

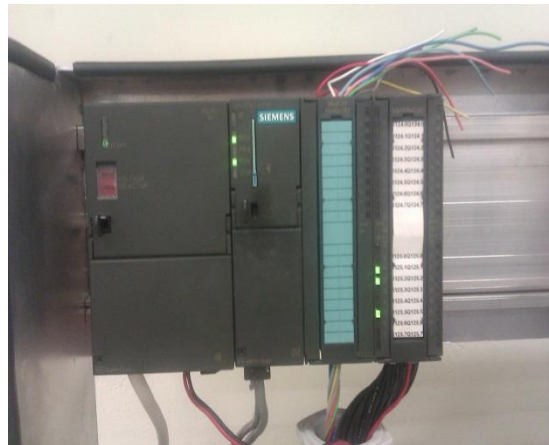


Σχολή Τεχνολογικών Εφαρμογών  
Τμήμα Αυτοματισμού

## Πτυχιακή εργασία

Θέμα:

**“ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ  
ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΚΑΙ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗΣ ΔΙΑΚΙΝΗΣΗΣ  
ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ”**



**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΜΙΧΑΛΗΣ ΠΑΠΟΥΤΣΙΔΑΚΗΣ**

**ΦΟΙΤΗΤΕΣ: ΚΑΡΝΑΧΩΡΙΤΗΣ ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΣ    Α.Μ.36706  
                  ΦΑΡΜΑΚΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ            Α.Μ. 31584**

ΑΙΓΑΛΕΩ, ΙΟΥΝΙΟΣ 2013  
ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

1. Εισαγωγή
2. Σχεδιασμός Εργοστασίου και Τύποι ροής Προϊόντων
  - 2.1. Σχεδιασμός του επιπέδου του ετήσιου όγκου προϊόντων
  - 2.2. Υπολογισμός του μεγέθους της κτιριακής εγκατάστασης
  - 2.3. Εργοστασιακές δραστηριότητες
  - 2.4. Οι περιορισμοί και αντικειμενικοί σκοποί του σχεδιασμού της κτιριακής εγκατάστασης
  - 2.5. Τα χαρακτηριστικά της εσωτερικής διακίνησης προϊόντων
  - 2.6. Προσομοίωση σε υπολογιστή της διακίνησης προϊόντος
  - 2.7. Οι θεμελιώδεις αρχές σχεδιασμού της εγκατάστασης και της διακίνησης προϊόντων
  - 2.8. Μέθοδοι παρουσίασης της εγκατάστασης και της διακίνησης προϊόντων
  - 2.9. Η αρχή του επαρκούς διαδρόμου και του πλάτους του
  - 2.10. Οι τύποι των προϊόντων που διακινούνται και ο προσδιορισμός της ροής των προϊόντων
  - 2.11. Η θεωρία των ΑΒΓ ζωνών (ABC Theory)
  - 2.12. Οι κανόνες της διεύθυνσης των διαδρόμων ή της ροής των προϊόντων στις θέσεις επεξεργασίας
3. Έλεγχος της Παραγωγής
  - 3.1. Τύποι Ελέγχου
    - 3.1.1. Αναλογικός Έλεγχος
    - 3.1.2. Ψηφιακός Έλεγχος
    - 3.1.3. Αναδραστικός Έλεγχος (Feedback Control)
    - 3.1.4. Προηγμένα Συστήματα Ελέγχου
    - 3.1.5. Προσαρμοστικός και Συμπερασματικός Έλεγχος
    - 3.1.6. Έλεγχος με Ηλεκτρονικό Υπολογιστή
    - 3.1.7. Κατανεμημένα Συστήματα Ελέγχου (Distributed Control System)
    - 3.1.8. Συστήματα Εποπτικού Ελέγχου και Συλλογής Πληροφοριών (SCADA)
    - 3.1.9. Έμπειρα Συστήματα Ελέγχου (DCS-SCADA)
    - 3.1.10. Στοχαστικός Έλεγχος
4. Βιομηχανικοί Ελεγκτές
  - 4.1. Βιομηχανικοί ελεγκτές
  - 4.2. Είδη Βιομηχανικών ελεγκτών
    - 4.2.1. Ελεγκτές τύπου PID
    - 4.2.2. Ψηφιακός ελεγκτής PID
    - 4.2.3. Ελεγκτής τύπου Deadbeat
    - 4.2.4. Μικροελεγκτές Τύπου PID
    - 4.2.5. Εμπορικοί Τύποι Ελεγκτών PID
    - 4.2.6. Ελεγκτές με προγραμματιζόμενο κέρδος (Gain Scheduling)
    - 4.2.7. Ελεγκτές βασισμένοι σε πρότυπα (Model Reference Control)
    - 4.2.8. Προγραμματιζόμενοι Λογικοί Ελεγκτές (PLC)
5. Οριζόντια Διακίνηση προϊόντων
  - 5.1. Κλωβοί προϊόντων
  - 5.2. Παλλέτες

- 5.3. Οι όροι μικρά τεμάχια και κρεμασμένα είδη ένδυσης
- 5.4. Οι αντικειμενικοί σκοποί της οριζόντιας διακίνησης και του εξοπλισμού της
- 5.5. Οι παράμετροι σχεδιασμού της οριζόντιας μεταφοράς και του εξοπλισμού μικρών αντικειμένων και κρεμασμένων ειδών ένδυσης.
- 5.6. Προσομοίωση με υπολογιστή της λειτουργίας της διακίνησης μικρών αντικειμένων ή κρεμασμένων ειδών ένδυσης
- 5.7. Παράγοντες σχεδιασμού οριζόντιας διακίνησης χωρίς ενέργεια
- 5.8. Μέσα οριζόντιας διακίνησης αντικειμένων χωρίς ενέργεια
- 5.9. Μέσα οριζόντιας διακίνησης αντικειμένων με ενέργεια
- 6. Κατακόρυφη Διακίνηση προϊόντων
  - 6.1. Είδη κατακόρυφης διακίνησης προϊόντων
  - 6.2. Μέσα κατακόρυφης διακίνησης προϊόντων
- 7. Βιβλιογραφία

## **1. Εισαγωγή**

Μία από τις σοβαρότερες απαιτήσεις κατά την οργάνωση της παραγωγής, γενικά, είναι η ταχεία και ορθή διακίνηση των υλικών και προϊόντων προς κάθε κατεύθυνση. Η ταχεία διακίνηση των υλικών και προϊόντων ενέχει την έννοια της βελτιστοποίησης της λειτουργίας των μέσων διακίνησης και από αυτή την άποψη η ανάπτυξη των μεταφορικών και ανυψωτικών μηχανών σε όλους τους κλάδους της βιομηχανίας είναι τεράστια. Η παραγωγή κατά τις τελευταίες δεκαετίες απαιτεί σύγχρονες μονάδες παραγωγής με ευελιξία, μειωμένο κόστος παραγωγής, αυξημένη παραγωγικότητα και πιστή τήρηση της ποιότητας.

Τα τελευταία 40 χρόνια πολλοί νέοι τύποι μεταφορικών και ανυψωτικών μηχανών έχουν αναπτυχθεί. Με την εισαγωγή δε των ηλεκτρολογικών και ηλεκτρονικών μηχανισμών, έχουν κατασκευαστεί ευέλικτες και αυτομάτου ελέγχου εγκαταστάσεις που κάνουν τα συστήματα των μεταφορικών και ανυψωτικών μηχανών πολύ αποδοτικά. Αυτό επιτυγχάνεται αποτελεσματικά με την βιομηχανική πληροφορική.

Η βιομηχανική πληροφορική είναι απαραίτητη για την αύξηση και την μεγιστοποίηση της παραγωγικότητας και τον άρτιο ποιοτικό έλεγχο. Κάθε σύγχρονη βιομηχανία πρέπει να κατέχει σύγχρονα πληροφορικά συστήματα διακίνησης και ελέγχου της παραγωγής.

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η συλλογή, αναφορά και επεξεργασία των διαφόρων μεθόδων εσωτερικής διακίνησης προϊόντων ώστε αυτή η λειτουργία να είναι πιο αποδοτική και οικονομικά συμφέρουσα. Με την εσωτερική διακίνηση ορίζεται η λειτουργία που περιλαμβάνει την κίνηση των χύμα, πακεταρισμένων και ξεχωριστών προϊόντων σε στερεά κατάσταση από έναν άνθρωπο ή μηχανή στα όρια του εργοστασίου.

Τα κεφάλαια που ακολουθούν καλύπτουν εφαρμογές του εξοπλισμού διακίνησης προϊόντων, αρχές λειτουργίας και παραδείγματα όταν η διακίνηση αναφέρεται σε μεγάλο, μεσαίου ή μικρού μεγέθους προϊόντα. Στις περισσότερες αποθήκες και εργοστασιακούς χώρους, ο εξοπλισμός διακίνησης μετακινεί το προϊόν μεταξύ τριών θέσεων: α) από την περιοχή αναμονής των εισερχομένων στην περιοχή αποθήκευσης, β) μέσα στην αποθήκη ή στο εργοστάσιο σε διάφορες θέσεις, σταθμούς επεξεργασίας, ή θέσεις προς διανομή ή γ) από την περιοχή επιλογής μέσω των περιοχών ταξινόμησης και συσκευασίας προς την περιοχή διανομής.

Κάθε σύγχρονο σύστημα διαχείρισης και ελέγχου παραγωγής καλείται να εκτελέσει τις ακόλουθες εργασίες:

- Την άμεση πληροφόρηση της τρέχουσας κατάστασης της παραγωγικής διαδικασίας και τις αιτίες για τυχόν παρέκκλιση από τους στόχους και το πρόγραμμα παραγωγής
- Την άμεση ανάκληση ιστορικών στοιχείων για λόγους σύγκρισης της παραγωγής κάθε μονάδας της αλυσίδας παραγωγής καθώς και της παραγωγικότητας
- Τον έλεγχο της διαδικασίας με στόχο τη διατήρηση των προδιαγραφών και της ποιότητας των παραγόμενων προϊόντων
- Τον έλεγχο της ροής των πρώτων υλών και των αποθεμάτων που απαιτούνται για την ομαλή λειτουργία της παραγωγικής μονάδας
- Την πρόβλεψη και σήμανση τυχόν ελλείψεων πρώτων υλών για να αποφευχθεί η στάση της παραγωγής
- Τον προγραμματισμό της παραγωγής σύμφωνα με τις συμπεφωνημένες τιμές ηλεκτρικής ενέργειας ανά το 24ωρο με την επιχείρηση ηλεκτρικής ενέργειας (ΔΕΗ).

Όλα τα παραπάνω πρέπει να συνυπολογιστούν κατά το σχεδιασμό και την λειτουργία ενός σύγχρονου βιομηχανικού πληροφορικού συστήματος.

Τελικός στόχος της όλης διαδικασίας είναι: α) την μέγιστη αξιοποίηση του εξοπλισμού, β) την βέλτιστη χρήση των πρώτων υλών, γ) η μείωση της καταστροφής των προϊόντων, δ) επαύξηση της ροής των προϊόντων, ε) αύξηση της παραγωγικότητας των εργαζομένων, στ) βελτίωση της εξυπηρέτησης των πελατών, ζ) μείωση του λειτουργικού κόστους και βελτίωση των κερδών, και η) συντήρηση των προγραμματισμένων διανομών.

Οι αντικειμενικοί σκοποί της διακίνησης των προϊόντων / υλικών είναι: α) το σωστό προϊόν να μετακινηθεί σε προγραμματισμένο χρόνο από μία θέση στην επόμενη σωστή ή προσδιορισμένη θέση, β) το χαμηλότερο λειτουργικό κόστος, γ) η διαχείριση του μεγαλύτερου δυνατού όγκου, δ) η αποφυγή ζημιάς στο κτίριο, το προϊόν, τον εξοπλισμό. και η ασφάλεια των εργαζομένων.

Υπάρχουν διάφοροι τύποι διακίνησης, όπως ένα μεμονωμένο αντικείμενο, ένα χαρτοκιβώτιο, κρεμάστρα, συσκευή φορτίου ή παλέτα. Οι βασικές διαφορές μεταξύ των διαφόρων τύπων διακίνησης είναι: α) η πηγή ενέργειας, β) το βάρος και η χωρητικότητα του μεταφερομένου φορτίου, γ) ο απαιτούμενος χώρος για την μετακίνηση και η διαδρομή που θα ακολουθήσει, δ) ο όγκος που διαχειρίζεται, και ε) η δυνατότητα φορτώματος και ξεφορτώματος του προϊόντος,

Για να εξασφαλιστεί η αποδοτική και οικονομικά αποτελεσματική διακίνηση των προϊόντων μεταξύ δύο αποθηκών ή δύο θέσεων επεξεργασίας τους, λαμβάνουν χώρα μία σειρά από ενέργειες. Αυτές οι ενέργειες μπορεί να είναι δυναμικές ή στατικές. Στατικές ενέργειες είναι: α) η ενέργεια που διασφαλίζει ότι το προϊόν είναι τοποθετημένο ασφαλώς στην επιφάνεια μεταφοράς και ότι το κατάλληλο διάστημα είναι προσδιορισμένο και στην επιφάνεια μεταφοράς υπάρχει φορτίο κατάλληλου μεγέθους, σχήματος και βάρους, β) η ενέργεια όπου ένας άνθρωπος ή μηχανή εισάγει την διεύθυνση προορισμού (destination address) του προϊόντος στην επιφάνεια μεταφοράς, στον ελεγκτή (controller) του οχήματος ή στον μικροϋπολογιστή (microcomputer). Δυναμικές ενέργειες είναι: α) η ενέργεια του φορτώματος β) η ενέργεια της διαδρομής του προϊόντος ή της επιφάνειας μεταφοράς, γ) η ενέργεια της διανομής των προϊόντων σε προκαθορισμένες θέσεις, γ) η ενέργεια του ξεφορτώματος του προϊόντος.

Οι παράμετροι σχεδιασμού της εσωτερικής διακίνησης προϊόντων είναι:

- Οι διαστάσεις και ο όγκος των προϊόντων
- Ο απαιτούμενος χώρος μεταξύ δύο μεμονωμένων προϊόντων οχημάτων ή επιφανειών μεταφοράς
- Η ευθραυστότητα των προϊόντων
- Η απαραίτητη απόσταση διακίνησης
- Ο καθορισμένος ή μεταβλητός αριθμός των διαδρομών διακίνησης και οι τύποι των μεταβολών καθώς κι η οριζόντια ή κάθετη διαδρομή
- Οι απαιτήσεις της διανομής των προϊόντων
- Οι μέθοδοι φορτώματος και ξεφορτώματος των προϊόντων
- Ο αριθμός των διευθύνσεων διανομής των προϊόντων και οι θέσεις των διαφόρων σταθμών
- Η γεωγραφική θέση του εργοστασίου

# 1. Σχεδιασμός Εργοστασίου και Τύποι ροής Προϊόντων

Η θέση του εργοστασίου έχει άμεση συσχέτιση ή επίδραση στο λειτουργικό κόστος και την αποδοτικότητα των μεθόδων της εσωτερικής διακίνησης των προϊόντων. Οι σχεδιασμοί της εγκατάστασης και της διακίνησης προϊόντων εξυπηρετούν μερικούς σκοπούς: 1) να παρέχουν κατάλληλη ροή προϊόντων, 2) να εξασφαλίσουν το χαμηλότερο δυνατό λειτουργικό κόστος, 3) να εξασφαλίσουν σωστή και εντός προγράμματος εξυπηρέτηση πελατών, 4) να επιτρέπουν ακριβή ροή πληροφοριών και 5) να ελαχιστοποιήσουν τη ζημιά προϊόντων, κτιρίου και εξοπλισμού και των ατυχημάτων των εργαζομένων.

## 2.1 Σχεδιασμός του επιπέδου του ετήσιου όγκου προϊόντων

Ο σχεδιασμός του ετήσιου όγκου προϊόντων μπορεί να γίνει με τρεις τρόπους: 1) ο μέσος όγκος προϊόντων, 2) κάποιος όγκος προϊόντων μεταξύ του μέσου και του ανώτατου όγκου, και 3) ο ανώτατος όγκος προϊόντων.

Εάν γίνει σχεδιασμός της εγκατάστασης με βάση τον μέσο όγκο προϊόντων και ο πραγματικός όγκος προϊόντων ξεπερνά το μέσο όγκο, τότε η λειτουργία της εσωτερικής διακίνησης θα αντιμετωπίσει μία από τις παρακάτω καταστάσεις: 1) εκτός προγράμματος διανομές, 2) υπερωρίες εργαζομένων, 3) αύξηση των ζημιών του κτιρίου, εξοπλισμού και προϊόντων και ατυχημάτων εργαζομένων, 4) αύξηση πιθανότητας για παράπονα πελατών. Ίδιες θα είναι οι επιπτώσεις εάν ο σχεδιασμός της εγκατάστασης και της διακίνησης των προϊόντων γίνει σε κάποιο επίπεδο μεταξύ του μέσου και του ανώτατου όγκου, και ο πραγματικός όγκος ξεπερνά τον όγκο σχεδιασμού.

Για το μέσο επίπεδο, ο σχεδιασμός του όγκου προϊόντων έχει μερικά μοναδικά χαρακτηριστικά: 1) μικρό οικόπεδο για κτιριακή εγκατάσταση, 2) χαμηλή επένδυση στον εξοπλισμό της διακίνησης προϊόντων, και 3) χαμηλό κόστος διαχείρισης υλικών.

Ένα επίπεδο σχεδιασμού του όγκου προϊόντων που βρίσκεται κάπου μεταξύ του μέσου και του ανώτατου ορίου έχει μερικά πλεονεκτήματα: 1) απαιτεί μέσου μεγέθους οικόπεδο και κτίριο, 2) μέση επένδυση σε εξοπλισμό για διακίνηση προϊόντων, και 3) μετριασμένο κόστος διαχείρισης υλικών.

Εάν η εγκατάσταση είναι σχεδιασμένη να διαχειρίζεται τον ανώτατο όγκο προϊόντων, η λειτουργία της διακίνησης των προϊόντων δεν θα αντιμετωπίσει κάποιο από τα προηγούμενα αρνητικά θέματα διαχείρισης υλικών (π.χ. επιπλέον επένδυση, καθυστέρηση στις διανομές, κ.λ.π.) όταν ο πραγματικός όγκος φτάσει στο ανώτατο όριο. Βέβαια όταν το επίπεδο σχεδιασμού είναι στον ανώτατο όγκο προϊόντων τότε απαιτείται μεγάλο οικόπεδο και κτίριο, επιπλέον επενδύσεις σε εξοπλισμό για η διακίνηση των προϊόντων και τη διαχείριση των υλικών.

## 2.2 Υπολογισμός του μεγέθους της κτιριακής εγκατάστασης

Το μέγεθος της κτιριακής εγκατάστασης πρέπει να στεγάζει διάφορες αποθήκες ή εργοστασιακές δραστηριότητες και το κομμάτι της διακίνησης των προϊόντων. Το συνολικό μέγεθος της κτιριακής εγκατάστασης ορίζεται από τα τετραγωνικά ή τα κυβικά μέτρα του κτιρίου.

Το εμβαδόν του κτιρίου σε τετραγωνικά μέτρα θεωρείται ο χώρος που στεγάζει τις λειτουργίες των αποθηκών του εργοστασίου. Μία από αυτές τις λειτουργίες είναι η διαχείριση των υλικών (material handling). Με αυτόν το όρο εννοείται το σύστημα κατασκευής και η εσωτερικής διακίνηση των προϊόντων. Το εμβαδόν του κτιρίου υπολογίζεται από τις εσωτερικές διαστάσεις του, χωρίς τους τοίχους.

Ο υπολογισμός σε κυβικά μέτρα χρησιμοποιείται για ένα κτίριο που καταλαμβάνει ακριβό οικόπεδο και μία λειτουργία αποθήκης ή εργοστασίου που απαιτεί ο εξοπλισμός της διαχείρισης των υλικών ή η εσωτερική διακίνηση των προϊόντων να μετακινούνται προϊόντα μεταξύ πολλαπλών επιπέδων ή ορόφων.

## 2.3 Εργοστασιακές δραστηριότητες

Ο σχεδιασμός της εγκατάστασης θα πρέπει να περιλαμβάνει την κατάλληλη διευθέτηση τριών βασικών αντικειμένων: 1) διαχείριση υλικών στο εργοστάσιο και στην αποθήκη καθώς και δραστηριότητες επεξεργασίας, 2) εσωτερική διακίνηση προϊόντων, και 3) επαρκή χώρο για τη σχεδιασμένη ετήσια παραγωγή, όγκος απογραφής και περιοχές υποστήριξης διοικητικού και υπαλληλικού προσωπικού.

Οι λειτουργίες της αποθήκης και του εργοστασίου που χρειάζονται στην εσωτερική διακίνηση είναι: 1) λήψη και ταξινόμηση, 2) άνοιγμα, μέτρηση και κόλλημα ετικέτας στο εμπόρευμα ή το προϊόν, 3) εσωτερική διακίνηση προϊόντων, 4) περιοχές αποθήκευσης και διαλογής, 5) θέσεις επεξεργασίας ή κατασκευής, 6) συσκευασία και 7) ζύγισμα και φόρτωμα.

Όταν γίνεται ο σχεδιασμός της διαδρομής της εσωτερικής διακίνησης των προϊόντων σε μία εγκατάσταση, υπάρχουν δύο σημαντικά θέματα που πρέπει να μελετηθούν. Το πρώτο είναι η διαδρομή που θα ακολουθήσει το προϊόν μεταξύ δύο ή περισσότερων θέσεων, και η σπουδαιότητά του έγκειται στο γεγονός ότι αυτή συνδέεται με τη διακίνηση και τη διανομή του προϊόντος. Το δεύτερο θέμα είναι οι απαιτούμενες διαδρομές του προσωπικού που είναι γειτονικές ή διασχίζουν τη διαδρομή της διακίνησης των προϊόντων ή η κίνηση των εργαζομένων μεταξύ των θέσεων εργασίας, άλλων θέσεων και των εξόδων έκτακτης ανάγκης.

Η εσωτερική διακίνηση (εξοπλισμός και διαδρομή) πρέπει να έχει επαρκή χώρο (πλευρικά, πάνω και κάτω) στις διαδρομές και στην επιφάνεια μεταφοράς. Εάν αυτό δεν συμβεί, τότε η εσωτερική διακίνηση ίσως θα έχει ένα πρόβλημα κατά τη διάρκεια της περιόδου ανώτατου όγκου. Το πρόβλημα αυτό είναι πώς να κινηθούν τα προϊόντα μέσα στον προγραμματισμένο χρόνο μεταξύ δύο θέσεων. Μία καθυστέρηση όμως στην διανομή των προϊόντων σε μία θέση μπορεί να προκαλέσει καθυστέρηση σε άλλες θέσεις (φαινόμενο χιονοστιβάδας) και τελικά σε όλες τις λειτουργίες του εργοστασίου. Βέβαια εκτός προγράμματος η διανομή μπορεί να μεταφραστεί σε αυξημένο κόστος στην διαχείριση των υλικών, τη διακίνηση των προϊόντων και άλλες λειτουργίες.

## **2.4 Οι περιορισμοί και αντικειμενικοί σκοποί του σχεδιασμού της κτιριακής εγκατάστασης**

Η ανάπτυξη της διάταξης της κτιριακής εγκατάστασης μιας αποθήκης ή εργοστασίου είναι ένα σύνθετο έργο για δύο λόγους. Πρώτον η διάταξη έχει μερικούς περιορισμούς και δεύτερον πρέπει να ικανοποιεί τους σκοπούς της διαχείρισης των υλικών και της διακίνησης των προϊόντων. Μερικοί από τους περιορισμούς της διάταξης στην εσωτερική διακίνηση προϊόντων και του συστήματος διαχείρισης υλικών είναι:

- 1) θέσεις στις πόρτες και ανοίγματα διαδρόμων,
- 2) κατεύθυνση και μέγεθος κύριου μέρους αποθήκης,
- 3) καθαρό ύψος οροφής,
- 4) απόσταση από κολώνα σε κολώνα και μέγεθος κολώνων,
- 5) σχήμα κτηρίου, μέγεθος και κατάσταση,
- 6) γεωγραφική περιοχή και σεισμικές και κλιματολογικές συνθήκες,
- 7) απαιτούμενος χώρος για τις λειτουργίες του εργοστασίου και της αποθήκης,
- 8) επαρκής ηλεκτρική παροχή και παροχή αέρα.

Οι στόχοι της διάταξης της όλης εγκατάστασης συνήθως περιλαμβάνουν ένα αίτημα που έχουν θέσει οι στόχοι της διαχείρισης των υλικών και της διακίνησης των προϊόντων.

Οι στόχοι αυτοί θα είναι:

1. Να μεγιστοποιηθεί ο χώρος εκμετάλλευσης ή να επιτευχθεί η υψηλότερη δυνατή εκμετάλλευση της κατασκευής,
2. Να επιτρέπεται μία αποτελεσματική ροή προϊόντος από την περιοχή παραλαβής μέσω των περιοχών της αποθήκης και της επεξεργασίας στην περιοχή διανομής εκτός εργοστασίου,
3. Να μειωθεί το ετήσιο λειτουργικό κόστος,
4. Να βελτιωθεί η παραγωγικότητα των εργαζομένων,
5. Να προστατεύεται από τις ζημιές το κτίριο, το σύστημα διαχείρισης υλικών και η διακίνηση των προϊόντων,
6. Να παρέχεται δυνατότητα επέκτασης,
7. Να παρέχεται ένα ασφαλές εργασιακό περιβάλλον.

## **2.5 Τα χαρακτηριστικά της εσωτερικής διακίνησης προϊόντων**

Για να εξασφαλισθεί το χαμηλότερο λειτουργικό κόστος, ο μέγιστος όγκος που έχει διαχειρισθεί, και ικανοποιητική ροή προϊόντος, οι λειτουργίες της εγκατάστασης θα πρέπει να διευθετηθούν σε μία μεθοδική αλληλουχία. Η κατάλληλη αλληλουχία ενεργειών επιτυγχάνει γεγονότα:

1. Αποφεύγει το πέρασμα του προϊόντος περισσότερο από μία φορές από την ίδια διαδρομή.
2. Μειώνει τις ανεξέλεγκτες ουρές αναμονής των προϊόντων και των επιφανειών μεταφοράς.
3. Ελαχιστοποιεί τους νεκρούς χρόνους των εργαζομένων και των μηχανών.
4. Ελαχιστοποιεί την διασταύρωση δύο διαδρομών μεταφοράς.
5. Επιτρέπει πρόσβαση στην επιφάνεια μεταφοράς σε κάθε θέση εργασίας.
6. Επιτρέπει την επέκταση.
7. Επιτρέπει την κίνηση του προσωπικού μέσα στην εγκατάσταση.
8. Ελαχιστοποιεί τις διάφορες ζημιές και παρέχει την ασφάλεια των εργαζομένων.



Τα βασικά χαρακτηριστικά της εσωτερικής διακίνησης των προϊόντων ή του εξοπλισμού που επιδρούν στο σχεδιασμό της εγκατάστασης αποτελούνται από οκτώ παράγοντες:

- Το μήκος της διαδρομής του προϊόντος μεταξύ δύο θέσεων.
- Το πλάτος του διαδρόμου που περνάει η επιφάνεια μεταφοράς.
- Το ύψος του ίδιου διαδρόμου.
- Η ανύψωση της επιφάνειας μεταφοράς πάνω από το δάπεδο.
- Οι προεξοχές φορτώματος ξεφορτώματος και περιστροφής.
- Οι υψομετρικές αλλαγές και απαιτούμενοι εξόδοι της επιφάνειας μεταφοράς ή του οχήματος.
- Ο αριθμός των διαδρομών που διανύει η επιφάνεια μεταφοράς ή το όχημα ανά ώρα.
- Το απαιτούμενο προσωπικό και οι εφεδρικοί διάδρομοι.

Το μήκος της εσωτερικής διακίνησης προϊόντων υπολογίζεται από ένα συνδυασμό παραγόντων, όπως το συνολικό ελάχιστο μήκος του διαδρόμου μεταφοράς, το μήκος των προεξοχών, το μήκος του διαδρόμου επιστροφής, την απόσταση των διαδρόμων του προσωπικού, των οχημάτων και της συντήρησης και η απόσταση των διαδρόμων εξόδου.

Ο πρώτος παράγοντας είναι το συνολικό μήκος του κύριου διαδρόμου μεταφοράς. Αυτή είναι η απόσταση μεταξύ των πιο απομακρυσμένων θέσεων επεξεργασίας (ή θέσεων αποθήκευσης).

Ο δεύτερος παράγοντας είναι το συνολικό μήκος ή η απόσταση για κάθε προεξοχή φορτώματος ή ξεφορτώματος. Αυτές οι προεξοχές είναι διακλαδώσεις του κύριου διαδρόμου μεταφοράς προϊόντων.

Ο τρίτος παράγων είναι το μήκος του διαδρόμου επιστροφής από την πρώτη στάση έως την πιο απομακρυσμένη θέση στον κύριο διάδρομο μεταφοράς. Στις περισσότερες περιπτώσεις αυτός ο διάδρομος επιστροφής πάει πέρα από όλους τους άλλους σταθμούς εργασίας στον κύριο διάδρομο. Σε μερικές περιπτώσεις (όπως οι μεταφορικές ταινίες) αυτή η μεταφορά χωρίς προϊόν πραγματοποιεί μία άμεση διαδρομή επιστροφής από την πιο απομακρυσμένη θέση στον πρώτο σταθμό.

Ο τέταρτος παράγων είναι το μήκος από το διάδρομο μεταφοράς στην περιοχή συντήρησης ή γεμίσματος / αλλαγής μπαταρίας. Αυτή η απόσταση περιλαμβάνει και την απόσταση από την περιοχή συντήρησης πίσω στον κύριο διάδρομο μεταφοράς. Αυτή η διαδρομή είναι απαραίτητη για τα AGV's.

Ο τελευταίος παράγων είναι οι απαιτούμενες αποστάσεις εξόδου της επιφάνειας μεταφοράς ή του οχήματος. Σε κάθετο διάδρομο μεταφοράς οι διάδρομοι εξόδου απαιτείται να κινούν το προϊόν μεταξύ διαφορετικών επιπέδων της εγκατάστασης. Σε οριζόντιο διάδρομο μεταφοράς, η απαιτούμενη απόσταση εξόδου είναι αυτή που χρειάζεται ένας σταθμός διανομής για την επιφάνεια μεταφοράς να μεταφέρει το προϊόν στη θέση φορτώματος ή ξεφορτώματος.

Το πλάτος του διαδρόμου μεταφοράς θεωρείται ένας δευτερεύον παράγοντας της διακίνησης προϊόντος. Το πλάτος αυτό υπολογίζεται από το πλάτος του προϊόντος ή της επιφάνειας μεταφοράς, όποιο από αυτά είναι πιο πλατύ. Το πλάτος της επιφάνειας μεταφοράς είναι μία συνάρτηση των χαρακτηριστικών μεγεθών του προϊόντος, των απαιτήσεων του σταθμού φορτώματος και διανομής, και του όγκου που μεταχειρίζεται η εσωτερική διακίνηση προϊόντος. Ως αναφορά το πλάτος του διαδρόμου διακίνησης πρέπει να ληφθούν υπόψη ορισμένοι σημαντικοί παράγοντες, όπως ο διαθέσιμος χώρος διαδρόμου του κτιρίου, ο απαιτούμενος χώρος για φόρτωμα, η δυνατότητα του οχήματος, της επιφάνειας μεταφοράς, ή του εργαζόμενου να επιστρέψουν στο αρχικό σταθμό, ή

των άλλων κινητών οχημάτων να κινηθούν σε ένα διάδρομο που είναι γειτονικός στον κύριο διάδρομο μεταφοράς.

Το ύψος του διαδρόμου διακίνησης προϊόντος υπολογίζεται από τον απαιτούμενο μηχανισμό οδήγησης, τα προστατευτικά της επιφάνειας μεταφοράς, τη δομική υποστήριξη του διαδρόμου μεταφοράς και τα χαρακτηριστικά του προϊόντος. Οι περισσότεροι από αυτούς τους παράγοντες επηρεάζονται από τα χαρακτηριστικά, το βάρος, την ευστάθεια, τον όγκο του προϊόντος καθώς και από τους κανονισμούς του κατασκευαστή και τη σεισμική θέση.

Ο αριθμός και ο τύπος των στροφών της εσωτερικής διακίνησης έχει άμεση επιρροή στο κόστος της διακίνησης. Σε πολλές εγκαταστάσεις, μία οριζόντια διακίνηση προϊόντος είναι απαραίτητο να ταξιδέψει γύρω από το χώρο επεξεργασίας και τα εμπόδια του εξοπλισμού του κτιρίου. Σε μία ανακατασκευασμένη εγκατάσταση υπάρχει μεγαλύτερη πιθανότητα η διαδρομή μεταφοράς να έχει στροφές. Όταν αυξάνεται ο αριθμός των στροφών (καμπύλων), τότε αυξάνεται το ποσό της ισχύος που απαιτείται για να κινηθεί το προϊόν και η επιφάνεια μεταφοράς. Αυτή η αύξηση της ισχύος συνεπάγεται μία αύξηση του μεγέθους των κινητήρων και των οδηγών και επομένως αύξηση του κόστους της διακίνησης προϊόντος. Επίσης το ίδιο αποτέλεσμα υπάρχει και όταν αυξάνεται η γωνία στροφής.

Η ανύψωση της επιφάνειας μεταφοράς πάνω από το δάπεδο έχει την ελάχιστη επιρροή στο συνολικό κόστος της διακίνησης προϊόντων. Υπολογίζεται και αυτό από κάποιους παράγοντες όπως η θέση και η μέθοδος υποστήριξης για τον κινητήρα και το σύστημα μετάδοσης που ωθεί την επιφάνεια μεταφοράς, ο αριθμός των επιφανειών μεταφοράς που μεταφέρουν το μέγιστο βάρος προϊόντων, ο διάδρομος μεταφοράς και η κατασκευή υποστήριξης και το βάρος της. Μερικοί διάδρομοι μεταφοράς προϊόντος υπάρχουν σε μία εγκατάσταση στο δάπεδο, πάνω από το δάπεδο και στην οροφή. Μερικοί μέθοδοι υποστήριξης του διαδρόμου μεταφοράς είναι το δάπεδο, μπάρες, κρεμάστρες οροφής, στηρίγματα στον τοίχο, κ.α.

Ένα άλλο χαρακτηριστικό στην διακίνηση προϊόντων είναι η ανύψωση του διαδρόμου μεταφοράς. Αυτή η ανύψωση απαιτείται για τρεις λόγους: 1) για τη σύνδεση δύο επιπέδων της εγκατάστασης, 2) για να μείνει ένας άδειος χώρος από το δάπεδο έως την επιφάνεια μεταφοράς που να επιτρέπει σε ένα εργαζόμενο να περνάει κάτω από το διάδρομο μεταφοράς ή να κάνει άλλες δραστηριότητες που είναι απαραίτητες και 3) να επιτρέπεται να γίνονται επιπλέον εργασίες κατά μήκος του διαδρόμου μεταφοράς.

Η κατακόρυφη διαδρομή διακίνησης προϊόντος αυξάνει το κόστος λόγω του αυξημένου κόστους της δομής υποστήριξης του διαδρόμου μεταφοράς, των επιπλέον κινητήρων και οδηγών ή του μεγαλύτερου μεγέθους των κινητήρων, των επιπλέον μηχανισμών ελέγχου ροής του προϊόντος, και της προστασίας του περάσματος για τη διαδρομή του προϊόντος προς ένα δεύτερο επίπεδο. Αυτή η διείδυση στο δεύτερο επίπεδο απαιτεί επιπλέον μέτρα προστασίας καθώς και εξοπλισμό προστασίας από φωτιά. Επίσης ο αριθμός και η ταχύτητα των επιφανειών μεταφοράς ή των οχημάτων θεωρείται ένας βασικός παράγων κόστους. Ο αριθμός, το πλάτος, το μήκος και η ταχύτητα της επιφάνειας μεταφοράς ή του οχήματος είναι μία συνάρτηση του σχεδιασμού της εγκατάστασης, του όγκου, του αριθμού των θέσεων και στάσεων διανομής, του σχεδιασμού του διαδρόμου μεταφοράς, και των χαρακτηριστικών του προϊόντος. Μία αύξηση σε έναν από αυτούς τους παράγοντες θα αυξήσει το κόστος της εσωτερικής διακίνησης.

## 2.6 Προσομοίωση σε υπολογιστή της διακίνησης προϊόντος

Οι λειτουργίες της εσωτερικής διακίνησης σήμερα και στο μέλλον είναι ένα πολύπλοκο δίκτυο των συστημάτων διαχείρισης υλικών και των διαδρομών μεταφοράς της διακίνησης προϊόντος. Όλες οι λειτουργίες της εγκατάστασης του εργοστασίου που διαχειρίζονται ένα υψηλό όγκο προϊόντων χρειάζεται να διασυνδέονται η μία με την άλλη. Για να διαχειριστεί ο όγκος προϊόντων, οι εντολές των πελατών και τα προϊόντα, οι λειτουργικές περιοχές της κύριας αποθήκης και της διακίνησης προϊόντων πρέπει να έχουν δύο χαρακτηριστικά: 1) προϋπολογισμένες περιοχές ελιγμών της επιφάνειας μεταφοράς (οχήματος) και 2) περιοχές ουράς των επιφανειών μεταφοράς. Έτσι εξασφαλίζεται μία ομαλή και συνεχής ροή προϊόντος.

Όταν εξεταστεί μία εργοστασιακή λειτουργία υψηλού όγκου, αντιλαμβάνεται κανείς ότι είναι ένα περίπλοκο δίκτυο των διαδρομών της διακίνησης προϊόντων και οδών μεταφοράς πληροφοριών μεταξύ δύο θέσεων του εργοστασίου ή της αποθήκης. Η προσομοίωση με υπολογιστή παρέχει επίγνωση της ροής προϊόντος και πληροφορίας μέσω των περιοχών της κύριας αποθήκης και των δραστηριοτήτων του εργοστασίου ή της λειτουργίας στον σχεδιαστή, της αποθήκης και της εσωτερικής διακίνησης προϊόντων. Αυτές οι λειτουργίες της αποθήκης και του εργοστασίου είναι διαφορετικές για κάθε βιομηχανία και τύπο λειτουργίας.

Η προσομοίωση με υπολογιστή χρησιμοποιείται στο σχεδιασμό μίας νέας εγκατάστασης αποθήκης ή επεξεργασίας προϊόντων ή στην ανακατασκευή μίας υπάρχουσας λειτουργίας εσωτερικής διακίνησης προϊόντων. Εάν η εσωτερική διακίνηση προϊόντων αναμένεται να διαχειριστεί υψηλό όγκο προϊόντων με υψηλή αυτοματοποίηση διαχείρισης υλικών, τότε θεωρείται επιθυμητή η προσομοίωση με υπολογιστή. Επίσης η υπολογιστική προσομοίωση μπορεί να βοηθήσει στην αναγνώριση των επιδράσεων των επιπρόσθετων θέσεων επεξεργασίας ή επιπρόσθετου όγκου σε μία υπάρχουσα εγκατάσταση και στην επιβεβαίωση ότι η εσωτερική διακίνηση προϊόντων χρησιμοποιεί κατά το βέλτιστο τον εξοπλισμό και το εργατικό δυναμικό της εταιρίας.

## 2.7 Οι θεμελιώδεις αρχές σχεδιασμού της εγκατάστασης και της διακίνησης προϊόντων

Οι αναλυτές του σχεδιασμού των αποθηκών και του χώρου επεξεργασίας προϊόντων ακολουθούν πολλές αρχές σχεδιασμού ώστε να σχεδιάσουν μία νέα εγκατάσταση του συστήματος διαχείρισης υλικών και εσωτερικής διακίνησης προϊόντων. Αυτές οι αρχές βελτιστοποιούν τη λειτουργία της εγκατάστασης και ελαχιστοποιούν το κόστος κατασκευής της. Η προσέγγιση του σχεδιασμού για την εγκατάσταση, το σύστημα διαχείρισης υλικών και την διακίνηση προϊόντων περιλαμβάνει δύο στάδια. Το πρώτο είναι η συλλογή δεδομένων και το δεύτερο η ανάπτυξη εναλλακτικού συστήματος διαχείρισης υλικών ή εναλλακτικών διατάξεων των διαδρομών της εσωτερικής διακίνησης προϊόντων.

Η διαδικασία συλλογής δεδομένων περιλαμβάνει:

- 1) τη συλλογή δεδομένων της φύσης του προϊόντος,
- 2) την παρατήρηση της υπάρχουσας διακίνησης προϊόντων και της λειτουργίας του συστήματος της διαχείρισης υλικών,
- 3) την ανάλυση δεδομένων,
- 4) αναγνώριση των ετήσιων παραμέτρων και
- 5) μελέτη εναλλακτικών συστημάτων διαχείρισης υλικών και της διακίνησης των προϊόντων εντός του εργοστασίου.

Η φάση τη συλλογής δεδομένων περιλαμβάνει τα εξής βήματα: 1) προσδιορισμός και καταγραφή του υπάρχοντος συστήματος διαχείρισης υλικών και του εξοπλισμού της διακίνησης προϊόντων, 2) το μέτρημα κάθε μονάδας προϊόντος ώστε να ληφθεί το πλάτος, το ύψος, το μήκος, το βάρος για καθεμία, και η δημιουργία καταλόγου κάθε μονάδας σαν μεταφερόμενο ή όχι, 3) ταξινόμηση κάθε αποθήκης ή λειτουργία εργοστασίου ή χαρακτηριστικών της μονάδας προϊόντος της κάθε θέσης εργασίας (μήκος, ύψος, πλάτος και βάρος), 4) εκτίμηση του όγκου προϊόντων κάθε αποθήκης ή λειτουργίας εργοστασίου ή θέσης εργασίας και τις απαιτούμενες μεταφορές, περιλαμβάνοντας τους μέσους και τους ανώτατους όγκους, και 5) αναθεώρηση εναλλακτικών συστημάτων διαχείρισης υλικών και διακίνησης προϊόντων (χειρωνακτικά, μηχανοποιημένα ή αυτοματοποιημένα) για κάθε αποθήκη ή εργοστασιακή λειτουργία ή θέση εργασίας.

Η δεύτερη φάση είναι η ανάπτυξη εναλλακτικών εγκαταστάσεων, συστήματος διαχείρισης υλικών και διατάξεων διακίνησης προϊόντων. Αυτές οι διατάξεις περιλαμβάνουν τις περιοχές της κύριας αποθήκης και των εργοστασιακών λειτουργιών ή των δραστηριοτήτων στις θέσεις εργασίας.

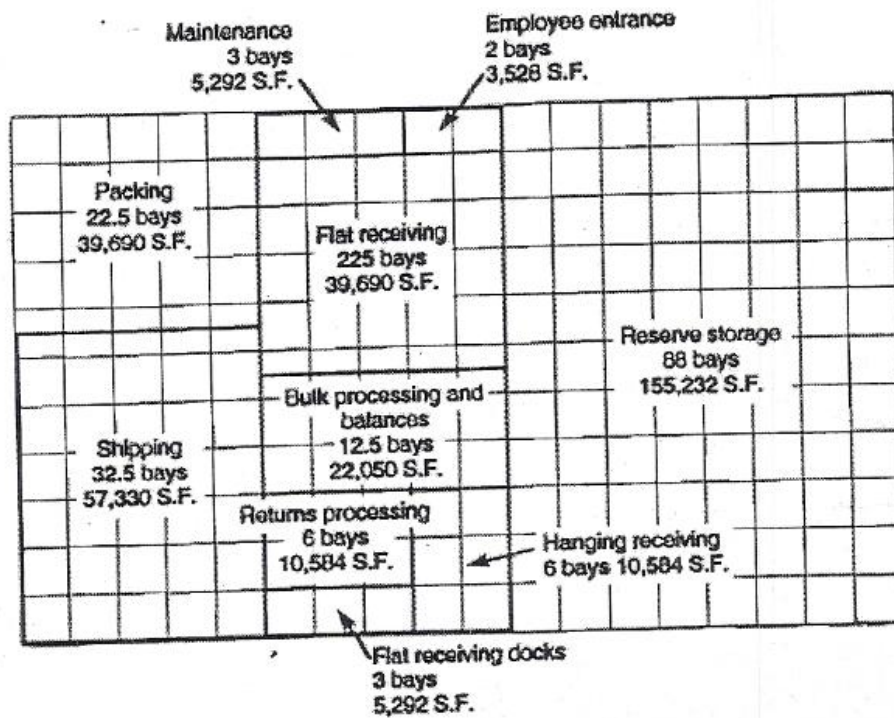
Όταν σχεδιάζεται μία εγκατάσταση με ένα ημιόροφο ή δεύτερο όροφο είναι προτιμότερο να έχει τον λιγότερο δυνατό αριθμό κολώνων υποστήριξης για τον πρώτο όροφο και την οροφή.

Τα πλεονεκτήματα της ύπαρξης μεγάλου χώρου μεταξύ των κολώνων είναι τρία. Πρώτον υπάρχουν λιγότερα εμπόδια στον κατώτερο όροφο, έτσι αυξάνεται η χρήση των ευθέων διαδρομών της διακίνησης προϊόντων. Αυτή η διάταξη έχει ως αποτέλεσμα μία χαμηλότερη επένδυση και υψηλότερη παραγωγικότητα των εργαζομένων. Δεύτερον υπάρχει αύξηση της εκμετάλλευσης του χώρου και δυνατότητα αναδιευθέτησης του εξοπλισμού. Τέλος με τις ευθείς διαδρομές μεταξύ δύο θέσεων επιτυγχάνονται περισσότερες διανομές στον ακριβή χρόνο και λιγότερες ζημιές στο κτίριο, τον εξοπλισμό και το προϊόν.

## **2.8 Μέθοδοι παρουσίασης της εγκατάστασης και της διακίνησης προϊόντων**

Υπάρχουν τέσσερις μέθοδοι παρουσίασης της εγκατάστασης, του συστήματος διαχείρισης υλικών, ή της εσωτερικής διακίνησης προϊόντων.

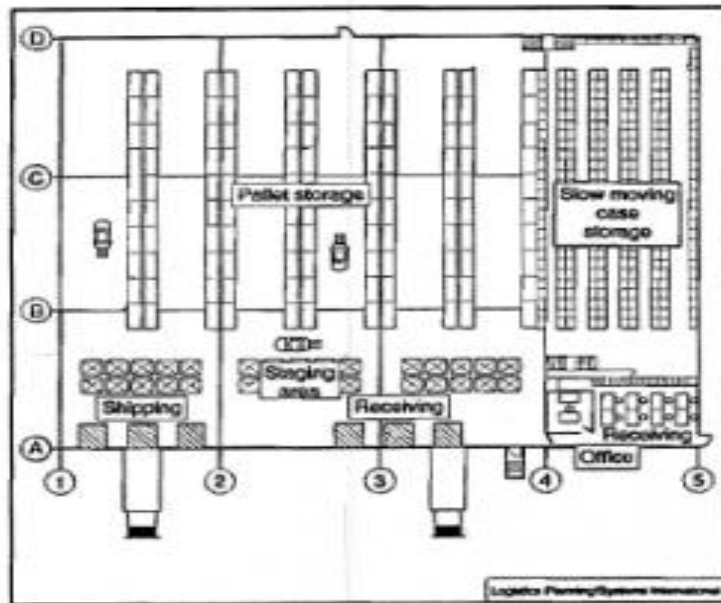
Η πρώτη μέθοδος είναι η «διάταξη των μπλοκ» (block layout). Αυτή η μέθοδος είναι ένα σχέδιο χωρίς κλίμακα που δείχνει το μέγεθος της συνολικής εγκατάστασης μέσα σε τέσσερις τοίχους (ένα παράδειγμα φαίνεται στο σχήμα 2.1). Με άλλα λόγια πρόκειται για μία σχηματική παρουσίαση που δείχνει τον πιθανό αριθμό των υποστρωμάτων του κτιρίου και πως κάθε περιοχή είναι προσδιορισμένη για μία συγκεκριμένη αποθήκη ή εργοστασιακή λειτουργία.



Σχ 2.1 "Διάταξη των μπλοκ"

Η μέθοδος της «διάταξης των μπλόκ» επιτρέπει στους σχεδιαστές να σχηματίσουν σαφή εικόνα της ροής των προϊόντων και του πιθανού κύριου διαδρόμου μεταφοράς μεταξύ δύο θέσεων της εγκατάστασης, να βεβαιωθούν ότι το μέγεθος της εγκατάστασης έχει ικανοποιητικό εμβαδόν για κάθε προτεινόμενη αποθήκη ή κατασκευαστική λειτουργία, να αναπτύξουν δυναμικούς διαδρόμους διακίνησης προϊόντων ώστε να ενώνουν κάθε αποθήκη ή εργοστασιακή δραστηριότητα και τέλος τους επιτρέπει την εκτίμηση του συνολικού εμβαδού της εγκατάστασης.

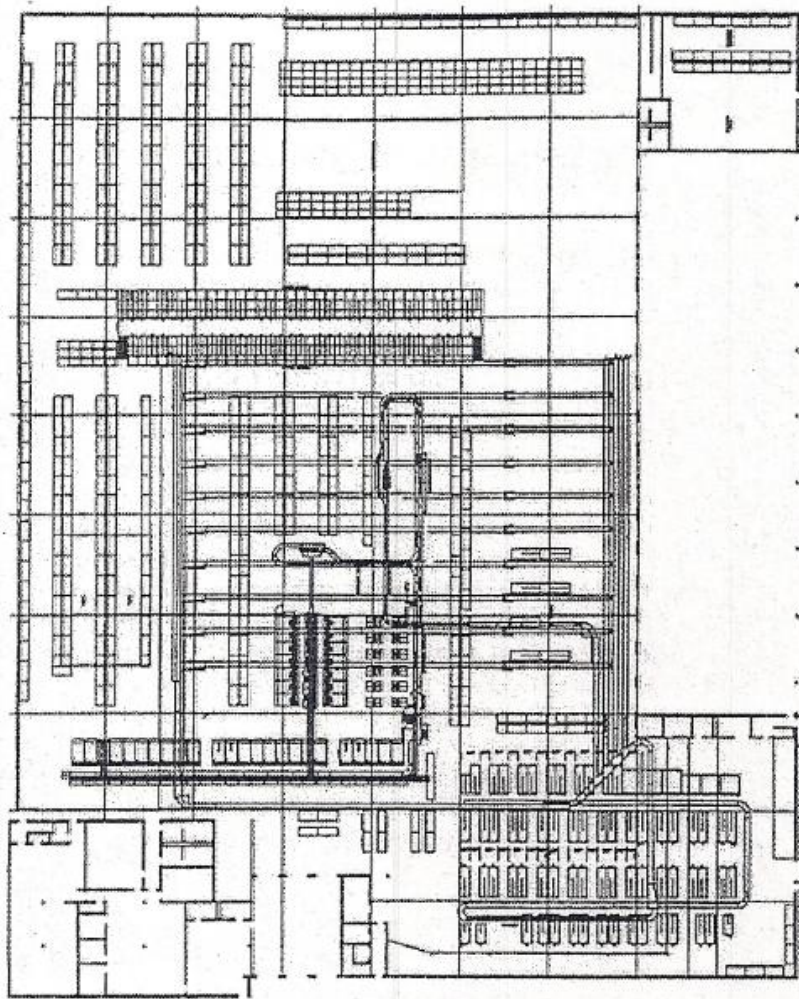
Δεύτερη μέθοδος είναι η «διάταξη της κάλυψης από προϊόντα και των τυπικών διαδρόμων» και αποτελείται από μία δυσδιάστατη, σε κλίμακα παρουσίαση για την αποθήκη ή την εγκατάσταση επεξεργασίας (βλ. σχήμα 2.2). Η μέθοδος αυτή δείχνει τους διαδρόμους μεταφοράς του συστήματος διαχείριση υλικών και της διακίνησης προϊόντων μέσα σε τέσσερις τοίχους και όλον τον απαραίτητο εξοπλισμό που χρειάζονται για να υποστηρίξουν τη σωστή λειτουργία της εγκατάστασης (κατασκευαστικές λειτουργίες, σύστημα διαχείρισης υλικών και εσωτερική διακίνηση προϊόντων).



Σχήμα 2.2: Διάταξη κάλυψης προϊόντων και τυπικές διαδρομές

Η επόμενη μέθοδος παρουσίασης της εγκατάστασης, του συστήματος διαχείρισης υλικών και της εσωτερικής διακίνησης προϊόντων είναι η συμβατική τεχνική σχεδιασμού (με το χέρι ή με υπολογιστή) (βλ. σχήμα 2.3) . Αυτή η μέθοδος είναι μία εποπτική παρουσίαση σε κλίμακα και σε δύο διαστάσεις της κάθε λειτουργίας σε μία αποθήκη ή στο σύστημα διαχείρισης υλικών ή στην εσωτερική διακίνηση προϊόντων μέσα στους τέσσερις τοίχους της εγκατάστασης. Η συμβατική μέθοδος παρουσίασης αποτελείται από δύο τύπους σχεδίου: αυτόν που παρουσιάζει την γενική άποψη και έναν δεύτερο που περιέχει τη λεπτομερή άποψη.

Η γενική άποψη του σχεδίου παρέχει την συνολική άποψη της διευθέτησης του εξοπλισμού για το σύστημα διαχείρισης υλικών και την διακίνηση προϊόντων μέσα στην εγκατάσταση. Η λεπτομερή άποψη δείχνει καθαρά τις διαστάσεις μεταξύ δύο κομματιών του εξοπλισμού, ενός κομματιού του εξοπλισμού, και ενός εμποδίου του κτιρίου. Αυτή η μέθοδος παρουσίασης είναι χρονοβόρα και οι αλλαγές στο σχέδιο έχουν κόστος. Λιγότερο δαπανηρές είναι οι αλλαγές αν το σχέδιο έχει γίνει με τον υπολογιστή. Από αυτά τα σχέδια οι ειδικοί θα εκτιμήσουν το κόστος που θα χρησιμοποιηθεί για τον προϋπολογισμό της κατασκευής της εγκατάστασης και της διαχείρισης των υλικών και της επένδυσης για τον εξοπλισμό της εσωτερικής διακίνησης προϊόντων.



Σχ 2.3: Συμβατικό Σχέδιο

Ένα μοντέλο είναι η τελευταία μέθοδος παρουσίασης. Το μοντέλο αποτελείται από κομμάτια του εξοπλισμού που χρειάζονται στην αποθήκη, στην εσωτερική διαχείριση των προϊόντων και στην κατασκευαστική εγκατάσταση. Αυτά τα κομμάτια διευθετούνται σε ένα επίπεδο και δείχνουν τη διάταξη της εγκατάστασης, του συστήματος διαχείρισης των υλικών και της διακίνησης των προϊόντων. Με άλλα λόγια το μοντέλο είναι η τρισδιάστατη παρουσίαση της εγκατάστασης και του εξοπλισμού της διαχείρισης των υλικών και της εσωτερικής διακίνησης των προϊόντων. Τα κομμάτια του μοντέλου είναι κατασκευασμένα υπό κλίμακα. Επίσης το μοντέλο παρέχει μία καλή άποψη της ροής των προϊόντων μέσα στην όλη εγκατάσταση. Τα μοντέλα κοστίζουν περισσότερο σε σχέση με τις άλλες μεθόδους παρουσίασης για να παραχθούν και να τροποποιηθούν, καθώς και είναι δύσκολο να μετακινηθούν σε διάφορες θέσεις.

## **2.9 Η αρχή του επαρκούς διαδρόμου και του πλάτους του**

Η πρώτη αρχή είναι να παρέχεται επαρκής διάδρομος και πλάτος αυτού στην κύρια αποθήκη και τις λειτουργικές περιοχές. Οι λειτουργικές περιοχές είναι της παραλαβής, της μεταφοράς, της αποθήκευσης, της διανομής, της ταξινόμησης, της συσκευασίας και της ετικετοκόλλησης, της θέσεως επεξεργασίας, και της συντήρησης. Μερικοί βασικοί συντελεστές θα πρέπει να ληφθούν υπόψη σε σχέση με το πλάτος του διαδρόμου στην εγκατάσταση της αποθήκης και του εργοστασίου:

1. Σε ένα χειροκίνητο ή ηλεκτροκίνητο μεταφορέα (truck) παλετών, το ελάχιστο πλάτος του διαδρόμου πρέπει να είναι 8 έως 9 πόδια (ft).
2. Σε όλα τα οχήματα, όλες οι τομές των διαδρόμων διακλάδωσης και του κύριου διαδρόμου κυκλοφορίας θα πρέπει να επιτρέπουν στο όχημα ή την επιφάνεια μεταφοράς να στρίψουν από ένα διάδρομο σε έναν άλλο. Προτείνεται να προστεθούν 12in στο ελάχιστο πλάτος διαδρόμου του κατασκευαστή.
3. Όλοι οι κύριοι διάδρομοι κυκλοφορίας θα πρέπει να έχουν χρωματισμένες γραμμές που δείχνουν τη διαδρομή και όλοι οι διάδρομοι του προσωπικού δίπλα στον κύριο διάδρομο μεταφοράς θα πρέπει να έχουν διαγώνιες γραμμές ζωγραφισμένες στο δάπεδο κατά μήκος του διαδρόμου περπατήματος.
4. Όλα τα γραφεία, τα πλαίσια των θυρών, ο εξοπλισμός του κτιρίου, της διαχείρισης των υλικών ή των στατικών κατασκευαστικών θέσεων θα πρέπει να έχει προστατευτικά κάγκελα ή κολόνες.
5. Όλες οι ράμπες, οι αποβάθρες και τα ανοίγματα του κτιρίου θα πρέπει να είναι σχεδιασμένα ώστε να επιτρέπουν το πέρασμα των οχημάτων.
6. Όλοι οι διάδρομοι προσωπικού θα πρέπει να έχουν ικανοποιητικό πλάτος, που είναι 42 έως 48 in, ή θα πρέπει να είναι σχεδιασμένοι χρησιμοποιώντας το απαιτούμενο πλάτος ώστε να διαχειρίζονται τον αριθμό των ανθρώπων στην περιοχή εργασίας και να επιτρέπουν ασφαλή έξοδο από αυτό το χώρο.

## **2.10 Οι τύποι των προϊόντων που διακινούνται και ο προσδιορισμός της ροής των προϊόντων**

Στις περισσότερες αποθήκες ή λειτουργίες του εργοστασίου λαμβάνεται το προϊόν σε ένα μέγεθος ή σχήμα, τροποποιείται, και στέλνεται (μεταφέρεται) σε επόμενη θέση εργασίας ή λειτουργία αποθήκης. Στις περισσότερες εγκαταστάσεις, καθώς το προϊόν κινείται, αναπτύσσει διαφορετικό σχήμα, μέγεθος και βάρος. Η αλλαγή αυτή στο προϊόν έχει ως αποτέλεσμα να απαιτείται διαφορετική επιφάνεια μεταφοράς και διαφορετικές διαστάσεις του διαδρόμου μεταφοράς.

Όταν σχεδιάζεται η εσωτερική διακίνηση προϊόντων, πρέπει να ορίζονται όλοι οι δυνατοί διάδρομοι μεταφοράς προϊόντων μέσα στην εγκατάσταση και να υπολογίζεται το μέγεθος, το σχήμα, το βάρος και ο όγκος για το προϊόν όταν αυτό εισέρχεται σε μία θέση επεξεργασίας και όταν βγαίνει από αυτή. Οι διάφορες λειτουργικές θέσεις σε μία εγκατάσταση είναι της παραλαβής, της αποθήκευσης, της ταξινόμησης, της κατασκευής και της αποστολής. Τα σημαντικά χαρακτηριστικά του προϊόντος είναι: 1) ο τύπος του, όπως ένα μεμονωμένο αντικείμενο, χαρτοκιβώτιο, κρεμασμένο είδος ένδυσης, ή παλέτα, 2) ο όγκος του προϊόντος στην είσοδο και την έξοδο, που περιλαμβάνει τις διακυμάνσεις, το μέσο όρο και το ανώτατο όριο, 3) τα χαρακτηριστικά της διαχείρισης του προϊόντος, όπως μεταφερόμενο ή όχι, επικίνδυνο, τοξικό ή εύφλεκτο, εύθραυστο, και οι απαιτήσεις



ασφαλείας, και 4) οι περιβαλλοντικές συνθήκες, όπως η θερμοκρασία δωματίου, η ψύξη ή η κατάψυξη.

Η επόμενη σημαντική απαίτηση είναι ο προσδιορισμός της ροής του προϊόντος διαμέσου της εγκατάστασης. Υπάρχουν δύο εναλλακτικές φιλοσοφίες για τη ροή του προϊόντος: 1) η ανατροφοδότηση JIT (Just - In - Time) και 2) η αρχή της αποθήκευσης και διατήρησης. Σύμφωνα με τη φιλοσοφία JIT, το προϊόν φθάνει στην περιοχή παραλαβής, ξεφορτώνεται και ελέγχεται συνολικά ή δειγματοληπτικά και στη συνέχεια μεταφέρεται αμέσως στη λειτουργία της διανομής. Από αυτή τη λειτουργία, το προϊόν διανέμεται σε κάθε θέση επεξεργασίας, περιοχή συνάθροισης, ή άμεσα στο όχημα διανομής στους πελάτες. Αυτή η φιλοσοφία ροής του προϊόντος έχει τα ακόλουθα χαρακτηριστικά: 1) πολύ ευέλικτη, 2) απαιτεί καλά σχεδιασμένη και την συντομότερη δυνατή διαδρομή μεταφοράς, και 3) επιτρέπει μία υπολειπόμενη ποσότητα προϊόντος να αποθηκευθεί και να κρατηθεί στην αποθήκη.

Αυτά τα προγράμματα ανατροφοδότησης JIT έχουν αυξήσει την αναγκαιότητα για μεγαλύτερες, ξεχωριστές περιοχές για την παραλαβή και την αποστολή. Επίσης έχουν αυξήσει την σημαντικότητα μίας αποδοτικής και κοστολογικά αποδοτικής διακίνησης προϊόντων. Αυτές οι διακινήσεις προϊόντων απαιτούν να διαχειρίζονται έναν όγκο προϊόντων με μοναδικά χαρακτηριστικά, όπως μεγάλος όγκος σε μικρή χρονική περίοδο, ευρύ μίγμα προϊόντων, αναγκαιότητα παροχής συντήρησης σε μεγαλύτερο αριθμό πελατών, εκτέλεση διανομής των προϊόντων με ακρίβεια.

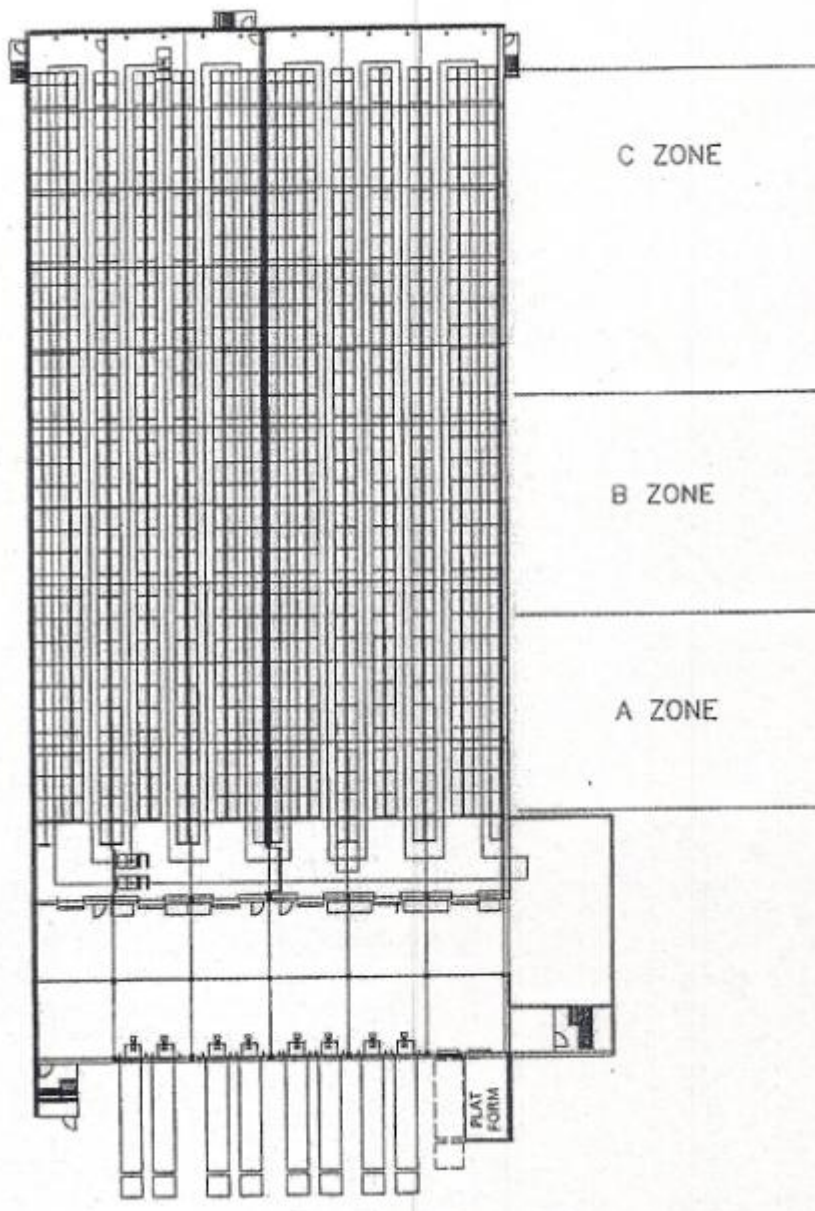
Η αρχή της αποθήκευσης και διατήρησης θεωρείται κλασική αρχή της ροής των προϊόντων. Σε αυτή την αρχή, το προσωπικό της αποθήκης και του εργοστασίου ξεφορτώνουν το προϊόν από το όχημα διανομής, και το τοποθετούν στην περιοχή αποθήκευσης. Στη συνέχεια μεταφέρεται από τη θέση αποθήκευσης στη θέση προς διακίνηση. Η εσωτερική διακίνηση μεταφέρει το προϊόν στο όχημα διανομής ή στη θέση επεξεργασίας.

Όταν συγκρίνονται οι δύο αρχές ροής προϊόντος, η ανατροφοδότηση JIT απαιτεί μεγαλύτερες περιοχές συγκέντρωσης και όποτε είναι δυνατό έναν ευθύ διάδρομο μεταφοράς μεταξύ δύο θέσεων. Για να εξασφαλιστεί ότι είναι διαθέσιμα κενά οχήματα στη θέση φορτώματος και ότι αυτοί οι όγκοι προϊόντος μπορούν να διαχειρισθούν στις θέσεις εργασίας ή διανομής, οι διάδρομοι μεταφοράς απαιτούν χώρο ουράς. Για τα καλύτερα λειτουργικά αποτελέσματα και τη διαχείριση ενός υψηλού όγκου προϊόντων, πρέπει να εγκατασταθούν ξεχωριστές περιοχές παραλαβής και θέσεων επεξεργασίας ή αποστολής. Επίσης στην εσωτερική διακίνηση θα πρέπει να έχει διαδρόμους μεταφοράς που να μπορούν να διαχειρισθούν κίνηση δύο κατευθύνσεων ή να είναι κλειστού βρόγχου.

Η αρχή αποθήκευσης και διατήρησης απαιτεί μια μεγάλη περιοχή αποθήκευσης προϊόντων με περιοχή ουράς των επιφανειών μεταφοράς (οχημάτων) μπροστά από την περιοχή αποθήκευσης στο σταθμό φορτώματος και διανομής. Αυτό το χαρακτηριστικό της εγκατάστασης και του συστήματος διαχείρισης υλικών έχει μικρότερη περιοχή ουράς επιφανειών μεταφοράς (οχημάτων) προσδιορισμένη στις περιοχές παραλαβής και αποστολής.

## 2.11 Η θεωρία των ΑΒΓ ζωνών (ABC Theory)

Η θεωρία αυτή χωρίζει τις θέσεις αποθήκευσης ή τις θέσεις εργασίας σε τρεις ζώνες - την Α, Β και Γ ζώνη (βλ. σχ. 2.4).



Σχ. 2.4: Α, Β, και C ζώνες

Η πρώτη ζώνη είναι η Α, όπου οι θέσεις αποθήκευσης, φορτώματος και επεξεργασίας είναι προσδιορισμένες στο προϊόν γρήγορης κίνησης. Τα προϊόντα αυτής της ζώνης απαιτούν την πλειονότητα των διαδρομών των επιφανειών μεταφοράς ή των οχημάτων. Στη δεύτερη ζώνη (Β), οι θέσεις αποθήκευσης, φορτώματος και επεξεργασίας είναι προσδιορισμένες στο προϊόν μέσης κίνησης. Τα προϊόντα αυτής της ζώνης απαιτούν ένα μέσο αριθμό διαδρομών των επιφανειών μεταφοράς ή των οχημάτων. Στη τρίτη ζώνη (Γ), οι θέσεις αποθήκευσης, φορτώματος και επεξεργασίας είναι προσδιορισμένες στο

προϊόν αργής κίνησης. Τα προϊόντα αυτής της ζώνης απαιτούν ένα χαμηλό αριθμό διαδρομών των επιφανειών μεταφοράς ή των οχημάτων.

Εάν η διάταξη της εγκατάστασης, του συστήματος διαχείρισης υλικών, και της εσωτερικής διακίνησης προϊόντων έχει την περιοχή παραλαβής και αποστολής τοποθετημένες στην μπροστινή πλευρά της εγκατάστασης και η περιοχές αποθήκευσης, φορτώματος και επεξεργασίας των προϊόντων προσδιορίζεται σύμφωνα με τη θεωρία των ΑΒΓ ζωνών, τότε ο σχεδιασμός της εγκατάστασης έχει τους σταθμούς των ενεργειών της γρήγορης κίνησης των προϊόντων στην μπροστινή πλευρά της εγκατάστασης .

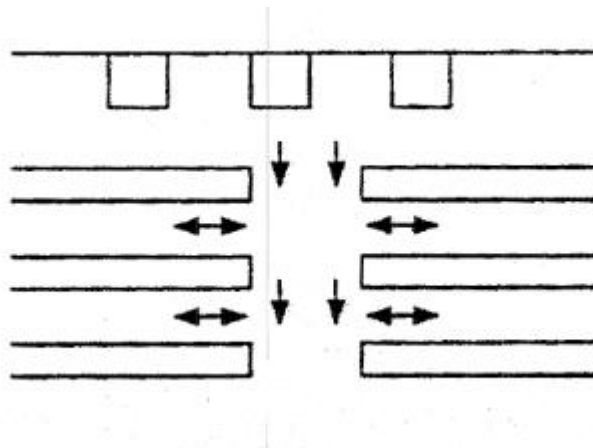
Εάν η διάταξη της εγκατάστασης, του συστήματος διαχείρισης υλικών, και της εσωτερικής διακίνησης προϊόντων έχει την περιοχή παραλαβής και αποστολής τοποθετημένες σε απέναντι πλευρές, τότε η περιοχή της γρήγορης κίνησης των προϊόντων προσδιορίζεται από το ρυθμό φορτώματος και ξεφορτώματος των προϊόντων ή από τις απαιτήσεις του αριθμού των διαδρομών. Ο ρυθμός φορτώματος και ξεφορτώματος έχει επίδραση στο σχεδιασμό της οριζόντιας και κατακόρυφης μεταφοράς.

## **2.12 Οι κανόνες της διεύθυνσης των διαδρόμων ή της ροής των προϊόντων στις θέσεις επεξεργασίας**

Υπάρχουν δύο κανόνες για την διεύθυνση των διαδρόμων ή της διάταξη της ροής των προϊόντων που απαιτείται να εξυπηρετήσει τις διάφορες θέσεις επεξεργασίας: 1) παράλληλα στις θέσεις παραλαβής (περιοχή αποθήκευσης ακατέργαστου προϊόντος) και αποστολής (περιοχή αποθήκευσης τελικού προϊόντος) και 2) σε ευθεία από τις θέσεις παραλαβής (περιοχή αποθήκευσης ακατέργαστου προϊόντος) και αποστολής (περιοχή αποθήκευσης τελικού προϊόντος).

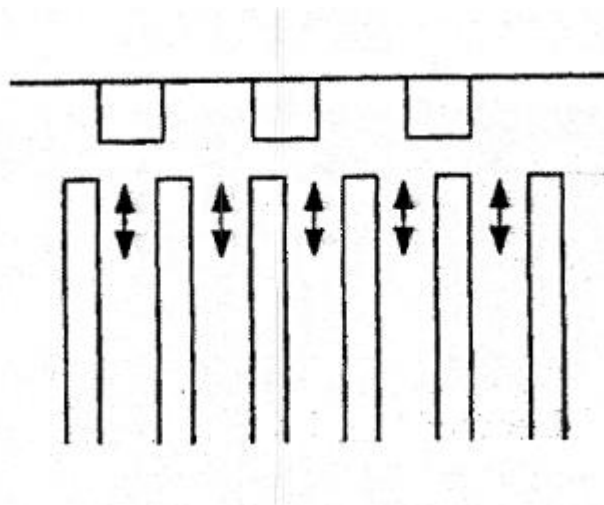
Στον πρώτο εναλλακτικό σχεδιασμό της διαχείρισης των υλικών του εργοστασίου ή της αποθήκης και της διακίνησης των προϊόντων, οι διάδρομοι (κατεύθυνση της ροής των προϊόντων) είναι παράλληλοι στις θέσεις παραλαβής και αποστολής (βλ. σχ. 2.5). Σε αυτή τη διάταξη υπάρχουν τουλάχιστον δύο διάδρομοι στροφής που απαιτούνται στο σχεδιασμό. Ένας στο τέλος κάθε γραμμής και ένας μεσαίος διάδρομος. Αυτοί οι μεσαίοι διάδρομοι οδηγούν στις περιοχές παραλαβής και αποστολής.

Στη δεύτερη διάταξη οι διάδρομοι μεταφοράς προϊόντων είναι σε ευθεία γραμμή από τις περιοχές αποθήκευσης στις άλλες περιοχές (βλ. σχ. 2.6). Αυτοί οι διάδρομοι μεταφοράς προϊόντων είναι μεταξύ των περιοχών των ακατέργαστων και των τελικών προϊόντων και των θέσεων παραλαβής και αποστολής, των θέσεων επεξεργασίας, ή φορτώματος.



Σχ 2.5

Σε αυτή τη διάταξη του συστήματος διαχείρισης υλικών και διακίνησης προϊόντων, κάθε διάδρομος παρέχει πρόσβαση στις περιοχές παραλαβής και αποστολής και επιπρόσθετα σε ένα διάδρομο που βρίσκεται στο τέλος κάθε διαδρόμου και γραμμής. Αυτός ο διάδρομος είναι ένας διάδρομος στροφής οχημάτων και θεωρείται κύριος διάδρομος κυκλοφορίας μεταξύ των περιοχών της αποθήκης και των θέσεων επεξεργασίας.



Σχ 2.6

### 3. Έλεγχος της Παραγωγής

Το τέλος του 20ου αιώνα σηματοδοτείται ως η αρχή της βιομηχανικής επανάστασης κατά την οποία οι μηχανές αντικατέστησαν τον άνθρωπο σε κοπιαστικό και μονότονο έργο που απαιτούσε μεγάλη ισχύ. Οι ατμομηχανές ήταν η κινητήρια δύναμη της βιομηχανικής επανάστασης και εφαρμόστηκαν κατά χιλιάδες στη βιομηχανία, σε πλοία σε τραίνα κ.α. Οι μηχανές αυτές απαιτούσαν μεγάλες ποσότητες άνθρακα, που όμως υπήρχε σε αφθονία στις χώρες που πρωτοστάτησαν στη βιομηχανική επανάσταση, κυρίως σε χώρες της Ευρώπης και των ΗΠΑ.

Στα χρόνια εκείνα μια κεντρική ατμομηχανή οδηγούσε άξονες παροχής ισχύος από τους οποίους δεκάδες παραγωγικές μονάδες (π.χ. εργαλειομηχανές) αντλούσαν ισχύ μέσω ιμάντων. Τα μεταβαλλόμενα φορτία όμως, προκαλούσαν μεγάλες διακυμάνσεις στην ταχύτητα και την παραγόμενη ισχύ της ατμομηχανής με αποτέλεσμα να είναι αδύνατη η σταθερή παραγωγή. Βασική απαίτηση για την παραγωγή προϊόντων υψηλής ποιότητας ήταν και είναι ο αυστηρός έλεγχος της παραγωγικής διαδικασίας. Αρχικά, ο έλεγχος της ατμομηχανής γινόταν από κάποιο χειριστή που επιδίωκε να αντισταθμίσει τις τυχόν διακυμάνσεις λόγω μεταβολών του φορτίου της ατμομηχανής. Το αποτέλεσμα δεν ήταν γενικά ικανοποιητικό και πέρασαν αρκετά χρόνια μέχρι να δώσει λύση στο πρόβλημα ο *James Watt* με τον κυβερνήτη που φέρει το όνομα του). Η λειτουργία του κυβερνήτη ήταν απλή και βασιζόταν στην αρχή της ανατροφοδότησης.

Η αρχή της ανατροφοδότησης (ή ανάδρασης) αποτελεί τη βάση κάθε κλειστού συστήματος ελέγχου. Ουσιαστικά κάθε σύστημα ελέγχου συγκρίνει την πραγματική τιμή με την επιθυμητή τιμή μιας μεταβλητής (συνήθως την έξοδο) της, δηλαδή το σφάλμα και ο ελεγκτής (ή αντισταθμιστής) υπολογίζει την κατάλληλη στρατηγική που επιβάλλεται στην παραγωγική διαδικασία μέσω του αντίστοιχου ενεργοποιητή. Απώτερος στόχος κάθε συστήματος ελέγχου είναι να επιτύχει μηδενικό σφάλμα συνεχώς, στόχος που είναι αδύνατο να επιτύχουμε λόγω της έμφυτης αδράνειας κάθε δυναμικής διαδικασίας.

Ο συμβατικός έλεγχος με ανατροφοδότηση (feedback control) εφαρμόστηκε με επιτυχία σε ένα ευρύτατο φάσμα εφαρμογών στην παραγωγή. Οι κυβερνήτες *Watt* εξελίχθηκαν με το χρόνο σε "ελεγκτές" και "αντισταθμιστές", αρχικά εντελώς μηχανικά. Η χρήση των ηλεκτρονικών στοιχείων τη δεκαετία του 1930 ήταν η αφορμή για σημαντικές εξελίξεις στο χώρο του αυτομάτου ελέγχου, με ασύλληπτες συνέπειες. Στη δεκαετία του 1950 οι ημιαγωγοί με την αυξημένη τους διαθεσιμότητα, χαμηλό κόστος και μικρό όγκο προσέφεραν ακόμη περισσότερες δυνατότητες στα συστήματα ελέγχου που είχαν κατακτήσει κάθε γραμμή παραγωγής.

Το επόμενο άλμα ήρθε όταν διακριτά ψηφιακά στοιχεία αντικατέστησαν τους διακριτούς ημιαγωγούς, τους τελεστικούς ενισχυτές και τους ηλεκτρονόμους (πιο γνωστούς ως ρελέ). Αλλά η πραγματική επανάσταση στο χώρο της παραγωγής ήρθε με την είσοδο των υπολογιστών στη δεκαετία του 1960 και ειδικότερα με την εισβολή των μικροϋπολογιστών στις αρχές του 1980. Ο ψηφιακός υπολογιστής και η πληροφορική επέτρεψαν ριζοσπαστικές λύσεις στα προβλήματα που αντιμετώπιζε η παραγωγή, τόσο στην ανάλυση και το σχεδιασμό της νέας γενιάς συστημάτων ελέγχου, όσο και στην υλοποίησή τους. Ο στόχος αυτός συνεχίζεται σήμερα με αμείωτο ρυθμό και ολοένα νέες προηγμένες τεχνικές ελέγχου αναπτύσσονται για να δώσουν λύσεις στην παραγωγή.

## 3.1 Τύποι Ελέγχου

Ένα σωστό σύστημα ελέγχου πρέπει να εξασφαλίζει, ιδιαίτερα για την βιομηχανία, ασφάλεια, προστασία του περιβάλλοντος, προϊόντα εντός προδιαγραφών και οικονομικότητα λειτουργίας. Παράλληλα, πρέπει να είναι εύχρηστο και “φιλικό” προς τους χειριστές παρέχοντας ταχεία διάγνωση λειτουργικών προβλημάτων, μειωμένη πιθανότητα ανθρώπινων λαθών, ευκολία στην αλλαγή λειτουργικών συνθηκών και την ελάχιστη δυνατή καταπόνηση κατά την διάρκεια της εργασίας τους. Τέλος, το σύστημα πρέπει να είναι αξιόπιστο, χωρίς λειτουργικές αστοχίες και χωρίς μεγάλες απαιτήσεις συντήρησης, παρέχοντας την μεγαλύτερη δυνατή διαθεσιμότητα.

### 3.1.1 Αναλογικός Έλεγχος

Τα αναλογικά συστήματα ελέγχου είναι τα πρώτα που χρησιμοποιήθηκαν στην βιομηχανία (ιδιαίτερα την χημική). Ένας απλός βρόγχος αποτελείται από τρία μέρη: το όργανο μέτρησης της μεταβλητής με τον διαβιβαστή σημάτων, τον κυρίως ελεγκτή στον οποίο έχει ορισθεί η τιμή αναφοράς (set point) της μετρούμενης μεταβλητής και το τελικό όργανο ελέγχου που συνήθως είναι μια βάνα ή άλλο στοιχείο ελέγχου. Αρχικά, τα σήματα ήταν πνευματικά. Με την πάροδο του χρόνου, τα σήματα αντικαταστάθηκαν μερικώς ή στο σύνολό τους με ηλεκτρικά. Και στις δύο περιπτώσεις το σύστημα είναι αναλογικό, δηλαδή τα σήματα είναι συνεχή και αναλογικά, και η επεξεργασία τους επίσης συνεχής και αναλογική. Τα αναλογικά συστήματα ελέγχου είχαν πολλά πλεονεκτήματα. Ήταν απλά στην εγκατάσταση και την λειτουργία τους. Κάθε βρόγχος ελέγχου ήταν αυτόνομος, με τον δικό του ελεγκτή, δηλ. το αναλογικό σύστημα ελέγχου ήταν ένα κατανεμημένο σύστημα. Αυτό έδινε αυξημένη συνολική αξιοπιστία στο σύστημα, αφού κάθε βρόγχος λειτουργούσε ξεχωριστά και ανεξάρτητα από όλους τους άλλους και κατά συνέπεια, μία βλάβη σε ένα στοιχείο του βρόγχου είχε περιορισμένη επίδραση στο υπόλοιπο σύστημα. Τα κύρια μειονεκτήματα του συνολικού συστήματος ελέγχου ήταν η έλλειψη συνολικής και ολοκληρωμένης πληροφόρησης προς τον χειριστή, για μία παραγωγική μονάδα, η δυσκολία συλλογής πληροφοριών συγκεντρωτικά για τη μονάδα και η αδυναμία εφαρμογής σύνθετων στρατηγικών ελέγχου. Η εγκατάσταση ενός κεντρικού ηλεκτρονικού υπολογιστή, ως εποπτεύοντα (supervisory control) όλων των βρόγχων ελέγχου και των διεργασιών μιας παραγωγικής μονάδας ή και ολόκληρης της βιομηχανίας, έδωσε λύσεις σε αρκετά από τα μειονεκτήματα αυτά. Σε μια τέτοια διάταξη, ο Η/Υ δε λαμβάνει μέρος στις κυρίως διεργασίες ελέγχου. Το αναλογικό σύστημα ελέγχου διατηρείται και λειτουργεί όπως πριν. Προστίθενται όμως διατάξεις που μετατρέπουν τα σήματα σε ψηφιακά και τα τροφοδοτούν στον επιβλέποντα Η/Υ, ο οποίος με τα κατάλληλα προγράμματα συγκεντρώνει, επεξεργάζεται και αποθηκεύει ή εκτυπώνει πληροφορίες για όλες τις διεργασίες των παραγωγικών μονάδων.

### 3.1.2 Ψηφιακός Έλεγχος

Ο ψηφιακός έλεγχος είναι ένας κλάδος της θεωρίας ελέγχου που χρησιμοποιεί ψηφιακούς υπολογιστές να λειτουργούν ως ελεγκτές του συστήματος. Ανάλογα με τις απαιτήσεις, ένα ψηφιακό σύστημα ελέγχου μπορεί να λάβει τη μορφή ενός μικροελεγκτή σε ένα ASIC (Application-specific integrated circuit- Εφαρμογή συγκεκριμένων ολοκληρωμένων κυκλωμάτων) σε ένα πρότυπο επιτραπέζιο υπολογιστή. Δεδομένου ότι ένας ψηφιακός υπολογιστής είναι ένα διακεκριμένο σύστημα, ο μετασχηματισμός Laplace έχει αντικατασταθεί με τον μετασχηματισμό Z. Επίσης, δεδομένου ότι ένας ψηφιακός υπολογιστής έχει πεπερασμένη ακρίβεια, επιπλέον φροντίδα για να εξασφαλιστεί το λάθος συντελεστών, μετατροπή A/D, D/A μετατροπή δεν παράγουν ανεπιθύμητες ή απρογραμματίστες ενέργειες.

Η εφαρμογή των ψηφιακών πληροφοριών ελέγχου μπορεί εύκολα να γίνει κατανοητή στη χρήση της ανάδρασης. Από τη δημιουργία του πρώτου ψηφιακού υπολογιστή στις αρχές της δεκαετίας του 1940, η τιμή των ψηφιακών ηλεκτρονικών υπολογιστών έχει μειωθεί σημαντικά, γεγονός το οποίο τα καθιστά βασικά κομμάτια για τον έλεγχο των συστημάτων για διάφορους λόγους:

- Χαμηλού κόστους
- Ευέλικτο
- Με δυνατότητα κλιμάκωσης
- Προσαρμοστικότητα
- Στατική λειτουργία

#### Πλεονεκτήματα Ψηφιακού Ελέγχου

Τα πλεονεκτήματα που επιτυγχάνονται με τον ψηφιακό έλεγχο είναι αρκετά και ενδεικτικά αναφέρονται παρακάτω:

- Ικανότητα για επεξεργασία αλγορίθμων με software αντί για hardware.
- Αλλαγή του σχεδιασμού χωρίς αλλαγές στο hardware.
- Μείωση μεγέθους, βάρους, ισχύος καθώς και χαμηλό κόστος.
- Μεγαλύτερη αξιοπιστία, συντήρηση και δοκιμαστική ικανότητα.
- Μεγαλύτερη ανοχή σε θορύβους.

## Μετατροπή αναλογικού σε ψηφιακό

### α) Αντιστοίχιση πόλων και μηδενικών (matched Z-transform)

Χρησιμοποιείται η σχέση  $z = e^{sT}$  όπου  $T =$  περίοδος δειγματοληψίας. Αρχικά ελέγχεται ο αριθμός πόλων και μηδέν στην συνάρτηση  $G(s)$ . Στην περίπτωση που υπάρχουν περισσότεροι πόλοι από μηδέν τότε προστίθενται ένα μηδενικό στο  $z = -1$ . Στη συνέχεια ρυθμίζεται το κέρδος του ψηφιακού φίλτρου για να ταιριάσει με το κέρδος του αντίστοιχου αναλογικού σε κάποια κρίσιμη συχνότητα δηλ.  $G(s=0)=KG(z=1)$ . Η μέθοδος αυτή δεν μας δίνει πάντα τα προσδοκώμενα αποτελέσματα.

### β) Μετασχηματιστής Tustin (Bilinear)

Είναι μια προσεγγιστική μέθοδος και χρησιμοποιείται η σχέση:

$$s = \frac{2(z-1)}{T(z+1)}$$

Εδώ γίνεται αντικατάσταση χαμηλών αναλογικών συχνοτήτων με αντίστοιχες ψηφιακές, όμως παράγεται παραμόρφωση στις υψηλές συχνότητες λόγω μη γραμμικότητας. Για τη διόρθωση της παραμόρφωσης, πριν την μετατροπή, γίνεται ταίριασμα της κρίσιμης συχνότητας μεταξύ αναλογικών και ψηφιακών. Έτσι αντικαθίστανται όλα τα  $s$  στην αναλογική συνάρτηση μεταφοράς με  $s = s(\omega_o/\omega_p)$ , όπου  $\omega_o$  είναι η συχνότητα που πρέπει να ταιριασθεί το ψηφιακό φίλτρο και

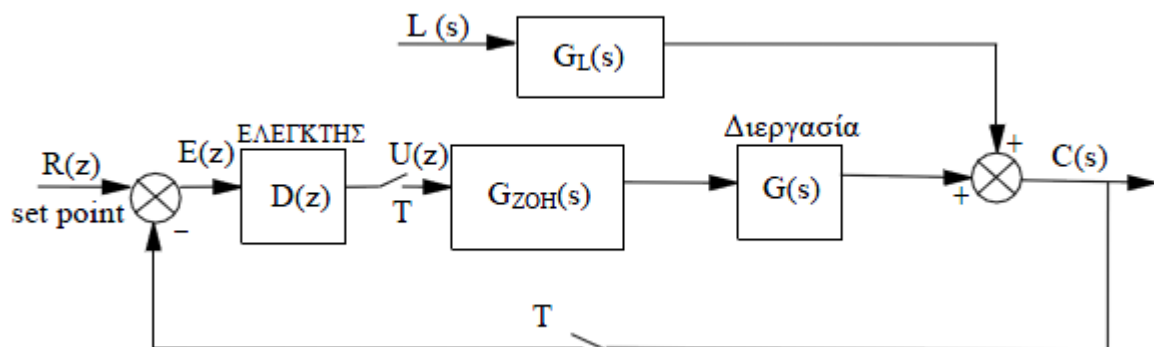
$$\omega_p = \frac{2}{T} \operatorname{erf} \frac{\omega_o T}{2}$$

Τέλος γίνεται προσαρμογή του κέρδους της συνάρτησης  $G(z)$  από τη σχέση  $G(s=0)=K G(z=1)$ , δηλαδή γίνεται προσαρμογή του κέρδους. Η μέθοδος Tustin είναι η πιο γνωστή με ευρύτετη χρήση.

### γ) Μέθοδος ZOH

Με την παρούσα μέθοδο εξετάζεται μια διαφορετική μεθοδολογία για τον σχεδιασμό ψηφιακών ελεγκτών ανάδρασης από τη γνωστή μέθοδο των PID ελεγκτών. Επίσης για την υλοποίησή τους γίνεται χρήση ευέλικτων υπολογισμών με τη βοήθεια των ηλεκτρονικών υπολογιστών.

Το μπλοκ διάγραμμα ελέγχου κλειστού βρόγχου, δίνεται στο **Σχ.3.1**



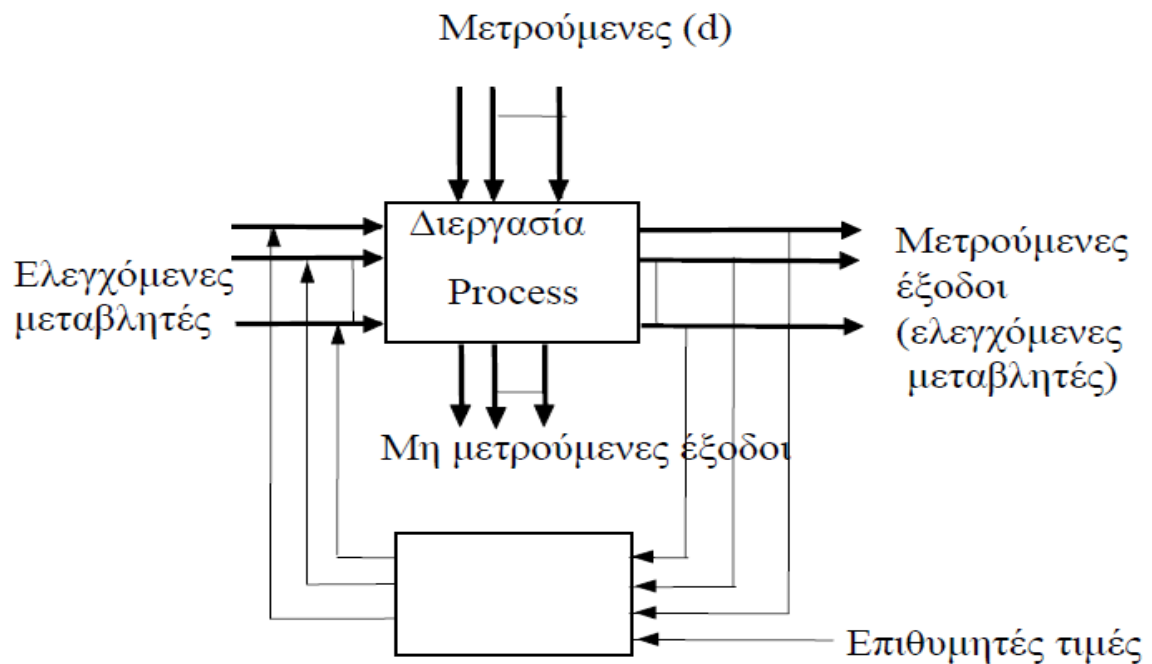
Σχ. 3.1 Ψηφιακό Σύστημα Ελέγχου



Ακολουθείται και εδώ η διαδικασία του αναλογικού ελέγχου πλην όμως έχουμε συνδυασμό ψηφιακών και αναλογικών σημάτων και επομένως απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή στην απλοποίηση των συναρτήσεων μεταφοράς. Επίσης υπάρχουν και εδώ δύο είσοδοι: η επιθυμητή τιμή (set point) και η μεταβολή φορτίου  $L(s)$ .

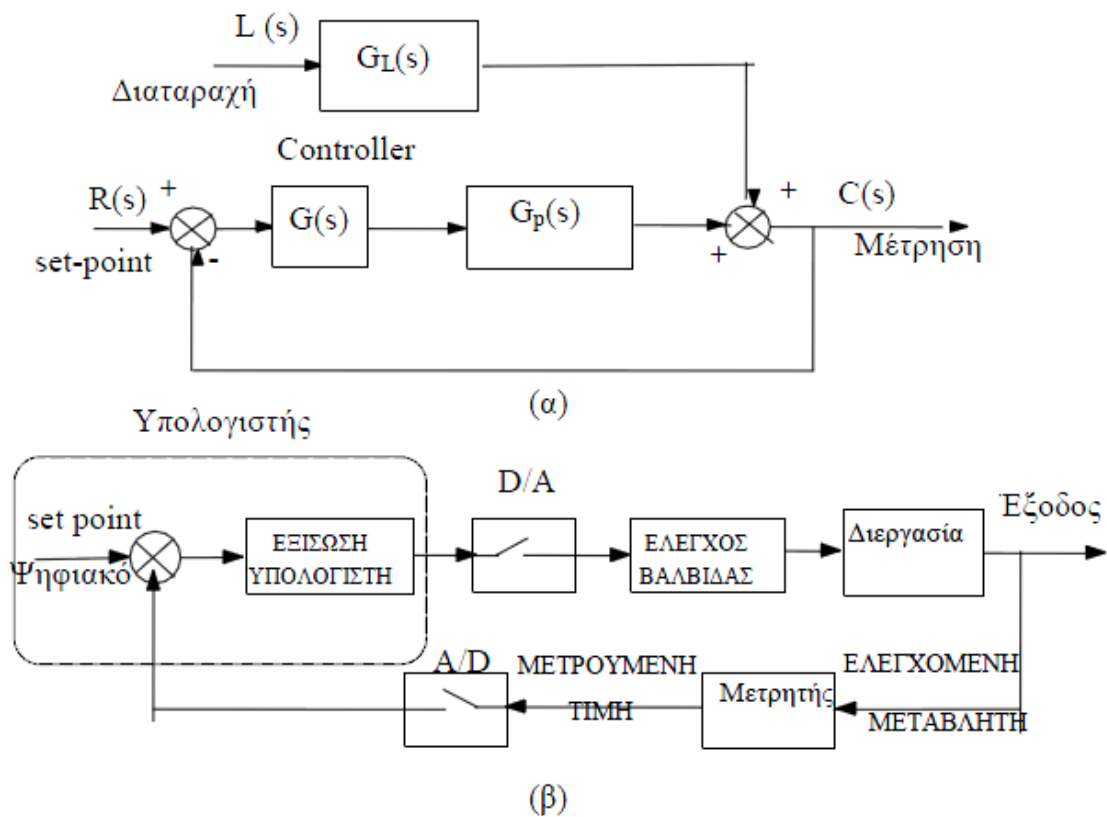
### 3.1.3 Αναδραστικός Έλεγχος (Feedback Control)

**Περίγραμμα αναδραστικού ελέγχου:** Χρησιμοποιεί άμεσες μετρήσεις, των ελεγχόμενων μεταβλητών εξόδου, για να προσαρμόσει τις τιμές των μεταβαλλόμενων μεταβλητών εισόδου της διεργασίας (Σχ.3.2). Στόχος είναι να διατηρήσει τις ελεγχόμενες μεταβλητές στο επιθυμητό επίπεδο (set points).



Σχήμα 3.2

Το μοντέλο μιας διεργασίας, πρώτου ή δευτέρου βαθμού, αποτελείται από την είσοδο  $m$  δηλ. την ρυθμιζόμενη μεταβλητή, την έξοδο  $y$  και πιθανώς μία διαταραχή  $L$ . Η διαταραχή  $L$  που ονομάζεται και φορτίο, μεταβάλλεται ανεξέλεγκτα και ο αντικειμενικός στόχος του ελέγχου είναι να διατηρηθεί η τιμή της εξόδου  $y$  σε επιθυμητό επίπεδο.



Σχ. 3.3 (α) Αναλογικό σύστημα ελέγχου (β) Ψηφιακό σύστημα ελέγχου

Στοιχεία αναδραστικού ελέγχου:

- Χημική διεργασία
- Αισθητήρες ή στοιχεία μετρήσεως
- Μετατροπείς
- Γραμμές μεταφοράς
- Ελεγκτής
- Το τελικό στοιχείο ελέγχου(ενεργοποιητής)
- Καταγραφικά

### 3.1.4 Προηγμένα Συστήματα Ελέγχου

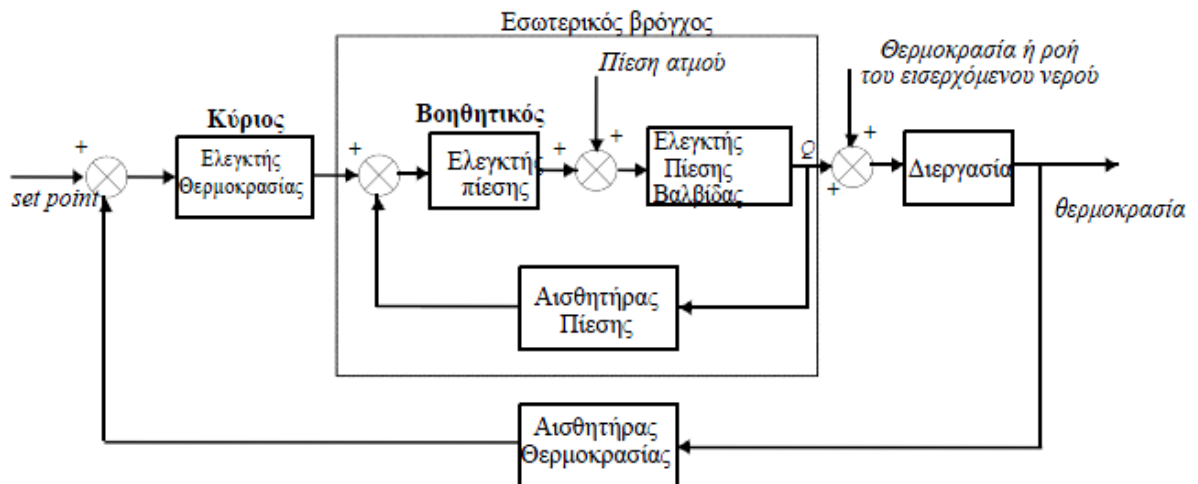
Ο αναδραστικός έλεγχος διεργασίας χρησιμοποιείται σε σύστημα με ένα βρόγχο, μια μετρούμενη μεταβλητή εξόδου και μια ελεγχόμενη μεταβλητή εισόδου. Υπάρχουν όμως και άλλα περιγράμματα ελέγχου που ελέγχουν πιο πολλές μεταβλητές στην έξοδο ή την είσοδο. Στην περίπτωση αυτή έχουμε σύστημα ελέγχου πολλαπλών βρόγχων. Τέτοια συστήματα είναι:

(α) ο Διαδοχικός Έλεγχος, (β) ο Προσωτροφοδοτικός Έλεγχος και (γ) τα Πολυμεταβλητά Συστήματα.

## α) Διαδοχικός Έλεγχος (Cascade Control)

Σε πολλές εφαρμογές συστημάτων ελέγχου, μια τυχαία μεταβολή της μεταβλητής προσαρμογής του τελικού στοιχείου ελέγχου (ενεργοποιητής), συχνά δημιουργεί προβλήματα στην απόδοση του αναδραστικού ελέγχου.

Οι περιπτώσεις ελέγχου όπου η έξοδος ενός ελεγκτή προσαρμόζει το set point ενός άλλου ελεγκτή ονομάζεται "Διαδοχικός έλεγχος" ή "Έλεγχος με αντιστάθμιση" (Cascade control). Το μπλοκ διάγραμμα καθώς και η αντίστοιχη ορολογία δίνονται στο σχήμα 3.4.



Σχ. 3.4 Μπλοκ Διάγραμμα Διαδοχικού Ελέγχου Διεργασίας

Υπάρχουν δύο ελεγκτές, καθένας με το δικό του στοιχείο μέτρησης, αλλά μόνο ο κύριος (Master) ελεγκτής έχει ανεξάρτητο set point και μόνο ο βοηθητικός ελεγκτής έχει έξοδο προς τη διεργασία. Ο βοηθητικός ελεγκτής, η ελεγχόμενη μεταβλητή και η συσκευή μέτρησης αποτελούν τα στοιχεία του εσωτερικού ή βοηθητικού βρόγχου.

Ο εξωτερικός βρόγχος περιλαμβάνει όλα τα στοιχεία συμπεριλαμβανομένου και του βοηθητικού βρόγχου. Για την καλή λειτουργία είναι απαραίτητο ο εσωτερικός βρόγχος να είναι τουλάχιστον τόσο γρήγορος όσο και ο εξωτερικός, αν όχι ταχύτερος. Αν αυτό δεν μπορεί να επιτευχθεί, τότε δεν θα υπάρξει χρόνος για να συντονισθεί ο εξωτερικός ελεγκτής.

Ο τρόπος αυτός ελέγχου, συνήθως χρησιμοποιείται σε συστήματα ελέγχου ροής, στάθμης υγρών, πίεσης και θερμοκρασίας. Το σύστημα διαδοχικού ελέγχου συνήθως χρησιμοποιείται για εξουδετέρωση των διαταραχών που προκαλούνται στον εσωτερικό βρόγχο (πίεση ατμού) και οφείλονται σε μεταβολές του φορτίου.

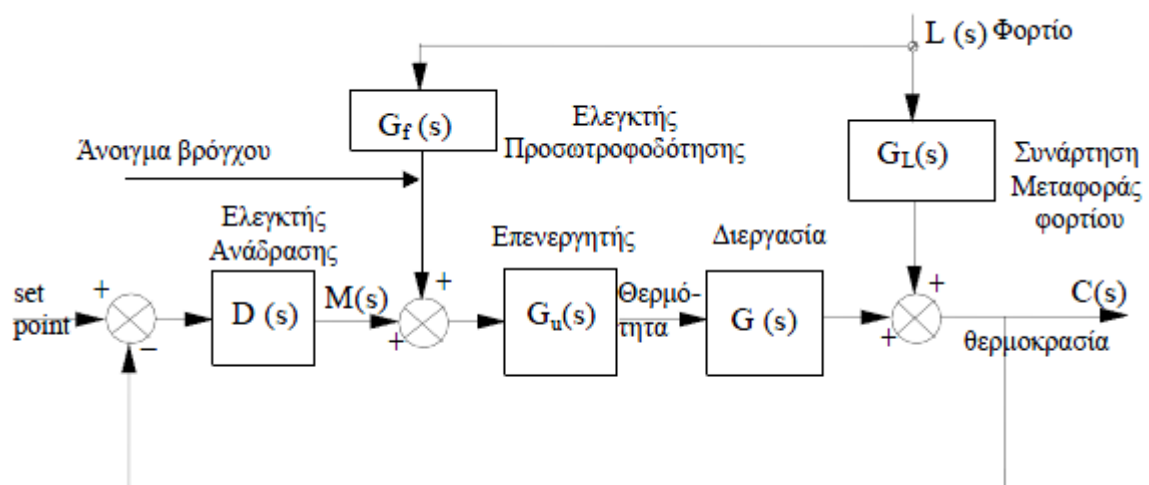
## β) Προσωτροφοδοτικός Έλεγχος.

Ο προσωτροφοδοτικός (feedforward) έλεγχος είναι ένας ο πιο εύρηστος τρόπος ελέγχου στην βιομηχανία και υλοποιείται με αναλογικό hardware. Στόχος του είναι η ασφάλεια του συστήματος από ζημιογόνες επιδράσεις των μεταβολών φορτίου (διαταραχή). Με σωστό σχεδιασμό και συντονισμό ο προσωτροφοδοτικός έλεγχος επιτυγχάνει ανεπανάληπτα αποτελέσματα.

Υπό ιδανικές συνθήκες η απόκλιση της μεταβλητής  $C(s)$  πρέπει να είναι μηδενική για κάθε διαταραχή  $L(s)$ . Η απόκλιση της  $D(s)$  μειώνεται από μεγάλο  $G_c$  (υψηλό κέρδος του ελεγκτή) αλλά το μέγεθος της  $G_c$  περιορίζεται από φυσικούς περιορισμούς και από την ευστάθεια του συστήματος.

Στο σύστημα με ανάδραση, το σφάλμα στέλνεται στον ελεγκτή ο οποίος προσαρμόζει αντίστοιχα την ελεγχόμενη μεταβλητή εξόδου για να ελαττώσει (μηδενίσει) το σφάλμα προκειμένου να εξαλειφθεί η διαταραχή. Αλλά ας υποθέσουμε πως είναι δυνατό να ανιχνευθεί (μετρηθεί) το σήμα της διαταραχής  $L(s)$ , δηλαδή η μεταβολή φορτίου που προκαλεί διαταραχή στην έξοδο της διεργασίας  $C(s)$  και να αποσταλεί απευθείας στον ελεγκτή  $G_f(s)$ . Ο ελεγκτής, με βάση το σήμα αυτό, θα υπολογίσει τη νέα τιμή της μεταβλητής προσαρμογής και να προωθήσει το αντίστοιχο σήμα στο τελικό στοιχείο ελέγχου  $G_u(s)$  (βαλβίδα). Κατ' αυτόν τον τρόπο δεν θα υπάρχει επίδραση στην έξοδο  $C(s)$  της διεργασίας από τη μεταβολή φορτίου της διεργασίας.

Το διάγραμμα του συστήματος που περιλαμβάνει το παραπάνω δίνεται στο **Σχ.3.5**



Σχ. 3.5 Σύστημα με Προσωτροφοδοτικό Έλεγχο

Το σήμα διαταραχής (φορτίο) μετριέται πριν εισέλθει στην διεργασία και στέλνεται στον ελεγκτή. Ο ελεγκτής στέλνει σήμα στον ενεργοποιητή ώστε η μεταβλητή εξόδου του να προσαρμοστεί για την εξουδετέρωση της διαταραχής. Άρα το σύστημα προσαρμόζεται την ίδια ακριβώς στιγμή που αρχίζει η επίδραση της διαταραχής. Οπότε,  $C(s) = L(s) [ G_L(s) + G(s) * G_u(s) * G_f(s) ]$

Όπου  $G_f(s)$  είναι η συνάρτηση μεταφοράς του προσωτροφοδότη ελεγκτή.

$$\text{Αν θέσουμε } G_f(s) = \frac{G_L(s)}{G_u(s) \cdot G(s)}$$

τότε, από την παραπάνω εξίσωση, η  $C(s)$  είναι πάντα μηδέν για οποιαδήποτε τιμή της  $L(s)$ .

Η εξίσωση, λοιπόν, αποτελεί τη βάση για σχεδιασμό του προσωτροφοδότη ελεγκτή. Ο προσωτροφοδοτικός έλεγχος, πριν ελαχίστων εξαιρέσεων, χρησιμοποιείται πάντα σε συνδυασμό με τον αναδραστικό έλεγχο. Έτσι αποφεύγονται αποκλίσεις στη μεταβλητή της εξόδου που οφείλονται στα μοντέλα των  $G_L$ ,  $G_u$ ,  $G$ , δηλαδή έχουμε μεγάλη ακρίβεια.

Επομένως:

$$C(s) = \frac{G_L(s) + G(s) \cdot G_u(s) \cdot G_f(s)}{1 + D(s) \cdot G_u(s) \cdot G(s)} * L(s)$$

Υπάρχουν λοιπόν δύο ελεγκτές, ο προσωτροφοδοτής που εξουδετερώνει τις επιδράσεις φορτίου και ο αναδραστικός που εξουδετερώνει ανακρίβειες του μοντέλου και άλλες μη μετρούμενες διαταραχές. Επομένως χρειάζεται η γνώση των  $G(s)$ ,  $G_u(s)$ ,  $G_L(s)$  που είναι συναρτήσεις μεταφοράς ανοικτού βρόγχου και μπορούν να υπολογισθούν από το μαθηματικό μοντέλο ή από εμπειρικό τρόπο ελέγχου σε επίδραση παλμού ή βηματική είσοδο.

### γ) Πολυμεταβλητά συστήματα ελέγχου

Οι πολύπλοκες διεργασίες έχουν πολλές ελεγχόμενες μεταβλητές και πολλές μεταβλητές προσαρμογής. Θα επιθυμούσαμε βέβαια κάθε ελεγχόμενη μεταβλητή να επηρεάζεται μόνο από ένα set point αλλά αυτό είναι δύσκολο λόγω της αλληλεπίδρασης (coupling) που υπάρχει. Μια διαταραχή θα μπορούσε να επηρεάσει άλλους βρόγχους της διεργασίας με αποτέλεσμα την δημιουργία ταλαντώσεων και τελικά την αστάθεια του συστήματος.

### 3.1.5 Προσαρμοστικός Και Συμπερασματικός Έλεγχος

Στην ενότητα αυτή εξετάζονται δύο νέοι τύποι συστημάτων αυτομάτου ελέγχου: Ο Προσαρμοστικός (Adaptive) και ο Συμπερασματικός έλεγχος (Inferential). Η πρακτική υλοποίηση αυτών των μεθόδων είναι πολύπλοκη και απαιτούνται αναλυτικοί υπολογισμοί, που επιτυγχάνονται μόνο με τη χρήση ηλεκτρονικών υπολογιστών. Επίσης γίνεται μια αρχική παρουσίαση της μεθοδολογίας και δίδονται παραδείγματα πρακτικών εφαρμογών.

#### Α) Προσαρμοζόμενος έλεγχος (Adaptive control)

Ο σχεδιασμός αποτελεσματικού αναλογικού ή ψηφιακού ελεγκτή στηρίζεται κύρια στη γνώση της δυναμικής χαρακτηριστικής της ελεγχόμενης διεργασίας. Η μη γραμμικότητα, καθώς και η αλλαγή των χαρακτηριστικών των διεργασιών με το χρόνο προκαλεί μεταβολές στη δυναμική χαρακτηριστική του μοντέλου κατά την διάρκεια λειτουργίας. Για την αντιμετώπιση τέτοιων προβλημάτων ο ελεγκτής θα πρέπει να έχει τη δυνατότητα να προσαρμόζει τις παραμέτρους του με βέλτιστο τρόπο.

Προσαρμοζόμενο (adaptive) ονομάζεται ένα σύστημα ελέγχου, που μπορεί να προσαρμόσει τις παραμέτρους του αυτόματα, κατά τέτοιο τρόπο, ώστε να διορθώνει ατέλειες ή μεταβολές στα χαρακτηριστικά του μοντέλου της διεργασίας.

Οι διάφοροι τρόποι προσαρμοζόμενων συστημάτων ελέγχου διαφέρουν μόνο ως προς τον τρόπο που οι παράμετροι του Ελεγκτή προσαρμόζονται. Χρειάζεται λοιπόν ένα κριτήριο που θα οδηγήσει τις παραμέτρους του ελεγκτή PID σε άριστες τιμές.

Τέτοια κριτήρια είναι:

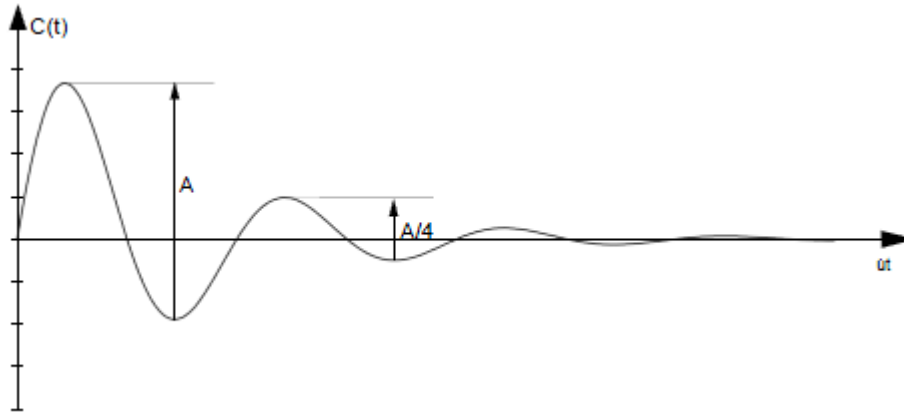
1. Το ολοκλήρωμα του τετραγώνου του σφάλματος.

$$I_1 = \int_0^{\infty} e^2 dt$$

2. Το ολοκλήρωμα της απόλυτης τιμής του σφάλματος.

$$I_2 = \int_0^{\infty} |e(t)| dt$$

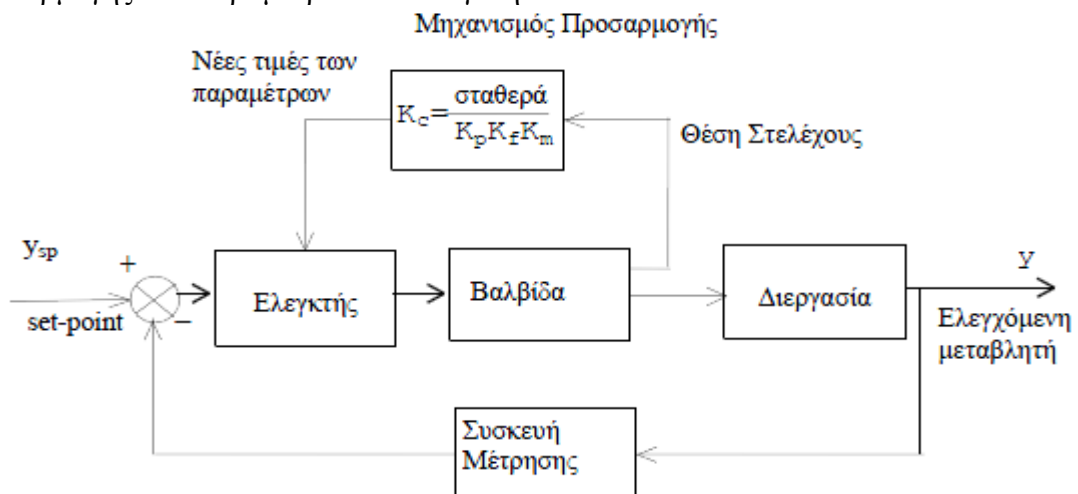
3. Ασφάλεια κέρδους ή φάσεως.
4. Το ένα τέταρτο της τιμής φθίνουσας ταλαντώσεως.



Υπάρχουν δύο φόρμες προσαρμοζόμενου ελέγχου:

### i) Έλεγχος Προγραμματιζόμενου Κέρδους

Υποθέτουμε πως η διεργασία είναι απόλυτα γνωστή, δηλαδή ένα καλό μοντέλο υπάρχει. Αν υπάρχει μια βοηθητική μεταβλητή της διεργασίας που σχετίζεται πολύ καλά με τις αλλαγές στη δυναμική της διεργασίας, μπορούμε να υπολογίσουμε εκ των προτέρων τις βέλτιστες τιμές των παραμέτρων (σταθερών) του ελεγκτή. Με βάση την τιμή της βοηθητικής μεταβλητής μπορούμε να προγραμματίσουμε το μηχανισμό προσαρμογής των παραμέτρων του ελεγκτή.



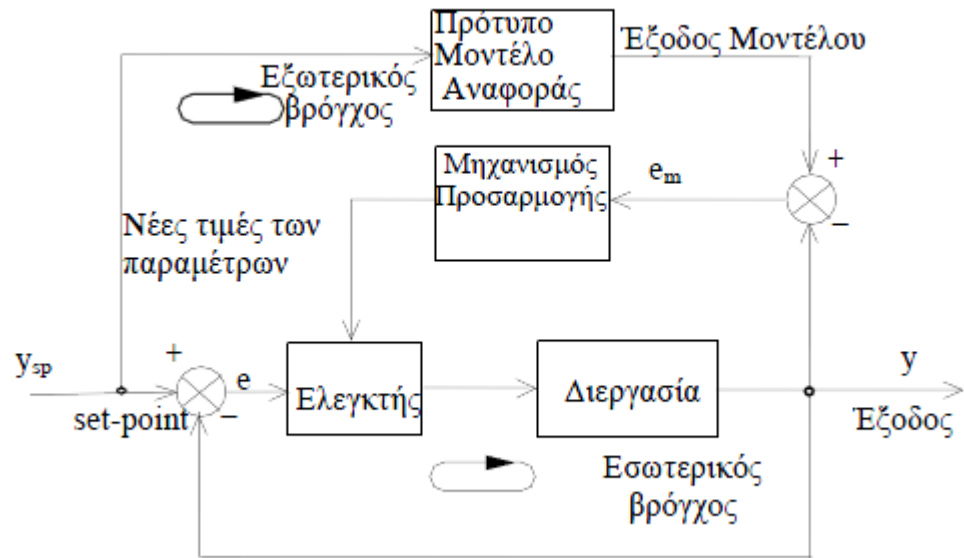
Σχ. 3.6

### ii) Αυτοπροσαρμοζόμενος Έλεγχος (Self-adaptive Control)

Σε πολλές περιπτώσεις το μοντέλο της διεργασίας δεν είναι γνωστό, επομένως πρέπει να υπολογιστεί το κριτήριο ενδείξεως κατά την διάρκεια λειτουργίας της διεργασίας (on-line) χρησιμοποιώντας τις τιμές της ελεγχόμενης εξόδου. Στη συνέχεια ο μηχανισμός προσαρμογής (adaptation) θα μεταβάλλει τις παραμέτρους του Ελεγκτή με τέτοιο τρόπο ώστε να βελτιστοποιήσει (μέγιστο ή ελάχιστο) την τιμή του δείκτη ενδείξεως (κριτήριο).

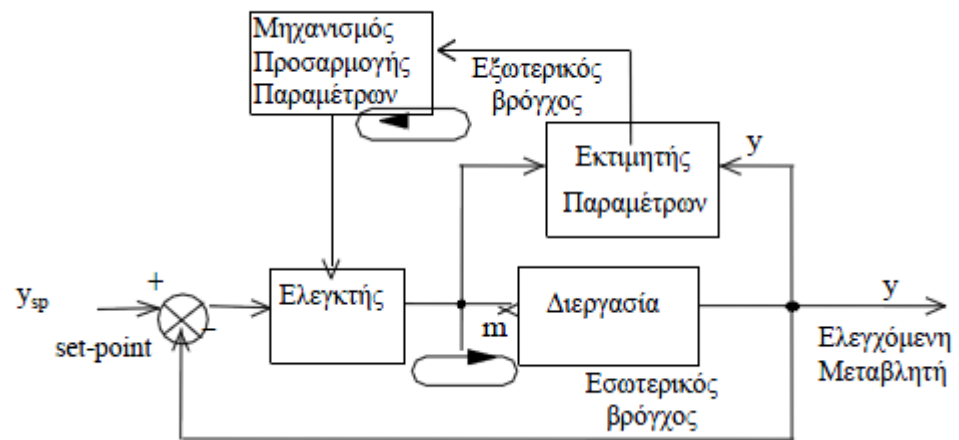
Υπάρχουν δύο περιπτώσεις συστημάτων προσαρμοστικού ελέγχου:

- Προσαρμοστικός Έλεγχος με Πρότυπο Αναφοράς (Model-Reference Adaptive Control -MRAC)



Σχ. 3.7

- Αυτοπροσαρμοζόμενος ρυθμιστής (Self-Tuning Regulator - STR)



Σχ. 3.8



## B) Συμπερασματικός Έλεγχος (Inferential Control)

Συχνά η ελεγχόμενη έξοδος της μονάδας επεξεργασίας δεν μπορεί να μετρηθεί απ' ευθείας. Επομένως δεν μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε έλεγχο με ανάδραση ή άλλη μέθοδο που χρησιμοποιεί απ' ευθείας μετρήσεις της ελεγχόμενης μεταβλητής. Αν οι διαταραχές που προκαλούν τα προβλήματα στον έλεγχο μπορούν να μετρηθούν και ένα ανεκτό μοντέλο της διεργασίας υπάρχει, τότε μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε έλεγχο με προσωτροφοδότηση (feedforward control) ώστε να διατηρηθεί η έξοδος στην επιθυμητή τιμή.

Τι συμβαίνει όμως αν οι διαταραχές δεν είναι δυνατόν να ανιχνευθούν; Στην περίπτωση αυτή καμιά από τις μεθόδους που γνωρίσαμε, μέχρι στιγμής, δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί στον έλεγχο διεργασίας όταν υπάρχει αδυναμία μέτρησης της ενώ ταυτόχρονα υπάρχει αδυναμία ανίχνευσης των διαταραχών. Η λύση λοιπόν στο πρόβλημα αυτό είναι ο συμπερασματικός έλεγχος που χρησιμοποιεί μια βοηθητική δευτερεύουσα μέτρηση και στη συνέχεια με αναλυτικό τρόπο υπολογίζεται η κύρια και η άγνωστη μεταβλητή στην έξοδο της διεργασίας.

Στο Σχ.3.9(α) δίδεται το διάγραμμα της διεργασίας όπου  $y$  είναι η μη μετρούμενη μεταβλητή εξόδου, και μια δεύτερη έξοδος  $z$  που ονομάζεται βοηθητική και είναι δυνατόν να μετρηθεί. Η ρυθμιζόμενη μεταβλητή  $m$  και η διαταραχή  $d$  επιδρούν και στις δύο εξόδους. Επίσης θεωρούμε πως δεν υπάρχει δυνατότητα μέτρησης της  $d$ . Υποθέτουμε επίσης πως είναι γνωστές οι συναρτήσεις μεταφοράς.

Οπότε από το Σχ.3.9(α) έχουμε:

$$y = G_{p1} \bar{m} + G_{d1} \bar{d} \quad (1)$$

$$z = G_{p2} \bar{m} + G_{d2} \bar{d} \quad (2)$$

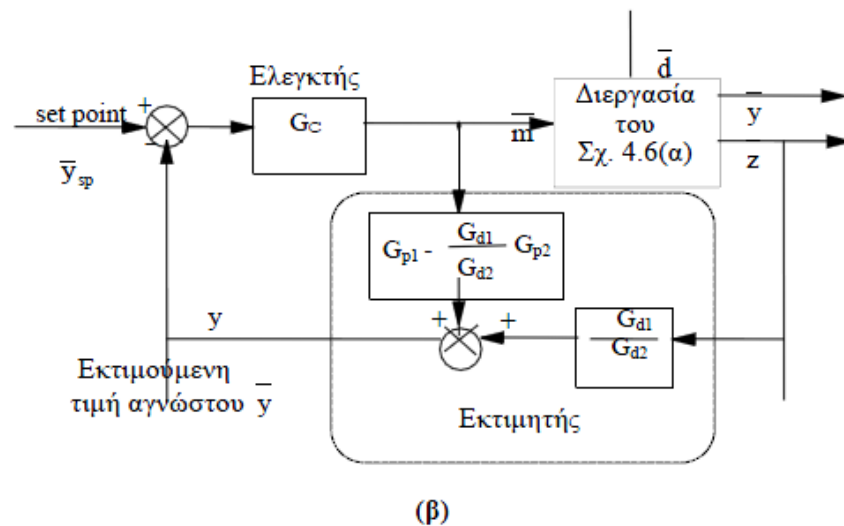
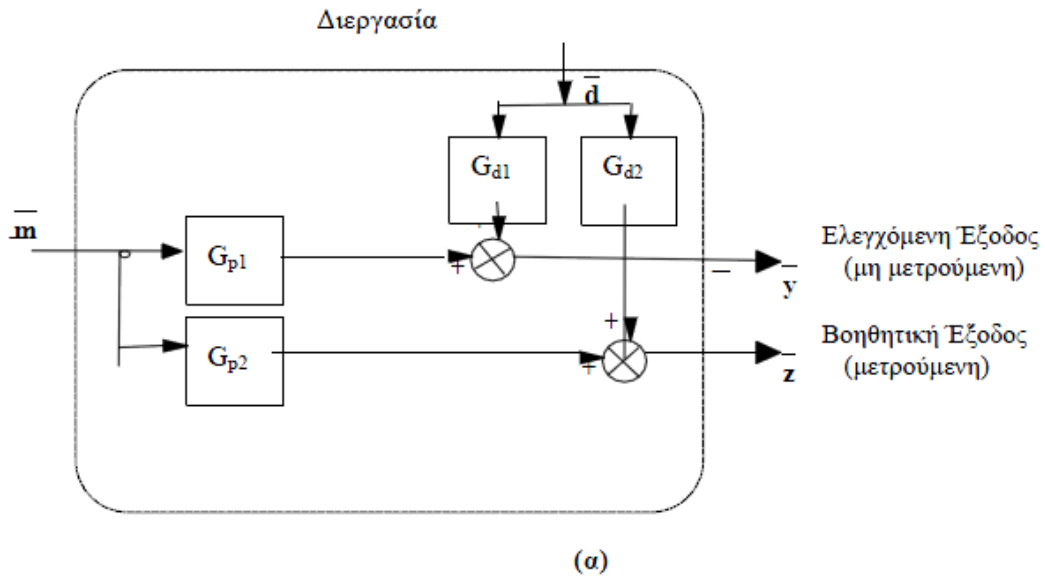
Από τη (2) βρίσκουμε :

$$\bar{d} = \frac{1}{G_{d2}} \bar{z} - \frac{G_{p2}}{G_{d2}} \bar{m} \quad (3)$$

Στη συνέχεια αντικαθιστώντας στην (1) βρίσκουμε :

$$\bar{y} = \left[ G_{p1} - \frac{G_{d1}}{G_{d2}} G_{p2} \right] \bar{m} + \frac{G_{d1}}{G_{d2}} \bar{z} \quad (4)$$

Η εξίσωση (4) δίνει τον απαιτούμενο εκτιμητή (estimator) που συσχετίζει την άγνωστη έξοδο  $y$  με τις γνωστές μεταβλητές  $m$  και  $z$  που μπορούν να μετρηθούν. Στο διάγραμμα του Σχ.3.9(β) δίδεται το νέο σύστημα με συμπερασματικό έλεγχο.



Σχ.3.9 (α) Διεργασία χωρίς συμπερασματικό έλεγχο, (β) Σύστημα Συμπερασματικού Ελέγχου

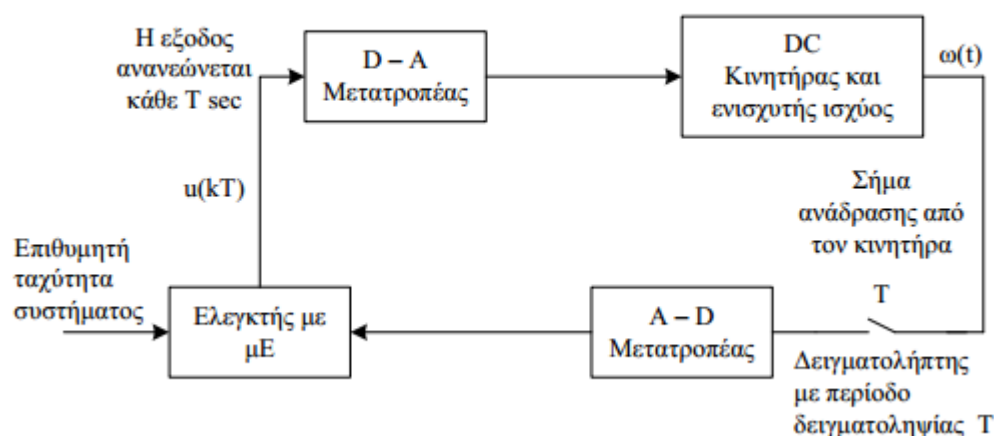
Η εκτιμούμενη τιμή της άγνωστης εξόδου παίζει τον ίδιο ρόλο όπως μια γνωστή έξοδος δηλαδή συγκρίνεται με την επιθυμητή τιμή (set point) και η διαφορά τους (σφάλμα) είναι το σήμα  $m$  του επενεργητή (ρυθμιζόμενο ή επεξεργασμένο σήμα) για τον ελεγκτή.

### 3.1.6 Έλεγχος με Ηλεκτρονικό Υπολογιστή

Η χρήση των υπολογιστών για τον υπολογισμό της επιθυμητής τιμής στην έξοδο της διεργασίας δηλ. την πραγματική τιμή και μετά να υπολογισθεί το σήμα διόρθωσης έχει πολλά πλεονεκτήματα. Αλλαγές στις σταθερές γίνονται εύκολα χωρίς αναγκαία πραγματική φυσική μεταβολή στο κύκλωμα. Στην πραγματικότητα αυτές οι αλλαγές μπορούσαν να γίνουν μόνο από τον υπολογιστή. Έτσι η ποιότητα ελέγχου βελτιώνεται όσο ο υπολογιστής προσαρμόζεται στην διεργασία. Ο τρόπος ελέγχου μπορεί να αλλάζει ριζικά με τη φόρτωση ενός νέου προγράμματος. Δεν απαιτούνται επομένως αλλαγές στο hardware.

#### A) Έλεγχος Συστήματος με Μικροεπεξεργαστή (μΕ)

Εδώ περιγράφεται η μέθοδος ελέγχου ενός συστήματος με μικροεπεξεργαστή. Ένας τρόπος ελέγχου με μΕ φαίνεται στο Σχ.3.10. Στην περίπτωση αυτή η ελεγχόμενη διεργασία αποτελείται από κινητήρα συνεχούς ρεύματος (DC), φορτίο και τον ενισχυτή ισχύος. Η αναλογική διεργασία (μοντέλο) και ο μικροεπεξεργαστής, επικοινωνούν με ειδικές κάρτες μετατροπής A/D και D/A. Επομένως, το συνολικό σύστημα θεωρείται ένα ψηφιακό σύστημα ελέγχου με περίοδο δειγματοληψίας  $T$ .



Σχ. 3.10 Διάγραμμα ελέγχου DC κινητήρα με μΕ

#### Περιορισμοί στα Συστήματα Ελέγχου με μΕ

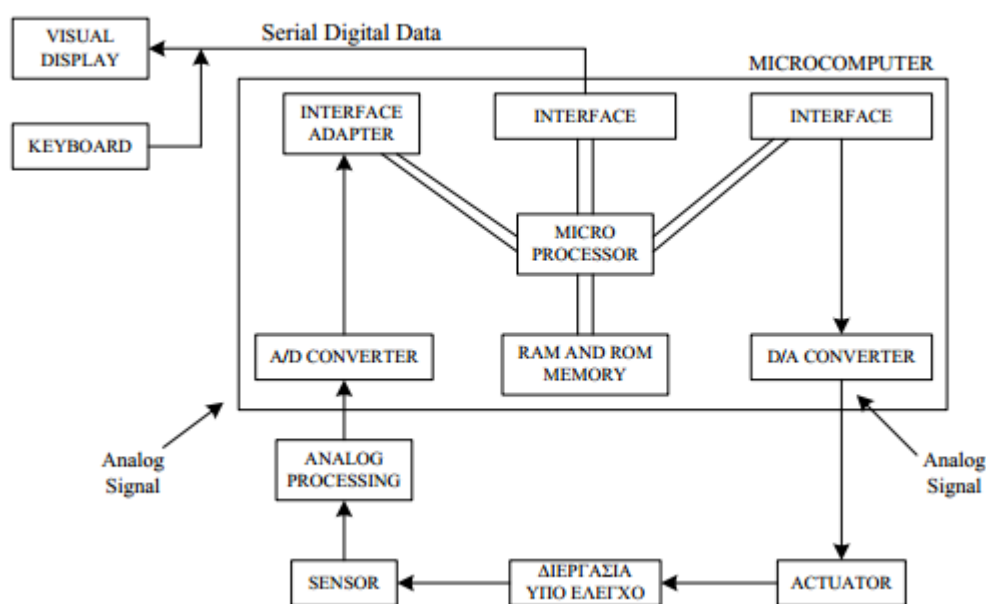
Είναι γνωστό πως υπάρχουν πρακτικοί περιορισμοί στα φυσικά συστήματα και τα εξαρτήματα, όπως κορεσμός, μαγνητική υστέρηση, νεκρή ζώνη κλπ, που επηρεάζουν την απόδοση των συστημάτων ελέγχου. Στην περίπτωση των μικροεπεξεργαστών, έχουμε το μήκος της λέξης (word length) και τις χρονικές καθυστερήσεις που παρατηρούνται στην εκτέλεση των λειτουργικών εντολών του υπολογιστή και πρέπει να λαμβάνονται υπ' όψιν από τον μηχανικό.

## B) Έλεγχος Διεργασίας με Μικροϋπολογιστή (PC)

Τελευταία οι υπολογιστές χρησιμοποιούνται για έλεγχο μιας ή πολλών εξόδων διεργασίας. Χρειάζεται όμως να ληφθεί μέριμνα για την μετατροπή των σημάτων από αναλογικά σε ψηφιακά και το αντίθετο, καθώς και κατάλληλο λογισμικό, με αντίστοιχα υποπρογράμματα, για την περίπτωση πολλών εξόδων.

Στο Σχ.3.11 δίνεται το σχηματικό διάγραμμα υπολογιστικού ελέγχου βρόγχου με μικροϋπολογιστή. Ο υπολογιστής χρησιμοποιείται στον έλεγχο διεργασίας με διάφορους τρόπους δόμησης. Τελευταία διάφοροι τρόποι έχουν επικρατήσει και αναφέρονται σαν:

1. Εποπτικός Υπολογιστικός Έλεγχος (Supervisory Computer Control)
2. Απ'ευθείας Υπολογιστικός Έλεγχος (Direct Digital Control) (DDC)
3. Κατανεμημένο Σύστημα Ελέγχου (Distributed Control System)

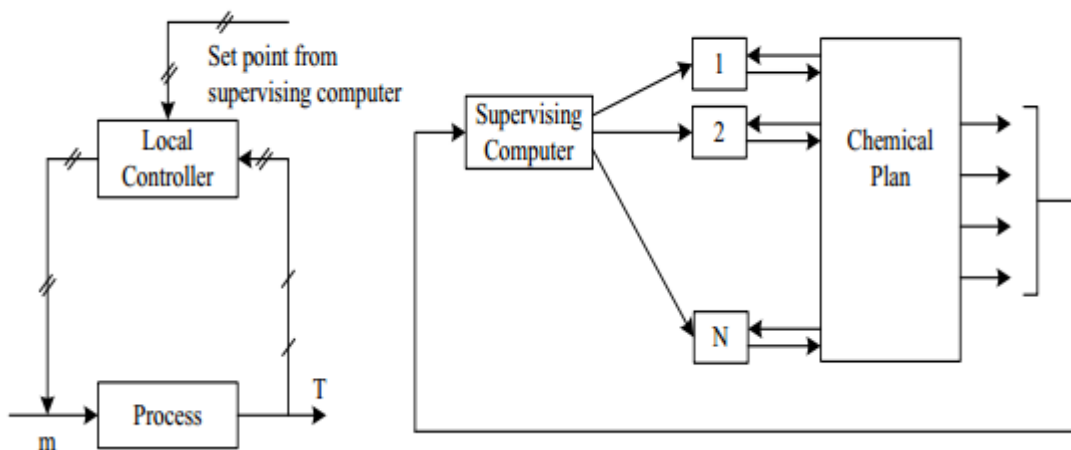


Σχ. 3.11 Υπολογιστικός έλεγχος βρόγχου με υπολογιστή

### 1) Εποπτικός Υπολογιστικός Έλεγχος (Supervisory Computer Control)

Η πρώτη προσπάθεια για αυτοματοποίηση του ελέγχου διεργασίας με Η/Υ ήταν ο εποπτικός έλεγχος. Ο αναλογικός ελεγκτής παρέμεινε στον βρόγχο αλλά ο Η/Υ απέκτησε πρόσβαση στην μεταβλητή της διεργασίας και οδηγούσε την επιθυμητή τιμή (set point) του αναλογικού ελεγκτή. Ο τελικός έλεγχος γίνεται από τον αναλογικό ελεγκτή. Επομένως ο υπολογιστής χρησιμοποιείται μόνο για αλλαγή της τιμής του set-point, των τοπικών ελεγκτών πεδίου (Local Controller). Ο εποπτικός έλεγχος χρησιμοποιείται παρά πολύ σε χημικές διεργασίες, για μεγιστοποίηση των λειτουργιών (ελαχιστοποίηση λειτουργικών εξόδων, μεγιστοποίηση της απόδοσης σε κατανάλωση ενέργειας ή πρώτων υλών, μεγιστοποίηση κέρδους παραγωγής κλπ). Έτσι ένας υπολογιστής εποπτεύει και συντονίζει την λειτουργία πολλών βρόγχων ελέγχου, αποφασίζοντας για την καλύτερη μεγιστοποίηση της παραγωγής. Έτσι ένας υπολογιστής εποπτεύει και συντονίζει την λειτουργία πολλών βρόγχων ελέγχου, αποφασίζοντας για τις καλύτερες τιμές των set-

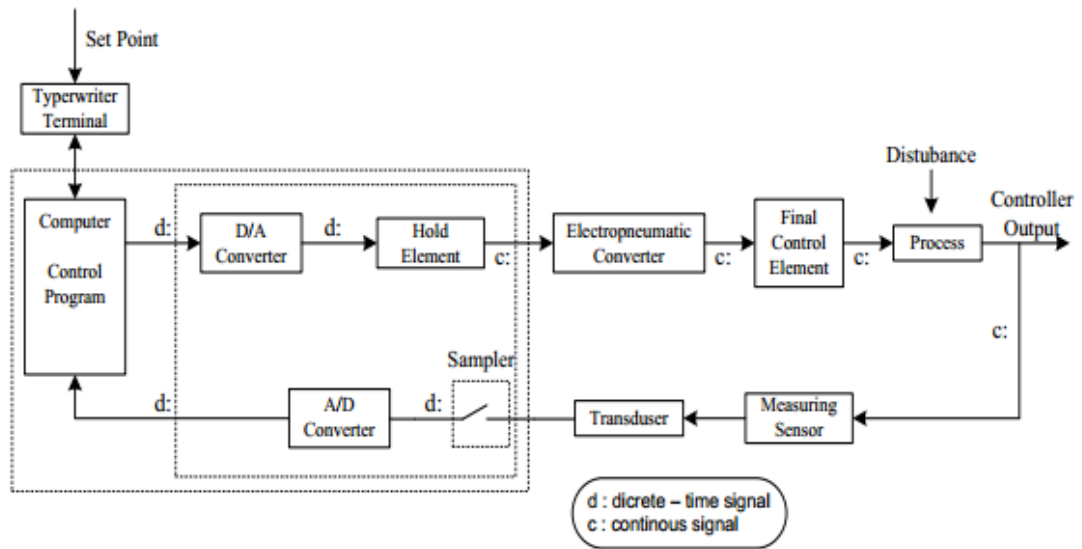
points των διαφόρων βρόγχων. Στο Σχ.3.12 φαίνεται το διάγραμμα εποπτικού ελέγχου για χημική μονάδα. Ο υπολογιστής συντονίζει τις δραστηριότητες των ελεγκτών των βρόγχων DDC του συστήματος.



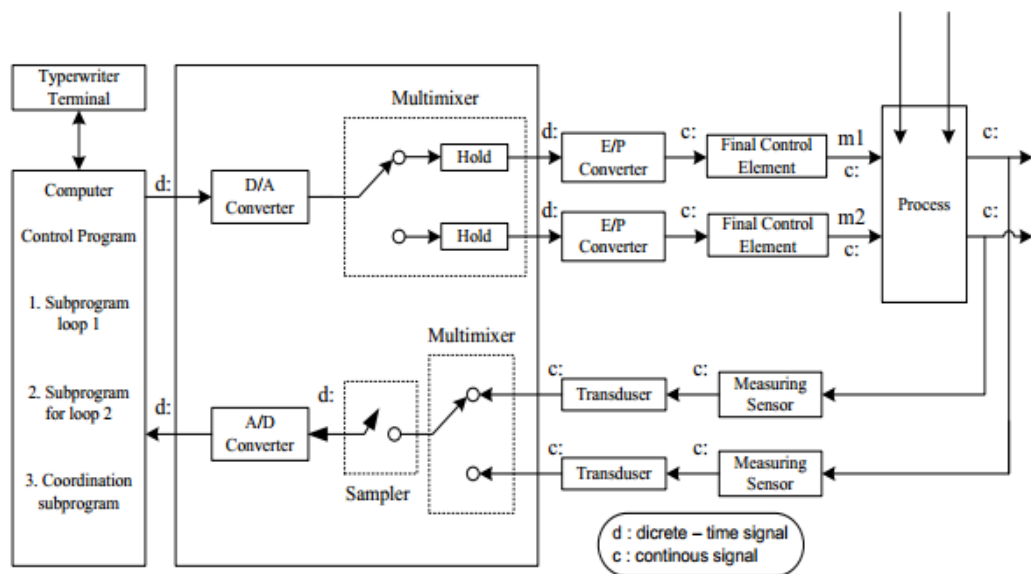
Σχ. 3.12 Εποπτικός Έλεγχος: α) Ενός Βρόγχου β) Πολλών Βρόγχων

## 2) Απ'ευθείας Υπολογιστικός Έλεγχος (Direct Digital Control) (DDC)

Στο σύστημα αυτό, ο υπολογιστής επικοινωνεί απευθείας με τη διεργασία και λαμβάνει τις μετρήσεις σύμφωνα με τη λογική ελέγχου, που έχει προγραμματιστεί και βρίσκεται στην μνήμη του και υπολογίζει τις ελεγχόμενες μεταβλητές. Οι αποφάσεις υλοποιούνται απευθείας στην διεργασία από τον υπολογιστή με κατάλληλες προσαρμογές των στοιχείων ελέγχου (βαλβίδες, διακόπτες, αντλίες, αεροσυμπιεστές κ.τ.λ). Ο τρόπος αυτός του απευθείας ελέγχου, δίνει το όνομα απευθείας Υπολογιστικός Έλεγχος (Direct Digital Control). Ο χειριστής επικοινωνεί με τον υπολογιστή και έτσι επηρεάζει την λειτουργία του DDC. Σήμερα η χημική βιομηχανία καθώς και η αντίστοιχη των τροφίμων-ποτών προσαρμόζεται προς τα συστήματα DDC. Ένα τυπικό σύστημα DDC περιλαμβάνει 300 έως 400 βρόγχους ελέγχου. Στα Σχ.3.13 και Σχ.3.14 φαίνονται τα σχεδιαγράμματα υπολογιστικού ελέγχου, με ένα και με δύο βρόγχους. Όταν ένας υπολογιστής λειτουργεί σαν ένας κλασικός ελεγκτής, τότε έχουμε απευθείας έλεγχο (Direct Digital Control-DDC).



Σχ. 3.13 Στοιχεία Υπολογιστικού Ελέγχου Απλού Βρόγχου.



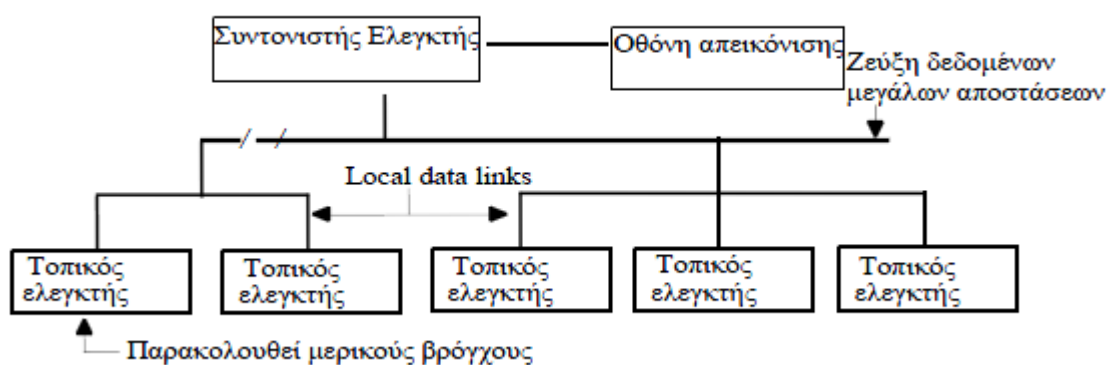
Σχ. 3.14 Υπολογιστικός Έλεγχος Δύο Ανεξάρτητων Βρόγχων

### 3.1.7 Κατανεμημένα Συστήματα Ελέγχου (Distributed Control System)

Τα κατανεμημένα συστήματα ελέγχου (Distributed Control Systems) αποτελούνται από τρία κύρια μέρη: Τα κέντρα ελέγχου (ρύθμισης), τις μονάδες επικοινωνίας ανθρώπου-μηχανής (man-machine interaction) και το διάδρομο επικοινωνίας (data bus) που συνδέει τα μέρη αυτά μεταξύ τους. Σε ανώτερο επίπεδο, υπάρχει ένας επιβλέπων Η/Υ (supervisor) για τη βελτιστοποίηση της λειτουργίας.

Τα κύρια μέρη ενός DCS φαίνονται στο Σχ. 3.15 και περιλαμβάνει :

- α) Τοπικούς Ελεγκτές (Local Controllers) ή ελεγκτές πεδίου. Κάθε Τοπικός ελεγκτής έχει δυνατότητα να ελέγχει συγχρόνως μερικούς βρόγχους.
- β) Ψηφιακές συνδέσεις (Data-links) μαζί με τα πρωτόκολλα επικοινωνίας.
- γ) Τουλάχιστον ένα συντονιστή ή επόπτη ελεγκτή.
- δ) Μια κεντρική μονάδα απεικόνισης πληροφοριών



Σχ. 3.15 Τοπικό Δίκτυο Κατανεμημένου Ελέγχου.

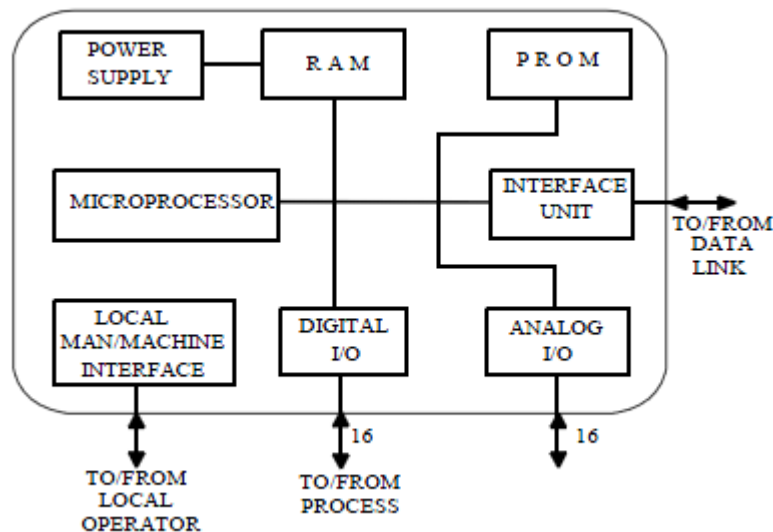
- α) Τοπικούς Ελεγκτές (Local Controllers) ή ελεγκτές πεδίου. Κάθε Τοπικός ελεγκτής έχει δυνατότητα να ελέγχει συγχρόνως μερικούς βρόγχους.

Ο τοπικός ελεγκτής είναι ένας Η/Υ ειδικού σκοπού, οι βασικές βαθμίδες του οποίου δίνονται στο Σχ. 3.16, ενώ στο περίγραμμα του Σχ. 3.17 φαίνονται τα λειτουργικά

του σήματα. Ο ελεγκτής πεδίου δέχεται 16 αναλογικά και 16 ψηφιακά σήματα I/O και υπό τον έλεγχο ενός προγράμματος μπορεί να επεξεργαστεί τα σήματα σε ακολουθία μέσω αλγορίθμων που καλούνται από την μνήμη για να παραχθούν τα απαραίτητα σήματα για το κλείσιμο των βρόγχων ελέγχου.

Οι παράμετροι που πρέπει να προσδιοριστούν κατά τον σχεδιασμό είναι οι ακόλουθοι:

- Μέγιστος αριθμός βρόγχων που μπορεί να κλειστούν.
- Μέγιστη δυνατή περίοδος δειγματοληψίας T .
- Τύποι και τιμές σημάτων εισόδου/εξόδου.
- Βαθμός αυτονομίας του τοπικού ελεγκτή που απαιτείται.
- Μέθοδος επικοινωνίας τοπικού χειριστή.
- Βαθμός αυτοδιάγνωσης και αυτοεπισκευής.
- Βαθμός φιλικότητας για τον χειριστή χωρίς ειδικές γνώσεις (*end user*).
- Επίπεδο επικοινωνίας του hardware και software μέσα στον ελεγκτή και μεταξύ άλλων ελεγκτών.



Σχ. 3.16 Διάγραμμα Τοπικού Ελεγκτή (Local Controller).



Σχ. 3.17 Λειτουργικές Εντολές Τοπικού Ελεγκτή.



β) Ψηφιακές συνδέσεις (Data-links) μαζί με τα πρωτόκολλα επικοινωνίας.

Τα βιομηχανικά δίκτυα είναι συνήθως τοπικά και οι μονάδες που είναι συνδεδεμένες στο δίκτυο βρίσκονται στον ίδιο γεωγραφικό χώρο. Μερικά από τα πιο κοινά δίκτυα που εφαρμόζονται στη βιομηχανία κατατάσσονται σε διάφορες κατηγορίες:

1. Συγκεντρωτικά δίκτυα (Centralized Networks)
  - α) Ακτινωτά Δίκτυα (Star network)
  - β) Δίκτυα βρόγχου (mesh networks)
2. Κατανεμημένα Δίκτυα (Distributed Networks)
3. Τοπικά δίκτυα Ακρόασης
  - α) Δίκτυα Δακτυλίου
  - β) Δίκτυο Αρτηρίας (Data Highway Bus)

### Μέθοδοι Βελτίωσης της Αξιοπιστία των Συστημάτων

- a) Ένας εφεδρικός ελεγκτής για κάθε ελεγκτή
- b) Ένας εφεδρικός ελεγκτής για ομάδα ελεγκτών
- c) Δυναμική εφεδρεία
- d) Αξιοπιστία ζεύξεων

### Κριτήρια Επιλογής Συστημάτων Κατανεμημένου Ελέγχου

Ο κατανεμημένος έλεγχος παρέχει πολλά πλεονεκτήματα, όμως υπάρχει το δίλημμα επιλογής του καλύτερου που ταιριάζει στο συγκεκριμένο έργο. Η επιλογή γίνεται με βάση την ιδιαιτερότητα της συγκεκριμένης διεργασίας. Παρακάτω δίνεται λίστα με οδηγίες που πρέπει να ακολουθήσουμε:

- Γεωγραφικό σχέδιο της μονάδος (επιλογή δόμησης)
- Βαθμός σύνδεσης μεταξύ τοπικών διεργασιών
- Περιβαλλοντικές επιπτώσεις
- Ανάγκες χειριστή (operator)
- Ταχύτητα μετάδοσης των πληροφοριών και φιλικότητα.
- Απαιτήσεις για αξιοπιστία
- Επεξεργασία κατά παρτίδες (Batch)
- Τύποι αισθητήρων και ενεργοποιητών
- Μεγάλη ταχύτητα/μεγάλη ακρίβεια
- Ανάγκη για πολύπλοκο εποπτικό έλεγχο
- Αριθμός κλειστών βρόγχων σε κάθε τοποθεσία
- Δυνατότητα επέκτασης του συστήματος στο μέλλον
- Ανάγκη για διασύνδεση νέων συστημάτων με παλαιά συστήματα
- Ανάγκη για συχνές σημαντικές μετατροπές στο σύστημα
- Πρόθεση για την λειτουργία και συντήρηση του συστήματος σε προσωπικό που θα βρίσκεται στη μονάδα παραγωγής
- Η ύπαρξη μεγάλου αριθμού αισθητήρων ή ενεργοποιητών σε απομακρυσμένες θέσεις
- Διαθέτει λογισμικό για εποπτικό έλεγχο καθώς και πακέτου για ενεργειακό έλεγχο
- Σύνδεση με τη διοίκηση (management system)

## Ολοκληρωμένα συστήματα ελέγχου.

Ιστορικά, τα συστήματα ελέγχου διεργασιών, ακόμη και τα πιο πρόσφατα συστήματα καταναμημένου ελέγχου (DCS), λειτουργούν αποσπασματικά και ανεξάρτητα από τα άλλα τμήματα της μονάδας που συνδέονται με τη Διοίκηση της Εταιρείας.

Τελευταία έχει αποδειχθεί πως η ολοκλήρωση των δύο συστημάτων, δηλ. η σύνδεση του DCS με τα συστήματα διοίκησης (Business Control Systems BCS) παρουσιάζει οικονομικά οφέλη. Οι τρόποι ολοκλήρωσης έχουν δύο μορφές:

1. Διασύνδεση σε δίκτυο του Υπολογιστή ελέγχου της διεργασίας με το Η/Υ της διοίκησης. Στην περίπτωση αυτή το κύριο πρόβλημα που πρέπει να ξεπεραστεί είναι η ανάπτυξη κατάλληλου λογισμικού για συντονισμό.
2. Ιεραρχικός έλεγχος διεργασίας με επίπεδα όπου οι οικονομικές παράμετροι εισέρχονται στο ολοκληρωμένο σύστημα στα ανώτερα επίπεδα. Τα συστήματα αυτά προσφέρουν ποιοτικά αποτελέσματα.

Ένα ολοκληρωμένο σύστημα, συνήθως αποτελείται από τρία επίπεδα.

- Στο πρώτο επίπεδο υπάρχουν οι βασικές λειτουργίες της παραγωγικής μονάδας που υλοποιείται από ένα ή δύο συστήματα DCS.
- Το δεύτερο επίπεδο αφορά την λειτουργική υποστήριξη. Στο επίπεδο αυτό υπάρχουν όλες οι πληροφορίες που σχετίζονται με το πρώτο επίπεδο. Κύρια χαρακτηριστικά του είναι μεγάλη ταχύτητα και μικρή ευελιξία.
- Το τρίτο επίπεδο αναφέρεται σε αποφάσεις της Διοίκησης.

Τα μοντέρνα DCS διευθετούν την ομαλή και ευέλικτη λειτουργία μικρών και μεγάλων παραγωγικών μονάδων στην βιομηχανία πετρελαιοειδών, πετροχημικών, χημικών και φαρμακευτικών προϊόντων, τροφίμων, χάλυβος, στην υφαντουργία, στις μονάδες παραγωγής και διανομής ηλεκτρικής ενέργειας, στις χαρτοποιίες, σε εγκαταστάσεις επεξεργασίας ύδατος και σε άλλες βιομηχανίες σε ολόκληρο τον κόσμο. Εξαιρετικά φιλικά προς τον χρήστη, γίνονται καθημερινά πιο χρήσιμα και αναγκαία γιατί διασφαλίζουν την αξιόπιστη και αδιάκοπη λειτουργία του πεδίου και επιφέρουν σημαντικά κέρδη με την εγκατάστασή τους. Σήμερα θεωρείται απαραίτητη και προσοδοφόρα επένδυση για κάθε βιομηχανική μονάδα παραγωγής.

### 3.1.8 Συστήματα Εποπτικού Ελέγχου Και Συλλογής Πληροφοριών (SCADA)

Σύμφωνα με τον κανονισμό ANSI ένα Σύστημα Εποπτικού Ελέγχου (Supervisory Control System) ορίζεται ως: “Μία διάταξη για έλεγχο και την εποπτεία του εξοπλισμού ή της διαδικασίας, που βρίσκονται σε απομακρυσμένες θέσεις από κάποιο χειριστή, με χρήση τεχνικών πολυπλεξίας δια μέσου ενός μικρού σχετικά αριθμού καναλιών επικοινωνίας”.

Γενικά ένα Σύστημα Εποπτικού Ελέγχου χρησιμοποιείται όταν η απόσταση μεταξύ της θέσεως ελέγχου και του ελεγχόμενου συστήματος είναι τέτοια ώστε ο απ' ευθείας έλεγχος μέσω ενός αγωγού δεν είναι εφικτός. Από την άλλη πλευρά τα σύγχρονα Συστήματα Εποπτικού Ελέγχου είναι γενικά σχεδιασμένα έτσι ώστε να συλλέγουν πληροφορίες σχετικές με τη συνολική λειτουργία μιας διαδικασίας και συνήθως όχι αποκλειστικά σχετικές με την λειτουργία μιας συγκεκριμένης συσκευής. Έτσι, ο όρος Συστήματα Εποπτικού Ελέγχου ελάχιστα χρησιμοποιείται πλέον από μόνος του και έχει αντικατασταθεί στην πράξη από τον όρο: “Συστήματα Εποπτικού Ελέγχου και Συλλογής Πληροφοριών” (SCADA-Supervisory Control And Data Acquisition Systems).

Συγκεκριμένα το Σύστημα Εποπτικού Ελέγχου είναι ένα σύνολο συσκευών, το οποίο παρέχει σε έναν ή περισσότερους χειριστές, οι οποίοι βρίσκονται σε απομακρυσμένες από το ελεγχόμενο σύστημα θέσεις, αρκετές πληροφορίες ώστε να αναγνωρίζεται από αυτούς η κατάσταση του συστήματος (μιας συγκεκριμένης συσκευής ή και μιας ολόκληρης διαδικασίας) και παρέχει την δυνατότητα αποστολής εντολών για ενέργειες σχετικά με αυτό το σύστημα, χωρίς να απαιτείται η φυσική παρουσία ανθρώπων στο χώρο του συστήματος.

Επίσης, το SCADA (εποπτικού ελέγχου και απόκτησης δεδομένων) είναι ένας τύπος του βιομηχανικού συστήματος ελέγχου (ICS). Βιομηχανικά συστήματα ελέγχου ελεγχόμενα από υπολογιστή συστήματα που παρακολουθούν και ελέγχουν βιομηχανικές διεργασίες που υπάρχουν στον φυσικό κόσμο. Συστήματα SCADA διακρίνονται ιστορικά από άλλα συστήματα ICS με το να είναι μεγάλης κλίμακας διαδικασίες που μπορεί να περιλαμβάνουν πολλαπλές τοποθεσίες, και μεγάλες αποστάσεις. Αυτές οι διαδικασίες περιλαμβάνουν βιομηχανικές υποδομές και εγκαταστάσεις με βάση τις διαδικασίες, όπως περιγράφεται παρακάτω.:

- Οι βιομηχανικές διεργασίες περιλαμβάνει τις διεργασίες της παρασκευής, της παραγωγής, της παραγωγής ενέργειας, της κατασκευής, και της διύλισης, και μπορεί να λειτουργήσει σε συνεχή, κατά παρτίδες, επαναλαμβανόμενες ή διακριτές λειτουργίες.
- Οι διεργασίες υποδομής μπορούν να είναι δημόσιοι ή ιδιωτικοί, και περιλαμβάνουν θεραπεία και διανομή νερού, συλλογής και επεξεργασίας λυμάτων, αγωγοί πετρελαίου και φυσικού αερίου, μεταφορά και διανομή ηλεκτρικής ενέργειας, τα αιολικά πάρκα, τα αμυντικά συστήματα πολιτικής σειρήνας και μεγάλα συστήματα επικοινωνίας.
- Διαδικασίες διευκόλυνσης συμβαίνουν τόσο σε δημόσιες εγκαταστάσεις και ιδιωτικών φορέων, συμπεριλαμβανομένων των κτιρίων, τα αεροδρόμια, τα πλοία, καθώς και διαστημικούς σταθμούς. Παρακολουθεί θέρμανση, εξαερισμό και τα συστήματα κλιματισμού (HVAC), την πρόσβαση και την κατανάλωση ενέργειας

Ένα σύστημα SCADA συνήθως αποτελείται από τα εξής υποσυστήματα:

- Μια διεπαφή ανθρώπου-μηχανής ή HMI είναι η συσκευή ή συσκευή η οποία παρουσιάζει τα δεδομένα της διαδικασίας σε ένα χειριστή, και μέσα από αυτό, ο χειριστής ελέγχει τη διαδικασία.
- Το SCADA χρησιμοποιείται ως ένα εργαλείο για την ασφάλεια όπως στο lock-out και tag-out
- Ένα εποπτικό σύστημα, συγκεντρώνει τα δεδομένα σχετικά με τη διαδικασία και στέλνει εντολές στη διαδικασία.
- Οι απομακρυσμένες μονάδες ακροδεκτών (RTUs) συνδέουν τους αισθητήρες κατά τη διαδικασία, μετατρέποντας τα σήματα του αισθητήρα σε ψηφιακά δεδομένα και στέλνουν ψηφιακά δεδομένα στο σύστημα εποπτείας.
- Προγραμματιζόμενο Λογικό Ελεγκτή (PLC) που χρησιμοποιούνται ως συσκευές πεδίου, επειδή είναι πιο οικονομικοί, ευέλικτοι και προσαρμόσιμοι από τα ειδικού σκοπού RTUs.
- Επικοινωνιακή υποδομή που συνδέει το εποπτικό σύστημα σε απομακρυσμένες τερματικές μονάδες.
- Διαφόρων διαδικασιών και αναλυτικών οργάνων

### 3.1.9 Έμπειρα Συστήματα Ελέγχου (DCS-SCADA)

Η αυτοματοποίηση της παραγωγής αποτελεί, σήμερα ίσως, την σπουδαιότερη μέθοδο με τη βοήθεια της οποίας οι βιομηχανικές επιχειρήσεις βελτιώνουν την παραγωγικότητα τους, στα πλαίσια ενός εντεινόμενου διεθνούς ανταγωνισμού. Η βελτίωση της παραγωγικότητας και η μείωση του κόστους παραγωγής επιτυγχάνεται μέσω:

- της εξοικονόμησης ενέργειας, των πρώτων υλών και εν γένει των παραγωγικών πόρων της εταιρίας,
- της μείωσης των αποθεμάτων της εταιρίας σε πρώτες ύλες και ανταλλακτικά, λόγω της καλύτερης διαχείρισης,
- της βελτίωσης της ποιότητας των παραγόμενων προϊόντων καθώς και της μείωσης της ποσότητας των παραγόμενων ελαττωματικών προϊόντων
- τη βελτίωση της αξιοπιστίας και της διαθεσιμότητας των εγκαταστάσεων, και επομένως της μείωσης του κόστους που οφείλεται στις μη προγραμματισμένες διακοπές της λειτουργίας.

Παράλληλα οι βιομηχανικές επιχειρήσεις ενδιαφέρονται, εξίσου με τη μείωση του κόστους, για τη **διεύρυνση της ευελιξίας** παραγωγής με σκοπό την ταχύτερη και οικονομικότερη παραγωγή εναλλακτικών τύπων προϊόντων. Η ευελιξία αυτή επιβάλλεται λόγω του εντεινόμενου ανταγωνισμού και των συνεχώς μεταβαλλόμενων απαιτήσεων της αγοράς για νέου είδους προϊόντα ή προδιαγραφές.

Σήμερα η αποτελεσματική διαχείριση των βιομηχανικών συστημάτων πληροφορικής καθώς και η εισαγωγή εξελιγμένων συστημάτων αυτοματοποίησης, αποτελούν στρατηγικό όπλο πολλών βιομηχανικών επιχειρήσεων για την απόκτηση ενός συγκριτικού πλεονεκτήματος σε μια παγκόσμια οικονομία.

### **Κλασσικά συστήματα εποπτείας και ελέγχου.**

Συστατικό στοιχείο της βιομηχανικής αυτοματοποίησης αποτελεί η εισαγωγή συγχρόνων συστημάτων εποπτείας και ελέγχου της παραγωγικής διαδικασίας.

Τα Συστήματα Κατανεμημένου Ελέγχου (*Distributed Control Systems-DCS*) ή Απόκτησης Δεδομένων και Εποπτικού Ελέγχου (*ΣΑΔΕ*) (*Supervisory Control and Data Acquisition-SCADA*), αποτελούν πλέον μόνιμο και τυπικό εξοπλισμό σε κάθε βιομηχανική εγκατάσταση. Είναι ιδιαίτερα χρήσιμα για την υποστήριξη της ομαλής και αξιόπιστης λειτουργίας συγκριτικά με τους παραδοσιακούς Πίνακες **Ελέγχου** λόγω, κυρίως των κατωτέρων πλεονεκτημάτων:

- συμπαγής εγκατάσταση, η οποία επιτρέπει πλήρη εποπτεία της μονάδας, μέσα στα όρια ενός Σταθμού Εργασίας (*Workstation Computer*).
- άμεση πρόσβαση σε ένα μεγάλο αριθμό σημάτων, υπό γραφική και παραστατική μορφή.
- ιεράρχηση συναγεμίων και άλλων σημάτων.

Η τεχνολογία SCADA/DCS μπορεί επίσης εμμέσως να συμβάλλει στη βελτίωση της λειτουργίας μιας βιομηχανίας, μέσω της βελτίωσης των μεθόδων διαχείρισης της παραγωγής και με νοικοκύρεμα των διαδικασιών.

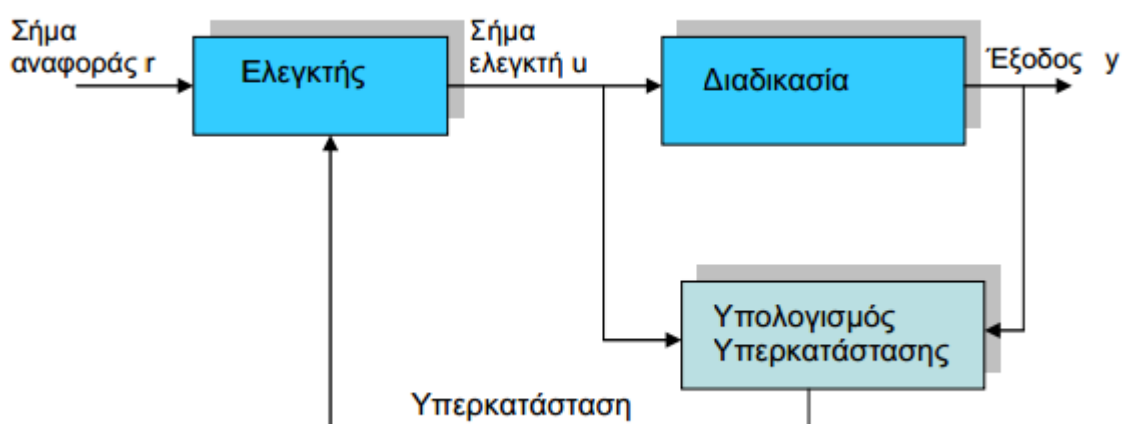
### **Εφαρμογές βιομηχανικής αυτοματοποίησης**

Η δεκαετία του '80 γνώρισε την ανάπτυξη συστημάτων αυτοματοποίησης της βιομηχανικής παραγωγής και η δεκαετία το '90 γνωρίζει την εφαρμογή ενός πλήθους συστημάτων βιομηχανικής αυτοματοποίησης, τα κυριότερα των οποίων περιλαμβάνουν:

- α) Προγραμματιζόμενους λογικούς ελεγκτές.
- β) Συστήματα παρακολούθησης και ελέγχου διεργασιών.
- γ) Συστήματα συλλογής δεδομένων
- δ) Προγράμματα προσομοίωσης και βελτιστοποίησης βιομηχανικών διεργασιών.
- ε) Συστήματα ποιοτικού ελέγχου.
- στ) Συστήματα προληπτικής συντήρησης.
- ζ) Συστήματα προγραμματισμού των παραγωγικών πόρων (MPR II).
- η) Προγραμματισμός παραγωγής.

### 3.1.10 Στοχαστικός Έλεγχος

Η δομή του προσαρμοστικού ελεγκτή βασίζεται σε ένα μοντέλο αναφοράς ή σε αυτοσυντονιζόμενο ελεγκτή, τα οποία προσεγγιστικά βασίζονται σε “ικανά” για λύση αλλά χωρίς κρίση κριτήρια. Ακόμη θα ήταν ευχάριστο να εξασφαλισθούν τέτοιες δομές από ένα θεωρητικό συνενωτικό πλαίσιο εργασίας. Αυτό μπορεί να επιτυγχάνετε (στην αρχή, τουλάχιστον) χρησιμοποιώντας τον στοχαστικό έλεγχο. Αυτό το σύστημα και το περιβάλλον του περιγράφονται από ένα στοχαστικό μοντέλο, και ένα κριτήριο που σχηματίζεται για να ελαχιστοποιεί την προσδοκώμενη τιμή από μια απώλεια της συνάρτησης. Η οποία τιμή είναι η διαβαθμίσιμη λειτουργία από καταστάσεις και ελέγχους. Συνήθως είναι πολύ δύσκολο να λυθούν στοχαστικά προβλήματα ελέγχου. Όταν μπορούν να λυθούν έχουν την δομή που περιγράφεται στο Σχήμα 3.18. Ένας εκτιμητής ακολουθείται από ένα μη γραμμικό ρυθμιστή ανάδρασης.



Σχήμα 3.18 Μπλοκ διάγραμμα προσαρμοστικού ελεγκτή με την μέθοδο του στοχαστικού ελέγχου.

Ο εκτιμητής παράγει την υποθετική πιθανότητα διανομής της κατάστασης από τις μετρήσεις : Αυτή η διανομή ονομάζεται υποκατάσταση “Hyperstate” ( συνήθως ανήκει σε απεριόριστο διαστατικά διανυσματικό χώρο. Ο αυτοσυντονιστής μπορεί να περιγραφεί σαν μία διαδικασία προσέγγισης αυτού του ελεγκτή, με την υπερκατάσταση προσεγγιστικά να είναι το αποτέλεσμα της διαδικασίας της κατάστασης και της διαδικασίας εκτίμησης των παραμέτρων.

## 4. Βιομηχανικοί Ελεγκτές

Ιστορικά, οι βιομηχανικοί ελεγκτές πρωτοεμφανίστηκαν τον 18ο αιώνα οπότε ο James Watt εφάρμοσε αναλογικό έλεγχο υπό την μορφή φυγοκεντρικού κυβερνήτη για τον έλεγχο ενός ανεμόμυλου και μερικά χρόνια αργότερα για τον έλεγχο ατμομηχανών που αποτέλεσαν την κινητήρια δύναμη της βιομηχανικής επανάστασης. Οι βιομηχανικοί ελεγκτές, ή ελεγκτές τριών όρων όπως είναι επίσης γνωστοί, έκαναν την εμφάνισή τους κατά την δεύτερη δεκαετία του 20ου αιώνα.

Στις επόμενες δεκαετίες, μηχανικές, υδραυλικές και πνευματικές εκδόσεις του ελεγκτή είδαν το φως και εφαρμόστηκαν με επιτυχία σε ένα ευρύ φάσμα βιομηχανικών διαδικασιών. Με την πάροδο του χρόνου οι παραπάνω εκδόσεις σταδιακά εκτοπίστηκαν για να αντικατασταθούν με φθηνότερο και πιο ευέλικτο βιομηχανικό υλικό (πρώτα με λυχνίες και στην συνέχεια με ημιαγωγούς) και η εφαρμογή τους διαχύθηκε ταχύτατα σε όλους τους κλάδους της βιομηχανίας, συμβάλλοντας έτσι στην ευρύτερη εφαρμογή του βιομηχανικού ελέγχου στην παραγωγή. Το αποτέλεσμα ήταν η σημαντική αύξηση της παραγωγής, η βελτίωση της ποιότητας και η μείωση της ενέργειας, στοιχεία που συνέβαλαν ουσιαστικά στην μείωση του κόστους παραγωγής.

Οι συνεχείς βιομηχανικοί ελεγκτές, που βασίζονται σε τελεστικούς ενισχυτές και βασικά στοιχεία όπως πυκνωτές και αντιστάσεις, κυριάρχησαν από τις αρχές της δεκαετίας του '40 ως τις αρχές της δεκαετίας του '60 οπότε και εμφανίστηκαν οι πρώτοι ψηφιακοί ελεγκτές με διακριτά ψηφιακά κυκλώματα. Αρχικός στόχος της διακριτοποίησης του χρόνου καθώς και της χρήσης ψηφιακών κυκλωμάτων ήταν η αποφυγή των ανεπιθύμητων χαρακτηριστικών των τελεστικών ενισχυτών όπως χαμηλή ακρίβεια, ολίσθηση του σημείου ισορροπίας και θόρυβος στους ενισχυτές.

Η ευελιξία, η αξιοπιστία και το μικρό μέγεθος των ψηφιακών ελεγκτών σύντομα έφερε το τέλος των συνεχών ελεγκτών. Από την δεκαετία του '60 οι ψηφιακοί ελεγκτές έχουν ουσιαστικά αντικαταστήσει τους συνεχείς ελεγκτές, αν και υπάρχουν ακόμη και σήμερα χιλιάδες παραδείγματα του παλαιού αλλά αξιόπιστου υλικού σε λειτουργία. Πιο πρόσφατα διάφορες παραλλαγές του αλγόριθμου τριών όρων έχουν ενσωματωθεί σε σύγχρονους προγραμματιζόμενους λογικούς ελεγκτές που αποκαλούνται πλέον Τοπικές Μονάδες ελέγχου. Οι TME αποτελούν το βασικό στοιχείο συλλογής και μετάδοσης πληροφοριών, ασφάλειας και ελέγχου μεταβλητών στην σύγχρονη βιομηχανία.

Αν και η πρόοδος στο υλικό του βιομηχανικού ελέγχου ήταν ραγδαία στις τελευταίες δεκαετίες, είναι άξιο αναφοράς ότι δεν υπήρχε η αντίστοιχη πρόοδος στην θεωρία του βιομηχανικού ελέγχου. Μόνο την τελευταία δεκαετία έχει γίνει μία σοβαρή και συστηματική προσπάθεια αναθεώρησης της θεωρίας και των μεθόδων συντονισμού των ελεγκτών. Η αναθεώρηση θεωρήθηκε επιβεβλημένη ενόψει των αυξημένων αναγκών και απαιτήσεων της παραγωγής. Η ραγδαία πρόοδος της θεωρίας του αυτομάτου ελέγχου, σε συνδυασμό με την ακόμα πιο ραγδαία πρόοδο στον χώρο της πληροφορικής, είχαν ως αποτέλεσμα νέες αρχιτεκτονικές ελεγκτών, όπως οι αυτοσυντονιζόμενοι, οι προσαρμολογούμενοι και οι ευφυείς ελεγκτές.

## 4.1 Βιομηχανικοί ελεγκτές

Οι βιομηχανικοί ελεγκτές ενός, δύο ή τριών όρων σε συνδυασμό με τους προγραμματιζόμενους ελεγκτές (Programmable Logic Controllers – PLC) αποτελούν τον πυρήνα του σύγχρονου βιομηχανικού αυτοματισμού.

Οι διάφορες μορφές ενός βιομηχανικού ελεγκτή, που δύναται να συναντήσει κανείς στην πραγματικότητα, ποικίλουν. Συνήθως όμως ένας industrial controller εμφανίζεται ως:

- Αυτόνομο υλικό που λειτουργεί σε συνεχή ή διακριτοποιημένο χρόνο ή
- Λογισμικό ενσωματωμένο σε τοπικές μονάδες ελέγχου

και είναι βασικά στοιχεία των σύγχρονων καταναμημένων Συστημάτων Ψηφιακού Ελέγχου (DDC – Direct Digital Control, DCS – Distributed Control System) και των Συστημάτων Εποπτικού Ελέγχου και Συλλογής Πληροφοριών SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition Systems).

## 4.2 Είδη Βιομηχανικών ελεγκτών

### 4.2.1 Ελεγκτές τύπου PID

Η προσθήκη του όρου I στον ελεγκτή μηδενίζει το σφάλμα σταθερής καταστάσεως  $e_{ss}$ , ταυτόχρονα όμως μειώνεται σημαντικά η σχετική ευστάθεια του συστήματος. Ενώ αντίθετα, η προσθήκη του όρου διαφόριση D αυξάνει την σχετική ευστάθεια του συστήματος.

#### α) Αναλογία και Ολοκλήρωση (PI)

Η προσθήκη ελεγκτή PI σε σειρά επιδρά στο τμήμα των χαμηλών συχνοτήτων της απόκρισης και μειώνει το σφάλμα  $e_{ss}$  ενώ συγχρόνως μειώνεται η σχετική ευστάθεια του συστήματος.

#### β) Αναλογία και διαφόριση (PD)

Η προσθήκη του ελεγκτή PD σε ένα σύστημα αυτομάτου ελέγχου επιδρά στο τμήμα των υψηλών συχνοτήτων της απόκρισης αυξάνοντας την γωνία προπορεία - υστέρηση της φάσεως με αποτέλεσμα την αύξηση της ευστάθειας και κατά συνέπεια την ταχύτητα απόκρισης.

#### γ) Ελεγκτής τριών όρων (PID)

Η προσθήκη ελεγκτή PID, σε σειρά με τη συνάρτηση μεταφοράς της διεργασίας, δίνει άριστα αποτελέσματα στις περισσότερες περιπτώσεις. Ο όρος I μειώνει το σφάλμα  $e_{ss}$  και ο όρος D του PID αυξάνει τη σχετική ευστάθεια του συστήματος και έτσι αντισταθμίζεται η μείωση που οφείλεται στον όρο I. Η εξίσωση του PID έχει την μορφή

$$D(s) = K_p + K_d s + K_i / s = K_c (1 + 1/T_i s + T_d s) \text{ ή}$$
$$u(t) = K_p e(t) + K_i \int e(t) dt + K_d de(t)/dt$$



## 4.2.2 Ψηφιακός ελεγκτής PID

Γνωρίζουμε ότι η αναλογική εξίσωση του PID είναι:

$$u = K_p e + K_i \int e dt + K_d \frac{de}{dt} \quad \text{ή} \quad u = K_c \left( e + \frac{1}{\tau_i} \int_0^t e dt + \tau_d \frac{de}{dt} \right)$$

όπου  $e=r(t)-c(t)$  είναι το σφάλμα.

Για τον προγραμματισμό της εξίσωσης PID σε μικροϋπολογιστή η αναλογική εξίσωση πρέπει να μετατραπεί σε εξίσωση διακριτού χρόνου.

$$\Delta u = K_p \Delta e + K_i e T + K_d \Delta \left[ \frac{\Delta e}{T} \right]$$

$$\text{αλλά,} \quad \Delta u = u_n - u_{n-1}$$

$$\Delta e = e_n - e_{n-1}$$

$$u_n - u_{n-1} = K_p (e_n - e_{n-1}) + K_i e T + K_d / T (\Delta e_n - \Delta e_{n-1})$$

Τελικά,

$$u_n = u_{n-1} + K_p (e_n - e_{n-1}) + K_i e_n T + \frac{K_d}{T} [e_n - 2e_{n-1} + e_{n-2}]$$

Μπορούμε τώρα να υπολογίσουμε τη νέα έξοδο με βάση την προηγούμενη έξοδο, τα σφάλματα, το χρόνο της περιόδου, και τις σταθερές  $K_p$ ,  $K_i$ ,  $K_d$ .

Η πιο πάνω εξίσωση ονομάζεται εξίσωση ταχύτητας διότι δεν υπολογίζει την πραγματική έξοδο αλλά την μεταβολή της.

Η εξίσωση ταχύτητας έχει τα παρακάτω πλεονεκτήματα :

- Δεν χρειάζεται η αποθήκευση της αρχικής τιμής, δηλαδή δεν απαιτείται η αρχική τιμή όπως στον αλγόριθμο θέσεως. Η τιμή  $u_0$  δεν είναι συνήθως γνωστή.
- Προστασία από εμπλοκή που οφείλεται στον όρο ολοκλήρωσης, δηλ. το άθροισμα του σφάλματος, και επομένως δεν συμπεριλαμβάνει το άθροισμα σειράς σφάλματος που οδηγεί σε κορεσμό το σήμα ελέγχου και κατά συνέπεια τον επενεργητή.
- Προστατεύει την διεργασία από βλάβες του υπολογιστή. Οι συσκευές σημάτων (βηματικός κινητήρας, κ.λ.π) διατηρούν την τελευταία υπολογισμένη τιμή της βαλβίδας ελέγχου στην περίπτωση που υπάρξει βλάβη στον υπολογιστή, έτσι αποφεύγεται συνολική απώλεια ελέγχου της διεργασίας.

### 4.2.3 Ελεγκτής τύπου Deadbeat

Ένα από τα κριτήρια σχεδιασμού συστημάτων ελέγχου είναι η γρήγορη αποκατάσταση της μεταβλητής εξόδου του συστήματος δηλ. μικρός χρόνος  $T_{\text{απο}}$ . Στα αναλογικά συστήματα η έξοδος, θεωρητικά, χρειάζεται άπειρο χρόνο για να ηρεμήσει. Ο συγκεκριμένος τρόπος ελέγχου θα προσεγγίζει την ηρεμία (αποκατάσταση) σε  $n+1$ , όπου  $n$  είναι η τάξη του φίλτρου-ελεγκτή.

Στην ουσία, ο ελεγκτής αντικαθιστά τους πόλους του συστήματος (διεργασία) με πόλους που βρίσκονται στην αρχή των αξόνων στο επίπεδο  $z$ . Ένα άλλο πλεονέκτημα είναι ότι απαιτεί λιγότερους υπολογισμούς δηλ. μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε εφαρμογές προσαρμοστικού ελέγχου ή παραπλήσιες.

Η συνάρτηση μεταφοράς του ελεγκτή έχει την γενική μορφή:

$$D_{\text{db}} = \frac{p_0 + p_1 z^{-1} + p_2 z^{-2} + \dots + p_n z^{-n}}{g_0 + g_1 z^{-1} + g_2 z^{-2} + \dots + g_n z^{-n}}$$

Η τάξη της συνάρτησης μεταφοράς του ελεγκτή είναι ίδια με την τάξη της συνάρτησης μεταφοράς του μοντέλου ή επιλέγεται  $n=2$ . Ο ελεγκτής θα προσεγγίσει την τελική του τιμή σε  $n+1$  ή σε τρεις δειγματοληπτικές περιόδους.

Οι συντελεστές του ελεγκτή βρίσκονται από τις παραμέτρους του μοντέλου διεργασίας.

Για μοντέλο

$$G(z) = \frac{b_0 + b_1 z^{-1} + b_2 z^{-2} + \dots + b_n z^{-n}}{a_0 + a_1 z^{-1} + a_2 z^{-2} + \dots + a_n z^{-n}} \quad \text{και είσοδο αναφοράς } R(z)$$

οι συντελεστές  $p_n$  και  $g_n$  είναι:

$$p_0 = \frac{\Gamma}{\sum b_i} = \frac{\Gamma}{b_0 + b_1 + b_2 + \dots}$$

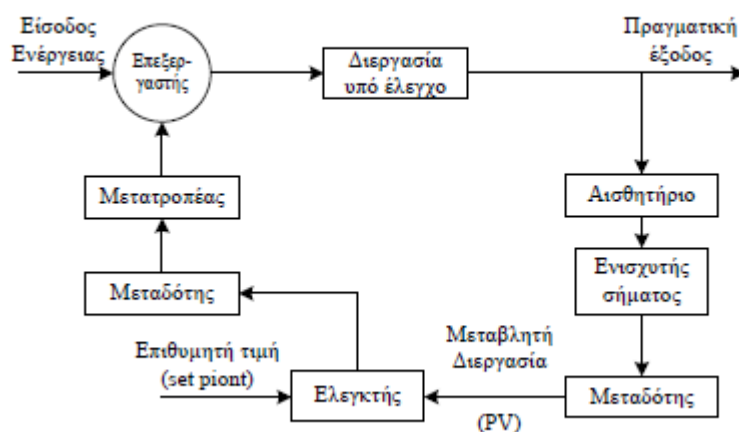
$$p_1 = a_1 p_0, \quad p_2 = a_2 p_0 \quad \dots \quad p_n = a_n p_0$$

και

$$g_0 = \Gamma - b_0 p_0, \quad g_1 = -b_1 p_0 \quad \dots \quad g_n = -b_n p_0$$

#### 4.2.4 Μικροελεγκτές Τύπου PID

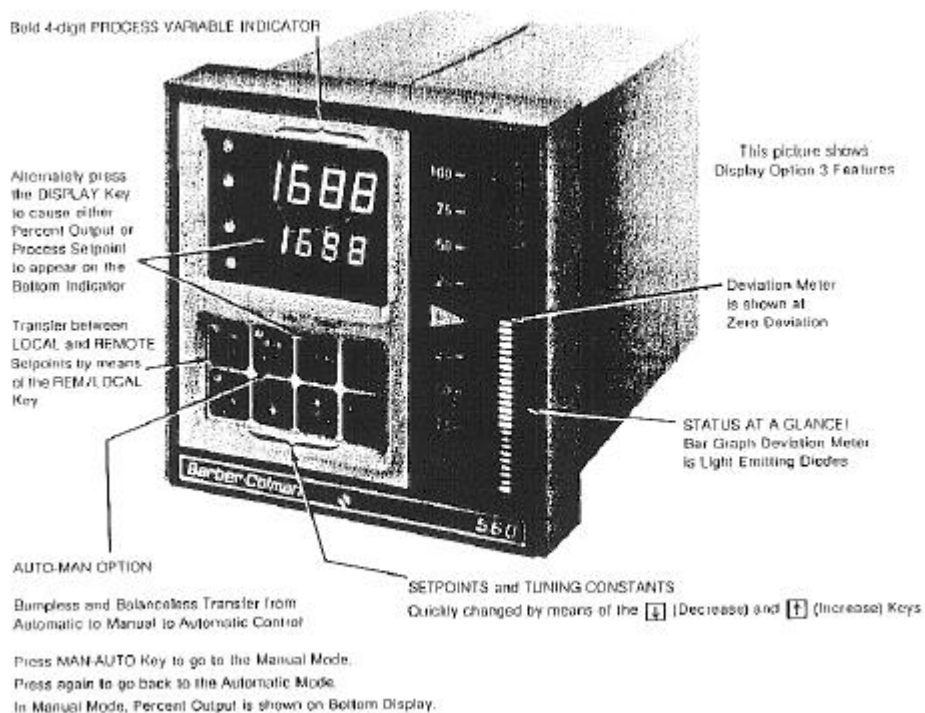
Ο ελεγκτής προσθέτει εξυπνάδα σε ένα σύστημα. Στο μπλοκ διάγραμμα του Σχ. 4.1 ο ελεγκτής έχει δύο εισόδους. Η μία αναφέρεται ως επιθυμητή τιμή της μεταβλητής παραμέτρου που ονομάζεται set point (SP) ενώ η άλλη αναφέρεται στην πραγματική τιμή της μεταβλητής η οποία μετρείται από το αισθητήριο, ενισχύεται και μεταδίδεται στον ελεγκτή και συνήθως ονομάζεται μεταβλητή της διεργασίας (process variable-PV). Ο ρόλος του ελεγκτή είναι να προμηθεύσει το σήμα που θα προκαλέσει μεταβολή της διεργασίας ώστε να διατηρήσει το set point, ίση με την μεταβλητή της διεργασίας. Οποιαδήποτε μεταβολή στο set point ή στα φορτία της διεργασίας θα προκαλέσει μία μεταβολή στην έξοδο του ελεγκτή που θα εξασφαλίσει ότι η PV θα παρακολουθεί το set point.



Σχ. 4.1 Σύστημα Αυτόματου Ελέγχου

Ο απλούστερος ελεγκτής ενεργοποιεί τον επενεργητή πλήρως (full) on ή off. Για την παροχή σταδιακού ή λεπτομερειακού ελέγχου προστίθεται μία ζώνη αναλογίας στην οποία η έξοδος του ελεγκτή μεταβάλλεται γραμμικά με το σφάλμα. Ενώ η μέθοδος αυτή προσθέτει πιο ασφυκτικό έλεγχο από ότι ο έλεγχος ON/OFF, δεν εξουδετερώνει πλήρως το σφάλμα. Για να υπάρχει πιστή παρακολούθηση του set point από την μεταβλητή της διεργασίας προστίθεται ένας ολοκληρωτής. Ο ελεγκτής PI προσφέρει καλό έλεγχο στην αποκατάσταση και δεν συμπεριφέρεται ανάλογα στην μεταβατική κατάσταση. Η προσθήκη ενός τρίτου όρου του διαφορητή προσφέρει καλό έλεγχο και κατά την διάρκεια της μεταβατικής κατάστασης. Ο ελεγκτής αυτός ονομάζεται ελεγκτής τύπου PID.

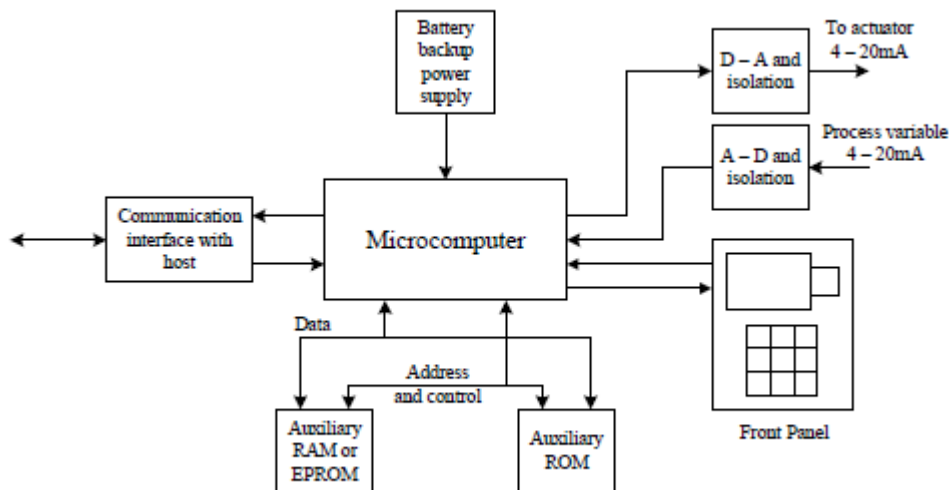
Υπάρχουν πολλοί εμπορικοί τύποι ελεγκτών που βασίζονται στην τεχνολογία των μικροεπεξεργαστών για έλεγχο PID ενός ή δύο βρόγχων. Ένας PID αυτού του τύπου φαίνεται στο Σχ.4.2.



Σχ. 4.2 Ελεγκτής PID με μικροϋπολογιστή

Η δομή (hardware) του PID δίνεται στο Σχ.4.3 και αποτελείται από:

- Κεντρική μονάδα (μικροϋπολογιστής ή μΕ)
- Μονάδες εισόδων-εξόδων (I/O)
- Μνήμη (RAM - ROM κλπ)
- Τροφοδοτικό
- Την οθόνη ενδείξεων και τους διακόπτες επιλογής του χειριστή
- Μονάδα επικοινωνίας με οπτικό σύστημα (RS232 ή RS422)



Σχ. 4.3 Μπλοκ διάγραμμα ελεγκτή PID

Στην καρδιά του ελεγκτή υπάρχει ένας μικροϋπολογιστής που υποστηρίζεται από μερικές άλλες μονάδες όπως εξωτερική ROM για αποθήκευση προγραμμάτων και σταθερών και εξωτερική RAM για την αποθήκευση μεταβλητών ώστε να μην υπάρχει απώλεια των τιμών σε περίπτωση απώλειας τάσης τροφοδοσίας. Η RAM μπορεί να αντικατασταθεί από EEPROM ενώ χρησιμοποιείται και εφεδρική τροφοδοσία (μπαταρία).

Επικοινωνία με το χειριστή γίνεται μέσω του πάνελ που περιλαμβάνει LED'S, αριθμητικές απεικονίσεις, διακόπτες και έχει δυνατότητα επικοινωνίας με H/Y.

#### 4.2.5 Εμπορικοί Τύποι Ελεγκτών PID

Στο σημείο αυτό γίνεται μια συνοπτική παρουσίαση ψηφιακών ελεγκτών τριών καταστάσεων τύπου PID. Η επιλογή έγινε με βάση τον εξοπλισμό που υπάρχει στο εργαστήριο Ελεγκτών και ανήκουν στις εταιρείες YOGOGAWA και JUMO. Στο εμπόριο υπάρχουν και άλλες εταιρείες που προσφέρουν ελεγκτές του ίδιου τύπου όπως OMRON, HONEYWELL κ.λπ..

##### Ελεγκτής PID JUMO

Ο ελεγκτής JUMO DICON SM είναι PID ελεγκτής με ψηφιακή ένδειξη διαθέτει γενικευμένες (universal) εισόδους και εξόδους κατασκευασμένος σε μικρό μέγεθος τύπου DIN. Δέχεται 2 αναλογικές και δύο λογικές εισόδους ενώ υποστηρίζει 3 εξόδους τύπου ρελέ/triac. Είναι εφοδιασμένο με δύο αλαρμ, ειδικά πλήκτρα επιλογών, ψηφιακές ενδείξεις, αυτοδιάγνωση και ένα set point επιλογής.

## Ελεγκτής PID YOKOGAWA

Η οικογένεια YewSeries 80 (YS-80) της Yokogawa, με λειτουργίες βασισμένες στην τεχνολογία των μικροεπεξεργαστών, είναι μια σειρά ηλεκτρονικών οργάνων μετρήσεως και ελέγχου που υποδιαιρείται σε δύο ομάδες όπως φαίνεται στο διάγραμμα του Σχ.4.8. Η πρώτη απευθύνεται σε εφαρμογές συνεχούς ή διακριτικού ελέγχου (continuous, discrete control), η δεύτερη αφορά εφαρμογές ομαδικού ή δοσομετρικού ελέγχου (batch, blending control).

Στην οικογένεια αυτή περιλαμβάνονται οι καθιερωμένοι ελεγκτές (controllers), οι προγραμματιζόμενοι ελεγκτές και υπολογιστικές μονάδες. Για να ολοκληρωθεί εικόνα της σειράς YS-80, υπάρχουν και διάφορα αντίστοιχης τεχνολογίας όργανα που συνεργάζονται με τη σειρά αυτή και προσφέρουν αναγωγή ή μετατροπή σημάτων και κατανομή ηλεκτρικής τροφοδοσίας. Δύο τύποι καταγραφικών περιλαμβάνονται επίσης στην οικογένεια YS-80.

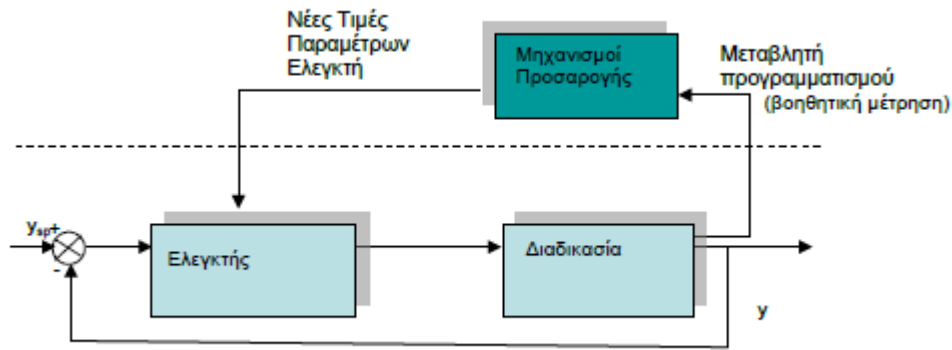
Χαρακτηριστικά της σειράς:

- Αυτο-διαγνωστικές και διασφαλιστικές (fail-safe) λειτουργίες.
- Ευέλικτη και πολυδύναμη συμπεριφορά.
- Εύκολα επεκτεινόμενη εγκατάσταση.
- Διαδικασία self-tuning (κατόπιν παραγγελίας)
- Άμεση σύνδεση με μXL ή CENTUM-XL.

### 4.2.6 Ελεγκτές με προγραμματιζόμενο κέρδος (Gain Scheduling)

Για την ανάπτυξη ενός ελεγκτή με προγραμματιζόμενο κέρδος (programmable gain), επιβάλλεται η εύρεση μιας άμεσα μετρήσιμης «μεταβλητής προγραμματισμού» του συστήματος που θα χρησιμοποιηθεί για τον υπολογισμό των παραμέτρων του ελεγκτή. Η μεταβλητή αυτή μπορεί να είναι ενδογενής, δηλαδή να προέρχεται από την ίδια τη φυσική διαδικασία, ή εξωγενής από κάποια εξωτερική πηγή.

Η μέθοδος του προγραμματιζόμενου κέρδους είναι αποτελεσματική όταν το λειτουργικό σημείο της διαδικασίας μεταβάλλεται συνεχώς. Στο Σχήμα 4.4 διακρίνεται η αρχιτεκτονική ενός συστήματος που κατέχει δύο βρόχους ελέγχου, όπως και παραπάνω. Ο άμεσος έλεγχος της διαδικασίας γίνεται στον πρωτεύοντα εσωτερικό βρόχο, ενώ στον δευτερεύοντα εξωτερικό βρόχο οι παράμετροι του ελεγκτή μεταβάλλονται σύμφωνα με τις λειτουργικές συνθήκες της διαδικασίας και μετά από εντολή της μεταβλητής προγραμματισμού.



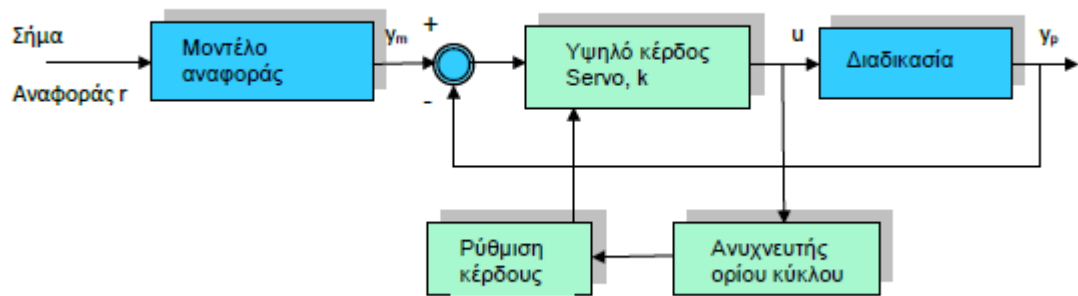
Σχ. 4.4 Μπλοκ διάγραμμα ελέγχου με προγραμματιζόμενο κέρδος.

Οι επιθυμητές παράμετροι του ελεγκτή είναι αποθηκευμένες σε έναν πίνακα αναζήτησης (look-up table) στη μνήμη του ελεγκτή και μεταβάλλονται σύμφωνα με την τιμή της μεταβλητής προγραμματισμού και ονομάζεται μηχανισμός προσαρμογής. Η μέθοδος εφαρμόζεται ευρέως για τον έλεγχο διεργασιών με λίγες μεταβαλλόμενες παραμέτρους και αποδίδει άριστα αποτελέσματα. Ο προγραμματιζόμενος έλεγχος μπορεί μάλιστα να αντικαταστήσει τον προσαρμοζόμενο έλεγχο σε πολλές περιπτώσεις διότι έχει την ικανότητα να παρακολουθεί μεταβολές του λειτουργικού σημείου ταχύτερα και αποτελεσματικότερα. Διαδικασίες στις οποίες οι μεταβολές των παραμέτρων δεν μπορούν να προβλεφθούν ή είναι αβέβαιες, δεν αποδέχονται προγραμματιζόμενο έλεγχο και η μόνη λύση είναι που απομένει είναι ο προσαρμοζόμενος έλεγχος.

#### 4.2.7 Ελεγκτές βασισμένοι σε πρότυπα (Model Reference Control)

##### *Συντονισμός ανοικτού βρόγχου*

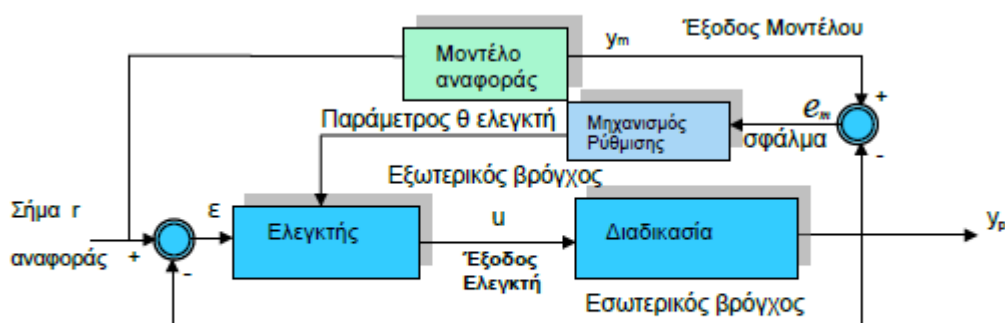
Η μέθοδος βασίζεται στην εύρεση ενός προτύπου της διαδικασίας με μεθόδους που εξαρτώνται από τη βηματική απόκριση, την απόκριση στο πεδίο συχνότητας και την εκτίμηση παραμέτρων μιας διαδικασίας Σχ.4.5. Οι περισσότεροι αυτοσυντονιζόμενοι ελεγκτές εκτιμούν το στατικό κέρδος, τον κυρίαρχο χρόνο καθυστέρησης και τον φαινομενικό νεκρό χρόνο μιας διαδικασίας εφόσον είναι ευσταθής. Το στατικό κέρδος βρίσκεται εύκολα από μετρήσεις της εξόδου μετά την επιβολή γνωστής σταθεράς διέγερσης.



Σχ. 4.5 Μπλοκ διάγραμμα προσαρμοστικού ελέγχου με μοντέλο αναφοράς – Υψηλού Κέρδους.

### Συντονισμός κλειστού βρόγχου

Ο αυτόματος συντονισμός βασισμένος στη βηματική απόκριση γίνεται εντός γραμμής με το βρόχο κλειστό Σχ.4.6. Το σύστημα διεγείρεται με βήμα στην είσοδο του ή εναλλακτικά, με μεταβολή του φορτίου. Προσοχή πρέπει να δοθεί στο πλάτος της διέγερσης ώστε η έξοδος του συστήματος να μην καλυφθεί από τον θόρυβο που συνήθως υπάρχει στις μετρήσεις.



Σχ. 4.6 Μπλοκ διάγραμμα προσαρμοστικού ελέγχου με μοντέλο αναφοράς - Παράλληλου Σχεδιασμού.

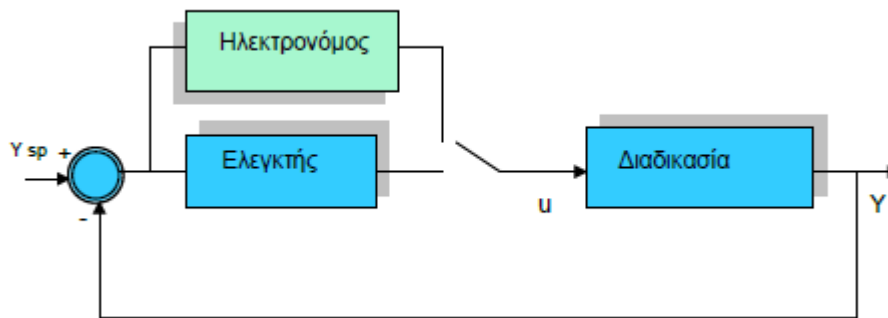
Η έξοδος του μοντέλου  $y_m$  ενεργεί σαν το σημείο αναφοράς (set point) ενώ η έξοδος της διαδικασίας είναι η πραγματική μέτρηση. Η έξοδος του συγκριτή  $e_m$  είναι η είσοδος του μηχανισμού ρύθμισης. Επομένως πρέπει ο μηχανισμός ρύθμισης να σχεδιαστεί ώστε το σφάλμα  $e_m$  να γίνει 0, πράγμα δύσκολο λόγω περίπλοκων μαθηματικών υπολογισμών.



Πρέπει να επισημανθεί ότι ο αυτόματος συντονισμός δεν μπορεί να γίνει σε διαδικασίες που έχουν εντελώς άγνωστη συμπεριφορά. Ο αυτό-συντονισμός με κλειστό βρόχο είναι μία ελκυστική ιδέα διότι οι προδιαγραφές του συστήματος συνήθως καθορίζονται για κλειστά συστήματα.

#### *Αυτό-συντονισμός ελεγκτών*

Στο σχήμα 4.7 διακρίνεται η αρχιτεκτονική ενός αυτό-συντονιζόμενου ελεγκτή (self – tuning controller ) που εκμεταλλεύεται το παραπάνω χαρακτηριστικό. Εδώ, με ένα διακόπτη επιλέγουμε είτε τον ελεγκτή για κανονική λειτουργία ή τον ηλεκτρονόμο κατά το χρονικό διάστημα που διεξάγεται ο αυτό-συντονισμός. Μετρήσεις της εξόδου του συστήματος με ηλεκτρονόμο ορίζουν την απώτερη συχνότητα. Εάν το στατικό κέρδος της διαδικασίας ευρεθεί από μετρήσεις της διαδικασίας σε ανοικτό βρόχο, τότε οι υπολογισμοί των παραμέτρων του ελεγκτή με μια από τις μεθόδους συντονισμού μπορούν να γίνουν με λογισμικό ενσωματωμένο στον ελεγκτή.



Σχ. 4.7 Μπλοκ διάγραμμα αυτο-συντονιζόμενου ελεγκτή βασισμένος σε πρότυπο κλειστού βρόχου.

#### 4.2.8 Προγραμματιζόμενοι Λογικοί Ελεγκτές (PLC)

Η πληροφορική εφαρμόστηκε για πρώτη φορά την παραγωγή στις αρχές της δεκαετίας του 1950. Ο διακοπτικός έλεγχος (για την εκκίνηση, στάση κ.α. του εξοπλισμού γινόταν με ηλεκτρονόμους (ή ρελέ) και χρονοδιακόπτες που ήταν ενσύρματα διασυνδεδεμένοι. Κάθε αλλαγή στη λογική απαιτούσε επανασχεδιασμό και νέα διασύνδεση των στοιχείων του πίνακα ελέγχου, έργο που ήταν επίπονο και χρονοβόρο.

Οι πρώτοι Λογικοί Ελεγκτές ήταν κατασκευασμένοι με ηλεκτρονόμους και ικανοποιούσαν τις απαιτήσεις της τότε βιομηχανίας. Με την αύξηση της πολυπλοκότητας των βιομηχανικών διαδικασιών οι απαιτήσεις για πιο σύνθετη λογική καθώς και ταχύτητα εκτέλεσης ολοένα αυξάνονταν. Έτσι, στα τέλη της δεκαετίας του 1960 εμφανίστηκαν οι πρώτοι ηλεκτρονικοί Προγραμματιζόμενοι Λογικοί Ελεγκτές (ΠΛΕ), πιο γνωστοί ως PLC ή Programmable Logic Controllers.

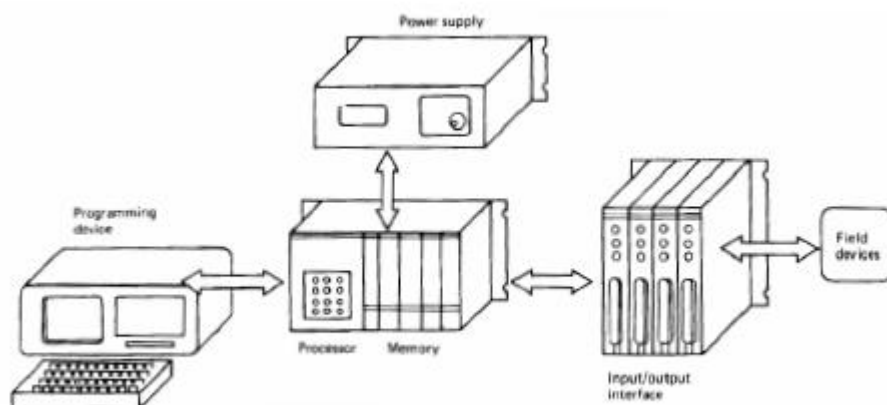
Ο PLC αποτελεί το απαραίτητο εργαλείο για την υλοποίηση κάθε είδους αυτοματισμού, από την εκκίνηση ενός κινητήρα, μέχρι την πλήρη αυτοματοποίηση μιας αυτοκινητοβιομηχανίας. Συνδυάζει την σύγχρονη τεχνολογία με όλα τα πλεονεκτήματά της, την ευκολία στον προγραμματισμό, μιας και ο προγραμματισμός του γίνεται σε ειδική γλώσσα που είναι εύκολα προσιτή σε κάθε μηχανικό αυτοματισμού. Εκτός από το παραπάνω βασικό πλεονέκτημά του, προσφέρει και άλλα όπως:

- Ευελιξία στις μετατροπές του αρχικού κυκλώματος αφού μπορεί εύκολα να αναπρογραμματισθεί.
- Γρήγορο εντοπισμό βλαβών.
- Επάρκεια σε επαφές, ρελαί, χρονικών, κ.λπ..
- Μεγάλη αξιοπιστία ακόμη και σε δύσκολο βιομηχανικό περιβάλλον.
- Σύνδεση με περιφερειακές μονάδες (*οθόνη-πληκτρολόγια-MODEMS*) για επιτήρηση-έλεγχο-μετάδοση πληροφοριών σε μεγάλες αποστάσεις με τηλεχειρισμό.
- Καταλαμβάνουν μικρό χώρο και η συντήρηση είναι απλή και εύκολη.

Στην ενότητα αυτή αναλύεται η λειτουργία του, γίνεται περιγραφή των βασικών μονάδων (HARDWARE) καθώς και του προγραμματισμού του.

## Δομή του PLC

Στην αγορά κυκλοφορούν διάφοροι τύποι PLC με διαφορές στο μέγεθος, την δυναμικότητα, τον τρόπο λειτουργίας και τον προγραμματισμό όσο αφορά την κωδικοποίηση των εντολών. Όμως, η δομή τους είναι ομοιόμορφη και παρουσιάζεται σ' αυτή την ενότητα. Στο Σχ.4.8 φαίνονται τα κύρια μέρη ενός PLC που αποτελείται από την κεντρική μονάδα επεξεργασίας, την συσκευή προγραμματισμού, την μονάδα εισόδων/εξόδων, τις μονάδες πεδίου και το τροφοδοτικό. Στο περίγραμμα του Σχ.4.9 φαίνεται παραστατικά η δομή του προγραμματιζόμενου λογικού ελεγκτή καθώς και η δυνατότητα επικοινωνίας με το περιβάλλον.

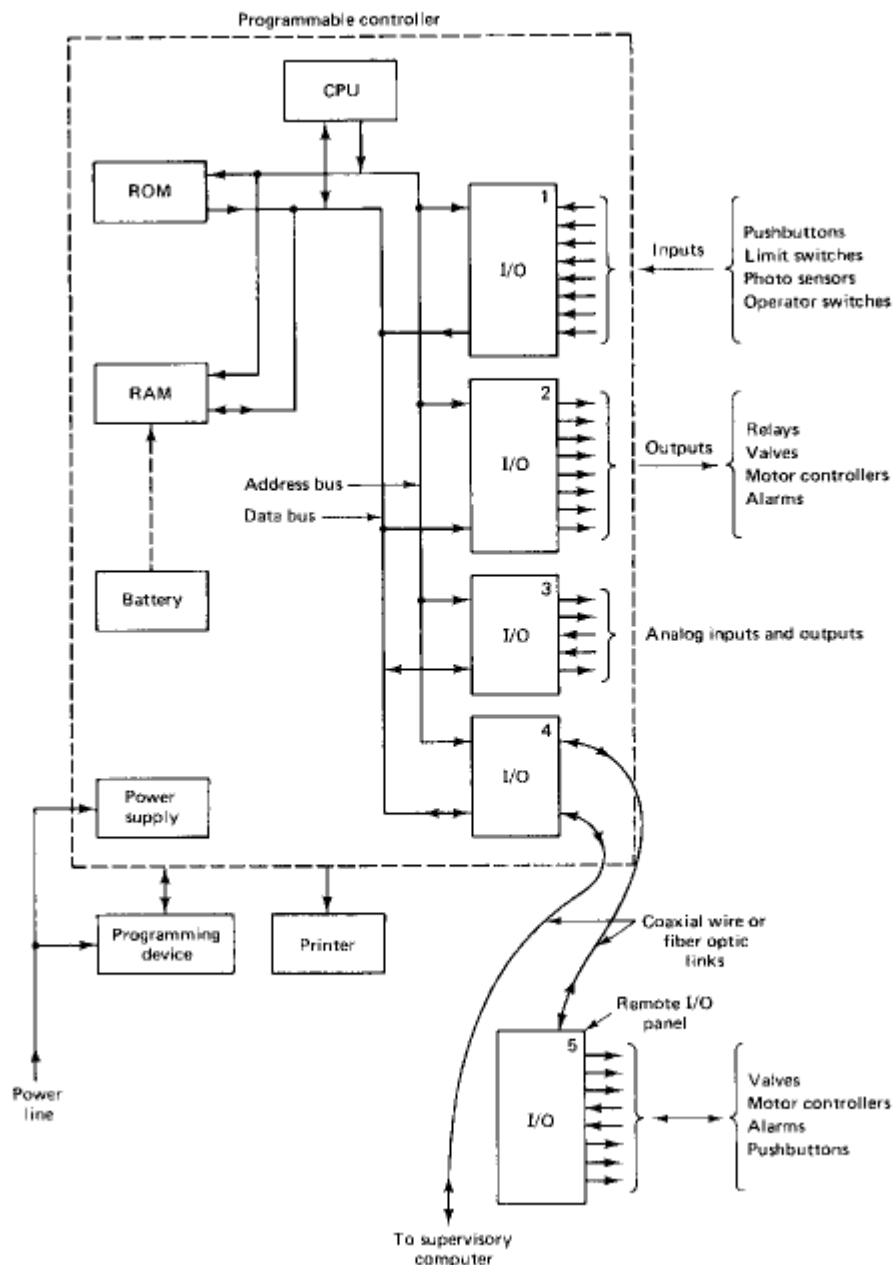


Σχ. 4.8 Προγραμματιζόμενος Λογικός Ελεγκτής

## HARDWARE προγραμματιζόμενων ελεγκτών

Ένας προγραμματιζόμενος ελεγκτής είναι ένας μικροϋπολογιστής ειδικού σκοπού. Επομένως το HARDWARE του είναι λίγο πολύ γνωστό και αποτελείται από:

- Μονάδες εισόδων-εξόδων (I/O)
- Κεντρική μονάδα επεξεργασίας (CPU)
- Μνήμη (RAM-ROM-EPROM κ.λπ.)
- Μονάδα τροφοδοσίας
- Πλαίσια τοποθέτησης-επέκτασης
- Διάφορες άλλες βοηθητικές μονάδες (περιφερειακά)



Σχ. 4.9 Αναλυτικό διάγραμμα μονάδας PLC.

Ο προγραμματισμός του γίνεται με τη βοήθεια μιας περιφερειακής μονάδας εισόδου που ονομάζεται προγραμματιστής (PROGRAMMER) ή μέσω H/Y. Οι μονάδες εισόδων-εξόδων, η CPU, η μνήμη και το τροφοδοτικό συνήθως περιλαμβάνονται σε μια ενιαία μονάδα που ονομάζεται μονάδα αυτοματισμού ή κεντρική μονάδα.

Στην κεντρική μονάδα επεξεργασίας του PLC γίνεται η εισαγωγή του προγράμματος αυτοματισμού από τον προγραμματιστή. Μετά από επεξεργασία, με βάση το πρόγραμμα και τα σήματα εισόδων (από διάφορα αισθητήρια-διακόπτες, κ.λπ.),

γίνεται η ενεργοποίηση των προς έλεγχο συσκευών (κινητήρες, ηλεκτροβάνες, λυχνίες κ.λπ..) μέσω των μονάδων εξόδου.

## **SOFTWARE Προγραμματιζόμενων Ελεγκτών**

Το πλεονέκτημα του PLC είναι η ευκολία στον προγραμματισμό. Το προσωπικό της παραγωγής που έχει αποκτήσει εμπειρία στα ρελαί διαγράμματα δεν χρειάζεται να εκπαιδευτούν σε μια καινούρια γλώσσα προγραμματισμού για να χρησιμοποιήσουν το PLC. Οι κατασκευαστές των PLC προσφέρουν διάφορες γλώσσες, αλλά κύρια υπάρχουν τρεις τρόποι προγραμματισμού:

1. Με την μορφή διαγράμματος επαφών (LADDER DIAGRAM)
2. Με την μορφή λίστας εντολών (STATEMENT LIST) ή γλώσσας μηχανής.
3. Με την μορφή λογικού διαγράμματος (CONTROL SYSTEM FLOWCHART ή FUNCTIONS BLOCS) ή Λογικές εντολές (Boolean).

Ο πρώτος τρόπος είναι και ο πιο συνηθής γιατί χρησιμοποιείται κύρια από αυτούς που έχουν αποκτήσει εμπειρία σε κλασικό αυτοματισμό.

## **Διαφορές μεταξύ PLC και Ηλεκτρονικών Υπολογιστών**

Η διαφορά μεταξύ τους βρίσκεται περισσότερο στην εφαρμογή τους παρά ως προς την τεχνολογία. Έχουν περίπου την ίδια τεχνολογία. Ένα PLC μπορεί να θεωρηθεί ως μια ειδική κατηγορία υπολογιστή αφού προορίζονται για ειδικές εφαρμογές.

Μια διαφορά μεταξύ PLC και υπολογιστή είναι στο ότι το PLC είναι σχεδιασμένο για αλληλοσύνδεση με βιομηχανικές διεργασίες. Οι είσοδοι και εξοδοι του PLC μπορούν να συνδεθούν απ' ευθείας με τα μηχανήματα παραγωγής στην μονάδα παραγωγής μέσω I/O βαθμίδων (modules), ενώ στους υπολογιστές πρέπει να ληφθεί ειδική μέριμνα.

Άλλη διαφορά, που σχετίζεται με την πρώτη, είναι πως τα PLC τοποθετούνται στο περιβάλλον της βιομηχανικής παραγωγής. Τα χαρακτηριστικά αυτού του περιβάλλοντος είναι ηλεκτρικός θόρυβος, δονήσεις, υγρασία, σκόνη και μεγάλες μεταβολές θερμοκρασιών.

Τα PLC σχεδιάζονται να λειτουργήσουν σ' αυτές τις συνθήκες. Τα χαρακτηριστικά λειτουργίας του είναι για μεταβολές θερμοκρασίας από 0-60 C και για μεταβολές υγρασίας από 0-95 C.

Τέλος, η τρίτη σημαντική διαφορά μεταξύ PLC και υπολογιστή είναι ο προγραμματισμός. Ο PLC χρησιμοποιεί μια γλώσσα προγραμματισμού (Relay ladder διάγραμμα) που είναι γνωστή στο προσωπικό της παραγωγής.

Ομοίως, η συντήρηση του PLC μπορεί να γίνει επίσης από ηλεκτρολόγους της μονάδος παραγωγής αφού το σύστημα είναι αρθρωτού τύπου (modular) και η διάγνωση γίνεται πολύ εύκολα.

Οι PLC μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν για αναλογικό έλεγχο τύπου PID κλειστού συστήματος και να ενημερώνουν τον χειριστή σχετικά με την κατάσταση της διεργασίας.

## 5. Οριζόντια Διακίνηση προϊόντων

Στην οριζόντια διακίνηση προϊόντων μεταφέρονται μικρά αντικείμενα και κρεμαστά είδη ένδυσης καθώς και μεγάλα κομμάτια. Ο εξοπλισμός της οριζόντιας μεταφοράς προϊόντων, μετακινεί τις μονάδες του προϊόντος μεταξύ δύο θέσεων ή σταθμών εργασίας. Ο διάδρομος μεταφοράς μεταξύ αυτών των δύο θέσεων της εγκατάστασης παραμένει σε ένα ύψος - είτε πάνω από το δάπεδο ή κατά μήκος του δαπέδου σε ένα επίπεδο της εγκατάστασης.

Υπάρχουν τρία εναλλακτικά χαρακτηριστικά του προϊόντος στην οριζόντια κίνηση των

μικρών αντικειμένων. Αυτά αφορούν στην μεταφορά των μικρών αντικειμένων σαν ξεχωριστά τεμάχια ή κομμάτια, σαν ξεχωριστά τεμάχια σε ένα κλωβό μεταφοράς προϊόντων (container) ή κουτί, ή σαν μία ομάδα ξεχωριστών τεμαχίων συλλήβδην. Και στις τρεις περιπτώσεις η οριζόντια διακίνηση μικρών τεμαχίων έχει πολλαπλούς σταθμούς φορτώματος και ξεφορτώματος.

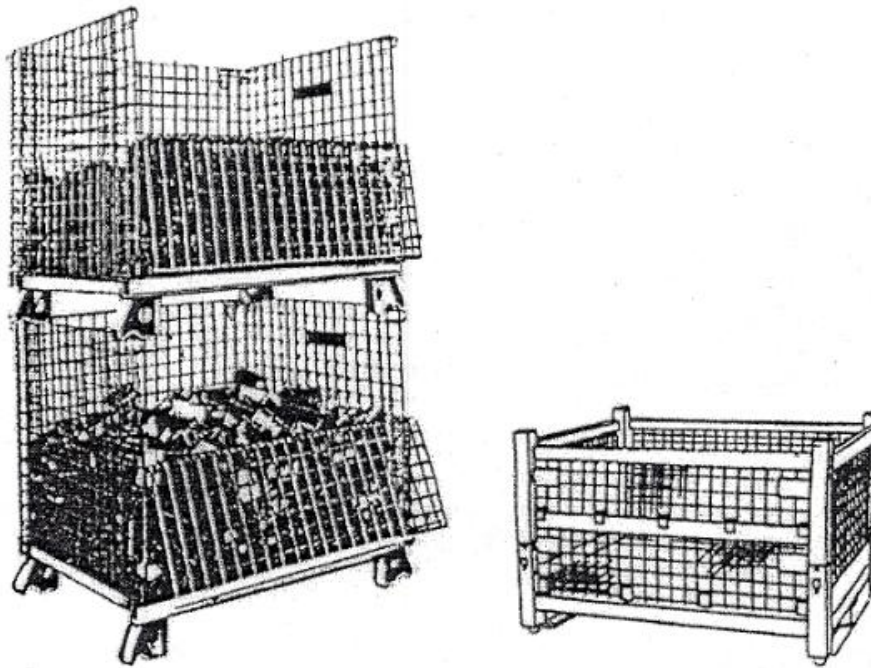
Στις επόμενες παραγράφους γίνεται πρώτα ανάλυση της οριζόντιας μεταφοράς μικρών αντικειμένων και κρεμαστών ειδών ένδυσης και στη συνέχεια ακολουθεί η ανάλυση για τα μεγάλα αντικείμενα.

### 5.1 Κλωβοί προϊόντων

Οι κλωβοί των αγαθών είναι ένα άλλο μέσο διαχείρισης των υλικών, που περιέχει και διακινεί μονάδες προϊόντων. Μπορεί να μεταφέρει προϊόντα ακανόνιστων μεγεθών και σχημάτων και μεγάλες ποσότητες στερεών αντικειμένων χύδην. Διάφοροι τύποι containers φαίνονται στο παρακάτω σχήμα (Σχ. 5.1).

Αυτοί οι τύποι containers είναι:

- 1) από συρμάτινο πλέγμα,
- 2) συμπαγούς χάλυβα,
- 3) πλαστικοί,
- 4) από ανοξείδωτο χάλυβα.

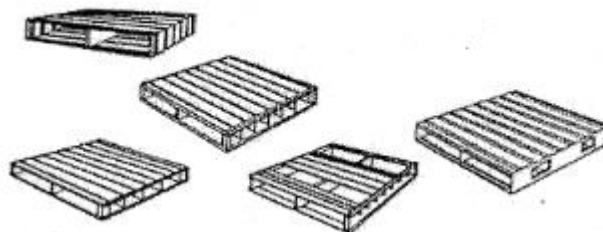


Σχ. 5.1

## 5.2 Παλλέτες

Για την μεταφορά προϊόντων από την αποθήκη στον χώρο παραγωγής ή μεταξύ δύο θέσεων εργασίας χρησιμοποιούνται ευρέως οι παλλέτες (Σχ. 5.2). Εξαιτίας των χαρακτηριστικών του μεγέθους (μήκος, πλάτος, ύψος) των προϊόντων και του βάρους τους, η διακίνησή τους απαιτεί ένα περονοφόρο όχημα (μηχανοκίνητο ή όχι).

Οι παλλέτες κατασκευάζονται από διάφορα υλικά. Οι παράγοντες που επιδρούν στην απόφαση του υλικού των παλλετών είναι: α) τα χαρακτηριστικά των προϊόντων, β) το βάρος που είναι αποδεκτό, γ) οι συνθήκες του εσωτερικού περιβάλλοντος, δ) το κόστος του υλικού και κατασκευής των παλλετών. Το πιο κοινό υλικό για την κατασκευή των παλλετών είναι το ξύλο. Άλλα υλικά που μπορούν να χρησιμοποιηθούν είναι πλαστικό, καουτσούκ και μέταλλο. Οι σημαντικότερες διαστάσεις των παλλετών είναι το μήκος, το πλάτος και το ύψος του ανοίγματος για την υποδοχή της περόνης.



Σχ. 5.2

### **5.3 Οι όροι μικρά τεμάχια και κρεμασμένα είδη ένδυσης**

Μικρά τεμάχια ή κομμάτια ορίζεται κάθε μονάδα προϊόντος που τη διαχειρίζεται η αποθήκη ή το σύστημα διαχείρισης υλικών ή η λειτουργία της διακίνησης των προϊόντων σαν ένα ξεχωριστό αντικείμενο ή σαν μία ποσότητα αντικειμένων. Τα χαρακτηριστικά και το μέγεθος ενός μικρού αντικειμένου μπορεί να εκτείνονται από τόσο μικρό και λεπτό όσο μία δεκάρα έως τόσο μεγάλο όσο το κέλυφος ενός φούρνου μικροκυμάτων.

Ένα κρεμασμένο είδος ένδυσης θεωρείται ένα κομμάτι ρούχου που κρατιέται από μία ξύλινη, μεταλλική ή πλαστική κρεμάστρα η οποία έχει ένα ανοικτό άγκιστρο και δύο βραχίονες. Το άγκιστρο είναι προσαρτημένο στην επιφάνεια μεταφοράς του εξοπλισμού διακίνησης προϊόντων. Οι δύο βραχίονες της κρεμάστρας συγκρατούν το είδος ένδυσης. Τα χαρακτηριστικά και το μέγεθος του κρεμασμένου αντικειμένου ένδυσης μπορεί να εκτείνονται από ένα χοντρό, μακρύ, βαρύ χειμωνιάτικο παλτό έως ένα ελαφρύ, κοντό, λεπτό καλοκαιρινό παντελόνι.

### **5.4 Οι αντικειμενικοί σκοποί της οριζόντιας διακίνησης και του εξοπλισμού της**

Οι αντικειμενικοί στόχοι αυτών των τύπων διακίνησης και του εξοπλισμού της είναι να μετακινούν τις μονάδες του προϊόντος κατά μήκος του δαπέδου της εγκατάστασης και πάνω σε ένα σταθερό ή μεταβλητό διάδρομο μεταφοράς και να διασφαλίζουν ότι μετακινείται η μέγιστη ποσότητα μονάδων προϊόντος στο χαμηλότερο δυνατό λειτουργικό κόστος με τις ελάχιστες ζημιές του προϊόντος, του κτιρίου και του εξοπλισμού καθώς και να διασφαλίζεται η ασφάλεια των υπαλλήλων.

Τα διάφορα είδη οριζόντιας διακίνησης μικρών αντικειμένων και κρεμασμένων ειδών ένδυσης και ο εξοπλισμός τους είναι παρόμοια γιατί μεταφέρουν μονάδες προϊόντων μεταξύ δύο θέσεων, αλλά υπάρχουν και διαφορές. Οι κυριότερες διαφορές είναι: 1) η πηγή ενέργειας που ωθεί την επιφάνεια μεταφοράς ή το όχημα, 2) το βάρος της μονάδας προϊόντος και η χωρητικότητα του κύβου που μεταφέρεται, 3) ο απαιτούμενος διάδρομος μεταφοράς ή χώρος τις μονάδας προϊόντος και της επιφάνειας μεταφοράς, 4) ο όγκος της μονάδας προϊόντος και το μίγμα προϊόντων ανά διαδρομή και 5) μία επιφάνεια μεταφοράς με την δυνατότητα φορτώματος και ξεφορτώματος της μονάδας προϊόντος



## 5.5 Οι παράμετροι σχεδιασμού της οριζόντιας μεταφοράς και του εξοπλισμού μικρών αντικειμένων και κρεμασμένων ειδών ένδυσης.

Μία πολύ σημαντική παράμετρος σχεδιασμού είναι η εγγύηση ότι η προτεινόμενη επιφάνεια και ο διάδρομος μεταφοράς ικανοποιούν τους αντικειμενικούς σκοπούς της διακίνησης της εταιρείας και των σχεδιασμένων απαιτήσεων της διαχείρισης υλικών και του εξοπλισμού της.

Για να εξασφαλιστεί ότι η προτεινόμενη οριζόντια διακίνηση μικρών αντικειμένων και κρεμασμένων ειδών ένδυσης θα ικανοποιήσει αυτούς τους παράγοντες σχεδιασμού, χρειάζεται να αναπτυχθούν εποπτικά σχέδια της διαχείρισης υλικών και της διακίνησης προϊόντων, τα αναγκαία λεπτομερή σχέδια και οι γραπτές λειτουργικές προδιαγραφές. Αυτά εξυπηρετούν δύο σκοπούς:

1. Τα εποπτικά και λεπτομερή σχέδια δείχνουν πως η διακίνηση των μικρών αντικειμένων και των κρεμασμένων ειδών ένδυσης θα μοιάζει και θα λειτουργεί.
2. Μαζί με τα σχέδια, οι γραπτές λειτουργικές προδιαγραφές παρέχουν το ιστορικό της διακίνησης της μονάδας προϊόντος.

Τα εποπτικά σχέδια γίνονται σε μικρή κλίμακα και δείχνουν το πλάτος του διαδρόμου

μεταφοράς μεταξύ δύο εμποδίων του κτιρίου, κατασκευαστικών κομματιών του εξοπλισμού, ή άλλων διακινήσεων. Επίσης δείχνουν τον αριθμό και τη γωνία των στροφών του διαδρόμου μεταφοράς, τον αριθμό των σταθμών φορτώματος και ξεφορτώματος και το συνολικό διάδρομο μεταφοράς και το πλάτος περιλαμβανομένου τις παρακάμψεις του φορτώματος, του ξεφορτώματος και της συντήρησης.

Σε αντίθεση με το εποπτικό το λεπτομερές σχέδιο της διακίνησης προϊόντων και του εξοπλισμού της γίνεται σε μεγάλη κλίμακα. Το λεπτομερές σχέδιο δείχνει ένα πλάνο μίας ειδικής θέσης στο διάδρομο μεταφοράς ή σε ένα συγκεκριμένο σταθμό εργασίας.

Πρώτα απ' όλα στην υλοποίηση της οριζόντιας διακίνησης ενός μικρού αντικειμένου ή κρεμασμένου είδους ένδυσης πρέπει να καθοριστεί ξεκάθαρα ο εξοπλισμός της διακίνησης και οι παράμετροι σχεδιασμού. Αυτοί οι παράμετροι σχεδιασμού είναι οι γραπτές λειτουργικές προδιαγραφές που συμπληρώνουν τα εποπτικά και λειτουργικά σχέδια.

Αυτοί οι παράμετροι σχεδιασμού περιλαμβάνουν:

1. Οι ελάχιστες, μέσες και μέγιστες διαστάσεις της μονάδας προϊόντος (μήκος, πλάτος, ύψος και βάρος).
2. Ο επιχειρησιακός όγκος, περιλαμβανομένου των σκαμπανεβασμάτων ή του συνεχούς και του μέσου όρου και του ανώτατου ορίου.
3. Το μίγμα των προϊόντων και τα χαρακτηριστικά του, όπως η ευθραυστότητα του προϊόντος, προστατευμένο ή απροστάτευτο και η μέθοδος αναγνώρισης του προορισμού της επιφάνειας μεταφοράς.
4. Η απόσταση της μεταφοράς ή το μήκος του συνολικού συστήματος, συμπεριλαμβανομένου του κύριου διαδρόμου μεταφοράς και των διαδρόμων διακλάδωσης, τον αριθμό των στροφών και τον τύπο τους και το μήκος φορτώματος και ξεφορτώματος των σταθμών, των παρακάμψεων συντήρησης, των ενώσεων των διακλαδώσεων και των απαιτούμενων εξόδων.
5. Ο σταθερός ή μεταβλητός διάδρομος μεταφοράς της επιφάνειας μεταφοράς ή του οχήματος και ο χειροκίνητος ή ελεγχόμενος από υπολογιστή εξοπλισμός.
6. Το πρόγραμμα τροφοδοσίας των θέσεων εργασίας, όπως αυτό προκύπτει από ζήτηση ή όπως είναι προκαθορισμένο.

7. Η απαιτούμενη απόσταση από άλλη διαχείριση υλικών ή κατασκευαστικό κομμάτι του εξοπλισμού, διακίνηση ή εμπόδιο του κτιρίου.
8. Οι μέθοδοι φορτώματος και ξεφορτώματος προϊόντων.
9. Οι συνθήκες της επιφάνειας του δαπέδου.
10. Τοίχοι προστασίας από φωτιά και διείδυση σε ανοίγματα του δαπέδου και προστασία τους.
11. Η πηγή ηλεκτρικής ενέργειας και άλλα βοηθητικά θέματα, περιλαμβανομένου της θέσης του αέρα, του τύπου και της ποσότητας.
12. Η υποστήριξη της επιφάνειας μεταφοράς και η σεισμική θέση.
13. Κάθε διάδρομος κίνησης εργαζομένων ή οι έξοδοι κινδύνου.
14. Αλλά λειτουργικά γεγονότα, όπως οι ώρες λειτουργίας, που σχετίζονται με την αποτελεσματική διακίνηση προϊόντων.

Η οριζόντια διακίνηση μικρών αντικειμένων ή κρεμασμένων ειδών ένδυσης αποτελείται από έξι ομάδες αρχών διακίνησης. Αυτές μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε μία νέα ή ανακατασκευασμένη εγκατάσταση και είναι:

1. Οριζόντια διακίνηση προϊόντων χωρίς ενέργεια πάνω στο δάπεδο.
2. Οριζόντια διακίνηση προϊόντων με ενέργεια πάνω στο δάπεδο.
3. Οριζόντια διακίνηση προϊόντων χωρίς ενέργεια στην οροφή.
4. Οριζόντια διακίνηση προϊόντων με ενέργεια στην οροφή.
5. Οριζόντια διακίνηση προϊόντων χωρίς ενέργεια μέσα στο δάπεδο.
6. Οριζόντια διακίνηση προϊόντων με ενέργεια μέσα στο δάπεδο.

## **5.6 Προσομοίωση με υπολογιστή της λειτουργίας της διακίνησης μικρών αντικειμένων ή κρεμασμένων ειδών ένδυσης**

Η προσομοίωση με υπολογιστή μπορεί να εφαρμοστεί σε υπάρχον σύστημα ή στην προτεινόμενη διακίνηση μικρών αντικειμένων ή κρεμασμένων ειδών ένδυσης. Για να αναπτυχθεί μία προσομοίωση με υπολογιστή για την διακίνηση προϊόντων, πρέπει να παρέχονται τα προτεινόμενα ή τα υπάρχοντα εποπτικά και λεπτομερή σχέδια καθώς και οι γραπτές λειτουργικές προδιαγραφές.

Το εποπτικό σχέδιο θεωρείται το πιο σημαντικό σχέδιο των παραμέτρων σχεδιασμού της διακίνησης προϊόντων εξαιτίας του γεγονότος ότι αυτό δείχνει τη θέση του οχήματος ή του σταθμού αναχώρησης της επιφάνειας μεταφοράς, την ακριβή θέση κάθε σταθμού διανομής, το μήκος του κύριου διαδρόμου και των παρακάμψεων και τις θέσεις των ενώσεων, τον αριθμό, τον τύπο και τη θέση κάθε στροφής ή καμπύλης, τη γωνία, το μήκος των σταθμών φορτώματος και ξεφορτώματος και των διακλαδώσεων.

Μετά από αυτό δεδομένα του όγκου των προϊόντων και άλλες πληροφορίες της διακίνησης προϊόντων εισάγονται στο μοντέλο της προσομοίωσης. Στη συνέχεια το πρόγραμμα του υπολογιστή μπορεί να υπολογίσει τον αριθμό και τη συχνότητα των φορτο-εκφορτώσεων ανά σταθμό, μία προβολή της ενδεχόμενης επιφάνειας μεταφοράς, του οχήματος ή της θέσης της ουράς των προϊόντων που μπορεί να απαιτεί επιπλέον χώρο συγκέντρωσης ή μία μεγαλύτερη ταχύτητα στην επιφάνεια μεταφοράς, τις ενδεχόμενες ή προτιμητέες θέσεις της επιφάνειας μεταφοράς και τη δραστηριότητα σε κάθε θέση ένωσης ή μεταβίβασης και τέλος τον απαιτούμενο αριθμό των οχημάτων μεταφοράς και εργαζομένων που διασυνδέονται με τη δραστηριότητα της διακίνησης των

προϊόντων, που διαχειρίζονται τον όγκο των προϊόντων, βασισμένο στις λειτουργικές ώρες της κάθε ημέρας.

## **5.7 Παράγοντες σχεδιασμού οριζόντιας διακίνησης χωρίς ενέργεια**

Όταν η λειτουργία του εργοστασίου ή της αποθήκης χρειάζεται να μετακινεί μονάδες προϊόντος και η λειτουργία αυτή έχει κάποιους περιορισμούς που δεν επιτρέπουν μία διακίνηση με ενέργεια, θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί οριζόντια διακίνηση προϊόντων χωρίς ενέργεια. Οι περιορισμοί που κάνουν την οριζόντια διακίνηση προϊόντων χωρίς ενέργεια αποτελεσματική, λειτουργική και οικονομική είναι οι ακόλουθοι:

1. Ένας μικρός αριθμός διαδρομών μεταφοράς ή παραγγελιών ανά ώρα.
2. Η εγκατάσταση, το κτίριο ή άλλα υλικά ή διατάξεις του εξοπλισμού κατασκευής δεν επιτρέπουν την χρήση εξοπλισμού διακίνησης με ενέργεια.
3. Ο ρυθμός διεξαγωγής της εργασίας είναι χαμηλός.
4. Μεγάλο εργατικό δυναμικό είναι διαθέσιμο.
5. Ο όγκος των μονάδων προϊόντων, τα χαρακτηριστικά και το μίγμα τους μπορούν να διαχειριστούν από έναν άνθρωπο, χειροκίνητο όχημα ή βαρυτική δύναμη.
6. Η απαιτούμενη απόσταση μεταφοράς της μονάδας προϊόντος είναι μικρή.
7. Το κόστος της μετεγκατάστασης του εξοπλισμού διακίνησης είναι πολύ μεγάλο.
8. Δεν υπάρχει χώρος αποθήκευσης καυσίμων ή γεμίματος μπαταριών.
9. Η ικανότητα εσωτερικής διακίνησης συντήρησης είναι χαμηλή.
10. Οι διάφορες μονάδες προϊόντος είναι ακανόνιστου σχήματος και δεν μπορούν να διαχειριστούν από οχήματα ή επιφάνειες μεταφοράς με ενέργεια.
11. Περιορισμένοι χρηματικοί πόροι είναι διαθέσιμοι.
12. Μία μεγάλη ποικιλία μικρών αντικειμένων, μεμονωμένων κομματιών ή κρεμασμένων ειδών ένδυσης πρέπει να διαχειριστεί.

## **5.8 Μέσα οριζόντιας διακίνησης αντικειμένων χωρίς ενέργεια**

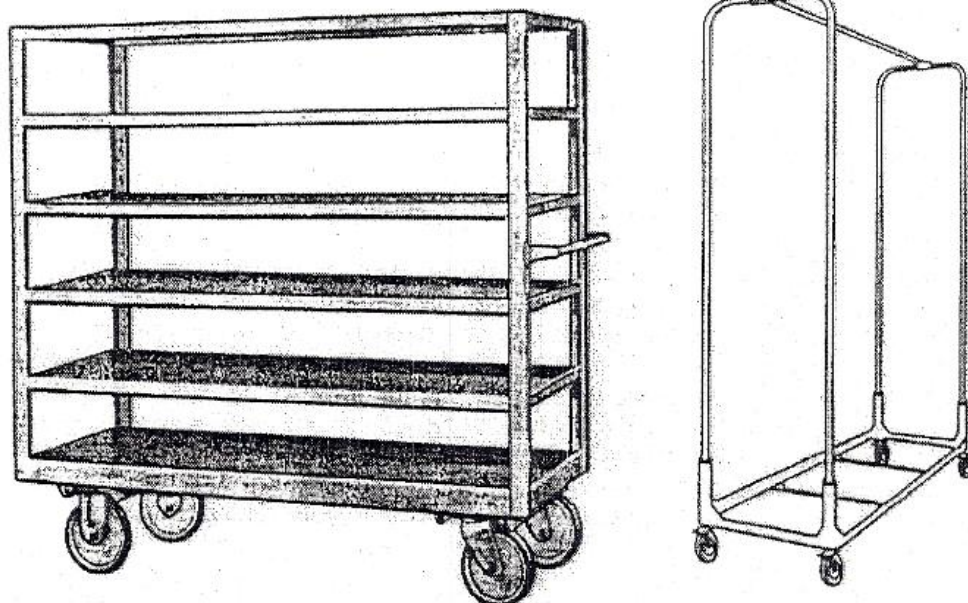
Σε αυτό το είδος διακίνησης μετακινούνται μικρά αντικείμενα ή κρεμασμένα είδη ένδυσης μεταξύ δύο θέσεων αποθήκευσης ή θέσεων του εργοστασίου ή σταθμών εργασίας, κατά μήκος ενός επιπέδου. Όταν ένα χειροκίνητο ή βαρυτικής δύναμης όχημα απαιτείται να μετακινήσει προϊόν πάνω στο διάδρομο μεταφοράς, αυτός πρέπει να είναι ελεύθερος και καθαρός από όλα τα εμπόδια. Αυτό το είδος διακίνησης δεν επιτρέπει να παρουσιάζονται άλλες δραστηριότητες μέσα στο διάδρομο μεταφοράς. Εάν άλλες δραστηριότητες παρουσιάζονται στο διάδρομο μεταφοράς ή εισέρχονται μέσα σε αυτόν, τότε το γεγονός αυτό αυξάνει την πιθανότητα ατυχημάτων των εργαζομένων, ζημιών του προϊόντος, του κτιρίου ή του εξοπλισμού, και σημαίνει καθυστέρηση της διανομής του προϊόντος στην προκαθορισμένη θέση ή σταθμό.

Υπάρχουν διαφόρων ειδών οριζόντιες διακινήσεις χωρίς ενέργεια:

### 1. Μεταφορά με ανθρώπους ή εργαζόμενους.

Σε αυτή τη διακίνηση προϊόντων, η πηγή ενέργειας που μεταφέρει τη μονάδα προϊόντος μεταξύ δύο θέσεων είναι ο άνθρωπος. Τα μειονεκτήματα αυτού του είδους διακίνησης είναι: 1) ο άνθρωπος διαχειρίζεται χαμηλό όγκο προϊόντων, 2) έχει περιορισμό στο βάρος, το μέγεθος και την ποσότητα των μονάδων προϊόντων που μπορεί να διαχειριστεί, 3) μπορεί να προκαλέσει ουρές σε άλλους σταθμούς εργασίας και 4) μπορεί να προκληθούν ατυχήματα στους εργαζομένους. Από την άλλη μεριά τα πλεονεκτήματα είναι ότι ο άνθρωπος μπορεί να διαχειριστεί διάφορα είδη προϊόντων, απαιτεί στενό διάδρομο μεταφοράς, είναι εύκολο να ξεκινήσει και απαιτεί χαμηλή επένδυση χρημάτων, μπορεί να μετακινηθεί σε δάπεδο όχι καλής ποιότητας και συνθηκών, και τέλος μπορεί να μετακινηθεί σε μεταβλητό ή σταθερό διάδρομο μεταφοράς.

### 2. Όχημα χειροκίνητο τεσσάρων τροχών με ράφια ή μπάρα για κρέμασμα (Σχ. 5.3).



Σχ. 5.3

Σε σχέση με τον τρόπο μεταφοράς με άνθρωπο, αυτός ο τρόπος πλεονεκτεί γιατί διαχειρίζεται περισσότερα είδη προϊόντων, μεγαλύτερου μεγέθους, ποσότητας, όγκου και βάρους.

Τα μειονεκτήματα της διακίνησης με χειροκίνητο όχημα τεσσάρων τροχών είναι:

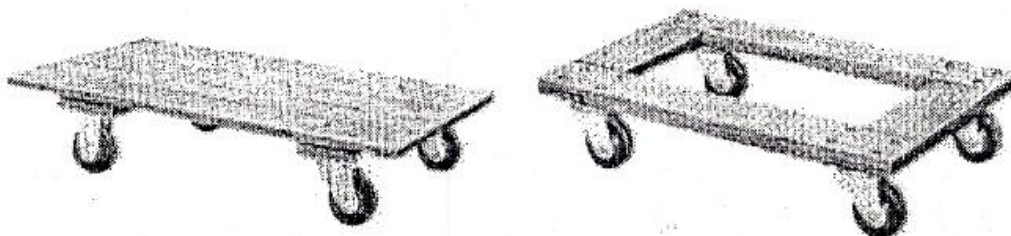
1. Απαιτεί φυσική προσπάθεια από τον εργαζόμενο για να κινηθεί.
2. Διαχειρίζεται περιορισμένο όγκο.
3. Πρέπει να επιστρέψουν στο σταθμό αποστολής.
4. Μπορούν να μετακινηθούν μόνο σε μία μικρή απόσταση.
5. Απαιτούν έναν εργαζόμενο να εκτελέσει τις εργασίες φορτώματος και ξεφορτώματος.
6. Εκτελεί έναν μικρό αριθμό μετακινήσεων την ώρα.
7. Είναι δύσκολο να διατηρήσει ένα προκαθορισμένο πρόγραμμα.
8. Απαιτεί ένα λείο, επίπεδο δάπεδο που να είναι χωρίς ρωγμές και θραύσματα.

Την ίδια στιγμή, βέβαια τα χειροκίνητα οχήματα τεσσάρων τροχών έχουν πολλά πλεονεκτήματα:

1. Διαχειρίζονται ένα ευρύ όγκο προϊόντων, περιλαμβανομένου χύμα αντικείμενα, συσκευασμένες μονάδες προϊόντος ή κρεμασμένα είδη ένδυσης.
2. Μπορούν να μετακινηθούν σε μεταβλητούς διαδρόμους μεταφοράς.
3. Ο διάδρομος μεταφοράς απαιτεί φυσιολογική εκκαθάριση.
4. Απαιτούν χαμηλή επένδυση χρημάτων.
5. Δεν απαιτούν αποθήκη καυσίμων ή περιοχή γεμίσματος μπαταριών .
6. Έχουν εύκολη συντήρηση.
7. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν και σαν περιοχή προσωρινής αποθήκευσης μικρών αντικειμένων, χαρτόκουτων ή κρεμασμένων ειδών ένδυσης.

### 3. Πλατφόρμα με ρόδες (Σχήμα 5.4)

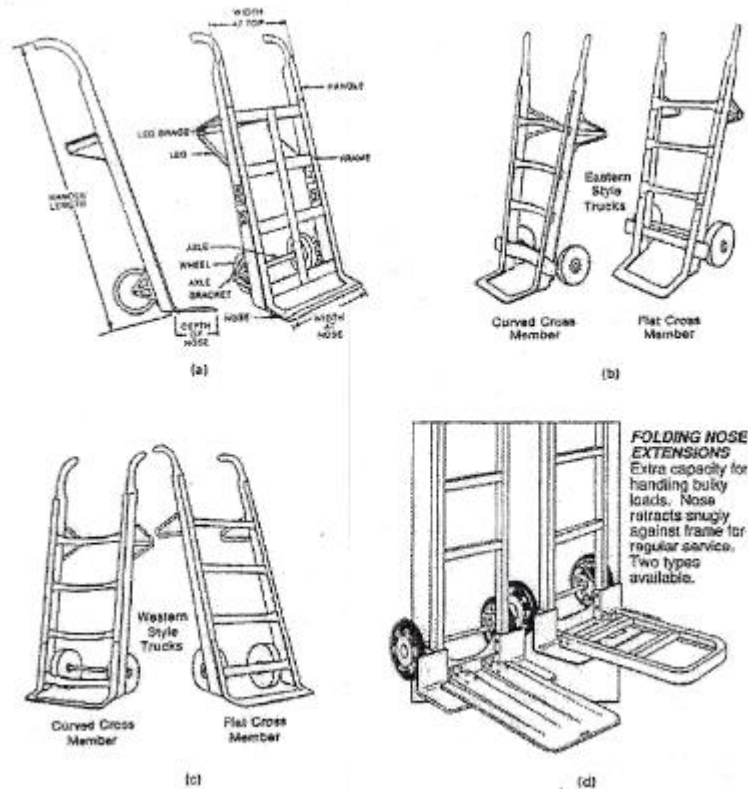
Είναι οχήματα τριών ή τεσσάρων τροχών και η επιφάνεια μεταφοράς τους διαχειρίζεται κιβώτια ή κλωβούς μεταφοράς προϊόντων. Χρησιμοποιούνται όταν τα μεγέθη των προϊόντων είναι αρκετά μεγάλα και βαριά για να μεταφερθούν από ανθρώπους ή όταν τα προϊόντα είναι πολύ μικρά για να μεταφερθούν από όχημα για παλλέτες.



Σχ. 5.4

#### 4. Χειροκίνητο καρότσι δύο τροχών (Σχήμα 5.5).

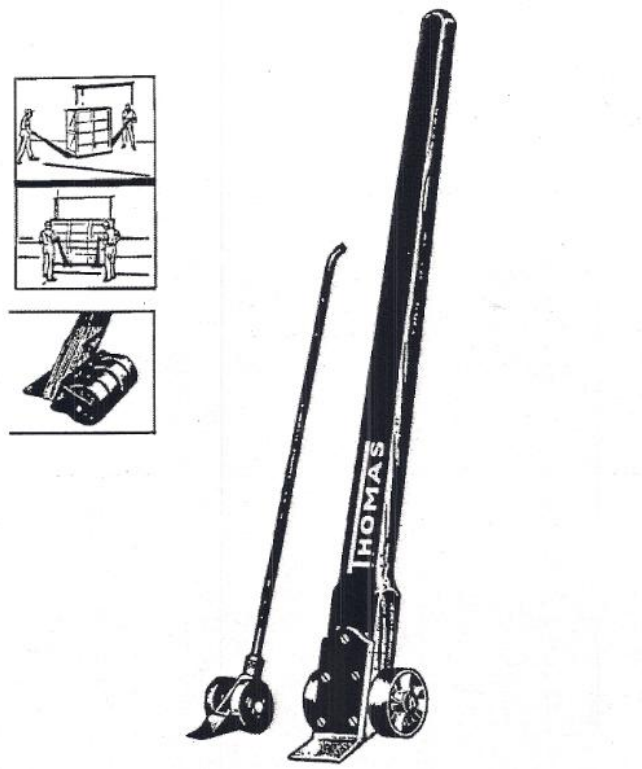
Το επόμενο χειροκίνητο όχημα μεταφοράς κιβωτίου ή κλωβού προϊόντων είναι το καρότσι δύο τροχών. Όταν υπάρχει μικρή απόσταση μεταφοράς και μόνο λίγα κιβώτια να μεταφερθούν μεταξύ δύο θέσεων το συγκεκριμένο όχημα είναι κατάλληλο. Επίσης αυτά τα κιβώτια ή οι κλωβοί είναι αρκετά βαριά για να μεταφερθούν από ανθρώπους και ο αριθμός τους είναι μικρός για να χρησιμοποιηθεί άλλο μέσο οριζόντιας διακίνησης. Ο χειρισμός αυτού του μέσου διακίνησης είναι εύκολος και απλός σε σχέση με άλλα μέσα. Οι τύποι του χειροκίνητου οχήματος με δύο τροχούς.



Σχ. 5.5

#### 5. Μπάρα μεταφοράς.

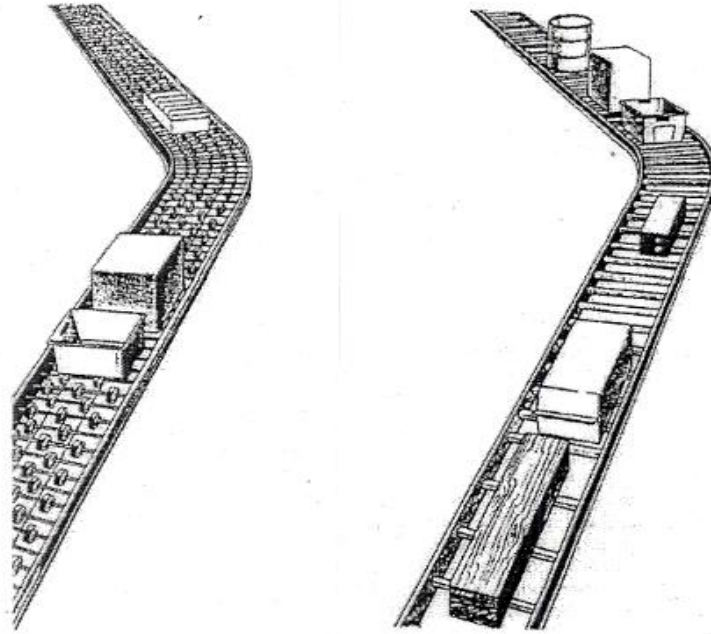
Είναι παρόμοιο μέσο με το χειροκίνητο όχημα δύο τροχών(Σχήμα 5.6). Χρησιμοποιείται για την μεταφορά ενός μόνον μεγάλου κιβωτίου ή κλωβού προϊόντων σε μικρή απόσταση μεταξύ δύο θέσεων. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την μεταφορά μόνο μία μπάρα ή και σε συνδυασμό δύο μπαρών μεταφοράς .



Σχ. 5.6

## 6. Ταινία μεταφοράς με κυλινδρικούς περιστρεφόμενους ράβδους ή ράβδους με μικρούς τροχούς.

Αυτό το μέσο μεταφοράς μεταφέρει κιβώτια ή κλωβούς προϊόντων κατά μήκος του διαδρόμου μεταφοράς για μία μικρή απόσταση διαδρομής. Η μορφή αυτού του μέσου οριζόντιας μεταφοράς φαίνεται στο σχήμα 5.7. Έχει τη δυνατότητα να διαχειριστεί μέσου όγκου κιβώτια ή containers, διαφόρων σχημάτων και μίγματος προϊόντων. Η μεταφορά των αντικειμένων κατά μήκος του διαδρόμου μεταφοράς γίνεται με ανθρώπινη δύναμη ή με τη δύναμη της βαρύτητας. Τα δύο είδη αυτού του τρόπου μεταφοράς (με κυλινδρικούς περιστροφικούς ράβδους ή με ράβδους με μικρούς τροχούς) είναι παρόμοια, γιατί λειτουργούν και τα δύο χειροκίνητα ή με τη δύναμη της βαρύτητας μεταφέρουν τα ίδια είδη προϊόντων και έχουν παρόμοιους παραμέτρους σχεδιασμού.



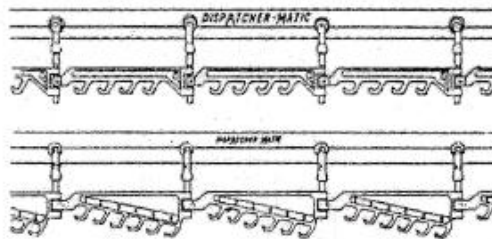
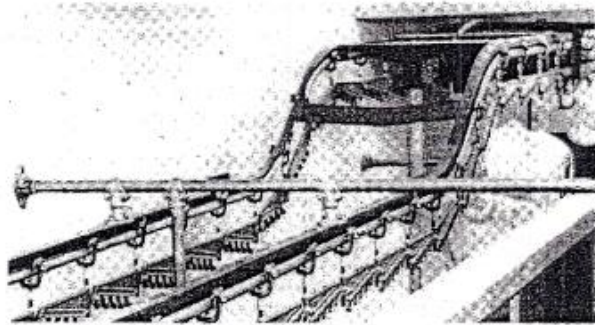
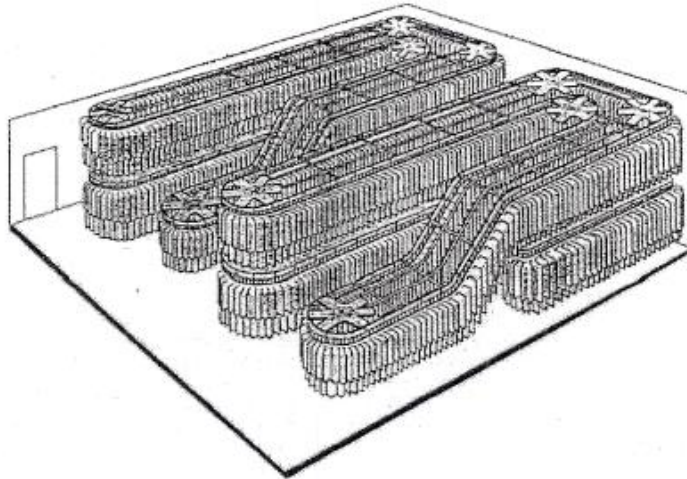
Σχ. 5.7

## 7. Ολισθηρή ράγα.

Οι ολισθηρές ράγες χρησιμοποιούνται για τη διακίνηση φορτίων τα οποία είναι συνήθως κρεμαστά είδη ένδυσης. Η κίνηση των αντικειμένων γίνεται με την ανθρώπινη δύναμη. Ως τροχιές χρησιμοποιούνται τα πλέγματα μορφοσιδήρων ή ιδιαιτέρως δοκοί (βλ. Σχήμα 5.8). Οι κρεμαστές τροχιές χρησιμοποιούνται κυρίως για τη διακίνηση φορτίων σε μεγάλες αποστάσεις. Εκτός αυτών μπορούν να συναρμολογηθούν παρακαμπτήριες τροχιές, συστήματα επί τόπου περιστροφής ή σταθμοί καθόδου, έτσι ώστε τα φορτία να μπορούν να κατευθύνονται και σε άλλες θέσεις μέσω των παρακαμπτηρίων.

Λεπτομέρειες στα άγκιστρα που κρεμιούνται τα είδη ένδυσης φαίνονται στο σχήμα 3.8. Το μέσο αυτό μεταφοράς απαιτεί μικρή επένδυση χρημάτων, είναι εύκολο στη χρήση και έχει χαμηλό κόστος συντήρησης.



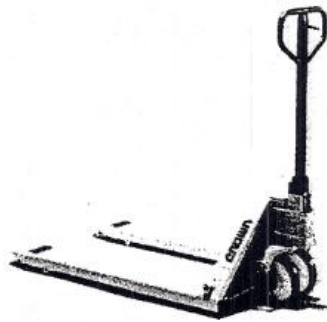
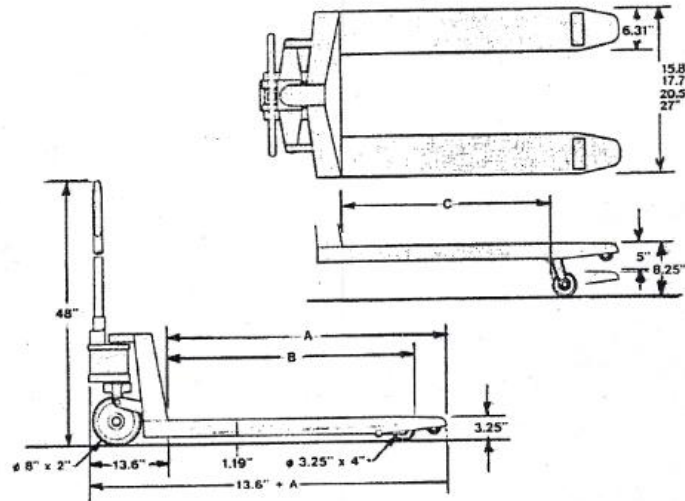


Σχ. 5.8

### 8. Χειροκίνητο περονοφόρο όχημα.

Τα χειροκίνητα περονοφόρα οχήματα σχήμα 5.9 είναι κατάλληλα για μικρές αποστάσεις μεταφοράς προϊόντων εξαιτίας της δυνατότητάς τους για διάφορους ελιγμούς, της απλής τους λειτουργίας και του χαμηλού κόστους συντήρησής τους.

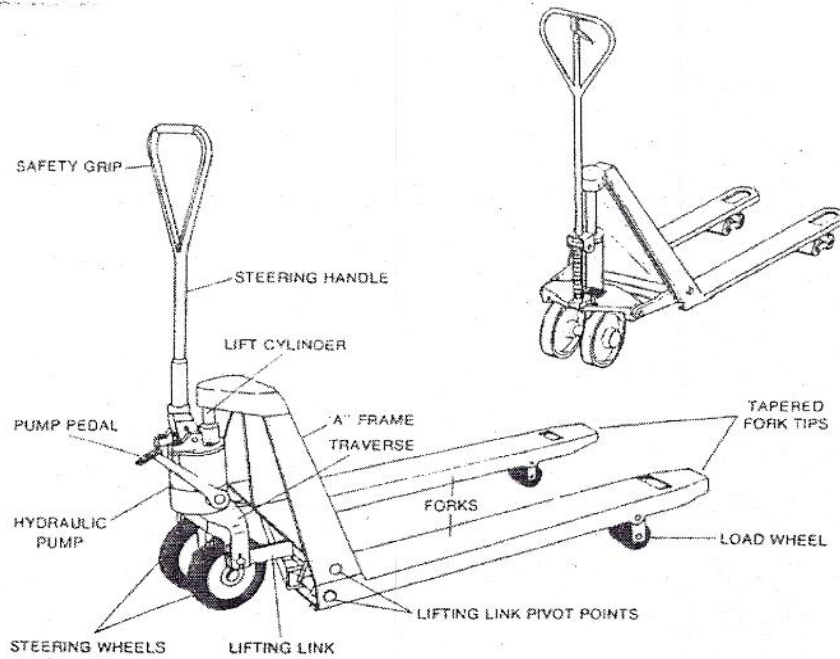
Το χειροκίνητο περονοφόρο όχημα μπορεί να ανυψώσει το δάπεδο του οχήματος ή να κατέβει κατά 50 έως 80 mm με τη βοήθεια μοχλών. Έτσι μπορεί κανείς να προωθήσει το όχημα κάτω από το φορτίο που είναι τοποθετημένο σε παλλέτα να το ανυψώσει και να το μεταφέρει. Υπάρχουν δύο τύποι μηχανισμών για την ανύψωση των περονών, ο υδραυλικός και ο μηχανικός(Σχήμα 5.10)



Σχ. 5.9

Για την καλύτερη μεταφορά και ασφάλεια των προϊόντων που μεταφέρονται καθώς και την αύξηση της παραγωγικότητας των χειριστών χρησιμοποιούνται κάποιες διατάξεις υποστήριξης.

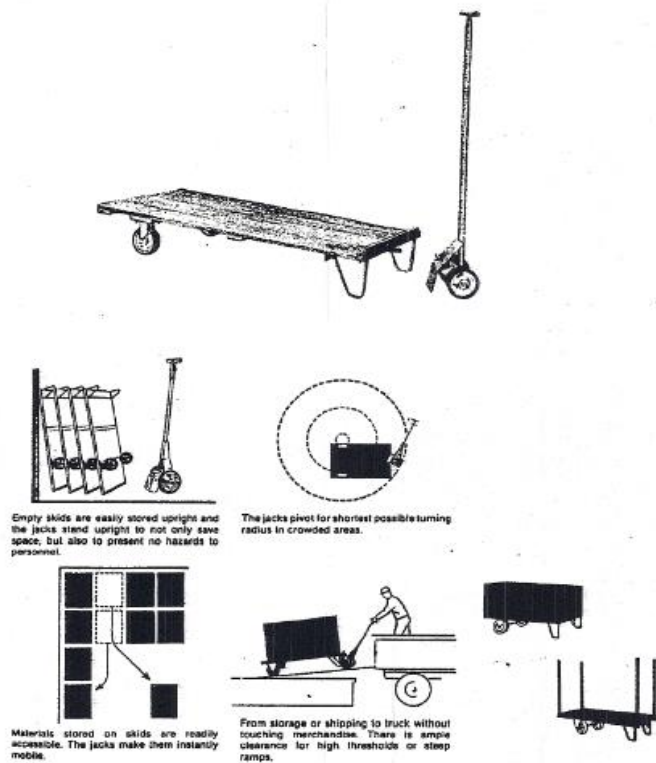
Τα μειονεκτήματα της χρήσης των χειροκίνητων περονοφόρων οχημάτων είναι ότι απαιτούν ανθρώπινη δύναμη, είναι δύσκολη η μεταφορά σε διαδρομή υπό κλίση, απαιτούν χρήση παλλετών, αυξάνουν την πιθανότητα φθοράς των προϊόντων και είναι δύσκολη η μετακίνησή τους σε μεγάλη διαδρομή.



Σχ. 5.10

### 9. Semilive skid (Σχήμα 5.11)

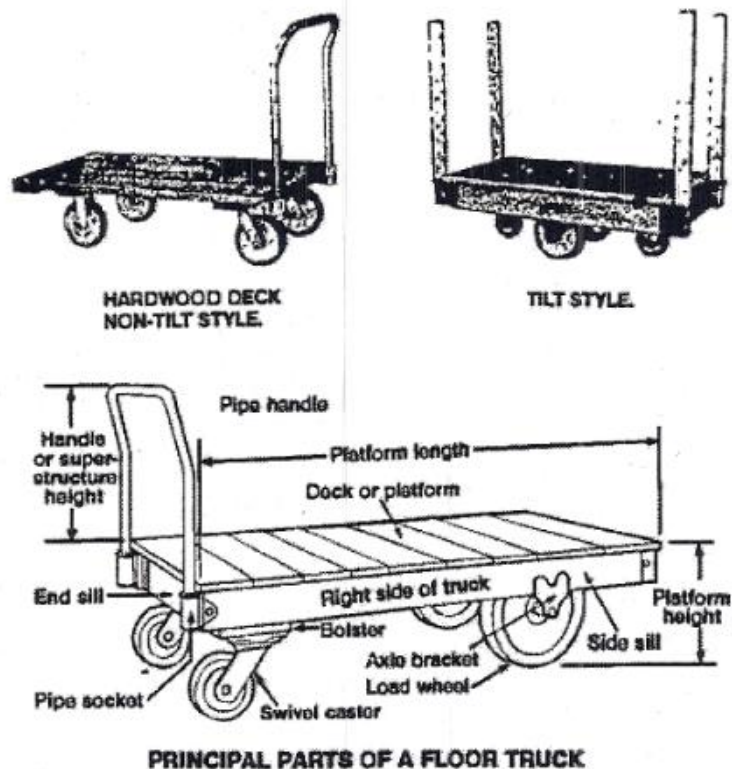
Αυτό το όχημα, συγκρινόμενο με το χειροκίνητο περνοφόρο όχημα και με το καρότσι των δύο τροχών, μπορεί να διαχειριστεί μεγαλύτερη ποσότητα προϊόντων, μεγαλύτερου βάρους. Το βάρος που μπορεί να διαχειριστεί κυμαίνεται από 1200 έως 3600 lb.



Σχ. 5.11

## 10. Platform truck (Σχήμα 5.12)

Σε αυτό το είδος οχήματος υπάρχουν δύο τύποι, αυτός που του δίνει τη δυνατότητα ταλάντευσης και ο σταθερός. Η δυνατότητα ταλάντευσης επιτυγχάνεται με τη χρήση έξι τροχών αντί τεσσάρων που έχει ο σταθερός τύπος. Οι τροχοί που βρίσκονται στη μέση έχουν μεγαλύτερη διάμετρο από τους υπόλοιπους τέσσερις. Έτσι σε επαφή με το έδαφος έρχονται οι τέσσερις (οι μεσαίοι και δύο άλλοι), με αποτέλεσμα η επιφάνεια μεταφοράς να σχηματίζει μικρή γωνία σε σχέση με το οριζόντιο επίπεδο. Τα υλικά από τα οποία μπορεί να κατασκευαστεί η επιφάνεια μεταφοράς είναι σκληρό ξύλο, χάλυβας και σκληρό πλαστικό.



Σχ. 5.12

## 11. Wagon truck (Σχήμα 5.13)

Αυτός ο τύπος μεταφορικού οχήματος ζυγίζει περίπου 135 lb και μπορεί να μεταφέρει φορτίο βάρους από 1200 έως 1500 lb. Τα περισσότερα οχήματα αυτού του τύπου έχουν επιφάνεια μεταφοράς από σκληρό ξύλο.



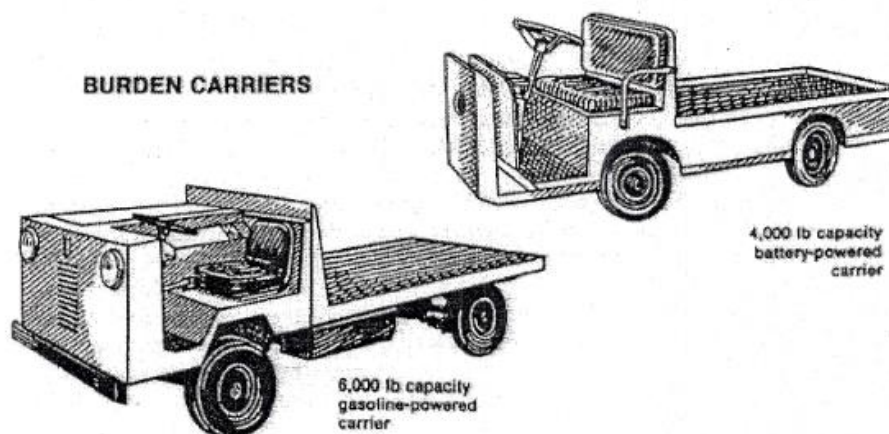
Σχ. 3.13

## 5.9 Μέσα οριζόντιας διακίνησης αντικειμένων με ενέργεια

Αυτοί οι τύποι διακίνησης χρησιμοποιούν σαν πηγή ενέργειας έναν ηλεκτροκινητήρα, πίεση αέρα, ή μία μηχανή εσωτερικής καύσης, 'ώστε να δοθεί ώθηση στην επιφάνεια μεταφοράς. Συγκρίνοντας την οριζόντια διακίνηση χωρίς ενέργεια με αυτή με ενέργεια υπάρχουν στην δεύτερη κάποια χαρακτηριστικά που πλεονεκτούν της πρώτης. Η οριζόντια διακίνηση με ενέργεια έχει περισσότερη ισχύ για να κινήσει το προϊόν, έχει μεγαλύτερες ταχύτητες των επιφανειών μεταφοράς ή των οχημάτων, μπορούννα μεταφέρουν μεγαλύτερο βάρος φορτίου, και τέλος η επιφάνεια μεταφοράς ή το όχημα απαιτεί μία συγκεκριμένη απόσταση για να σταματήσει εντελώς. Υπάρχουν διάφορα μέσα οριζόντιας διακίνησης μικρών αντικειμένων ή κρεμασμένων ειδών ένδυσης με χρήση κάποιας πηγής ενέργειας:

### 1. Μεταφορέας με καρότσα (Σχήμα 5.14)

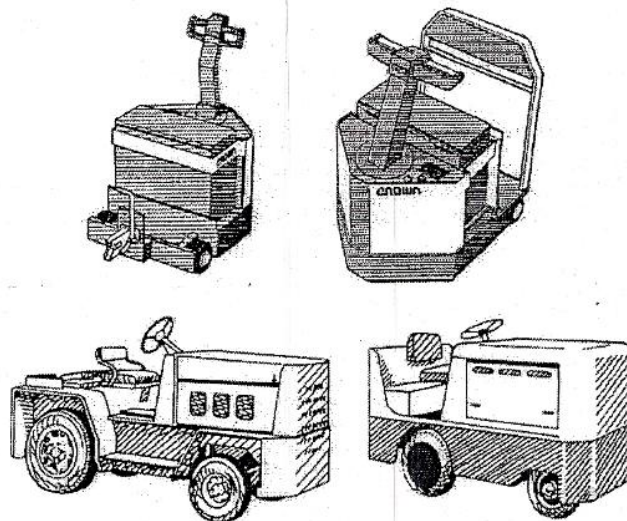
Τα οχήματα αυτού του τύπου μπορεί να είναι βενζινοκίνητα, ηλεκτροκίνητα ή κινούμενα με LPG (liquid propane gas). Οι τυποποιημένες διαστάσεις της επιφάνειας μεταφοράς τους είναι: α) 30ίν πλάτος x 48ίν μήκος, β) 32ίν πλάτος x 44ίν μήκος, γ) 24 ίν πλάτος x 44 ίν μήκος, δ) 41 in πλάτος x 77 in μήκος. Για αυτές τις επιφάνειες μεταφοράς τα αντίστοιχα βάρη των φορτίων είναι: α) 500 έως 1000 lb, β) 1000 έως 3000 lb, γ) 500 έως 1000 lb, δ) 500 έως 6000 lb.



Σχ. 5.14

## 2. Όχημα με ρυμούλκα (Σχήμα 5.15)

Τα οχήματα (tow-tractor vehicle) αυτά είναι ηλεκτροκίνητα ή με κινητήρες εσωτερικήςκαύσης και υπάρχει η δυνατότητα ελέγχου τους εξ αποστάσεως (remote controlled) με χειριστήριο ή με ηλεκτρονικό υπολογιστή (π.χ. AGV vehicle). Μέθοδοι αγκίστρωσης ή σύζευξης της ρυμούλκας φαίνονται στο σχήμα 5.15



Σχ. 5.15

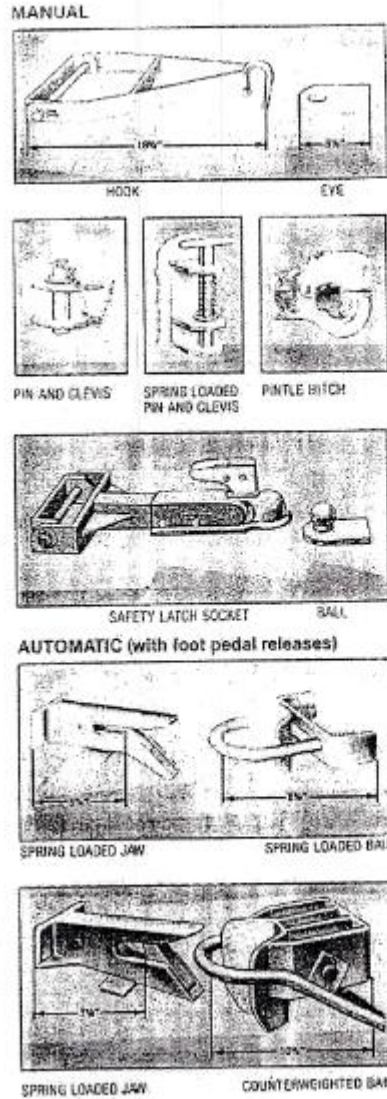
## 3. Μεταφορικοί διάδρομοι με ταινία.

Η τυπική μεταφορική ταινία αποτελείται κυρίως από τον ατέρμονα ιμάντα (ταινία), τα τύμπανα (κίνησης, επιστροφής, τάνυσης και αλλαγής κατεύθυνσης ιμάντα), τους σταθμούς άνω και κάτω ραούλων, το σύστημα κίνησης (μειωτήρες, Η/Κ, συμπλέκτες, σύνδεσμοι, έδρανα κ.λ.π.), και το σύστημα τάνυσης. Δευτερεύοντα στοιχεία είναι ο μεταλλικός σκελετός, το σύστημα καθαρισμού (βούρτσα, ξύστρα, διάταξη τινάγματος της ταινίας, προστατευτικό από υλικά που ξεφεύγουν από την επιφάνεια του ιμάντα κ.α.), οι αυτοματισμοί που προστατεύουν τη μεταφορική ταινία και συνδέουν λογικά την υπόλοιπη παραγωγή με τη μεταφορική ταινία.

Υπάρχει μεγάλη ποικιλία στις μορφές μεταφορικών ταινιών. Σημαντικότερη διάκριση είναι σε οριζόντιες και κεκλιμένες.

### ΤΥΜΠΑΝΟ

Το τύμπανο είναι κύλινδρος συνήθως κλειστός στα άκρα, γύρω από τον οποίο τυλίγεται, κατά μήκος μέρους της περιφέρειάς του, πλατύς ιμάντας. Το τύμπανο μπορεί να περιστρέφεται ελεύθερα γύρω από άξονα ανεξάρτητο ή να συνδέεται μόνιμα με άξονα που εδράζεται σε δύο έδρανα.



Σχ. 5.16

Το τύμπανο έχει δύο λειτουργικούς στόχους. Μεταφέρει την κινητήρια ροπή  $M$  από τον άξονά του στο στοιχείο που τυλίγεται γύρω του, σαν εφελκυστική δύναμη  $P$ , ή αλλάζει την κατεύθυνση του μιάνα πιέζοντάς τον με κάθετη προς τον μιάνα δύναμη  $H_A$ .

Είναι φανερό ότι στη δεύτερη περίπτωση ο συντελεστής τριβής μιάνα με τύμπανο δεν παίζει κανένα ρόλο, ενώ στην πρώτη περίπτωση έχει ιδιαίτερη σημασία. Για αύξηση του συντελεστή τριβής μεταξύ μιάνα και τυμπάνου γίνεται επένδυση του τυμπάνου με ελαστικό, κεραμικά ή άλλα υλικά (βλ Πιν. 5.1).

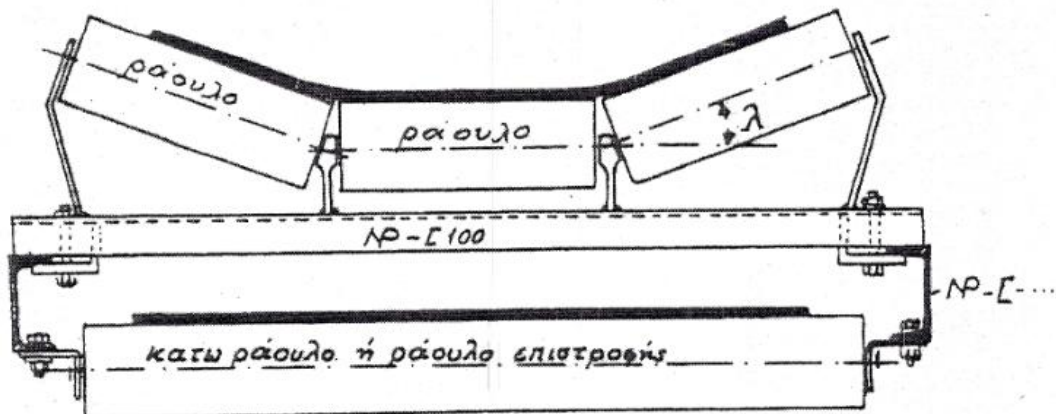
Κατάσταση λειτουργίας	Επιφάνεια τυμπάνου			
	Λείο χαλύβδινο τύμπανο	Τύμπανο με μανδύα πολουρεθάνης	Τύμπανο με ραβδωτό μανδύα ελαστικού	Τύμπανο με ραβδωτό κεραμικό μανδύα
Στεγνή	0.35 – 0.4	0.35 – 0.4	0.4 – 0.45	0.4 – 0.45
Υγρή (καθαρό νερό)	0.1	0.35	0.35	0.35 – 0.4
Υγρή (λασπώνερο)	0.05 – 0.1	0.2	0.25 – 0.3	0.35

Πίνακας 5.1. Συντελεστές τριβές μεταξύ ιμάντα και τυμπάνου

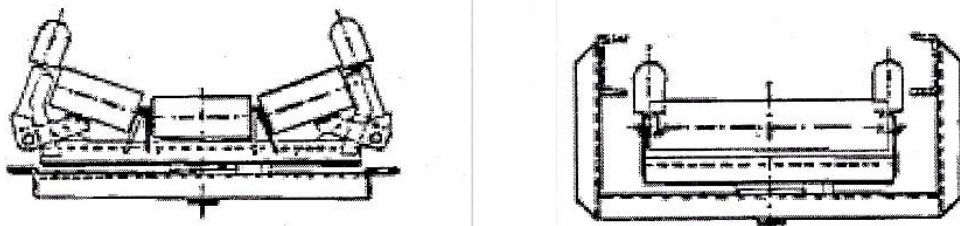
### ΡΑΟΥΛΑ

Είναι όμοια με τα τύμπανα που περιστρέφονται ελεύθερα περί σταθερό άξονα, μόνο που είναι εν γένει μικρότερα και χρησιμοποιούνται για να μεταβιβάσουν εξωτερικά κατακόρυφα φορτία στον άξονά τους. Οι φορείς των φορτίων (π.χ. ιμάντες) κινούνται και παρασύρουν τα ράουλα σε περιστροφή.

Τα ράουλα συντίθενται σε σταθμούς ραούλων, όπως παρουσιάζονται στο σχήμα 5.17 στους οποίους διακρίνονται τα στηρίγματα των ραούλων και τα ράουλα. Μία ειδική κατηγορία ραούλων είναι τα ράουλα οδηγήσεως του ιμάντα, τα οποία έχουν σκοπό να εμποδίζουν τον ιμάντα να φύγει από την κανονική θέση λειτουργίας (σχήμα 5.18).



Σχ. 5.17



Σχ. 5.18



Το DIN 22101 δίνει οδηγίες για διαστάσεις και διατάξεις των ραούλων όταν χρησιμοποιούνται για μεταφορικές ταινίες.

## **ΙΜΑΝΤΕΣ**

Οι ιμάντες των μεταφορικών μηχανών διαφέρουν από τους πλατείς ιμάντες της ιμαντοκίνησης κυρίως στο ότι είναι φορείς υλικού. Ως προς τη διάσταση του πλάτους υπάρχουν τυποποιήσεις. Τα τυποποιημένα πλάτη των κανονισμών δίνονται στον πίνακα 5.1.

Η άνω και η κάτω επιφάνεια του ιμάντα έχουν επικάλυψη από ελαστικό. Το πάχος του ελαστικού θα πρέπει να είναι συνάρτηση του υλικού που πρόκειται να μεταφερθεί. Διακρίνονται τρεις ποιότητες ελαστικής επικάλυψης ανάλογα προς την εφαρμογή του ιμάντα. Εκτός από την απλή ελαστική επικάλυψη υπάρχει αυτή που επιτρέπει μεταφορά θερμών υλικών (<math>150^{\circ}\text{C}</math>) και εκείνη που είναι απρόσβλητη από λίπη και λάδια. Η απλή επικάλυψη έχει βάρος  $11.4 \text{ N/m}^2$  για κάθε mm πάχους, οι ειδικές δε έχουν βάρος από  $13.2$  έως  $15.0 \text{ N/m}^2$  ανά mm πάχους. Ο πυρήνας του ιμάντα περιέχει ενισχύσεις (σε δύο έως 5 συνήθως στρώσεις), οι οποίες παραλαμβάνουν τις δυνάμεις. Οι ενισχύσεις μπορεί να αποτελούνται από διάφορα υλικά, Κυρίως διακρίνονται τρεις κατηγορίες: α) οι βαμβακερές ενισχύσεις, β) οι ενισχύσεις συνθετικής ίνας (πολυεστερικές, πολυαμιδικές κ.λ.π.) και γ) οι ενισχύσεις από χαλύβδινα πλέγματα. Οι ενισχύσεις έχουν διαφορετική αντοχή κατά μήκος τον ιμάντα και διαφορετική εγκάρσια προς αυτόν. Η αντοχή κατά μήκος είναι πολύ μεγαλύτερη. Αντοχή θραύσης σε εφελκυσμό για ιμάντες δίνονται στον **πίνακα 5.2** και αφορούν κάθε cm πλάτους του ιμάντα για κάθε αριθμό ενισχύσεών.

**Ι Μ Α Ν Τ Ε Σ**  
(στοιχεία από κατασκευαστή)

Είδος ενίσχυσης ιμάντα		Χαρακτηρισμός		Αντοχή σε εσθλυσμό	
				10 N/cm <sup>2</sup> /ενίσχυση διαμήκης	εγκάρσια
Βαμβάκινος Λινός	"Σ"	BZ	50/25	50	25
	"Ζ"	BZ	60/30	60	30
		BZ	80/35	80	35
Λινός	"Ζ"	Z	70/30	70	30
		Z	90/40	90	40
		Z	125/50	125	50
Λινός	"R"	RP	EP 125/50	125	50
Πολυαμίδης	"P"	RP	EP 160/60	160	60
Πολυεστέρας	"Σ"	RP	EP 200/80	200	80
		RP	EP 250/80	250	80
		RP	EP 300/80	300	80
		RP	EP 400/100	400	100
		RP	EP 500/100	500	100
			EP 600/100	600	100
Χαλύβδινος	"St"	St	1000	Αντοχή σε εσθλυσμό Kp/cm <sup>2</sup>	
		St	1250	1 000	
		St	1600	1 250	
		St	2000	1 600	
		St	2500	2 000	
		St	2500	2 500	
		St	3150	3 150	
		St	4000	4 000	
		St	5000	5 000	
St	6000	6 000			

\* Αναφέρεται σε κάθε εκατοστό πλάτους της ενίσχυσης, για μία μόνο ενίσχυση. Για περισσότερες ενισχύσεις αυξάνει ανάλογα η αντοχή.

Πίνακας 5.2

Στον **πίνακα 5.3** υπάρχουν τα βάρη των ενισχύσεων ανά τετραγωνικό μέτρο ιμάντα. Το βάρος του ιμάντα ανά μέτρο μήκους του GB αποτελείται από τα βάρη των ελαστικών επικαλύψεων (άνω και κάτω) και τα βάρη των ενισχύσεων.

Βάρη πυρήνων ( ενισχύσεων ) σε  $10^6 \text{N/m}^2$ .

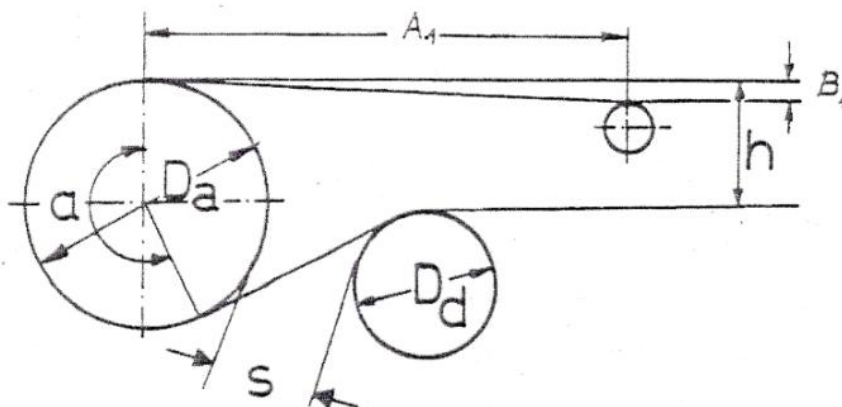
Αριθμός ενισχύσεων	Υφασμάτινος πυρήνας			Πυρήνας χημικής ίνας											
	3	3,7	4,9	4,9	3,0	3,0	3,5	4,0	4,5	6,0	6,5	—	—	—	—
4	5,0	6,5	6,5	—	—	5,0	5,5	6,0	7,5	8,0	9,0	10,5	12,0	14,0	
5	6,2	8,1	8,1	—	—	6,5	7,0	7,5	8,5	9,5	11,0	13,0	15,0	17,5	
Αντοχή μιάς ενισχύσεως σε $10^6 \text{N/cm}$	50	60	80	60	80	100	125	160	200	250	300	400	500	600	

Πίνακας 5.3

Οι μιάντες καταπονούνται όχι μόνο από τις δυνάμεις που μεταφέρουν, αλλά και από τις αλληπάλληλες αλλαγές στην καμπυλότητά τους, εγκάρσια προς τον άξονα της κινήσεώς τους. Η απότομη αλλαγή καμπυλότητας που οφείλεται στο πέρασμα από τύμπανο και αμέσως μετά στο πέρασμα από τα άνω ράουλα (η καμπυλότητα εξαρτάται από τη γωνία  $\lambda$ ) συμβάλλει στη σύντομη καταστροφή του μιάντα. Ο πίνακας 5.4 σε συνδυασμό με το σχήμα 3.19 δίνει τις ελάχιστες επιτρεπόμενες αποστάσεις μεταξύ τυμπάνου και πρώτου σταθμού άνω ραούλων, έτσι ώστε να μειώνεται η καταστρεπτική επίδραση της εναλλασσόμενης αυτής καταπόνησης.

Πλάτος Ιμάντα	$\lambda = 20^\circ$	$\lambda = 30^\circ$		$\lambda = 40^\circ$	
	$A_1(\text{m})$	$A_1(\text{m})$	$B_1(\text{mm})$	$A_1(\text{m})$	$B_1(\text{mm})$
500	0.41	0.35	22	0.74	40
650	0.55	0.45	31	0.91	47
800	0.66	0.56	36	1.15	62
1000	0.85	0.70	48	1.37	72
1200	1.01	0.83	56		
1400	1.19	0.98	68		

Πίνακας 5.4



Σχ. 5.19

### ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΝΤΟΧΗΣ ΙΜΑΝΤΩΝ

Στον υπολογισμό της αντοχής των ιμάντων λαμβάνονται υπ' όψη (DIN 22101):

α) Η μείωση της αντοχής του ιμάντα στις θέσεις σύνδεσης (επειδή συνήθως οι ιμάντες δεν κατασκευάζονται ατέρμονες, πρέπει να γίνει τουλάχιστον μία ραφή σύνδεσης). Η σύνδεση απαιτεί ειδική τεχνική και υλικά συγκολλήσεως. Η μείωση της αντοχής υπολογίζεται στον πίνακα 3.5.

Υλικό ενισχύσεων	Είδος σύνδεσης	$r_{\text{συνδ}}$
Βαμβακερή	Ιμάντας με μία ενίσχυση	$\leq 0.3$
Πολυαμιδική	Ιμάντας με περισσότερες Ενισχύσεις ( $Z$ =αριθ. ενισχύσεων)	$1/Z$
Πολυεστερική	Σύνδεση χωρίς διακοπή των ενισχύσεων	0
Χαλυβδοσύρματα	Αριθμός πλέξεων $n \leq 2$	0
	Αριθμός πλέξεων $n \geq 3$	$0.05 (n - 2)$

Πίνακας 3.5

β) Η μέγιστη καταπόνηση κατά την κανονική λειτουργία. Η καταπόνηση κάθε σημείου του ιμάντα μεταβάλλεται κατά την κίνησή του και παίρνει τιμές στην περιοχή από  $T_{\min}$  έως  $T_{\max}$ . Στην εκλογή του κατάλληλου ιμάντα λαμβάνεται υπόψη συντελεστής ασφαλείας κανονικής λειτουργίας ( $S$ ).

γ) Η μέγιστη καταπόνηση κατά την εκκίνηση, σχετικά με τον αντίστοιχο συντελεστή ασφαλείας ( $S_A$ ).

Η δύναμη θραύσης του ιμάντα που θα εκλεγεί πρέπει να ικανοποιεί και τους δύο παρακάτω περιορισμούς:

$$Z_B \geq T_{\max(\text{λειτουργία})} \cdot S / (1 - r_{\text{συνδ}})$$

$$Z_B \geq T_{A \max(\text{εκκίνηση})} \cdot S_A / (1 - r_{\text{συνδ}})$$

Οι συντελεστές ασφαλείας S, S<sub>A</sub> λαμβάνονται από τον **πίνακα 5.6**.

Υλικό ενισχύσεων	Συνθήκες λειτουργίας	S <sub>A</sub>	S
Βαμβακερή	Καλές	≥4.8	≥6.7
Πολυαμιδική	Κανονικές	≥5.4	≥8.0
Πολυεστερική Χαλύβδινη	Δυσμενείς	≥6.0	≥9.5

Πίνακας 5.6

Για τον εμπειρικό υπολογισμό του πάχους ελαστικής άνω και κάτω επικάλυψης του μάντα δίνονται από το DIN 22101 κατευθύνσεις: Ελάχιστο πάχος επικάλυψης (άνω ή κάτω) 1 - 2 mm (4 για μάντες με χαλύβδινη ενίσχυση). Για τον υπολογισμό της αύξησης του ελάχιστου πάχους προτείνεται η χρήση βαθμολογίας (βλ Πίνακα 5.7).

Συνίσταται η σχέση πάχους άνω επικαλύψεως προς εκείνη της κάτω επικαλύψεως να μην υπερβαίνει το 3 : 1.

Επίδραση από:			
Συνθήκες φορτώσεως	Καλές	1	
	Μέτριες	2	
	Δυσμενείς	3	
Συχνότητα φορτώσεως	Σπάνια	1	
	Μέση	2	
	Συχνή	3	
Μέγεθος κομματιού	Λεπτό	1	
	Μέσο	2	
	Χονδρό	3	
Πυκνότητα	Μικρή	1	
	Μέση	2	
	Μεγάλη	3	
Φθορά	Μικρή	1	
	Μέση	2	
	Μεγάλη	3	
Άθροισμα βαθμολογίας			

Άθροισμα βαθμολογίας	Πάχος (mm)
5 - 6	0 - 1
7 - 8	1 - 3
9 - 11	3 - 6
12 - 13	6 - 10
14 - 15	≥10

Πίνακας 5.7

### ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΔΙΑΜΕΤΡΟΥ ΤΥΜΠΑΝΟΥ ΚΑΤΑΛΛΗΛΟΥ ΓΙΑ ΕΚΛΕΓΜΕΝΟ ΙΜΑΝΤΑ

Τα τύμπανα χρησιμοποιούνται για τρεις κυρίως σκοπούς: Τη μεταβίβαση της περιφερειακής δύναμης από τον ηλεκτρομειωτήρα στον ιμάντα, τη δημιουργία του επιθυμητού τόξου περιέλιξης  $\alpha$  γύρω από το κινητήριο τύμπανο (την αλλαγή κατεύθυνσης στην κίνηση του ιμάντα γενικά) και τη μεταβολή της δυνάμεως τανύσεως. Η διάμετρος του τυμπάνου στην πρώτη περίπτωση πρέπει να είναι τόση ώστε να είναι δυνατή η δια δυνάμεων τριβής μεταφορά της περιφερειακής δύναμης  $P$  στον ιμάντα. Η δυνατότητα μεταφοράς εξαρτάται οριακά από τον συντελεστή τριβής  $P$  ( $=2 \sim 4 \text{ N/cm}^2$  για βαμβακερούς και  $3 - 6 \text{ N/cm}^2$  για πολυεστερικούς ιμάντες) και η ελάχιστη διάμετρος που επιτρέπει αυτή τη μεταβίβαση προκύπτει από τον τύπο:

$$D_{\min} \geq \frac{360 \cdot P}{\rho \cdot \pi \cdot \alpha \cdot B}$$

Εκτός από αυτήν τη συνθήκη πρέπει το τύμπανο να μη δημιουργεί μεγάλη κάμψη στον ιμάντα. Για την περίπτωση αυτή τα DIN διακρίνουν τρεις κατηγορίες τυμπάνων:

- A - Τύμπανα κίνησης ή γενικά τύμπανα σε περιοχή υψηλών τάσεων του ιμάντα.
- B - Τύμπανα αλλαγής κατεύθυνσης ιμάντα σε περιοχές χαμηλών τάσεων.
- C - Τύμπανα αποκλίσεως ιμάντα, δηλαδή σ' αυτά η αλλαγή κατεύθυνσης του ιμάντα δεν ξεπερνά τις 30 μοίρες.

Κριτήριο για το μέγεθος καταπόνησεως του ιμάντα αποτελεί η παράσταση.:

$$\frac{T}{Z_B \times B} \times S \times 100\%$$

- όπου T: η δύναμη στον ιμάντα στη θέση του τυμπάνου,
- ZB: η δύναμη θραύσεως του ιμάντα ανά mm πλάτους,
- B: το πλάτος του ιμάντα σε mm,
- S: ο συντελεστής ασφαλείας που αντιστοιχεί σε μόνιμη φόρτιση.

Κατά DIN 22101 για τον προσδιορισμό της ελάχιστης διαμέτρου χρησιμοποιείται ο τύπος:

$$D_{\min} = d_z \cdot C_T \text{ (mm)}$$

όπου  $d_z$ : το πάχος των ενισχύσεων (ή της συρματοπλεξής) σε mm,

$C_T = 80$  (για βαμβακερό),  $90$  (για πολυαμίδη),  $108$  (για πολυεστέρα),  $145$  (για συρματοπλεξη).

Ο παραπάνω τύπος δίνει το ελάχιστο' της διαμέτρου του τυμπάνου όταν ο ιμάντας στην περιοχή του τυμπάνου αξιοποιείται εντατικά πλήρως, δηλαδή όταν

$$\frac{T}{Z_B \times B} \times S \times 100 = 100\%$$

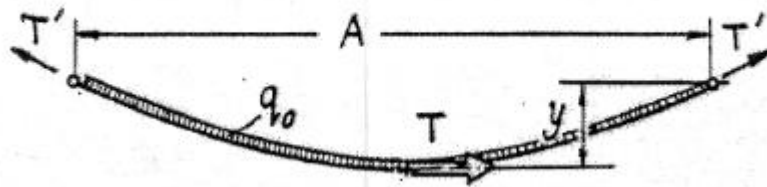
Για μικρότερες τιμές χρησιμεύει ο Πίνακας 5.8.

$d_z \times C_T$	D <sub>min</sub> (σε mm) χωρίς τις επικαλύψεις								
	Βαθμός αξιοποίησης της μέγιστης επιτρεπόμενης δύναμης								
	60% - 100%			30% - 60%			έως 30%		
	Κατηγορία τυμπάνου			Κατηγορία τυμπάνου			Κατηγορία τυμπάνου		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C
100	100								
125	125	100		100					
160	160	125	100	125	100		100	100	
200	200	160	125	160	125	100	125	125	100
250	250	200	160	200	160	125	160	160	125
315	315	250	200	250	200	160	200	200	160
400	400	315	250	315	250	200	250	250	200
500	500	400	315	400	315	250	315	315	250
630	630	500	400	500	400	315	400	400	315
800	800	630	500	630	500	400	500	500	400
1000	1000	800	630	800	630	500	630	630	500
1250	1250	1000	800	1000	800	630	800	800	630
1400	1400	1250	1000	1250	1000	800	1000	1000	800
1600	1600	1250	1000	1250	1000	800	1000	1000	800
1800	1800	1400	1250	1400	1250	1000	1250	1250	1000
2000	2000	1600	1250	1600	1250	1000	1250	1250	1000

Πίνακας 5.8

## ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΠΟΣΤΑΣΗΣ ΣΤΑΘΜΩΝ ΡΑΟΥΛΩΝ

Οι αποστάσεις σταθμών ραούλων επιδρούν επάνω στο μέγεθος του βέλους κάμψης, που αποτελεί μέτρο για τη δυναμική καταπόνηση του ιμάντα (αντιστρεφόμενη κάμψη). Οι τύποι για τον υπολογισμό των αποστάσεων των ραούλων προκύπτουν από την εξίσωση βέλους κάμψεως της σχοινοειδούς καμπύλης.



$$y = \frac{q_0 \cdot (A/2)^2}{T}$$

Όπου A είναι η απόσταση των στηριγμάτων,  $q_0$  το συνεχές ομοιόμορφο φορτίο και T η δύναμη που καταπονεί τον ιμάντα στο μέσο του A. Συνίσταται το βέλος κάμψης να μην υπερβαίνει το 1/100 της αποστάσεως των σταθμών ραούλων. Με αυτό το φορτίο και τις εκφράσεις των ομοιόμορφων φορτίων για άνω και κάτω ράουλα προκύπτουν οι αντίστοιχες περιοριστικές σχέσεις:

$$A_0 \leq \frac{0.08 \cdot T_{\min}}{G_G + G_B} \quad [\text{m}]$$

$$A_u \leq \frac{0.08 \cdot T_{\min}}{G_B} \quad [\text{m}]$$

Όπου  $A_0$  η απόσταση των σταθμών άνω ραούλων και  $A_u$  η απόσταση των σταθμών κάτω ραούλων. Συνήθεις αποστάσεις ραούλων είναι για τα άνω ράουλα 0.7 - 3.2 m και για τα κάτω 1.4 - 7 m.

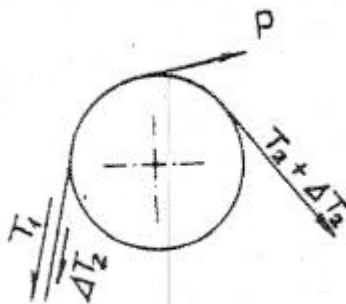
Όσο ταχύτερα κινείται ο ιμάντας τόσο λιγότερο είναι το επιτρεπόμενο βέλος κάμψης του ιμάντα. Επίσης όσο μεγαλύτερα είναι τα μεμονωμένα τεμάχια τόσο μικρότερο πρέπει να είναι το βέλος κάμψεως του ιμάντα.

## ΤΑΝΥΣΗ ΙΜΑΝΤΑ

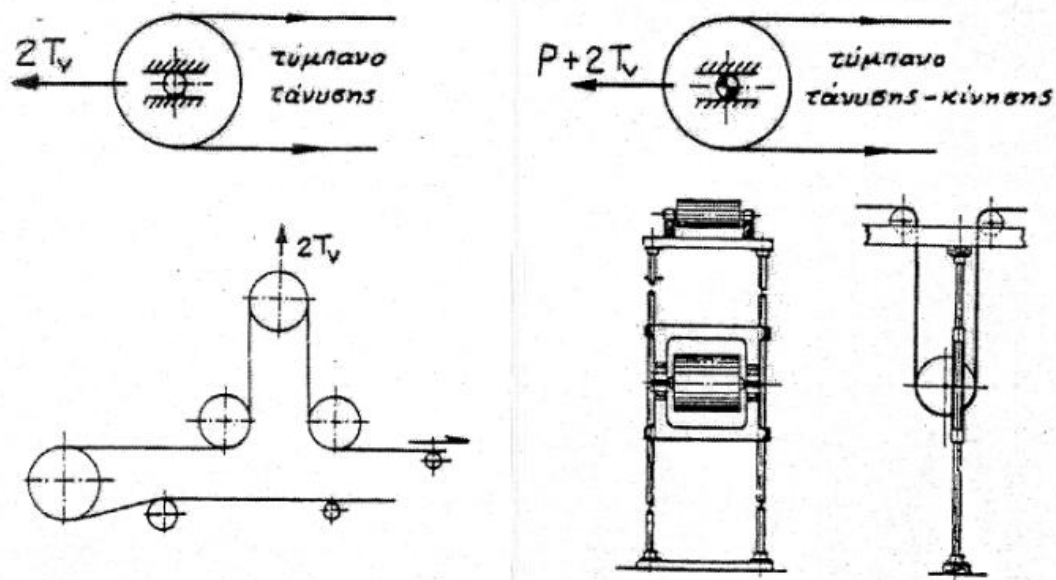
Για τη μεταβίβαση της περιφερειακής δύναμης P από το τύμπανο στον ιμάντα είναι απαραίτητο ο ιμάντας να βρίσκεται υπό τοπική αρχική δύναμη T τέτοια ώστε κατά τη λειτουργία η τοπική δύναμη T στη θέση B να ικανοποιεί την ανισότητα

$$T_2 \geq T_v \quad \text{ή} \quad T_2 \geq P \cdot \frac{1}{e^{\mu\alpha} - 1}$$





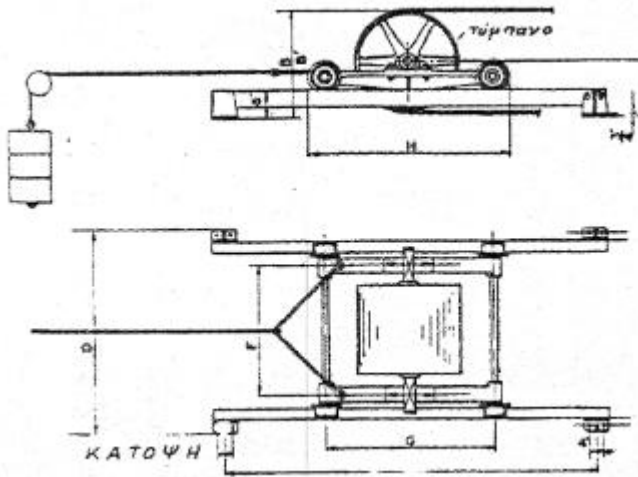
Η παραγωγή της δύναμης  $T$  ν είναι το αντικείμενο του συστήματος τάνυσης μιας εγκατάστασης μεταφορικής ταινίας. Η τάνυση μπορεί να εφαρμοστεί στο τύμπανο κίνησης, αλλά και σε άλλη θέση. Εάν η τάνυση εφαρμοστεί σε άλλη θέση, πρέπει να χρησιμοποιηθούν τρία τύμπανα, ένα για την εφαρμογή της έλξης και τα άλλα δύο για την απαιτούμενη αλλαγή κατευθύνσεως του ιμάντα (βλ. Σχήμα 5.20).



Σχ. 5.20

Η πρόταση, δηλαδή η μόνιμη στατική δύναμη που επιβάλλεται στο σύστημα μπορεί να επιτευχθεί με την τοποθέτηση ενός βάρους σε κάποια θέση του ιμάντα. Όσο πλησιέστερα προς τη θέση ελάχιστης δύναμης του ιμάντα (κατά τη λειτουργία) είναι το αντίβαρο (βάρος τάνυσης), τόσο μικρότερο βάρος χρειάζεται να έχει.

Είναι φυσικό με την πάροδο του χρόνου και τη χρήση ο ιμάντας να αυξάνει σε μήκος μέχρι 2% ανάλογα με την κατασκευή του, δηλαδή το είδος των ενισχύσεών του. Αυτή η αλλαγή μήκους πρέπει να λαμβάνεται υπόψη στη διαδρομή του αντίβαρου. Ένα παράδειγμα συστήματος τάνυσης φαίνεται στο Σχήμα 5.21.

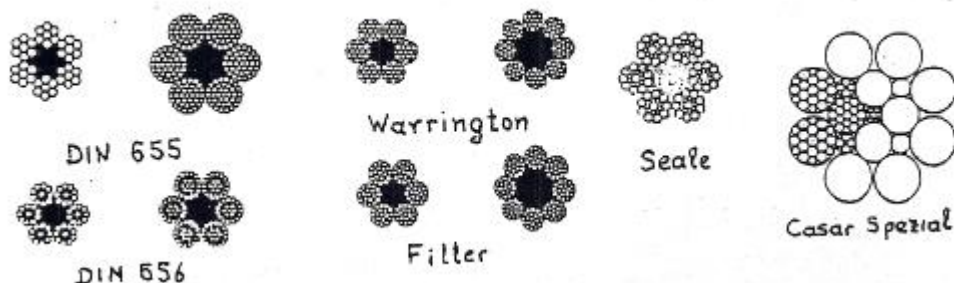


Σχ. 5.21

Για την ανύψωση των φορτίων και τη μεταβολή σε μικρές αποστάσεις, προ πάντων όμως για τη φόρτωση και εκφόρτωση των μεταφορικών μέσων χρησιμοποιούνται τα ανυψωτικά μηχανήματα.

### ΣΥΡΜΑΤΟΣΧΟΙΝΑ

Τα συρματόσχοινα είναι εύκαμπτοι φορείς δυνάμεων, όπως οι μάντες και οι αλυσίδες, και εφαρμόζουν καλά στα αυλάκια των τροχαλιών. Αποτελούνται από χαλύβδινα συρματίδια πλεγμένα ελικοειδώς σε ομοαξονικές στρώσεις κατά ομάδες (κλώνους), οι οποίες πλέκονται επίσης ελικοειδώς σε ομοαξονικές στρώσεις μεταξύ τους. Στο κέντρο κάθε κλώνου (ψυχή) υπάρχει κανάβινο σχοινί ή συρματίδια (βλ. Σχήμα 5.22). Η ελικοειδής πλέξη μπορεί να είναι αριστερόστροφη ή δεξιόστροφη, τόσο μέσα στους ίδιους τους κλώνους όσο και μεταξύ των κλώνων. Ένα συρματόσχοινο λέγεται "Ομοιόστροφο" όταν οι κλώνοι είναι πλεγμένοι με την ίδια φορά, αλλιώς λέγεται "ετερόστροφο". Επειδή τα ομοιόστροφα συρματόσχοινα έχουν την τάση να περιστρέφονται όταν αναρτηθεί σ' αυτά ένα ελεύθερο φορτίο, τα συρματόσχοινα αυτά είναι κατάλληλα μόνο για φορτία τα οποία κινούνται μέσα σε οδηγούς.



Σχ. 5.22

Η κύρια καταπόνηση του συρματόσχοινου, όταν αυτό δεν βρίσκεται σε επαφή με άλλο σώμα, είναι ο εφελκυσμός. Σ' αυτόν προστίθεται η κάμψη όταν το συρματόσχοινο περνάει από ράουλο, τύμπανο ή τροχαλία. Στρεπτική καταπόνηση πρέπει να αποφεύγεται με κατάλληλη οδήγηση του φορτίου, το οποίο μπορεί να την προκαλέσει.

Ο υπολογισμός της διαμέτρου του συρματόσχοινου σε συνάρτηση με το φορτίο, γίνεται για καταπόνηση σε εφελκυσμό κατά DIN 15020 από το τύπο:

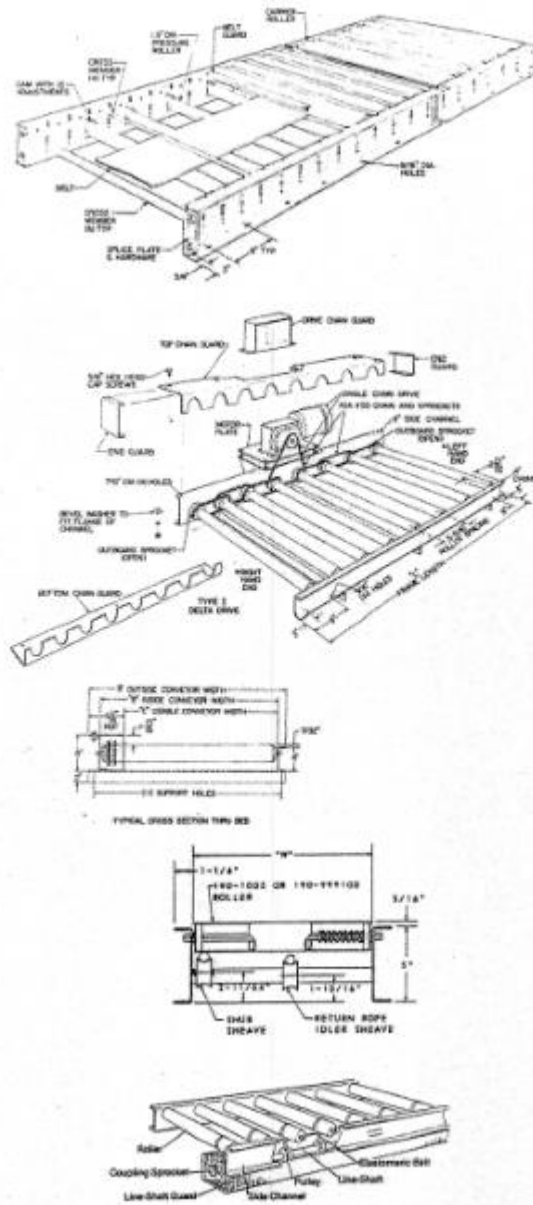
$$d = k \cdot \sqrt{G} \quad [\text{mm}]$$

όπου d: διάμετρος συρματόσχοινου σε mm  
G: Φορτίο σε N  
k: Συντελεστής σε  $\frac{\text{mm}}{\sqrt{\text{N}}}$

Ανάλογα με το είδος λειτουργίας στον υπολογισμό λαμβάνεται συντελεστής ασφαλείας 6 έως 10.

#### **4. Ταινία μεταφοράς με κυλινδρικούς περιστρεφόμενους ράβδους ή ράβδους με μικρούς τροχούς.**

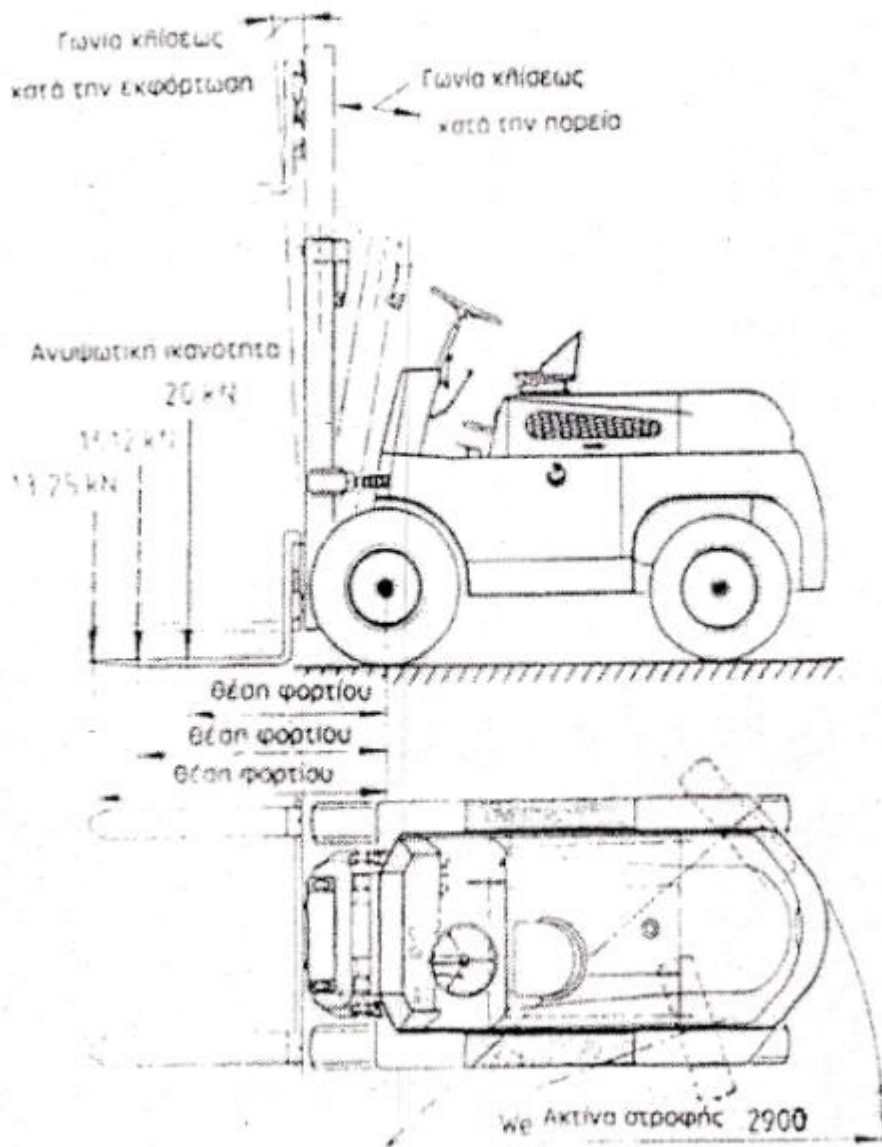
Αυτό το μέσο μεταφοράς έχει την ίδια μορφή με το αντίστοιχο μέσο χωρίς ενέργεια που έχει παρουσιαστεί (Σχήμα 5.7). Η κίνηση των περιστρεφόμενων ράβδων γίνεται με τους εξής τρόπους α) με χρήση μάντα, β) με χρήση αλυσίδας και γ) με χρήση ελαστικού λουριού που κινούν τις ράβδους. Οι παραπάνω τρόποι κίνησης των ράβδων παρουσιάζονται στο Σχήμα 5.23



Σχ. 5.23

## 5. Ηλεκτρικό όχημα μεταφοράς παλετών (κλαρκ)

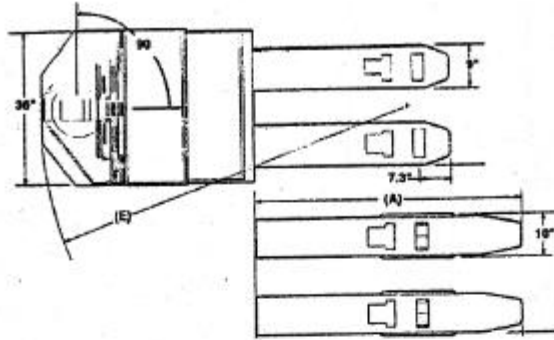
Το άλλο είδος περνοφόρων οχημάτων είναι αυτά που κινούνται με χρήση κινητήρων. Οι κινητήρες αυτοί μπορεί να είναι ηλεκτροκινητήρες ή μηχανές εσωτερικής καύσης. Η χρήση όμως κινητήρων εσωτερικής καύσης δεν επιτρέπεται σε κλειστούς χώρους λόγω του κινδύνου από τα καυσαέρια, καθώς και σε επιχειρήσεις ειδών διατροφής για λόγους υγιεινής.



Σχ. 5.24

Τα ηλεκτροκίνητα οχήματα είναι μεταφορείς που χρησιμοποιούν για την κίνησή τους και την ανύψωση φορτίων ηλεκτροκινητήρες. Η αποταμίευση της ηλεκτρικής ενέργειας γίνεται με ενσωματωμένους συσσωρευτές, των οποίων η φόρτιση γίνεται τη νύχτα. Οι περόνες και το φορτίο μπορούν να ανυψωθούν με κατάλληλο μηχανισμό ή να κατέβουν. Για την ευκολότερη εκφόρτωση μπορεί ο μηχανισμός εκφορτώσεως να κλίνει προς τα εμπρός. Όμοια ο ίδιος μηχανισμός για καλύτερη συγκράτηση του φορτίου κατά τις μετακινήσεις κλίνει προς τα πίσω. Περονοφόρα οχήματα κατασκευάζονται για ανύψωση φορτίων από 5 kN έως περίπου 500 kN.

Όσο προς τα έξω βρίσκεται το υπό ανύψωση φορτίο, τόσο μικρότερο πρέπει να είναι αυτό, για να παραμείνει μικρή η ροπή ανατροπής (βλ. Σχήμα 3.24). Κατασκευαστικές λεπτομέρειες των περονών καθώς και η δυνατότητα επέκτασής τους φαίνεται στο Σχήμα 3.25.



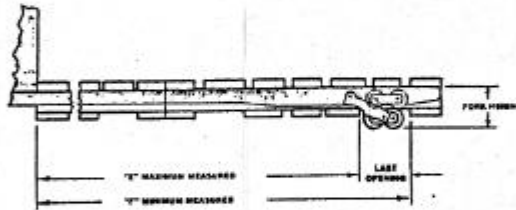
**Standard Fork Tips**

On standard lift trucks with tandem wheel trucks, load wheels will drop into the lead opening of the pallets. Tandem load wheels require a large pallet opening since forks are raised to the full lift height of the standard Crown Pallet Truck. Customers that need tandem load wheel trucks, but use pallets with smaller openings, can be accommodated if maximum lift height of the truck is reduced. (See chart).

Please specify fork height when ordering tandem load wheels on standard fork lift trucks.

Fork Length	30	42	48	54	60	72	84	96	96	Fork No.
1" Maximum*	19.5	25.5	31.5	37.5	43.5	55.5	67.5	79.5	79.5	9.75 Max.
	30	38	42	48	54	66	78	90	90	9.50
	30.5	38.5	42.5	48.5	54.5	66.5	78.5	90.5	90.5	9.25
	31	37	42	48	54	66	78	90	90	9.00
	31.5	37.5	42.5	48.5	54.5	66.5	78.5	90.5	90.5	8.75
1/2" Maximum	30	36	42	48	54	66	78	90	90	9.00

\*Round actual dimension upward to closest dimension on chart.



**Extended Fork Tips**

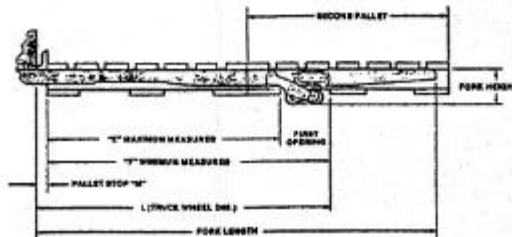
On extended lift trucks with tandem wheel trucks, load wheels will drop into the lead opening of the second pallet. Tandem load wheels require a large pallet opening since lifts are raised to the full lift height of the standard Crown Pallet Truck. Customers that need tandem load wheel trucks, but use pallets with smaller openings can be accommodated if maximum lift height of the truck is reduced. (See chart). Position of pallet openings can be optimized by the addition of a pallet stop when needed. (See chart).

Please specify "M" dimension and fork height when ordering tandem load wheels on extended fork lift trucks.

Standard Length - Fork Pattern	72	84-87	96	Fork No.
Maximum Fork Length	72	78	90	
Minimum Dimension "L"	30	36	48	
1" Maximum + "M"	42	48	60	9.75 Max.
	42.5	48.5	60.5	9.50
	43	49	61	9.25
	43.5	49.5	61.5	9.00
	44	50	62	8.75

\*Round actual upward to closest dimension on chart.

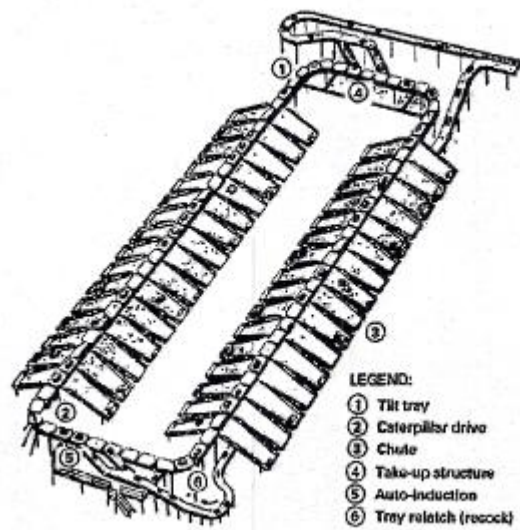
Note: Pallet Stop Thickness M = 1/2" - F. Round M upward to nearest .25".



Σχ. 5.25

**6. Tilt tray**

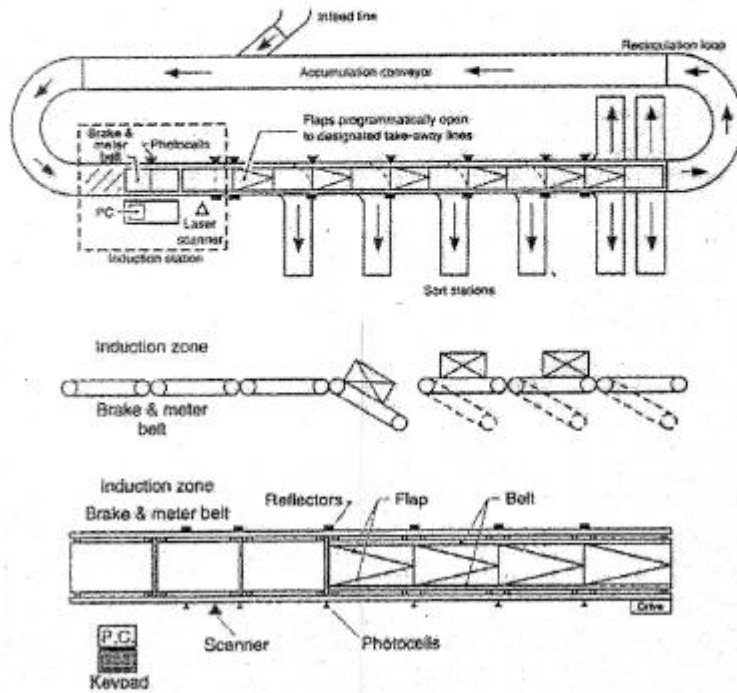
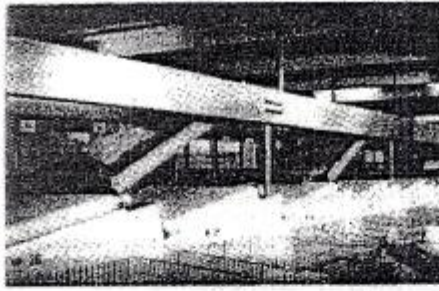
Πρόκειται για μέσο διακίνησης κλειστής διαδρομής. Η κίνηση γίνεται με τη χρήση ηλεκτροκινητήρα που γυρνά μία κλειστή αλυσίδα. Πάνω στην αλυσίδα είναι προσαρμοσμένες οι επιφάνειες μεταφοράς των προϊόντων. Αυτές οι επιφάνειες έχουν τη δυνατότητα να ανατρέπονται και να κατευθύνουν το προϊόν σε συγκεκριμένες θέσεις εργασίας. Το φόρτωμα των προϊόντων στις επιφάνειες μεταφοράς γίνεται είτε χειροκίνητα ή αυτόματα.



Σχ. 5.26

## 7. Flap sorter

Αυτό το μέσο οριζόντιας διακίνησης προϊόντων είναι κατάλληλο για μεμονωμένα, μικρά προϊόντα. Τα προϊόντα τοποθετούνται πάνω στη μεταφορική ταινία και στην κατάλληλη θέση ένα τμήμα της μεταφορικής ταινίας ανοίγει προς τα κάτω και το προϊόν πέφτει με τη βοήθεια της δύναμης της βαρύτητας και της κίνησης του ιμάντα στη θέση προορισμού του .



Σχ. 5.27

## 8. AGV (Automatic Guided vehicle)

Όταν χρειάζεται να γίνει διακίνηση προϊόντων σε προκαθορισμένες θέσεις, να διαχειριστεί μεγάλος όγκος παλετών, σε προγραμματισμένους χρόνους, και με δεδομένη συχνότητα, τα αυτόματα οδηγούμενα οχήματα θα πρέπει να, προτιμούνται στην ενδο- εργοστασιακή διακίνηση. Αυτό οφείλεται στο ότι τα AGVs πλεονεκτούν σε σχέση με τα άλλα οχήματα που διακινούν παλλέτες σε θέματα κόστους, προσαρμοστικότητα, ευελιξίας, και εξυπηρέτησης.

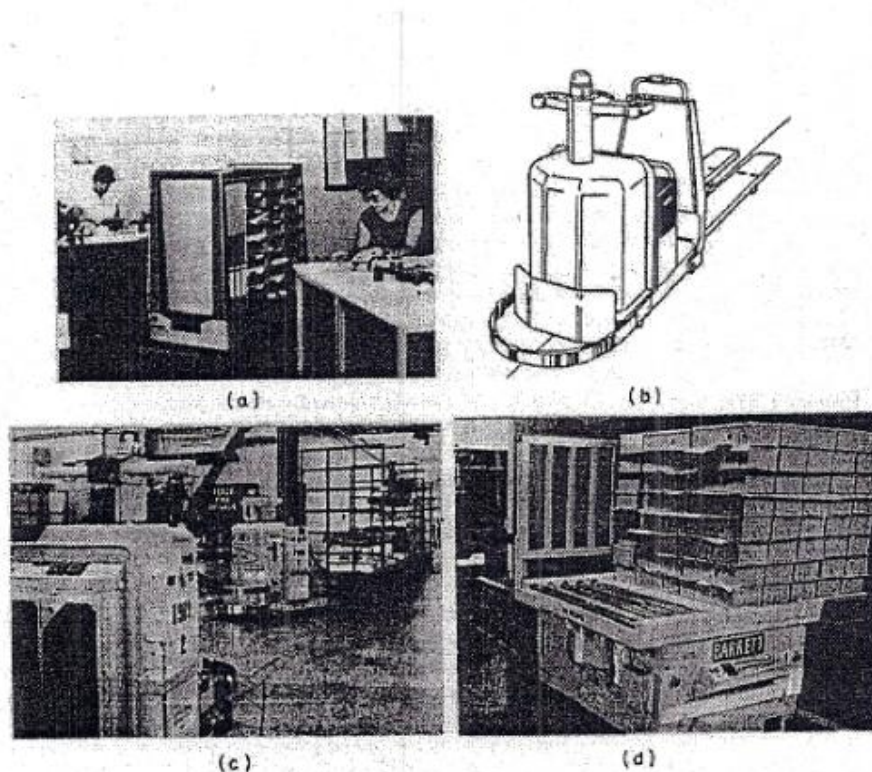
Το κάθε όχημα έχει μεταλλικό σασί, ηλεκτρική μπαταρία, είναι με τρεις ή τέσσερις τροχούς, και φέρει ένα μικροϋπολογιστή (microcomputer) ή ελεγκτή που παίρνει με το χέρι τις εντολές για τον προορισμό του. Οι παράγοντες που πρέπει να ληφθούν υπόψη για τον υπολογισμό του αριθμού των AGVs που θα χρησιμοποιηθούν είναι:

- το συνολικό μήκος του διαδρόμου μεταφοράς
- οι ταχύτητες των οχημάτων,
- ο αριθμός και ο τύπος των στροφών του διαδρόμου μεταφοράς,
- ο χρόνος που απαιτείται για την κάθε λειτουργία φορτώματος και ξεφορτώματος του οχήματος, και



- e) ο χρόνος που απαιτείται για μία πλήρη μεταφορά και επιστροφή στο σταθμό αναχώρησης. Υπάρχουν διάφοροι τύποι συστημάτων οδήγησης του AGV:
- μαγνητικής ταινίας,
  - ηλεκτρικού καλωδίου, και
  - ακτίνας λέιζερ.

Το σύστημα οδήγησης με μαγνητική ταινία αποτελείται από μία μαγνητική ταινία που τοποθετείται στην επιφάνεια του δαπέδου για όλο το μήκος της διαδρομής μεταφοράς. Ένας αισθητήρας τοποθετείται κάτω από κάθε AGV και κατευθύνει μία δέσμη φωτός στην μαγνητική ταινία, η δέσμη φωτός ανακλάται και φθάνει πίσω στον αισθητήρα, ο οποίος επιβεβαιώνει ότι το όχημα είναι στο σωστό δρόμο. Με αντίστοιχο τρόπο λειτουργεί το σύστημα οδήγησης με ηλεκτρικό καλώδιο, μόνο που τα σήματα οδήγησης δίνονται μέσω του ηλεκτρικού καλωδίου. Στο σύστημα οδήγησης με λέιζερ, το όχημα φέρει μία πηγή ακτίνων λέιζερ, ένα αισθητήρα λήψης ακτίνων φωτός και στόχου; ανάκλασης που βρίσκονται στη διαδρομή μεταφοράς,

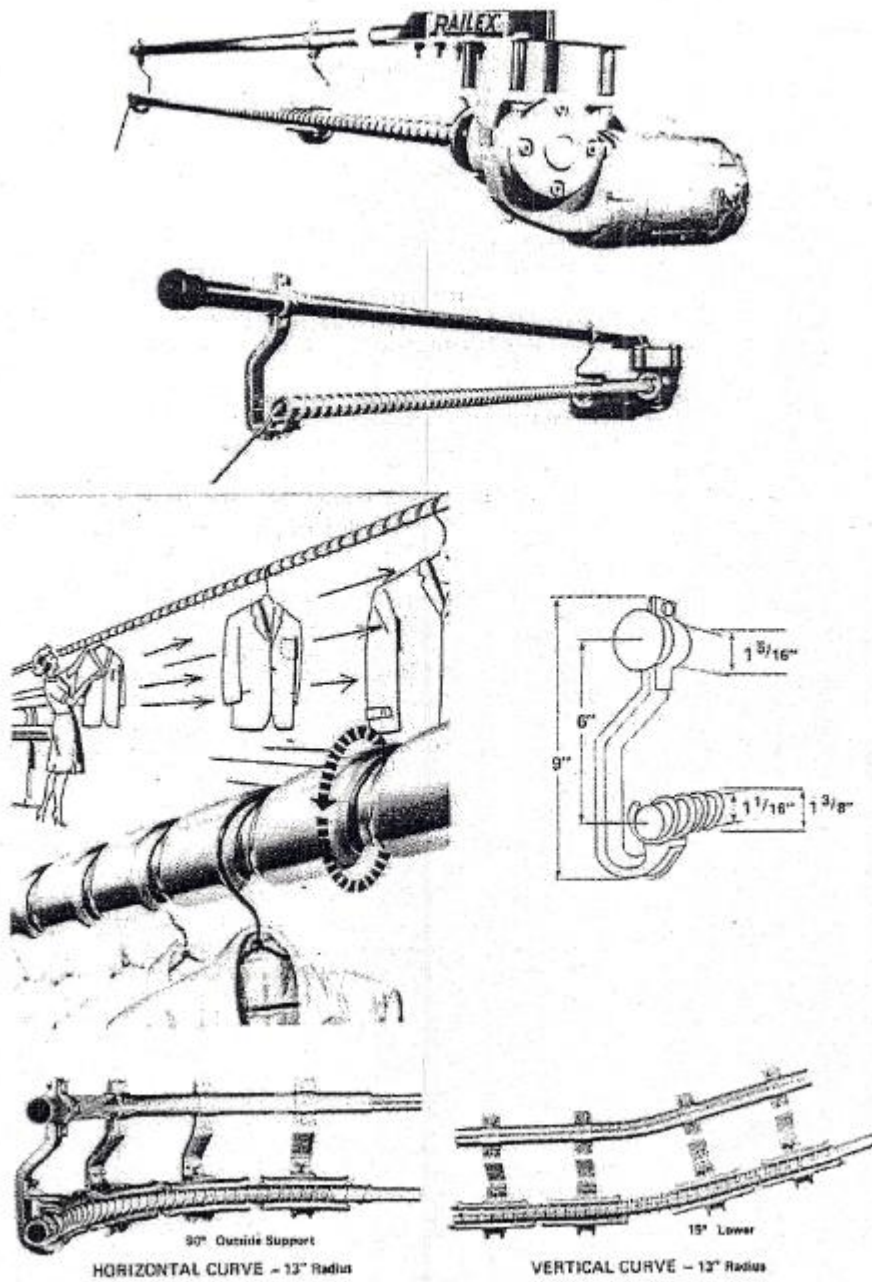


Σχ. 5.28

## 9. Μεταφορέας με περιστροφικό κοχλία.

Αυτό το μέσο διακίνησης αποτελείται από τον κινητήρα, τη ράγα που προσαρμόζεται ο περιστρεφόμενος κοχλίας, τον περιστρεφόμενο κοχλία, τα κατασκευαστικά μέρη υποστήριξης και τους ελεγκτές. Τα μειονεκτήματα αυτού του μέσου διακίνησης είναι ότι: α) είναι σχεδιασμένο να διακινεί μόνο κρεμαστά είδη ένδυσης με άγκιστρα που είναι ανοικτά από την μία πλευρά, β) μεταφέρει τα κρεμαστά είδη ένδυσης μόνο προς μία κατεύθυνση, γ) ο διάδρομος μεταφοράς είναι μικρού μήκους και δ) κινείται με σχετικά μικρή ταχύτητα.

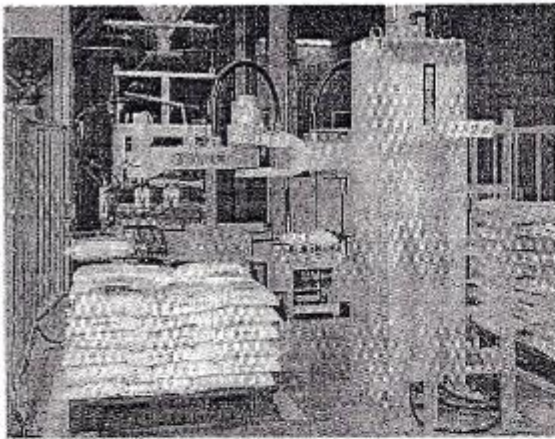
Από την άλλη μεριά τα πλεονεκτήματα αυτού μέσου μεταφοράς είναι ότι: α) είναι εύκολη η εγκατάστασή του, β) παρέχει αθόρυβη λειτουργία, γ) μπορεί να αυτοματοποιηθεί, και δ) δεν απαιτεί άνθρωπο να μεταφέρει τα κρεμασμένα είδη ένδυσης.



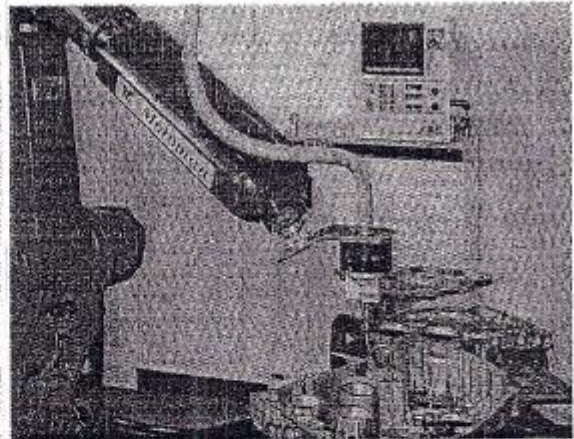
Σχ. 5.29

## 10. Robot

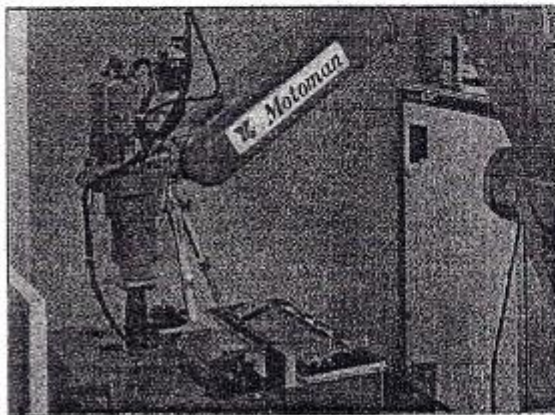
Στη σημερινή εποχή πλέον τα ρομπότ αποτελούν κύριο στοιχείο της παραγωγικής διαδικασίας στις βιομηχανίες. Υπάρχουν πολλές εφαρμογές των ρομπότ. Οι πιο βασικές είναι η μεταφορά αντικειμένων από μία θέση σε άλλη. Σε άλλες εφαρμογές τα ρομπότ χρησιμοποιούνται για το φόρτωμα και το ξεφόρτωμα των παραγωγικών μηχανών. Υπάρχουν και εφαρμογές των ρομπότ που έχουν σχέση με την επεξεργασία και διαχείριση των διαφόρων μερών των προϊόντων, όπως συναρμολόγηση, συγκόλληση, λείανση και παλλετοποίηση (Σχήμα 5.30).



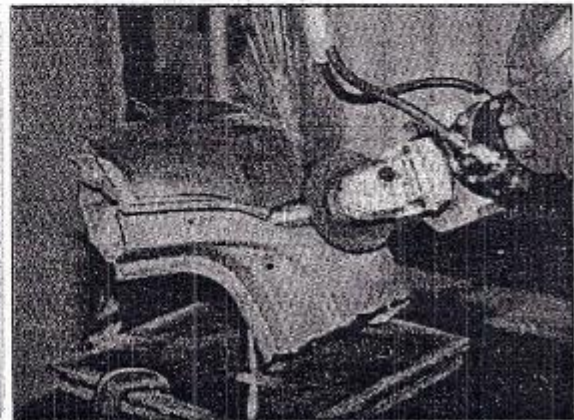
ΠΑΛΕΤΑΡΙΣΜΑ



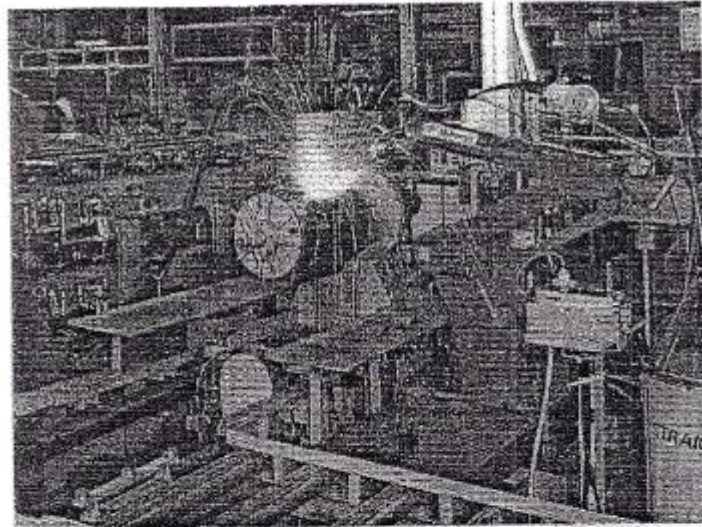
ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΣ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΩΝ



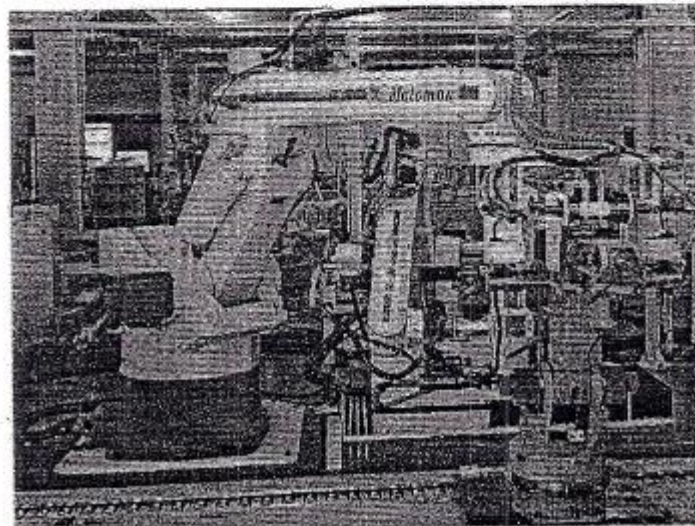
ΚΟΠΗ ΠΛΑΣΜΑΤΟΣ



ΛΕΙΑΝΣΗ



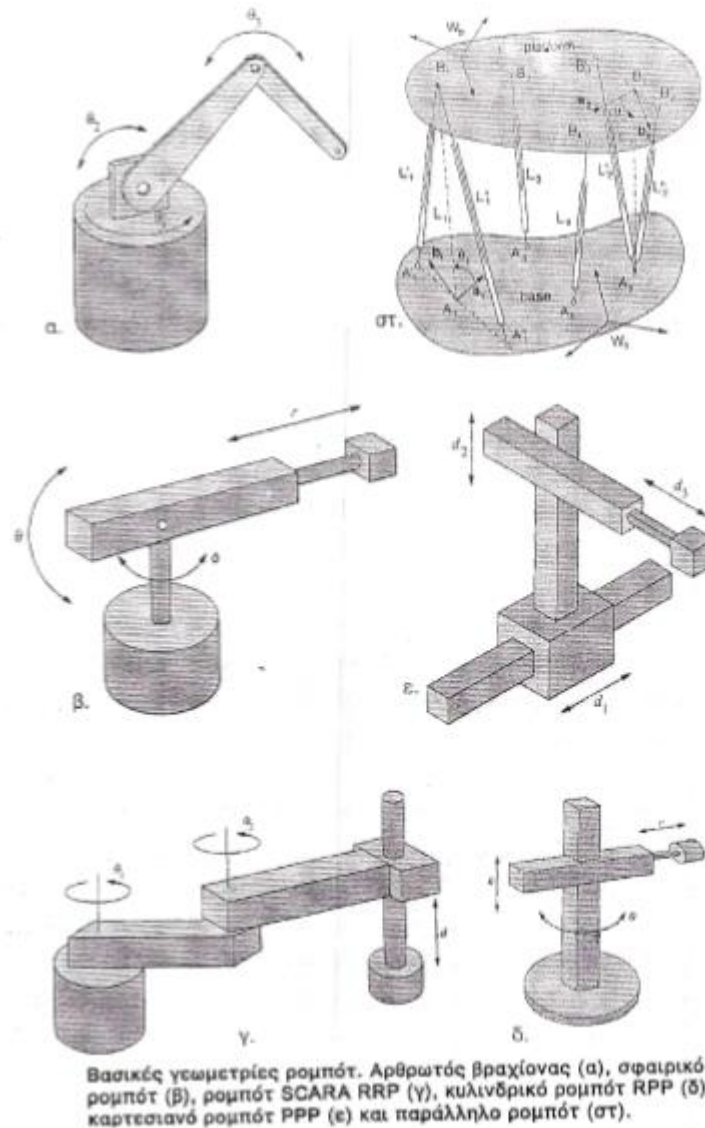
ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗ ΡΑΦΗΣ



ΣΥΝΑΡΜΟΛΟΓΗΣΗ

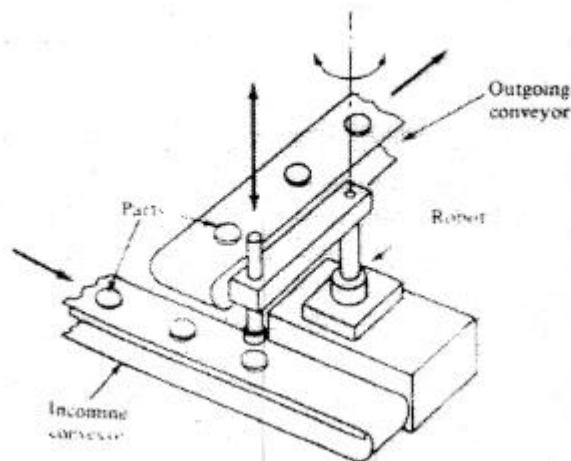
Σχ. 5.30

Οι διάφοροι τύποι ρομπότ που μπορούν να χρησιμοποιηθούν φαίνονται στο παρακάτω σχήμα (Σχήμα 5.31).



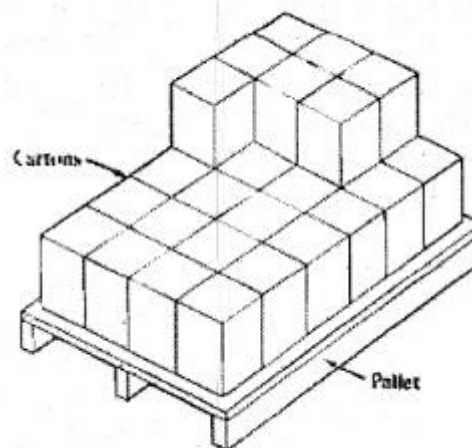
Σχ 5.31

Στην πιο απλή περίπτωση μετακίνησης αντικειμένων με ένα ρομπότ, το προς μετακίνηση αντικείμενο βρίσκεται σε γνωστή θέση και προσανατολισμό. Η γνωστή θέση επιτυγχάνεται είτε σταματώντας τον διάδρομο τροφοδοσίας σε κατάλληλη θέση ή χρησιμοποιώντας μηχανικά στοπ που κρατούν το αντικείμενο σε συγκεκριμένη σταθερή θέση. Στη συνέχεια πρέπει να υπάρξει ένα σύστημα που να πληροφορεί το ρομπότ ότι το αντικείμενο είναι έτοιμο για λήψη (συνήθως χρησιμοποιούνται τερματικοί διακόπτες). Έπειτα το ρομπότ πιάνει το αντικείμενο, το σηκώνει, το μετακινεί και το τοποθετεί στη επιθυμητή θέση. Αυτή η απλή περίπτωση μετακίνησης με ρομπότ φαίνεται στο Σχήμα 5.32.



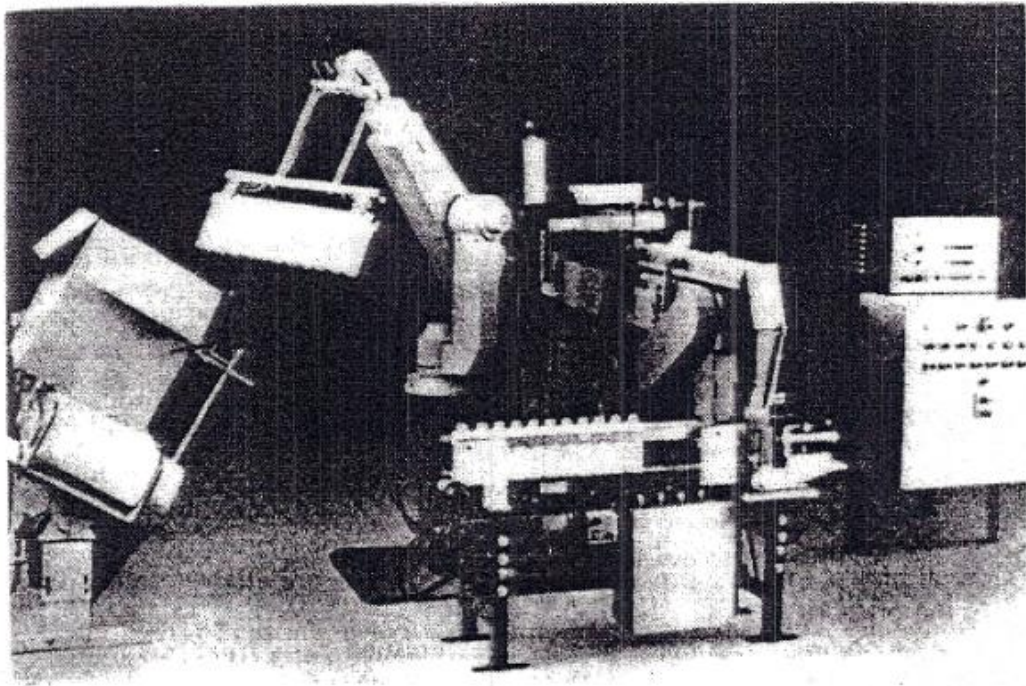
Σχ. 5.32

Όπως αναφέρθηκε άλλη μία εφαρμογή των ρομπότ είναι η παλλετοποίηση. Με τον όρο παλλετοποίηση εννοείται η τοποθέτηση των προϊόντων σε συγκεκριμένη θέση της παλλέτας με αποτέλεσμα το γέμισμά της (βλ. Σχήμα 5.33). Τα ρομπότ μπορούν να προγραμματιστούν να πραγματοποιούν αυτή την εργασία .. Επειδή οι κινήσεις που πρέπει να γίνουν στη λειτουργία της παλλετοποίησης ποικίλουν, είναι κατάλληλος για χρήση ένα ελεγκτής του ρομπότ που χρησιμοποιεί μία γλώσσα προγραμματισμού υψηλού επιπέδου. Αυτό το χαρακτηριστικό διευκολύνει τους μαθηματικούς υπολογισμούς των διαφορετικών θέσεων που πρέπει να τοποθετηθούν τα προϊόντα στην παλλέτα κατά τη διάρκεια του φορτώματος.



Σχ. 5.33

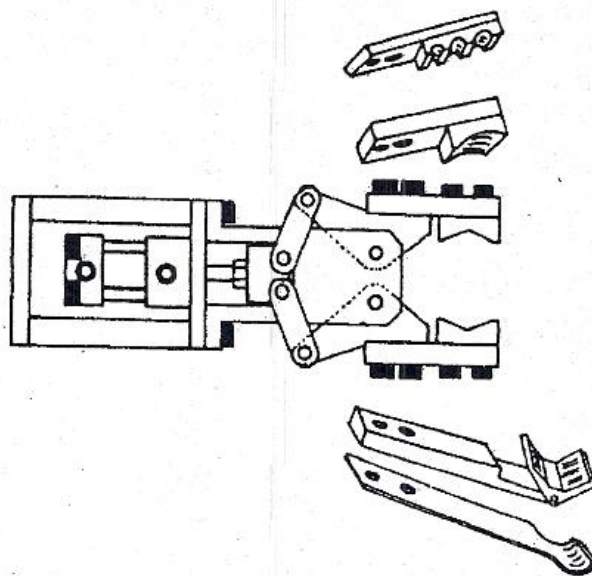
Άλλες λειτουργίες που πρέπει να πραγματοποιηθούν πριν ή μετά την παλλετοποίηση είναι: η εισαγωγή αντικειμένων που έρχονται από μία μεταφορική ταινία σε χαρτοκιβώτια (βλ. Σχήμα 5.34), η απο-παλλετοποίηση, και η εξαγωγή αντικειμένων από χαρτοκιβώτια.



Σχ. 5.34

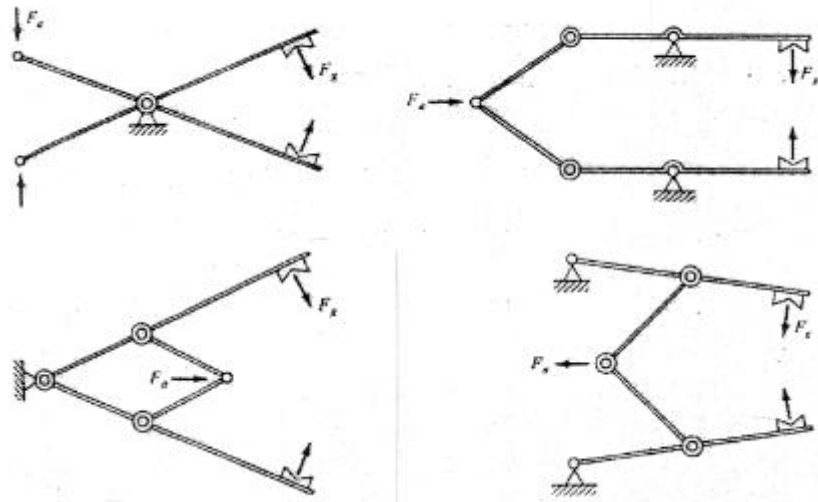
### ΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΑΡΠΑΓΕΣ

Μία μηχανική αρπάγη είναι το τελικό στοιχείο ενός βραχίονα και χρησιμοποιείται για να πιάνει αντικείμενα. Αποτελεί από το μηχανισμό και τις σιαγόνες (fingers). Στο **Σχήμα 5.35** φαίνεται μία αρπάγη που έχει σχεδιαστεί ώστε να προσαρμόζονται σε αυτή διάφορα μεγέθη και είδη σιαγόνων. Στις περισσότερες εφαρμογές, δύο σιαγόνες είναι ικανοποιητικές για να κρατήσουν το αντικείμενο. Αρπάγες με τρεις ή περισσότερες σιαγόνες δεν χρησιμοποιούνται συνήθως.



Σχ. 5.35

Η ενέργεια για τη λειτουργία των αρπάγων παρέχεται από το ρομπότ και μπορεί να είναι πνευματική, ηλεκτρική, μηχανική, ή υδραυλική. Ο μηχανισμός πρέπει να έχει την δυνατότητα να ανοίγει και να κλείνει τις σιαγόνες και να ασκεί ικανοποιητική δύναμη στο αντικείμενο ώστε να το συγκρατεί ασφαλώς. Κάποιοι πιθανοί μηχανισμοί για τη λειτουργία των αρπάγων φαίνονται στο **Σχήμα 5.36**.



Σχ. 5.36



## 6. Κατακόρυφη Διακίνηση προϊόντων

Ο εξοπλισμός της κατακόρυφης μεταφοράς των προϊόντων, μετακινεί τις μονάδες του προϊόντος μεταξύ δύο θέσεων ή σταθμών εργασίας που βρίσκονται σε διαφορετικό επίπεδο.

Σε σύγκριση με την οριζόντια διακίνηση η κατακόρυφη απαιτεί κάποια επιπλέον χαρακτηριστικά ασφαλείας, όπως προστασία έναντι φωτιάς στο άνοιγμα από το ένα επίπεδο στο άλλο. Επιπλέον απαιτείται κατάλληλος σχεδιασμός για δυναμικά και επιπρόσθετα στατικά φορτία.

Τα υπόλοιπα χαρακτηριστικά και οι παράμετροι σχεδιασμού της κατακόρυφης διακίνησης προϊόντων, δεν διαφέρουν από αυτά της οριζόντιας.

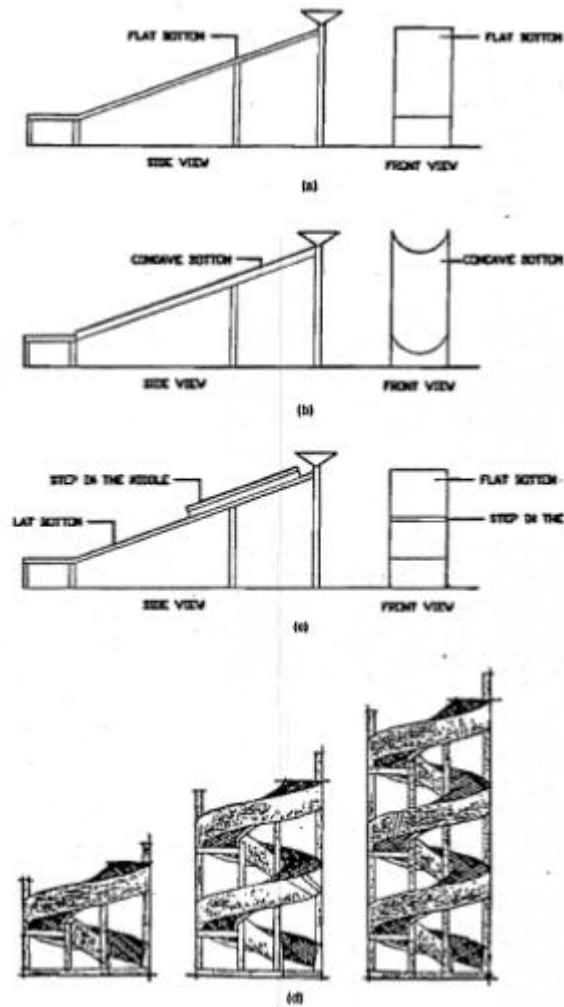
### 6.1 Είδη κατακόρυφης διακίνησης προϊόντων

Υπάρχουν δύο διευθύνσεις μεταφοράς των προϊόντων. Όταν το προϊόν μετακινείται από το κατώτερο επίπεδο προς το ανώτερο, υπάρχει διακίνηση με κλίση προς τα πάνω. Ενώ όταν το προϊόν κινείται από το υψηλότερο επίπεδο στο χαμηλότερο, υπάρχει διακίνηση με κλίση προς τα κάτω.

Η κατακόρυφη διακίνηση μικρών αντικειμένων ή κρεμασμένων ειδών ένδυσης αποτελείται από δώδεκα ομάδες αρχών διακίνησης. Αυτές μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε μία νέα ή ανακατασκευασμένη εγκατάσταση και είναι:

1. Κατακόρυφη διακίνηση προϊόντων, με κλίση προς τα πάνω, χωρίς ενέργεια, πάνω στο δάπεδο.
2. Κατακόρυφη διακίνηση προϊόντων, με κλίση προς τα πάνω, με ενέργεια πάνω στο δάπεδο.
3. Κατακόρυφη διακίνηση προϊόντων, με κλίση προς τα πάνω, χωρίς ενέργεια στην οροφή.
4. Κατακόρυφη διακίνηση προϊόντων, με κλίση προς τα πάνω, με ενέργεια στην οροφή.
5. Κατακόρυφη διακίνηση προϊόντων, με κλίση προς τα πάνω, χωρίς ενέργεια μέσα στο δάπεδο.
6. Κατακόρυφη διακίνηση προϊόντων, με κλίση προς τα πάνω, με ενέργεια μέσα στο δάπεδο.
7. Κατακόρυφη διακίνηση προϊόντων, με κλίση προς τα κάτω, χωρίς ενέργεια, πάνω στο δάπεδο.
8. Κατακόρυφη διακίνηση προϊόντων, με κλίση προς τα κάτω, με ενέργεια πάνω στο δάπεδο.
9. Κατακόρυφη διακίνηση προϊόντων, με κλίση προς τα κάτω, χωρίς ενέργεια στην οροφή.  
Κατακόρυφη διακίνηση προϊόντων, με κλίση προς τα κάτω, με ενέργεια στην οροφή.
10. Κατακόρυφη διακίνηση προϊόντων, με κλίση προς τα κάτω, χωρίς ενέργεια μέσα στο δάπεδο.
11. Κατακόρυφη διακίνηση προϊόντων, με κλίση προς τα κάτω, με ενέργεια μέσα στο δάπεδο.
12. Η κατακόρυφη διακίνηση με κλίση προς τα πάνω χωρίς ενέργεια γίνεται είτε με ανθρώπινη δύναμη ή με κάποιο όχημα χωρίς ενέργεια που σπρώχνει ο άνθρωπος πάνω σε ράμπα.

Η κατακόρυφη διακίνηση με κλίση προς τα κάτω χωρίς ενέργεια γίνεται είτε χειροκίνητα ή με τη δύναμη της βαρύτητας (σχήμα 6.1).

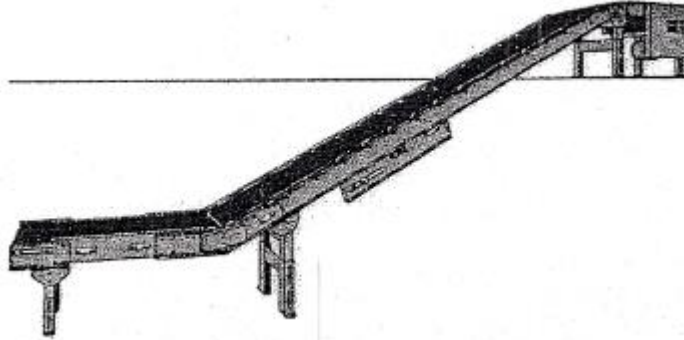


Σχ. 6.1

## 6.2 Μέσα κατακόρυφης διακίνησης προϊόντων

Αυτά τα μέσα διακίνησης χρησιμοποιούν σαν πηγή ενέργειας έναν ηλεκτροκινητήρα, πίεση αέρα, ή μία μηχανή εσωτερικής καύσης, ώστε να δοθεί ώθηση στην επιφάνεια μεταφοράς. Υπάρχουν διάφορα μέσα οριζόντιας διακίνησης μικρών αντικειμένων ή κρεμασμένων ειδών ένδυσης με χρήση κάποιας πηγής ενέργειας:

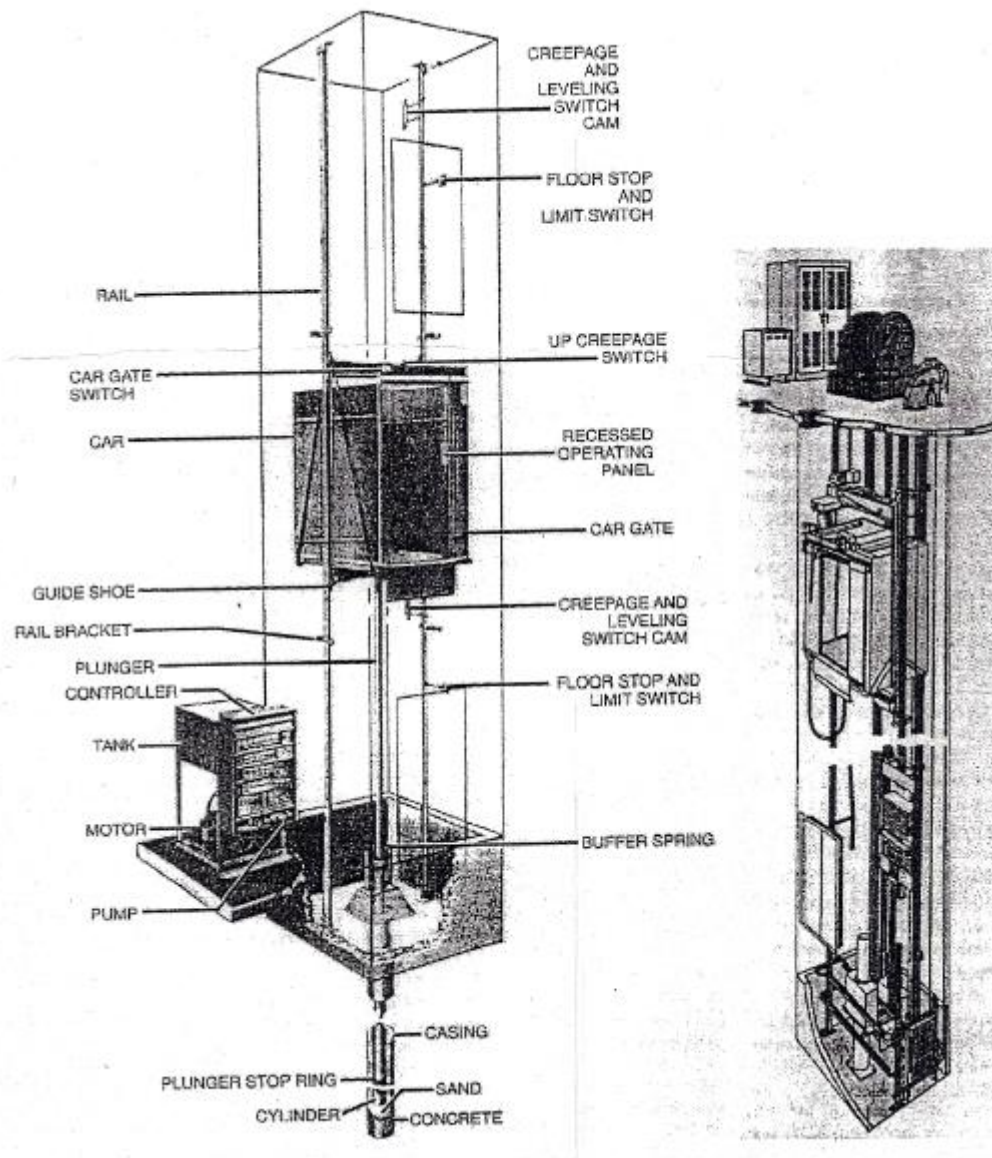
## 1. Μεταφορικές ταινίες με ενέργεια (Σχήμα 6.2).



Σχ. 6.2

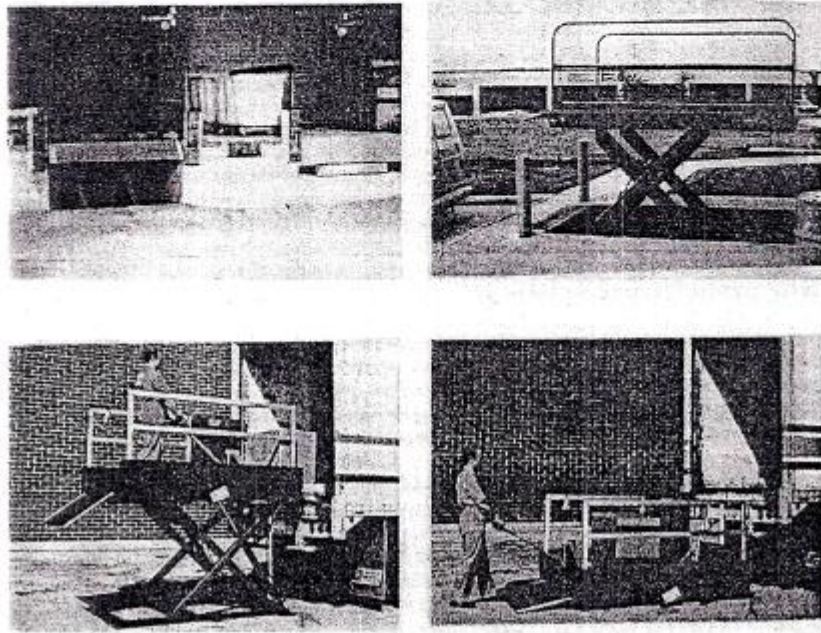
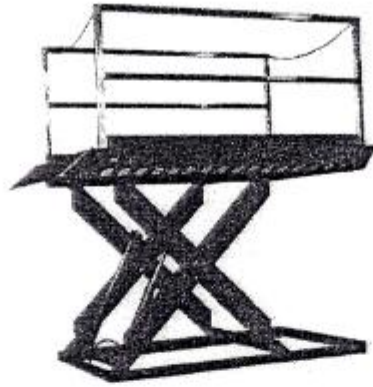
Οι παράγοντες που πρέπει να εξεταστούν για την εγκατάσταση αυτού του μέσου μεταφοράς προϊόντων είναι: α) η θέση του κινητήρα, β) η κλίση του διαδρόμου, και γ) η επιφάνεια της μεταφορικής ταινίας.

## 2. Ανελκυστήρας



Σχ. 6.3

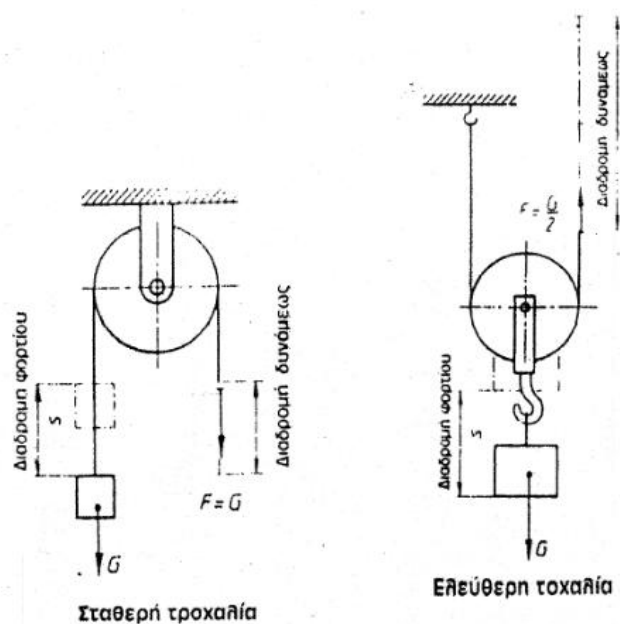
### 3. Ανυψωτικό μηχανήμα με ψαλίδια



Σχ. 6.4

#### 4. Τροχαλίες.

Υπάρχουν οι σταθερές και οι ελεύθερες τροχαλίες (βλ. Σχήμα 6.5).



Σχ. 6.5

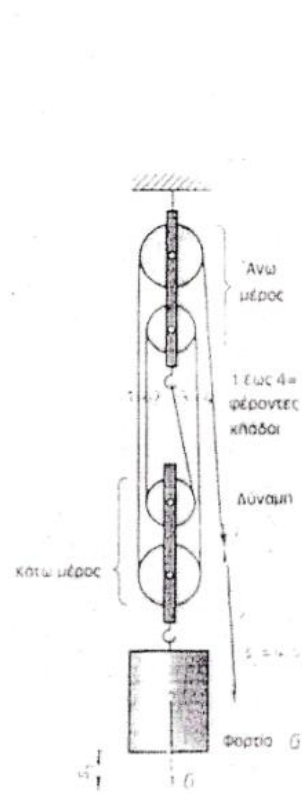
Κατά την κίνηση της τροχαλίας παρουσιάζονται διάφορες αντιστάσεις που οφείλονται στην τριβή του εδράνου. Οι αντιστάσεις αυτές συμπεριλαμβάνονται σε ένα βαθμό αποδόσεως της τροχαλίας. Ο Πίνακας 6.1 δείχνει το βαθμό αποδόσεως για γωνία περιελίξεως  $180^\circ$ .

Τροχαλία	Έδραση	$\eta$
Σταθερή τροχαλία	Έδρανα τριβής	0.96
	Ρουλεμάν	0.96- 0.98
Ελεύθερη τροχαλία	Έδρανα τριβής	0.98
	Ρουλεμάν	0.99

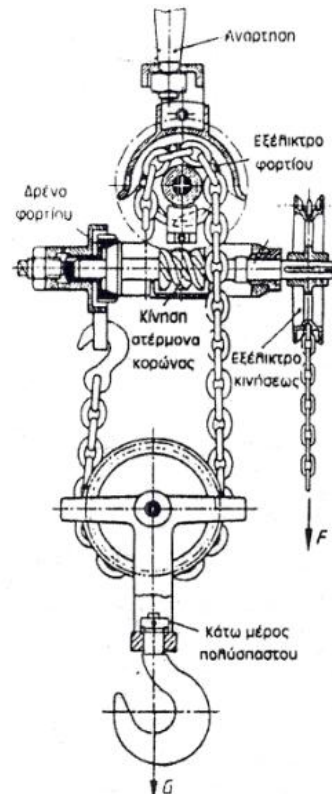
Πίνακας 6.1

## 5. Πολύσπαστα

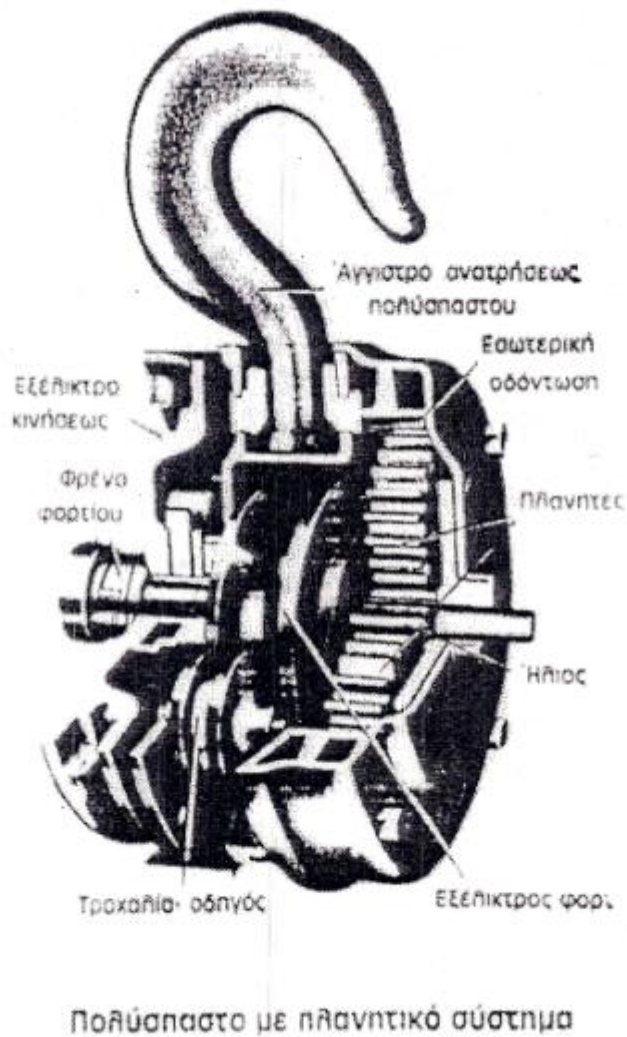
Υπάρχουν το πολύσπαστα με τροχαλίες, αυτά με ατέρμονα- κορώνα και τα πλανητικά πολύσπαστα (βλ. Σχήμα 6.6).



Πολλαπλό πολύσπαστο με 4 τροχαλίες



Πολύσπαστο με σύστημα ατέρμονα - κορώνας



Σχ. 6.6

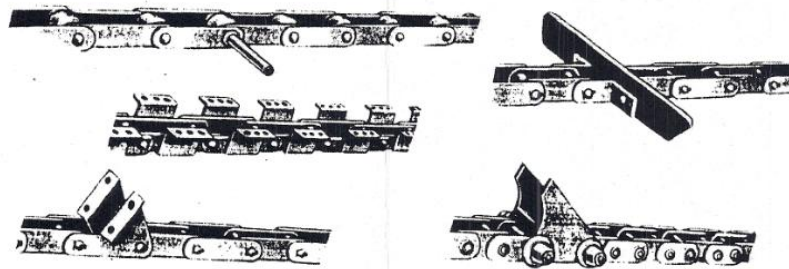
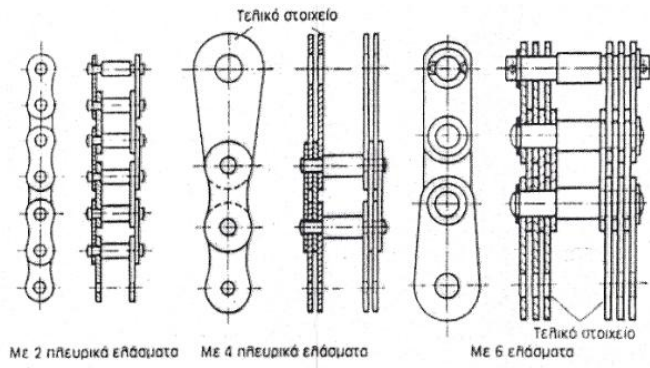
Στα πολύσπαστα με τροχαλίες η δύναμη ανυψώσεως  $F$  του φορτίου  $G$  υπολογίζεται από τη σχέση:

$$F = \frac{G}{n} \quad \text{σε N}$$

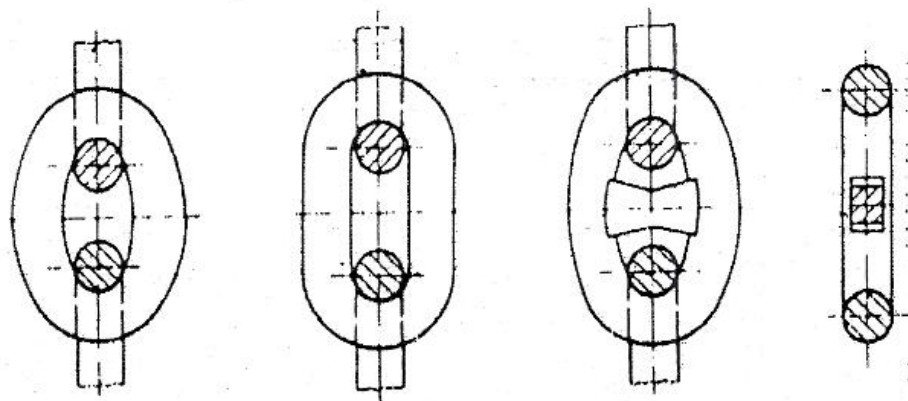
όπου  $G$  το φορτίο σε  $N$  και  $n$  ο αριθμός των σχοινιών από τα οποία κρέμεται το φορτίο.

Στα πολύσπαστα εκτός από τα συρματόσχοινα χρησιμοποιούνται και οι αλυσίδες. Οι αλυσίδες στα μέσα μεταφοράς παίζουν δευτερεύοντα ρόλο σε σχέση με τα συρματόσχοινα. Αυτό οφείλεται στο μεγάλο ίδιο βάρος, τη μικρή ελαστικότητα και τις μικρές επιτρεπόμενες ταχύτητες. Όμως οι αλυσίδες έχουν μεγαλύτερη ικανότητα μεταφοράς και ανθεκτικότητα έναντι διαβρώσεων. Γι' αυτό χρησιμοποιούνται ως αλυσίδες προσδέσεως, κινήσεως φορτίων στα πολύσπαστα και σε ορισμένα μεταφορικά μέσα. Υπάρχουν δύο τύποι αλυσίδων, οι αρθρωτές αλυσίδες και οι αλυσίδες όμικρον (Σχήμα 6.7).





Μεταφορικές αλυσίδες



Στρογγυλή

Επιμήκης

Με εγκάρσια ενίσχυση

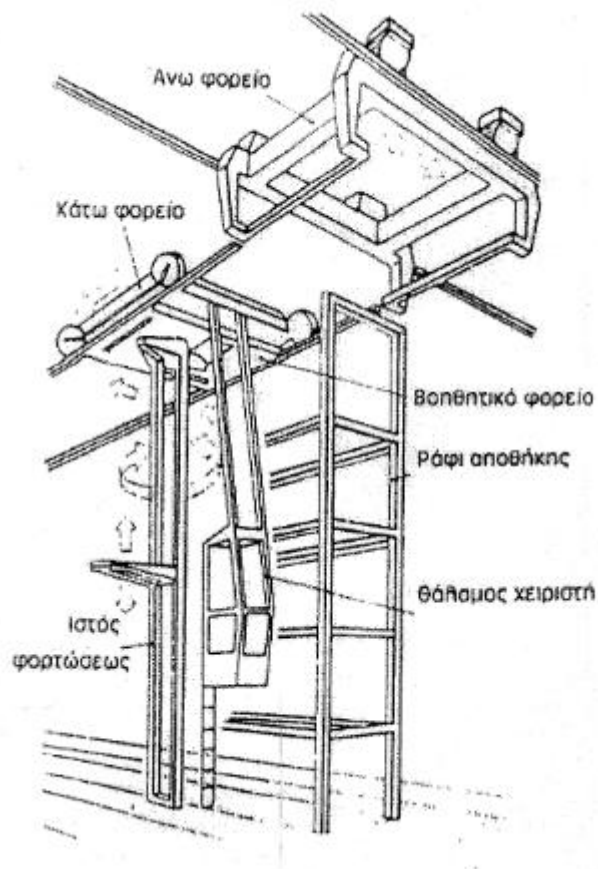
Αλυσίδες όμικρον

Σχ. 6.7

## 6. Φορτωτήρες ραφιών.

Οι φορτωτήρες ραφιών χρησιμοποιούνται στις αποθήκες όπου είναι συχνή η μεταφόρτωση ή διακίνηση αντικειμένων (βλ. Σχήμα 6.8). Όπως και τα περονοφόρα, ο φορτωτήρας έχει τον ιστό ανυψώσεως με τις περόνες. Ο ιστός αυτός συνήθως κρέμεται, από ένα κινητό φορείο (κάτω φορείο), το οποίο εκτελεί την κατά μήκος των διαδρομών κίνηση επάνω σε τροχιές. Για την κίνηση του φορτωτήρα και τους λοιπούς διαδρόμους, προβλέπεται και το άνω φορείο, το οποίο μπορεί να κινείται κάθετα προς τους διαδρόμους επάνω σε τροχιές.

Όλες οι κινήσεις όπως ανύψωση, κάθοδος, στροφή αριστερά δεξιά του ικριώματος, κινήσεις φορτίων, εκτελούνται από τον θάλαμο του χειριστή ή από έναν πίνακα με έλεγχο ηλεκτρονικού υπολογιστή.

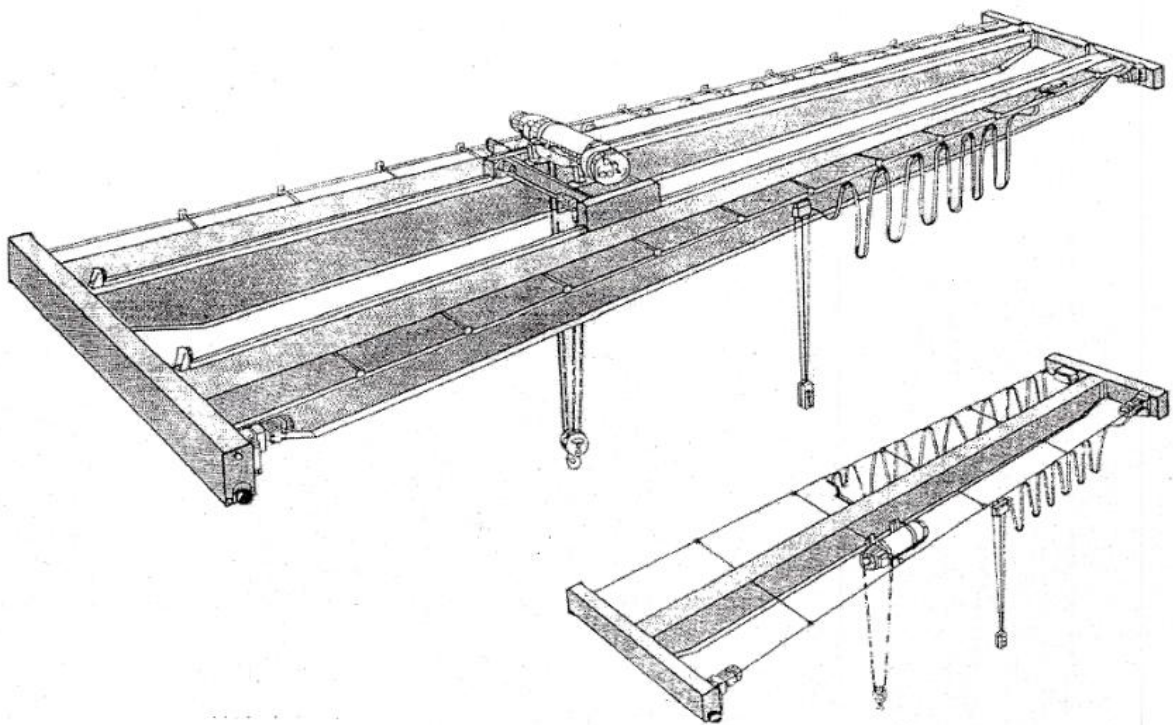


Σχ. 6.8

## 7. Γερανογέφυρα.

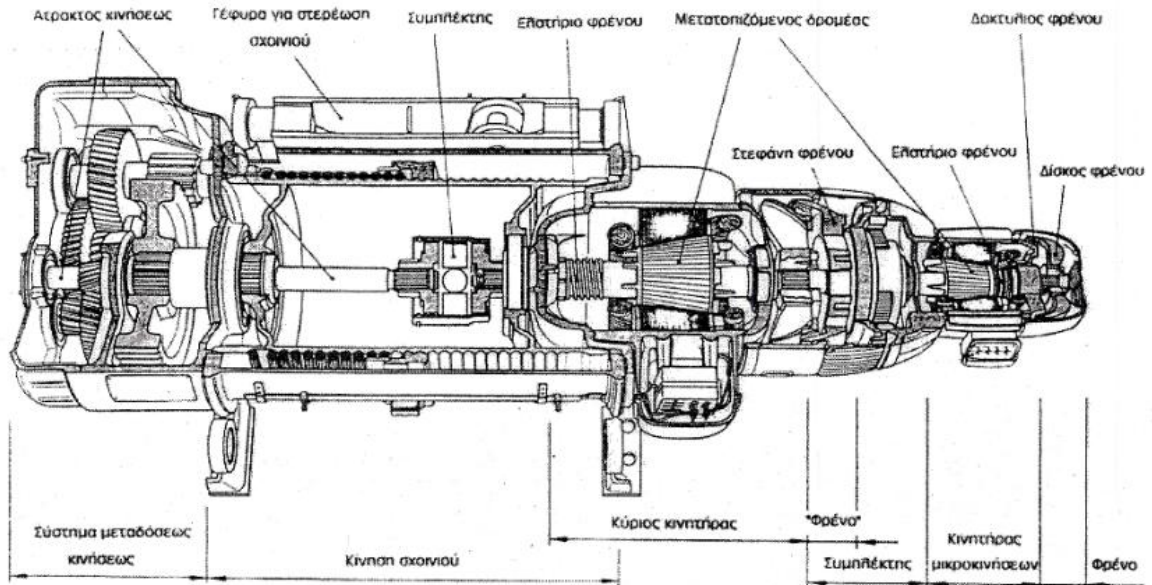
Στα εργοστάσια κατασκευής βαρέων μηχανημάτων, όπως για παράδειγμα στις αυτοκινητοβιομηχανίες, πολλές φορές πρέπει να ανυψωθούν και να μεταφερθούν μεγάλα βάρη. Για το σκοπό αυτό κατασκευάζονται οι γερανογέφυρες συνήθως με μεγάλα ανοίγματα (Σχήμα 6.9). Οι τροχοί κινούνται πάνω σε σιδηροτροχιές και πραγματοποιούν την κύρια κίνηση του γερανού. Επάνω στους φορείς κινείται το βαρουλκοφορείο εγκάρσια προς την κίνηση της γερανογέφυρας: Έτσι είναι δυνατή η σάρωση με το άγκιστρο του βαρούλκου μίας ορθογώνιας επιφάνειας.

Η παροχή ρεύματος στο γερανό γίνεται με συρόμενο καλώδιο ή για μεγάλες κινήσεις γερανών με αγωγούς ολισθήσεως. Η παροχή ρεύματος στο βαρουλκοφορείο γίνεται συνήθως με συρόμενο καλώδιο.



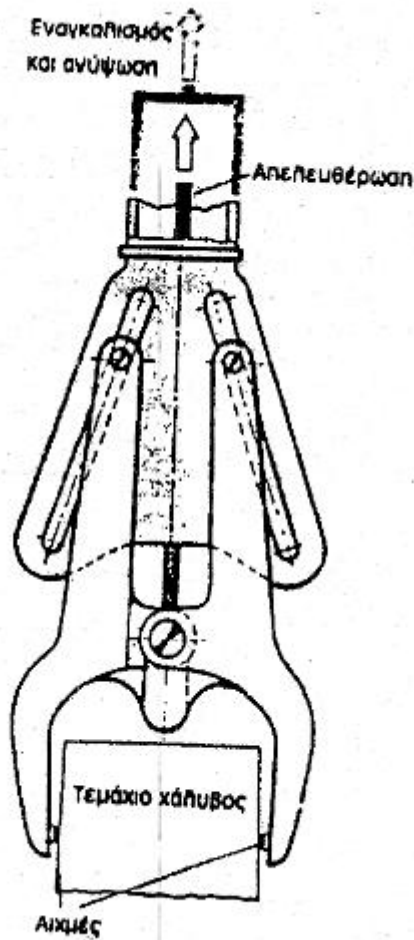
Σχ. 6.9

Το βαρουλκοφορείο είναι μία μονάδα, η οποία αποτελείται από το πλαίσιο - φορέα, με το σύστημα κινήσεως και ένα ηλεκτρικό βαρούλκο με ελεύθερη τροχαλία στο κάτω μέρος (βλ. Σχήμα 6.10). Τα συστήματα κινήσεως είναι εφοδιασμένα με πέδες ώστε να αποφεύγεται η κίνηση εάν δεν υπάρχει σχετική εντολή. Οι εντολές δίνονται σε απλές εγκαταστάσεις από χειριστήριο που κρέμεται από το βαρουλκοφορείο, ή είναι εγκατεστημένο στο θάλαμο χειρισμού που βρίσκεται στο ένα άκρο της γέφυρας. Σε σύγχρονες εγκαταστάσεις οι εντολές προέρχονται από Η/Υ και μέσω ασυρμάτου συστήματος επικοινωνίας φθάνουν στο σύστημα κινήσεως.



Σχ. 6.10

Το σύστημα συγκράτησης του φορτίου εξαρτάται από το είδος του φορτίου και το βαθμό αυτοματισμού της εγκατάστασης. Συνήθεις μορφές συστημάτων ανάρτησης αποτελούν τα άγκιστρα. Μηχανικά συστήματα ανάρτησης χρησιμοποιούνται για χύμα υλικά (π.χ. αρπάγη ή κουτάλα) αλλά και για στερεά υλικά δεδομένου σχήματος π.χ. χυτός χάλυβας από κάμινο (Σχήμα 6.11). Ηλεκτρομαγνητικές αρπάγες έχουν επίσης χρήση σε ειδικές εφαρμογές.



Σχ. 6.11

Φυσικά ως μέσα κατακόρυφης διακίνησης προϊόντων μπορούν να χρησιμοποιηθούν και από αυτά που έχουν αναλυθεί στην οριζόντια διακίνηση, όπως τα οχήματα που αντί να κινούνται σε ένα επίπεδο οριζόντια μπορούν να κινούνται σε ράμπα με κλίση.

## 7. Βιβλιογραφία

1. David E. Mulcahy, “MATERIALS HANDLING HANDBOOK”, McGraw – Hill 1999.
2. M.P. Groover, M Weiss, R.N. Nagel, N.G. Odrey, “INDUSTRIAL ROBOTICS”, McGraw - Hill 1986.
3. Lorenzo Sciavicco, Bruno Siciliano, “MODELING AND CONTROL OF ROBOT MANIPULATORS”, McGraw – Hill 1996.
4. Παναγιώτου Α. Δρακάτου, “ΜΗΧΑΝΕΣ ΔΙΑΚΙΝΗΣΗ ΥΛΙΚΩΝ”, Πάτρα – 1984.
5. Π.Α. Μακρύ, “ΜΕΤΑΦΟΡΙΚΕΣ ΚΑΙ ΑΝΥΨΩΤΙΚΕΣ ΜΗΧΑΝΕΣ”, Αθήνα – 1997.
6. Α.Ε. Κανάραχος, “ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΚΑΙ ΡΟΜΠΟΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ”, Παπασωτηρίου -1996.
7. Kittl Walter, Schoner Wolfrang, “ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΝΥΨΩΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΩΝ”, Ευρωπαϊκές Τεχνολογικές Εκδόσεις, 1996.
8. Κωνσταντίνος Αλαφοδήμος, “ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΟΙ ΕΛΕΓΚΤΕΣ”, Σημειώσεις για το μάθημα βιομηχανικοί ελεγκτές του ΑΤΕΙ Πειραιά – 2010
9. Κωνσταντίνος Αλαφοδήμος, “ΕΛΕΓΧΟΣ ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΩΝ ΔΙΕΡΓΑΣΙΩΝ”, Σημειώσεις για το μάθημα έλεγχος παραγωγικών διεργασιών του ΑΤΕΙ Πειραιά – 2010