



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

Πτυχιακή εργασία

Συστήματα Μεταφοράς φορτίων σε πλοία

Load Transmission Systems in Ships

**ΜΑΡΚΟΥΑΛΓΚΡΕΤ
ΑΜ 41584**

Επιβλέπων: ΗΡΑΚΛΗΣ ΒΥΛΛΙΩΤΗΣ, Λέκτορας

ΑΙΓΑΛΕΩ

ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2018

Περιεχόμενα

1	Ασύγχρονοι Τριφασικοί Κινητήρες	6
1.1	Εισαγωγή	6
1.2	Κατασκευαστικά Στοιχεία Στάτη	6
1.3	Στρεφόμενο Μαγνητικό Πεδίο	7
1.4	Αρχή Λειτουργίας Ασύγχρονου Τριφασικού Κινητήρα	9
1.5	Ροπή Ασύγχρονου Τριφασικού Κινητήρα	9
1.6	Κατασκευαστικά Στοιχεία Δρομέα	10
1.7	Προστασίας Κινητήρων	14
1.7.1	Βαθμός Προστασίας Κινητήρων	14
1.7.2	Συμβολισμός	14
1.8	Τυποποίηση Και Ταξινόμηση Των Κινητήρων Με Βάση Τα Πρότυπα Της Νεμα	16
1.8.1	Ταξινόμηση Με Βάση Το Περιβάλλον Και Τις Μεθόδους Ψύξης	16
1.8.2	Ταξινόμηση Ανάλογα Με Τις Ηλεκτρικές Και Τις Μηχανικές Ιδιότητες Του Κινητήρα	18
1.8.3	Μονωτικά Υλικά Και Συστήματα Μόνωσης	20
1.8.4	Κλάση Μόνωσης	21
1.8.5	Θέρμανση Της Περιέλιξης	21
1.8.6	Θερμική Προστασία Κινητήρων	23
1.9	Ισοδύναμο Κύκλωμα Ασύγχρονου Τριφασικού Κινητήρα Βραχυκυκλωμένου Δρομέα Και Προσδιορισμός Των Παραμέτρων Του	24
1.9.1	Δοκιμή Χωρίς Φορτίο	24
1.9.2	Δοκιμή Με Τροφοδοσία Συνεχούς Ρεύματος	26
1.9.3	Δοκιμή Ακίνητοποιημένου Δρομέα	27
1.10	Ισχύς Και Βαθμός Απόδοσης Ασύγχρονου Τριφασικού Κινητήρα	28
1.11	Επαγόμενη Ροπή, Ροπή Ανατροπής Και Ροπή Εκκίνησης	30
1.12	Ακροδέκτες Και Συνδεσμολογίες	32
1.13	Τάση Λειτουργίας	32
1.14	Εκκίνηση Ασύγχρονου Τριφασικού Κινητήρα	33
1.14.1	Απευθείας Εκκίνηση	33
1.14.2	Εκκίνηση Με Διακόπτη Υ/Δ	34
1.14.3	Εκκίνηση Με Αυτομετασχηματιστή	35
1.14.4	Εκκίνηση Με Ηλεκτρονικό Εκκινητή	38
1.15	Ρύθμιση Στροφών Ασύγχρονου Τριφασικού Κινητήρα	39
1.15.1	Ρύθμιση Στροφών Με Αλλαγή Πλήθους Πόλων	39
1.15.2	Ρύθμιση Στροφών Με Μεταβολή Της Συχνότητας Τροφοδοσίας Και Σταθερή Τάση Δικτύου	40

1.15.3 Ρύθμιση Στροφών Με Μεταβολή Της Συχνότητας Δικτύου Και Της Τάσης Τροφοδοσίας	41
1.16 Πλεονεκτήματα Ηλεκτρονικού Ρυθμιστή Στροφών	42
1.17 Εφαρμογές Inverter	43
1.18 Αλλαγή Φοράς Περιστροφής Ασύγχρονου Τριφασικού Κινητήρα	44
1.19 Τρόποι Πέδησης Ασύγχρονου Τριφασικού Κινητήρα	47
2 Συστήματα Μεταφοράς Φορτίων	50
2.1 Εισαγωγή	50
2.2 Πότε Είναι Κατάλληλα Τα Συστήματα Μεταφοράς	50
2.3 μεταφορά Με Μεταφορικές Ταινίες	50
2.3.1 Εισαγωγή	50
2.3.2 Δομή Μεταφορικής Ταινίας	50
2.3.3 Κατηγορίες Ιμάντων Και Μεταφορικών Ταινιών	52
2.3.4 Σχεδίαση Της Μεταφορικής Ταινίας	56
2.3.5 Επιλογές Του Κινητήρα Και Του Συστήματος Οδήγησης	65
2.3.6 Απαιτούμενα Μέτρα Προστασίας	65
2.4 Μεταφορά Φορτίου Με Κοχλίες	67
2.4.1 Εισαγωγή	67
2.4.2 Δομή Των Μεταφορικών Κοχλιών	67
2.4.3 Είσοδος Του Υλικού	70
2.4.4 Είδη Των Κοχλιών	72
2.4.5 Χοάνες Εξόδου Φορτίου	73
2.4.6 Βήματα Για Την Σχεδίαση Του Μεταφορικού Κοχλίας	76
2.4.7 Ειδικές Εφαρμογές Και Ιδιαιτερότητες Στην Κατασκευή Του Κοχλίας	81
2.5 Μεταφορά Μέσω Πνευματικού Συστήματος Με Πεπιεσμένο Αέρα	83
2.5.1 Εισαγωγή	83
2.5.2 Τρόποι Πνευματικής Μεταφοράς	83
2.5.3 Μεταφορά Σε Αραιή Κατάσταση	83
2.5.4 Μεταφορά Σε Πυκνή Κατάσταση	85
2.5.4.1 Πλεονεκτήματα Της Μεταφοράς Πυκνής Κατάστασης	86
2.5.5 Δομή Των Πνευματικών Μεταφορικών Συστημάτων	86
2.6 Μεταφορά Φορτίων Με Γερανοί	88
2.6.1 Εισαγωγή	88
2.6.2 Αρχή Λειτουργίας Των Γερανών	89
2.6.3 Δομή Των Γερανών	89
2.6.4 Κατηγορίες Γερανών	91
2.6.6 Σταθεροί Γερανοί	95
2.6.7 Άλλες Κατηγορίες Γερανών	97
2.6.8 Κατηγορίες Φορτίων Γερανών	98

2.6.9 Υπολογισμός Απαιτούμενης Ισχύς Του Γερανού	99
3 Περιγραφή Φορτωτή Τσιμέντου Σε Πλοίο101	
3.1 Εισαγωγή	101
3.2 Δομή Του Φορτωτή101	
3.3 Ηλεκτρική Τροφοδοσία Του Φορτωτή	102
3.3.1 Δομή Του Συστήματος Τροφοδοσίας	103
3.3.2ηλεκτρομαγνητική Πέδηση	105
3.3.3 Οδηγίες Συναρμολόγησης Του Τυμπάνου Περιέλιξης	106
3.3.4 Χαρακτηρίστηκα Των Καλωδίων Και Των Τυμπάνων	108
3.4 Μετακίνηση Τροχοφορείων	110
3.4.1 Κινητήρες Τροχοφορείων	111
3.4.2 Έλεγχος Των Κινητήρων Των Τροχοφορείων	112
3.4.3 Κιβώτιο Ταχυτήτων Τροχοφορείων	114
3.4.4 Πέδηση Τροχοφορείων	116
3.5 Περιστροφή Του Βραχίονα	117
3.6 Κοχλίες Μεταφοράς Του Υλικού	119
3.6.1τροφοδοσία Και Έλεγχος Του Κινητήρα	123
3.6.2 Έλεγχος Των Κινητήρων	124
3.7 Φίλτρα	125
Bibliography	127

Πρόλογος

Η παρούσα πτυχιακή εργασία με τίτλο Συστήματα Μεταφοράς φορτίων σε πλοία, διαπραγματεύεται με αναλυτικό τρόπο διάφορα συστήματα φόρτωσης - εκφόρτωσης στερεών υλικών σε πλοία.

Συγκεκριμένα στο 1 ο κεφάλαιο γίνεται αναφορά στους Ασύγχρονους Τριφασικούς Κινητήρες που είναι το βασικό είδος κινητήρων που εφαρμόζονται πλέον στην βιομηχανία αλλά και πλειονότητα των εργασιών που απαιτείται μηχανική κίνηση.

Στη συνέχεια στο 2 ο κεφάλαιο γίνεται διεξοδική ανάλυση στα πιο συνηθισμένα μέσα μεταφοράς φορτίων, όπως μεταφορικές ταινίες, μεταφορικοί κοχλίες, πνευματικά συστήματα μεταφοράς αλλά και στους γερανούς.

Τέλος στο 3 ο κεφάλαιο ως παράδειγμα αναφέρεται ο τρόπος φόρτωσης τσιμέντου σε πλοίο, όπου περιγράφονται τα βασικά μέρη του φορτωτή αλλά και τρόπος της λειτουργίας του.

Abstract

This diploma thesis, titled Load Transmission Systems on ships, analyzes in detail various loading and unloading systems for solid materials on ships. Specifically in Chapter 1, reference is made to asynchronous three-phase motors, which are the main type of motors that are now applied in the industry and most of the tasks that require mechanical movement.

Then in Chapter 2 a thorough analysis is performed on the most commonly used load carriers, such as conveyor belts, conveyor bolts, pneumatic conveyor systems and cranes.

Finally, chapter 3 illustrates how to load cement on a ship, which describes the basic parts of the loader and how it works.

1 Ασύγχρονοι Τριφασικοί Κινητήρες

1.1 Εισαγωγή

Οι ΑΤΚ ή επαγωγικοί κινητήρες είναι μηχανές που μετατρέπουν την εναλλασσόμενη ηλεκτρική ενέργεια του τριφασικού δικτύου σε μηχανική. Το τύλιγμα του οπλισμού του στάτη τροφοδοτείται με τριφασικό ρεύμα και αναπτύσσεται στο εσωτερικό της μηχανής περιστρεφόμενο μαγνητικό πεδίο, που επιδρά στο δρομέα και παράγει ροπή περιστροφής. Οι κινητήρες αυτοί έχουν απεριόριστες εφαρμογές σε όλους τους τομείς της σύγχρονης τεχνολογίας, καθώς και στη βιομηχανία αφού η απλή κατασκευή τους, τους καθιστά πιο οικονομικούς. Επιπλέον έχουν μικρή διακύμανση των στροφών από την λειτουργία σε κενό και σε πλήρες φορτίο, ενώ ο έλεγχός των στροφών τους με την χρήση αντιστροφών έχει βελτιωθεί.

1.2 Κατασκευαστικά Στοιχεία Στάτη

Το ακίνητο μέρος ενός ΑΤΚ, ο στάτης αποτελεί το μόνο στοιχείο της μηχανής που συνδέεται ηλεκτρικά με το δίκτυο. Μέσα στο κέλυφος του στάτη είναι τοποθετημένος ο πυρήνας του, που είναι κατασκευασμένος από μαγνητικά ελάσματα κυρίως πυριτιούχου χάλυβα. Τα ελάσματα αυτά είναι περασμένα σε βερνίκι ώστε να είναι ηλεκτρικά μονωμένα μεταξύ τους. Τα ελάσματα συγκρατούνται από κοχλίες και αποτελούν το ζύγωμα της μηχανής, που τοποθετούνται τα τυλίγματα της μηχανής στα αυλάκια που δημιουργούνται.

Οι τρεις φάσεις του κινητήρα συνδέονται σε Αστέρα (Y) ή σε τρίγωνο (Δ -D) . Τα άκρα των τυλιγμάτων της μηχανής U-V-W χρησιμοποιούνται για να συνδεθούν με το δίκτυο, ενώ τα άκρα X-Y-Z δημιουργούν το αλληλένδετο τριφασικό σύστημα.

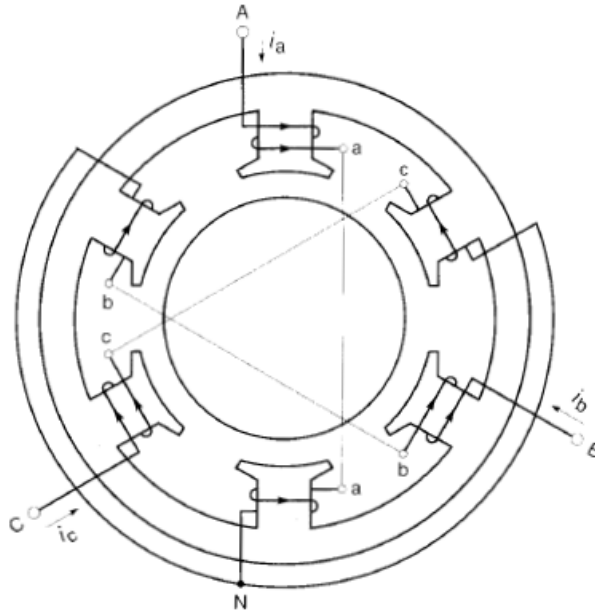
Στη συνδεσμολογία σε αστέρα η τάση στα άκρα του τυλιγματος είναι φασική, ενώ η τάση μεταξύ των δύο φάσεων πολική. Το ρεύμα τόσο στο τύλιγμα όσο και στην τροφοδοσία είναι φασικό. Στην συνδεσμολογία σε τρίγωνο, η τάση τόσο στο τύλιγμα όσο και μεταξύ των φάσεων είναι πολική, ενώ το ρεύμα που διέρχεται το τύλιγμά φασικό σε αντίθεσή με το ρεύμα στη γραμμή τροφοδοσίας που είναι πολικό.



Σχήμα1.1: δομή ΑΤΚΒΔ

1.3 Στρεφόμενο Μαγνητικό Πεδίο

Ο στάτης κάθε ΑΤΚ αποτελείται από τρία τυλίγματα που σχηματίζουν γωνίες 120° μεταξύ τους. Όταν εφαρμοστεί AC τάση στο στάτη, έχουμε ροή ρεύματος στα πηνία. Η μαγνητική ροή εξαρτάται από τη ροή του ρεύματος.



Σχήμα 1.2: δημιουργία στρεφόμενου μαγνητικού πεδίου στο στάτη

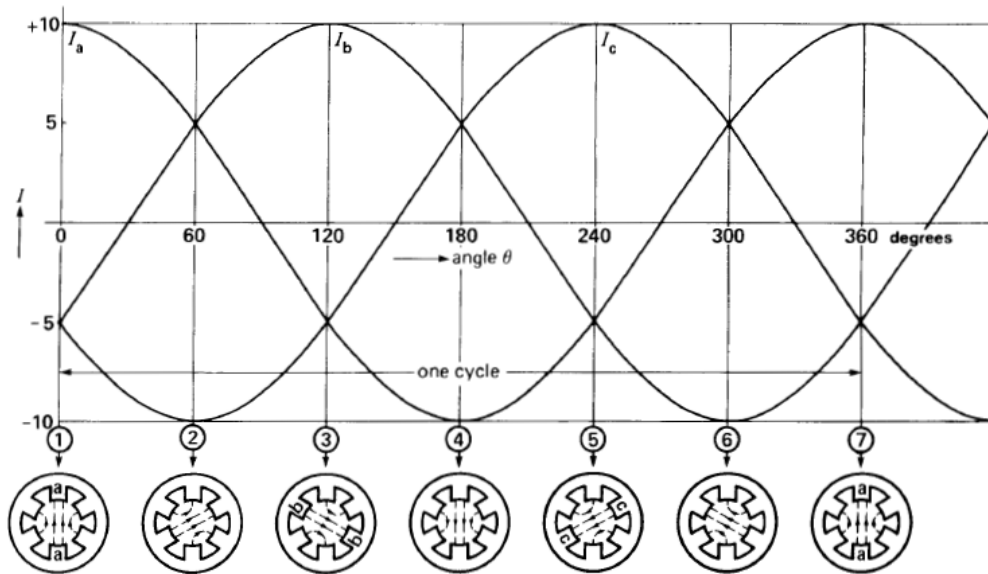
Αν υποθέσουμε ότι θετική είναι η φορά στα πηνία abc και αρνητική στα a'b'c' θα έχουμε τον πίνακα.

Πίνακας 1.1: δημιουργία Μαγνητικών Πόλων

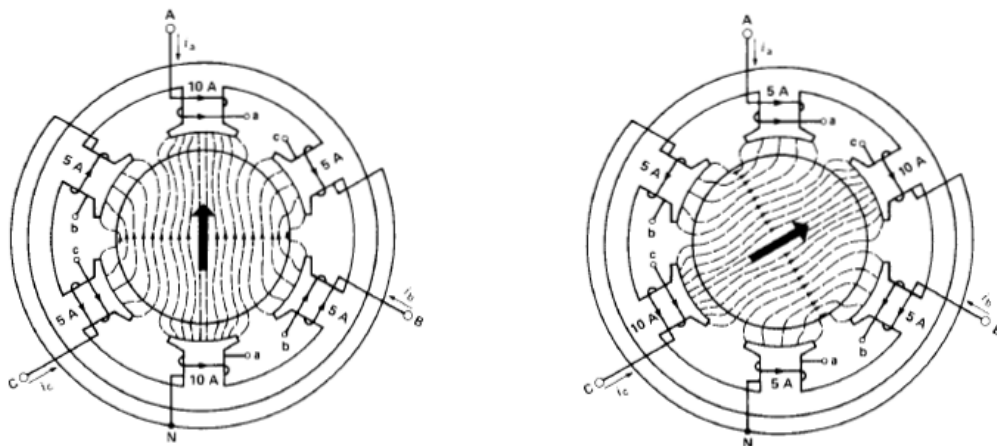
Πηνίο	Φορά Ρεύματος	
	Θετική (+)	Αρνητική (-)
a	Βόρειος	Νότιος
a'	Νότιος	Βόρειος
b	Βόρειος	Νότιος
b'	Νότιος	Βόρειος
c	Βόρειος	Νότιος
c'	Νότιος	Βόρειος

Τα τρία τυλίγματα του στάτη τροφοδοτούνται με τριφασικό ρεύμα. Για να γίνει κατανοητή η δημιουργία του ΜΠ, επιλέγουμε την χρονική στιγμή 0. το ρεύμα στο πηνίο a είναι 0, στο b αρνητικό και στο c θετικό. Με βάση τον παραπάνω πίνακα τα b,c' είναι νότιοι πόλοι και τα b',cβόρειοι πόλοι.

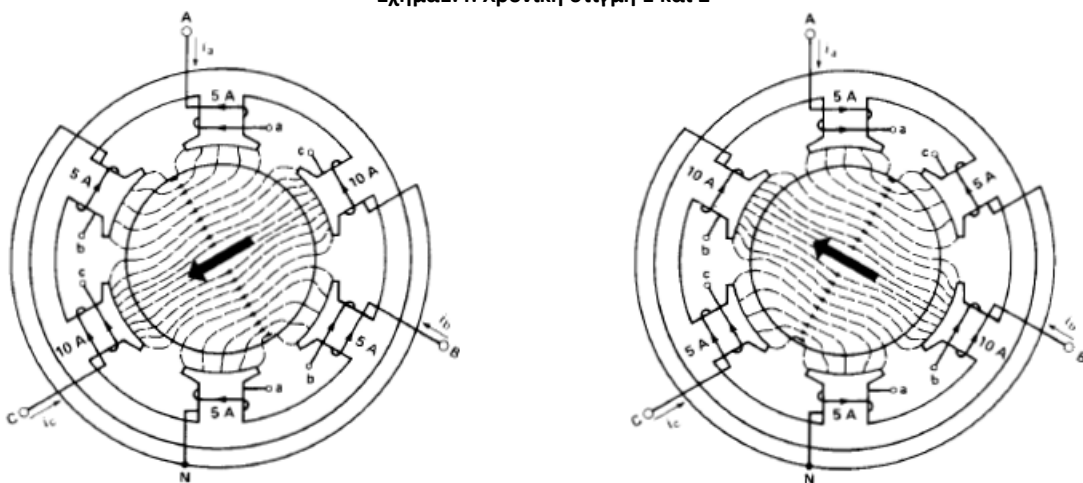
Αν με τον ίδιο τρόπο εξετάζουμε το δημιουργημένο για τριφασικό σύστημα παροχής που αντιστοιχεί για γωνίες 60° , όταν το ρεύμα συμπληρώσει φάση 360° το ΜΠ έχει συμπληρώσει αντίστοιχα περιστροφή 360° .



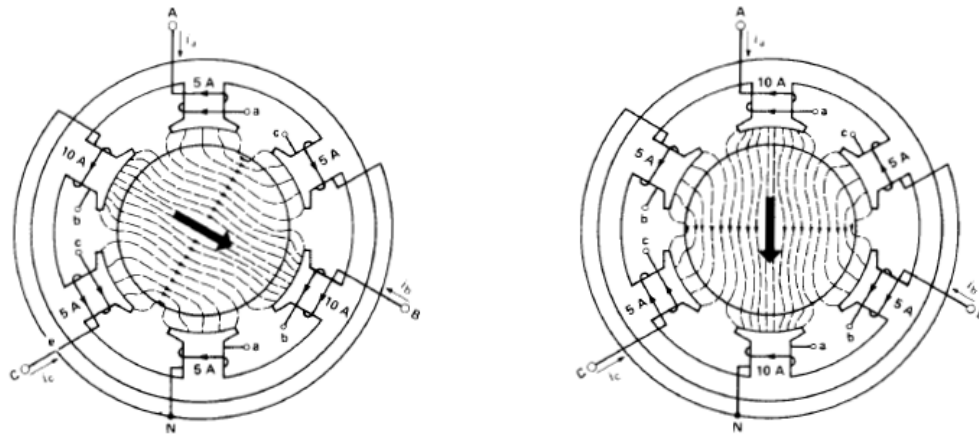
Σχήμα1.3: Στρεφόμενο μαγνητικό πεδίο, στιγμιαίες τιμές ρεύματος και θέση της μαγνητικής ροής



Σχήμα1.4: Χρονική στιγμή 1 και 2



Σχήμα1.5: Χρονική στιγμή 3 και 4



Σχήμα1.6: Χρονική στιγμή 5 και 6

1.4 Αρχή Λειτουργίας Ασύγχρονου Τριφασικού Κινητήρα

Στους ΑΤΚ,ο δρομέας είναι ηλεκτρικά ανεξαρτήτως από το δίκτυο και δε τροφοδοτείται με ρεύμα από αυτό. Τα τυλίγματα του στάτη τροφοδοτούνται με τριφασική παροχή από το δίκτυο και δημιουργείται στο εσωτερικό του στρεφόμενο μαγνητικό πεδίο.

Η μηχανική ταχύτητα του ρότορα του κινητήρα δε μπορεί να ξεπεράσει την ταχύτητα περιστροφής του μαγνητικού πεδίου. Η ταχύτητα περιστροφής του μαγνητικού πεδίου ονομάζεται σύγχρονη ταχύτητα και τη συμβολίζουμε με n_s ενώ την μηχανική ταχύτητα του δρομέα με n .

Η σύγχρονη ταχύτητα της μηχανής εξαρτάται από τη συχνότητα της τάσης τροφοδοσίας και από τα ζεύγη των πόλων της μηχανής. Η σύγχρονη ταχύτητα του κινητήρα υπολογίζεται ως εξής:

$$n_s = \frac{60f}{p}$$

Οπού f η συχνότητα της τάσης τροφοδοσίας και p τα ζεύγη των πόλων της μηχανής.

Τη διαφορά της σύγχρονης ταχύτητας με τη ταχύτητα του ρότορα την ονομάζουμε ταχύτητα ολίσθησης (slipspeed), και το λόγο της ως προς την σύγχρονη ταχύτητα, ολίσθηση.

$$s = \frac{n_{slip}}{n_s} = \frac{n_s - n}{n_s}$$

1.5 Ροπή Ασύγχρονου Τριφασικού Κινητήρα

Από τα ποιο σημαντικά στοιχεία ενός κινητήρα είναι η ροπή που μπορεί να αναπτύξει στον άξονα του, η οποία συμβολίζεται με T και έχει μονάδα μέτρησης τα Nm.

Η ροπή αυτή αναπτύσσεται ως εξής:

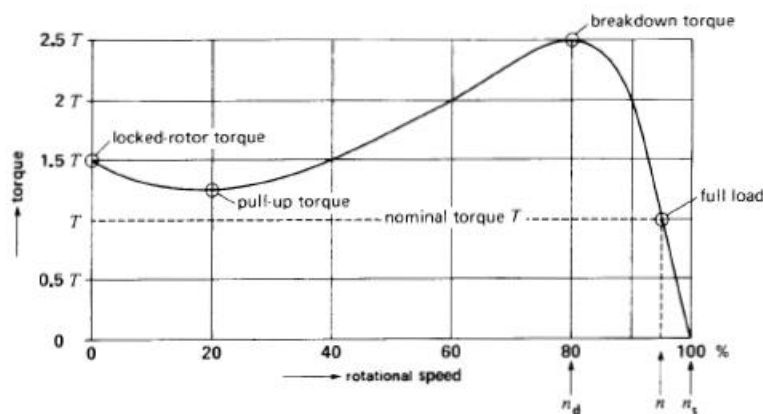
- 1) Μια τάση $E=B \cdot l \cdot u$ επαγεται στο τύλιγμα του δρομέα (αν είναι τυλιγμένος) ή στις μπάρες του (αν 'είναι κλωβού)και κόβει την μαγνητική Ροή των πόλων.

- 2) Η επαγόμενη αυτή τάση δημιουργεί ένα ρεύμα I διέρχεται από το κάθε αγωγό του τυλίγματος με των δακτυλιδιών βραχυκύκλωσης.
- 3) Λόγω του ρεύματος που ρέει τον αγωγό μέσα στο πεδίο, ασκείται πάνω του δύναμη που τείνει να τον περιστρέψει.
- 4) Η δύναμη αυτή δρα πάντα προς μια κατεύθυνση ώστε να τραβήξει τον αγωγό κατά μήκος του πεδίου.

Αφού ο κινητήρας αναπτύξει τις στροφές του, αυτές θα είναι πάντα μικρότερες από τη σύγχρονη ταχύτητα που θα έχει το μαγνητικό πεδίο.

Από το παρακάτω γράφημα ροπής-ταχύτητας, μπορούμε να δούμε ότι κατά την εκκίνηση του κινητήρα όπου οι στροφές του είναι 0, και με την αύξηση των στροφών αυξάνεται μέχρι την μέγιστη τιμή της T_{max} που λέγεται και ροπή ανατροπής.

Η ροπή στην εκκίνηση πρέπει να είναι μεγαλύτερη από αυτή του φορτίου, ώστε να μπορεί να ξεκινήσει. Η ροπή πρέπει να παραμένει μεγαλύτερη από αυτή του φορτίου σε όλο το διάστημα λειτουργίας του. Η ταχύτητα και η ροπή λειτουργίας του κινητήρα καθορίζονται από το σημείο λειτουργίας του, το οποίο είναι το σημείο τομής των καμπυλών ροπής κινητήρα και ροπής φορτίου.



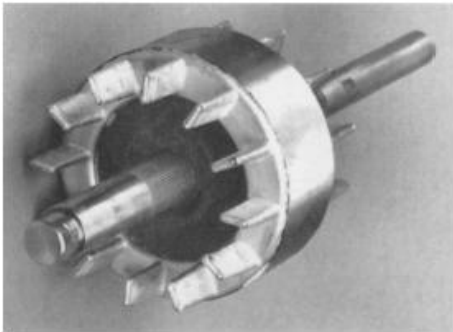
Σχήμα1.7: Καμπύλη ροπής- ταχύτητας κινητήρα

Η λειτουργία της πρέπει να γίνεται δεξιά του σημείου της ροπής ανατροπής, όπου βρίσκεται η ευσταθής περιοχή λειτουργίας της μηχανής στην οποία αν υπάρξει οποιαδήποτε μεταβολή της ροπής του φορτίου (αρκεί να είναι μικρότερη της ροπής του κινητήρα) η ταχύτητα και η ροπή του θα προσαρμοστούν αυτόματα ώστε να μπορέσει να περιστρέψει ο κινητήρας το φορτίο. Την περιοχή αριστερά την ονομάζουμε ασταθής περιοχή λειτουργίας.

1.6 Κατασκευαστικά Στοιχεία Δρομέα

Η κατασκευή του δρομέα των ΑΤΚ γίνεται από διάτρητα ελάσματα, τα οποία τοποθετούνται προσεκτικά, ώστε να δημιουργήσει μια σειρά από αυλάκια στο ρότορα για να τοποθετηθεί το τύλιγμα του τυμπάνου.

Για την κατασκευή του τυλίγματος τυμπάνου υπάρχουν 2 είδη. Το τύλιγμα βραχυκυκλωμένου κλωβού ή αλλιώς κινητήρας βραχυκυκλωμένου δρομέα, και το της μορφής τυλιγμένου δρομέα ή κινητήρας δακτυλιοφόρου δρομέα.



Σχήμα1.8: τύλιγμά βραχυκυκλωμένου δρομέα

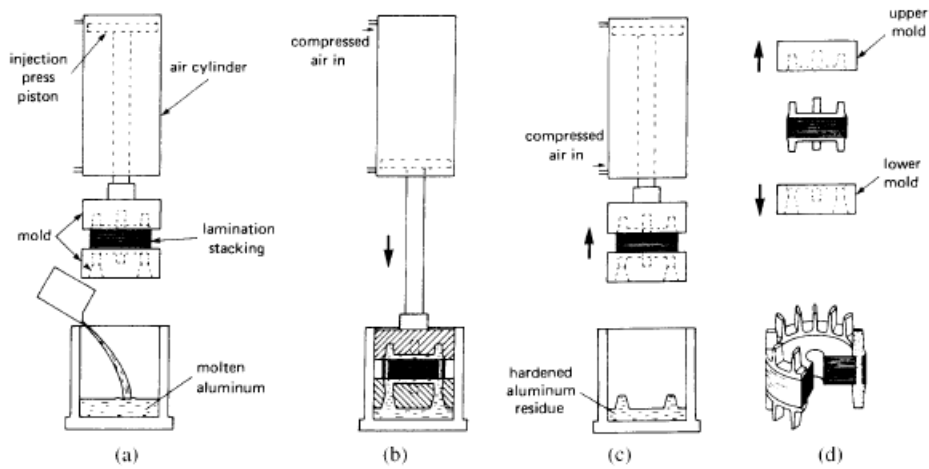


Σχήμα 1.9: τύλιγμα δακτυλιοφόρου δρομέα

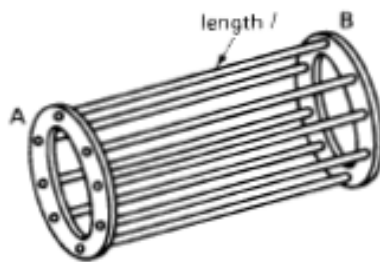
Στους κινητήρες βραχυκυκλωμένου δρομέα, το τύλιγμα αποτελείται από μεταλλικές ράβδους χαλκού ή ορείχαλκου. Οι ράβδοι αυτοί έχουν τα άκρα τους βραχυκυκλωμένα με 2 δακτυλίδια, ώστε να βραχυκυκλώνουν μεταξύ τους. Η όλη κατασκευή με τις μπάρες και τα δακτυλίδια φτιάχνουν, ένα κλωβό εξού και το όνομα.



Σχήμα 1.10: τομή στάτη Ασύγχρονου Τριφασικού κινητήρα

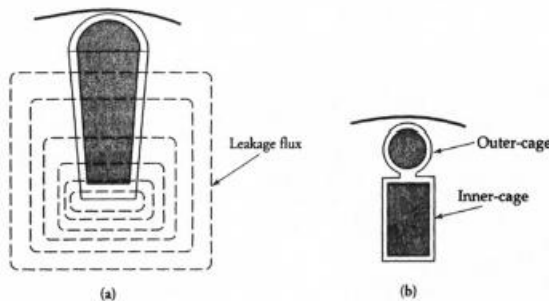


Σχήμα1.11: Βήματα κατασκευής των ράβδων αλουμινίου



Σχήμα1.12: Ράβδοι και δακτυλίδια βραχυκύκλωσης

Σε μικρούς και σε μεσαίου μεγέθους κινητήρες, οι μπάρες και τα δακτυλίδια κατασκευάζονται από χυτό αλουμίνιο. Ανάλογα με το αν τα αυλάκια του τυμπάνου στο δρομέα είναι απλά βαθιά ή διπλά, τότε αντίστοιχα το τύλιγμα λέγεται απλού κλωβού, με βαθιά αυλάκια ή διπλού κλωβού.



Σχήμα1.13: Τύλιγμα σε βαθύ αυλάκι και διπλός κλωβός

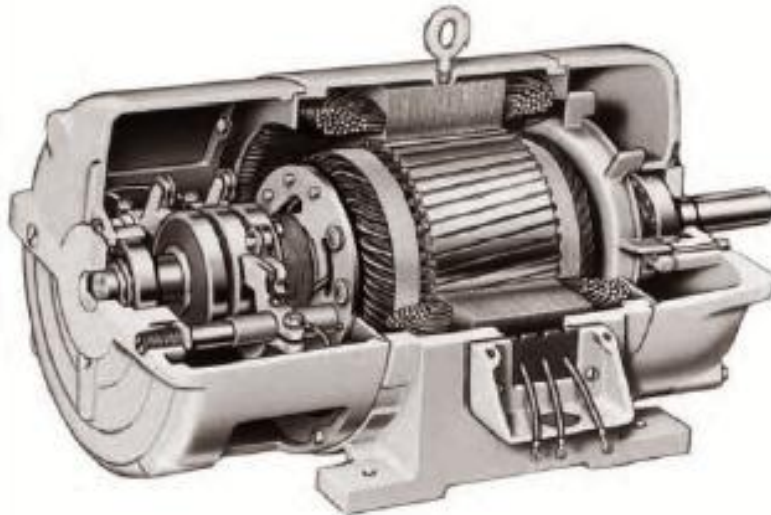
Οι κινητήρες με τύλιγμα απλού κλωβού, είναι απλής κατασκευής και έχουν μικρό κόστος και καλό βαθμό απόδοσης. Το μειονέκτημα των κινητήρων αυτών είναι το μεγάλο ρεύμα στην εκκίνηση με την αντίστοιχα μικρή ροπή.

Στους κινητήρες τυλιγμένου δρομέα, έχουμε ένα τριφασικό τύλιγμα παρόμοιο με αυτό του στάτη. Το τύλιγμα είναι ομοιόμορφα κατανεμημένο στα αυλάκια και είναι συνήθως συνδεδεμένο σε αστέρα.

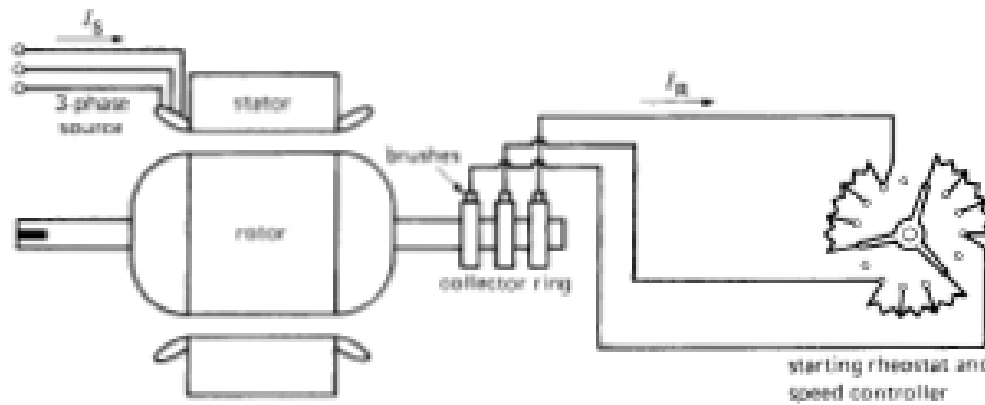
Οι άκρες είναι συνδεδεμένες σε 3 μονωμένα μεταξύ τους δακτυλίδια στον άξονα του δρομέα. Τα δακτυλίδια εφάπτονται με ψήκτρες οπών μπορούμε να συνδέονται εξωτερικές αντιστάσεις σε σειρά με το τύλιγμα τυμπάνου. Οι αντιστάσεις αυτές χρησιμοποιούνται συνήθως κατά την εκκίνηση και στη συνέχεια βραχυκυκλώνουν. Οι αντιστάσεις αυτές χρησιμεύουν και στον έλεγχο της ταχύτητας του κινητήρα.



Σχήμα1.14: Τυλιγμένος δρομέας



Σχήμα 1.15: Τομή κινητήρα δακτυλιοφόρου δρομέα



Σχήμα1.16: Αντιστάσεις σε σειρά με το τύλιγμα δρομέα μέσω των ψηκτρών

1.7 Προστασίας Κινητήρων

Όταν πρόκειται να κατασκευάσουμε ένα κινητήρα, θα πρέπει να γνωρίζουμε για λόγους ασφαλείας τις συνθήκες στις οποίες θα εργαστεί. Πρέπει απαραίτητως να καθορίζουμε το είδος του περιβλήματος τους, τον τρόπο στήριξής τους, αλλά και τον τρόπο ψύξης τους. Από τον τρόπο ψύξης ενός κινητήρα εξαρτάται και η διαμόρφωση του περιβλήματος του, ώστε να αποφεύγεται η εισχώρηση ξένων σωμάτων στο εσωτερικό του.

1.7.1 Βαθμός Προστασίας Κινητήρων

Ο βαθμός προστασίας των περιστροφικών ηλεκτρικών μηχανών από τα πρότυπα της IEC τα οποία μας ορίζουν:

- 1) Την προστασία του ανθρώπου έναντι επαφής με μέρη υπό τάση ή κινούμενα μέρη εκτός από το άκρο του άξονα.
- 2) Την προστασία της μηχανής έναντι εισχώρησης ξένων στερεών σωμάτων.
- 3) Την προστασία της μηχανής έναντι της εισχώρησης νερού.
- 4) Τον κωδικοποιημένο χαρακτηρισμό των διαφόρων βαθμών προστασίας.
- 5) Τις δοκιμές για την πιστοποίηση του βαθμού προστασίας.

Οι προδιαγραφές αυτές δεν ορίζουν βαθμούς προστασίας έναντι μηχανικών βλαβών της μηχανής, ή έναντι οξειδωτικών ατμών ή μούχλας ή ζυυφίων. Επίσης οι προδιαγραφές αυτές δεν αναφέρονται σε χρήση της μηχανής σε εκρηκτικές ατμόσφαιρες.

1.7.2 Συμβολισμός

Ο κωδικός που χαρακτηρίζει το βαθμό προστασίας αποκαλείται από τα γράμματα IP συνοδευόμενα από δύο χαρακτηριστικούς αριθμούς. Ο πρώτος χαρακτηριστικός αριθμός συμβολίζει την προστασία των ανθρώπων και την προστασία της μηχανής από την εισχώρηση ξένων σωμάτων. Ο δεύτερος χαρακτηριστικός αριθμός συμβολίζει την προστασία της μηχανής έναντι εισχώρησης νερού.

Οι διάφορες περιπτώσεις του βαθμού προστασίας των διάφορων ηλεκτρικών συσκευών και υλικών, από την διείσδυση στερεών σωματιδίων και υγρών, παρατίθενται στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 1.2: Κατηγορίες βαθμού προστασίας IP κινητήρων από σκόνη και νερό

1 ^{ος} αριθμός	βαθμός προστασίας από στερεά σωματίδια	2 ^{ος} αριθμός	βαθμός προστασίας από υγρά
IP0x	Καμιά προστασία	IPx0	Καμιά προστασία
IP1x	Προστασία από εισχώρηση μεγάλων σωμάτων διαμέτρου 50mm IPx1	IPx1	Προστασία από σταγόνες νερού
IP2x	Προστασία από εισχώρηση μεσαίων σωμάτων διαμέτρου 12,5mm	IPx2	Προστασία από σταγόνες υγρού με γωνία πτώσης έως 15 μοίρες
IP3x	Προστασία από εισχώρηση μεσαίων σωμάτων διαμέτρου 2,5mm	IPx3	Προστασία από σταγόνες υγρού με γωνία πτώσης έως 60 μοίρες
IP4x	Προστασία από εισχώρηση μεσαίων σωμάτων διαμέτρου 1,0mm	IPx4	Προστασία από υγρό εκτοξευόμενο από οποιαδήποτε διεύθυνση
IP5x	Προστασία από εισχώρηση σκόνης σε τέτοια ποσότητα ώστε να προκαλέσει δυσλειτουργία του εξοπλισμού	IPx5	Προστασία από νερό εκτοξευόμενο υπό πίεση
IP6x	Πλήρης προστασία από εισχώρηση σκόνης	IPx6	Προστασία από νερό εκτοξευόμενο υπό υψηλή πίεση ή από συνθήκες που συναντώνται σε κατάστρωμα πλοίου
		IPx7	Προστασία από ασυνεχή βύθιση σε νερό
		IPx8	Προστασία από συνεχή βύθιση σε νερό υπό συγκεκριμένη πίεση

Πρόσθετες πληροφορίες για την προστασία των κινητήρων, υποδηλώνονται με συμπληρωματικό γράμμα που ακολουθεί το δεύτερο αριθμό.

Το πρώτο πρόσθετο γράμμα προσδίδει στοιχεία για την προστασία των προσώπων ενάντια στην πρόσβαση στα επικίνδυνα μέρη του ηλεκτρικού εξοπλισμού (προστασία επαφών), και περιγράφεται στον πίνακα:

Πίνακας 1.3: προστασία από άμεση επαφή

1ο πρόσθετο (προαιρετικό) γράμμα	
A	Προστασία από προσέγγιση με το χέρι
B	Προστασία από προσέγγιση με το δάχτυλο
C	Προστασία από προσέγγιση με σύρμα ή εργαλείο διαμέτρου 2,5 mm
D	Προστασία από προσέγγιση με σύρμα ή αγωγό διαμέτρου 1 mm

Το δεύτερο συμπληρωματικό γράμμα προσδίδει στοιχεία και ειδικές πληροφορίες που αφορούν το υλικό, και περιγράφεται στον πίνακα:

Πίνακας 1.4: Ειδικές πληροφορίες για τον κινητήρα

2ο συμπληρωματικό (προαιρετικό) γράμμα	
H	Συσκευές υψηλής τάσης
M	Δοκιμασμένος για τα επιβλαβή αποτελέσματα που μπορεί να προέλθουν από την είσοδο του νερού όταν είναι τα στρεφόμενα μέρη του εξοπλισμού (π.χ. ο στροφέας μιας περιστρεφόμενης μηχανής) βρίσκονται σε κίνηση
S	Δοκιμασμένος για τα επιβλαβή αποτελέσματα που μπορεί να προέλθουν από την είσοδο του νερού όταν τα στρεφόμενα μέρη του εξοπλισμού (π.χ. ο στροφέας μιας περιστρεφόμενης μηχανής) βρίσκονται σε στάση
W	Συσκευές κατάλληλες για χρήση υπό ειδικές καιρικές συνθήκες οι οποίες απαιτούν πρόσθετα χαρακτηριστικά προστασίας που αφορούν τις διαδικασίες λειτουργίας τους

1.8 Τυποποίηση Και Ταξινόμηση Των Κινητήρων Με Βάση τα πρότυπα της NEMA

Τα πλαίσια όλων των βιομηχανικών κινητήρων κάτω των 500 ίππων έχουν τυποποιημένες διαστάσεις. Η τυποποίηση καλύπτει, όχι μόνο το μέγεθος των πλαισίων αλλά και καθορίζει τις οριακές τιμές των χαρακτηριστικών τους είτε είναι ηλεκτρικές, μηχανικές ή θερμικές. Έτσι οι κινητήρες πρέπει να ικανοποιούν τις ελάχιστες απαιτήσεις, ως προς την ροπή εκκίνησης, το ρεύμα κινητοποιημένου δρομέα, την ικανότητα υπερφόρτωσης και αύξησης της θερμοκρασίας τους.

1.8.1 Ταξινόμηση Με Βάση Το Περιβάλλον Και Τις Μεθόδους Ψύξης

Οι κινητήρες ταξινομούνται σε διάφορες κατηγορίες εξαρτώμενες από το περιβάλλον στο οποίο λειτουργούν. Οι πέντε πιο σημαντικές κατηγορίες είναι οι εξής.

A) Κινητήρες με κοινό (ανοικτό) περίβλημα

Το πλαίσιο σε ένα κινητήρα με κοινό περίβλημα, προστατεύει τα τυλίγματα από πτώση και υγρών και στερεών σωματιδίων τα οποία πέφτουν υπό γωνία 0-15 μοιρών κατακόρυφα. Οι κινητήρες αυτοί ψύχονται από την φτερωτή που είναι συνδεδεμένη στον άξονα της μηχανής. Κρύος αέρας απορροφάτε από τις οπές του εξαερισμού στο πλαίσιο της μηχανής, διοχετεύεται στα τυλίγματα και στη συνέχεια αποβάλλεται. Η μέγιστη επιτρεπόμενη αύξηση της θερμοκρασίας μπορεί να είναι 60,80,105 ή 125°C ανάλογα με τον τύπο της μόνωσης που χρησιμοποιούνται στα τυλίγματα. Αυτοί οι τύποι κινητήρων μπορούν να χρησιμοποιηθούν στα περισσότερα μέρη.

B) Κινητήρες με τμήμα του περιβλήματος κλειστό

Το πλαίσιο των κινητήρων με τμήμα του περιβλήματος κλειστό προστατεύεται από πτώσεις σταγόνων και στερεών σωματιδίων υπό γωνία 0-100° από το κατακόρυφο τους. Η ψύξη τους είναι ίδια με τους κινητήρες με κοινό περίβλημα όπως και οι μέγιστες θερμοκρασίες που μπορούν να έχουν. Χρησιμοποιούνται κυρίως σε εξωτερικά μέρη όπου υπάρχει σκόνη και νερό.

Γ) Εντελώς κλειστό πλαίσιο, μη αεριζόμενοι κινητήρες.

Οι κινητήρες αυτοί έχουν κλειστό πλαίσιο το οποίο προστατεύει από την ελεύθερη ανταλλαγή αέρα μεταξύ εξωτερικού και εξωτερικού καλύμματος. Είναι σχεδιασμένοι για πολύ υγρές και σκονισμένες τοποθεσίες. Οι κινητήρες αυτοί είναι συνήθως κάτω των 10KW, γιατί είναι δύσκολο να απαλλαγούμε από την θερμότητα σε μεγαλύτερες μηχανές. Η θερμότητα διοχετεύεται στο περιβάλλον μέσω συναγωγής και ακτινοβολίας από το πλαίσιο.



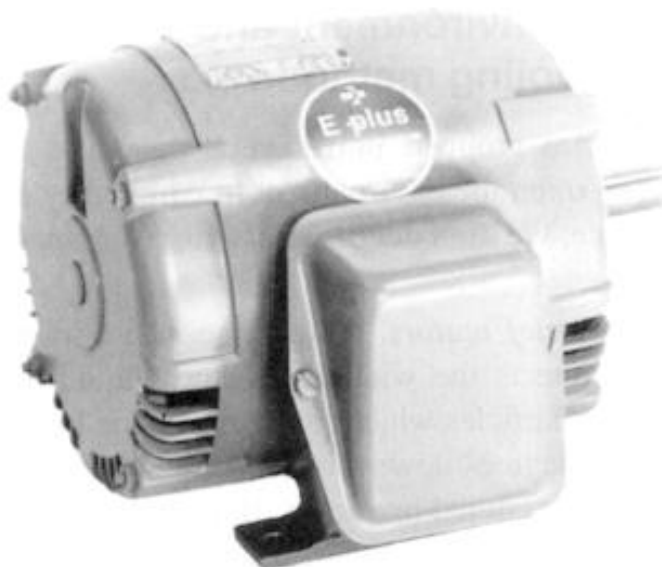
Σχήμα 1.17: Κινητήρας με εντελώς κλειστό πλαίσιο

Δ) Εντελώς κλειστό πλαίσιο με ανεμιστήρα ψύξης

Οι κινητήρες αυτοί είναι μέσης και μεγάλης ισχύος, είναι πλήρως καλυμμένοι και ψύχονται από εξωτερική ροή αέρα από ανεμιστήρα που είναι απευθείας συνδεδεμένος στον άξονα του και ψύχει τις ραβδώσεις του ζυγώματος. Μια ομόκεντρη εξωτερική θωράκιση αποτρέπει τις φυσικές επαφές με τον ανεμιστήρα και χρησιμεύει στην αποβολή του αέρα.

Ε) Explosion-proofmotors (κινητήρες αντί-εκρηκτικού τύπου)

Είναι κινητήρες ειδικά σχεδιασμένοι που χρησιμοποιούνται σε εύφλεκτα ή επικίνδυνα λόγω εκρήξεων χώρους όπως ανθρακωρυχεία και διυλιστήρια. Είναι πλήρως κλειστού περιβλήματος αλλά όχι αεροστεγή και το ζύγωμα του σχεδιάζεται ώστε να αντέχει τις πιέσεις που μπορεί να δημιουργηθούν στο εσωτερικό της μηχανής σε περίπτωση έκρηξης στο εσωτερικό του. Για την ασφαλή λειτουργία τους οι κινητήρες αυτοί, πρέπει να έχουν μέγιστη θερμοκρασία λειτουργίας μικρότερη από την θερμοκρασία ανάφλεξης των γύρω αερίων οι ατμών.



Σχήμα1.18: κινητήρας κλειστός αντί-εκρηκτικού τύπου

1.8.2 Ταξινόμηση Ανάλογα Με Τις Ηλεκτρικές Και Τις Μηχανικές Ιδιότητες Του Κινητήρα

Οι απαιτήσεις για την απόδοση και σε διάφορους τύπους κινητήρων έχουν οδηγήσει στη δημιουργία προτύπου από την NEMA και IEC για τη θέσπιση μιας σειράς από τυποποιημένες σχεδιάσεις κινητήρων με διαφορετικές χαρακτηριστικές ροπής-ταχύτητας. Αυτές οι τυποποιημένες σχεδιάσεις ονομάζονται κλάσεις σχεδίασης.

ΚΛΑΣΗ A: οι κινητήρες της κλάσης A παρουσιάζουν κανονική ροπή εκκίνησης, κανονικό ρεύμα εκκίνησης και χαμηλή ολίσθηση. Σε λειτουργία υπό πλήρες φορτίο, οι κινητήρες κλάσης A έχουν μικρότερη του 20%. Η ροπή ανατροπής σε κινητήρα κλάσης A είναι δύο με τρεις

φορές την ονομαστική ροπή σε πλήρη φόρτιση. Η ροπή εκκίνησης είναι περίπου ίση με την ονομαστική στους μεγάλους κινητήρες, ενώ στους μικρότερους μπορεί να είναι μέχρι δύο φορές το ονομαστικό.

Το πρόβλημα με τους κινητήρες της κλάσης A είναι το μεγάλο ρεύμα εκκίνησης, το οποίο μπορεί να φτάσει μέχρι 8 φορές το ονομαστικό ρεύμα λειτουργίας του. Σε κινητήρες πάνω από 7.5 ίππους είναι υποχρεωτική η χρήση συστήματος εκκίνησης για το περιορισμό του ρεύματος. Οι κινητήρες της κλάσης A, έχουν ως κύρια εφαρμογή σε αντλίες, οδήγηση ανεμιστήρων, τόνων και άλλων εργαλειομηχανών.

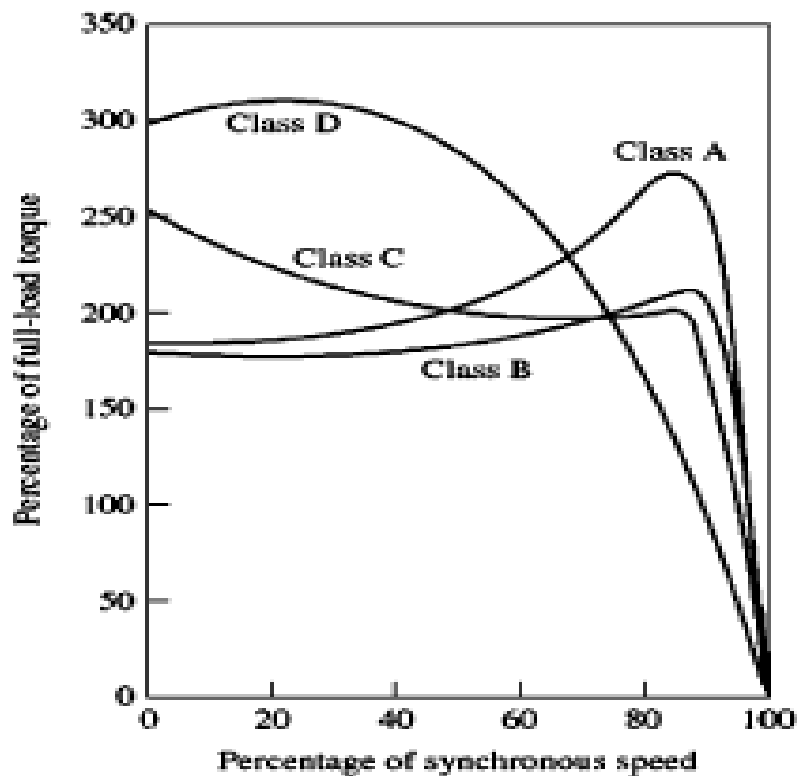
ΚΛΑΣΗ B: Το πρόβλημα με το μεγάλο ρεύμα εκκίνησης στη κλάση A, έχει οδήγηση στις μέρες μας στην αντικατάστασή τους από τους κινητήρες της κλάσης B.

Οι κινητήρες της κλάσης B έχουν κανονική ροπή εκκίνησης, ίδια με τη κλάση A, έχουν όμως μικρότερο ρεύμα εκκίνησης και χαμηλή ολίσθηση. Η ροπή ανατροπής τους είναι ως και 200% της ονομαστικής ροπής αλλά μικρότερη της κλάσης A, λόγω της αυξημένης αντίδρασης του δρομέα. Οι κινητήρες κλάσης B είναι κατασκευασμένοι με τύλιγμα διπλού κλωβού ή με βαθιά αυλάκια. Οι εφαρμογές των κινητήρων κλάσης B είναι ίδια με των κινητήρων κλάσης A, αλλά έχει επικρατήσει λόγω του μικρότερου ρεύματος εκκίνησης.

ΚΛΑΣΗ C: Οι κινητήρες κλάσης C παρουσιάζουν μεγάλη ροπή εκκίνησης, μικρό ρεύμα εκκίνησης και χαμηλή ολίσθηση σε πλήρες φορτίο. Η ροπή ανατροπής είναι περίπου ίδια με αυτή της κλάσης A, ενώ η ροπή εκκίνησης είναι το 250% της ονομαστικής ροπής φορτίου. Οι κινητήρες της κλάσης αυτής είναι κατασκευασμένοι με διπλό δρομέα και έχουν μεγαλύτερο κόστος από τις δύο προηγούμενες κλάσεις.

Η χρήση των κινητήρων της κλάσης C γίνεται συνήθως σε φορτία που απαιτείται υψηλή ροπή εκκίνησης, όπως φορτισμένες αντλίες, συμπιεστές και μεταφορικές ταινίες.

ΚΛΑΣΗ D: Οι κινητήρες κλάσης D έχουν μεγάλη ροπή εκκίνησης, που ξεπερνάει το 275% της ονομαστικής ροπής φορτίου και μικρό ρεύμα εκκίνησης, αλλά παρουσιάζουν μεγάλη ολίσθηση στη λειτουργία υπό πλήρες φορτίο. Οι κινητήρες κλάσης D, χρησιμοποιούν ράβδου μικρότερης διατομής, κατασκευασμένες από υλικό μεγαλύτερης αντίστασης. Η μεγάλη αντίσταση στο δρομέα μετακινεί τη μέγιστη ροπή σε μια πολύ μικρή ταχύτητα. Η ολίσθηση αυτών των κινητήρων στη πλήρη φόρτιση είναι αρκετά υψηλή λόγω της μεγάλης αντίστασης που διαθέτουν στο δρομέα. Η ολίσθηση μπορεί να είναι από 7% και να ξεπεράσει το 17%. Οι κινητήρες αυτού του είδους έχουν εφαρμογή στην επιτάχυνση φορτίων με εξαιρετικά μεγάλη αδράνεια, όπως σε πρέσες και ψαλίδια.



Σχήμα 1.19: καμπύλες σύγχρονης ταχύτητας ως προς τη ρόπη για κάθε κλάση κατασκευής

1.8.3 Μονωτικά Υλικά Και Συστήματα Μόνωσης

Ένας συνδυασμός δύο ή περισσότερων υλικών που εφαρμόζεται σε ένα ηλεκτρικό εξοπλισμό αποτελεί το σύστημα μόνωσης του. Αυτός ο συνδυασμός σε έναν ηλεκτροκινητήρα έγκειται στο σύρμα του τυλίγματος, την μόνωση στις αυλακώσεις του στάτη, την ρητίνη και το βερνίκι εμποτισμού στη μόνωση των καλωδίων σύνδεσης και την μόνωση συγκόλλησης.

Λαμβάνοντας υπόψη, ότι ένας κινητήρας επαγωγής είναι απλά σχεδιασμένος με μια γερή κατασκευή, ο χρόνος ζωής του εξαρτάται από την ποιότητα των μονωτικών του υλικών. Η μόνωση του κινητήρα επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες όπως η υγρασία, οι δονήσεις, το διαβρωτικό περιβάλλον και κυρίως από τη θερμοκρασία λειτουργίας του.

Ο χρόνος ζωής του κινητήρα μειώνεται μέχρι και στο μισό, όταν υπόκειται σε συστηματική λειτουργία με θερμοκρασία κατά 10°C πάνω από την ονομαστική θερμοκρασία της τάξης του μονωτικού υλικού. Για να διασφαλιστεί η όσο το δυνατό μεγαλύτερη διάρκεια ζωής στον κινητήρα, συνιστάται η χρήση θερμικών αισθητηρίων για την προστασία του τυλίγματος.

Όταν αναφερόμαστε σε μείωση του χρόνου ζωής του κινητήρα, δεν αναφερόμαστε μόνο σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες που οδηγούν σε ξαφνικό κάψιμο της μόνωσης. Χρόνος ζωής της μόνωσης από άποψη θερμοκρασίας λειτουργίας κάτω από την θερμοκρασία που επηρεάζεται

το υλικό, αναφέρεται σε μόνιμη γήρανση του μονωτικού υλικού το οποίο γίνεται ξηρό και χάνει τις μονωτικές του ιδιότητες με αποτέλεσμα να μην αντέχει την εφαρμοζόμενη εαυτό τάση.

Εάν η θερμοκρασία λειτουργίας διατηρείται κάτω από το όριο της, η μόνωση του κινητήρα μπορεί να έχει μεγάλη διάρκεια ζωής. Κάθε αύξηση της τιμής της θερμοκρασίας πάνω από το επιτρεπτό όριο που ορίζεται από τον κατασκευαστή (όχι οι οριακές θερμοκρασίες που είναι για την μέγιστη θερμοκρασία που οδηγεί στο κάψιμο της μόνωσης), το προσδόκιμο ζωής της μόνωσης μειώνεται αναλογικά. Το όριο θερμοκρασίας για το οποίο είναι κατασκευασμένη να χρησιμοποιείται η μόνωση είναι πολύ μικρότερο από την τιμή εκείνη της θερμοκρασίας που θα οδηγήσει την μόνωση στο να καεί, και αυτό εξαρτάται από τον τύπο του χρησιμοποιημένου υλικού. Αυτό το όριο θερμοκρασίας αναφέρεται στο θερμότερο σημείο της μόνωσης και όχι στο σύνολο της μόνωσης. Ένα αδύνατο σημείο στη μόνωση όμως είναι αρκετό ώστε να προκαλέσει ζημία.

1.8.4 Κλάση Μόνωσης

Το όριο θερμοκρασίας εξαρτάται από τον τύπο του χρησιμοποιημένου υλικού. Προκυμμένον να συμμορφωθούν με τα πρότυπα τα μονωτικά υλικά και τα συστήματα μόνωσης ομαδοποιούνται σε κλάσης μόνωσης. Κάθε μια από τις κλάσης ορίζεται από συγκεκριμένο όριο θερμοκρασίας, δηλαδή από την υψηλότερη θερμοκρασία που το μονωτικό υλικό ή σύστημα μπορεί να αντέξει συνεχώς χωρίς να επηρεαστεί η ωφέλιμη ζωή του. Οι κλάσεις μόνωσης που χρησιμοποιούνται για ηλεκτρικές μηχανές και τα αντίστοιχα όρια θερμοκρασίας ορίζονται σύμφωνα με το πρότυπο IEC 60034-1 και έχουν ως εξής:

Πίνακας 1.5: Μέγιστες επιτρεπόμενες θερμοκρασίες για κάθε κλάση κινητήρα

ΚΛΑΣΗ Α	105°C
ΚΛΑΣΗ Ε	120°C
ΚΛΑΣΗ Β	130°C
ΚΛΑΣΗ F	155°C
ΚΛΑΣΗ Η	180°C

1.8.5 Θέρμανση Της Περιέλιξης

Η αποτελεσματική ή ωφέλιμη μηχανική ισχύς που μας δίνει ο κινητήρας στον άξονα του είναι πάντα μικρότερη από την παρεχόμενη ηλεκτρική ισχύ. Η διαφθορά μεταξύ εισόδου και εξόδου αντιστοιχεί στις απώλειες που μετατρέπονται σε θερμότητα. Αυτή η θερμότητα ζεσταίνει τις περιελίξεις του τυλίγματος. Επομένως κρίνεται αναγκαίο να αφαιρεθεί αυτή η θερμότητα ώστε να αποφευχθεί η υπερβολική αύξηση της θερμοκρασίας.

Η θερμότητα που παράγεται από τις εσωτερικές απώλειες της μηχανής απάγεται στον αέρα μέσω της εξωτερικής επιφάνειας του πλαισίου. Σε εντελώς κλειστό πλαίσιο η διάχυση της θερμότητας προς το περιβάλλον γίνεται με τη βοήθεια ανεμιστήρα που είναι συνδεδεμένος στον άξονα της μηχανής.

Η καλή απαγωγή της θερμότητας εξαρτάται από:

1) **Την αποδοτικότητα του συστήματος εξαερισμού**

Ένα καλά σχεδιασμένο σύστημα εξαερισμού το οποίο φέρει έναν αποδοτικό ανεμιστήρα ικανό να οδηγήσει ένα μεγάλο όγκο αέρα και να τον κατευθύνει σε όλη τη περιφέρεια του πλαισίου ώστε να επιτευχθεί η απαιτούμενη ανταλλαγή θερμότητας.

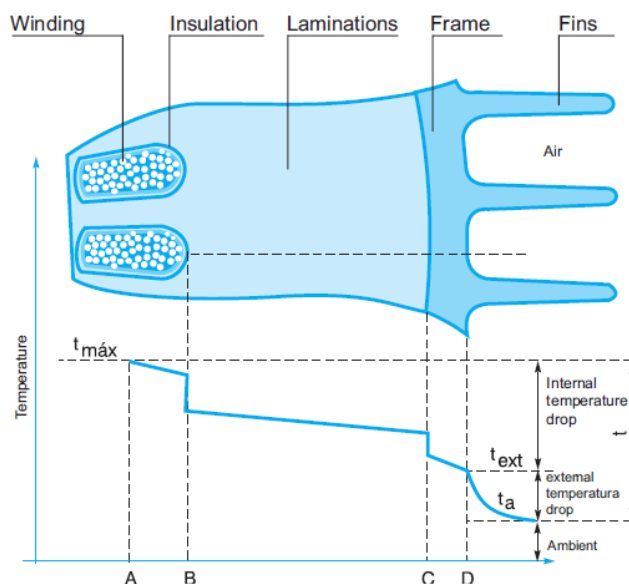
2) **Την συνολική έκταση του πλαισίου**

Η περιοχή απαγωγής θα πρέπει να είναι όσο το δυνατόν μεγαλύτερη. Ωστόσο ένας κινητήρας με πολύ μεγάλο πλαίσιο απαιτεί μια πολύ μεγάλη περιοχή ψύξης και κατά συνέπεια χρειαστεί μεγάλο χώρο για την εγκατάσταση και θα έχει μεγάλο κόστος. Για να αποκτήσει ο κινητήρας τη μεγαλύτερη δυνατή έκταση χωρίς να αυξάνεται το κόστος και ο όγκος του, το πλαίσιο είναι φτιαγμένο από πτερύγια ώστε να αυξηθεί η επιφάνεια του.

3) **Την διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ εξωτερικής επιφάνειας του πλαισίου και του ατμοσφαιρικού αέρα**

Ένα αποτελεσματικό σύστημα ψύξης είναι αυτό που είναι ικανό να διαχέει τη μεγαλύτερη δυνατή θερμότητα μέσω της μικρότερης δυνατής επιφάνειας. Ως εκ τούτου είναι απαραίτητο η εσωτερική πτώση θερμοκρασίας να ελαχιστοποιείται. Αυτό σημαίνει ότι μια καλή μεταφορά θερμότητας πρέπει να γίνεται από το εσωτερικό προς το εξωτερικό μέρος του κινητήρα.

Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται ο τρόπος απαγωγής της θερμότητας.



Σχήμα1.20: Γράφημα που περιγράφει την μεταβολή της θερμοκρασίας από το τύλιγμα μέχρι το περίβλημα του κινητήρα

Τμήμα Α: Το θερμότερο σημείο του τυλίγματος βρίσκεται στο κέντρο των αυλακώσεων, όπου δημιουργείται η θερμότητα λόγω των απωλειών.

Τμήμα ΑΒ: Η πτώση της θερμοκρασίας οφείλεται στη μεταφορά θερμότητας από το θερμότερο σημείο προς τα εξωτερικά καλώδια. Καθώς ο αέρας είναι κακός αγωγός της θερμότητας, είναι πολύ σημαντικό να αποτρέψουμε κενά ανάμεσα στις αυλακώσεις. Οι περιελίξεις του τυλίγματος πρέπει να είναι συμπαγής και τέλεια εμποτισμένες με βερνίκι.

Τμήμα Β: Η πτώση θερμοκρασίας μέσω της μόνωσης στην αυλάκωση και μέσω της επαφής του μονωτικού υλικού με τους αγωγούς και από την επαφή με τα βασικά ελάσματα. Με τη χρήση σύγχρονων υλικών, επιτυγχάνεται πολύ καλύτερη μεταφορά θερμότητας μέσω των μονωτικών υλικών.

Ο τελείως εμποτισμός βελτιώνει την επαφή στην εσωτερική πλευρά με αποτέλεσμα την εξάλειψη κενών. Η τέλεια ευθυγράμμιση των ελασμάτων βελτιώνει την επαφή με την εξωτερική πλευρά εξαλείφοντας τα στρώματα αέρα, τα οποία έχουν αρνητική επίδραση στη μεταφορά θερμότητας.

Τμήμα ΒC: πτώση της θερμοκρασίας από το σώμα του στάτη.

Τμήμα C: Πτώση της θερμοκρασίας από την επαφή μεταξύ του πυρήνα του στάτη και του ζυγώματος. Η μετάδοση της θερμότητας εξαρτάται από την τέλεια επαφή μεταξύ των τμημάτων, την καλή ευθυγράμμιση των ελασμάτων και την ακρίβεια της κατεργασίας του πλαισίου. Οι ανώμαλες επιφάνειες αφήνουν κενά με αποτέλεσμα την κακή μεταφορά θερμότητας.

Τμήμα CD: Πτώση της θερμοκρασίας από την μετάδοση μέσω του πάχους του πλαισίου.

1.8.6 Θερμική Προστασία Κινητήρων

Κινητήρες που χρησιμοποιούνται για συνεχή λειτουργία, πρέπει να προστατεύονται από υπερφορτώσεις με ολοκληρωμένα στον κινητήρα ή μια ανεξάρτητη συσκευή, συνήθως εξοπλισμένη με ένα θερμικά ρελέ, το οποίο έχει ρυθμιστεί με την ίση ή χαμηλότερη τιμή που δίνεται από το γινόμενο του ρεύματος τροφοδοσίας με ένα συντελεστή χρησιμοποίησης (ServiceFactor).

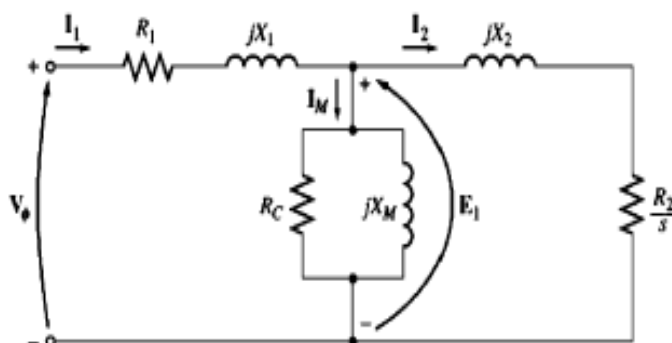
Πίνακας 1.6: τιμές ρύθμισης του θερμικού ανάλογά του συντελεστή συντήρησης

Sf	Ρύθμιση Ρεύματος
1.0-1.15	In*Sf
≥1.15	(In*Sf)-5%

Η θερμική προστασία παρέχεται με την βοήθεια θερμικών αντιστάσεων (βαθμονομημένες αντιστάσεις), θερμίστορ, θερμοστάτες ή θερμικές διατάξεις προστασίας. Τα αισθητήρια θερμοκρασίας που πρέπει να χρησιμοποιούνται, ορίζονται σύμφωνα με την κλάση των μονωτικών υλικών που χρησιμοποιούνται για κάθε τύπο μηχανήματος και με βάση τις απαιτήσεις του πελάτη.

1.9 Ισοδύναμο Κύκλωμα Ασύγχρονου Τριφασικού Κινητήρα Βραχυκυκλωμένου Δρομέα Και Προσδιορισμός Των Παραμέτρων Του

Το ισοδύναμο κύκλωμα ενός κινητήρα βραχυκυκλωμένου δρομέα, αποτελεί ένα πολύ σημαντικό εργαλείο για τον προσδιορισμό της απόκρισης του κινητήρα στις αλλαγές του φορτίου του. Για να χρησιμοποιηθεί το ισοδύναμο κύκλωμα θα πρέπει να προσδιορίσουμε τα στοιχεία του στο ισοδύναμο κύκλωμα.



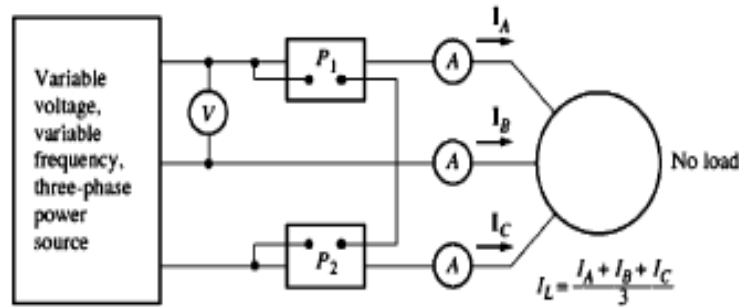
Σχήμα 1.21: ισοδύναμο κύκλωμα ανά φάση τριφασικού κινητήρα

- V_φ: φασική τάση τροφοδοσίας από το δίκτυο
- I₁: ρεύμα γραμμής ανά φάση που τραβάει ο κινητήρας
- R₁: ωμική αντίσταση τυλίγματος του στάτη
- X₁: επαγωγική αντίδραση τυλίγματος του στάτη
- I_M: ρεύμα μαγνήτισης στο πυρήνα
- R_c: ωμική αντίσταση του πυρήνα του στάτη
- X_M: επαγωγική αντίδραση πυρήνα
- E₁: επαγόμενη τάση στο δρομέα αναγομένη στη πλευρά του στάτη
- I₂: επαγόμενο ρεύμα στο δρομέα ανηγμένο στη πλευρά του στάτη
- X₂: επαγωγική αντίδραση του δρομέα αναγομένη στη πλευρά του στάτη
- R₂: ωμική αντίσταση του δρομέα αναγομένη στη πλευρά του στάτη

Τα στοιχεία αυτά μπορούμε να τα υπολογίσουμε διεξάγοντας ορισμένα πειράματα στο κινητήρα. Τα πειράματα θα πρέπει να γίνονται υπό ελεγχόμενες συνθήκες, καθώς οι τιμές των αντιστάσεων μεταβάλλονται με τη θερμοκρασία. Οι ακριβείς λεπτομέρειες για τις συνθήκες διεξαγωγής των πειραμάτων αυτών αναφέρονται στη τυποποίηση 112 της IEEE.

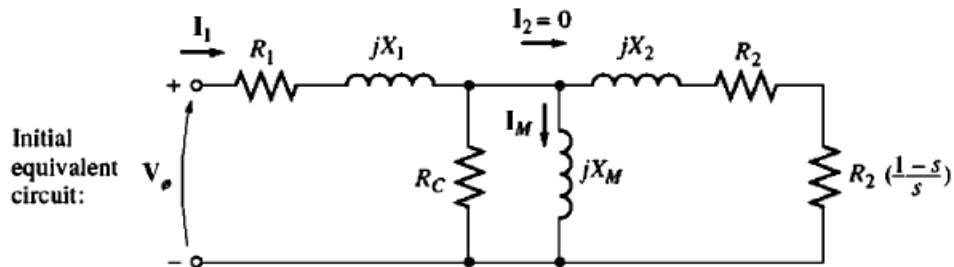
1.9.1 Δοκιμή Χωρίς Φορτίο

Στο δοκιμή χωρίς φορτίο (no-load test), υπολογίζουμε τις απώλειες περιστροφής του δρομέα και παίρνουμε πληροφορίες για το ρεύμα μαγνήτισης. Συνδέουμε στον κινητήρα σε μια τριφασική παροχή, έχοντας συνδέσει 2 βατόμετρα, ένα βολτόμετρο και τρία αμπερόμετρα όπως στο παρακάτω κύκλωμα.



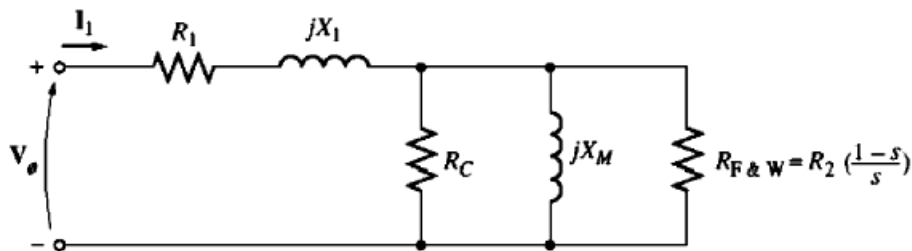
Σχήμα 1.22: συνδεσμολογία κινητήρα και των οργάνων για λήψη μετρήσεων σε δοκιμή χωρίς φορτίο

Το άθροισμά των ενδείξεων από τα βατόμετρα P1 και P2 θα μας δώσει τη συνολική ισχύ στο κύκλωμα μας, που είναι οι απώλειες τριβής και ανιμισμού στον άξονα της μηχανής.



Σχήμα 1.23: αρχικό ισοδύναμο κύκλωμα

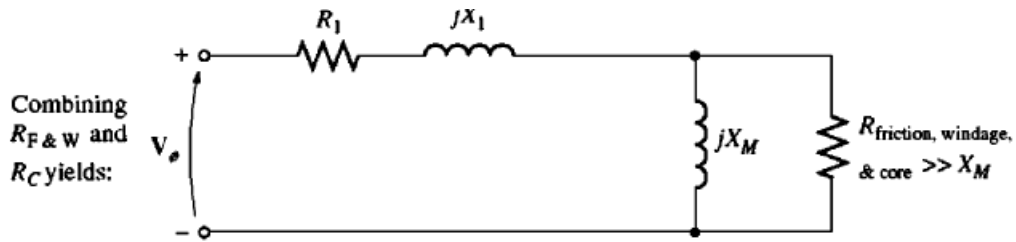
Επειδή η τιμή της ολίσθησης είναι πολύ μικρή, ο λόγος $R_2 \frac{1-s}{s}$ είναι πολύ μεγαλύτερος από την R_2 και τη X_2 , οπότε με ένα μικρό σφάλμα μπορούμε να τις παραλείψουμε.



Σχήμα 1.24: κύκλωμα μετά την παράλειψη των R_2 , X_2

Με βάση το παραπάνω κύκλωμα, παρατηρούμε ότι η ισχύς των μηχανικών απωλειών είναι ίση με την ισχύ που θα καταναλωθεί στην $R_2 \frac{1-s}{s}$ και θεωρούμε $R_2 \frac{1-s}{s} = R_{f \& w}$.

Επίσης παρατηρούμε ότι η αντίσταση στον πυρήνα της μηχανής R_C είναι πολύ μεγαλύτερη της X_M με αποτέλεσμα να τη παραλείψουμε καθώς θα θεωρηθεί σαν ανοικτό κύκλωμα



Σχήμα 1.25: τελικό ισοδύναμο κύκλωμα για δοκιμή χωρίς φορτίο

Με βάση αυτά μπορούμε να υπολογίσουμε τις απώλειες χαλκού στο στάτη που ισούνται με : $P_{scl} = 3 * I_1^2 * R_1$

Οπού P_{scl} : stator copper loses

Και η συνολική ισχύς εισόδου είναι: $P_1 = P_{scl} + P_{rot}$

Οπού $P_{rot} = P_{core} + P_{w\&f} + P_{misc}$

Επειδή η $R_1 \ll j(X_1 + X_M)$ θα έχουμε

$$|Z_{eq}| = \frac{V_\phi}{I_1} \approx X_1 + X_M$$

Υπολογίζοντας την X_1 θα έχουμε τη δυνατότητα να υπολογίσουμε και την X_M

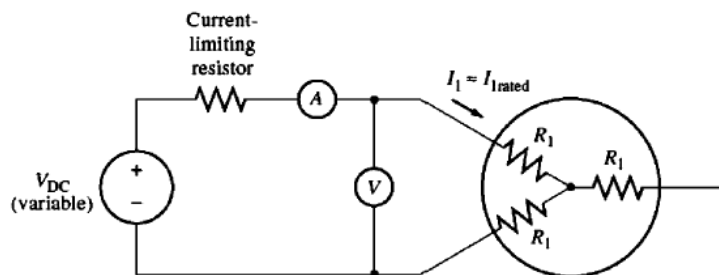
1.9.2 Δοκιμή Με Τροφοδοσία Συνεχούς Ρεύματος

Συνδέοντας μια πηγή συνεχούς τάσης στα δύο από τα τρία άκρα του στάτη και έχοντας συνδεσμολογία αστέρα στα άλλα τρία άκρα του τυλίγματος, μπορούμε να μετρήσουμε την ωμική αντίσταση του στάτη.

Το σύνολο των αντιστάσεων που διαρρέονται από το ΣΡ θα είναι ίσο με $2 * R_1$, έτσι θα έχουμε:

$$2R_1 = \frac{V_{dc}}{I_{dc}} \rightarrow R_1 = \frac{V_{dc}}{2I_{dc}}$$

Με τη R_1 γνωστή, μπορούμε να προσδιορίσουμε τις απώλειες χαλκού στο στάτη ενώ οι απώλειες είναι η διαφορά της ισχύος εισόδου με τις απώλειες του στάτη. Η τιμή της R_1 που υπολογίσαμε με τον παραπάνω τρόπο δεν είναι απολύτως ακριβείς καθώς δεν λαμβάνουμε υπόψη το επιδερμικό φαινόμενο που παρουσιάζεται όταν στο τύλιγμα εφαρμόζεται εναλλασσόμενη τάση.



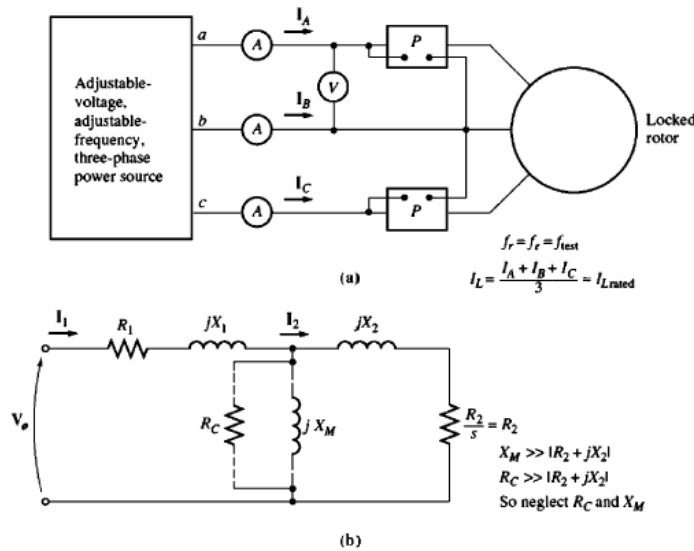
Σχήμα 1.26: κύκλωμα δοκιμής με Συνεχής Τάση στο τύλιγμα στο στάτη

1.9.3 Δοκιμή Ακίνητοποιημένου Δρομέα

Το τρίτο πείραμα που εφαρμόζεται σε ένα τριφασικό επαγωγικό κινητήρα με σκοπό τον προσδιορισμό των παραμέτρων του κυκλώματος ονομάζεται πείραμα ακίνητοποιημένου δρομέα και αντιστοιχεί στο πείραμα βραχυκύκλωσης στο δευτερεύον τύλιγμα ενός μετασχηματιστή.

Κατά τη διάρκεια του πειράματος ο δρομέας ακινητοποιείται (πχ με μια πέδη) ώστε να μη μπορεί να περιστραφεί. Και εφαρμόζουμε μια τάση στο τύλιγμα του κινητήρα ώστε να έχουμε ρεύμα με τιμή ίση με το ονομαστικό του ρεύμα υπό πλήρες φορτίο και μετράμε τη τάση, το ρεύμα και την ισχύ. Κατά την δοκιμή ακίνητοποιημένου δρομέα η ολίσθηση έχει τιμή μονάδα και ο λόγος $\frac{R_2}{s}$ θα έχει τιμή R_2 , η οποία είναι αρκετά μικρή όπως και η X_2 σε σύγκριση με τον παράλληλο κλάδο X_M τον οποίο μπορούμε και να τον παραλείψουμε.

Έτσι το ισοδύναμο κύκλωμα θα πάρει την εξής μορφή:



Σχήμα 1.27: πειραματικό κύκλωμα συνδεσμολογίας ακινητοποιημένου δρομέα και ισοδύναμο κύκλωμα με την θεώρηση ως ανοικτού κυκλώματος τον παράλληλο κλάδο

Στη κανονική λειτουργία ο δρομέας έχει συχνότητα από 1 έως 3Hz. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα η συχνότητα του δικτύου ισχύος να μην αντιπροσωπεύει τις κανονικές συνθήκες λειτουργίας του δρομέα καθώς η συχνότητα του δρομέα είναι ανάλογη της ολίσθησης, και αφού η ολίσθηση κατά την δοκιμή ακίνητοποιημένου δρομέα ισούται με 1 η συχνότητα στο δρομέα θα είναι ίση με αυτή του δικτύου.

Εξαιτίας αυτών των προβλημάτων, όταν γίνονται δοκιμές θα πρέπει να εφαρμόζονται αυστηρά πρότυπα. Ο τυπικός συμβιβασμός για τη πραγματοποίηση των δοκιμών είναι η εφαρμογή μιας συχνότητας μικρότερης της ονομαστική κατά 25%. Με την οριστικοποίηση της συχνότητας που θα χρειαστούμε για το πείραμα, θα πρέπει να ρυθμίσουμε το ρεύμα στην ονομαστική του τιμή και πάρουμε τις τιμές μας.

Η ισχύς εισόδου στο κινητήρα δίνεται από τη σχέση:

$$P = \sqrt{3} * V_T * I_L \cos \theta$$

ο συντελεστής ισχύος (powerfactor) στον ακινητοποιημένο δρομέα είναι ίσο με:

$$\cos \theta = \frac{P}{\sqrt{3} * V_T * I_L}$$

Το σύνολο της αντίστασης στον ακινητοποιημένο δρομέα θα είναι ίσο με:

$$\mathbf{Z}_{LR} = \frac{V_\phi}{I_L} = R_{LR} + jX'_{LR}$$

Οπού $R_{LR} = R_1 + R_2$ και $X'_{LR} = X'_1 + X'_2$ όπου X'_1 και X'_2 είναι οι επαγωγικές αντιδράσεις στη συχνότητα του πειράματος.

Με βάση τα παραπάνω μπορούμε να υπολογίσουμε την R_2 .

$$R_2 = R_{LR} - R_1$$

Και τις X_1 και X_2 βάση την παρακάτω εξίσωση

$$X_{LR} = \frac{f_{\text{νομ}}}{f_{\text{δοκ}}} * X'_{LR} = X_1 + X_2$$

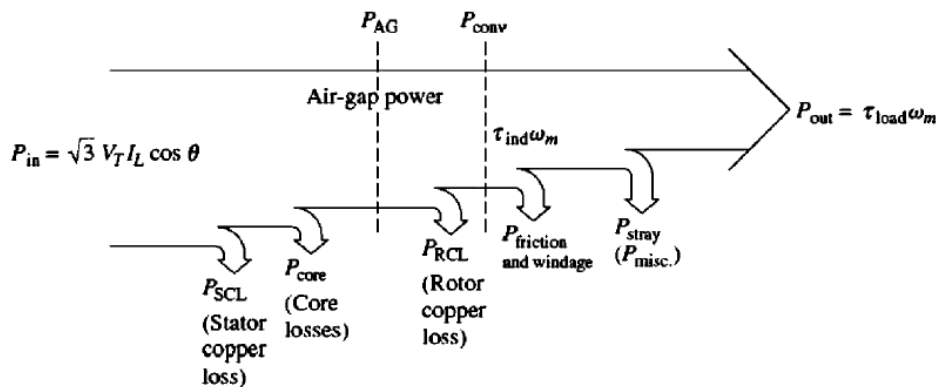
Τις επαγωγικές αντιδράσεις μπορούμε να τις υπολογίσουμε προσεγγιστικά με βάση τον παρακάτω πίνακα.

Rotor Design	X_1 and X_2 as functions of X_{LR}	
	X_1	X_2
Wound rotor	$0.5 X_{LR}$	$0.5 X_{LR}$
Design A	$0.5 X_{LR}$	$0.5 X_{LR}$
Design B	$0.4 X_{LR}$	$0.6 X_{LR}$
Design C	$0.3 X_{LR}$	$0.7 X_{LR}$
Design D	$0.5 X_{LR}$	$0.5 X_{LR}$

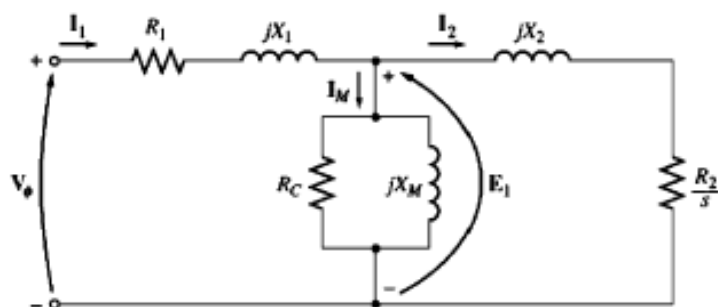
Σχήμα 1.28: εμπειρικοί συντελεστές υπολογισμού των επαγωγικών αντιδράσεων για τις κατασκευαστικές κλάσεις των επαγωγικών κινητήρων και κινητήρων τυλιγμένου δρομέα

1.10 Ισχύς Και Βαθμός Απόδοσης Ασύγχρονου Τριφασικού Κινητήρα

Η σχέση ανάμεσα στην ηλεκτρική ισχύ εισόδου ενός επαγωγικού κινητήρα και στη ωφέλιμη μηχανική ισχύ στον άξονα του παρουσιάζεται στο διάγραμμα ροής ισχύος στο παρακάτω σχήμα.



Σχήμα 1.29: διάγραμμα ροής ισχύος ενός επαγωγικού κινητήρα



Σχήμα 1.30: ισοδύναμο κύκλωμα ανά φάση τριφασικού κινητήρα

Το πρώτο είδος απωλειών P_{SCL} , περιγράφουν τις ηλεκτρικές απώλειες χαλκού στο τυλίγμα του στάτη και υπολογίζονται με τη σχέση:

$$P_{SCL} = 3 * I_1^2 * R_1$$

Το δεύτερο είδος των απωλειών είναι οι απώλειες στο πυρήνα που χάνονται στην υστέρηση και στις απώλειες εξαιτίας των δινορρευσμάτων και δίνονται από τη σχέση:

$$P_{core} = 3 * E_1^2 * G_{core}$$

Οι ισχύς διακένου P_{AG} είναι η επαγόμενη ηλεκτρική ισχύς που μεταφέρεται στο δρομέα μέσω του διακένου τυλίγματος και δρομέα και δίνεται από τη σχέση:

$$P_{AG} = 3 * I_2^2 * \frac{R_2}{s}$$

Το επόμενο κομμάτι απωλειών είναι οι ηλεκτρικές απώλειες στο δρομέα και υπολογίζονται από τη σχέση:

$$P_{RCL} = 3 * I_2^2 * R_2$$

Το κομμάτι που μετατρέπεται σε μηχανική ισχύς είναι η P_{conv} και είναι η μηχανική ισχύς που δημιουργείται στο δρομέα και δίνεται από τη σχέση:

$$P_{CONV} = P_{AG} - P_{RCL} = 3 * I_2^2 * \frac{R_2}{s} - 3 * I_2^2 * R_2 = 3 * I_2^2 * R_2 * \left(\frac{1-s}{s} \right)$$

Οι απώλειες τριβής και ανιμισμού είναι οι απώλειες στα έδρανα των ρουλεμάν και από τη φτερωτή. Και συμβολίζονται ως $P_{w\&f}$.

Επόμενες απώλειες είναι οι κατανεμημένες απώλειες P_{misc} .

Η τελική ισχύς που μεταφέρεται ως ωφέλιμη στον δρομέα είναι η P_{out} και ισούται με γινόμενο της ροπής του φορτίου με γωνιακή ταχύτητα περιστροφής του άξονα του κινητήρα:

$$P_{out} = T_{load} * \omega_m$$

Και ο τελικός βαθμός απόδοσης θα είναι:

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} = \frac{T_{load} * \omega_m}{\sqrt{3} * V_{line} * I_{line} \cos \varphi}$$

1.11 Επαγόμενη Ροπή, Ροπή Ανατροπής Και Ροπή Εκκίνησης

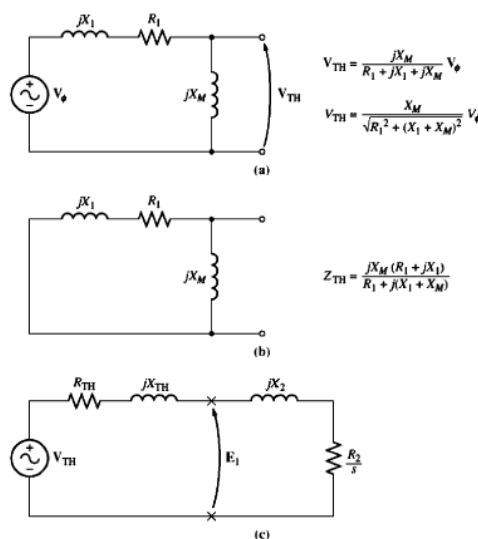
Η επαγόμενη ροπή στο εσωτερικό της μηχανής T_{ind} είναι αυτή που παράγεται από τη μετατροπή της ηλεκτρικής ενέργειας σε μηχανική και δίνεται από τη σχέση:

$$T_{ind} = \frac{P_{conv}}{\omega_m}$$

Την επαγόμενη ροπή μπορούμε να τη βρούμε και από τη σχέση

$$T_{ind} = \frac{P_{AG}}{\omega_s}$$

Ο πιο απλός τρόπος για την εξαγωγή του ρεύματος I_2 , αλλά των σχέσεων για την μέγιστη ροπή και την ροπή εκκίνησης του κινητήρα είναι με τη διαμόρφωση του ισοδύναμου κυκλώματος του, ώστε να έχουμε όλα τα στοιχεία της μηχανής σε σειρά και να έχουμε πιο απλές εξισώσεις.



Σχήμα 1.31: Διαμόρφωση του ισοδύναμου κυκλώματος με μια ισοδύναμη πηγή και σύνθετη αντίσταση στο στάτη. Στο κύκλωμα α έχουμε το τρόπο υπολογισμού της νέας πηγής κατά Θέβενιν, στο β τον υπολογισμό της νέας σύνθετης αντίστασης κατά Θέβενιν, και στο γ το τελικό ισοδύναμο κύκλωμα.

Με βάση αυτό το κύκλωμα είναι πιο απλή η εύρεση του ρεύματος στο τύλιγμα δρομέα αλλά και ο υπολογισμός των λοιπών μεγεθών.

$$I_2 = \frac{V_{TH}}{\sqrt{\left(R_{TH} + \frac{R_2}{s}\right)^2 + (X_{TH} + X_2)^2}}$$

Και

$$P_{AG} = 3 * I_2^2 * \frac{R_2}{s} = \frac{3V_{TH}^2 * \frac{R_2}{s}}{\left(R_{TH} + \frac{R_2}{s}\right)^2 + (X_{TH} + X_2)^2}$$

$$T_{ind} = \frac{P_{AG}}{\omega_s} = \frac{3 * V_{TH}^2 \frac{R_2}{s}}{\omega_s * \left[\left(R_{TH} + \frac{R_2}{s}\right)^2 + (X_{TH} + X_2)^2\right]}$$

Η μέγιστη ροπή ενός επαγωγικού κινητήρα συμβαίνει όταν η ισχύς που θα καταναλωθεί στο κομμάτι R_2/s θα είναι η μέγιστη δυνατή. Για να έχουμε τη μέγιστη δυνατή ισχύ στο R_2/s θα πρέπει το μέτρο του λόγου αυτού να είναι ίσο με του υπόλοιπου κυκλώματος με βάση το θεώρημα της μέγιστης μεταφοράς ισχύος. Επειδή το μοναδικό μεταβλητό μέγεθος είναι η ολίσθηση, η τιμή στην οποία θα έχουμε τη μέγιστη ροπή είναι αυτή που θα έχουμε και τη μέγιστη τιμή της ολίσθησης. Η τιμή της μέγιστης ολίσθησης δίνεται από τη σχέση:

$$s_{max} = \frac{R_2}{\sqrt{R_{th}^2 + (X_{th} + X_2)^2}}$$

Και αντίστοιχα η μέγιστη ροπή θα είναι:

$$T_{max} = \frac{3 * V_{TH}^2}{2 * \omega_s * \left[R_{TH} + \sqrt{R_{th}^2 + (X_{th} + X_2)^2}\right]}$$

επίσης κατά την εκκίνηση που η τιμή της ολίσθησης είναι μονάδα θα

έχουμε:

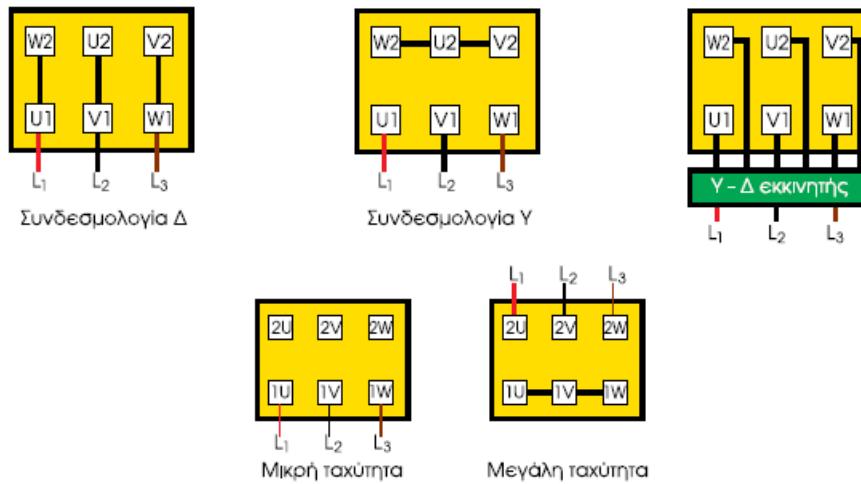
$$T_{εκκ} = \frac{3 * V_{TH}^2 * R_2}{\omega_s * [(R_{TH} + R_2)^2 + (X_{TH} + X_2)^2]}$$

1.12 Ακροδέκτες Και Συνδεσμολογίες

Η σύγχρονη τυποποίηση για τους ακροδέκτες των τυλιγμάτων είναι U_1-U_2 , V_1-V_2 , W_1-W_2 , και τα συνηθέστερα κιβώτια ακροδεκτών είναι :

- ΑΤΚ μιας ταχύτητας
- ΑΤΚ δύο ταχυτήτων

Στο κιβώτιο των ακροδεκτών υπάρχει συνήθως ακροδέκτης γείωσης, αν και τις περισσότερες φορές η γείωση είναι απευθείας στο κέλυφος της μηχανής. Οι συνδεσμολογίες που χρησιμοποιούνται ανάλογα με την τάση που αντέχουν τα τυλίγματα στα άκρα τους και μπορεί να είναι σε αστέρα ή σε τρίγωνο.



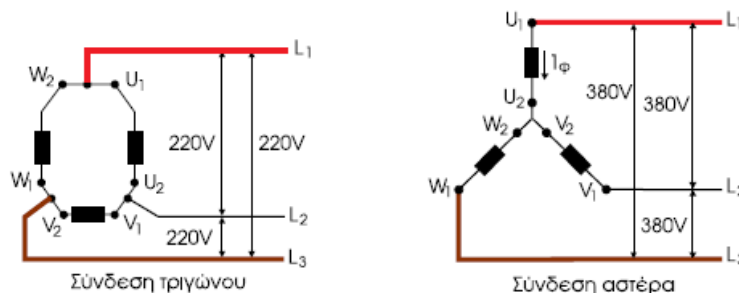
Σχήμα1.21: Συνδεσμολογίες τριφασικών κινητήρων

1.13 Τάση Λειτουργίας

Τα πηνία των τριών τυλιγμάτων του κινητήρα ανάλογα με τη διατομή τους μπορούν να εργαστούν σε μια καθορισμένη απ' τον κατασκευαστή τάση. Αυτή υποχρεωτικά αναγράφεται στη πινακίδα της μηχανής.

Σύμφωνα με τους διεθνείς κανονισμούς της IEC, η επιτρεπόμενη διακύμανση στη τάση τροφοδοσίας είναι μέχρι $\pm 5\%$ της ονομαστικής.

Για παράδειγμα αν σε κινητήρα με αναγραφόμενη τάση λειτουργίας στη πινακίδα του $220/380V$, θα έπρεπε να το συνδέσουμε σε Y, καθώς η τάση γραμμής στο δίκτυο της ΔΕΗ είναι $400V$, και η συνδεσμολογία Δ αντέχει $220V$. Για να έχουμε συνδεσμολογία Δ ή με διακόπτη Y/Δ η πινακίδα θα έπρεπε να γράφει $380/660V$.



Σχήμα 1.22: Τάσεις Λειτουργίας Τριφασικών κινητήρων

1.14 Εκκίνηση Ασύγχρονου Τριφασικού Κινητήρα

Οι ΑΤΚΒΔ μπορούν να συνδεθούν απευθείας στο δίκτυο με ένα απλό μηχανισμό.

Κατά την εκκίνηση όμως απορροφάνε ρεύμα μέχρι 8 φορές το ονομαστικό του και να προκαλέσει στιγμιαία πτώση τάσης στο δίκτυο, η οποία θα έχει επιπτώσεις και σε άλλες καταναλώσεις. Αυτή η πτώση τάσης που λέγεται και βύθιση τάσης, δημιουργεί ιδιαίτερα προβλήματα σε κινητήρες, ηλεκτρικά μηχανήματα.

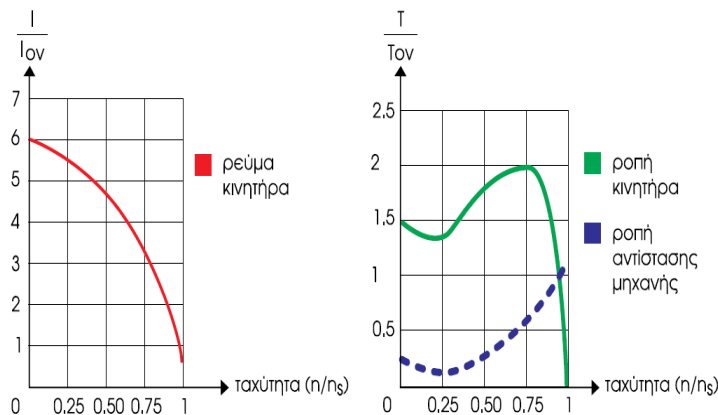
Για να περιορίσουμε το μεγάλο ρεύμα εκκίνησης χρησιμοποιούνται διάφορες διατάξεις για την ασφαλή εκκίνηση της μηχανής.

1.14.1 Απευθείας Εκκίνηση

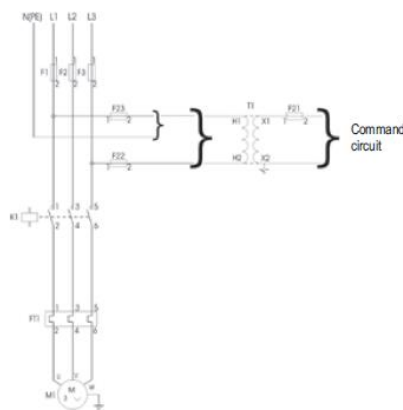
Ο κινητήρας συνδέεται στο δίκτυο μέσω τριπολικό διακόπτη φορτίου. Η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται σε κινητήρες μικρής ισχύος μέχρι 1,5 HP.

Χαρακτηριστικά λειτουργίας :

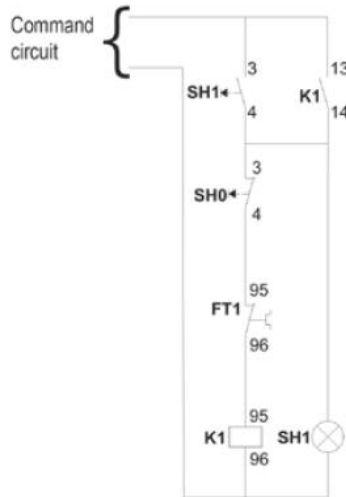
- Ρεύμα εκκίνησης $\approx 6 * I_{ov}$
- Ροπή εκκίνησης $\approx 1,5 * T_{ov}$
- Απλός εξοπλισμός
- Αδυναμία ρύθμισης



Σχήμα 1.23: Καμπύλες ρεύματος και ροπής ως προς την ταχύτητα του κινητήρα



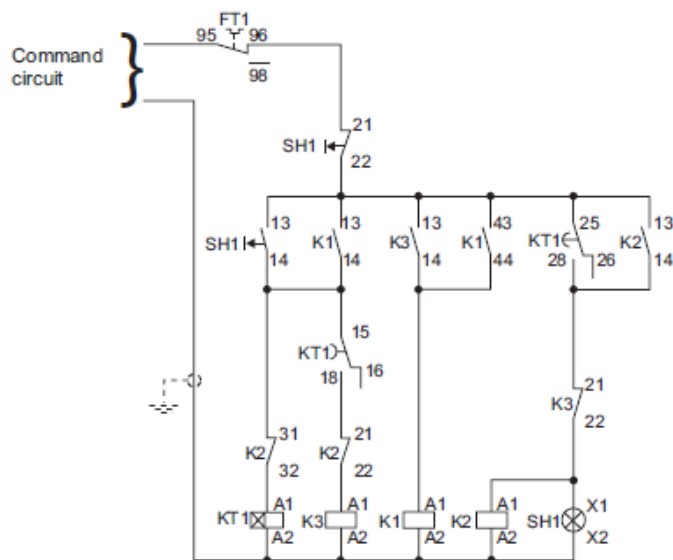
Σχήμα 1.24: Κύκλωμα ισχύος για απευθείας σύνδεση κινητήρα στο δίκτυο



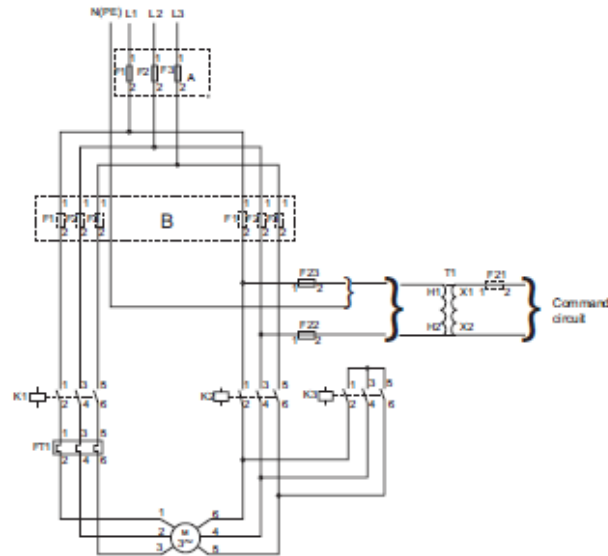
Σχήμα 1.25: Βοηθητικό κύκλωμα αυτοματισμού για απευθείας εκκίνηση

1.14.2 Εκκίνηση με διακόπτη Υ/Δ

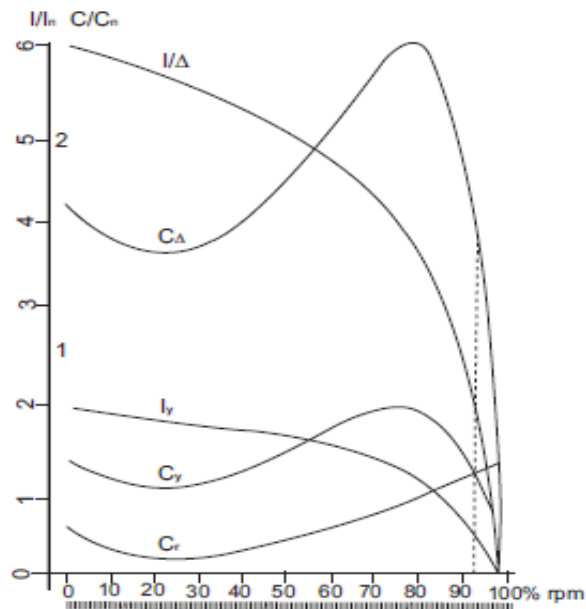
Όταν εφαρμόζουμε εκκίνηση με διακόπτη Υ/Δ θα πρέπει να ελέγξουμε να τα τυλίγματα είναι ικανά να αντέξουν στη διπλή τάση, π.χ. στην Ελλάδα που έχουμε 400 V πολική τάση το τυλίγμα του κινητήρα θα πρέπει να αντέχει αυτή τη τάση και στη πινακίδα θα πρέπει να αναγράφει 400/600 V. Η μέθοδος αυτή θα μπορεί να χρησιμοποιηθεί εφόσον η ροπή στην κατά Υ εκκίνηση να ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις του φορτίου. Στην συνδεσμολογία Υ το ρεύμα εκκίνησης είναι μέχρι 3 φορές μικρότερο από το ρεύμα σε συνδεσμολογία Δ.



Σχήμα 1.26: Κύκλωμα αυτοματισμού για εκκίνηση με αυτόματο διακόπτη Υ/Δ



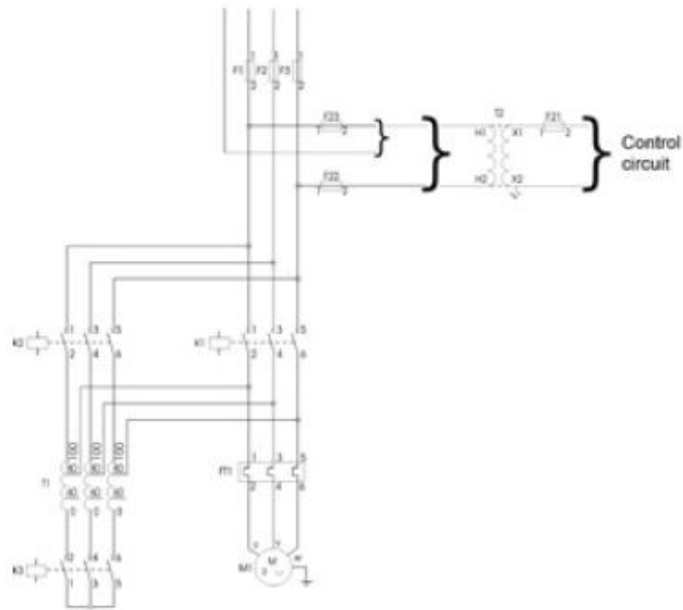
Σχήμα 1.27: κύκλωμα ισχύος για εκκίνηση με αυτόματο διακόπτη Υ/Δ



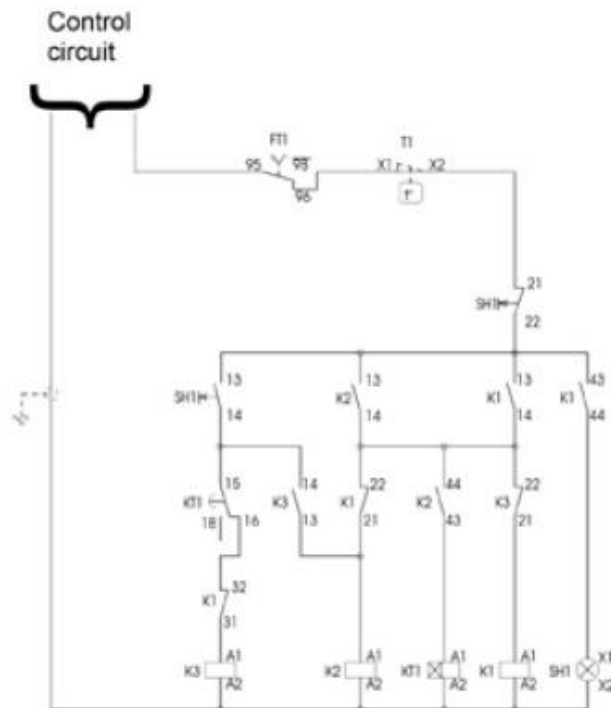
Σχήμα 1.28: Καμπύλες ρεύματος και ροπής ως προς την ταχύτητα για εκκίνηση Υ και Δ

1.14.3 Εκκίνηση Με αυτομετασχηματιστή

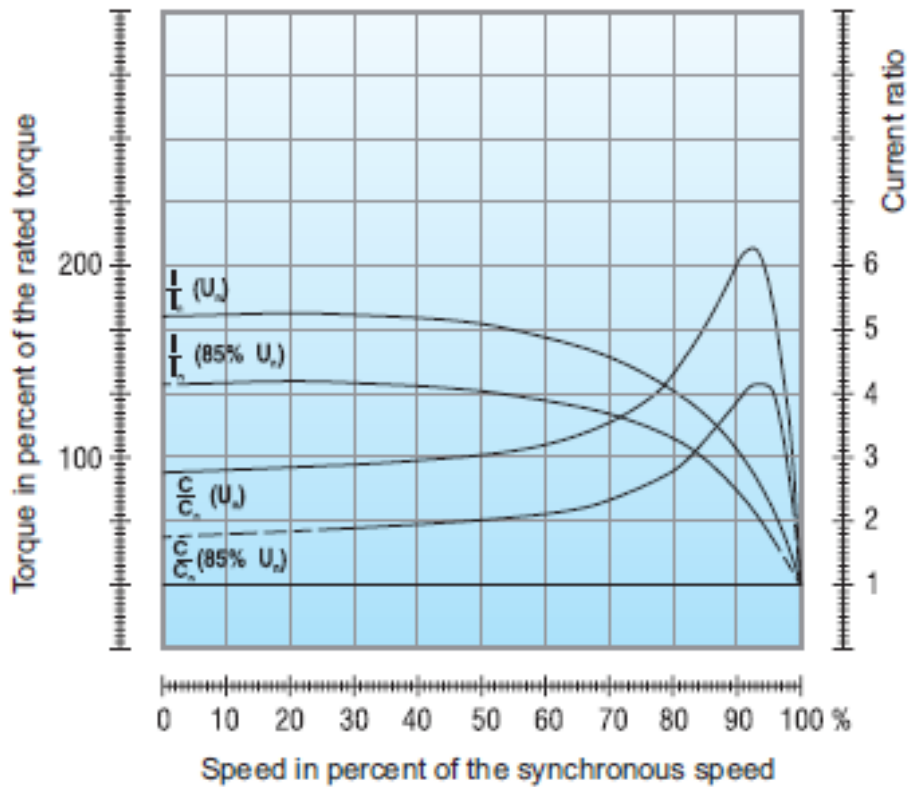
Η εκκίνηση με ΑΜ/Σ, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για εκκίνηση του κινητήρα υπό φορτίο. Ο ΑΜ/Σ μειώνει το ρεύμα εκκίνησης, προστατεύοντας τον από υπερφόρτωση στο κύκλωμα. Επιπλέον, εξασφαλίζεται ο κινητήρας θα έχει αρκετή ροπή ώστε να εκκινήσει και να επιταχύνει το φορτίο. Ο ΑΜ/Σ αυξάνει προοδευτικά την τάση από 50-65-80% , και αφού αναπτύξει στροφές κοντά στις ονομαστικές, τίθεται εκτός μέσω μεταγωγικού διακόπτη ή μέσω ρελέ.



Σχήμα 1.29: κύκλωμα ισχύος για εκκίνηση κινητήρα με AM/Σ



Σχήμα 1.30: Κύκλωμα αυτοματισμού για εκκίνηση με AM/Σ



Σχήμα 1.31: Καμπύλες ροπής και ρεύματος ως προς τη ταχύτητα περιστροφής στο 85% και στο 100% της ονομαστικής τάσης τροφοδοσίας

Για εκκίνηση του κινητήρα με τάση μικρότερη από την ονομαστική, το ρεύμα εκκίνησης και η ροπή εκκίνησης, πολλαπλασιάζονται με ένα συντελεστή K_1 και K_2 αντίστοιχα, οι οποίοι συντελεστές υπολογίζονται γραφικά από το παρακάτω σχήμα.

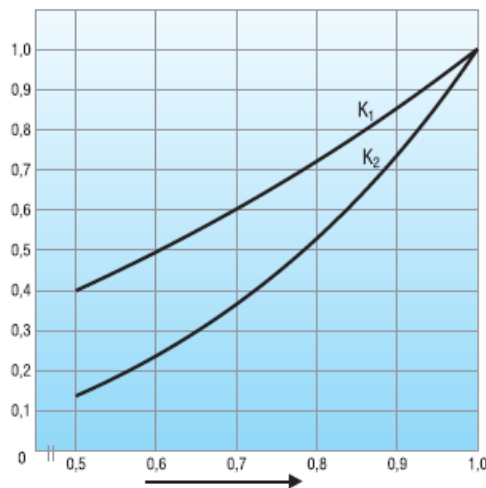


Figure 3.15 - K_1 and K_2 reduction factors as function of the motor and power supply U_m/U_n ratios

Σχήμα 1.32: συντελεστές K_1 και K_2 σε συνάρτηση με του λόγου εφαρμοσμένης τάσης προς την ονομαστική

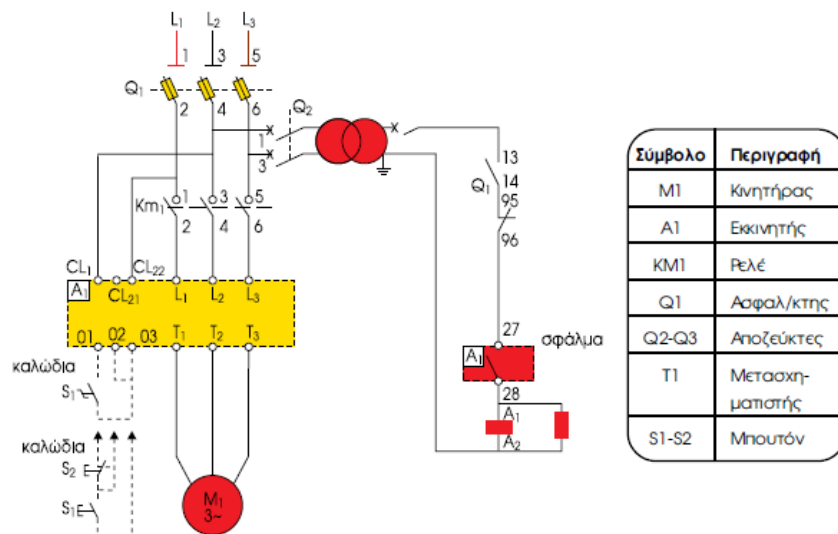
1.14.4 Εκκίνηση Με Ηλεκτρονικό Εκκινητή

Ο ηλεκτρονικός εκ κινήτης είναι συνήθως ένας τριφασικός μετατροπέας AC/AC, ή αλλιώς Triac σταθερής συχνότητας, όπου με το κατάλληλο κύκλωμα ελέγχου έχουμε τη δυνατότητα να μεταβάλουμε τη τάση τροφοδοσίας του.

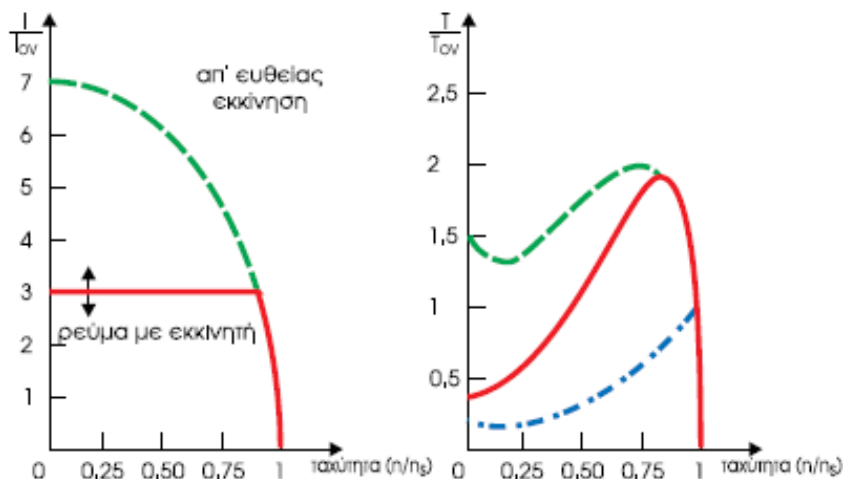
Με τη συγκεκριμένη μέθοδο, έχουμε τη δυνατότητα συνεχούς και βαθμιαίας αύξησης της τάσης τροφοδοσίας του κινητήρα.

Με την ολοκλήρωση της διαδικασίας της εκκίνησης και αφού ο κινητήρας αναπτύξει τις ονομαστικές του στροφές, τα διακοπτικά στοιχεία του εκκινητή τίθενται εκτός μέσω ρελέ και ο κινητήρας τάση απευθείας από το δίκτυο.

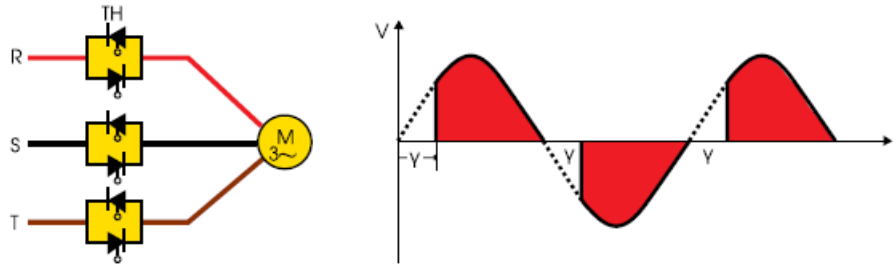
Επιπλέον με τους συγκεκριμένους εκκινητές, μας δίνεται η δυνατότητα σε περίπτωση διακοπής της τάσης του δικτύου, η τάση στην είσοδο του κινητήρα να μειώνεται προοδευτικά.



Σχήμα 1.33: κύκλωμα εκκίνησης με ηλεκτρονικό εκκινητή, με το κύκλωμα αυτοματισμού και τη θερμική του προστασία



Σχήμα 1.34: Καμπύλες ρεύματος και ροπής ως προς τη ταχύτητα



Σχήμα 1.35: κυματομορφή της τάσης ως προς τον χρόνο

1.15 Ρύθμιση Στροφών Ασύγχρονου Τριφασικού Κινητήρα

Ο ΑΤΚΒΔ πριν την ανάπτυξη των ηλεκ.συστημάτων οδήγησης θεωρούνταν σαν μια μηχανή σταθερής ταχύτητας. Η πτώση των στροφών απ' την λειτουργία εν κενό στη λειτουργία με πλήρες φορτίο έφτανε το 5%.

$$\text{Έχοντας } n = \frac{60 \cdot f}{p} * (1 - s)$$

Παρατηρούμε ότι για να μεταβληθεί η ταχύτητα του μοτέρ θα πρέπει να αλλάξει η συχνότητα ή το πλήθος των πόλων καθώς η ολίσθηση επηρεάζεται απ' το φορτίο.

1.15.1 Ρύθμιση Στροφών Με Αλλαγή Πλήθους Πόλων

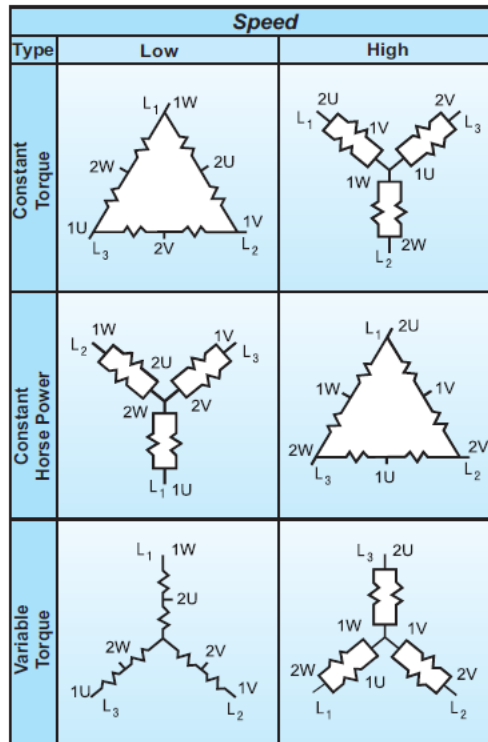
Η ταχύτητα του κινητήρα είναι αντιστρόφως ανάλογη του πλήθους των μαγνητικών πόλων. Για την αλλαγή του πλήθους πόλων υπάρχουν 3 βασικοί μέθοδοι.

- a) Μέθοδος διαδοχικών πόλων
- b) Πολλαπλά τυλίγματα στο στάτη
- c) Διαμόρφωση του πλάτους των πόλων

a) Η μέθοδος διαδοχικών πόλων βασίζεται στη δυνατότητα διπλασιασμού κάθε φορά των πόλων με απλές αλλαγές στη συνδεσμολογία των πηνίων διέγερσης.

b) Η μέθοδος πολλαπλών τυλιγμάτων ή μέθοδος Dahlander καλύπτει μειονέκτημα της προηγούμενης μεθόδου, που είναι το ότι έχουμε μόνο 2 ταχύτητες με λόγο 2:1. Το μειονέκτημα αυτό ξεπερνιέται με την δημιουργία στάτη πολλαπλών τυλιγμάτων. Η παρεμβολή του ενός ή του άλλου τυλιγματος μπορεί να μας δίνει διαφορετική ταχύτητα. Πρακτικά ο στάτης δεν μπορεί να περιλάβει πολλές περιελίξεις γιατί αυξάνεται πολύ το κόστος.

c) Η μέθοδος της διαμόρφωσης πλάτους πόλου είναι ένας τρόπος αλλαγής του πλήθους των πόλων στο στάτη με λόγο διαφορετικό από 2:1, που επιτυγχάνεται με την μεταβολή των συνδέσεων στα 6 άκρα του στάτη. Το κόστος του στάτη είναι μικρότερο από τον αντίστοιχο τις μεθόδου πολλαπλών τυλιγμάτων.



Σχήμα 1.36: Συνδεσμολογίες Dahlander

1.15.2 Ρύθμιση Στροφών Με Μεταβολή Της Συχνότητας Τροφοδοσίας Και Σταθερή Τάση Δικτύου

Όταν η συχνότητα που εφαρμόζεται στο στάτη ενός επαγωγικού κινητήρα μεταβάλλεται, τότε επηρεάζεται και η σύγχρονη ταχύτητα n_s περιστροφής του με βάση τη σχέση.

$$n_s = \frac{60f}{p}$$

Η σύγχρονη ταχύτητα του κινητήρα, όταν αυτός βρίσκεται στις ονομαστικές συνθήκες λειτουργίας του, είναι γνωστή ως βασική ταχύτητα (basespeed). Με την μεταβολή της συχνότητας, η ταχύτητα του κινητήρα είναι δυνατό να ρυθμιστεί σε τιμές πάνω και κάτω από τη βασική του ταχύτητα.

Όταν ο κινητήρας βρίσκεται σε ταχύτητες μικρότερες από τη βασική του, θα πρέπει για λόγους ασφαλούς λειτουργίας να περιορίζουμε τη τάση τροφοδοσίας του στο στάτη της μηχανής.

Η τάση τροφοδοσίας στο στάτη της μηχανής, θα πρέπει να μειώνεται γραμμικά με τη μείωση της συχνότητας. Η διαδικασία αυτή ονομάζεται υποβιβασμός της τάσης (derating). Αν δεν ακολουθηθεί αυτή η διαδικασία, ο κάλυβας του στάτη οδηγείται σε κορεσμό και το ρεύμα μαγνήτισης μπορεί να πάρει μεγάλες τιμές.

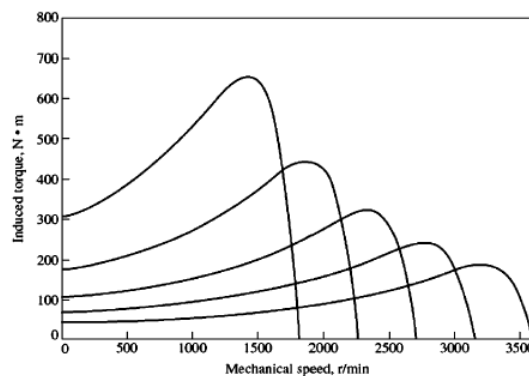
Για να γίνει κατανοητή η ανάγκη για υποβιβασμό της τάσης τροφοδοσίας θα θεωρήσουμε τον κινητήρα ως ένα Μ/Σ, και όπως κάθε Μ/Σ η μαγνητική ροή υπολογίζεται από τον νόμο του Φαραντέι.

$$v(t) = -N \frac{d\Phi}{dt}$$

$$\varphi(t) = \frac{1}{N_p} \int V_m \sin(\omega t) dt$$

$$\varphi(t) = -\frac{V_m}{\omega N_p} \cos(\omega t)$$

Έχοντας την συχνότητα στον παρονομαστή ($\omega = 2\pi f$), μια μείωση της συχνότητας με στάθερη την τάση, θα μας δώσει μια ανάλογη αύξηση στη τιμή της μαγνητικής ροής κινητήρα. Η αύξηση της μαγνητικής ροής μας οδηγεί σε αύξηση του ρεύματος μαγνήτισης στον πυρήνα στη μηχανής. Στην ακόρεστη περιοχή της καμπύλης λειτουργίας της μηχανής, η αύξηση της τιμής της μαγνητικής ροής είναι ανάλογη του ρεύματος μαγνήτισης. Στη κορεσμένη περιοχή όμως που έχουμε και το σημείο λειτουργίας της μηχανής, μια αύξηση της τάξης του 10% στην μαγνητική ροή θα μας δώσει πολύ μεγαλύτερες τιμές στο ρεύμα μαγνήτισης.



Σχήμα 1.37: Οικογένεια καμπύλων ροπής-ταχύτητας με μεταβολή της συχνότητας έχοντας τη τάση τροφοδοσίας σταθερή

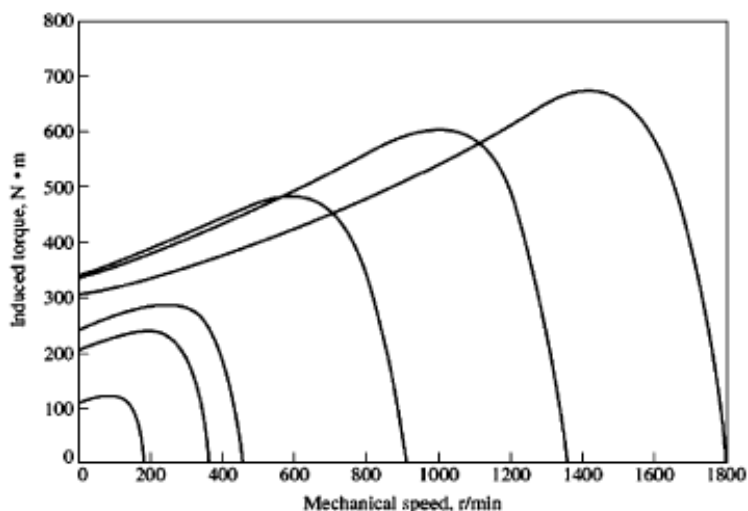
1.15.3 Ρύθμιση Στροφών Με Μεταβολή Της Συχνότητας Δικτύου Και Της Τάσης Τροφοδοσίας

Για να αποφεύγουμε τα αυξημένα ρεύματα μαγνήτισης για τον έλεγχο των στροφών, μαζί με τη μείωση της συχνότητας μειώνουμε και τη τάση τροφοδοσίας του κινητήρα κάθε φορά που η συχνότητα μειώνεται κάτω από την ονομαστική συχνότητα του δικτύου.

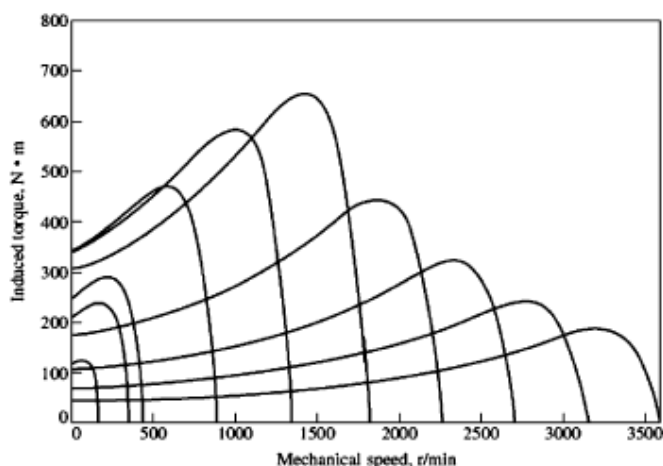
Για τον πιο αποτελεσματικό έλεγχο ενός κινητήρα βραχυκυκλωμένου δρομέα, μαζί με τη μείωση της συχνότητας μειώνουμε και την τάση τροφοδοσίας κατά τον ίδιο λόγο, ούτως ώστε να έχουμε μια γραμμική μεταβολή της συχνότητας και της τάσης με ένα σταθερό λόγο V/f .

Με αυτό τον τρόπο η μέγιστη επιτρεπόμενη ροπή του κινητήρα παραμένει αρκετά υψηλή. Σε περίπτωση που η συχνότητα αυξηθεί πάνω από την ονομαστική του δικτύου, η τάση παραμένει σταθερή ώστε να μη καταπονηθεί και φθαρεί η μόνωση και υπερθερμανθεί ο κινητήρας. Στη

περίπτωση αυτή η μαγνητική ροή θα μικραίνει θα μειωθεί, και οδηγήσει στη μείωση της ροπής της μηχανής.



Σχήμα 1.38: οικογένεια καμπυλών για σταθερό λόγο τάση συχνότητας



Σχήμα 1.39: οικογένεια καμπυλών για αύξηση της συχνότητας σε τιμές μεγαλύτερης της ονομαστικής

1.16 Πλεονεκτήματα Ηλεκτρονικού Ρυθμιστή Στροφών

Χρησιμοποιώντας τα inverter ως μέθοδο για τη ρύθμιση των στροφών των κινητήρων, έχουμε τα εξής σημαντικά πλεονεκτήματα

- ✓ Ομαλή εκκίνηση και μάλιστα ρυθμιζόμενη με μικρό ρεύμα εκκίνησης.
- ✓ Ομαλή πέδηση του κινητήρα
- ✓ Αύξηση της ροπής εκκίνησης
- ✓ Δυνατότητα αυτόματης ή προγραμματιζόμενης ρύθμισης των στροφών
- ✓ Εξοικονόμηση ενέργειας
- ✓ Δυνατότητα αλλαγής της φοράς περιστροφής του κινητήρα χωρίς επιπλέον διακόπτες και συστήματα αυτοματισμού
- ✓ Αυξημένη προστασία του κινητήρα

1.17 Εφαρμογές Inverter

Στη βιομηχανία σήμερα, στις περισσότερες εφαρμογές ηλεκτρικών κινητήρων υπάρχει και χρήση Inverter για την βέλτιστη λειτουργία του και για αποκομίσουμε το μέγιστο των δυνατοτήτων τους.

Το πιο σημαντικό μειονέκτημα των Inverter είναι τα παρασιτικά ρεύματα τα οποία παράγονται λόγω των αρμονικών. Για Inverter μεγάλης ισχύος συνιστάται η χρήση φίλτρων ώστε να περιορίζεται το φαινόμενο αυτό αλλά και αλλά και καλωδίων με εσωτερική θωράκιση (μπλεντάζ), το οποίο λειτουργεί σαν δέκτης για τα παρασιτικά σήματα και τα οδηγεί προς τη γη, μέσω του αγωγού γείωσης. επίσης η θωράκιση μας προσφέρει και επιπλέον μηχανική αντοχή στο καλώδιο.



Σχήμα 1.40: Αντιπαρασιτικά φίλτρα



Σχήμα 1.41: εσωτερικό αντιπαρασιτικού φίλτρου



Σχήμα 1.42: αντιστροφέας



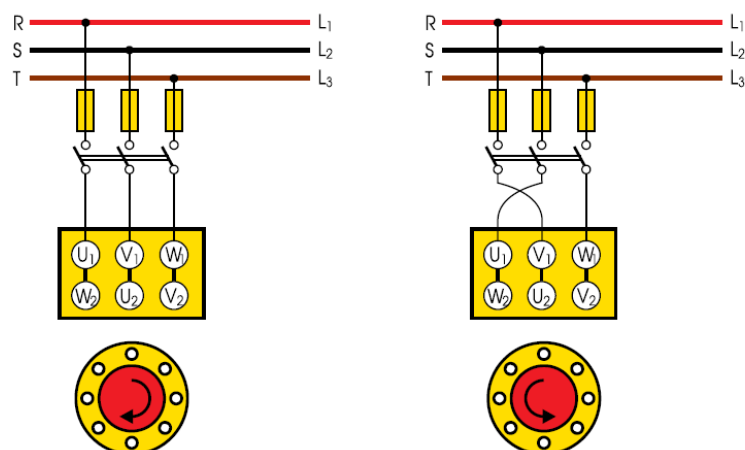
Σχήμα 1.43: καλώδιο τροφοδοσίας με θωράκιση, με διαχώριση με βάση τη χρωματολογία



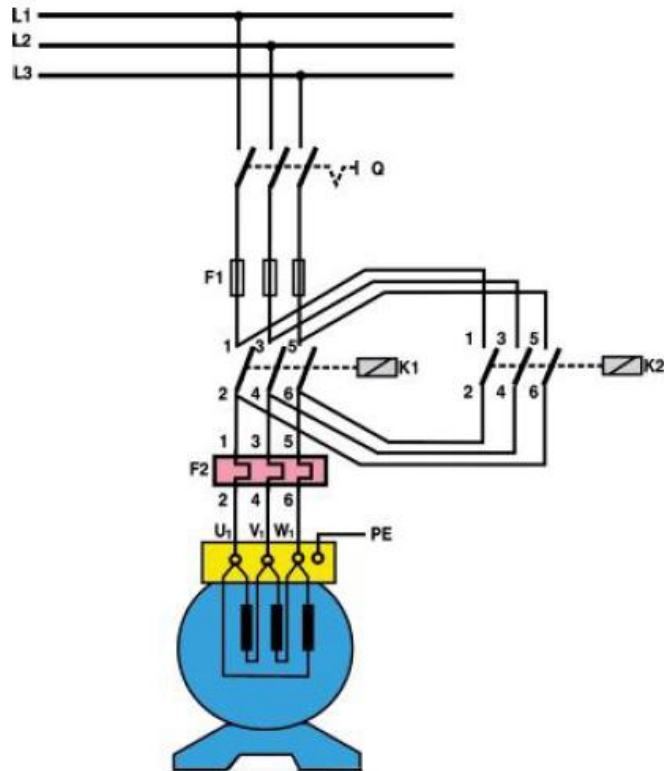
Σχήμα 1.44: θωρακισμένο καλώδιο με αρίθμηση των ενεργών αγωγών συν την γείωση

1.18 Αλλαγή Φοράς Περιστροφής Ασύγχρονου Τριφασικού Κινητήρα

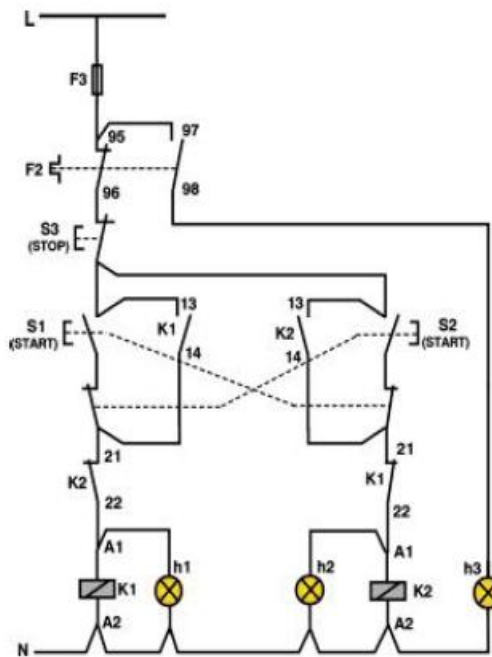
Η αλλαγή της φοράς σε ένα κινητήρα βραχυκυκλωμένου δρομέα γίνεται με την αλλαγή της φοράς περιστροφής στο μαγνητικό πεδίο του στάτη. Για να γίνει αυτό αλλάζουμε θέση σε δύο οποιεσδήποτε φάσεις τροφοδοσίας του. Πχ από $L_1-L_2-L_3$ σε $L_1-L_3-L_2$



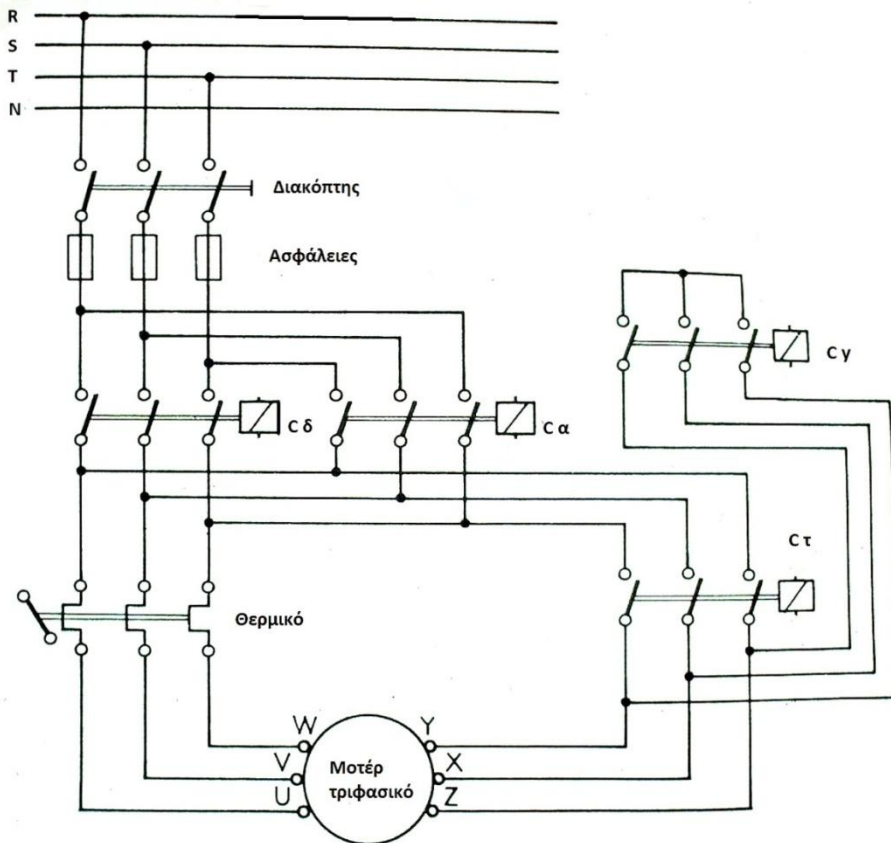
Σχήμα 1.45: αλλαγή των δύο φάσεων ώστε να πραγματοποιηθεί η αλλαγή φοράς περιστροφής



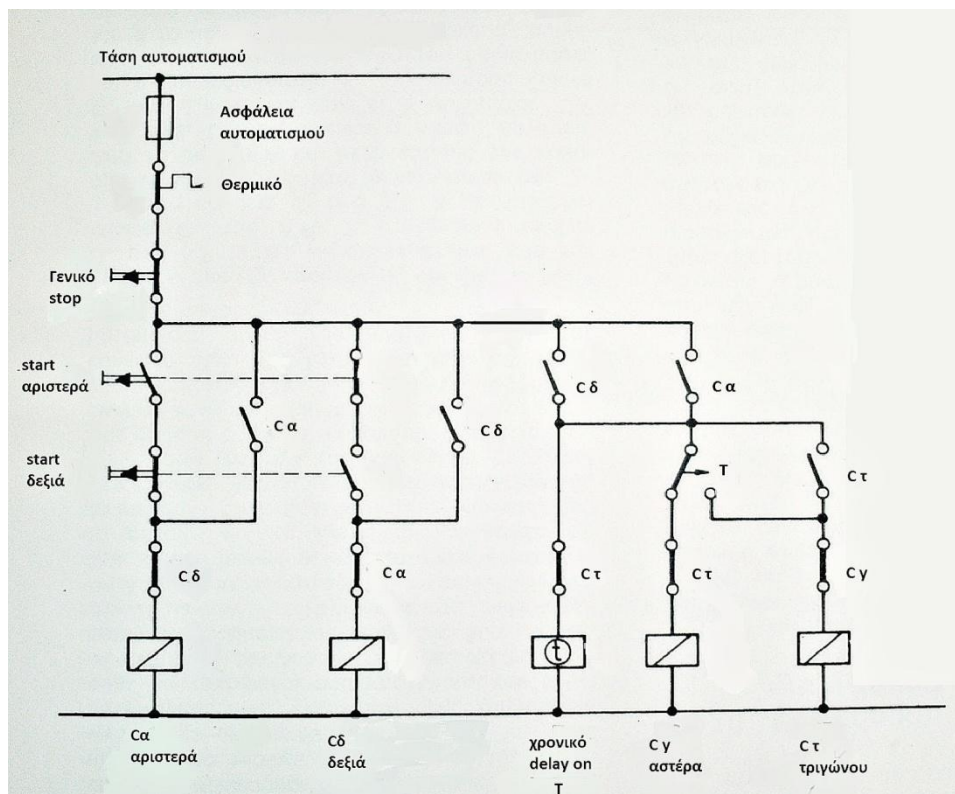
Σχήμα 1.46: κύκλωμα ισχύος για αλλαγή φοράς περιστροφής ασύγχρονου τριφασικού κινητήρα



Σχήμα 1.47: κύκλωμα ελέγχου για αλλαγή φοράς περιστροφής ασύγχρονου τριφασικού κινητήρα



Σχήμα 1.48: κύκλωμα ισχύος για εκκίνηση με αυτόματου διακόπτη Y/Δ και αλλαγή φοράς περιστροφής



Σχήμα 1.49: Κύκλωμα αυτοματισμού για εκκίνηση με αυτόματο διακόπτη Y/Δ και αλλαγή φοράς περιστροφής.

1.19 Τρόποι Πέδησης Ασύγχρονου Τριφασικού Κινητήρα

Πέδηση είναι η διαδικασία με την οποία ακινητοποιείται ο κινητήρας.

1) Μηχανική πέδηση: πραγματοποιείται μέσω ειδικών σιαγόνων που πιέζουν τον άξονα της μηχανής. Η μέθοδος αυτή παρουσιάζει αρκετές φθορές και απαιτείται μεγάλος χρόνος πέδησης.

2) Ελεύθερη πέδηση: διακόπτεται η τάση τροφοδοσίας και ο κινητήρας σταματά χωρίς όμως καταπονήσεις.

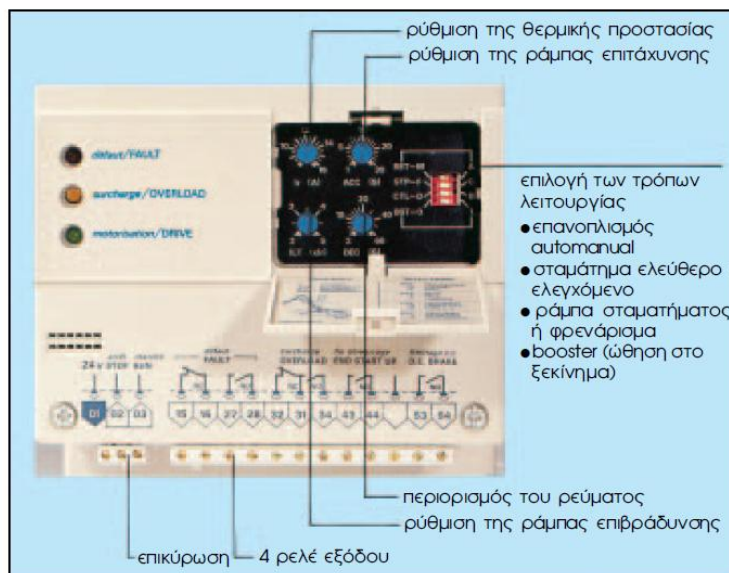
3) Ομαλή πέδηση: διακόπτεται η τάση τροφοδοσίας της μηχανής κλιμακωτά, χωρίς απότομη παύση της λειτουργίας της. Η μέθοδος αυτή προϋποθέτει τη ύπαρξη ηλεκτρονικού ρυθμιστή στροφών με ράμπα επιβράδυνσης.

Η ενεργοποίηση της ράμπας επιτρέπει:

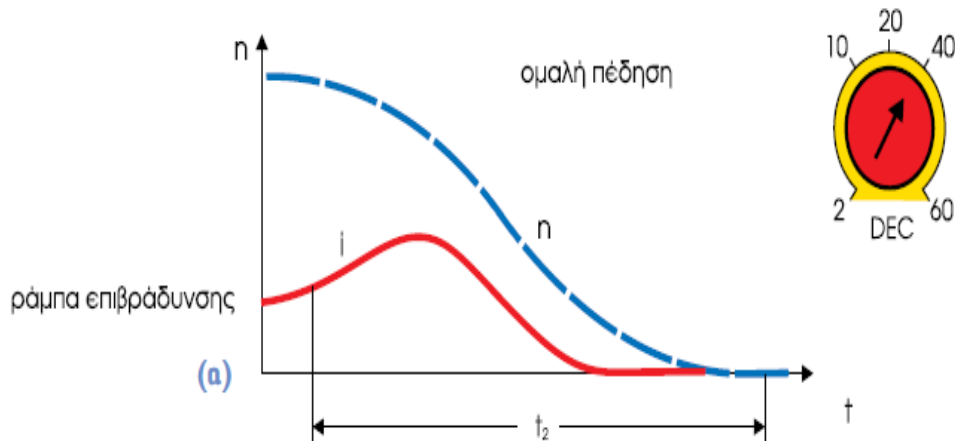
A) ομαλή επιβράδυνση σύμφωνα με το χρόνο που επιλέγει μέσω του ποτενσιόμετρου του εκκινητή.

B) ελεγχόμενη πέδηση με μείωση των μηχανικών χτυπημάτων των μηχανικών

Γ) Προοδευτική μείωση της τάσης



Σχήμα 1.50: controller ηλεκτρονικού εκκινητή



Σχήμα 1.51: καμπύλη ομαλή πέδης με ράμπα επιβράδυνσης ταχύτητας και ρεύματος ως προς το χρόνο

4) Δυναμική Πέδηση με αλλαγή φοράς μαγνητικού πεδίου: Στη δυναμική πέδηση αλλάζουμε τη φορά του στρεφόμενου μαγνητικού πεδίου. Η μέθοδος αυτή είναι αρκετά αποτελεσματική.

Ας υποθέσουμε ότι αρχικά η μηχανή λειτουργεί ως κινητήρας με ολίσθηση s , με φορά ωρολογιακή. Τη στιγμή της αλλαγής της φοράς του μαγνητικού πεδίου, ο δρομέας θα συνεχίζει να κινείται προς την ίδια φορά και θα αποκτήσει ολίσθηση $2-s$. Η αναπτυσσόμενη ηλεκτρική ροπή θα αλλάξει πρόσημο και θα προστεθεί αλγεβρικά με τη ροπή του φορτίου ώστε να αρχίσει να περιστρέφεται ο κινητήρας προς την νέα φορά του μαγνητικού πεδίου.

Η παραγόμενη μηχανική ισχύς είναι αρνητική στη περιοχή λειτουργίας $2 < s < 1$. Οι απώλειες χαλκού στο δρομέα είναι αρκετά υψηλές, καθώς είναι ίσες με το άθροισμα της ισχύος διακένου και της μαγνητικής ισχύος στον άξονα περιστροφής. Για να περιορίσουμε τα μεγάλα ρεύμα κατά τη διάρκεια της πέδησης συνδέουμε αντιστάσεις σε σειρά με το στάτη.

Για την ακινητοποίηση του δρομέα είναι απαραίτητη η ύπαρξη συστήματος αυτοματισμού, ώστε να διαβάζει με κάποιο αισθητήριο τις στροφές του κινητήρα, και μόλις αυτές φτάσουν στο μηδέν να αποσυνδεθεί από το δίκτυο ώστε να αρχίσει να περιστρέφεται στην αντίθετη φορά.

5) Πέδηση με τροφοδοσία συνεχούς ρεύματος στο στάτη:

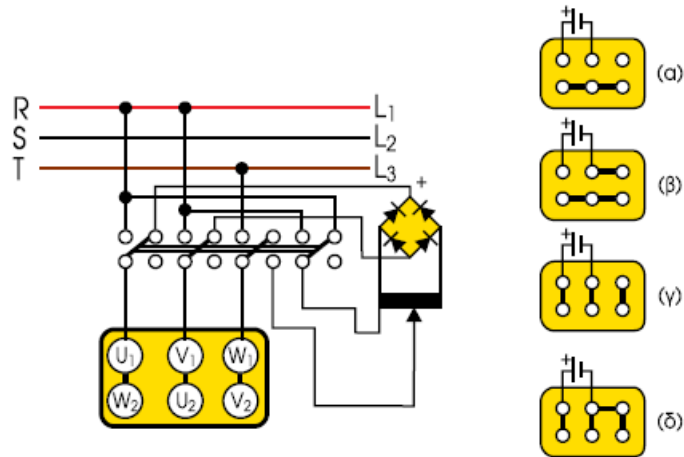
Στη περίπτωση της πέδησης με συνεχές ρεύμα, το τυλίγμα στάτη αποσυνδέεται από το δίκτυο και τροφοδοτείται με συνεχές ρεύμα μέσω ανορθωτικής διάταξης. Κατά τη διαδικασία της πέδησης, αφού συνδέσουμε τις δύο φάσεις του τυλίγματος του στάτη σε σειρά τις τροφοδοτούμε με συνεχές ρεύμα. Η κατάσταση της λειτουργίας μοιάζει είναι αντίστοιχη της σύγχρονης γεννήτριας, και όλη η ενέργεια απορροφάτε από το δρομέα του κινητήρα. Ο έλεγχος της ροπής επιτυγχάνεται ρυθμίζοντας την εφαρμοζόμενη DC τάση. Η μέθοδος αυτή επιλέγεται όταν έχουμε μηχανές με μεγάλη αδράνεια. Το ρεύμα πέδησης από τη σχέση:

$$I_b \leq 0.6 * K * I_f$$

I_b : το DC ρεύμα πέδησης

K : συντελεστής κυκλώματος πέδησης

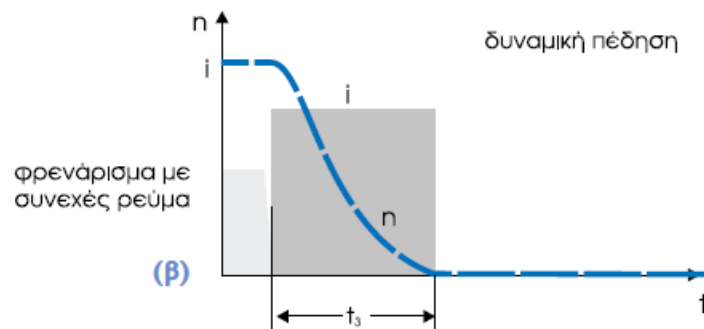
I_f : το ρεύμα φάσης του κινητήρα όταν είναι ακινητοποιημένος



Σχήμα 1.52: συνδεσμολογία πέδησης με συνεχές τάση στο στάτη

Πίνακας 1.7: τιμές συντελεστή K ανάλογα με τη συνδεσμολογία

Κύκλωμα	α	β	γ	δ
Συντελεστής K	1,225	1,41	2,12	2,45



Σχήμα 1.53: καμπύλη πέδησης με συνεχές ρεύμα στο στάτη

2 Συστήματα Μεταφοράς Φορτίων

2.1 Εισαγωγή

Τα συστήματα μεταφοράς προσφέρουν μια ευελιξία σε σημεία όπου άλλα μηχανήματα δεν μπορούν να εκπληρώσουν παρόμοιο ρόλο. Με την σωστή εφαρμογή, ένα σύστημα μεταφοράς μπορεί να μεταμορφώσει τον τρόπο με τον οποίο μια επιχείρηση διαχειρίζεται τον εφοδιασμό και την μεταφορά σε μη φιλικό περιβάλλον, βελτιώνοντας σημαντικά την αποτελεσματικότητα και την αποδοτικότητα.

2.2 Πότε Είναι Κατάλληλα Τα Συστήματα Μεταφοράς

Τα συστήματα μεταφοράς μπορούν να λειτουργούν με συνέπεια σε σημεία όπου άλλες μηχανές δε μπορούν. Ενώ άλλες λύσεις μπορούν να για ένα χρονικό διάστημα κάτω από μη ιδανικές συνθήκες, το κόστος για χρονικό διάστημα που τα μηχανήματα είναι εκτός λειτουργίας, τη συντήρηση αλλά και τις αντικαταστάσεις εξαρτημάτων σε περίπτωση βλαβών, καθιστά τα συστήματα μεταφοράς ως ανώτερη επιλογή.

Υπερβολική ζέση: Σε περιβάλλον υψηλής θερμότητας, η τριβή, η λίπανση και η ακρίβεια καθίστανται πολύ πιο δύσκολες στον έλεγχο από ότι σε ένα σταθερό περιβάλλον. Επίσης όλα τα εξαρτήματα θα δεχθούν ταχύτερες φθορές.

Περιορισμένοι χώροι: Ένα καλά σχεδιασμένο σύστημα μεταφοράς καταλαμβάνει ελάχιστο χώρο για την μεταφορά ενός συγκεκριμένου υλικού ή είδους και είναι αρκετά ανθεκτικό ώστε να απαιτεί ελάχιστη συντήρηση σε περιοχές δύσκολα προσβάσιμες.

Κακός αερισμός: Ο ανεπαρκής αερισμός αυξάνει σημαντικά τη φθορά σε συστήματα. Επιπλέον σχεδόν καθένα από αυτά τα προβλήματα καθιστά αδύνατο τον πρακτικό ελιγμό χωρίς τη χρήση κάποιας άλλης μηχανής ή εξοπλισμού. Οι μεγάλες θερμοκρασίες, ο ανεπαρκής αερισμός και ο περιορισμένος χώρος καθιστούν αδύνατη και μη πρακτική εργαζόμενοι να μετακινούν τα υλικά.

2.3 Μεταφορά με Μεταφορικές Ταινίες

2.3.1 Εισαγωγή

Ένας μεταφορικός ιμάντας είναι το μέσο μεταφοράς ενός συστήματος μεταφορικών ταινιών. Οι μεταφορικές ταινίες είναι ένας από τους πολλούς τρόπος μεταφορικών συστημάτων. Μια μεταφορική ταινία αποτελείται από δύο ή περισσότερες τροχαλίες (οι οποίες αναφέρονται και ως τύμπανα), με έναν ιμάντα ο οποίος περιστρέφεται γύρω από αυτά. Ένα ή και δύο τύμπανα τροφοδοτούνται μετακινώντας την ταινία και το υλικό που έχει πάνω της. Το τροφοδοτούμενο τύμπανο ονομάζεται τύμπανο μετάδοσης κίνησης, ενώ το τύμπανο χωρίς κινητήρα ονομάζεται τύμπανο αδράνειας. Υπάρχουν δύο κύριες βιομηχανικές κατηγορίες μεταφορικών ταινιών. Η μία είναι οι ταινίες μεταφοράς γενικού φορτίου όπως κιβώτια, και η δεύτερη για χύδην υλικά άνθρακας, χώμα κτλ.

2.3.2 Δομή Μεταφορικής Ταινίας

Οι μεταφορικές ταινίες είναι ένας απλός εξοπλισμός που αποτελείται από λίγα και απλά εξαρτήματα. Οι μεταφορικές ταινίες μπορούν να μεταφέρουν υλικά κάτω από τις πιο δύσκολες συνθήκες, όπως λασπώδη υλικά, μεγάλα φορτία κτλ. Η σχεδίαση τους είναι αρκετά πιο απλή από άλλες μεθόδους και έχουν μικρό κόστος συντήρησης.

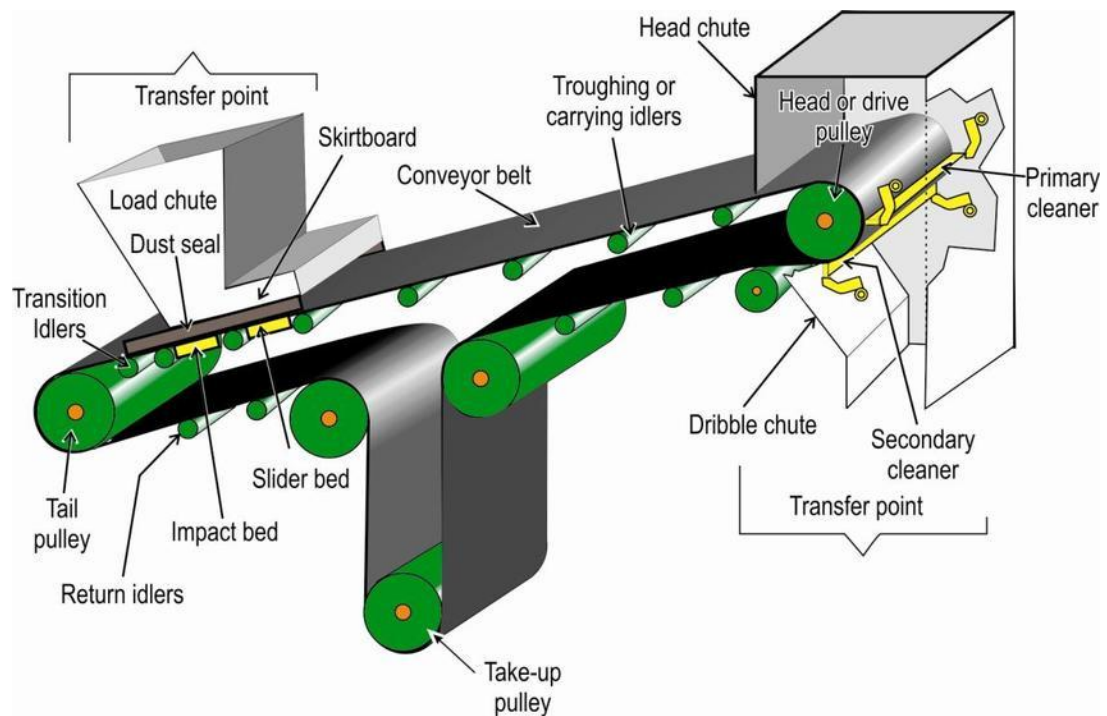
Τα βασικά πλεονεκτήματα των μεταφορικών ταινιών είναι:

- 1) Χαμηλό κόστος λειτουργίας και συντήρησης
- 2) Ηλεκτρικά ελεγχόμενες
- 3) Καλή ενεργειακή απόδοση
- 4) Μεγάλη χωρητικότητα μεταφοράς
- 5) Δεν επηρεάζονται από το κλίμα

Από την άλλη οι μεταφορικές ταινίες έχουν ορισμένες δυσκολίες στην υλοποίηση του και οι πιο σημαντικές είναι:

- 1) Μεγάλη αρχική επένδυση
- 2) Δυσκολία στην προσαρμογή για μελλοντικές αλλαγές και απαιτήσεις
- 3) Ως συνέπεια του τρόπου λειτουργίας τους δεν μπορούν να κάνουν σημαντικές αλλαγές κατεύθυνσης όπως μεγάλη κλίση και σημαντικές καμπύλες. Αυτό καθιστά αναγκαία τη χρήση πολλών μεταφορών και αυξάνει το τελικό κόστος.

Η μεταφορική ταινία αποτελείται από:



Σχήμα 2. 1 τα μέρη μιας μεταφορικής ταινίας

Head or drive pulley: τύμπανο οδήγησης

Primary cleaner: πρωτεύον καθαριστήρας

Secondary cleaner: δευτερεύον καθαριστήρας
Dribble chute: κοάνη εξόδου φορτίου
Take up pulley: κατακόρυφη διάταξη τάνυσης
Return idlers: ράουλα επιστροφής
Tail pulley: τύμπανο ουράς
Transition idlers: ράουλα κρούσης, κάτω από το σημείο φόρτωσης
Loadscute: κοάνη εισόδου φορτίου
Skirtboard: θωρακίσεις
Sliderbed: πλευρικό στήριγμα
Impacted: στηρίγματα έναντι κρούσης
Conveyor belt: ιμάντας μεταφοράς
Carrying idlers: ράουλα μεταφοράς
Headchute: κεφάλι κοάνης.

2.3.3 Κατηγορίες Ιμάντων Και Μεταφορικών Ταινιών

Η τεχνολογία που χρησιμοποιείται στους ιμάντες μεταφοράς είναι πολύ πιο εξελιγμένη από τα απλά συστήματα μεταφορικών ταινιών στο παρελθόν. Οι κατασκευαστές επιλέγουν ιμάντες με βάση τη χρήση τους. Τα πιο συνηθισμένα υλικά που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή του ιμάντα στις μεταφορικές ταινίες είναι:

Σταθεροί ιμάντες, γενικής χρήσης: οι πιο συνηθισμένοι τύποι μεταφορικών ταινιών είναι με ιμάντα γενικής χρήσης. Οι ιμάντες αυτοί κατασκευάζονται από υλικά όπως καουτσούκ ή ένα ύφασμα όπως νάιλον, πολυεστέρα, νεοπρένιο ή νιτρίλιο. Οι ιδιότητες της ταινίας καθορίζουν τις βασικές εφαρμογές της. Για παράδειγμα οι βιομηχανίες εξόρυξης και άλεσης χρησιμοποιούν συνήθως καουτσούκ για τη διαχείριση χύμα υλικών συμπεριλαμβανομένου των ακατέργαστων μεταλλευμάτων και των αδρανών υλικών. Οι βιοτεχνίες τροφίμων χρησιμοποιούν συνήθως μεταφορικούς ιμάντες από PVC, ενώ στα αεροδρόμια από πολυεστέρα και νεοπρένιο για την μεταφορά των αποσκευών.

Αυτά τα υλικά μπορεί να παρουσιάζουν διαφορετικές επικαλύψεις, πάχη και διατάξεις για τη παροχή μιας σειράς ιδιοτήτων χειρισμού. Κάποιοι προσφέρουν αξιολογήσεις για την ασφάλεια των τροφίμων ενώ άλλες αποδίδουν καλά σε υψηλές θερμοκρασίες. Άλλες κοινές ιδιότητες των ταινιών γενικής χρήσης μπορεί να περιλαμβάνουν υψηλά ή χαμηλά επίπεδα τριβής και συγκεκριμένη δομή χειρισμού υλικού.

Ταινίες φίλτρου: ορισμένες ταινίες επιτρέπουν στα σωματίδια να διέρχονται και να μη μεταφέρονται κατά μήκος της ταινίας μεταφοράς. Οι βιομηχανίες μπορούν να χρησιμοποιούν ιμάντες φίλτρων για να αποστραγγίσουν την περίσσεια υγρού και να απομακρύνουν τοξίνες.



Σχήμα 2. 2 μεταφορική ταινία φίλτρου

Ιμάντες μεταλλικών ινών: Οι υφασμάτινοι ιμάντες διαθέτουν αλυσίδες μεταλλικών συνδέσεων ή συρμάτων που έχουν σχεδιαστεί για να επιτρέπουν τη ροή του αέρα καθώς ένα αντικείμενο κινείται κατά μήκος.



Σχήμα 2. 3 ταινία μεταλλικών ινών

Αρθρωτοί ιμάντες: Οι αρθρωτοί ιμάντες διαθέτουν συχνά μεταλλική κατασκευή. Η ποιότητα της άρθρωσης του ιμάντα του δίνει μια επίπεδη, σταθερή επιφάνεια ικανή να περιστρέφεται γύρω από σύστημα του τυμπάνου μέσω αρθρωτών μεντεσέδων. Οι μεταλλικές αρθρωτές ζώνες είναι ανθεκτικές και μπορούν να αντέξουν σε βαριές χρήση.



Σχήμα 2. 4: αρθρωτή μεταφορική ταινία

Πλαστικοί ασφαλιστικοί ιμάντες: Οι πλαστικοί ιμάντες παρέχουν στους κατασκευαστές και τους χειριστές μια εναλλακτική λύση στις μεταλλικές και υφασμάτινες ταινίες.



Σχήμα 2. 5: πλαστικός ιμάντας

Μεταφορικές ταινίες λείας επιφάνειας: Το υλικό του ιμάντα είναι πλαστικό λείο. Η μεταφορική ταινία δεν μπορεί να πάρει κλίση μεγαλύτερη από 15ο, αλλιώς το προϊόν θα γλιστράει πίσω.

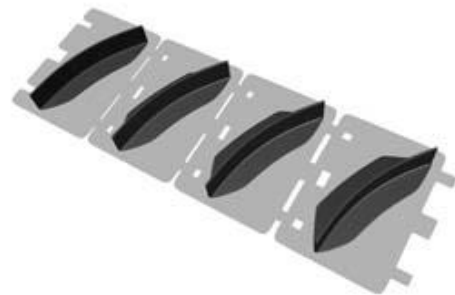


Σχήμα 2. 6: λείος ιμάντας

Μεταφορικές ταινίες με προφίλ / τακούνια: Το υλικό του ιμάντα είναι πλαστικό και έχει τσέπες ή τακούνια κάθε πχ. 500mm, οι οποίες μοιάζουν με κουβαδάκια ή με διαμερίσματα. Επίσης έχει προφίλ και στις δύο πλαϊνές πλευρές κατά μήκος. Η κυλιόμενη ταινία μεταφοράς αυτού του τύπου μπορεί να πάρει κλίση μέχρι 60ο, χωρίς το προϊόν να γλιστράει πίσω.



Σχήμα 2. 7: μεταφορικός ιμάντας με προφίλ



Σχήμα 2. 8: μεταφορικός ιμάντας με τακούνια

Μεταφορικές ταινίες αντλιοθητικής επιφάνειας: Το υλικό του ιμάντα είναι πλαστικό αντλιοθητικό «άγγρι» με αυλακώσεις, που επιτρέπουν στη μεταφορική ταινία να πάρει κλίση μέχρι 30°, αλλιώς το προϊόν θα γλιστράει πίσω.

Επίπεδες μεταφορικές ταινίες: Οι επίπεδες ταινίες μεταφοράς εδράζονται συνήθως σε επίπεδη λαμαρίνα είτε είναι οριζόντιες είτε είναι υπό κλίση. Ράουλα υπάρχουν μόνο κάτω από την ταινία κατά την διαδρομή επιστροφής. Οι επίπεδες ταινίες μεταφοράς μπορούν να μεταφέρουν όλα τα χοντρόκοκκα χύδη προϊόντα όπως pellets ζωοτροφών, κροκέτες, κλπ. τα οποία είναι εύθραυστα. Επίσης εφαρμόζονται και στον τομέα της συσκευασίας για μεταφορά συσκευασμένου προϊόντος, όπως 25-kg σακί.

Κοίλες μεταφορικές ταινίες (τύπου V): Οι κοίλες μεταφορές ταινίες έχουν σχήμα V και φροντίζουν το χύδη προϊόν να μένει στην μέση και να μην χύνεται δεξιά και αριστερά. Αυτό επιτυγχάνεται επειδή (σε μία εγκάρσια τομή) έχουν τρία ράουλα. Το αριστερό έχει κλίση -45°, το μεσαίο είναι οριζόντιο και το δεξί ράουλο έχει κλίση +45°. Οι κοίλες μεταφορικές ταινίες χρησιμοποιούνται για μεταφορά χύδη υλικών όπως τσιμέντο, άμμος, αλάτι, λιπάσματα, ορυκτά μεταλλεύματα και γενικά προϊόντα σε σκόνη.



Σχήμα 2. 9: μεταφορική ταινία τύπου V

2.3.4 Σχεδίαση της Μεταφορικής Ταινίας

Η μελέτη και σχεδίαση μιας μεταφορικής ταινίας αποτελείται από δύο βασικά σκέλη. Η μια είναι η ενίσχυση ή ο σκελετός της, που παρέχει την απαιτούμενη μηχανική αντοχή στον εφελκυσμό του ιμάντα, προσδίδει ακαμψία στη βάση για την υποστήριξη του φορτίου και παρέχει ένα μέσο σύνδεσης του ιμάντα. Αντίστοιχα η δεύτερη είναι ένα ελαστομετρικό κάλυμμα που προστατεύει το σκελετό από φθορές από το υλικό που μεταφέρεται και παρέχει ικανοποιητική επιφάνεια για τη μετάδοση της ισχύος στο σκελετό.

Για την επιλογή του κατάλληλου ιμάντα για κάθε εφαρμογή πρέπει να εξεταστούν διάφοροι παράγοντες:

- 1) Η αντοχή εφελκυσμού του σκελετού του ιμάντα πρέπει να είναι επαρκής για τη μετάδοση της απαιτούμενης ισχύος για την μεταφορά του υλικού σε σχέση με την σχετική απόσταση.
- 2) Ο επιλεγμένος σκελετός του ιμάντα πρέπει να έχει τα χαρακτηριστικά που απαιτούνται για:
 - Την παροχή ισχύος για την λειτουργία
 - Συμμορφώνεται με την απόσταση του του πλάτους των ράουλων(εδράνων) όταν είναι άδεια
 - Να κάμπτετε ικανοποιητικά γύρω από τις τροχαλίες που χρησιμοποιούνται στην εγκατάσταση της μεταφορικής ταινίας.

Η ποιότητα και το μέτρο του υλικού φόρτωσης πρέπει να είναι κατάλληλα για να αντέχουν τις φυσικές και χημικές επιδράσεις του μεταφερόμενου υλικού.

2.3.4.1 Πραγματική Τάση του ιμάντα T_e

Προκειμένου να υπολογιστεί η μέγιστη τάση του ιμάντα και κατά συνέπεια η αντοχή που απαιτείται. Πρέπει πρώτα όμως να υπολογιστεί η ενεργή μηχανική τάση στον ιμάντα. Αυτή είναι η δύναμη που απαιτείται για τη μετακίνηση του μεταφορέα και το φορτίο που μεταφέρει με σταθερή ταχύτητα. δεδομένου ότι ο υπολογισμός της τάσης βασίζεται σε ένα μεταφορέα σταθερής ταχύτητας, οι δυνάμεις που απαιτούνται για τη μετακίνηση του υλικού είναι και του μεταφορέα είναι μόνο εκείνες που υπερβαίνουν την αντίσταση τριβής και τη βαρυτική δύναμη.

2.3.4.2 Μάζα Κινούμενων Μερών

Για λόγους απλούστευσης, ο μεταφορέας θεωρείται ότι αποτελείται από εξαρτήματα διασυνδεδεμένου ανά μονάδα μήκους και όλα ισοδύναμης μάζας. Η μάζα καθενιάς από αυτές τις μονάδες ονομάζεται μάζα κινούμενων μερών και υπολογίζεται προσθέτοντας τη συνολική

μάζα του ιμάντα, την περιστρεφόμενη μάζα από όλα ράουλα στήριξης και επιστροφής και την περιστρεφόμενη μάζα από όλα τα τύμπανα. Αυτό το σύνολο διαιρείται από το οριζόντιο μήκος του μεταφορέα για να ληφθεί η μέση μάζα όλων των εξαρτημάτων. Αρχικά δεν έχουν επιλεγεί οι τροχαλίες και συνεπώς δε μπορεί να προσδιοριστεί η μάζα αυτών των στοιχείων. Συνεπώς η μάζα των κινούμενων τμημάτων επιλέγεται από τις τιμές στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 2.8: Πίνακας εύρεσης μάζας κινούμενων μερών

Πλάτος ταινίας (mm)	Μάζα κινούμενων μερών (kg/m)			
	Ελαφράς χρήσεως 102mm Ράουλα Λεπτής ταινίας	Μέτριας χρήσεως 127mm Ράουλα Μέτρια ταινία	Βαριά χρήση 152mm Ράουλα Βαριά ταινία	Πολύ βαριά χρήση 152mm Ράουλα Ταινία με ίνες χάλυβα
450	23	25	33	
600	29	36	45	49
750	37	46	57	63
900	45	55	70	79
1050	52	64	82	94
1200	63	71	95	110
1350	70	82	107	127
1500		91	121	143
1650		100	132	160
1800			144	178
2100			168	205
2200			177	219

2.3.4.3 Μάζα Φορτίου ανά Μονάδα Μήκους

Όπως συμβαίνει με τα εξαρτήματα, έτσι και το φορτίο που μεταφέρεται θεωρείται ότι είναι ομοιόμορφα κατανομημένο κατά μήκος της μεταφορικής ταινίας. Δεδομένου της μέγιστης χωρητικότητας σε τόνους ανά ώρα, η μάζα του φορτίου ανά μονάδα μήκους είναι:

$$Q = 0.278 \frac{\tau}{S}$$

Οπού:

τ : ικανότητα μεταφοράς της ταινίας σε t/h

S : ταχύτητα της ταινίας σε m/s

Πίνακας 9.2: Προτεινόμενες τιμές μέγιστης ταχύτητας σε m/s

Belt Width (mm)	Grain or Other Free Flowing Material	Run of Mine Coal and Earth +	Hard Ores and Stone - Primary Crushed ++
300	2,5	1,5	1,5
400	2,5	2,0	1,8
500	3,0	2,0	1,8
600	3,0	2,5	2,3
750	3,6	3,0	2,8
900	4,0	3,3	3,0

1050	4,0	3,6	3,0
1200	4,6	3,6	3,3
1350	5,0	3,6	3,3
1500	5,0	3,6	3,3
1800		4,0	3,8
2000 and over		4,0	3,8

Πίνακας 2.10: ικανότητα μεταφοράς φορτίου

Belt Width mm	Recommended Max. Lump Size		Trough Angle Degrees	Area of Load m ²	Speed m/s						
	Sized mm	Unsize mm			0,5	0,8	1,2	1,6	2,0	2,5	3,0
600	125	200	20	0,033	59	95	142	190	236	297	357
			27	0,037	66	106	160	213	266	333	400
			30	0,038	69	110	164	218	274	342	410
			35	0,040	72	115	173	230	288	360	432
			45	0,042	76	121	181	242	303	378	436
750	150	250	20	0,054	97	156	233	311	389	486	583
			27	0,060	109	173	259	346	432	540	648
			30	0,062	112	179	268	357	446	558	670
			35	0,065	117	187	281	375	468	585	702
			45	0,068	122	196	294	392	490	612	734
900	175	300	20	0,080	144	230	346	461	576	720	864
			27	0,090	162	259	389	518	648	810	972
			30	0,092	166	265	397	530	662	828	994
			35	0,096	173	276	415	553	691	864	1037
			45	0,101	182	291	436	582	727	909	1091
1050	200	350	20	0,111	200	320	480	639	799	1000	1199
			27	0,124	223	357	536	714	839	1116	1339
			30	0,128	230	369	553	737	922	1152	1382
			35	0,134	241	386	579	772	965	1206	1447
			45	0,140	252	403	605	806	1008	1260	1512
1200	250	400	20	0,147	265	423	635	847	1058	1323	1588
			27	0,165	297	475	713	950	1188	1485	1782
			30	0,170	306	490	734	979	1224	1530	1836
			35	0,178	320	513	769	1025	1282	1602	1922
			45	0,186	335	536	804	1071	1339	1674	2009
1350	275	500	20	0,189	340	544	816	1089	1361	1701	2041
			27	0,211	380	608	912	1215	1519	1899	2279
			30	0,217	391	625	937	1250	1562	1953	2344
			35	0,227	409	654	981	1308	1634	2043	2452
			45	0,238	428	685	1028	1371	1714	2142	2570
1500	300	600	20	0,235	423	676	1015	1357	1692	2115	2538
			27	0,263	473	757	1136	1515	1894	2367	2840
			30	0,271	488	780	1171	1561	1951	2439	2927
			35	0,283	509	815	1223	1630	2038	2547	3056
			45	0,296	533	852	1279	1905	2131	2664	3197
1650	350	700	20	0,286	515	824	1236	1649	2059	2574	3089
			27	0,321	578	924	1387	1849	2311	2889	3467
			30	0,330	594	950	1426	1901	2367	2970	3564
			35	0,345	621	994	1490	1987	2484	3105	3726
			45	0,361	650	1040	1560	2079	2599	3249	3899

1800	350	700	20	0,343	617	988	1482	1976	2470	3087	3704
			27	0,384	691	1106	1659	2212	2765	3456	4147
			30	0,395	711	1138	1706	2275	2844	3555	4266
			35	0,413	743	1189	1784	2379	2976	3717	4460
			45	0,432	778	1244	1866	2488	3110	3888	4666
2100	350	700	20	0,472	850	1359	2039	2719	3398	4248	5098
			27	0,528	950	1521	2281	3041	3802	4752	5702
			30	0,543	977	1564	2346	3128	3910	4887	5864
			35	0,568	1022	1636	2454	3272	4090	5112	6134
			45	0,594	1069	1711	2566	3421	4277	5346	6415
2200	350	700	20	0,519	934	1495	2245	2989	3737	4671	6505
			27	0,581	1046	1673	2510	3347	4183	5229	6275
			30	0,598	1076	1722	2583	3444	4306	5382	6458
			35	0,625	1125	1800	2700	3600	4500	5625	6750
			45	0,654	1161	1858	2786	3715	4644	5805	6966

Η πραγματική τάση του ιμάντα δίνεται από τη σχέση:
 $T_e = T_x + T_y + T_z + T_u$

Οπού:

T_x : η τάση για την κίνηση του άδειου ιμάντα

$$T_x = 9,8 * G * f_x * L_c$$

T_y : η τάση για την οριζόντια κίνηση του φορτίου

T_z : η τάση για την αύξηση η μείωση του φορτίου

$$T_z = 9,8 * Q * H$$

T_u : η τάση για να υπερνικήσουμε από όλα τα εξαρτήματα

Σε όλες τις μεταφορικές ταινίες υπάρχουν και επιπλέον εξαρτήματα τα οποία αυξάνουν την συνολική αντίσταση κίνησης της ταινίας. Τα πιο συνηθισμένα είναι οι πλαϊνέςθωρακίσεις στην είσοδο του φορτίου και οι ξύστρες των ιμάντων.

2.3.4.4 Απαιτούμενη τάση για να υπερκαλύψουμε την αντίσταση των θωρακίσεων T_{us} και της αντίστασης σκούπας

$$T_{us} = \frac{9.8 * f_s * Q * L_s}{S * b}$$

T_{us} : τάση για την υπερκάλυψη από την αντίσταση στις θωρακίσεις σε N

f_s : συντελεστής τριβής στις θωρακίσεις

Q : μάζα του φορτίου ανά μονάδα μήκους σε kg/m

L_s : μήκος των θωρακίσεων σε m

S : ταχύτητα της ταινίας σε m/s

b : η απόσταση ανάμεσα στις θωρακίσεις

Τάση για να υπερκαλύψουμε την αντίσταση στις σκούπες

$$T_{uc} = A * \rho * f_c$$

T_{uc} : τάση για την υπερκάλυψη της αντίστασης από τις σκούπες σε N

A: επιφάνεια επαφής της ταινίας με τις σκούπες σε m^2

f_c : συντελεστής τριβής από τις σκούπες

ρ : πίεση της σκούπας στη ταινία σε N/m^2

Πίνακας 2.11: συντελεστές τριβής

Symbol	Description	Value of the friction factor			
		Normal operating conditions. Horizontal length up to 250 meters.	Normal operating conditions. Horizontal length more than 250 meters.	Very well aligned structure with no tilted idlers etc. Horizontal length more than 500 meters.	Regenerative conveyor.
f_c	Friction coefficient for scrapers	0,600	0,600	0,600	0,600
f_s	Friction coefficient for skirt boards	0,650	0,650	0,650	0,650
f_x	Friction coefficient for empty belt	0,022	0,020	0,020	0,018
f_y	Friction coefficient for loaded belt	0,027	0,022	0,020	0,018

Κινούμενα μέρη απαιτούν πρόσθετες στο σύστημα και συνεπώς θα προστεθεί παραπάνω τάση. Εάν η μάζα των πρόσθετων τροχαλιών έχει συμπεριληφθεί στη μάζα των κινούμενων μερών, τότε δεν προστίθεται επιπλέον τάση. Ωστόσο αν απαιτείται ένας ξεχωριστός υπολογισμός της τάσης για την υπέρβαση της αντίστασης των πρόσθετων τροχαλιών, αυτό μπορεί να καθοριστεί για κάθε πρόσθετη τροχαλία ως εξής:

$$T_u = 0.01 \frac{d_0 * T_1}{D_t}$$

Οπού:

T_u : τάση που απαιτείται για την υπερκάλυψη των αντιστάσεων στα εξαρτήματα σε N

d_0 : διάμετρος των ρουλεμάν στα τύμπανα σε mm

D_t : διάμετρος του τυμπάνου σε mm

2.3.4.5 Διορθωμένο μήκος L_c

Οι βραχείς μεταφορικές ταινίες απαιτούν μεγαλύτερη δύναμη για να ξεπεράσει τις αντιστάσεις τριβής σε σχέση με τις μακριές ταινίες μεταφοράς και χρειάζεται να γίνεται προσαρμογή στο μήκος του μεταφορέα που χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό της δραστηκής

τάσης. Το προσαρμοσμένο μήκος είναι πάντα μεγαλύτερο από το πραγματικό οριζόντιο μήκος.

$$L_c = L * C_L$$

Οπού:

L_c : διορθωμένο μήκος

L : πραγματικό μήκος ταινίας

C_L : συντελεστής διόρθωσης, που δίνεται από τους παρακάτω:

Πίνακας 2.12: πίνακας εύρεσης συντελεστή C_L

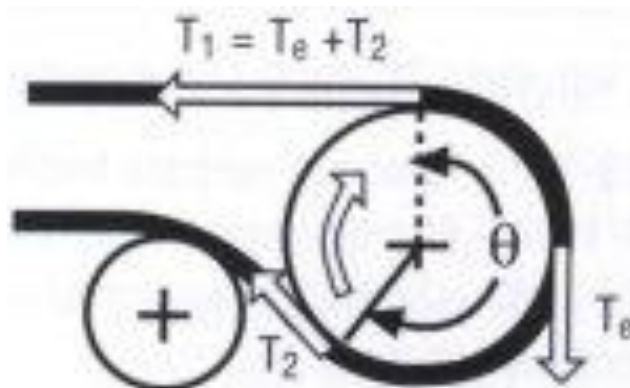
Μήκος ταινίας (m)	3	4	5	6	8	10	13	16	20	25	32	40
C_L	9	5.6	6.6	5.9	5.1	4.5	4	3.6	3.2	2.9	2.6	2.4

Πίνακας 2.13: πίνακας εύρεσης συντελεστή C_L

Μήκος ταινίας (m)	50	63	80	100	125	160	200	250	320	400	500
C_L	2.2	2	1.8	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3	1.2	1.1	1.05

2.3.4.6 Μέγιστη τάση και τάση χαλαρής πλευράς του ιμάντα

Όλοι οι μεταφορείς χρειάζονται πρόσθετη τάση στον ιμάντα για να επιτρέψουν στην τροχαλία κίνησης να μεταδώσει την απαιτούμενη τάση στον ιμάντα χωρίς ολίσθηση. Αυτή η ένταση που ονομάζεται τάση χαλαρής πλευράς T_2 , προκαλείται από το σύστημα απορρόφησης. Στην περίπτωση ενός απλού οριζόντιου μεταφορέα η μέγιστη τάση του ιμάντα, T_1 είναι το άθροισμα της πραγματικής τάσης με την T_e με την τάση χαλαρής πλευράς T_2 .



Σχήμα 2. 10: Εύρεση μέγιστης τάσης και τάσης χαλαρής πλευράς

Για πιο περίπλοκα συστήματα, όπου υπάρχουν και κεκλιμένες μεταφορικές ταινίες, παρουσιάζονται επιπρόσθετες τάσεις λόγω της μάζας του ιμάντα στη σημεία όπου παρουσιάζεται κλίση. Αυτή η ένταση ονομάζεται τάση κλίσης T_h και αυξάνει την ολική τάση.

$$T_1 = T_e + T_2 + T_h$$

Οπού:

T_1 : μέγιστη τάση στη ταινία σε N

T_2 : τάση της χαλαρής πλευράς σε N

T_h : τάση κλίσης σε N

Η τάση χαλαρής πλευράς καθορίζεται λαμβάνοντας υπόψη δύο συνθήκες που πρέπει να πληρούνται σε οποιαδήποτε σύστημα μεταφοράς με μεταφορική ταινία. Η πρώτη προϋπόθεση είναι ότι πρέπει να υπάρχει η απαραίτητη τάση στη χαλαρή πλευρά για να αποφευχθεί η ολίσθηση του ιμάντα στη μονάδα. Η δεύτερη προϋπόθεση είναι ότι πρέπει να παρέχει αρκετή τάση ώστε να αποφευχθεί το κρέμασμα της ταινίας μεταξύ των ράουλων.

2.3.4.7 Ελάχιστη τάση για την αποφυγή της ολίσθησης T_m

Στο σημείο της ολίσθησης η σχέση μεταξύ των τάσεων T_1 και T_2 είναι:

$$\frac{T_1}{T_2} = e^\theta$$

Και αφού $T_1 = T_e + T_2$ τότε θα έχουμε:

$$T_2 = \frac{1}{e^\theta - 1} * T_e = k * T_e$$

T_1 : μέγιστη τάση στη ταινία σε N

T_2 : τάση της χαλαρής πλευράς σε N

Ο λόγος κονομάζεται συντελεστής κίνησης, και η τιμή του T_2 που απλά εμποδίζει την ολίσθηση αναφέρεται ως ελάχιστη τιμή για να αποφευχθεί η ολίσθηση T_m και ως εκ τούτου θα έχουμε:

$$T_m = T_e * k$$

T_m : ελάχιστη τάση για την αποφυγή της ολίσθησης σε N

k : συντελεστής οδήγησης

Πίνακας 2.14: Τιμές συντελεστή οδήγησης k

Angle of Belt Wrap at Drive	Type of Drive	Screw Take-up		Gravity or Automatic Winch Take-up	
		Bare Pulley	Lagged Pulley	Bare Pulley	Lagged Pulley
150	Plain	1,5	1,0	1,08	0,670
160	Plain	1,4	0,9	0,99	0,600
170	Plain	1,3	0,9	0,91	0,550
180	Plain	1,2	0,8	0,84	0,500
190	Snubbed	1,1	0,7	0,77	0,450

200	Snubbed	1,0	0,7	0,72	0,420
210	Snubbed	1,0	0,7	0,67	0,380
220	Snubbed	0,9	0,6	0,62	0,350
230	Snubbed	0,9	0,6	0,58	0,320
240	Snubbed	0,8	0,6	0,54	0,300
340	Dual	0,5	0,4	0,29	0,143
360	Dual	0,5	0,4	0,26	0,125
380	Dual	0,5	0,3	0,23	0,108
400	Dual	0,5	0,3	0,21	0,095
420	Dual	0,4	0,3	0,19	0,084
440	Dual			0,17	0,074
460	Dual			0,15	0,064
480	Dual			0,14	0,056

2.3.4.8 Ελάχιστη τάση για την αποφυγή της βύθισης του ιμάντα ανάμεσα στα ράουλα

Η τάση που απαιτείται για τον περιορισμό της βύθισης του ιμάντα εξαρτάται από τη μάζα του ιμάντα και του μεταφερόμενου φορτίου, την απόσταση των παρασυρόμενων ράουλων και το επιτρεπόμενο ποσοστό που μπορεί να κρεμάσει ο ιμάντας χωρίς να υπάρχει κίνδυνος πρόκλησης βλάβη τόσο στον μεταφορέα όσο και στο φορτίο.

$$T_s = 9,8 * S * f_x(B + Q) * l_d$$

Οπού:

Ts: ελάχιστη τάση για την αποφυγή της βύθισης σε N

S: ταχύτητα της ταινίας σε m/s

f_x: συντελεστής τριβής για άδεια ταινία

B: μάζα της ταινίας ανά μονάδα μήκους σε kg/m

Q: μάζα του φορτίου ανά μονάδα μήκους σε kg/m

l_d: απόσταση ανάμεσα στα ράουλα

Πίνακας 2.15: συντελεστής κλίσης ανάλογα το ποσοστό κλίσης

Percentage Sag	Sag Factor S _f
3%	4,2
2%	6,3
1,5%	8,4

Πίνακας 2.16: προτεινόμενες αποστάσεις ανάμεσα στα ράουλα

Belt Width (mm)	Troughing Idler - (m)							Return Idlers (m)
	Bulk Density of Material (t/m ³)							
	0,5	0,8	1,2	1,6	2,0	2,5	3,0	
450	1,5	1,5	1,5	1,4	1,4	1,4	1,4	3
600	1,5	1,5	1,5	1,4	1,4	1,2	1,2	3
750	1,5	1,4	1,4	1,2	1,2	1,2	1,0	3
900	1,4	1,4	1,2	1,2	1,0	1,0	1,0	3

1050	1,2	1,2	1,0	1,0	1,0	1,0	0,9	3
1200	1,2	1,2	1,0	1,0	1,0	0,9	0,9	3
1350	1,2	1,0	1,0	1,0	0,9	0,9	0,9	3
1500	1,2	1,0	1,0	1,0	0,9	0,9	0,9	3
1650	1,2	1,0	1,0	0,9	0,9	0,9	0,9	3
1800	1,2	1,0	1,0	0,9	0,9	0,9	0,8	3
2000 and over	1,0	1,0	0,9	0,9	0,9	0,8	0,8	3

Η τιμή της τάση στη χαλαρή πλευρά πρέπει να διασφαλίζει ότι και οι δύο συνθήκες πληρούνται και ως εκ τούτου η T2 πρέπει να είναι μεγαλύτερη από τις Tm, Ts.

2.3.4.9 Τάση της κλίσης Th

Η τάση κλίσης είναι το αποτέλεσμα από το βάρος του μεταφερόμενου υλικού και του κατακόρυφου ανυψωτήρα και έχει τη μέγιστη τιμή στο υψηλότερο σημείο του μεταφορέα.

$$Th = 9.8 * B * H$$

Οπού:

Th: ένταση κλίσης σε N

B: μάζα της ταινίας ανά μονάδα μήκους σε kg/m

H: μεταβολή του ύψους στο μήκος της ταινίας σε m

2.3.4.10 Τάση του ιμάντα ανά μονάδα μήκους

Η μέγιστη ένταση του ιμάντα T1 έχει ως πλάτος αναφοράς, το ολικό πλάτος της ταινίας. Συνήθως αυτό μετατρέπεται στη τάση ανά μονάδα πλάτους ιμάντα καθώς αυτή είναι η διάσταση αναφοράς για τις δυνάμεις του ιμάντα.

$$T = \frac{T_1}{W}$$

Οπού:

T: η ανά μονάδα μήκους τάση του ιμάντα σε kN/m

T1: μέγιστη τιμή της τάσης σε N

W: πλάτος της ταινίας σε mm

2.3.4.11 Απορροφούμενη ισχύς

Η ποσότητα ισχύος που απαιτείται από τον μεταφορέα είναι εξ ορισμού ισχύς ίση με τη παραγωγή της εφαρμοσμένης δύναμης και της ταχύτητας με την οποία ο μεταφορέας κινείται. Η εφαρμοσμένη δύναμη είναι η πραγματική τάση και επομένως η ισχύς που απαιτείται στον άξονα της τροχαλίας είναι:

$$P = T e * S$$

Οπού:

P: απορροφημένη ισχύς σε Watt

Te: πραγματική τάση σε N

S: ταχύτητα του ιμάντα σε m/s

2.3.5 Επιλογές του κινητήρα και του συστήματος οδήγησης

Η απαιτούμενη ισχύς που απαιτείται για την κίνηση της μεταφορικής ταινίας είναι εξαρτημένη από τα εξής χαρακτηριστικά:

- 1) Την ισχύ που απαιτείται για την κίνηση σε άδεια ταινία.
- 2) Την ισχύ που απαιτείται για την οριζόντια μετακίνηση το φορτίου.
- 3) Την ισχύ που απαιτείται για την κατακόρυφή μετακίνηση του φορτίου.
- 4) Την ισχύ που απαιτείται για την εξάλειψη των απωλειών από την τριβή στα πρόσθετα εξαρτήματα της ταινίας
- 5) Την ισχύ που απαιτείται για την επιτάχυνση της ταινίας.

Το άθροισμα των τεσσάρων πρώτων τιμών είναι η ισχύς που απαιτείται για την κίνηση της ταινίας. Η επιτάχυνση είναι απαραίτητη μόνο κατά την εκκίνηση και κατά την μεταβολή του φορτίου. Ο πιο συνηθισμένος τρόπος υπολογισμού της απαιτούμενης ισχύος είναι με την άθροιση των παραπάνω τιμών και τον πολλαπλασιασμό τους με ένα συντελεστή 1,1 και να επιλέξουμε το επόμενο μεγαλύτερο μέγεθος. Το αποτέλεσμα που προκύπτει από την τιμή της επιτάχυνσης, τον συντελεστή 1,1 και την στρογγυλοποίηση προς τα πάνω, προκύπτει ότι η ταινία θα λειτουργεί στο 70% της μέγιστης δυνατής ισχύος της για την σχεδιασμένη ποσότητα υλικού που θα μεταφέρει. Αυτός είναι ένας αξιόπιστος τρόπος λειτουργίας καθώς οι κινητήρες έχουν μεγαλύτερη απόδοση σε αυτό το εύρος και επιτρέπει την ασφαλή λειτουργία σε περιπτώσεις ξαφνικών υπερφορτώσεων της ταινίας αλλά και εκκινήσεων με φορτίο.

Ο κινητήρας θα πρέπει να έχει και τον κατάλληλο βαθμό προστασίας ανάλογα του περιβάλλοντος στο οποίο βρίσκεται.

2.3.6 Απαιτούμενα Μέτρα Προστασίας

Οι μεταφορικές ταινίες και τα σημεία φόρτωσης τους, είναι επικίνδυνα καθώς έχουν πολλά σημεία στα οποία μπορεί να πιαστεί κάποιο άκρο ή ρούχα και προκληθεί μέχρι και δυστύχημα. Σε μια ταινία υπάρχουν μεγάλες δυνάμεις που ασκούνται για τη μεταφορά του φορτίου. Όσοι πρόκειται να εργαστούν στη ταινία και στον ταινιοδιάδρομο θα πρέπει να λαμβάνουν αυστηρά μέτρα προστασίας.

Για την ασφαλή λειτουργία, αλλά και για την ασφάλεια του τεχνικού προσωπικού που χειρίζεται τις ταινίες, πρέπει να ληφθούν και να τηρούνται αυστηρά μέτρα προστασίας.

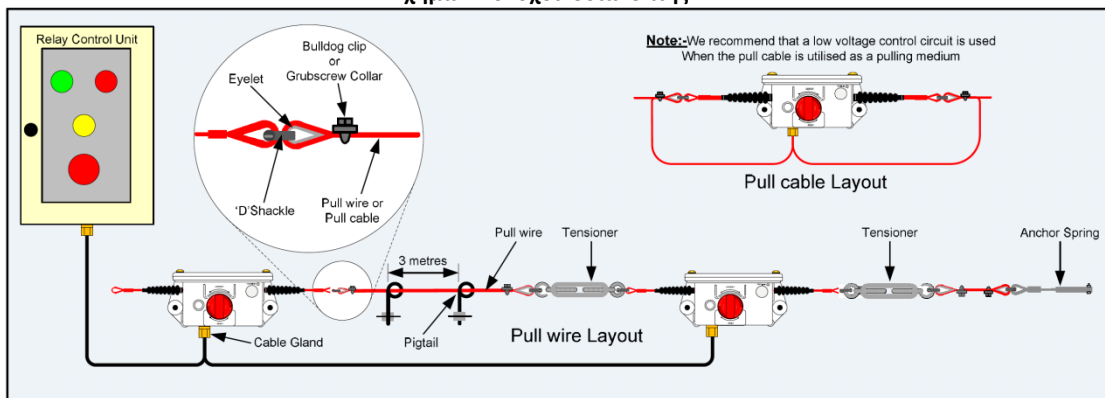
Τα συνήθη μέτρα προστασίας σε ένα ταινιοδιάδρομο είναι:

A) **σχοινοδιακόπτης:** Ο σχοινοδιακόπτης εκτείνεται κατά μήκος στον διάδρομο όπου υπάρχει κίνδυνος επαφής ανθρώπου με κινούμενα μέρη

(σε περίπτωση που ο διάδρομος έχει πρόσβαση και από τις δύο πλευρές του, τότε τοποθετούμε σχοινοδιακόπτη και από τις δύο πλευρές). Ο σχοινοδιακόπτης συμπεριφέρεται σαν μανιτάρι κινδύνου (emergency pushbutton, **υπάρχουν και το μπουτόν κινδύνου ανεξάρτητα από το σχοινοδιακόπτη**), όπου μέσω μιας κανονικά κλειστής επαφής σε περίπτωση επαφής ανθρώπου με το σχοινοδιακόπτη θα διακοπεί αυτόματα παροχή τάσης στους κινητήρες του ταινιοδιαδρόμου και ακινητοποιηθεί.



Σχήμα 2.10: σχοινοδιακόπτης



Σχήμα 54: ηλεκτρικό κύκλωμα με σχοινοδιακόπτη

Β) **Προφυλακτήρες:** είναι σημαντικό να υπάρχουν σε όσα σημεία μπορεί να πιαστούν εργαζόμενοι προφυλακτήρες. Οι περιοχές κοντά στα κινούμενα μέρη, τύμπανα κίνησης, τάνυρες, αντίβαρα κτλ. πρέπει να είναι κλειστά σε κάθε προσπέλαση από εργαζόμενο. Οι προφυλακτήρες είναι κατάλληλα σχεδιασμένοι ώστε να διευκολύνουν τις εργασίες. Μετά από κάθε συντήρηση όπου χρειάζεται και απομάκρυνση των προφυλακτών, θα πρέπει πριν από την επανέναρξη λειτουργίας να ανατοποθετηθούν πάλι στη θέση τους.



Σχήμα 2. 11: κάλυμμα μεταφορικής ταινίας



Σχήμα 2. 12: προφυλακτήρες μεταφορικής ταινίας

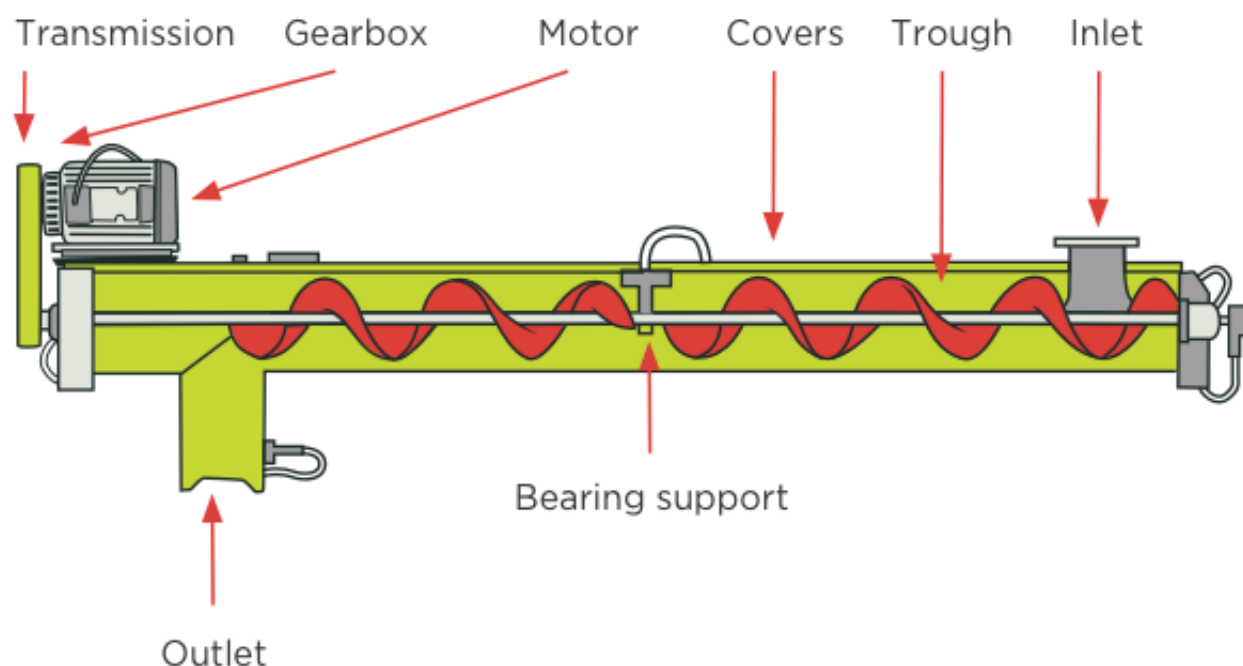
2.4 Μεταφορά Φορτίου Με Κοχλίες

2.4.1 Εισαγωγή

Οι σωληνοειδείς κοχλίες είναι ένα ελικοειδές σπείρωμα μέσα σε ένα σωλήνα για μετακίνηση υγρών ή χύδην υλικών. Οι σωληνοειδείς κοχλίες σε πολλές βιομηχανίες χρησιμοποιούνται για τη μεταφορά χύμα υλικού. Οι κοχλίες χρησιμοποιούνται συνήθως σε οριζόντια ή σε μικρή κλίση για τη μεταφορά του υλικού. Ο πρώτος κοχλίας φτιάχτηκε από τον Αρχιμήδη για την άντληση νερού.

2.4.2 Δομή Των Μεταφορικών Κοχλιών

Οι κοχλίες αποτελούνται συνήθως από μια σκάφη ή σωλήνα, ο οποίος περιέχει σπειροειδή σπειρώματα ή ένα συνεχές σπείρωμα κατά μήκος του σωλήνα. Ο ρυθμός μεταφοράς του όγκου του υλικού είναι ανάλογος με τη ταχύτητα περιστροφής του άξονα του κοχλίου. Στις βιομηχανικές εφαρμογές ο κοχλίας χρησιμοποιείται ως ένας τροφοδότης μεταβλητής ταχύτητας, μεταβάλλοντας την ταχύτητα μεταφοράς του υλικού μέσω της μεταβολής της ταχύτητας περιστροφής του άξονα, στο ρυθμό που έχει οριστεί από την παραγωγική διαδικασία.



Σχήμα 2. 13: Δομή του κοχλία

Οι μεταφορικοί κοχλίες μπορούν να λειτουργήσουν και με ροή κεκλιμένη προς τα πάνω όταν το επιτρέπει ο χώρος, καθώς είναι μια οικονομική μέθοδος ανύψωσης.

Υπάρχει μεγάλη ποικιλία σε διαθέσιμους κοχλίες διαφορετικών μεγεθών και ικανότητας μεταφοράς. Είναι σχεδιασμένοι για τσιμέντο αλλά και για άλλα χύδην υλικά που χρησιμοποιούνται στη βιομηχανία δομικών υλικών όπως άμμος, ασβεστόλιθος, ιπτάμενη τέφρα, γύψος, φίλλερ κ.α. Στους παρακάτω πίνακες φαίνονται οι τυποποιημένες διαστάσεις κοχλιών με την προτεινόμενη ισχύ του ηλεκτρομειωτήρα καθώς και η επιρροή της γωνίας λειτουργίας τους. Υπάρχουν και μεγαλύτερες διαστάσεις Ø407, Ø457 κατόπιν ειδικής παραγγελίας.

Πίνακας 2.17: επιλογή του κινητήρα με βάση τις διαστάσεις του κοχλία

Μήκος(m)	Διαστάσεις Φ(mm) - Θεωρητική Ικανότητα(t/h)						
	Φ114 - 4t/h	Φ139 - 9t/h	Φ168 - 17t/h	Φ193 - 27t/h	Φ219 - 40t/h	Φ273 - 90t/h	Φ323 - 113t/h
	Ισχύς κινητήρα(kw)						
1	0.55	0.75	1.5	2.2	3.0	4.0	5.5
2	0.55	0.75	1.5	2.2	3.0	4.0	5.5
3	0.75	1.1	2.2	3.0	4.0	5.5	7.5
4	0.75	1.1	2.2	3.0	4.0	7.5	9.2

5	0.75	1.5	2.2	4.0	5.5	9.2	11
6	1.1	1.5	3.0	4.0	5.5	9.2	11
7	1.1	2.2	3.0	4.0	7.5	11	15
8	1.5	2.2	4.0	5.5	7.5	11	15
9	1.5	2.2	4.0	5.5	7.5	11	15
10	1.5	3.0	4.0	5.5	9.2	15	18.5
11	2.2	3.0	5.5	5.5	9.2	15	18.5
12	2.2	3.0	5.5	7.5	11	15	22
13	2.2	4.0	5.5	7.5	11	15	22

Πίνακας 2.18: όγκος μεταφοράς υλικού ανάλογα τη κλίση του κοχλία

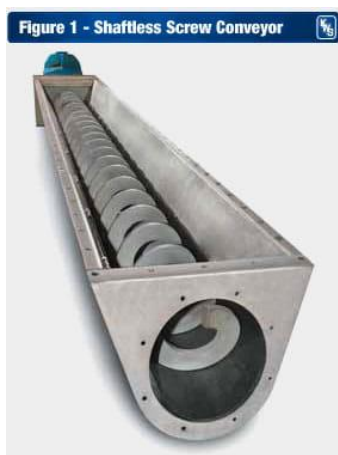
Γωνία	Θεωρητική Ικανότητα (m ³ /h) σε σχέση με την γωνία εγκατάσταση		
	Φ219	Φ273	Φ323
0°	39.5	76	104.1
10°	37	73	97.5
20°	34.6	68.4	91.2
30°	32.4	64	85.4
40°	30.3	59.9	80
45°	28	55.4	74

Οι κοχλίες τύπου "U" ή αλλιώς ανοικτού τύπου κοχλίες, διατίθενται σε τυποποιημένα μεγέθη Ø150 μέχρι Ø350 mm με ηλεκτρομειωτήρες προσαρμοσμένους απευθείας στον άξονα και καλύμματα στεγανοποίησης. Προορίζονται για χρήση σε διάφορες βιομηχανικές διαδικασίες ενώ στη βιομηχανία δομικών υλικών χρησιμοποιούνται κυρίως σε εγκαταστάσεις με σακόφιλτρα (συλλέγουν το φίλλερ στο κάτω μέρος του φίλτρου και το μεταφέρουν σε σιλό), για μεταφορά άμμου και άλλων χύδην υλικών.

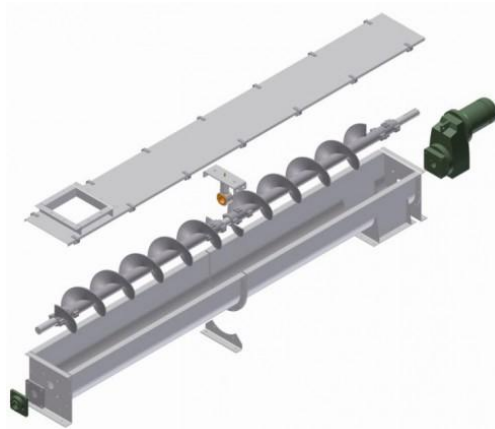
Κοχλίες τύπο "U" ειδικών προδιαγραφών χρησιμοποιούνται και στη βιομηχανία σκυροδέματος για μεταφορά του νωπού σκυροδέματος από ένα σημείο σε ένα άλλο εντός του εργοστασίου. Για τέτοιες εφαρμογές οι κοχλίες κατασκευάζονται με χρήση αντιδιαβρωτικών υλικών, χωρίς ενδιάμεσα ρουλεμάν και με καλύτερης ποιότητας στεγανά.

Οι κατακόρυφοι κοχλίες διατίθενται σε απευθείας κίνηση ή μέσω τροχαλιών. Το ύψος μεταφοράς του υλικού που εξαρτάται από τις

ανάγκες της εφαρμογής καθορίζει τις υπόλοιπες διαστάσεις. Σκοπός αυτών των κοχλιών είναι η κατακόρυφη μεταφορά (ανύψωση) μεγάλων ποσοτήτων χύδην υλικού, με απαίτηση για πολύ μικρό χώρο εγκατάστασης, εύκολη συντήρηση και μηδενική ρύπανση του περιβάλλοντος. Αυτοί οι ειδικοί κοχλίες κατασκευάζονται με χυτοσίδηρο ενδιάμεσα ρουλεμάν και χωρίς ακριανό ρουλεμάν στην κάτω πλευρά, με υψηλής ποιότητας εξαρτήματα και με ειδική τεχνογνωσία που μπορεί και εγγυάται υψηλές αποδόσεις και μεγάλη διάρκεια ζωής.



Σχήμα 2. 14: εσωτερικό του κοχλίου



Σχήμα 2. 15: τμήματα του κοχλίου

2.4.3 Είσοδος Του Υλικού

Πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή κατά τον έλεγχο φόρτωσης του μεταφορέα, δεδομένου ότι έχει σχεδιαστεί για να χειρίζεται συγκεκριμένο και μέγιστο όγκο υλικού. Ενδέχεται να προκληθούν προβλήματα όταν ένας μεταφορέας τροφοδοτείται από ένα μέσω αποθήκευσης χωρίς τη χρήση κάποιου μηχανισμού ελέγχου του ρυθμού εισόδου. Εάν ο ρυθμός ροής του υλικού δεν είναι αυτόματα ελεγχόμενος ή δεν είναι εφικτή άλλος τρόπος ελέγχου, ένας κοχλίας τροφοδοσίας ή κάποιος άλλος έλεγχος να ενσωματωθεί ώστε να γίνει ο έλεγχος της ροής και να παρέχουμε σταθερή και ομαλή ροή στο σύστημα. Με αυτό τον τρόπο αποφεύγονται περιπτώσεις υπερφόρτωσης.

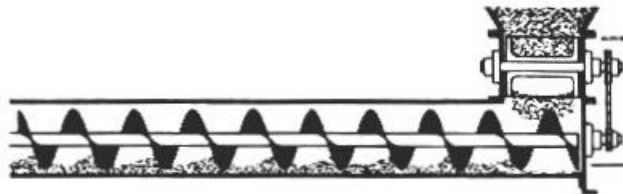
Κοχλίες τροφοδοσίας

Οι κοχλίες τροφοδοσίας αποτελούνται από ένα ειδικό σύστημα κοχλίου μεταφοράς, που περικλείεται εντός σωληνοειδούς καλύμματος. Αυτοί χρησιμοποιούνται για την απομάκρυνση του υλικού με προκαθορισμένο ρυθμό από το χώρο αποθήκευσης στην είσοδο του κοχλίου.



Περιστροφικοί τροφοδότες

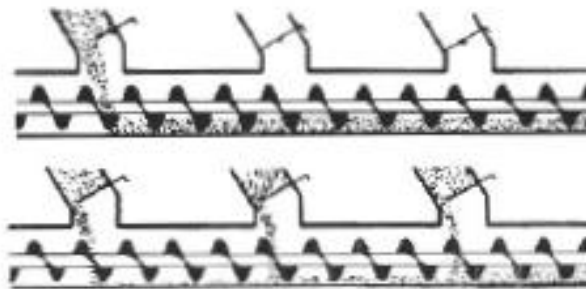
Οι περιστροφικοί τροφοδότες χρησιμοποιούν έναν κυλινδρικό ρότορα με θύλακες συγκεκριμένου όγκου που παρέχει μια σταθερή ροή του υλικού. Η ταχύτητα μεταφοράς του υλικού εξαρτάται από την ταχύτητα περιστροφής του δρομέα. Αυτές οι μονάδες συχνά τροφοδοτούνται από το σύστημα οδήγησης του μεταφορικού κοχλία χωρίς την ανάγκη για πρόσθετο σύστημα για την κίνηση του.



Σχήμα 2. 16: Σύστημα περιστρεφόμενου φορτωτή

Σύστημα πολλαπλών εισόδων

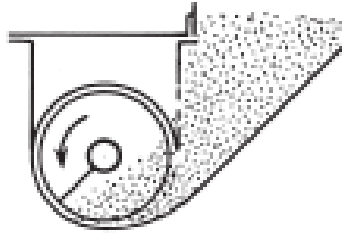
Οι εγκαταστάσεις συχνά απαιτούν την χρήση μεταφορέων με πολλαπλές εισόδους τροφοδοσίας από διαφορετικές πηγές είτε μεμονωμένα είτε ταυτόχρονα. Όταν μια είσοδος θα είναι ανοικτή ανά πάσα στιγμή, μια άλλη πύλη ή θα είναι κλειστή ή θα έχει περιορισμό στο στόμιο της και δε θα επιτρέπει την υπερφόρτωση του μεταφορέα. Όταν υπάρχουν περισσότερες από μία πύλες ανοικτές, πρέπει να ληφθεί μέριμνα ώστε να περιοριστεί η ροή από το καθένα έτσι ώστε το συνολικό ποσοστό δε θα υπερβαίνει τα όρια του μεταφορικού κοχλία.



Σχήμα 2. 17: σύστημα τροφοδοσίας με πολλαπλές εισόδους

Πλευρική φόρτωση

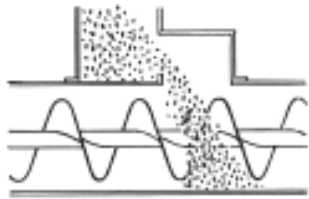
Τα συστήματα με πλευρικές εισόδους είναι εξοπλισμένα με μια πύλη για την παροχή ενός μέσου ρύθμισης ή τερματισμού της ροής εισόδου για να «αποφορτιστεί» ο μεταφορικός κοχλίας από την υπερβολική πίεση του μεταφερόμενου υλικού. Όταν χρησιμοποιείται πλευρική είσοδος, ο κοχλίας θα πρέπει να περιστρέφεται προς την είσοδο ώστε να εξασφαλίζει σταθερή ροή.



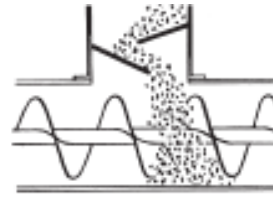
Σχήμα 2. 18: πλευρική φόρτωση

Εκτροπή στην είσοδο

Σε ορισμένες περιπτώσεις όπου απαιτείται κατακόρυφη είσοδος του υλικού, υπάρχει πιθανότητα πρόκλησης βλάβης λόγω της αδράνειας του υλικού ή από τα εξογκώματα του. Το πρόβλημα αυτό μπορεί να ξεπεραστεί με την χρήση πλακών για την εκτροπή του υλικού, ή ενός θαλάμου για συσσώρευση του υλικού στην είσοδο του στομίου.



Σχήμα 2. 19: Σύστημα με εκτροπή στην είσοδο με δωμάτιο αποθήκευσης



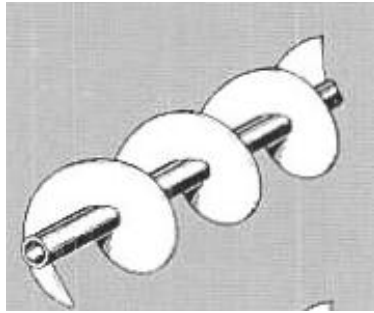
Σχήμα 2. 20: σύστημα με εκτροπή με χρήση πλακών

2.4.4 Είδη Των Κοχλιών

Υπάρχουν διάφορες κατηγορίες μεταφορικού κοχλία όπου ποικίλουν ανάλογα με το υλικό που μεταφέρεται και από τη κατασκευή του συστήματος του κοχλία.

Ελικοειδής κοχλίες

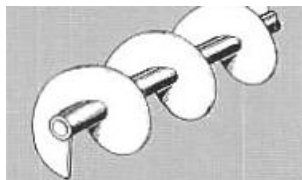
Το ελικοειδές σπείρωμα σχηματίζεται από μια συνεχή έλικα κατά μήκος του άξονα, και είναι κατεργασμένο ώστε να έχει αντοχή στις συνθήκες εργασίας. Το σπείρωμα στερεώνεται στον αγωγό με διαλείπουσες συγκολλήσεις με χαλύβδινα άκρα.



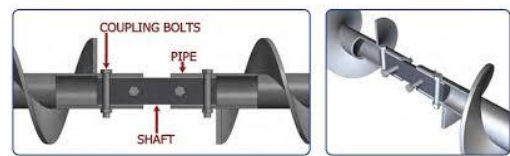
Σχήμα 2. 21: ελικοειδής κοχλίας

Τμηματικοί μεταφορικοί κοχλίες

Τα τμήματα του κοχλία ενώνονται μεταξύ τους σε ειδικά δομημένες πλάκες, και σχηματίζουν μια έλικα από τη μία άκρη στην άλλη μέσα στο σωλήνα. Τα σπειρώματα μπορούν να συγκολληθούν συνεχώς σε ένα ή και στα δύο αν χρειαστεί.



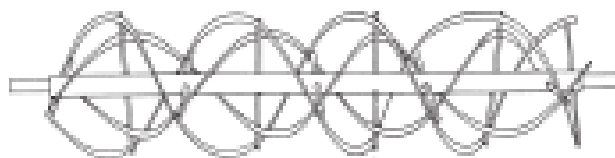
Σχήμα 2. 22: τμηματικός μεταφορικός κοχλίας



Σχήμα 2. 23: ένωση τμημάτων μεταφορικού κοχλία

Κοχλίες μεταφοράς τύπου κορδέλας

Το σπείρωμα με κορδέλες χρησιμοποιείται συνήθως για την μεταφορά κολλωδών υλικών το οποία συσσωρεύονται στα σημεία που διασταυρώνεται το σπείρωμα με τον σωλήνα. Ο ανοικτός σχεδιασμός τους ελαχιστοποιεί αυτό το πρόβλημα. Εφαρμόζονται επίσης και για την ανάμειξη των ξηρών υλικών στην μεταφορά όσο το διασταυρωμένο φορτίο είναι μεγαλύτερο από την επιφάνεια του σπειρώματος. Ο σωλήνας έχει εσωτερικά περιλαίμια τα οποία συγκολλούνται στον άξονα.



Σχήμα 2. 24: κοχλίας τύπου κορδέλας

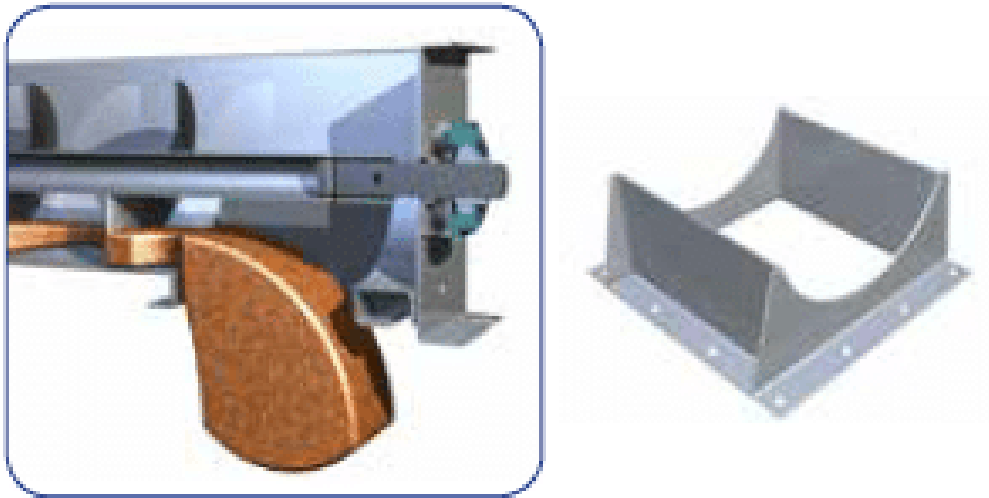
2.4.5 Χοάνες Εξόδου Φορτίου

Τα στόμια εκφορτώσεως του κοχλία είναι συνήθως τοποθετημένα στο ένα άκρο του μεταφορέα, στον πυθμένα του δοχείου. Τα χύδην υλικά

εξέρχονται από τον κοχλία μέσω του στομίου εκφόρτωσης. Πολλαπλές ράβδοι στο στόμιο εξαγωγής, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την διανομή του υλικού σε μεταγενέστερες διεργασίες. Οι πύλες εκφορτώσεις δε θα πρέπει να χρησιμοποιούνται στο τέλος του κοχλία, καθώς αν η πύλη είναι κλειστή ή έχει μπουκώσει υπάρχει κίνδυνος να προκληθεί βλάβη στον κοχλία.

Τυπικά στόμια εκφόρτωσης

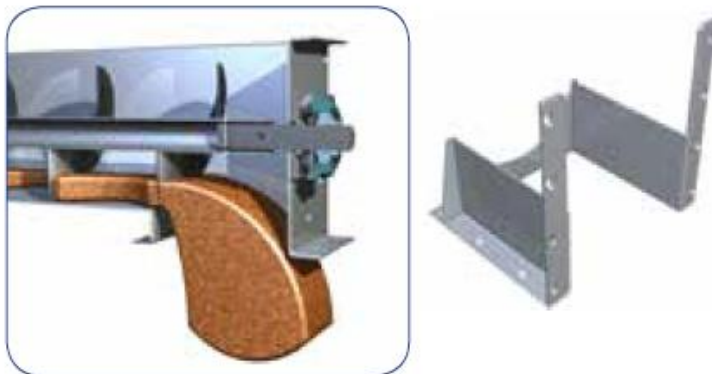
Τα τυπικά στόμια εκφορτώσεις συγκολλούνται στον πυθμένα του δοχείου τύπου U ή σωληνοειδούς περιβλήματος και μπορούν να τοποθετηθούν οπουδήποτε κατά μήκος ενός κοχλιοφόρου μεταφορέα.



Σχήμα 2. 25: τυπικό στόμια εκφόρτωσης

Πλήρης έξοδος στο τέλος του κοχλία

Τα στόμια εκκενώσεως του άκρου εξόδου, είναι πλήρως συγκολλημένο στο άκρο του σωλήνα, προκειμένου να μεγιστοποιηθεί το μήκος της κοιλότητας.



Σχήμα 2. 26: έξοδος του υλικού στο τέλος του σωλήνα

Χειροκίνητη έξοδος

Μια πύλη χειροκίνητης ολίσθησης είναι η απλούστερη μορφή εξόδου καθώς χρησιμοποιεί μια πλάκα ολίσθησης, διαχωριστικό και μια φλάντζα που συγκρατείτε το στόμιο εκροής.



Σχήμα 2. 27: στόμια για χειροκίνητη έξοδο

Ανοικτό άκρο στο τέλος του κοχλία

Τα στόμια εκφόρτωσης ανοικτού άκρου χρησιμοποιούν μια κρεμαστά ώστε να συγκρατούν το έδρανο και τον άξονα του κοχλία και επιτρέπουν την έξοδο του υλικού από το στόμιο. Οι κοχλίες με ανοικτό το άκρο επιτρέπουν την μέγιστη μεταφορά υλικού στο μήκος της σκάφης.



Σχήμα 2. 28: στόμιο με ανοικτό το άκρο το κοχλία

2.4.6 Βήματα Για Την Σχεδίαση Του Μεταφορικού Κοχλίου

Υπάρχουν πολλοί παράγοντες που πρέπει να ληφθούν υπόψη για τον σωστό σχεδιασμό ενός μεταφορικού κοχλίου.

Βήμα 1. Καθορισμός των χαρακτηριστικών του υλικού

Βήμα 2. Καθορισμός του μεγέθους του κοχλίου και της ταχύτητας με βάση την ικανότητα μεταφοράς του φορτίου.

Αφού προσδιορίσουμε τα χαρακτηριστικά του υλικού που πρόκειται να μεταφέρουμε, το επόμενο βήμα είναι ο υπολογισμός της χωρητικότητας σε κυβικά μέτρα ανά ώρα. Χρησιμοποιούμε πάντα την χαμηλότερη δυνατότητα όγκου κατά τον υπολογισμό της ικανότητας για να έχουμε υψηλότερη δυναμική ογκομετρική χωρητικότητα. Ο υπολογισμός της χωρητικότητας δίνεται από την παρακάτω σχέση:

$$Capacity \left(\frac{ft^3}{hr} \right) = \frac{capacity \left(\frac{lb}{hr} \right)}{density \left(\frac{kg}{ft^3} \right)}$$

$$SC = CFH * CF$$

SC: επιλεγόμενη χωρητικότητα

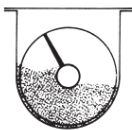
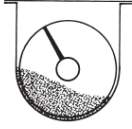
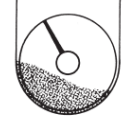
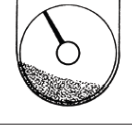
CFH: απαιτούμενη χωρητικότητα σε $\frac{ft^3}{hr}$

CF: συντελεστής χωρητικότητας

Η επιλογή της χωρητικότητας θα χρησιμοποιηθεί για να μπορεί να γίνει η κατάλληλη ταχύτητα και διάμετρος του κοχλίου. με τον συντελεστή συνιστάμενης φόρτωσης και την υπολογισμένη χωρητικότητα επιλέγουμε τη σωστή διάμετρο του κοχλίου.

Η πραγματική ταχύτητα του κοχλίου υπολογίζονται διαιρώντας την επιλεγμένη χωρητικότητα με την ταχύτητα περιστροφής 1rpm.

Πίνακας 19: Τιμές ικανότητας μεταφοράς σε μια περιστροφή ανά λεπτό με βάση τη διάμετρο του κοχλίου

Trough Loading		Screw Diameter Inch	Capacity Cubic Feet Per Hour (Full Pile)		Max. RPM
			At One RPM	At Max. RPM	
45%		4	0.62	114	154
		6	2.23	368	165
		9	8.20	1270	155
		10	11.40	1710	150
		12	19.40	2820	145
		14	31.20	4370	140
		16	46.70	6360	130
		18	67.60	8120	120
		20	93.70	10900	110
		24	164.00	16400	100
		30	223.00	29070	90
30% A		4	0.41	53	130
		6	1.49	180	120
		9	5.45	545	100
		10	7.57	720	95
		12	12.90	1160	90
		14	20.80	1770	85
		16	31.20	2500	80
		18	45.00	3380	75
		20	62.80	4370	70
		24	109.00	7100	65
		30	216.00	12960	60
30% B		4	0.41	29	72
		6	1.49	90	60
		9	5.45	300	55
		10	7.60	418	55
		12	12.90	645	50
		14	20.80	1040	50
		16	31.20	1400	45
		18	45.00	2025	45
		20	62.80	2500	40
		24	109.00	4360	40
		30	216.00	7560	35
15%		4	0.21	15	72
		6	0.75	45	60
		9	2.72	150	55
		10	3.80	210	55
		12	6.40	325	50
		14	10.40	520	50
		16	15.60	700	45
		18	22.50	1010	45
		20	31.20	1250	40
		24	54.60	2180	40
		30	108.00	3780	35
36	184.40	5537	30		

$$Speed = \frac{SC}{Capacity \text{ at } 1 \text{ rpm}}$$

Βήμα 3: Η ιπποδύναμη που απαιτείται για τη λειτουργία ενός κοχλία βασίζεται στην σωστή τοποθέτηση, ομοιόμορφη και κανονική ταχύτητα τροφοδοσίας στο μεταφορέα και άλλα κριτήρια σχεδιασμού. Η απαίτηση της ιπποδύναμης είναι το σύνολο της ιπποδύναμης για την υπέρβαση της τριβής και ιπποδύναμης που απαιτείται για τη μεταφορά του υλικού σε καθορισμένο ρυθμό.

$$Hpf = \frac{L * n * F_d * f_b}{1000000}$$

ιπποδύναμη για λειτουργία χωρίς φορτίο

$$Hpm = \frac{C * L * W * F_f * F_m * F_p}{1000000}$$

ιπποδύναμη για λειτουργία με φορτίο

$$TotalHp = \frac{(HPf + Hpm) F_o}{e}$$

- L: συνολικό μήκος του κοχλία σε ft
- N: ταχύτητα περιστροφής σε rpm
- Fd: συντελεστής διαμέτρου κοχλία
- Fb: συντελεστής ρουλεμάν
- C: χωρητικότητα σε κυβικά μέτρα την ώρα
- W: βάρος του υλικού lbs/ft³
- Ft: συντελεστής μεταφοράς
- Fm: συντελεστής υλικού
- Fp: συντελεστής πέδιδου
- Fo: συντελεστής υπερφόρτιωσης
- e: συντελεστής οδήγησης

Πίνακας 2.20: πίνακας εύρεσης συντελεστή Fd

Conveyor Diameter Factor, F _d	
Screw Diameter (Inches)	Factor F _d
4	12.0
6	18.0
9	31.0
10	37.0
12	55.0
14	78.0
16	106.0
18	135.0
20	165.0
24	235.0
30	365.0
36	540.0

Πίνακας 2.21: Πίνακας εύρεση συντελεστή των ρ ουλεμάν

Hanger Bearing Selection		
Bearing Types		Hanger Bearing F_b
B	Ball	1.0
L	<i>Master</i> Bronze	
S	* Graphite Bronze	2.0
	* Oil Impregnated Bronze	
	* Oil Impregnated Wood	
	* Nylatron	
	* Nylon	
	* Teflon	
	* UHMW	
	* Melamine (MCB)	
	* Ertalyte [®] Quadrent	
	* Urethane	
H	* <i>Master</i> Hard Iron*	3.4
	* Hard Iron	4.4
	* Stellite	
	* Ceramic	
	* White Iron Alloy	

* Non lubricated bearings, or bearings not additionally lubricated.

Πίνακας 2.22: πίνακας εύρεσης συντελεστή μεταφοράς φορτίου

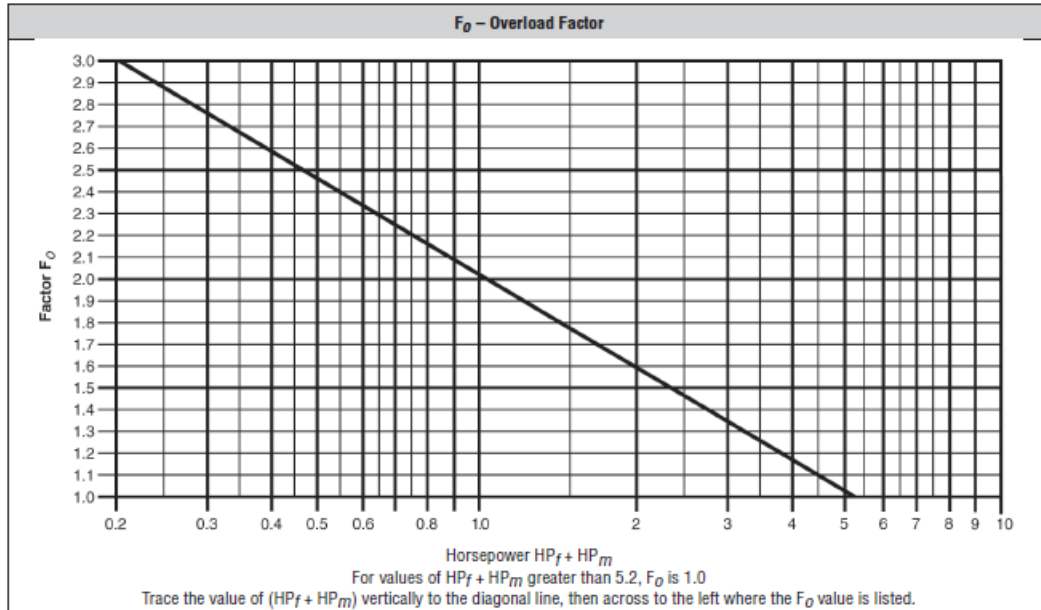
Flight Factor F_f				
Flight Type	F_f Factor for Percent Conveyor Loading			
	15%	30%	45%	95%
Standard	1.0	1.0	1.0	1.0
Cut Flight	1.10	1.15	1.20	1.3
Cut & Folded Flight	N.R.*	1.50	1.70	2.20
Ribbon Flight	1.05	1.14	1.20	—

*Not Recommended

Πίνακας 2.23: πίνακας εύρεσης συντελεστή πέδιλου

Paddle Factor F_p					
Standard Paddles per Pitch, Paddles Set at 45° Reverse Pitch					
Number of Paddles per Pitch	0	1	2	3	4
Paddle Factor – F_p	1.0	1.29	1.58	1.87	2.16

Πίνακας 2.24: πίνακας εύρεσης συντελεστή υπερφόρτωσης



Πίνακας 2.25: πίνακας εύρεσης του συντελεστή e

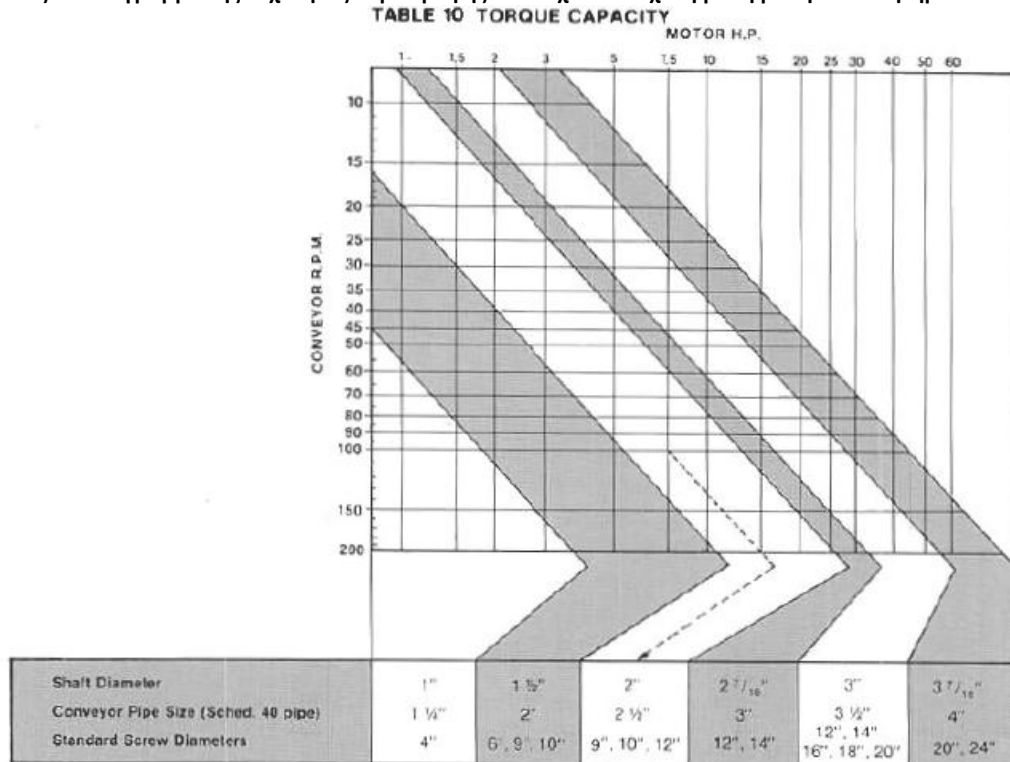
e Drive Efficiency Factor				
Screw Drive or Shaft Mount w/V-Belt Drive	V-Belt to Helical Gear and Coupling	Gearmotor w/ Coupling	Gearmotor w/ Chain Drive	Worm Gear
.88	.87	.95	.87	Consult Manufacturer

Αφού καθορίστηκε η ιπποδύναμη που απαιτεί ο κοχλίας, καθορίζουμε και τον αντίστοιχο κινητήρα με βάση το παρακάτω πίνακα. Ο πίνακας αυτός περιλαμβάνει παράγοντες που αντισταθμίζουν την πρόσθετη ενέργεια που απαιτείται για την εκκίνηση του κοχλίου με φορτίο στο εσωτερικό του, συνθήκες μπλοκαρίσματος και απώλειες του συστήματος μετάδοσης κίνησης

Πίνακας 26: αντιστοιχεί ιπποδύναμη που απαιτεί ο κοχλίας με την ιπποδύναμη του φορτίου

Conveyor H.P.	Motor H.P.	Conveyor H.P.	Motor H.P.
Up to 45	1	9.1 to 13.5	15
.46 to 67	1½	13.6 to 18.0	20
.68 to 90	2	18.1 to 22.5	25
.91 to 120	3	22.6 to 27.0	30
1.31 to 3.61	5	27.1 to 36.0	40
3.62 to 6.75	7½	36.1 to 45.0	50
6.76 to 9.00	10	45.1 to 54.0	60

Πίνακας 27: διάγραμμα της ταχύτητας περιστροφής του κοχλία σε σχέση με τη ροπή του κινητήρα



Βήμα 4: επιλογή Ρουλεμάν

Η επιλογή του υλικού των ρουλεμάν στα έδρανα στήριξης βασίζεται σε μεγάλο βαθμό από εμπειρικούς κανόνες και πρέπει να συνδυαστεί με μεγάλη προσοχή με τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του υλικού. Ο βασικός παράγοντας που επηρεάζει την απόδοση των εδράνων μεταξύ των διάφορων υλικών που φέρουν είναι ένας συντελεστής διαβάθμισης γνωστός ως PV (ταχύτητα πίεσης). Αυτή η τιμή είναι μια μαθηματική έκφραση PIA (rounds ανά ίντσα προβαλλομένης περιοχής) και του χρόνου φόρτωσης SMF (πόδια επιφάνειας το λεπτό). Έτσι η PV τιμή είναι η μέγιστη τιμή ταχύτητας και φορτίου που μπορεί να υποβληθεί σε ένα έδρανο.

Τρόπος μετάδοσης κίνησης

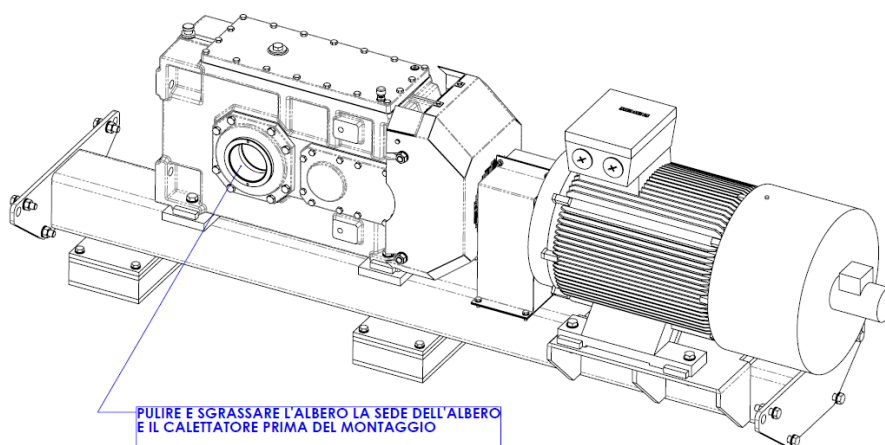
Υπάρχουν πολλοί τρόποι για την οδήγηση των μεταφορικών κοχλιών. Οι πιο συχνοί τρόποι που χρησιμοποιούνται είναι αναφέρονται παρακάτω. Ο ηλεκτροκινητήρας και το σύστημα μετάδοσης κίνησης τοποθετούνται στην έξοδο του φορτίου συνήθως.

Ζεύξη μεταφορικού κοχλία

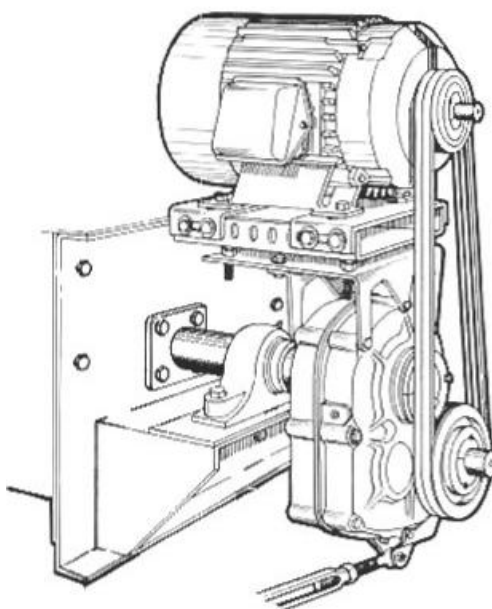
Οι μεταφορικοί κοχλίες περιέχουν ένα τροποποιημένο μειωτήρα στροφών με μέσο μετάδοσης κίνησης έναν ιμάντα που στο μοτέρ και στην ενσωματωμένη μονάδα. Αυτή η κατασκευή συνδυάζει την έξοδο του άξονα του μειωτήρα.

Ηλεκτρομειωτήρες

Ενσωματωμένοι ηλεκτρομειωτήρες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την μετάδοση της κίνησης στον κοχλία είτε με άμεση ζεύξη χαμηλής ταχύτητας τοποθετημένο απευθείας στον άξονα του μεταφορέα ή μέσω καδένας.



Σχήμα 2. 29: μετάδοση της κίνησης με κιβώτιο



Σχήμα 2. 30: μετάδοση ταχύτητας με ιμάντα

2.4.7 Ειδικές εφαρμογές και ιδιαιτερότητες στην κατασκευή του κοχλία

Η διαδικασία που επιλογής κοχλία που περιεγράφηκε παραπάνω βασίζεται στα χαρακτηριστικά του υλικού, και θα πρέπει να γίνει διασταύρωση με τις τιμές του φορτίου για τη σωστή μελέτη του

συστήματος. Ωστόσο μερικά υλικά απαιτούν ειδική και να λάβουμε υπόψιν τα ειδικά χαρακτηριστικά τα οποία έχουν. Θα πρέπει τα ακόλουθα χαρακτηριστικά να λαμβάνονται πάντοτε υπόψιν.

Τραχεία υλικά

Τα τραχεία υλικά έχουν την τάση να προκαλούν επιτάχυνση της φθοράς των εξαρτημάτων του κοχλία και θα πρέπει να μεταφέρονται σε χαμηλές στροφές και σε χαμηλό ύψος στην εγκάρσια τομή του κοχλία. Για υπερβολικά τραχεία υλικά ή μεταφερόμενα υλικά τα οποία έχουν βαριά, συνεχή χρήση, τα εξαρτήματα θα πρέπει να είναι ανθεκτικά και επικαλυμμένα με σκληρά κράματα.

Διαβρωτικά υλικά

Πολύ διαβρωτικά υλικά όπως τρόφιμα και ορισμένα χημικά τα οποία απαιτούν ειδικά εξαρτήματα. Τέτοιου είδους εξαρτήματα συχνά δεν περιλαμβάνουν υλικά τα οποία χρειάζονται μόνιμη λίπανση, τα έδρανα είναι σφραγισμένα και γίνεται εύκολη η πρόσβαση για την συντήρηση του κοχλία. ορισμένες εφαρμογές μπορεί να απαιτούν συνεχή συγκόλληση σε μία ή στις δύο πλευρές του σωλήνα και επεξεργασία στην συγκόλληση ώστε να μην αυξάνει την τραχύτητα και να περιοριστεί η διάβρωση. Πολλά υλικά απαιτούν την χρήση ανοξειδώτου χάλυβα για την εξάλειψη της διάβρωσης.

Αποδομήσιμα υλικά

Τα υλικά τα οποία έχουν την τάση να διασπώνται ή να διαχωρίζονται εύκολα, επηρεάζοντας έτσι την ποιότητα του υλικού, θα πρέπει να γίνονται σε κοχλίες μεγάλης διατομής και με πιο αργή περιστροφή για τη μείωση της ανάδευσης του υλικού.

Υψηλές θερμοκρασίες

Όταν μεταφέρουμε υλικά ακραίων θερμοκρασιών είναι απαραίτητο να έχουμε έναν κοχλία κατασκευασμένο από τα κατάλληλα υλικά ώστε να πληρεί τις προϋποθέσεις.

Υλικά ρευστοποίησης

Όταν χειριζόμαστε υλικά τα οποία τείνουν να αερίζονται εύκολα και να μειώνεται η πυκνότητά τους, αυξάνοντας έτσι τον όγκο είναι σημαντικό να ληφθεί υπόψη ώστε να γίνει κατάλληλη ρύθμισή του μεταφορικού κοχλία.

Υγροσκοπικά υλικά

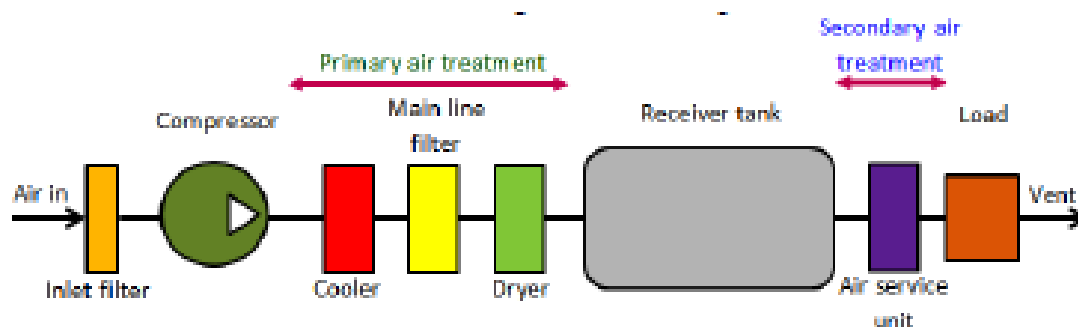
Υγροσκοπικά υλικά που απορροφούν εύκολα την υγρασία πρέπει να είναι ειδικά σφραγισμένους μεταφορείς που θα απομονώνουν το φορτίο από την ατμόσφαιρα. Το γεγονός ότι το υλικό θα αυξηθεί επίσης σε πυκνότητα όταν έρχεται σε επαφή με την ατμόσφαιρα πρέπει επίσης να ληφθεί υπόψη.

2.5 Μεταφορά Μέσω Πνευματικού Συστήματος Με Πεπιεσμένο Αέρα

2.5.1 Εισαγωγή

Ένα πνευματικό σύστημα που χρησιμοποιεί σωλήνες ή αγωγούς για μεταφορά υλικών από με μέσω μεταφοράς τον πεπιεσμένο αέρα, ονομάζονται Πνευματικά Συστήματα Μεταφοράς. Αυτά τα υλικά είναι ελεύθερα κονιοποιημένα υλικά όπως τσιμέντο και ιπτάμενη τέφρα. Τα προϊόντα μετακινούνται μέσω σωλήνων με την πίεση αέρα. Τα συστήματα μεταφοράς απλώς προωθούν το υλικό από ένα σημείο εισόδου σε ένα σημείο εξόδου, όπως οι πεπιεσμένοι σωλήνες ανταλλαγής χρημάτων που χρησιμοποιούνται στις τράπεζες. Οι αεροσυμπιεστές ή οι φυσητήρες χρησιμοποιούνται για τη δημιουργία της ροής αέρα μέσα στους αγωγούς.

Στην έξοδο του αέρα είναι απαραίτητη η χρήση φίλτρων ώστε να μην υπάρχει διαρροή του υλικού από το σημείο συγκέντρωσης του στο περιβάλλον.



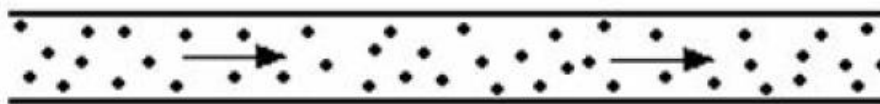
Σχήμα 2. 31: Σύστημα μεταφοράς του υλικού με πεπιεσμένο αέρα

2.5.2 Τρόποι Πνευματικής Μεταφοράς

Υπάρχουν δύο βασικές μέθοδοι για την μεταφορά υλικών με την χρήση πεπιεσμένου αέρα. Η πρώτη και πιο διαδεδομένη είναι η μεταφορά σε αραιωμένη κατάσταση και η δεύτερη είναι η μεταφορά σε πυκνή κατάσταση. Αυτές οι μέθοδοι μπορούν να διακριθούν πιο συγκεκριμένα στην αρχή λειτουργίας τους. Επίσης κάθε τύπος ,μπορεί να μεταφέρει υλικά με την πίεση ή με την μέθοδο κενού.

2.5.3 Μεταφορά Σε Αραιή Κατάσταση

Η πνευματική μεταφορά σε αραιή κατάσταση περιγράφεται ως η διαδικασία ώθησης ή έλξης σωματιδίων αιωρούμενων στον αέρα από μια θέση σε μια άλλη. Τα αιωρούμενα αυτά σωματίδια μεταφέρονται συνεχώς υπό χαμηλή πίεση και με υψηλή ταχύτητα. Η ταχύτητα του αέρα ξεπερνάει τα 20m/s και η πίεση δε ξεπερνά τα 5mbar/m. Οι συγκεντρώσεις του στερεού υλικού που μεταφέρεται είναι μικρότερη του 1% του όγκου του. Ο τρόπος αυτός περιορίζεται σε μικρές διαδρομές και με συνεχή μεταφορά μέχρι 10 τόνων ανά ώρα. Οι δύο τρόποι μεταφοράς σε αραιή κατάσταση είναι οι εξής:

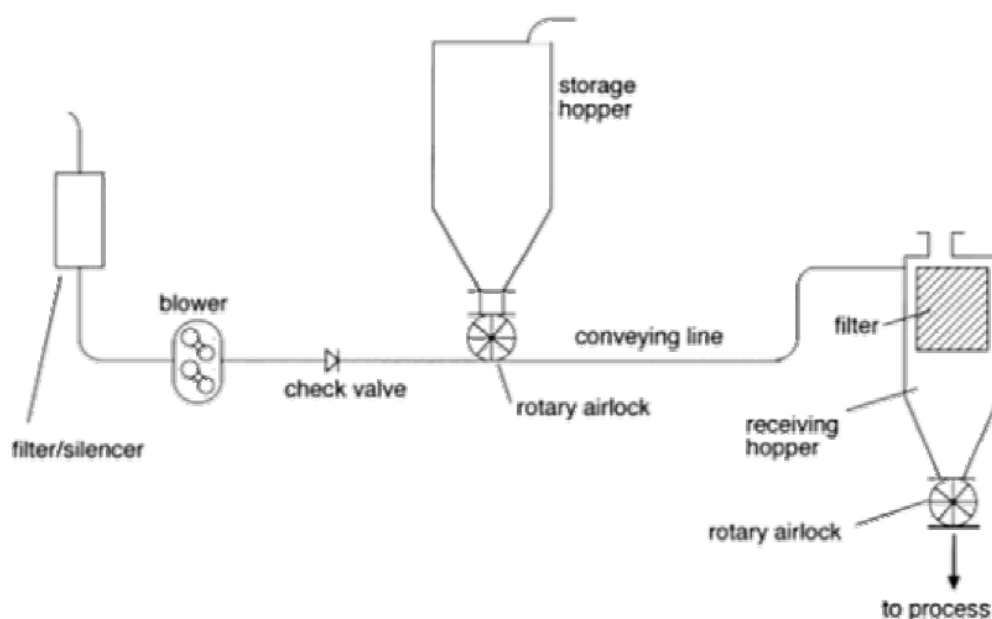


Σχήμα 2. 32: Μεταφορά σε αραιή κατάσταση

Διακίνηση με πίεση

Αυτή η μέθοδος χρησιμοποιείται συνήθως σε μεταφορά ξηρών υλικών που είναι μη διαβρωτικά και ανθεκτικά με ελαφριά πυκνότητα σε μεγάλες αποστάσεις. Τέτοια υλικά είναι οι πλαστικοί κόκκοι το αλεύρι και η ζάχαρη.

Μέσω ενός κινητήρα που λειτουργεί ως φουσητήρας θετικής μετατόπισης, και είναι σταθερός στην αρχή του συστήματος, παρέχοντας μεγάλη παροχή όγκου αέρα υπό χαμηλή πίεση. Σε συνέχεια με τον φουσητήρα είναι μια τροφοδοτική βαλβίδα που τροφοδοτεί με το υλικό το σύστημα μεταφοράς και καθώς τα υλικά εισέρχονται στη γραμμή αέρα ωθούνται προς την έξοδο. Η μέθοδος αυτή είναι για τη μεταφορά του υλικού από ένα προορισμό σε πολλαπλές τοποθεσίες.



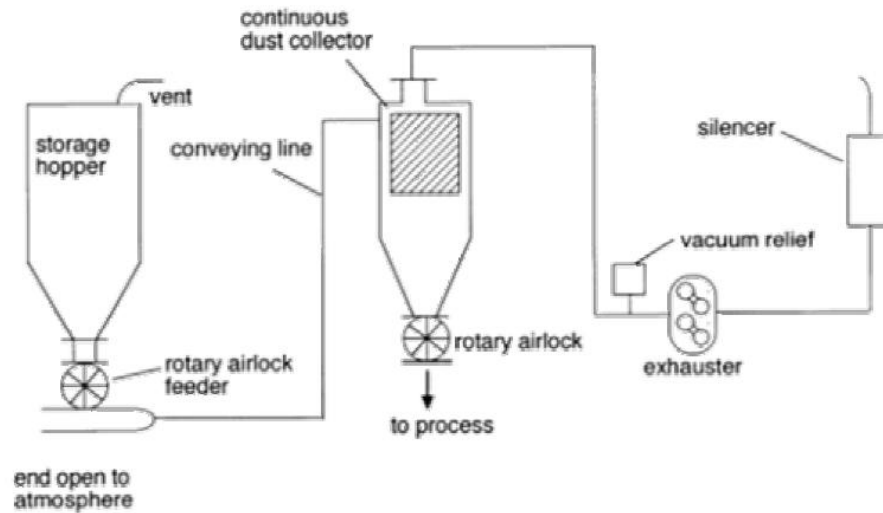
Σχήμα 2. 33: Σύστημα διακίνησης με πίεσης

Διακίνηση μέσω του κενού

Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται για τη μεταφορά υλικών που είναι συμπιεσμένα ή συμπιέζονται μεταξύ τους υπό πίεση. Τέτοια υλικά είναι τα ξύλινα ρινίσματα και ίνες. Η μεταφορά μέσω του κενού χρησιμοποιείται συνήθως σε κεντρικά συστήματα καθαρισμού που χρειάζονται πολλοί αγωγοί για την μεταφορά υλικών σε μια θέση από πολλά σημεία τροφοδοσίας.

Ο τρόπος λειτουργίας στην διακίνηση μέσω του κενού βασίζεται με ακριβώς τον αντίθετο τρόπο από αυτό της πίεσης, καθώς ο φουσητήρας δημιουργεί μια αρνητική πίεση που έλκει όλα τα υλικά προς το μέρος του και να το οδηγήσει στο σημείο αποθήκευσης. Η αρνητική πίεση

ελέγχεται από μια βαλβίδα εκτόνωσης κενού για να εξασφαλιστεί ότι η σωστή ποσότητα του υλικού φτάνει στον προορισμό του.



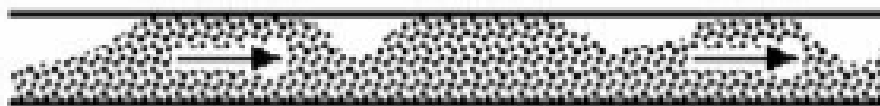
Σχήμα 2. 34: Διακίνηση σε κενό

MATERIAL	VELOCITY (FPM)	MATERIAL	VELOCITY (FPM)
Paper	5000	Cotton	4000
Powdered Coal	4000	Wheat	5800
Dry Vegetable Pulp	4500	Wool	5000
Cement	7000	Oats	4500
Sand	7000	Corn	5600
Salt	5500	Sugar	6000
Sawdust	4000	Flour	3500

Σχήμα 2. 35: Τυπικές τιμές ταχύτητας για διάφορα υλικά

2.5.4 Μεταφορά Σε Πυκνή Κατάσταση

Η πνευματική μεταφορά πυκνής κατάστασης περιγράφεται ως η διαδικασία ώθησης ή έλξης σωματιδίων που δεν αιωρούνται στον αέρα μεταφοράς. Τα πυκνά μεταφερόμενα υλικά μεταφέρονται σε υψηλή πίεση και σε χαμηλή ταχύτητα. Η ταχύτητα είναι συνήθως από 1 έως 5 m/s και υπάρχουν μεγάλες συγκεντρώσεις υλικού πάνω από το 30% του όγκου του. Οι πιέσεις ξεπερνούν τα 20mbar/m. Οι δυο κύριοι τύποι μεταφοράς πυκνής κατάστασης είναι οι εξής:



Σχήμα 2. 36: μεταφορά σε πυκνή κατάσταση

Μεταφορά πίεσης πυκνής κατάστασης

Αυτή η μέθοδος χρησιμοποιείται για την μεταφορά λειαντικών ή ευθραύστων υλικών σε μεγάλες αποστάσεις σε χαμηλές ταχύτητες. Τα υλικά που μεταφέρονται συνήθως είναι σωματίδια γυαλιού. Αυτό το σύστημα έχει ως πλεονέκτημα της εκκίνησης και της διακοπής λειτουργίας του υπό φορτίο.

Τα υλικά που μεταφέρονται με αυτή τη μέθοδο φορτώνονται πρώτα σε ένα δοχείο πίεσης. Μόλις γεμίσει το δοχείο η βαλβίδα εισόδου υλικού κλείνει και ο πεπεισμένος αέρας ωθείται στο δοχείο. Ο αέρας εξωθεί το υλικό στη γραμμή μεταφοράς προς τον προορισμό. Μετά την ολοκλήρωση της μεταφοράς του υλικού η ίδια διαδικασία επαναλαμβάνεται ξανά. Είναι απαραίτητο σε μεγάλες αποστάσεις να τοποθετούνται μπέκ ψεκασμού αέρα κατά μήκος της γραμμής για ενισχυθεί η πίεση.

Μεταφορά κενού σε πυκνή κατάσταση

Αυτός ο τύπος εφαρμόζεται για τη μεταφορά λειαντικών ή ευθραύστων υλικών σε μικρές αποστάσεις σε χαμηλές ταχύτητες. Η δημιουργία συνθήκης υποπίεσης πυκνής φάσης χρησιμοποιείται συνήθως για την φόρτωση υλικών από σιδηροδρομικά οχήματα και φορτηγά σε ρευστοποιημένη κατάσταση.

Αυτοί οι τύποι συστημάτων χρησιμοποιούν αντλίες κενού για την μεταφορά του υλικού από σιλό ή χοάνες σε ένα σημείο υποδοχής που ονομάζεται χοάνη κενού. Όταν η χοάνη ή το δοχείο γεμίζει το υλικό εξωθείται στον προορισμό του. Μόλις ολοκληρωθεί η μεταφορά η διαδικασία επαναλαμβάνεται ξανά.

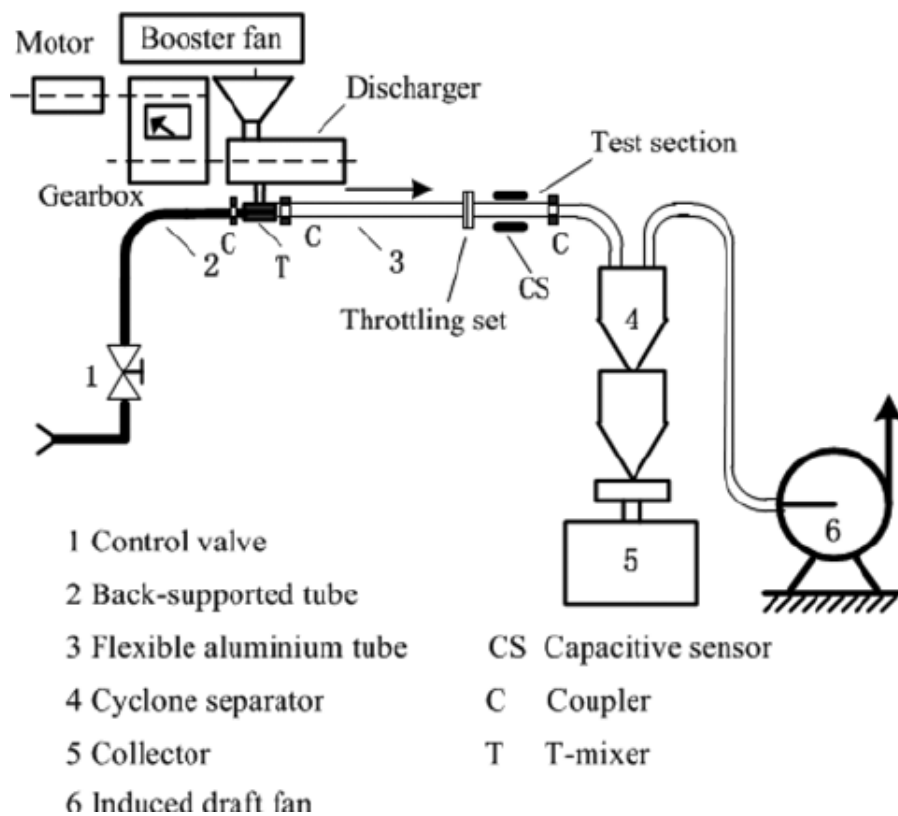
2.5.4.1 Πλεονεκτήματα Της Μεταφοράς Πυκνής Κατάστασης

Τα βασικά πλεονεκτήματα της μεταφοράς σε πυκνή κατάσταση είναι οι απαιτήσεις χαμηλής ταχύτητας του αέρα και του μεταφερόμενου υλικού.

- Οι απαιτήσεις χαμηλής παροχής αέρα ισοδυναμούν με λιγότερες ενεργειακές απώλειες ανά κιλό του μεταφερόμενου υλικού, μικρότερους σωλήνες και μικρότερες διατάξεις διαχωρισμού των στερεών από τον αέρα. Ενίοτε δεν απαιτείται καν φίλτρο στο τέλος της γραμμής.
- Οι απαιτήσεις των χαμηλών ταχυτήτων στερεών σημαίνει ότι μπορούν να μεταφερθούν εύθραυστα και διαβρωτικά υλικά χωρίς φθορά του υλικού και του συστήματος μεταφοράς.

2.5.5 Δομή Των Πνευματικών Μεταφορικών Συστημάτων

Τα βασικά μέρη ενός πνευματικού συστήματος μεταφοράς είναι τα παρακάτω:



Σχήμα 2. 37: Δομή του πνευματικού μεταφορέα

1. **Βαλβίδα ελέγχου:** ελέγχει την ροή του αέρα που εισέρχεται μέσα στο σύστημα
2. **Σωλήνας μεταφοράς του αέρα:** ο πεπιεσμένος αέρας μέχρι να φτάσει στο σημείο παραλαβής του φορτίου
3. **Σωλήνας μεταφοράς του υλικού:** ο πεπιεσμένος αέρας μεταφέρει το υλικό κατά μήκος του σωλήνα
4. **Διαχωριστής:** το μεταφερόμενο υλικό διαχωρίζεται από τον αέρα, όπου ο αέρας περνάει μέσα από φίλτρα και εξέρχεται στο περιβάλλον.
5. **Σημείο Συλλογής υλικού:** το υλικό αφού διαχωρίζεται από τον αέρα που το μεταφέρει, αποθηκεύεται στα σημεία αυτά.
6. **Ανεμιστήρας:** έλκει τον καθαρό αέρα από τον διαχωριστεί και διοχετεύει στο περιβάλλον

2.6 Μεταφορά Φορτίων Με Γερανούς

2.6.1 Εισαγωγή

Ο γερανός είναι μια μηχανή ικανή να ανυψώνει και να χαμηλώνει βαριά φορτία-αντικείμενα και να τα μετακινεί οριζοντίως. Οι γερανοί διαφέρουν από τους ανελκυστήρες, οι οποίοι μπορούν να ανυψώνουν αντικείμενα αλλά δεν μπορούν να μετακινηθούν πλάγια. Οι γερανοί διαφέρουν επίσης από τους μεταφορείς που ανυψώνουν ή μετακινούν χύδην υλικά σε συνεχή διαδικασία.

Οι άνθρωποι έχουν χρησιμοποιήσει μια μεγάλη ποικιλία συσκευές για την ανύψωση βαρέων αντικειμένων από την αρχαιότητα. Μια από τις πρώτες εκδοχές του γερανού ήταν το Shaduf, που χρησιμοποιήθηκε για να μεταφέρει νερό στην Αίγυπτο πριν από τέσσερις χιλιάδες χρόνια περίπου. Το Shaduf αποτελείται από μια μακριά, περιστρεφόμενη δοκό ισορροπημένη σε κάθετη στήριξη. Ένα βαρύ αντικείμενο προσαρτάτε ως αντίβαρο στο ένα άκρο της δέσμης και ένας κουβάς στο άλλο. Ο χρήστης τραβάει τον κάδο προς τα κάτω στην παροχή του νερού, το γεμίζει και στη συνέχεια επιτρέπει στο βάρος να τραβήξει τον κάδο προς τα πάνω. Στη συνέχεια η δέσμη περιστρέφεται στην επιθυμητή θέση και ο κάδος αδειάζει.

Ήδη από τον 1ο αιώνα, χτίστηκαν γερανοί που το μέσο το οποίο χρησιμοποιούταν για την μετακίνηση τους και λειτουργία τους είναι από ανθρώπους ή ζώα που χρησιμοποιούν ένα διάδρομο ή έναν μεγάλο τροχό. Αυτοί οι πρώτοι γερανοί αποτελούνταν από μια μακρά ξύλινη δοκό, γνωστή ως βραχίονα, συνδεδεμένη με μια περιστρεφόμενη βάση. Ο τροχός ή ο διάδρομος τροφοδοτούσαν ένα τύμπανο, γύρω από το οποίο τυλίχθηκε ένα σχοινί. Το σχοινί συνδέθηκε με μια τροχαλία στην κορυφή του βραχίονα και σε ένα άγκιστρο που σήκωσε το βάρος.

Σημαντική εξέλιξη στο σχεδιασμό γερανών συνέβη κατά τον Μεσαίωνα, όταν στον βραχίονα προστέθηκε ένας οριζόντιος βραχίονας γνωστός ως δοκός. Αυτό είναι προσαρτημένο στο βραχίονα με τρόπο που του επέτρεπε να περιστρέφεται, επιτρέποντας ένα αυξημένο εύρος κίνησης. Μέχρι τον δέκατο έκτο αιώνα, κατασκευάστηκαν γερανοί με δύο διάδρομους, ένας σε κάθε πλευρά ενός περιστρεφόμενου περιβλήματος που περιείχε τον βραχίονα.

Οι γερανοί συνέχισαν να βασίζονται στην ανθρώπινη ή ζωική ενέργεια μέχρι τα μέσα του 19ου αιώνα, όταν αναπτύχθηκαν ατμομηχανές. Μέχρι το τέλος του δέκατου ένατου αιώνα, οι κινητήρες εσωτερικής καύσης και ηλεκτροκινητήρες χρησιμοποιήθηκαν ως μέσο για την τροφοδοσία

γερανών. Από αυτή τη περίοδο και μετά άρχισε να χρησιμοποιείτε κυρίως το ατσάλι και όχι το ξύλο για την κατασκευή του γερανού.

Κατά το πρώτο μισό του εικοστού αιώνα, οι ευρωπαϊκοί και αμερικανικοί γερανοί αναπτύχθηκαν με διαφορετικούς τρόπους. Στην Ευρώπη, όπου οι περισσότεροι γερανοί χρησιμοποιούνταν σε πόλεις με στενά δρομάκια, οι γερανοί τείνουν να χτίζονται με τη μορφή ψηλών, λεπτών πύργων, με τη μπούμα και τον χειριστή πάνω στον πύργο. Επειδή η ήρεμη λειτουργία ήταν σημαντική στις πολυσύχναστες πόλεις, αυτοί οι γερανοί πύργων τροφοδοτούνταν συνήθως από ηλεκτρικούς κινητήρες όταν αναπτύχθηκε η χρήση τους.

Στις Ηνωμένες Πολιτείες, οι γερανοί χρησιμοποιούνταν συχνά σε τοποθεσίες μακριά από κατοικημένες περιοχές. Οι γερανοί τείνουν να χτίζονται με τη μπούμα που συνδέεται με ένα κινητό αμάξωμα, το οποίο θα μπορούσε να μετακινηθεί εύκολα από τόπο σε τόπο. Αυτοί οι κινητοί γερανοί τείνουν να τροφοδοτούνται με κινητήρες εσωτερικής καύσης. Κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του 1950, η διαθεσιμότητα ισχυρότερων χαλύβων, σε συνδυασμό με την αυξημένη ζήτηση για ψηλότερα κτίρια, οδήγησε στην ανάπτυξη γερανών με πολύ μεγάλους βραχίονες που συνδέονται με μικρά φορτηγά ή με ερπύστριες με πηγάκια. Οι κινητοί γερανοί και οι γερανοί πύργων πολλών διαφορετικών ειδών χρησιμοποιούνται ευρέως σε εργοτάξια σε όλο τον κόσμο.

2.6.2 Αρχή Λειτουργίας Των Γερανών

Υπάρχουν τρεις σημαντικοί παράγοντες στο σχεδιασμό των γερανών. Πρώτον, ο γερανός πρέπει να μπορεί να ανυψώνει το βάρος του φορτίου. Δεύτερον, ο γερανός δε πρέπει να ανατραπεί και τρίτον να μην υπάρχει κίνδυνος να σπάσει.

Για να έχει σταθερότητα ο γερανός θα πρέπει το άθροισμα όλων των ροπών γύρω από τη βάση του γερανού να είναι κοντά στο μηδέν ώστε να μην ανατραπεί. Πρακτικά η μέγιστη τιμή που μπορεί να σηκώσει ο γερανός είναι μικρότερο από την τιμή στην οποία υπάρχει κίνδυνος ανατροπής του γερανού.

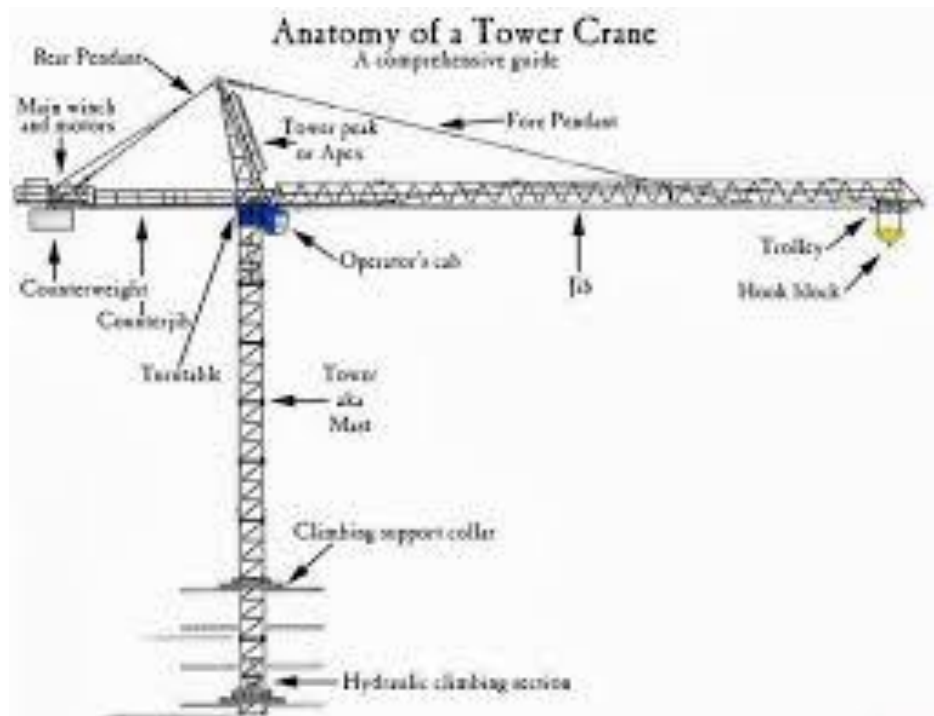
Σύμφωνα με τα διεθνή πρότυπα για του κινητούς γεραμούς, το ονομαστικό φορτίο περιορισμένης σταθερότητας για έναν ερπυστριοφόρο γερανό είναι 75% του φορτίου ανατροπής του. Το ονομαστικό φορτίο περιορισμένης σταθερότητας για ένα κινητό γερανό που στηρίζεται σε ανάρτηση είναι το 85% του φορτίου ανατροπής. Αυτές οι απαιτήσεις μαζί με τις πρόσθετες πτυχές που σχετίζονται με την ασφάλεια και τον σχεδιασμό του γερανού.

Τα πρότυπα για τους γεραμούς που τοποθετούνται σε πλοία ή στις υπεράκτιες πλατφόρμες είναι αυστηρότερα λόγω του δυναμικού φορτίου γερανού λόγω της κίνησης των σκαφών. Επιπλέον θα πρέπει να ληφθεί υπόψη και η σταθερότητα του σκάφους ή της πλατφόρμας.

2.6.3 Δομή Των Γερανών

Οι γερανοί τύπου πύργου χρησιμοποιούνται εκτενώς στον κατασκευαστικό αλλά και στον βιομηχανικό κλάδο για την μετακίνηση και την ανύψωση των υλικών. Υπάρχουν πολλοί τύποι γερανών αλλά τα βασικά τους μέρη είναι ίδια.

- Σκελετός: Ο κύριος πύργος στήριξης του γερανού. Είναι κατασκευασμένος από χαλύβδινες δοκούς, που συνδέονται μεταξύ τους κατά την εγκατάσταση.
- Μονάδα περιστροφής: Η μονάδα περιστροφής βρίσκεται στην κορυφή του σκελετού ανύψωσης. Αυτός ο κινητήρας επιτρέπει στον γερανό να περιστρέφεται.
- Καμπίνα χειρισμού: Στους περισσότερους γερανούς, η καμπίνα λειτουργίας βρίσκεται ακριβώς πάνω από τη μονάδα περιστροφής. Περιέχει τα χειριστήρια λειτουργίας, την κλίμακα ροπής-φορτίου στο μήκος του βραχίονα, το ανεμόμετρο κτλ.
- Ο βραχίονας: Ο βραχίονας εκτείνεται οριζόντια από τον γερανό. Πάνω στον βραχίονα κινείται ένα τροχοφόρο αμαξίδιο που μεταφέρει το φορτίο κατά μήκος του φορτίου.
- Οπίσθιος βραχίονας: Φέρει τα αντίβαρα, τον κινητήρα ανύψωσης, το τύμπανο ανύψωσης .
- Ανυψωτικό βαρούλκο: Το συγκρότημα του βαρούλκου ανυψωτή αποτελείται από το ίδιο το βαρούλκο ανυψωτήρα(κινητήρα, κιβώτιο ταχυτήτων, τύμπανο ανυψωτήρα, σχοινί ανυψωτήρα και τα φρένα), τον ελεγκτή του κινητήρα ανύψωσης και τα υποστηρικτικά εξαρτήματα όπως η πλατφόρμα.
- Άγκιστρο: Το άγκιστρο ή γάντζος χρησιμοποιούνται για τη σύνδεση του υλικού με τον γερανό.
- Αντίβαρα: Τα αντίβαρα είναι από σκυρόδεμα και τοποθετούνται για να αντισταθμίσουν το βάρος των ανυψωμένων φορτίων.



Σχήμα 2. 38: δομή του γερανού

2.6.4 Κατηγορίες Γερανών

Οι διάφορες και τύποι των γερανών έχουν ένα φάσμα διαφορετικών χαρακτηριστικών. Τα κοινά χαρακτηριστικά των γερανών που συχνά λαμβάνονται υπόψη κατά την μελέτη μια κατασκευής είναι τα εξής:

- Η ανυψωτική ικανότητα: Πόσο βάρος μπορεί να ανυψώσει ο γερανός.
- Περιοχή ανύψωσης: Το σημείο το οποίο θα να σηκωθεί το φορτίο.
- Γωνία ανύψωσης
- Ακτίνα εργασίας: Σε ποια περιοχή χρειάζεται να εργαστεί ο γερανός
- Κινητικότητα: Πόσος χώρος υπάρχει για την λειτουργία του γερανού
- Βάρος και διαστάσεις: Η τοποθέτηση του γερανού αποτελεί βασικό παράγοντα, καθώς το μέγεθος και η κινητικότητα του γερανού πρέπει να συμβαδίζουν με τους περιορισμούς του εργοταξίου.
- Χρόνος εγκατάστασης: Ορισμένα έργα απαιτούν ελάχιστη διακοπή, οπότε ο γρήγορος χρόνος εγκατάστασης που κερδίζεται με τους κινητούς γερανού έχουν όφελος.
- Νυχτερινή εργασία: Οι πιο αθόρυβες λειτουργίες και ο κατάλληλος φωτισμός πρέπει να είναι βασικές απαιτήσεις στην εργασία κατά τη διάρκεια της νύκτας.

Τα πιο σημαντικά είδη γερανών είναι τα παρακάτω:

2.6.5 Κινητοί Γερανοί

Οι κινητοί γερανοί είναι τοποθετημένοι από μεγάλα φορητά έως και μικρά που μπορεί να χρησιμοποιηθούν ως καλάθοφορείς για εργασίες σε ύψος. Οι πιο σπουδαιές κατηγορίες κινητών γερανών είναι οι εξής:

2.6.5.1 Τοποθετημένος σε φορητό γερανός

Ένας γερανός είναι τοποθετημένος σε ένα φορητό που του παρέχει την δυνατότητα να μετακινείται. Οι γερανοί αυτοί μπορούν να μετακινούνται στους αυτοκινητοδρόμους, εξαλείφοντας την ανάγκη για μεταφορά ειδικού εξοπλισμού του γερανού. Για την εργασία του γερανού, επεκτείνονται από το σασί του γερανού, ποδαρικά το οποία τον σταθεροποιούν. Η ικανότητα ανύψωσης αυτών των γερανών είναι από 14,5 τόνους έως 1300 τόνους.



Σχήμα 2. 39: Γερανός φορητός

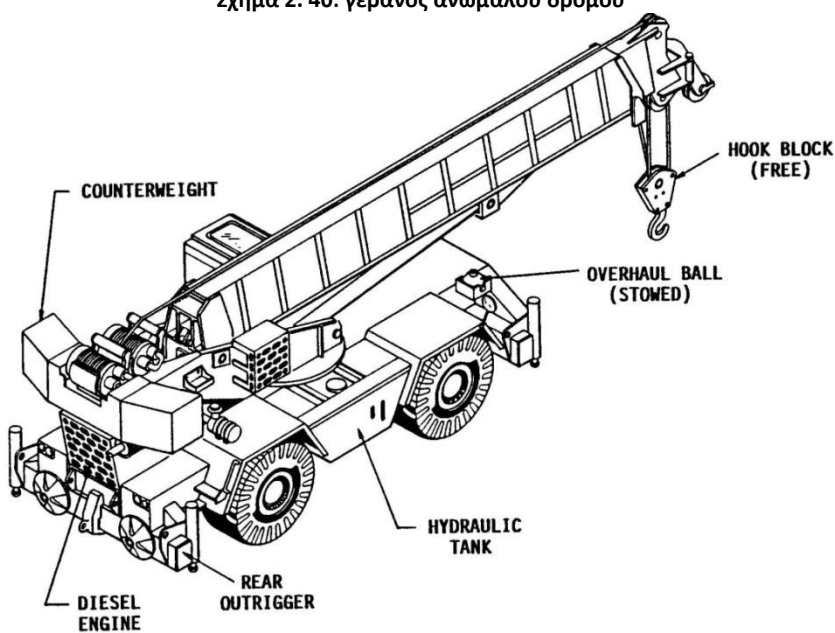
2.6.5.2 Γερανοί ανώμαλου εδάφους

Οι γερανοί για ανώμαλο έδαφος έχουν τον πτυσσόμενο βραχίονα τοποθετημένο στο αμάξωμα του, το οποίο στηρίζεται σε τέσσερα λάστιχα κατασκευασμένα από καουτσούκ, και έχει σχεδιαστεί για χειρισμούς εκτός δρόμου. Οι βάσεις στήριξης χρησιμοποιούνται για την σταθεροποίηση του γερανού ώστε να γίνει η ανύψωση.

Αυτοί οι τηλεσκοπικοί γερανοί, είναι μηχανοκίνητα μηχανήματα, με τον ίδιο κινητήρα να τροφοδοτεί το πλαίσιο και τον γερανό. Ο κινητήρας είναι συνεχώς τοποθετημένος στο αμάξωμα. Οι περισσότεροι γερανοί αυτού του τύπου έχουν σύστημα τετρακίνησης και σύστημα διεύθυνσης τεσσάρων τροχών για να περνούν τα πιο δύσβατα εδάφη όπου τα απλά φορητά γερανοί αδυνατούν.



Σχήμα 2. 40: γερανός ανώμαλου δρόμου



Σχήμα 2. 41: γερανός ανώμαλου δρόμου

2.6.5.3 Ερπυστριοφόροι γερανοί

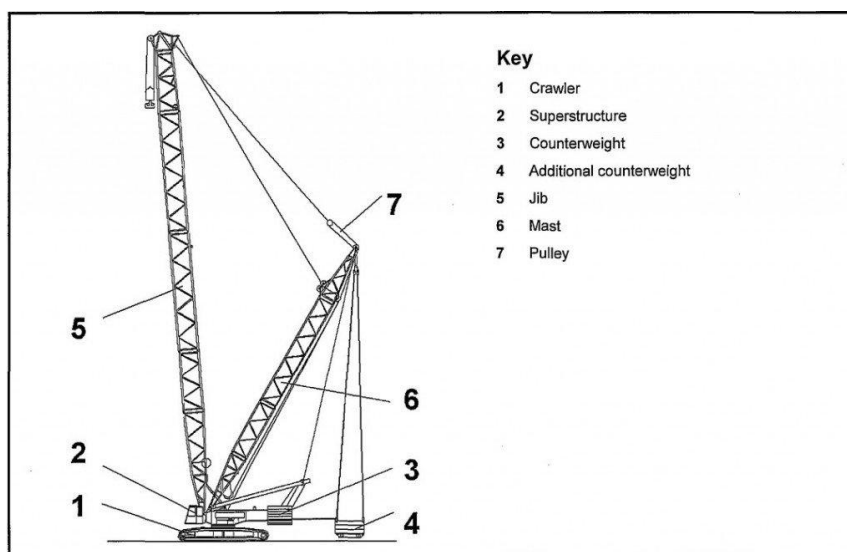
Ένας γερανός ερπύστριας έχει τον βραχίονα στο αμάξωμα, το οποίο είναι εφοδιασμένο σε ένα σύνολο ερπυστριοφόρων τροχών που παρέχουν τόσο σταθερότητα όσο και κινητικότητα. Οι ερπυστριοφόροι γερανοί κυμαίνονται στην ανυψωτική ικανότητα από 40 έως 3500 τόνους.

Το κύριο πλεονέκτημα ενός ερπυστριοφόρου γερανού κινητικότητα και η χρήση του, αφού ο γερανός είναι σε θέση να λειτουργεί σε χωρίς την χρήση των στηρίξεων. Οι ερπύστριες με την επιφάνεια τους προσφέρουν πλεονέκτημα έναντι των τροχοφόρων γερανών σε μαλακά εδάφη. Το βασικό του μειονέκτημα είναι το μεγάλο τους βάρος που

καθιστά δαπανηρή τη μεταφορά τους. Οι μεγάλοι γερανοί έχουν τη δυνατότητα να αποσυναρμολογείτε η μπούμα, και η καμπίνα από το αμάξωμα και μεταφέρονται στην επόμενη τους θέση.



Σχήμα 2. 42: ερπυστριοφόρος γερανός



Σχήμα 2. 43: τμήματα ερπυστριοφόρου γερανού

2.6.5.4 Πλωτοί γερανοί

Οι πλωτοί γερανοί χρησιμοποιούνται κυρίως για την κατασκευή γεφυρών και την κατασκευή λιμανιών, αλλά χρησιμοποιούνται επίσης για την περιστασιακή φόρτωση και εκφόρτωση ιδιαίτερα βαρέων ή ατελών φορτίων σε πλοία και εκτός πλοίων. Ορισμένοι πλωτοί γερανοί τοποθετούνται σε πλωτήρες, ενώ άλλοι είναι εξειδικευμένοι γερανοφόροι με ανυψωτική ικανότητα άνω των 10000 τόνων και έχουν χρησιμοποιηθεί για τη μεταφορά ολόκληρων τμημάτων γεφυρών. Πλωτοί γερανοί χρησιμοποιούνται και για την ανέλκυση βυθισμένων πλοίων.



Σχήμα 2. 44: πλεύμενος γερανός

2.6.6 Σταθεροί γερανοί

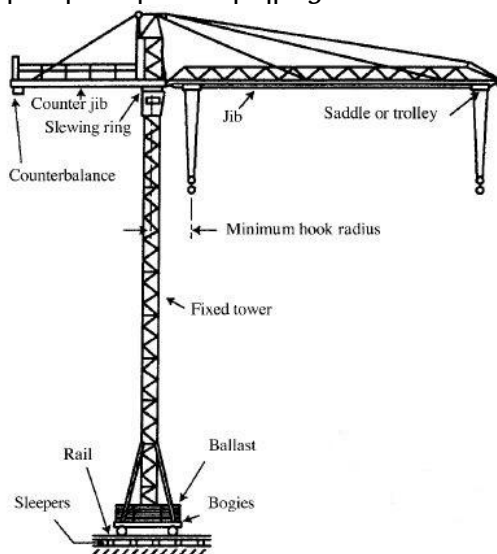
Οι σταθεροί γερανοί μπορεί να μην έχουν την δυνατότητα σε κίνηση αλλά έχουν αρκετά πλεονεκτήματα τα οποία τα κάνουν την πιο αξιόπιστη επιλογή σε πολλές περιπτώσεις. Αυτά τα πλεονεκτήματα είναι ή ικανότητα μεταφοράς μεγαλύτερων φορτίων σε μεγαλύτερα ύψη λόγω της αυξημένης σταθερότητας τους. Αυτοί οι τύποι γερανών χαρακτηρίζονται από το γεγονός ότι η κύρια δομή τους δε κινείται κατά τη διάρκεια της χρήσης. Ωστόσο, πολλοί μπορούν ακόμη να συναρμολογηθούν και να αποσυναρμολογηθούν.

2.6.6.1 Γερανοί σε πύργο

Οι γερανοί πύργου είναι μια σύγχρονη μορφή γερανού ισορροπίας που αποτελείται από τα ίδια βασικά μέρη. Ο γερανός είναι τοποθετημένος στο έδαφος πάνω σε πλάκα από σκυρόδεμα, οι γερανοί πύργων συχνά δίνουν το καλύτερο συνδυασμό ύψους και ανυψωτικής ικανότητας και χρησιμοποιούνται στην κατασκευή υψηλών κτιρίων. Στη συνέχεια η βάση προσαρτάται στον ιστό, ο οποίος δίνει στον γερανό το ύψος του. Επιπλέον, ο ιστός συνδέεται με τη μονάδα στρέψης, που του επιτρέπει την δυνατότητα να περιστρέφεται. Στη κορυφή της μονάδας περιστροφής υπάρχουν τρία βασικά μέρη: η μακριά οριζόντια δοκός ή βραχίονας εργασίας, μια μικρότερη δοκός στην αντίθετη πλευρά και η καμπίνα του χειριστή.

Η οριζόντια δοκός είναι το τμήμα που μεταφέρει το φορτίο. Η μικρή δοκός φέρει το αντίβαρο, συνήθως από σκυρόδεμα. Ο χειριστής του γερανού κάθεται στη καμπίνα στη κορυφή του πύργου ή ελέγχει τον γερανό με τηλεχειριστήριο από το έδαφος. Στη πρώτη περίπτωση, η καμπίνα του χειριστή είναι συνήθως τοποθετημένη στη κορυφή του πύργου, που συνδέεται με τον περιστρεφόμενο δίσκο, αλλά μπορεί να

τοποθετηθεί πάνω στη πλάκα ή μερικώς στον πύργο. Το άγκιστρο ανύψωσης βρίσκεται στον μακρύ οριζόντιο βραχίονα για να ανυψώσει το φορτίο και λειτουργεί με ηλεκτροκινητήρες.



Σχήμα 2. 45: γερανός πύργος

2.6.6.2 Γερανοί γιγάντιου προβόλου

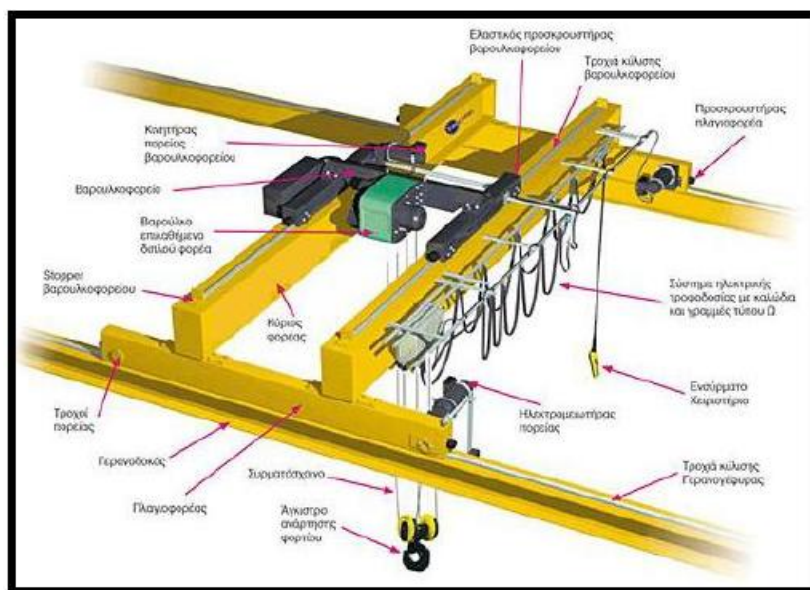
Οι γερανοί αυτοί είναι ένας σταθερός δοκός αποτελούμενος από ένα πύργο που στηρίζεται σε χάλυβα και στον οποίο περιστρέφεται μια μεγάλη οριζόντια, διπλή πρόσοψη. Το εμπρόσθιο τμήμα αυτού του προβόλου ή της μανιβέλας φέρει το φορείο ανύψωσης, η πλάκα επεκτείνεται προς τα πίσω προκειμένου να σχηματίσει ένα στήριγμα για το μηχάνημα και ένα αντισταθμιστικό βάρος. Εκτός από τις κινήσεις ανύψωσης και περιστροφής, παρέχεται μια αποκαλούμενη “ολισθαίνουσα” κίνηση, με την οποία το φορείο ανύψωσης με το φορτίο αναρτημένο, μπορεί να μετακινηθεί μέσα και έξω κατά μήκος της δοκού, χωρίς να μεταβληθεί το επίπεδο του φορτίου. Μια τέτοια οριζόντια κίνηση του φορτίου αποτελεί χαρακτηριστικό του μεταγενέστερου σχεδιασμού του γερανού. Αυτοί οι γερανοί, είναι γενικά κατασκευασμένοι σε μεγάλα μεγέθη και μπορούν να ζυγίζουν μέχρι 350 τόνους.



Σχήμα 2. 46: Γερανός τύπου βαρούλκου

2.6.6.3 Γερανογέφυρες

Ο εναέριος γερανός, γνωστός επίσης και ως γερανογέφυρα είναι ένας τύπος γερανού όπου ο μηχανισμός του βαρούλκου του τρέχει κατά μήκος μιας οριζόντιας δοκού όπου τρέχει ή κατά μήκος δύο ξεχωριστών σιδηροτροχιών. Συχνά βρίσκονται σε εργοστασιακούς χώρους και τρέχει κατά μήκος των σιδηροτροχιών. Οι γερανογέφυρες συνήθως αποτελούνται είτε από μία δοκό είτε από κατασκευή διπλής δοκού. Οι δοκοί μπορούν να κατασκευαστούν από τυπικές χαλύβδινες δοκούς ή ένα πιο περίπλοκο σύστημα δοκών.



Σχήμα 2. 47: Δομή της γερανογέφυρας

Τα βασικά χαρακτηριστικά μιας γερανογέφυρας είναι :

- A) το άνοιγμα της γέφυρας
- B) η διαδρομή της γέφυρας
- Γ) η ανυψωτική ικανότητα σε τόνους
- Δ) η μέγιστη ικανότητα ανύψωσης του αγκίστρου
- E) η ταχύτητα της γερανογέφυρας, του φορείου και του αγκίστρου

2.6.7 Άλλες κατηγορίες γερανών

Μικροί Γερανοί: Στα πλαίσια της ευκολίας μεταφοράς υπάρχει μια κατηγορία με διατάξεις κινητές, αναδιπλούμενες ελαφριές και μικρές σε μέγεθος. Οι γερανοί αυτοί έχουν το πλεονέκτημα της μετακίνησης σε μικρούς χώρους και δύσκολα σημεία, όπου οι μεγαλύτεροι δεν μπορούν να εξυπηρετήσουν. Είναι εφοδιασμένοι με τροχούς και ροδάκια από πλουμιδιού. Οι διαστάσεις τους συνήθως είναι μικρές ενώ η λειτουργία τους πραγματοποιείται είτε με βενζινοκινητήρα είτε με ντιζελοκινητήρα. Η ανυψωτική του ικανότητα ποικίλει, ωστόσο συνήθως δε ξεπερνάνε τους πέντε τόνους.

Αναβατόρια: Τα αναβατόρια είναι ανυψωτικά μηχανήματα τα οποία χρησιμεύουν κατά την εκτέλεση δομικών έργων προκειμένου να μετακινηθούν καθ' ύψους τα υλικά της κατασκευής. Τα χαρακτηριστικά τους είναι σχετικά περιορισμένα και έχουν τη δυνατότητα να μετακινήσουν αντικείμενα σε ύψος έως 40 μέτρα και η ανυψωτική τους ικανότητα φτάνει τα 800 κιλά.

Η συντήρηση που απαιτείται για την παράταση του χρόνου ζωής και την ομαλή λειτουργία των αναβατορίων αφορά κυρίως στη παρακολούθηση του μηχανήματος από το χειριστή και τη συχνή επιθεώρηση του. Η επιθεώρηση συνιστάται τόσο κατά τη κατάσταση της λειτουργίας του όσο και μετά το πέρας των προγραμματισμένων εργασιών.

2.6.8 Κατηγορίες Φορτίων Γερανών

Τα φορτία τα οποία εφαρμόζονται κατά την λειτουργία της ανύψωσης του φορτίου από το ν γερανό χωρίζονται σε τέσσερις κατηγορίες. Οι κατηγορίες αυτές είναι τα κανονικά φορτία, τα τυχαία φορτία, τα κατ' εξαίρεση φορτία και τα ειδικά φορτία, και τέλος τα μεμονωμένα φορτία.

Κανονικά φορτία: Τα κανονικά φορτία εμφανίζονται κατά την κανονική λειτουργία του γερανού και θα πρέπει να μελετώνται κατά τους υπολογισμούς έναντι της αστοχίας της κατασκευής, διαρροή του υλικού, την ελαστική αστάθεια και την φθορά των εξαρτημάτων.

Τα φορτία αυτά προέρχονται από την βαρύτητα και τις μεταβολές στην ταχύτητα που παράγονται από το σύστημα μετάδοσης της κίνησης και τα φρένα που ενεργούν πάνω στο βάρος μάζας που ανυψώνεται και στο φορτίο ανύψωσης καθώς και από διάφορες μετατοπίσεις.

Τυχαία φορτία: Τα τυχαία φορτία και οι επιδράσεις τους είναι εκείνα τα φορτία που εμφανίζονται σπάνια και συνήθως αμελούνται από τους υπολογισμούς για την εκτίμηση της αντοχής του. Στα φορτία αυτά περιλαμβάνεται ο άνεμος, το χιόνι και πάγος μαζεύεται πάνω στον γερανό, οι μεταβολές της θερμοκρασίας που μπορεί να προκαλέσουν συστολή ή διαστολή στα εξαρτήματα της κατασκευής και οι στρεβλώσεις που εμφανίζονται σε εξαρτήματα του γερανού.

Κατ' εξαίρεση φορτία: Τα κατ' εξαίρεση φορτία είναι επιδράσεις που εμφανίζονται σπάνια και συμπεριλαμβάνουν φορτία που προέρχονται από τις δοκιμές στη 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.

Ειδικά φορτία: Τα ειδικά φορτία περιλαμβάνουν φορτία ανέγερσης και φορτία θραύσης και επίσης φορτία σε πλατφόρμες και σε μέσα πρόσβασης.

2.6.9 Υπολογισμός Απαιτούμενης Ισχύς Του Γερανού

Η ισχύς που πρέπει να έχει ο γερανός αλλά και η ροπή για να διαχειριστεί το φορτίο υπολογίζεται από το άθροισμα των ισχύων της αντίστασης που οφείλεται στην ανύψωση της ονομαστικής ισχύος του, την αντίσταση λόγω της επιτάχυνσης των περιστρεφόμενων μαζών και την αντίσταση λόγω της επιτάχυνσης των γραμμικών κινούμενων μαζών. Οπότε έχουμε:

Ισχύς και ροπή για την ανύψωση του φορτίου.

$$P_1 = \frac{N * u + A_w * p_w * u}{\eta}, Kw$$

$$T_1 = \frac{P_1}{\omega}, Nm$$

P₁: Ισχύς για την ανύψωση του φορτίου

N: Βάρος του φορτίου σε N

u: Ταχύτητα σε m/s

A_w: Επιφάνεια που δέχεται την πίεση του ανέμου

p_w: Πίεση του ανέμου σε N/m²

η: Β απόδοσης του συστήματος

T₁: Ροπή του φορτίου σε Nm

ω: Ταχύτητα περιστροφής του κινητήρα σε rad/s

Ισχύς και ροπή για την επιτάχυνση των περιστρεφόμενων μαζών.

$$P_2 = \omega * T_2$$

$$T_2 = \frac{J_{tot} * \omega}{\tau_\alpha}$$

$$J_{tot} = J_{mot} + J_{br} + J_{gb}$$

Οπού:

P₂: Ι για την επιτάχυνση των περιστρεφόμενων μαζών

T₂: Ροπή για την περιστροφή των κινούμενων μαζών

J_{tot}: Συνολική ροπή αδράνεια των κινούμενων μερών σε kg*m²

J_{mot}: Ροπή αδράνειας του κινητήρα,

J_{br}: Ροπή αδράνειας των φρένων,

J_{gb}: Ροπή αδράνειας κιβωτίου ταχυτήτων

τ_α: Χρόνος επιτάχυνσης

Ισχύς και ροπή για την γραμμική επιτάχυνση των μαζών:

$$F_3 = \frac{T * u}{g * \tau_\alpha}$$

$$P_3 = \frac{F_3 * u}{\eta}$$

$$T_3 = \frac{P_3}{\omega}$$

Και συνεπώς η συνολική ισχύς για χειρισμό του φορτίου θα είναι το άθροισμα των παραπάνω τιμών ισχύος.

Επιπλέον ο γερανός θα πρέπει να ικανή ισχύ ώστε να μπορεί να περιστρέφει το φορτίο το οποίο έχει και το ίδιο του σώμα αλλά και το φορτίο το οποίο καλείται να μεταφέρει. Η ισχύς για να πραγματοποιεί την περιστροφική του κίνηση ο γερανός δίνεται από την παρακάτω σχέση.

$$P_{ver} = \frac{T_w * \omega_d + A_w * p_w * r_w * \omega_d}{\eta}$$

P_{ver} : Ισχύς για την περιστροφή του γερανού

T_w : ροπή αντίστασης κατά την περιστροφή

ω_d : γωνιακή ταχύτητα περιστρεφόμενου τμήματος του γερανού

p_w : Πίεση του ανέμου σε

η : ο απόδοσης του συστήματος

r_w : απόσταση του κέντρου βάρους της επιφάνειας από τον άξονα περιστροφής

3 Περιγραφή Φορτωτή Τσιμέντου Σε Πλοίο

3.1 εισαγωγή

Ένας φορτωτής πλοίου είναι μια μηχανή με την οποία μπορούμε να φορτώσουμε χύδην υλικά όπως σιδηρομεταλλεύματα, άνθρακα, λιπάσματα, τσιμέντο αλλά και υλικά σε συσκευασία μέσα στα πλοία. Οι φορτωτές πλοίων είναι συνήθως εγκατεστημένοι στις προβλήτες των λιμανιών από που γίνεται η εξαγωγή του προϊόντος.

Η βασική δομή κατασκευής του φορτωτή δε διαφέρει αρκετά από αυτή των συνηθισμένων γερανών που βρίσκονται στα λιμάνια, καθώς διαφέρουν μόνο στο υλικό που μεταφέρουν και τις απαραίτητες κατασκευαστικές μετατροπές ώστε να γίνει η μεταφορά του υλικού.

Ο φορτωτής ανάλογα με τη κατασκευή μπορεί να βρίσκεται πάνω σε ράγες όπου είναι δυνατή η μετατόπιση του κατά μήκος του πλοίου, αλλά υπάρχουν και φορτωτές που τοποθετούνται σε ελαστικά.

Ο φορτωτής του ενός χύδην υλικού έχει στον βραχίονα του ένα κοχλία για τη μεταφορά του υλικού στο αμπάρι του πλοίου αλλά υπάρχουν και φορτωτές που διαθέτουν μεταφορική ταινία.

3.2 Δομή Του Φορτωτή



Σχήμα 3. 1 :φορτωτής πλοίου με κοχλία για την μεταφοράς του υλικού

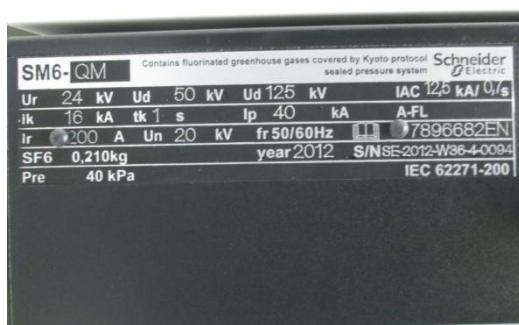
Στη παραπάνω φωτογραφία βλέπουμε έναν φορτωτή χύδην υλικού όπου κινείται σε ράγες στην αποβάθρα και βλέπουμε τις ρόδες πάνω στις ράγες για την μετατόπιση του. Υπάρχουν δύο τύμπανα για συλλογή αλλά και για το άπλωμα του παροχικού καλωδίου τροφοδοσίας και του πολύξυγυου καλωδίου για εντολές αλλά και τα ασθενή ρεύματα για τα σήματα ελέγχου που λαμβάνουμε από τον φορτωτή. Ένα κοντέινερ στο

οποίο βρίσκονται οι πίνακες διανομής τροφοδοσίας αλλά και αυτοματισμού για την λειτουργία του γερανού. Την σκάλα με την οποία θα γίνεται η επίσκεψη στο φορτωτή του χειριστή αλλά και του τεχνικού προσωπικού. Το τύμπανο στο οποίο θα γίνεται η περιστροφή του βραχίονα. Το αντίβαρο. Τους κοχλίες για την παραλαβή του υλικού από την μεταφορική ταινία αλλά και τον δεύτερο κοχλία που είναι υπεύθυνος για την φόρτωση του υλικού. Η καμπίνα του χειριστή. Οι βραχίονες για την κατακόρυφη ρύθμιση του κοχλία και η μπούμα που καταλήγει στο αμπάρι του πλοίου και από εδώ φορτώνεται το υλικό στο αμπάρι του πλοίου.

3.3 Ηλεκτρική Τροφοδοσία Του Φορτωτή

Επειδή σε μια βιομηχανία οι αποστάσεις των μηχανημάτων από το πεδίο χαμηλής τάσης του υποσταθμού, πολλές φορές οι πτώση τάσης είναι αρκετά μεγάλη και απαιτείται η χρήση καλωδίου πολύ μεγάλης διατομής και τότε το κόστος θα είναι πολύ μεγάλο. Για τον λόγο αυτό μετά τον διακόπτη μέσης τάσης της ΔΕΗ, φεύγουν και αναχωρήσεις προς επιμέρους υποσταθμούς.

Έτσι καθώς η απόσταση της προβλήτας όπου ήταν ο φορτωτής προς τον κοντινότερο υποσταθμό ήταν πολύ μεγάλη, το κόστος για τροφοδοσία με χαμηλή τάση θα ήταν πάρα πολύ μεγάλο, ήταν πιο λειτουργική η δημιουργία ενός αυτόνομου υποσταθμού για τους φορτωτές αλλά και για τα λοιπά μηχανήματα στη προβλήτα του λιμανιού, καθώς με αυτό τον τρόπο θα ήταν πιο εύκολη μια μελλοντική επέκταση της λειτουργίας του λιμανιού χωρίς να απαιτείται ενεού ρίψη παροχικών καλωδίων από κάποιο πεδίο χαμηλής τάσης μακριά από το λιμάνι, κάτι που θα σήμανε μεγαλύτερες διατομές.



Σχήμα 3. 2: πινακίδα διακόπτη MT στην άφιξη



Σχήμα 3. 3: πινακίδα διακόπτη MT στην αναχώρηση

Παροχή χαμηλής τάσης στον φορτωτή

Από το πεδίο χαμηλής τάσης του υποσταθμού αναχωρεί ένα καλώδιο παροχικό το οποίο μέσα από αυλάκωση στη προβλήτα καταλήγει στο φορτωτή.



Σχήμα 3. 4: αυλάκι στο οποίο απλώνονται τα καλώδια Χαμηλής τάσης για την τροφοδοσία

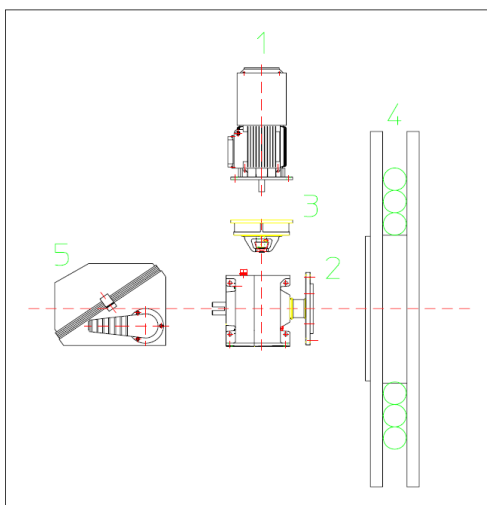


Σχήμα 3. 5: Τύμπανα στα οποία γίνεται η συλλογή του καλωδίου και το οδηγεί στο πεδίο Χαμηλής τάσης

Η κίνηση του τυμπάνου περιέλιξης. Είναι ελεγχόμενη από τον γερανό ή το μηχάνημα στο οποίο είναι εγκατεστημένο. Όταν η μηχανή θα αρχίσει να μετακινείται, το τύμπανο θα περιστρέφεται και ανάλογα τη κατεύθυνση του, το καλώδιο θα μαζεύεται ή θα απλώνεται στο αυλάκι.

Κατά τη λειτουργία του μηχανήματος, δε θα πρέπει να βρίσκεται κανένας κάτω από το τύμπανο. Το τεχνικό προσωπικό το οποίο θα εργάζεται στο σημείο θα πρέπει να λαμβάνει γνώση των κινδύνων στο χώρο και να γνωρίζουν το πλησιέστερο μπουτόν κινδύνου. Επίσης πριν από κάθε εργασία οπου θα γίνεται στο συλλέκτη, θα πρέπει να εξακριβώσουμε ότι έχει απενεργοποιηθεί η τάση τροφοδοσίας.

3.3.1 Δομή Του Συστήματος Τροφοδοσίας



Σχήμα 3. 6: Δομή του τυμπάνου περιέλιξης

- 1: κινητήρας
- 2: κιβώτιο ταχυτήτων
- 3:μειωτήρας
- 4: τύμπανο περιέλιξης
- 5: Συλλέκτης

1. Κινητήρας: Το συνηθισμένο μοντέλο κινητήρα το οποίο χρησιμοποιείται για τέτοιες εφαρμογές είναι οι κινητήρες ροπής. Κινητήρας ροπής είναι ένας ξεχωριστού τύπου κινητήρας και μπορεί να λειτουργεί επ'αόριστον ενώ είναι αδρανείς, δηλαδή με τον ρότορα κλειδωμένο. Συνεπώς ο κινητήρας ροπής αποτελεί μια από τις καλύτερες λύσεις για εφαρμογές χαμηλής ροπής, δίνοντας 100% ED.

Χαρακτηριστικά:

- Κατηγορία μόνωσης:H
- Βαθμός προστασίας: IP55
- Σχήμα:B5

• Πινακίδα αναγνώρισης του τύπου φρένων. Το μέγεθος περιλαμβάνεται μεταξύ 2Nm και 15Nm. Επίσης χρησιμοποιούνται μερικές φορές υδραυλικοί και πνευματικοί κινητήρες.

2. Κιβώτιο ταχυτήτων: Τα εξαρτήματα (έδρανα, γρανάζια) λειτουργούν εντελώς βυθισμένα στο λάδι και δεν απαιτούν πολύ συντήρηση.
3. Μειωτήρας: Τοποθετείται μεταξύ του κινητήρα και του κυρίου κιβωτίου ταχυτήτων για να αυξήσει την μηχανική ισχύ και την μηχανική ροπή στην απαιτούμενη τιμή και να μειώσει την ταχύτητα που φτάνει στο κιβώτιο ταχυτήτων.
4. Τύμπανο Περιέλιξης: Το τύμπανο είναι σχεδιασμένο χρησιμοποιώντας έναν αρθρωτό σχεδιασμό και προσφέροντας ένα ευρύ φάσμα επιλογών. Τα τύμπανα κατασκευάζονται από καλύβδινους σωλήνες κατεργασμένους κατάλληλα με γαλβανική επίστρωση ώστε να αντέχουν στις περιβαλλοντικές συνθήκες αντέχοντας στη διάβρωση. Τα παξιμάδια και τα μπουλόνια είναι κατασκευασμένα από ανοξείδωτο υλικό. Όταν απαιτείται χρήση σε περιοχές με υψηλή διαβρωτική ικανότητα, τα τύμπανα μπορούν να κατασκευαστούν εξ ολοκλήρου από ανοξείδωτο ατσάλι.
5. Συλλέκτης: Ο σκοπός του συλλέκτη είναι να επιτρέπεται η περιτύλιξη του καλωδίου πάνω στο τύμπανο χωρίς να πλεχτεί το καλώδιο. Τα δακτυλίδια ολίσθησης στον συλλέκτη είναι αυτοτελείς μονάδες και προσαρμόζονται κατευθείαν στη μονάδα ροπής στρέψης συνδεδεμένο με 4 μπουλόνια στήριξης. Σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης, ο συλλέκτης μπορεί να αντικατασταθεί γρήγορα. Από το συλλέκτη αναχωρεί καλώδιο προς τους πίνακες διανομής του φορτωτή.

Η κινητική ενέργεια για να περιστραφεί το τύμπανο περιέλιξης μεταφέρεται από τον κινητήρα μέσω του κιβωτίου ταχυτήτων. Μέσω του κιβωτίου ταχυτήτων μπορούμε να εξασφαλίσουμε σταθερή παρεχόμενη ροπή στον άξονα του τυμπάνου, μας δίνεται η δυνατότητα να ρυθμίσουμε την ταχύτητα περιστροφής του τυμπάνου στη διάμετρο περιέλιξης του, να φρενάρει το τύμπανο όταν είναι ακίνητο, να επιτρέπει το ομαλό άπλωμα και τη την ομαλή συλλογή του καλωδίου και να ρυθμίζει την έξοδο ροπής σύμφωνα με τις απαιτήσεις της κάθε

εφαρμογής. Οι κινητήρες ροπής έχουν σχεδιαστεί για να παρέχουν σταθερή ροπή σε μεταβαλλόμενες ταχύτητες από ένα πεδίο ταχυτήτων από τη στάση του δρομέα και 60% της ταχύτητας και του χρόνου της αντίθετης περιστροφής. Η κατανάλωση του ρεύματος είναι 20% μεγαλύτερη από τη μετρούμενη τιμή του όταν ο ρότορας είναι μπλοκαρισμένος. Επίσης οι κινητήρες ροπής είναι αρκετά ευαίσθητοι στις μεταβολές της τάσης καθώς η μεταβολή του ρεύματος είναι ίση με το τετράγωνο της μεταβολής της τάσης. Για αυτό το λόγο προτείνεται χρήση διακοπτικού υλικού με μέγεθος ως 30% μεγαλύτερου του ονομαστικού ρεύματος. Η θερμική προστασία του κινητήρα επιτυγχάνεται με Κλίξον (Clixon) στο εσωτερικό του κινητήρα.

3.3.2 Ηλεκτρομαγνητική Πέδηση

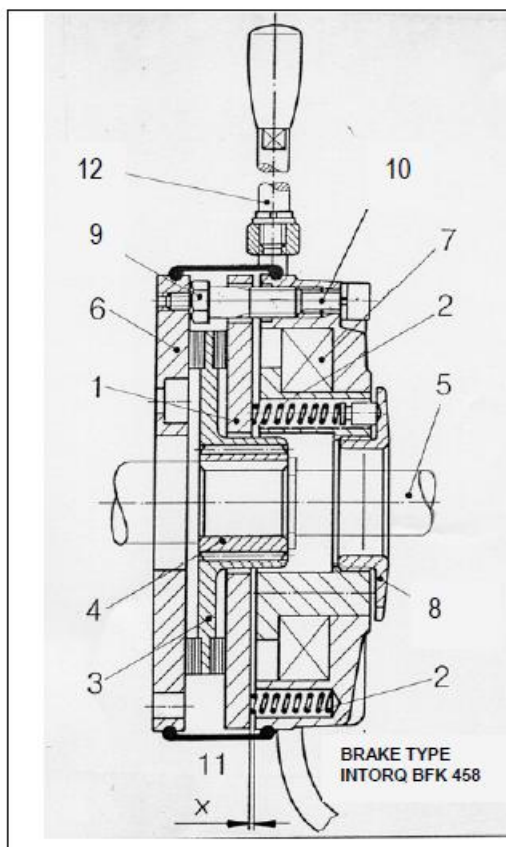
Οι κινητήρες ροπής είναι εφοδιασμένοι με πέδη η οποία ενεργοποιείται όταν ανίχνευση έλλειψη τάσης.

Πέδιλα φρένων: Το πέδιλο του φρένου φέρει την επένδυση των φρένων, η οποία είναι τρυπημένη ή κολλημένη στο πέδιλο. Όταν εφαρμόζεται η πέδη, το πέδιλο κινείται και πιέζει την επένδυση στο εσωτερικό του τυμπάνου. Η τριβή μεταξύ επένδυσης και του τυμπάνου παρέχει την προσπάθεια της πέδησης. Η ενέργεια που προκαλείται απορροφάτε ως θερμότητα. Τα πέδιλα των φρένων είναι χωρίς αμίαντο και χαρακτηρίζονται από μεγάλη αντοχή στη φθορά και με καλή θερμική αγωγιμότητα. Επίσης ο συντελεστής τριβής είναι αρκετά μεγάλος για υψηλές θερμοκρασίες. Τα φρένα μπορούν να μεγάλης συχνότητας φρεναρίσματα χωρίς να εμφανίσουν φθορά καθώς είναι ανθεκτικά στη σκόνη και την υγρασία.

Ηλεκτρομαγνήτης: Ο ηλεκτρομαγνήτης οδηγείται από συνεχές ρεύμα και χαρακτηρίζεται από χαμηλό επίπεδο θορύβου και χωρίς δονήσεις. Λόγω της χρήσης συνεχούς ρεύματος, η ένταση του ρεύματος είναι πολύ χαμηλή και είναι δυνατόν να ρυθμιστεί η ώρα που συμβαίνει μεταξύ της διακοπής τροφοδοσίας ρεύματος και έναρξης της πέδησης. Αυτό μας δίνει τη δυνατότητα να ρυθμίσουμε το χρόνο της πέδησης. Το ηλεκτρομαγνητικό πηνίο είναι σχεδιασμένο για συνέχει λειτουργία. Μια σωστή επένδυση περιβάλλει το πηνίο στο ηλεκτρομαγνητικό περίβλημα και το προστατεύει από την υγρασία και τις δονήσεις.

Ανορθωτής: Ο ανορθωτής είναι τοποθετημένος στο κιβώτιο σύνδεσης του κινητήρα και είναι σχεδιασμένος για ηλεκτρομαγνητικά φρένα. Είναι συμπαγής και ανθεκτικός στην υψηλή θερμοκρασία και δεν επηρεάζεται από τις διακυμάνσεις τάσεις.

Ηλεκτρική σύνδεση: Αν διαθέτουμε σε μια πηγή τροφοδοσίας ΕΡ, τότε το πηνίο είναι συνδεδεμένο με έναν ανορθωτή τοποθετημένο στο κιβώτιο συνδέσεις του κινητήρα. Η τάση λειτουργίας στη πινακίδα του συστήματος πέδησης, αναφέρει την συνεχή τάση από τον ανορθωτή. Η τάση λειτουργίας του του ηλεκτρομαγνήτη κυμαίνεται μεταξύ 85-110% της ονομαστικής τάσης.



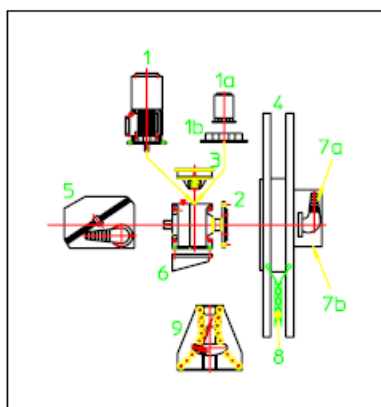
1. Armature plate
2. Compression Springs
3. Rotor
4. Hub
5. Shaft
6. Flange
7. Stator
8. Adjuster nut)
9. Threaded sleeves
10. Allen Screw
11. Seal
12. Hand release (optional
- X. Air gap

Σχήμα 3. 8: ονομασία των εξαρτημάτων

Σχήμα 3. 7: εξαρτήματα ηλεκτρομαγνητικής πέδης

3.3.3 Οδηγίες Συναρμολόγησης Του Τυμπάνου Περιέλιξης

Οδηγίες συναρμολόγησης του τυμπάνου περιέλιξης με κινητήρα ροπής

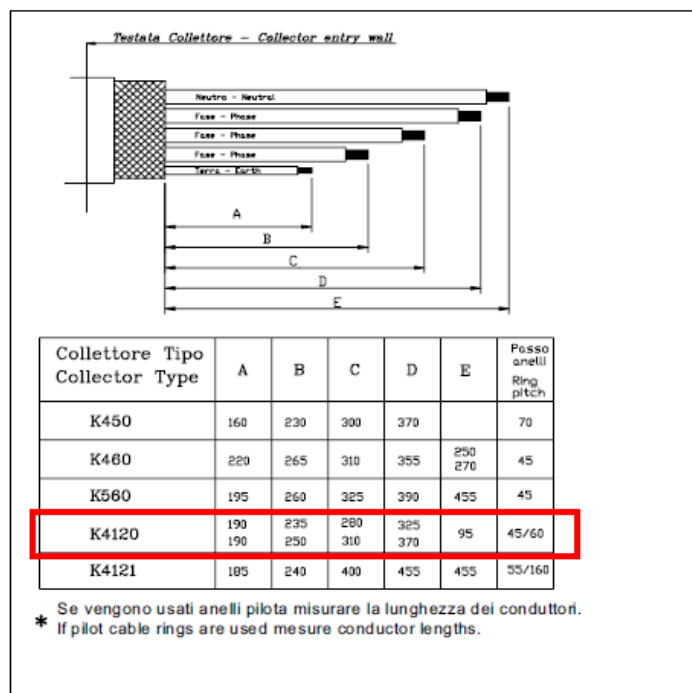


1. Motor
- 1a. Hydraulic or air powered motor
- 1b. Adaptor flange (for 1a)
2. Gearbox
3. Pre-reducer (optional)
4. Drum
5. Collector
6. Mounting base on crane (not supplied)
- 7a. Cable gland (drum side)
- 7b. Pull box for big diameter cable or flat cable
8. Cable grip (optional)
9. Cable guide

Σχήμα 3. 9: εξαρτήματα στο τύμπανο περιέλιξης

Σχήμα 3. 10: ονομασία εξαρτημάτων

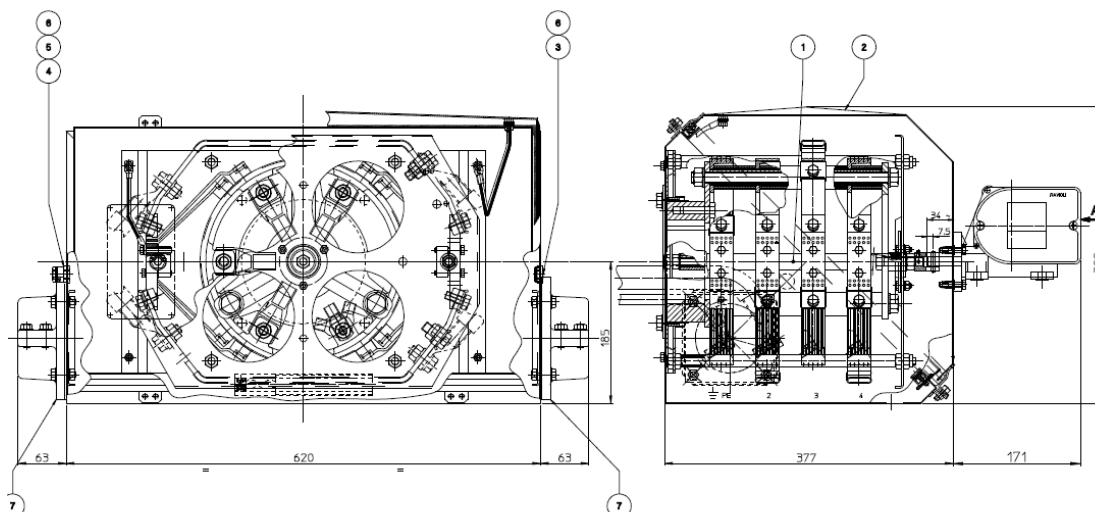
- A) Τοποθέτηση του κιβωτίου ταχυτήτων και συναρμολόγηση του.
- B) Τοποθέτηση του κινητήρα και του συλλέκτη στο κιβώτιο ταχυτήτων
- Γ) Συναρμολόγηση του τυμπάνου σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή. Κατά την ανύψωση του τυμπάνου από το έδαφος πρέπει να στερεωθεί στο κιβώτιο ταχυτήτων, δεν επιτρέπεται να ανυψώνεται στο εξωτερικό χείλος. Το τύμπανο πρέπει να ανυψωθεί με τιάνες ανύψωσης γύρω από τα στελέχη στον εξωτερικό δακτύλιο του τυμπάνου.
- Δ) Πρέπει να περάσει το καλώδιο από τον εσωτερικό δακτύλιο του τυμπάνου προς την είσοδο του στο συλλέκτη. Το καλώδιο θα πρέπει να δεθεί με Tire-up ή άλλα υλικά συγκρατήσεις στα κατάλληλα σημεία όπου δεν θα έρχεται σε επαφή με τα κινούμενα μέρη του συστήματος περιστροφής του τυμπάνου και να υπάρχει στεγανοποίηση στο σημείο εισόδου του καλωδίου στον συλλέκτη μέσω στυπιοθλίπτη. Αφού δεθεί το καλώδιο, θα πρέπει να περιστρέψουμε το τύμπανο. Είναι πολύ σημαντικό την πρώτη φορά αυτό να γίνει με μεγάλη προσοχή, χωρίς να στρίψουμε το καλώδιο και να το τραυματίσουμε.
- Ε) προετοιμασία του καλωδίου για την σύνδεση στο συλλέκτη, τοποθετώντας ακροδέκτες στα άκρα του, δίνοντας προσοχή στις αποστάσεις που πρέπει να έχουν μεταξύ τους. Αφού συνδέσουμε το συλλέκτη, θα πρέπει να ελέγξουμε τα καρβουνάκια από τις ψήκτρες ακουμπάνε στους δακτυλίους, και ότι οι ψηκτροφορείς εφάπτονται τέλεια στα δακτυλίδια.



Σχήμα 3. 11: Είσοδος καλωδίων στον συλλέκτη και σύνδεση του

ΣΤ) Συνδέουμε τον κινητήρα στο ηλεκτρικό δίκτυο με βάση τα χαρακτηριστικά στην πινακίδα του. Πρέπει να ελέγξουμε ότι ο ανεμιστήρας είναι σωστά συνδεδεμένος. Είναι εξαιρετικά σημαντικό ο ανεμιστήρας να τραβάει αέρα από τον κινητήρα. Αν ο ανεμιστήρας

λειτουργεί με αντίθετη φορά η ψύξη δεν είναι αποτελεσματική. Ο αισθητήρας θερμοκρασίας Clixon θα πρέπει να συνδεθεί σύμφωνα με το ηλεκτρικό του διάγραμμα. Αν ο κινητήρας διαθέτει δικό του θερμαντικό στοιχείο, πρέπει να ελέγξουμε ότι είναι συνδεδεμένο κατάλληλα ώστε να ενεργοποιεί το θερμικό όταν η μηχανή δε λειτουργεί.



Σχήμα 3. 12: Ο συλλέκτης

Pos.	Codice/Part No.	Descrizione	Description	Qty	Peso (kg)	Disegno/Dwg No.	Rev
1	SC-120862-AF1	Frutto collettore F4120 1 prep. x Fce RAVIOLI	Ring assembly F4120 1KV prep. for Lse RAVIOLI	1	32,0	SC-120862-AF1	A
2	SR2-S0248-000	Contentitore completo n.10 382x642x377 - AISI 304	Housing no. 10 382x642x377 - AISI 304	1	9,0	AS-248	C
3	S95-TM20B-000	Tappo Lapp Skindicht BL-M M20x1,5, ottone, O-ring	Plug Lapp Skindicht BL-M M20x1,5, brass, O-ring	1	0,0	5210 3125	
4	S95-PM020-150	Pressacavo Lapp SKINDICHT SVRE-M dia. 7-16, M20	Gland Lapp SKINDICHT SVRE-M dia. 7-16, M20	1	0,1	5210 5000	
5	S79-10000-M20	Anello OR M20 x 1, sp. 2	O-ring	1	0,0	5310 2020	
6	S95-DM200-020	Dado Lapp SKINDICHT SM-M M20x1,5 ottone	Lock nut Lapp SKINDICHT SM-M M20x1,5 brass	2	0,0	5210 3020	
7	SR2-S0176-000	Kit pressacavo E90 per collettori	Cable gland kit E90 for collectors	2	1,5	AS-176	0

Σχήμα 3. 13: εξαρτήματα του συλλέκτη

Το δεύτερο τύμπανο περιέλιξης, που φέρει το καλώδιο για τις εντολές και τα ασθενή ρεύματα έχει την ίδια λογική με αυτή του τυμπάνου που φέρει το καλώδιο παροχής τροφοδοσίας του, απλά θα αλλάξουν ορισμένα από τα χαρακτηριστικά του.

3.3.4 Χαρακτηρίστηκα των καλωδίων και των τυμπάνων

Για το τύμπανο που φέρει το παροχικό καλώδιο τροφοδοσίας θα έχουμε τα παρακάτω χαρακτηριστικά.

Πίνακας 3. 1: Χαρακτηριστικά συστήματος τυμπάνου παροχικού καλωδίου

Καλώδιο	
Ονομαστική τάση	0,6-1kV
Διατομή	3*185mm ² + 3*35mm ²
Διαστάσεις	Φ59mm, 7,8kg/m
Μηχανική αντοχή	13,8kN
Τύμπανο	
Εσωτερική διάμετρος	1,5m
Εξωτερική διάμετρος	4 m

πλάτος	63mm
βάρος	1070kg
Μήκος περιέλιξης καλωδίου	145m
Νεκρές στροφές	2
Σημείο τροφοδοσίας	κέντρο
Ύψος εγκατάστασης	4m
Ταχύτητα περιστροφής	12m/s
Κινητήρες	
Τύπος	Εντελώςκλειστού τύπου, 8 πόλους
Τροφοδοσία	2kW, 400v, 50Hz, 4.6A
μόνωση	Κλάση F
Ονομαστική ροπή	12Nm
Ονομαστική ταχύτητα	400rpm
Βαθμός προστασίας	IP55

Πίνακας 3. 2: Χαρακτηριστικά καλωδίου χαμηλής τάσης

Καλώδιο	
Ονομαστική τάση	0,6-1kV
Διατομή	24*2.5
Διαστάσεις	φ25mm, 1,10kg/m
Μηχανική αντοχή	1500N
Τύμπανο	
Εσωτερική διάμετρος	0.76m
Εξωτερική διάμετρος	2.5m
πλάτος	28mm
βάρος	141kg
Μήκος περιέλιξης καλωδίου	145m
Νεκρές στροφές	2
Σημείο τροφοδοσίας	κέντρο
Ύψος εγκατάστασης	4m
Ταχύτητα περιστροφής	12m/in
Κινητήρες	
Τύπος	Εντελώςκλειστού τύπου, 8 πόλους
Τροφοδοσία	0.8, 400v, 50Hz, 1.6A
μόνωση	Κλάση F
Ονομαστική ροπή	5Nm
Ονομαστική ταχύτητα	400rpm
Βαθμός προστασίας	IP55



Σχήμα 3. 14: δακτύλιος



Σχήμα 3. 15: ψηκτροφορέας

3.4 Μετακίνηση Τροχοφορείων

Η μετακίνηση του φορτωτή γίνεται πάνω σε ράγες κατά μήκος της προβλήτας ώστε να μπορεί να μετακινείται κατά μήκος του πλοίου και να φορτώνει τα αμπάρια του πλοίου.



Εικόνα 55: Η μετακίνηση του φορτωτή γίνεται πάνω σε ράγες κατά μήκος της προβλήτας ώστε να μπορεί να μετακινείται κατά μήκος του πλοίου και να φορτώνει τα αμπάρια του πλοίου.



Σχήμα 3. 16: ζευγάρι τροχοφορείων από την πλευρά της θάλασσας



Σχήμα 3. 17: τροχοφόρες από την πλευρά του εργοστασίου

Το κάθε ζευγάρι με ρόδες έχει τον δικό της κινητήρα, μειωτήρα και κιβώτιο ταχυτήτων για την μετακίνηση του φορτωτή, όμως όλες οι ρόδες έχουν ξεχωριστό σύστημα πέδησης η καθεμία τους.

3.4.1 Κινητήρες Τροχοφορείων

Οι κινητήρες τους οποίου θα χρησιμοποιήσουμε είναι τριφασικοί επαγωγικοί κινητήρες βραχυκυκλωμένου δρομέα, έξι στο σύνολο τους και ελέγχονται όλοι μαζί από ένα Inverter.

Τεχνική Περιγραφή

1. Οι κινητήρες είναι εφοδιασμένοι με κυλινδρικά έδρανα, ρουλεμάν τα οποία είναι εμποτισμένα σε γράσο και λιπαινόνται. Το τύλιγμα του στάτη είναι σχεδιασμένο για κλάση θερμοκρασίας 70°C. Στη τυπική έκδοση, ο δρομέας αντιστοιχεί σε αντοχές κραδασμών επιπέδου A.
2. Το πλαίσιο του στάτη και η πινακίδα χαρακτηριστικών είναι κατασκευασμένα από χύτευση αλουμινίου και από χυτοσίδηρο. Η επιφάνεια του στάτη είναι εφοδιασμένη με πτερύγια ψύξης το κιβώτιο σύνδεσης. Το κάλυμα του ανεμιστήρα είναι από χάλυβα.
3. Οι κινητήρες είναι σχεδιασμένοι για παθητική ψύξη μέσω των πτερυγίων στο κέλυφος του στάτη, και με τη φτερωτή που διαχέει την θερμότητα μέσα από κινητήρα προς το εξωτερικό του.
4. Το κιβώτιο ακροδεκτών του κινητήρα, μαζί με τους ακροδέκτες σύνδεσης του κινητήρα και το εξαρτήματα που χρειάζονται για την συνδεσμολογία βρίσκονται μέσα στο κουτί. Στο κουτί του ακροδεκτών βρίσκεται και το σχεδιάγραμμα για τον τρόπο σύνδεσης του κινητήρα.

Συνδεσμολογία του κινητήρα

Ο κινητήρας θα πρέπει να συνδεθεί με τέτοιο τρόπο ώστε να εξασφαλίζεται μόνιμα ασφαλής ηλεκτρική σύνδεση. Τα άκρα των καλωδίων δεν πρέπει να προεξέχουν και θα πρέπει να χρησιμοποιούνται τα κατάλληλα μεγέθη καλωδίων.

Πίνακας 3. 3: Τεχνικά χαρακτηριστικά κινητήρων

Τεχνικά χαρακτηριστικά κινητήρων	
Τάση τροφοδοσίας	400VΔ/690VΥ 50Hz
Ισχύς	11kW
Στροφές	1466rpm
Βαθμός απόδοσης	89,8%
cosφ	85%

Βαθμός προστασίας	IP 56
Ονομαστικό ρεύμα	22,8Α
Ονομαστική Ροπή	71,8Nm
Βάρος	97kg

3.4.2 Έλεγχος Των Κινητήρων Των Τροχοφορείων

Υπάρχουν τρεις διαφορετικοί τρόποι για να υλοποιήσουμε ένα σύστημα με μια ομάδα κινητήρων και τον έλεγχο της ταχύτητας τους, και αυτοί είναι: α) παράλληλη σύνδεση των τυλιγμάτων του κινητήρα, β) σύστημα Master/Follower(slave) και γ) συνδυασμός των δύο παραπάνω μεθόδων.

Αρκετές εφαρμογές χρησιμοποιούν ένα ή περισσότερους κινητήρες για να λειτουργούν παράλληλα στην ίδια επιθυμητή ταχύτητα. Η χρήση ενός μηχανισμού μεταβλητής συχνότητας (VFD) ή αλλιώς Inverter, για τον ταυτόχρονο έλεγχο των κινητήρων μας παρέχει μια σειρά από πλεονεκτήματα τα οποία συνοψίζονται παρακάτω:

1. Εξοικονόμηση χρημάτων
2. Εξοικονόμηση χώρου στον πίνακα διανομής, αλλά κόστους
3. Μειώνει το χρόνο και το κόστος συντήρησης.
4. Μειώνει την πολυπλοκότητα του συστήματος ελέγχου

Η εξοικονόμηση των χρημάτων γίνεται καθώς ένα Inverter μεγάλης ισχύος στοιχίζει λιγότερο σε σχέση με ισάριθμα Inverter μικρότερης ισχύος. Το μέγεθος της ντουλάπας του πίνακα, μπορεί να είναι μικρότερο καθώς θα χρειαστούμε λιγότερο χώρο. Ο χρόνος και το κόστος συντήρησης μειώνονται, καθώς μόνο ένα Inverter θα χρειάζεται συντήρηση. Αυτό μειώνει επίσης και την ανάγκη πληθώρας ανταλλακτικών για τα πολλαπλά μικρότερα Inverters. Το γενικό σύστημα ελέγχου γίνεται επίσης πολύ πιο απλό, αφού αντί να συνδέονται πολλά Inverter στον κεντρικό ελεγκτή, και να συγχρονίζεται η λειτουργία τους, απαιτείται μόνο μια σύνδεση. Κατά τον προγραμματισμό του ελεγκτή χρειάζεται να ρυθμιστεί μόνο ένας βρόγχος ελέγχου ταχύτητας αντί για πολλαπλές περιπτώσεις.

Συνολικά τα παραπάνω οφέλη, μπορούν να δικαιολογήσουν τη χρήση ενός Inverter σε εφαρμογές όπου η εφαρμογή ξεχωριστού Inverter για κάθε κινητήρα είναι δαπανηρή.

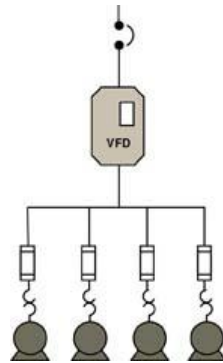
Για να είναι εφικτή αυτή η μέθοδος όμως θα πρέπει να πορευτούμε με κάποιους σημαντικούς περιορισμούς στον σχεδιασμό. Οι περιορισμοί αυτοί τους οποίους θα πρέπει να λάβουμε στα υπόψιν μας είναι:

1. Όλοι οι κινητήρες πρέπει να λειτουργούν με την ίδια ταχύτητα.
2. Ο σχεδιασμός πρέπει να συμπεριλαμβάνει προληπτικά και ένα δεύτερο για εφεδρεία, καθώς σε περίπτωση βλάβης δε θα είναι εφικτή η λειτουργία των κινητήρων.
3. Σε περίπτωση όπου οι κινητήρες δεν έχουν ταυτόχρονη εκκίνηση θα πρέπει να ληφθεί υπόψιν τα αυξημένα ρεύματα εκκίνησης που θα υπάρχουν για την εκκίνηση των κινητήρων.

Λεπτομέρειες σχεδίασης

Το Inverter πρέπει να έχει το κατάλληλο μέγεθος ανάλογα με τους συνδεδεμένους κινητήρες. Το πρώτο βήμα είναι η συνολική υποδύναμη των κινητήρων ή το σύνολο των ρευμάτων σε λειτουργία πλήρους φορτίου. Μόλις καθοριστεί η διαστασιολόγηση του φορτίου θα είναι εφικτή η επιλογή του κατάλληλου Inverter, το οποίο θα πρέπει να έχει μέγεθος μεγαλύτερο από το ποσό αυτό.

1. Ο κάθε κινητήρας θα πρέπει να διαθέτει το δικό του μέσω για προστασία από υπερφόρτιση και βραχυκύκλωμα.
2. Το πλαίσιο του στάτη και η πινακίδα χαρακτηριστικών είναι κατασκευασμένα από χύτευση αλουμινίου ή από χύτευση χυτοσιδήρου. Η επιφάνεια του πλαισίου του στάτη έχει πτερύγια ψύξης, του κουτί διασύνδεσης ή κιβώτιο ακροδεκτών, το κάλυμμα του ανεμιστήρα.
- 3.

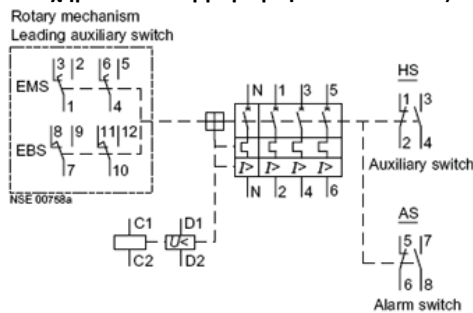


Σχήμα 3. 18: Σύνδεση κινητήρων παράλληλα με τα μέσα προστασίας τους

Η προστασία από υπερφόρτωση έχει σχεδιαστεί ώστε να αποσυνδέει το μεμονωμένο κινητήρα από τον Inverter αν ο κινητήρας τραβήξει μεγαλύτερο ρεύμα από το κανονικό. Αυτό προστατεύει τον κινητήρα από υπερθέρμανση και από βραχυκυκλώματα. Ως μέθοδοι προστασίας χρησιμοποιούνται θερμικά και ασφαλειοδιακόπτες, αλλά τα τελευταία χρόνια χρησιμοποιούνται θερμομαγνητικοί διακόπτες, οι οποίοι συνδυάζουν και θερμική προστασία αλλά και προστασία από υπερεντάσεις. Στις θερμομαγνητικούς διακόπτες είναι δυνατή η προσθήκη βοηθητικών επαφών για λήψη σημάτων.



Σχήμα 3. 19: Θερμομαγνητικοί διακόπτες



Σχήμα 3. 20: σχέδιο θερμομαγνητικού διακόπτη

Πίνακας 3. 4: τεχνικά στοιχεία Inverter

Τεχνικά χαρακτηριστικά Inverter	
Ισχύς	90kW
Τάση	400V
Ένταση	176A

3.4.3 Κιβώτιο Ταχυτήτων Τροχοφορείων

Για να έχουμε την απαιτούμενη ροπή για την μετακίνηση του φορτωτή, δεν αρκεί που έχουμε τους έξι κινητήρες, θα πρέπει να αυξήσουμε την ροπή μέσω του κιβωτίου ταχυτήτων. Με το κιβώτιο μειώνουμε τις στροφές του κινητήρα και αυξάνουμε την ροπή του κατά αντίστοιχο λόγο.

Τεχνική περιγραφή

1. Το κιβώτιο ταχυτήτων μπορεί να αποτελείται από μια, δύο ή τρεις σχέσεις μετάδοσης. Το κιβώτιο μπορεί να τοποθετηθεί σε διάφορες θέσεις ανάλογα με την κατασκευή.
2. Το περίβλημα για μικρού μεγέθους μειωτήρες είναι κατασκευασμένα από χυτό αλουμίνιο, ενώ για τα μεγάλα από γκρί χυτοσίδηρο.
3. Τα γρανάζια και τα υπόλοιπα σώματα που μεταδίδουν τη κίνηση στο κιβώτιο είναι σκληρυμένα. Στην περίπτωση κιβωτίου με

ελικοειδές «σκουλήκι» ή ατέρμονος κοχλία, το «σκουλήκι» σκληρύνεται και αλέθεται με λιπαντικό. Το γρανάζι είναι κατασκευασμένο από κράμα χαλκού με κασσίτερο για να απαιτίζει μεγαλύτερες μηχανικές αντοχές.

4. Τα κινούμενα μέρη παρέχονται με κατάλληλο λιπαντικό, μέσω λίπανσης με εμβάπτιση.
5. Όλοι οι άξονες είναι τοποθετημένοι σε ρουλεμάν. Τα έδρανα λιπαίνονται με εμβάπτιση ή με ψεκασμό. Τα ρουλεμάν που δεν τροφοδοτούνται με λιπαντικό είναι κλειστού τύπου και έχουν γράσο στο εσωτερικό τους για λιπαντικό.
6. Ο δακτύλιος στεγανοποίησης του άξονα σφραγίζει την είσοδο και την έξοδο του άξονα ώστε να εμποδίζει τη διαρροή του λιπαντικού από το περίβλημα αλλά και την εισροή ακαθαρσιών στο εσωτερικό του.
7. Τα κιβώτια ταχυτήτων συνήθως δεν απαιτούν πρόσθετη ψύξη. Η μεγάλης διαστάσεως επιφάνεια του περιβλήματος επαρκεί για την αποβολή της αναπτυσσόμενης θερμότητας από τις τριβές στο εσωτερικό του. Οι εναποθέσεις σκόνης εμποδίζουν την απαγωγή της θερμότητας από το κιβώτιο στο περιβάλλον και για αυτό πρέπει να το διατηρούμε χωρίς βρωμιές και σκόνη στο εξωτερικό του κελύφους.
8. Το κιβώτιο ταχυτήτων μπορεί να είναι εξοπλισμένο με μηχανικό σύστημα ασφαλείας το οποίο δεν επιτρέπει την μετάδοση κίνησης στην αντίθετη φορά από αυτή που έχει οριστεί και υποδυκνύεται με βέλος στο κέλυφος της μηχανής.
9. Η πινακίδα στο κιβώτιο ταχύτητας είναι από επικαλυμμένο φύλλο αλουμινίου. Καλύπτεται με ειδική ταινία που εξασφαλίζει αντοχή έναντι των φθορών.
10. Το κιβώτιο παραδίδεται πλήρως με αστάρι και με βαμένο περίβλημα. Η απαίτηση της θερμικής αγωγιμότητας και το όριο του πάχους της βαφής εφαρμόζεται από το πρότυπο DINEN 13463-1.

Πίνακας 3. 5: Τεχνικά χαρακτηριστικά μειωτήρα

Τεχνικά χαρακτηριστικά Μειωτήρα	Μειωτήρας με ελικοειδή γρανάζια
Ταχύτητα εξόδου	30m/s
Ροπή εξόδου	3447Nm
Λόγος μετατροπής	1:48
βάρος	366kg
Συντελεστής Συντήρησης	2,3

3.4.4 Πέδηση Τροχοφορειών

Τα φρένα των σιδηροτροχιών είναι κατάλληλα για την άσκηση δυνάμεων από 20 έως 300KN, (ασφάλεια κατά των κινήσεων που προκαλούνται από τους ανέμους) που πιέζουν προς τα κάτω την σιδηροτροχιά με την βοήθεια ελατηρίων και ανοίγουν με τη βοήθεια μιας υδραυλικής μονάδας ισχύος. Σε κανονικές συνθήκες λειτουργίας τα φρένα έχουν λίγους κύκλους λειτουργίας (μονάχα για την ακινητοποίηση του φορτωτή αφού σταματήσει στην καινούργια του θέση, αλλά και στην απενεργοποίηση τους όταν θα χρειαστεί να μετακινηθεί). Ο συντελεστής τριβής είναι κοντά στο 0,5.

Πλεονεκτήματα

- Επίδραση στη κατάσταση των σιδηροτροχιών
- Δυνατότητα χρήσης σε ράγες ενσωματωμένες στην ασφαλτο
- Χαμηλό κόστος

Μειονεκτήματα

- Εμφάνιση σημαντικών κατακόρυφων δυνάμεων

Τεχνικά χαρακτηριστικά

- Οριζόντια τάνυση έως $\pm 25\text{mm}$ ανάλογα και από την ράγα
- Χρόνος ανοίγματος(εξαρτάται από τον φορτωτή)
- Χρόνος κλεισίματος: από 4 έως 12 δευτερόλεπτα ανάλογα με τις ρυθμίσεις

Λειτουργία

Άνοιγμα των φρένων

Η πίεση του λαδιού που παράγεται από τη μονάδα ελέγχου κάνει τα φρένα να ανοίγουν. Αυτό επιτυγχάνεται:

- Ενεργοποίηση του κινητήρα μιας υδραυλικής μονάδας ισχύος κλείνοντας τις επαφές του.
- Ενεργοποίηση του πηνίου της ηλεκτρομαγνητικής βαλβίδας στη μονάδα ελέγχου. Κατά τη διαδικασία του ανοίγματος, ένας επαγωγικός τερματικός διακόπτης δίνει το σήμα «ανοικτής πέδης». Ένας πιεζοστάτης βαθμονομημένος στην ψηλότερη τιμή πίεσης σε σχέση με την τιμή του ανοίγματος, σταματάει το συγκρότημα των αντλιών. Αν παρατηρηθούν μικρές διαρροές προκαλούν την πτώση της πίεσης, ο πιεζοστάτης δίνει εντολή για επανεκκίνηση των αντλιών, προκυμένου να αποκατασταθεί η τιμή της πίεσης στην τιμή αναφοράς της, χωρίς να σταματήσει ο γερανός.

Κλείσιμο των φρένων σιδηροτροχιών

Η ακινητοποίηση των σιδηροτροχιών επιτυγχάνεται με την απενεργοποίηση της βαλβίδας κυκλοφορίας του λαδιού. Με αυτό το τρόπο η διόδος του λαδιού από το φρένο προς τη δεξαμενή είναι ελεύθερη και το λάδι ρέει προς τη μονάδα ελέγχου. Τα φρένα κλείνουν από τη δράση

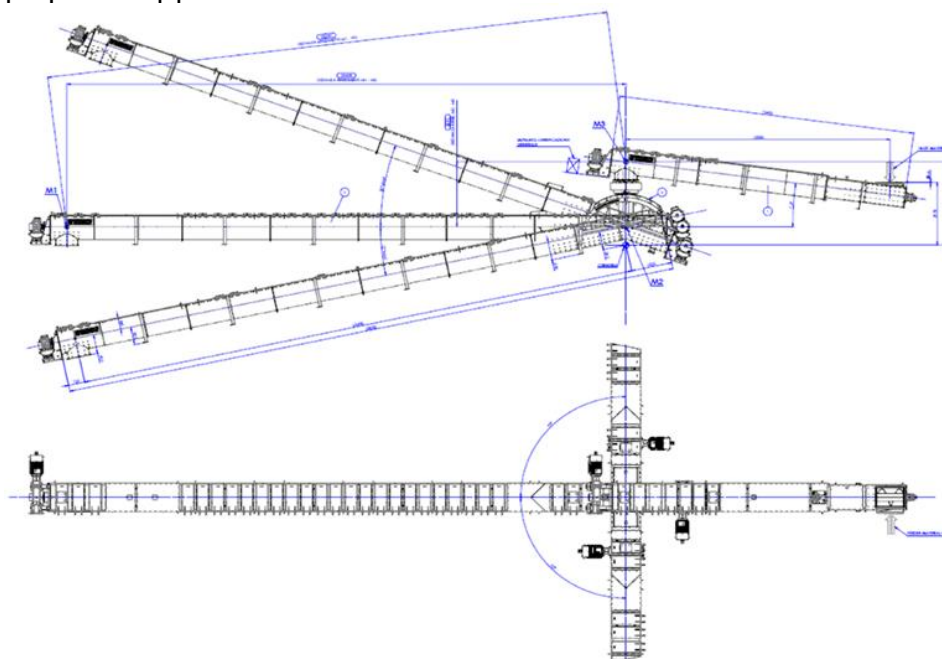
των ελατηρίων στο εσωτερικό τους. Ο χρόνος για το κλείσιμο των φρένων ρυθμίζεται από ένα τσόκ το οποίο καθορίζει μια καθυστέρηση που επιτρέπει τη πλήρη διακοπή του γερανού. Το τσόκ αυτό είναι τοποθετημένο κατευθείαν στο φρένο, έτσι ώστε να παρέμβει σε περίπτωση θραύσης του εύκαμπτου σωλήνα σύνδεσης.

Κατασκευή

Η δύναμη που ασκείται από το φρένο στην επιφάνεια της σιδηροτροχιάς επιτυγχάνεται μέσω εσωτερικών ελατηρίων στο φρένο. Το τακάκι των φρένων είναι κατεργασμένο και έχει σκληρυνθεί. Το υλικό κατασκευής του φρένου είναι από κατεργασμένο 39NiCrMo4. Το φρένο είναι τοποθετημένο σε ένα σφαιρικό σύνδεσμο και είναι ικανό να λειτουργεί σε ράγες χάρη στην επίπεδη ή καμπυλωτή επιφάνεια του. Ο σφαιρικός σύνδεσμος είναι από ατσάλι C40. Το στέλεχος των φρένων είναι κατασκευασμένο από σκληρυμένο και επιχρωμιωμένο C40 υψηλού πάχους. Απαιτείται τερματικός διακόπτης για να μπορούμε να πάρουμε την ένδειξη «ανοικτή πέδη».

3.5 Περιστροφή Του Βραχίονα

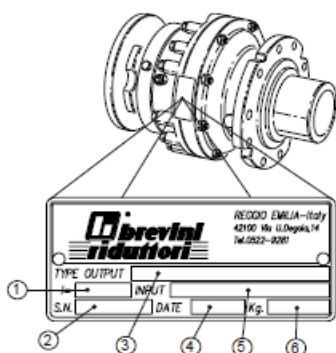
Ο βραχίονας του φορτωτή θα πρέπει να έχει τη δυνατότητα περιστρέφεται ώστε να διευκολύνει τη διαδικασία της φόρτωσης αλλά και την απομάκρυνση της μπούμας στην ολοκλήρωση της φόρτωσης χωρίς να υπάρχει κίνδυνος επαφής με το πλοίο κατά την αναχώρηση του από το λιμάνι. Η πραγματοποίηση της περιστροφής απαιτεί πολύ μεγάλη μηχανική ροπή για να περιστραφεί. Για να πάρουμε αυτή τη ροπή χρησιμοποιούμε εκτός από του κινητήρες και του μειωτήρες, και ένα ωστικό έδρανο το οποίο την ροπή που εφαρμόζεται σε αυτό από τους κινητήρες και τους μειωτήρες την αυξάνει ώστε να έχει τη δυνατότητα να περιστρέψει τον βραχίονα.



Σχήμα 3. 21: όρια περιστροφής του βραχίονα

Τεχνικά χαρακτηριστικά μειωτήρων

Κάθε μονάδα μειωτήρα συνοδεύεται από την πινακίδα που περιγράφει τα τεχνικά χαρακτηριστικά της. Επάνω σε αυτή θα πρέπει να αναγράφονται τα εξής:



1. Αναλογία Μείωσης
2. Σειριακός αριθμός
3. Τύπος ή μειωτήρας / έξοδος γραναζιού
4. Έτος κατασκευής
5. Είσοδος γραναζιών
6. βάρος του μειωτήρα

Σχήμα 3. 22: Χαρακτηριστικά μειωτήρα

Τα στοιχεία για τους 4 μειωτήρες οι οποίοι έχουν ίδια τεχνικά χαρακτηριστικά όλοι τους είναι:

Πίνακας 3. 6: Στοιχεία μειωτήρων περιστροφής βραχίονα

Λόγος μείωσης	178
Ταχύτητα στην έξοδο	8,4 rpm
Ροπή εξόδου	45,9kN

Οι κινητήρες που χρησιμοποιούμε είναι ασύγχρονοι τριφασικοί κινητήρες βραχυκυκλωμένου δρομέα, οι οποίοι ελέγχονται από ένα Inverter, ώστε να έχουν τη ίδια ταχύτητα περιστροφής όλοι τους. Τα χαρακτηριστικά των κινητήρων είναι:

Πίνακας 3. 7: στοιχεία κινητήρων περιστροφής βραχίονα

Ισχύς	5,5 kW
Τάση τροφοδοσίας	230VΔ/400VΥ 50hz
Ταχύτητα περιστροφής	1465 rpm
Βαθμός απόδοσης	0,89
cosφ	0,8
Ένταση ρεύματος	11,3 ^A
Ροπή	2,3Nm

Αντίστοιχα τα στοιχεία του Inverter είναι:

Πίνακας 3. 8: στοιχεία Inverter για έλεγχο κινητήρων περιστροφής βραχίονα

Βαθμός προστασίας	IP54
Τάση εισόδου	380-480V
Ρεύμα εξόδου	59 ^A
Ισχύς εξόδου	30kW/40hp

Ωστικό έδρανο

Τα ωστικά έδρανα ή δακτύλιοι περιστροφής είναι μεγάλης κλίμακας ρουλεμάν σφαιρών ή κυλίνδρων. Οι δακτύλιοι περιστροφής χρησιμοποιούνται για ταυτόχρονη μετάδοση αξονικών και ακτινικών δυνάμεων, όπως και για τη μετάδοση στιγμιαίας κλίσης. Οι δακτύλιοι περιστροφής αποτελούνται από ένα εσωτερικό και εξωτερικό δακτύλιο, ένα ολοκληρωμένο σύστημα διαδρομών.



Σχήμα 3. 23: ωστικό έδρανο

1. Εξωτερικός δακτύλιος
2. Εσωτερικός δακτύλιος
3. Σφράγισμα

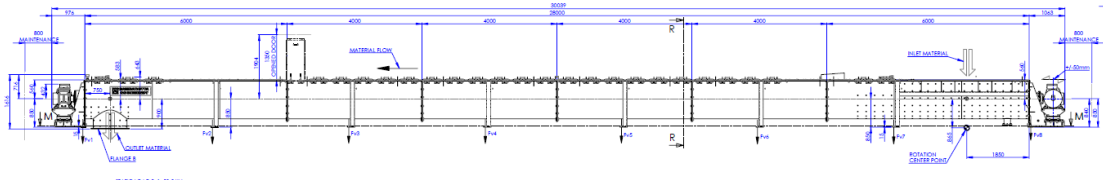
3.6 Κοχλίες Μεταφοράς Του Υλικού

Ο φορτωτής έχει δύο κοχλίες για την μεταφορά του υλικού, έναν για να παραλαμβάνει το υλικό από τις μεταφορικές ταινίες που το φέρνουν από το σημείο αποθήκευσης, και ένα δεύτερο ο οποίος είναι πάνω στον βραχίονα και μέσω αυτού μεταφέρεται μέσω της μπούμας στο αμπάρι του πλοίου.

Επειδή εκτός από τσιμέντο, ο φορτωτής χρησιμοποιείται και για μεταφορά κλίνκερ, που σε αντίθεση με το τσιμέντο είναι πιο σκληρό υλικό και αναπτύσσει πιο μεγάλες θερμοκρασίες λόγω της τριβής, το υλικό το οποίο χρησιμοποιείτε είναι κατάλληλο ώστε να αντέχει τις θερμοκρασίες αυτές. Παρακάτω αναφέρονται τα στοιχεία και τα χαρακτηριστικά των κοχλιών.

Πίνακας 3. 9: Τεχνικά στοιχεία κοχλία παραλαβής υλικού

Τεχνικά στοιχεία κοχλία	
Χαρακτηριστικά του υλικού	
Υλικό	Clinker
Ειδικό βάρος (T/m ³)	1,4
Μέγεθος (mm)	30
Θερμοκρασία (°C)	100
Υγρασία (%)	
Κατασκευαστικά χαρακτηριστικά	
Μήκος (mm)	13460
Κλίση (°)	7,5
Υλικό κατασκευής σπειρών κοχλία	Fe510
Διάμετρος σωλήνα (mm)	193,7
Υλικό κατασκευής σωλήνα	Fe510
Τύπος περιβλήματος	κυλινδρικός
Υλικό κατασκευής περιβλήματος	Fe510
Αριθμός κινητήρων	
Χώανες εισόδου	1
Χώανες εξόδου	1
Στοιχεία λειτουργείας	
Χωρητικότητα (m ³ /h)	285
ταχύτητα μεταφοράς του υλικού rpm	25
Ταχύτητα του ρότορα rpm	25
Σύστημα κίνησης	
Ισχύς κινητήρα (kW)	90
Συχνότητα λειτουργείας (hz)	50
Ταχύτητα περιστροφής (rpm)	1486
Βαθμός προστασίας (IP)	55
Αριθμός πόλων	4
Τάση λειτουργείας (V)	400
Κλάση μόνωσης	F(B)
Μειωτήρας	
Σχέση μετάδοσης	32
λίπανση	αυτόματη
Τύπος μειωτήρα	Gear Hollow Shaft
Αισθητήρας κίνησης	XSA V11373 12



Σχήμα 3. 27: μηχανολογικό σχέδιο καλύματος του κοχλία

Ο μειωτήρας έχει τα εξής χαρακτηριστικά:

Ισχύς	76,74kW
Ταχύτητα εισόδου	1485 rpm
Ταχύτητα εξόδου	45.81 rpm
Σχέση μετάδοσης	32

3.6.1 Τροφοδοσία και έλεγχος του κινητήρα

Οι κινητήρες τους οι οποίοι χρησιμοποιούνται για την μεταφορά του υλικού από τον ταινιοδιάδρομο αλλά και του κοχλία φόρτωσης, έχουν τα ίδια χαρακτηριστικά, καθώς δε θέλουμε να έχουμε ανισοροπία στο ρυθμό μεταφοράς του υλικού. Ο ρυθμός με τον οποίο το υλικό μεταφέρεται από τον κοχλία παραλαβής στον κοχλία φόρτωσης πρέπει να είναι ίδιος καθώς σε αντίθετη περίπτωση, αν περιστρεφονταν πιο γρήγορα, θα «μπούκωναι» τον δεύτερο κοχλία, ενώ αν περιστρεφόνταν πιο αργά, ο δεύτερος κοχλίας θα λειτουργούσε με μικρότερο φορτίο.

Πίνακας 3. 11: Τεχνικά Χαρακτηριστικά του κινητήρα

Ηλεκτρικά χαρακτηριστικά	
Τάση τροφοδοσίας	400 VD/690 VY
Συχνότητα	50 Hz
Ονομαστική ισχύς	90.00 kW
Ονομαστική Ταχύτητα	1486 rpm
Ονομαστική ροπή	578.4 Nm
Ονομαστικό ρεύμα	159A/D, 92A/Y
Βαθμός απόδοσης	94%
Συντελεστής ισχύος	0.87
Μηχανικά χαρακτηριστικά	
Επίπεδα θορύβου	67 dB
ροπή αδράνειας	1.4000 kg*m ²
Τύπος λιπαντικού	Esso Unirex N3
έδρανα	6317 C3
Βαθμός προστασίας	IP 55
Βάρος	640.00 kg
Κουτί σύνδεσης	
Μέγιστη διατομή καλωδίου	120.00 mm ²

Στυπιοθλίπτες	2xM63x1,5-2xM20x1,5
Βίδες κουτιού	M10

3.6.2 Έλεγχος Των Κινητήρων

Ο κοκλίας παραλαβής του υλικού λειτουργεί με έναν κινητήρα ο οποίος ελέγχεται μέσω απευθείας ελέγχου της ροπής, η οποία θα ρυθμίζεται ώστε να ανταποκρίνεται στη εκάστοτε μεταβολή του φορτίου που θα μεταφέρει ο κοκλίας.

Ο κοκλίας μεταφοράς του υλικού λόγω του μεγάλου μήκους, έχει δύο κινητήρες στα άκρα του για την περιστροφή του άξονα του. Οι κινητήρες αυτοί ελέγχονται με την μέθοδο Master/Slave, όπου ο κινητήρας στην είσοδο του φορτίου συμπεριφέρεται ως Master και ο κινητήρας στην έξοδο του φορτίου ως Slave.

Η βασική εφαρμογή του ελέγχου με την μέθοδο Master/Slave (MS) είναι για την κατανομή του φορτίου σε δύο ή παραπάνω κινητήρες μονάδες όταν που έχουν κινητήρες με ίδια χαρακτηριστικά και συνδέονται σε κοινό φορτίο. Ο ελεγκτής ο οποίος προορίζεται για Master είναι ελεγκτής ταχύτητας ενώ οι Slave ως ελεγκτές ροπής.

Ο Master μέσω της αναλογικής εξόδου του στέλνει σήμα 4-20mA στην αναλογική είσοδο του Slave η οποία του καθορίζει τη τιμή ροπής που πρέπει να αναπτύξει.

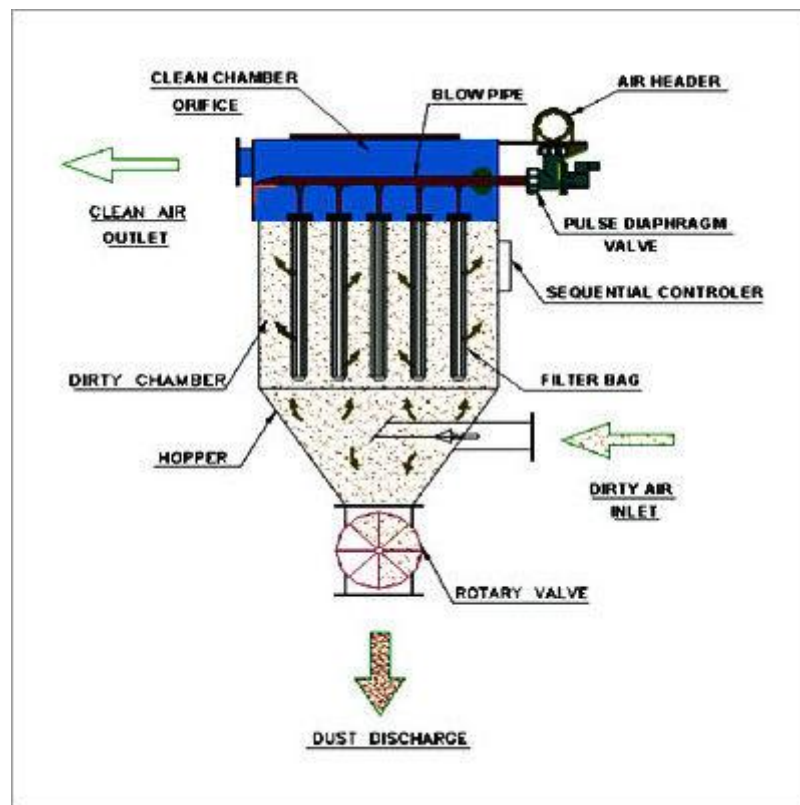
Ο Slave ανάλογα με τις ρυθμίσεις και τις παραμέτρους που του θέτουμε μπορεί να έχει τις εξής λειτουργίες:

- Έλεγχος Ροπής: ο Slave χρησιμοποιεί την πραγματική ροπή στρέψης του Master ως ροπή αναφοράς. Αυτό δημιουργεί ένα φυσικό φορτίο μοιραζόμενο φορτίο μεταξύ των δύο κινητήρων.
- Έλεγχος της ροπής με βάση τη ταχύτητα: Ο Slave χρησιμοποιεί τη πραγματική ροπή του Αφέντη. Εάν η ταχύτητα του Slave είναι μέσα στα καθορισμένα από τον χρήστη όρια. Το εύρος της ταχύτητας είναι το επιτρεπόμενο σφάλμα προς την πραγματική ταχύτητα. όταν το σφάλμα ξεφεύγει από τα επιτρεπτά όρια, η τιμή του σφάλματος διαβάζεται από τον ελεγκτή της ταχύτητας, στην περίπτωση μας τον Master. Μόλις ο Master διαβάσει το σφάλμα στέλνει το σήμα από την ροπή αναφοράς. Αυτός ρυθμίζει τη ταχύτητα του ώστε να είναι στα καθορισμένα όρια.
- Έλεγχος ροπής με την τάση αναφοράς της ταχύτητας εξόδου και της ροπής εξόδου
- Έλεγχος ταχύτητας: Ο Slave χρησιμοποιεί την πραγματική ταχύτητα του Master ως ταχύτητα αναφοράς. Αυτή η λειτουργία είναι χρήσιμη όταν ο Master και ο Slave είναι συνδεδεμένοι μεταξύ τους εστί ώστε μια μικρή διαφορά στη ταχύτητα να είναι δυνατή.

3.7 Φίλτρα

Καθώς ο φορτωτής διαχειρίζεται ένα υλικό όπως το τσιμέντο, θα πρέπει να εμποδίσουμε την διαρροή του υλικού στην ατμόσφαιρά, πράγμα το οποίο προκαλεί μόλυνση του περιβάλλοντος αλλά και απώλεια υλικού.

Τα πιο συνηθισμένα φίλτρα τα οποία χρησιμοποιούνται είναι τα σακόφιλτρα. Τα σακόφιλτρα αποτελούνται από υφασμάτινους σάκους μέσω των οποίων διέρχεται το υλικό μέσω ενός ανεμιστήρα και παγιδεύεται στους σάκους και ανά τακτά χρονικά διαστήματα το υλικό το οποίο μαζεύεται τινάζεται από τους σάκους μέσω αέρα υπό πίεση. Ο αέρας εισέρχεται στο δωμάτιο με μπέκ κατά μήκος της κεντρικής γραμμής. Ο αέρας αυτός μπορεί να έχει πίεση μέχρι και 7tam γίνονται ανά ρυθμισμένο χρόνο ή μέσω αισθητήρων πίεσης.



Σχήμα 3. 28: Δομή σακόφιλτρου

Τα φίλτρα τα οποία χρησιμοποιούνται έχουν τα εξής τεχνικά χαρακτηριστικά:

Πίνακας 3. 12: Χαρακτηριστικά φίλτρου την παραλαβή του φορτίου

Όγκος αέρα στην είσοδο του φίλτρου σε	4000 m ³ /h
Θερμοκρασία αέρα	40°C
Σχεδιασμένη πίεση	3Pa
Αριθμοί σάκων	40

Μέγεθος σάκων	150*2210mm
Υλικό σάκων	Πολυεστέρας
Μεταφερόμενο υλικό	Τσιμέντο
Συγκέντρωση υλικού από το φίλτρο	400kg/m ³
Μήκος φίλτρου	1100mm
Πλάτος φίλτρου	2670mm
Κοιλίας μεταφοράς	
μήκος	1400mm
Ταχύτητα περιστροφής	15rpm
Ισχύς κινητήρα	0.55kW
Βαλβίδα περιστροφής	
Δυνατότητα αποφόρτισης	9.8m ³ /h
Ισχύς κινητήρα	0.37kW
Ανεμιστήρας	
Ονομαστική ροή αέρα	4000m ³ /h
Ταχύτητα περιστροφής	2950rpm
Τάσης τροφοδοσίας	400V, 50Hz
Ισχύς κινητήρα	5.5kW
Βαθμός προστασίας	IP55

Πίνακας 3. 13: Χαρακτηριστικά φίλτρου στην είσοδο του φορτίου

Όγκος αέρα στην είσοδο του φίλτρου σε	3000 m ³ /h
Θερμοκρασία αέρα	40°C
Σχεδιασμένη πίεση	3Pa
Αριθμοί σάκων	30
Μέγεθος σάκων	150*2210mm
Υλικό σάκων	Πολυεστέρας
Μεταφερόμενο υλικό	Τσιμέντο
Συγκέντρωση υλικού από το φίλτρο	300kg/m ³
Μήκος φίλτρου	1100mm
Πλάτος φίλτρου	2670mm
Κοιλίας μεταφοράς	
μήκος	1400mm
Ταχύτητα περιστροφής	15rpm
Ισχύς κινητήρα	0.55kW
Βαλβίδα περιστροφής	
Δυνατότητα αποφόρτισης	2*9.8m ³ /h
Ισχύς κινητήρα	2*0.37kW
Ανεμιστήρας	
Ονομαστική ροή αέρα	3000m ³ /h
Ταχύτητα περιστροφής	2950rpm
Τάσης τροφοδοσίας	400V, 50Hz
Ισχύς κινητήρα	5.5kW

Bibliography

- A.E. Fitzgerald, C. K. *Electric Machinery* (6 ed.). Mc Graw Hill.
- Bhag S. Guru, H. R. *Electric Machinery and Transformers* (3 ed.). Oxford University Press.
- Chapman, S. (2011). *Ηλεκτρικές Μηχανές* (4 ed.). Τζιόλα.
- Charles I. Hubert. *Ηλεκτρικές Μηχανές* (1ed). Ίων.
- Wildi, T. *Electrical Machines, Drives and Power Systems* (5 ed.). PrenticeHall.
- Γατντζούδης Σωτήρης, Λ. Μ. *Ηλεκτρικές Μηχανές*. ΟΕΔΒ.
- Μαλατέστας, Π. *Ηλεκτρικές Μηχανές* (1 ed.). Τζιόλα.
- Μαλατέστας, Π. *Ηλεκτρική Κίνηση* (3 ed.). Τζιόλα.
- Μανιάς Στέφανος. *Ηλεκτρονικά ισχύος* (1ed). Συμμεών
- Technical Guide Book. ABB.
- Siemens Basics of AC Drives.
- Screw Conveyors catalogue and engineering manual. Continental.
- Screws Conveyors. KWS Manufacturing Company.
- Design and selectin the proper conveyor belt. Technical journals.
- Dunlop conveyor Belts.
- Blocher&Wallace Blog. Pneumatic Conveying Systems.
- PSG. Pneumatic Conveying systems for bulk materials.
- Electrical Engineering Portal.
- Wikipedia