



Σχήμα 2.31

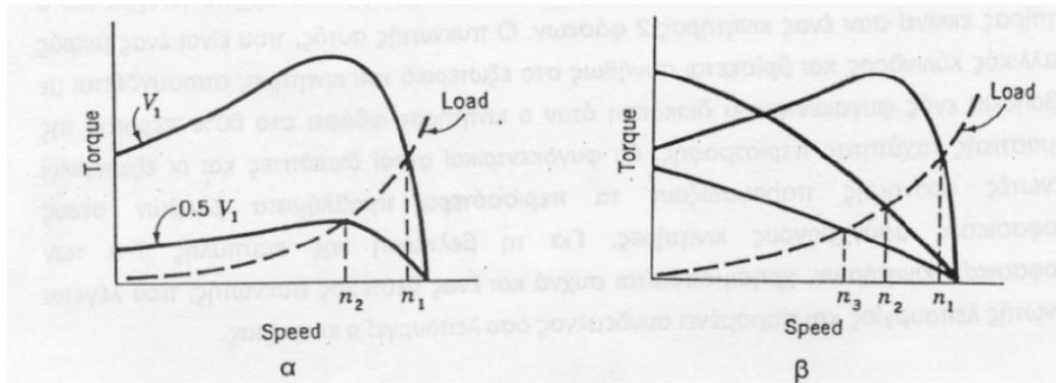
Η διάταξη αυτή επιτρέπει, θεωρητικά, απεριόριστη μεταβολή της συχνότητας τροφοδοσίας. Η μαγνητική ροή ανά πόλο είναι όμως ανάλογη του λόγου U/f . Συνεπώς η μεταβολή της συχνότητας πρέπει να συνοδεύεται από αντίστοιχη μεταβολή της τάσης, έτσι ώστε ο λόγος αυτός να παραμένει σταθερός και ο κινητήρας να μην οδηγείται στο κορεσμό. Άρα τα όρια της περιοχής μεταβολής της τάσης ορίζουν τα περιθώρια ρύθμισης των στροφών του κινητήρα. Η μέθοδος αυτή του ελέγχου των στροφών επιτρέπει ομαλή ρύθμιση της ταχύτητας περιστροφής σε μια αρκετά μεγάλη περιοχή στροφών. Η συχνότητα μπορεί να μεταβάλλεται από μερικά Hz μέχρι και εκατοντάδες Hz. Η ταυτόχρονη μεταβολή τάσης και συχνότητας επιτρέπει στον κινητήρα να διατηρεί πρακτικά σταθερή τη μέγιστη ροπή, μετακινώντας το σημείο λειτουργίας του πάνω σε μια οικογένεια καμπυλών όπως στο Σχήμα 2.32.



Σχήμα 2.32

Τα συστήματα τροφοδότησης με μεταβλητή συχνότητα μπορούν να χρησιμοποιηθούν και για την εκκίνηση επαγωγικών κινητήρων. Στην περίπτωση αυτή ο κινητήρας εκκινεί συνήθως με χαμηλή συχνότητα και τάση. Το ηλεκτρονικό σύστημα ελέγχου επιτρέπει τον συνεχή έλεγχο του ρεύματος και της ροπής, εξασφαλίζοντας με τον τρόπο αυτό ιδιαίτερα ομαλές εκκινήσεις. Οι τεχνικές που προαναφέρθηκαν ελέγχουν την ταχύτητα περιστροφής με μεταβολή του πλήθους των πόλων και της σύγχρονης ταχύτητας. Στη συνέχεια παρουσιάζονται μέθοδοι ελέγχου της ταχύτητας που στηρίζονται στη μεταβολή της ολίσθησης. Όπως φαίνεται από την τυπική καμπύλη ροπής- ταχύτητας του Σχήμα 2.33, εφόσον η χαρακτηριστική ροπής του φορτίου παραμένει σταθερή, κάθε μεταβολή της καμπύλης T-n του κινητήρα οδηγεί σε νέα σημεία λειτουργίας. Αυτά αντιστοιχούν σε διαφορετικές τιμές ολίσθησης, άρα και σε διαφορετικές ταχύτητες περιστροφής. Η μορφή της καμπύλης T-n του επαγωγικού κινητήρα εξαρτάται από τη τάση λειτουργίας και από την αντίσταση του δρομέα.

Επιδρώντας συνεπώς στα μεγέθη αυτά είναι δυνατή η μεταβολή της ταχύτητας περιστροφής του κινητήρα. Η ροπή που αναπτύσσει ο επαγωγικός κινητήρας μεταβάλλεται, σύμφωνα με την (2.33) σαν συνάρτηση του τετραγώνου της τάσης.



Σχήμα 2.33. Ρύθμιση ταχύτητας επαγωγικού κινητήρα με μεταβολή της ολίσθησης. α) Μεταβάλλοντας την τάση τροφοδοσίας, β) μεταβάλλοντας την αντίσταση του δρομέα.

Μεταβολές συνεπώς της τάσης τροφοδοσίας, οδηγούν σε δραστικές αλλαγές της καμπύλης T-n του κινητήρα, όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.33α. Αν η καμπύλη του φορτίου δίνεται από τη διακεκομμένη γραμμή, φαίνεται ότι με την αλλαγή της τάσης του κινητήρα, η ταχύτητά του ελαττώνεται από n_1 σε n_2 . Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται για τον έλεγχο στροφών σε μικρής ισχύος κινητήρες, όπως πχ σε ανεμιστήρες. Στο Σχήμα 2.33 β φαίνονται οι χαρακτηριστικές ροπής- ταχύτητας για 3 διαφορετικές τιμές αντίστασης του δρομέα. Αν το φορτίο εμφανίζει τη χαρακτηριστική καμπύλη που περιγράφεται από τη διακεκομμένη γραμμή, τότε οι ταχύτητες n_1 , n_2 και n_3 αντιστοιχούν στις διαφορετικές αυτές τιμές. Τα βασικά μειονεκτήματα των δύο τελευταίων μεθόδων ρύθμισης της ταχύτητας, είναι ο χαμηλός συντελεστής απόδοσης του κινητήρα στις χαμηλές στροφές και η αδυναμία συνεχών προσαρμογών της ταχύτητας περιστροφής για μεταβλητά φορτία.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ΕΠΙΛΟΓΟΣ & ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.

Παντού όπου πρέπει να μετακινηθούν υλικά ή πρόσωπα σε περιορισμένο χώρο (μικρές αποστάσεις) χρησιμοποιούνται τα μέσα διακίνησης, όπως γερανοί, μηχανήματα στοιβασίας, μεταφορικές ταινίες, αναβατόρια, παλάγκα, ανελκυστήρες, κυλιόμενες κλίμακες. Η τεχνική της διακίνησης περιλαμβάνει το σύνολο των διαδικασιών μεταφοράς, μεταφόρτωσης και αποθήκευσης. Εδώ ανήκουν τόσο η τεχνολογική και οικονομική οργάνωση των διαδικασιών αυτών όσο και τα απαραίτητα μηχανήματα και ο εξοπλισμός για την πραγματοποίησή τους. Η τεχνική των συγκοινωνιών περιλαμβάνει τα μέσα συγκοινωνίας όπως σιδηρόδρομο, πλοία, αεροπλάνα και φορτηγά οχήματα που χρησιμοποιούνται για μεταφορές σε ευρύτερο χώρο (μακρινές αποστάσεις). Τέλος η τεχνική των μεταφορών γενικά, ως περιβάλλουσα έννοια, περιλαμβάνει την τεχνική της διακίνησης (κυρίως εντός επιχείρησης) και την τεχνική των συγκοινωνιών Μαζική παραγωγή, αυτοματοποίηση, αύξηση των αμοιβών και απαίτηση για εξάλειψη της βαριάς σωματικής εργασίας, υπήρξαν οι κινητήριες δυνάμεις για την έντονη ανάπτυξη της τεχνικής της διακίνησης υλικών τις τελευταίες δεκαετίες. Η αναγνώριση ότι μπορεί να επιτευχθεί μεγάλη οικονομία με συστηματική οργάνωση της ροής των υλικών και αυτοματοποίηση των διαδικασιών διακίνησης οδήγησε σε νέες κατασκευές. Τεχνικές προσομοίωσης για τη βελτιστοποίηση των προβλημάτων μεταφοράς, συστήματα διακίνησης υλικών καθοδηγούμενα από ηλεκτρονικούς υπολογιστές, εφαρμογή της εφοδιαστικής και μια στενή σύνδεση της τεχνικής της μεταφοράς και αποθήκευσης, απέφεραν σημαντικά οφέλη στη λειτουργία της παραγωγής. Οι ηλεκτροκινητήρες προτιμώνται σαν μηχανές ενεργοποίησης των ανυψωτικών συστημάτων. Προσφέρουν το πλεονέκτημα του τηλεέλεγχου και τηλεχειρισμού, αλλά και τη δυνατότητα πολλαπλών ρυθμίσεων που καλύπτουν πολύ διαφορετικές απαιτήσεις ανύψωσης. Καθοριστικό πλεονέκτημα των ηλεκτροκινητήρων είναι ότι αναπτύσσουν μεγάλη ροπή εκκίνησης σε σύγκριση με άλλους μηχανισμούς ενεργοποίησης (πράγμα απαραίτητο στις περισσότερες ανυψωτικές εφαρμογές). Την παραπάνω ιδιότητα καλύπτουν πλήρως οι κινητήρες συνεχούς ρεύματος διέγερσης εν σειρά καθώς & οι ασύγχρονοι τριφασικοί κινητήρες διότι σύμφωνα με τις χαρακτηριστικές τους καμπύλες ροπής-ταχύτητας έχουν την καλύτερη δυνατή ροπή εκκίνησης. Πράγμα το οποίο τους καθιστά πρωταρχική επιλογή στις ανυψωτικές εφαρμογές & πόσο μάλλον σήμερα με την ανάπτυξη των ηλεκτρονικών ισχύος εισέρχονται πιο ενεργά & οι ασύγχρονοι τριφασικοί.

Το καλύτερο μέσο για την μεταφορά ογκωδών υλικών είναι οι μεταφορικές ταινίες. Όταν το ύψος μεταφοράς (ανέβασμα) και η συνολική ποσότητα είναι δεδομένα τότε πολλές φορές το σύστημα αυτό είναι πιο οικονομικό. Αυτές οι περιπτώσεις παρουσιάζονται σε όλες τις βιομηχανίες στην σχεδίαση των έργων και στο σύστημα κατασκευών για τα υλικά ποικίλουν ευρέως στις διαστάσεις υγρασία, χημικά χαρακτηριστικά και θερμοκρασία. Το υλικό τοποθετείται καταλλήλως επάνω στην μεταφορική ταινία και κατά την κίνηση κάνει διάφορες μετακινήσεις ανάλογα πως είναι τοποθετημένη η ταινία δηλαδή οριζόντια, με κλίση προς τα πάνω ή με κλίση προς τα κάτω η ακολουθεί ένα συνδυασμό αυτών.

Μετά τον καθορισμό των βασικών απαιτήσεων ισχύος η επιλογή των ηλεκτροκινητήρων των μεταφορικών ταινιών εξαρτάται από πολλούς συντελεστές όπως τα χαρακτηριστικά κατά την εκκίνηση, είδος και τάση της ισχύος, συνθήκες

ατμόσφαιρας και περιβάλλοντος , απαιτήσεις απλών ή πολλαπλών ταχυτήτων ,ειδικές συνθήκες συντήρησης , και κατά πόσο η ταινία είναι ανοδική , καθοδική ή δεν έχει καμία η περισσότερες καμπύλες. Ο ηλεκτροκινητήρας που θα επιλεγεί πρέπει να έχει ισχύ ικανή για να καλύπτει τις απαιτήσεις τουλάχιστον των κινούμενων μερών της μεταφορικής ταινίας καθώς & ικανοποιητική ροπή εκκίνησης Επίσης δε ο ηλεκτροκινητήρας που θα κινεί μια πλήρως φορτωμένη μεταφορική ταινία πρέπει να είναι ο κατάλληλος για να μην υπερθερμανθεί.

Εγκατακλείδη σαν ηλεκτροκινητήρες συνιστώνται οι κινητήρες με κλωβό , εναλλασσόμενου ρεύματος γιατί είναι οι πιο απλοί , περισσότερο οικονομικοί και απαιτούν ελάχιστη συντήρηση. Για τις μεγάλης διάρκειας και υψηλής απόδοσης μεταφορικές ταινίες ή για δύσκολες συνθήκες εκκίνησης που οι κινητήρες κλειστού κλωβού δεν είναι επαρκείς είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν κινητήρες περιστρεφόμενου δρομέα.

Βιβλιογραφία .

- *«ΜΗΧΑΝΕΣ ΔΙΑΚΙΝΗΣΗΣ ΥΛΙΚΩΝ Μεταφορικές και ανυψωτικές μηχανές», Π. Δρακάτου, Πάτρα 1980 (Μέρος Α).*

- *STEPHEN J. CHAPMAN: ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΜΗΧΑΝΕΣ AC – DC. ΕΚΔΟΣΗ ΤΖΙΟΛΑ)*

- *«ΜΗΧΑΝΕΣ ΔΙΑΚΙΝΗΣΗΣ ΥΛΙΚΩΝ Μεταφορικές και ανυψωτικές μηχανές», Π. Δρακάτου, Πάτρα 1980 (Μέρος Β)*

- *Ηλεκτρική κίνηση, Μαλατέστας Παντελής Β*