



**ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΑΣ  
ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ  
“ΣΥΣΤΗΜΑ ΔΙΑΛΟΓΗΣ & ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗΣ  
ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΩΝ ΜΕ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ  
ΑΥΤΟΝΟΜΙΑ (ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΑ).”  
ΜΕΛΕΤΗ-ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ**

**ΕΙΣΗΓΗΤΕΣ: 1)ΓΚΙΟΛΗΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ  
Α.Μ:33110**

**2)ΜΕΤΑΛΛΗΝΟΣ ΓΡΗΓΟΡΗΣ  
Α.Μ:33404**

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: ΣΙΝΙΟΡΟΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ**

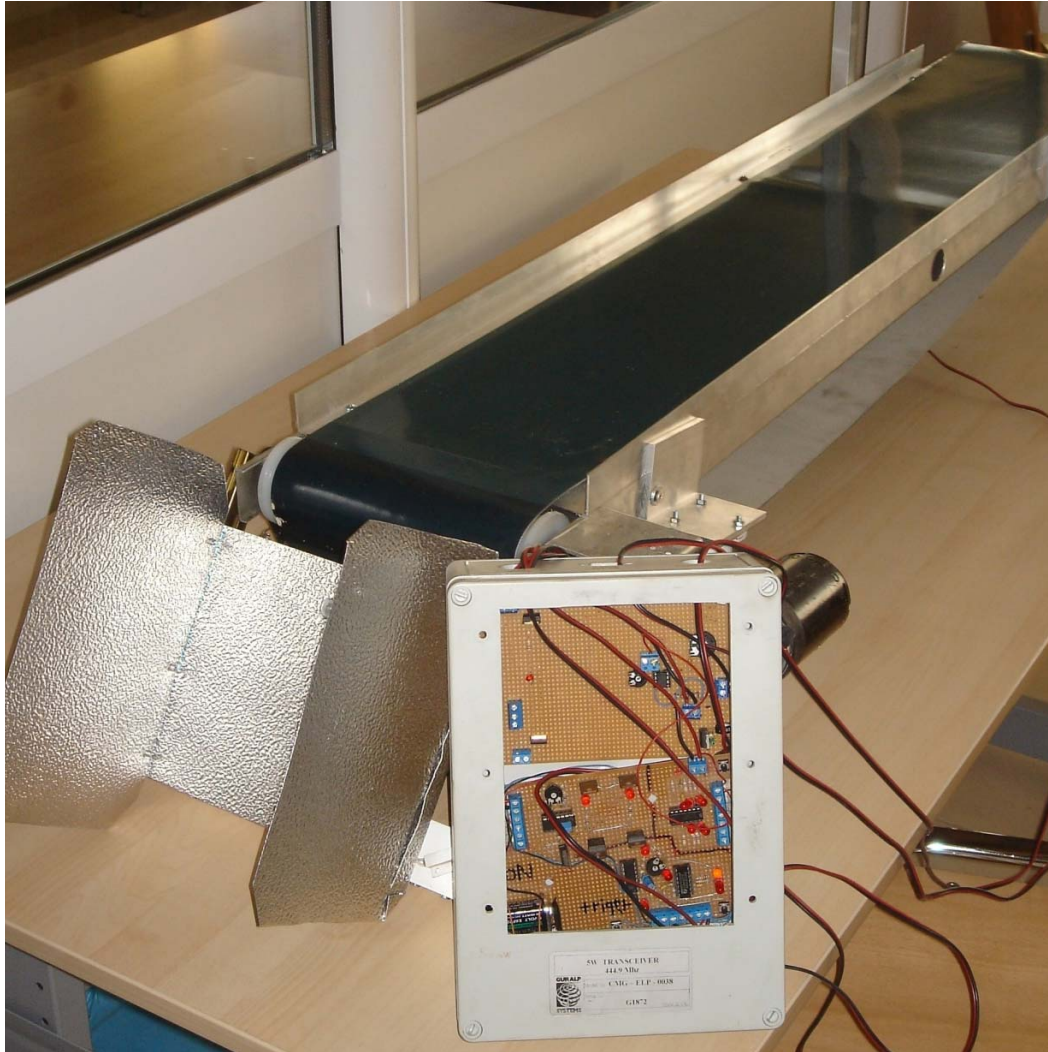
## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

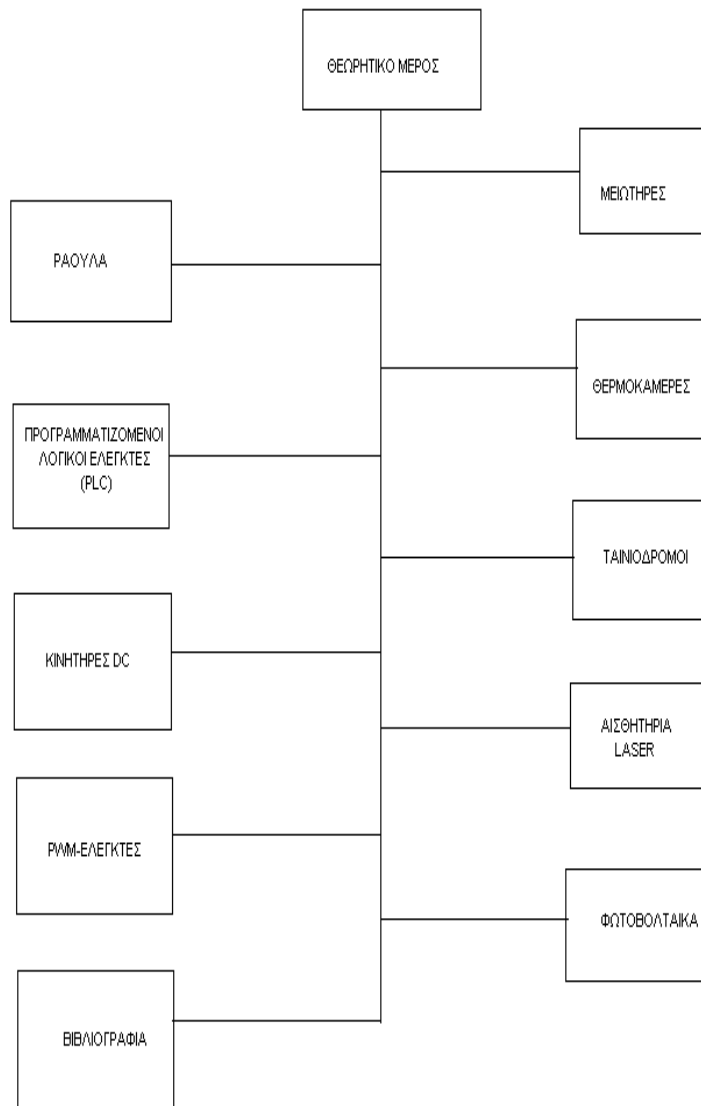
Θέλουμε να ευχαριστήσουμε τον καθηγητή μας κύριο Σινιόρο Π. για την βοήθεια που μας παρείχε ώστε να ολοκληρώσουμε την πτυχιακή εργασία καθώς επίσης και τους συνεργάτες του οι οποίοι μας έδωσαν πολύτιμες συμβουλές.

Επίσης βεβαιώνουμε ότι είμαστε συγγραφείς αυτής της πτυχιακής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχαμε για την προετοιμασία της , είναι πλήρως αναγνωρισμένη και νόμιμη και αναφέρεται στην πτυχιακή εργασία. Στο τέλος τη εργασίας γίνεται αναφορά των πηγών που χρησιμοποιήθηκαν και από τις οποίες έχει γίνει χρήση δεδομένων, ιδεών & λέξεων. Τέλος βεβαιώνουμε ότι η εργασία προετοιμάστηκε από εμάς ειδικά για τις απαιτήσεις του προγράμματος σπουδών του τμήματος Ηλεκτρολογίας του Τ.Ε.Ι. Πειραιά.

# ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ





Στο διάγραμμα παραπάνω παρουσιάζεται η δομή του θεωρητικού κομματιού και η σειρά με την οποία έχουν γραφτεί οι πληροφορίες ξεκινώντας από τους μειωτήρες και καταλήγει στην βιβλιογραφία όπου γίνεται αναλυτική παράθεση όλων των πηγών που χρησιμοποιήθηκαν.

Πρόκειται για ένα σύστημα το οποίο θα χρησιμεύει στην διαλογή και ταξινόμηση διάφορων υλικών ή αντικειμένων με χρήση αισθητήριων Laser ή ακόμα και με χρήση θερμοκάμερας για τον διαχωρισμό με βάση τα χρώματα ή ακόμα και την ποιότητα των προϊόντων. Το σύστημα εκτός από την συνδεσή του με το δίκτυο της Δ.Ε.Η. θα έχει την δυνατότητα να είναι και ενεργειακά αυτόνομο μιάς και είναι εφοδιασμένο με φωτοβολταϊκή κυψέλη η οποία είναι ικανή να καλύψει τις ανάγκες λειτουργίας του. Συγκεκριμένα πρόκειται για έναν ταινιόδρομο ο οποίος τροφοδοτείται με ηλιακή ενέργεια η οποία του

παρέχεται από την χρήση ενός φωτοβολταϊκού πάνελ , το οποίο είναι συνδεδεμένο με έναν συσσωρευτή (μπαταρία). Η μπαταρία τροφοδοτεί με συνεχές ρεύμα ένα μοτέρ μικρής ισχύος, το οποίο κινεί τον ταινιόδρομο. Η κίνηση γίνεται με την χρήση ράουλων πάνω στα οποία έχει τοποθετηθεί μία μεταφορική ταινία από καουτσούκ. Το μοτέρ δίνει κίνηση στα ράουλα κ έτσι επιτυγχάνεται η κίνηση του ταινιόδρομου. Για τον έλεγχο των στροφών χρησιμοποιήθηκαν ελεγκτές στροφών (PWM) , καθώς επίσης χρησιμοποιήθηκε και ένας μειωτήρας για να υπάρχει αργή περιστροφή του ταινιόδρομου , πάνω στον οποίο θα κινούνται τα προϊόντα που θα είναι προς διαλογή και με την βοήθεια αισθητηρίων λέιζερ θα πηγαίνουν προς την ανάλογη κατεύθυνση. Ο έλεγχος αυτός θα μπορεί να γίνει και με την χρήση θερμοκάμερας της οποίας το λογισμικό λειτουργίας το προγραμματίζουμε εμείς και με βάση την εικόνα που θα παίρνουμε μπορούμε να έχουμε και διαλογή προϊόντων με βάση το χρώμα αλλά και την κατάσταση στην οποία βρίσκονται. Επίσης υπάρχει η δυνατότητα τοποθέτησης και χειρισμού της συσκευής μέσω προγραμματιζόμενων λογικών ελεγκτών (p.l.c.). Τέλος η κατασκευή έχει την δυνατότητα να συνδεθεί και με το δίκτυο της Δ.Ε.Η. αν κριθεί απαραίτητο για την λειτουργία της σε περίπτωση που δεν υπάρχει αρκετή ηλιοφάνεια ή τα αποθέματα της μπαταρίας δεν είναι αρκετά.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ΜΕΙΩΤΗΡΕΣ**

- 1.1) Γενικές πληροφορίες σχετικά με τους μειωτήρες..8-9
- 1.2) Είδη μειωτήρων.....9-11
- 1.3) Τύποι μειωτήρων.....11-22

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ΡΑΟΥΛΑ**

- 2.1) Γενικές πληροφορίες.....23-24
- 2.2) Φωτογραφίες ράουλων.....24-25

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ΘΕΡΜΟΚΑΜΕΡΕΣ**

- 3.1) Πληροφορίες για θερμοκάμερες.....26-30

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΖΟΜΕΝΟΙ ΛΟΓΙΚΟΙ ΕΛΕΓΚΤΕΣ (PLC)**

- 4.1) Γενικές πληροφορίες για το PLC.....31-34
- 4.2) Πλεονεκτήματα χρήσης PLC.....34-36
- 4.3) Κριτήρια επιλογής κατάλληλου PLC.....36-39
- 4.4) Δομή του PLC.....39
- 4.5) Πρόγραμμα λειτουργίας ταιν/όμου με PLC.....40

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 ΤΑΙΝΙΟΔΡΟΜΟΙ**

- 5.1) Πληροφορίες σχετικά με τους ταινιόδρους.....41-44

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ DC**

- 6.1) Αρχή λειτουργίας κινητήρων DC.....45-48
- 6.2) Κατηγορίες κινητήρων DC.....48-49
- 6.3) Δομή κινητήρων DC.....49-51
- 6.4) Προδιαγραφές κινητήρων DC.....51-53
- 6.5) Εφαρμογές των κινητήρων DC.....53-54

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 ΑΙΣΘΗΤΗΡΙΑ – LASER**

- 7.1) Γενικές πληροφορίες.....55-56
- 7.2) Κατηγορίες αισθητήριων.....56-66

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8 PWM-ΕΛΕΓΚΤΕΣ**

- 8.1) Πληροφορίες για PWM.....67-68
- 8.2) Αρχή λειτουργίας.....68-69
- 8.3) Ρυθμίσεις λειτουργίας.....69-70
- 8.4) Επικοινωνία και έλεγχος.....70-71
- 8.5) Αποτελεσματικός τρόπος διαμόρφωσης.....71-72

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9 ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΑ**

- 9.1) Πληροφορίες περί των φωτοβολταϊκών.....73-74
- 9.2) Υπολογισμός τύπου κατάλληλης μπαταρίας.....74-75
- 9.3) Δομή φωτοβολταϊκών συστημάτων.....75
- 9.4) Διαχωρισμός φωτοβολταϊκών συστημάτων.....76-79
- 9.5) Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα φωτοβολταϊκών συστημάτων.....80
- 9.6) Είδη φωτοβολταϊκών πάνελ.....80-83
- 9.7) Είδη συσσωρευτών.....84-86
- 9.8) Μελέτη και υπολογισμός των αναγκών του συστήματός μας.....87-90

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10 ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΟ ΜΕΡΟΣ**

- 10.1) Μηχανολογικό μέρος συστήματος.....92-93
- 10.2) Μονάδα τροφοδοσίας συστήματος.....93-94
- 10.3) Ηλεκτρονικό μέρος συστήματος.....95-96
- 10.4) Έλεγχος κινητήρα ταινιοδρόμου.....97
- 10.5) Έλεγχος κινητήρα τσουλήθρας.....98
- 10.6) Αισθητήρας.....99
- 10.7) Μονάδα ισχύος τσουλήθρας.....100-101

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**



## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ΜΕΙΩΤΗΡΕΣ**

[πηγή:βιβλίο για PWM & SWITCHING PS/PWM, [www.arduino.com](http://www.arduino.com),  
[www.Wikipedia.gr](http://www.Wikipedia.gr)]

### **1.1) Γενικές πληροφορίες σχετικά με τους μειωτήρες.**

Στην κατασκευή μας για να μπορούμε να έχουμε σταθερή και ελεγχόμενα αργή κίνηση του ταινιοδρόμου χρησιμοποιήσαμε μειωτήρες στροφών. Πρόκειται για μηχανήματα τα οποία τοποθετούνται στο μοτέρ και έχουν την ικανότητα να μειώνουν τις στροφές που μας παρέχει το μοτέρ, ανάλογα με τον λόγο μετασχηματισμού που έχουν. παρακάτω γίνεται μια αναλυτική παρουσίαση σχετικά με τους μειωτήρες. Στην βιομηχανία χρησιμοποιούνται μειωτήρες για να μετατρέψουν την περιστροφική κίνηση που παρέχει το κινητήριο μοτέρ σε ευθύγραμμη κίνηση. Η μετατροπή αυτή γίνεται μέσα από διάφορα στάδια. Οι πολλαπλές αυτές μετατροπές αφορούν διάφορες παραμέτρους της κίνησης και διαμορφώνουν έναν τελικό συντελεστή ισχύος του εκάστοτε μηχανισμού μετάδοσης κίνησης. Το πρώτο στάδιο μιας τυπικής διαδικασίας μετάδοσης ισχύος είναι η μείωση (ή σπανιότητα ή αύξηση) των στροφών του κινητήριου μοτέρ που συνδυάζεται συχνά με την αλλαγή του άξονα περιστροφής της μεταδιδόμενης κίνησης. Αυτή η πρώτη μετατροπή της κίνησης που παράγεται από την ενέργεια που μεταδίδει ένας κινητήρας στον άξονά του γίνεται από τους μειωτήρες στροφών.

Ο άξονας περιστροφής της κίνησης που μεταδίδει ο μειωτήρας μπορεί να είναι παράλληλος, τεμνόμενος ή ασύμβατος με τον άξονα του κινητήρα. Η μετάδοση της κίνησης γίνεται με γρανάζια. Τα γρανάζια σαν μηχανισμός αλλαγής των στροφών εξασφαλίζουν μεγάλη ασφάλεια λειτουργίας, ακριβή σχέση μετάδοσης, δυνατότητα υπερφόρτισης, μεγάλη διάρκεια ζωής και μεγάλο βαθμό απόδοσης. Μέσα στο κέλυφος ενός μειωτήρα μπορούν να είναι προσαρμοσμένοι πολλοί οδοντωτοί τροχοί διαφόρων τύπων. Οι συνήθεις τύποι γραναζιών που αξιοποιούνται στην κατασκευή των μειωτήρων οι μετωπικοί οδοντωτοί

τροχοί, οι κωνικοί οδοντωτοί τροχοί, οι κοχλιωτοί οδοντωτοί τροχοί και το σύστημα ατέρμονα κοχλία – οδοντωτού τροχού.

## **1.2) Είδη μειωτήρων.**

Ας δούμε ξεχωριστά κάθε τύπο γранаζιού:

### **1. Μετωπικοί οδοντωτοί τροχοί**

Τα γρανάζια αυτού του τύπου μεταδίδουν την κίνηση μεταξύ παραλλήλων αξόνων. Η αρχική μεταλλική επιφάνεια από την κατεργασία της οποίας προκύπτουν τα μετωπικά γρανάζια έχει κυλινδρική μορφή. Τα δόντια των γραναζιών μπορούν να είναι είτε παράλληλα, είτε κεκλιμένα προς τον άξονα τους, είτε να σχηματίζουν μεταξύ τους γωνία. Τα παράλληλα τοποθετημένα γρανάζια μπορούν να είναι σε επαφή είτε εξωτερικά είτε εσωτερικά (δηλαδή το ένα να είναι μέσα στο άλλο), ενώ η κεκλιμένη οδόντωση μπορεί να είναι είτε απλή είτε διπλή. Τα γρανάζια με κεκλιμένα ή ελικοειδή δόντια υπερτερούν των γραναζιών με ευθεία δόντια διότι έχουν μεγαλύτερη αντοχή και προκαλούν λιγότερο θόρυβο κατά τη λειτουργία τους.

### **2. Κωνικοί οδοντωτοί τροχοί.**

Τα κωνικά γρανάζια χρησιμοποιούνται για μεταδόσεις κίνησης σε άξονες είτε τεμνόμενους, είτε ασύμβατους. Η αρχική μεταλλική επιφάνεια από την κατεργασία της οποίας προκύπτουν τα κωνικά γρανάζια έχει μορφή κολουρου κώνου. Στα γρανάζια που μεταδίδουν κινήσεις μεταξύ αξόνων οι οποίοι τέμνονται υπό τυχούσα γωνία τα δόντια τους είναι είτε ευθεία, είτε ελικοειδή. Ωστόσο σε αρκετές περιπτώσεις χρησιμοποιούνται κωνικά γρανάζια με δόντια που έχουν καμπύλη μορφή, είτε αυτά είναι τόξα κύκλου είτε τμήματα σπειροειδών καμπυλών. Στα γρανάζια που μεταδίδουν κινήσεις μεταξύ αξόνων οι οποίοι είναι ασύμβατοι τα δόντια τους είναι ελικοειδή. Χρησιμοποιούνται πάντως για τη μετάδοση της κίνησης σε ασύμβατους άξονες οι οποίοι έχουν μικρή σχετικά μεταξύ τους απόσταση. Τα κωνικά γρανάζια που μεταδίδουν κίνηση σε ασύμβατους άξονες, έχουν μικρότερο βαθμό απόδοσης από εκείνα που μεταδίδουν κίνηση σε τεμνόμενους άξονες διότι κατά τη λειτουργία τους αναπτύσσονται επ’

αυτών αυξημένες δυνάμεις τριβής ολίσθησης. Για τη μετάδοση των κινήσεων σε ασύμβατους άξονες χρησιμοποιούνται και τα κοχλιωτά γρανάζια. Ωστόσο αυτά βρίσκουν κυρίως εφαρμογή σε μικρές σχετικά φορτίσεις αλλά και μικρότερες σχέσεις μετάδοσης.

### 3. Οδοντωτός κανόνας.

Ο οδοντωτός κανόνας συνιστά ένα γρανάζι το οποίο προέκυψε από την κατεργασία μιας μεταλλικής επιφάνειας που είχε μορφή διαμήκους ράβδου. Τα δόντια του δεν είναι διαταγμένα επί κύκλου, αλλά επί ευθείας. Επιτυγχάνει μια μετάδοση κίνησης «μετωπικού τύπου» και καταφέρει να μετατρέπει την περιστροφική κίνηση σε ευθύγραμμη και το αντίστροφο.

### 4. Σύστημα ατέρμονα - κορώνας.

Μια άλλη διάταξη μετάδοσης κίνησης μεταξύ ασύμβατων αξόνων με κάθετες μεταξύ τους διευθύνσεις είναι το σύστημα ατέρμονα κοχλία – γραναζιού. Εδώ έχουμε έναν ατέρμονα κοχλία που φέρει κεκλιμένα δόντια και λειτουργεί σαν γρανάζι. Ο άξονας του ατέρμονα εφάπτεται στην περιφέρεια του γραναζιού στο οποίο μεταδίδεται η κίνηση. Αυτός ο τύπος μετάδοσης κίνησης έχει μικρό σχετικά βαθμό απόδοσης, αλλά προσφέρει το πλεονέκτημα της αθόρυβης λειτουργίας γιατί επιτυγχάνει απορρόφηση των δονήσεων.

### 5. Επικυκλική οδόντωση

Στη διάταξη αυτού του τύπου που προσομοιάζει στο πλανητικό σύστημα έχουμε ένα κεντρικό γρανάζι που καταλαμβάνει τη θέση του ήλιου και μια σειρά γραναζιών πλανητών που συνδέονται με τα δόντια του κεντρικού γραναζιού. Η πλανητική διάταξη προσφέρει τη δυνατότητα για μετάδοση μεγάλης ισχύος καθώς επίσης και για μεγάλες σχέσεις μετάδοσης. Οι πλανητικές οδοντώσεις έχουν λίγο μεγαλύτερο κόστος από τις άλλες γιατί περιλαμβάνουν μεγαλύτερο αριθμό γραναζιών, έχουν όμως παράλληλα το πλεονέκτημα ότι συχνά καταλαμβάνουν μικρό χώρο και έχουν μεγάλο βαθμό απόδοσης.

Οι διάφοροι τύποι μειωτήρων καθορίζονται από τη μετατροπή της κίνησης που είναι επιθυμητή και αξιοποιούν διάφορους τύπους γραναζιών από αυτούς που προαναφέρθηκαν προκειμένου να επιτύχουν τη ζητούμενη σχέση μετάδοσης. Στους διάφορους τύπους άλλωστε των μειωτήρων χρησιμοποιούνται και οι αντίστοιχοι τύποι γραναζιών.

Για παράδειγμα σε ένα ευθύγραμμο μειωτήρα που είναι μειωτήρας παράλληλων αξόνων χρησιμοποιούνται μετωπικά γρανάζια, ενώ στους γωνιακούς μειωτήρες χρησιμοποιούνται κωνικά γρανάζια ή γρανάζια ατέρμονα κοχλία – κορώνας.

### **1.3) Τύποι μειωτήρων.**

Πιο κάτω φαίνονται οι διάφοροι τύποι των μειωτήρων που υπάρχουν:

#### **-Μειωτήρας στροφών παράλληλων αξόνων.**

Το κέλυφος του μειωτήρα μπορεί να έχει τρεις τρύπες που να διαμορφώνουν σχήμα ισοσκελούς τριγώνου για να τοποθετηθούν μέσα σ' αυτές τρεις διατάξεις γραναζιών. Αυτό σημαίνει ότι η μείωση των στροφών θα γίνει σε δύο στάδια. Σε μια τέτοια διάταξη τα δύο μικρότερα γρανάζια συνήθως μπαίνουν στις δύο τρύπες που συνιστούν τη βάση του τριγώνου, ενώ το μεγάλο γρανάζι συνήθως μπαίνει στην κορυφή του ισοσκελούς τριγώνου. Τα γρανάζια μπορούν να έχουν ευθέα δόντια, αλλά κατά προτίμηση έχουν κεκλιμένα δόντια. Η διάταξη του μεγάλου γραναζιού περιλαμβάνει και τον άξονα εξόδου με τις μειωμένες στροφές. Αυτός μπορεί να συνδέεται με το μηχανισμό στον οποίο θέλουμε να μεταδώσουμε την κίνηση μέσω φλάντζας. Ο άξονας εξόδου μπορεί να είναι κοίλος και να προσαρμόζεται στο μεγάλο γρανάζι μέσω σφήνας. Στη διάταξη του γραναζιού εξόδου από το γρανάζι και προς την πλευρά του μειωτήρα μπορούν να παρεμβάλλονται κατά σειρά ανάμεσα σε δύο δακτυλίους ασφάλισης κοχλίας εξαγωνικός με ροδέλα ασφαλείας, ρουλεμάν και παρεμβύσματα. Μετά το δεύτερο δακτύλιο ασφάλισης που βρίσκεται προς την πλευρά του μειωτήρα συνήθως τοποθετείται η τσιμούχα λαδιού. Οι δύο άλλες διατάξεις γραναζιών μπορούν να έχουν άξονες

πινιόν προσαρμοσμένους επίσης με σφήνες πάνω στα γρανάζια, έχουν ρουλεμάν μπρος και πίσω από το κάθε γρανάζι και από την πλευρά της σύνδεσης με τον εξωτερικό μηχανισμό έχουν παρεμβύσματα και δακτυλίους ασφάλισης. Το κέλυφος του μειωτήρα στην πάνω πλευρά του φέρει βαλβίδα εξαερισμού και από την κάτω πλευρά συνήθως το καπάκι κλεισίματος του και τη φλάντζα συναρμογής. Στην κάθετη πλευρά απέναντι από τις τρύπες φέρει πινιόν, βιδωτές τάπες, τάπες κλεισίματος και ασφαλιστική τάπα.

### -Γωνιακός μειωτήρας με κωνικά γρανάζια.

Στην περίπτωση αυτή έχουμε δύο τρύπες από την διαμήκη πλευρά του κελύφους και μια τρύπα από την μικρή πλευρά του κελύφους. Από την τρύπα αυτή μπαίνει η διάταξη γραναζιού που συνδέεται με τον άξονα του κινητήριου μοτέρ. Ο άξονας πινιόν συνδέεται με σφήνα με μετωπικό γρανάζι με κεκλιμένα δόντια. Ο άξονας εισόδου φέρει στην άκρη του από την πλευρά του κινητήριου μοτέρ κωνική οδόντωση και μέσο αυτής συνδέεται με το μηχανισμό εισόδου. Μεταξύ γραναζιού και μηχανισμού εισόδου μπορούν να τοποθετηθούν δύο ρουλεμάν και ανάμεσά τους παρεμβύσματα. Στη διαμήκη πλευρά του κελύφους προσαρμόζονται δύο διατάξεις γραναζιών. Η μία συνιστά τη διάταξη εξόδου που μπορεί να έχει και το μεγάλο μετωπικό γρανάζι με κεκλιμένα δόντια. Ο άξονας εξόδου συνδέεται με το γρανάζι με δύο σφήνες. Από τη μια πλευρά του γραναζιού είναι τοποθετημένα κατά σειρά, ρουλεμάν, παρεμβύσματα, δακτύλιος ασφάλισης και τάπα κλεισίματος. Από την άλλη πλευρά της διάταξης του γραναζιού εξόδου είναι τοποθετημένα κατά σειρά αποστατικός δακτύλιος, ρουλεμάν, δακτύλιος ασφάλισης και τσιμούχα λαδιού. Η δεύτερη διάταξη που προσαρμόζεται στη διαμήκη πλευρά του κελύφους είναι αυτή του κωνικού γραναζιού που αποτελεί και το κλειδί της μετατροπής της κίνησης. Αυτή μπορεί να διαθέτει κωνικό γρανάζι συνδεδεμένο με μια σφήνα με άξονα πινιόν. Η διάταξη αυτή μετατροπής της διεύθυνσης της κίνησης, (η οποία παράλληλα συνιστά και ένα στάδιο μείωσης των στροφών), φέρει και από τις δύο πλευρές του κωνικού γραναζιού από ένα ρουλεμάν, δακτυλίους ασφάλισης παρεμβύσματα και τάπες κλεισίματος. Το κέλυφος από την πλευρά του μηχανισμού εισόδου

φέρει το καπάκι του μειωτήρα, ενώ από την απέναντι πλευρά μπορεί να φέρει πινιόν. Στην πάνω πλευρά του κελύφους μπορεί να τοποθετηθεί η βαλβίδα εξαερισμού. Παραπάνω περιγράφηκαν οι δύο βασικότεροι τύποι μειωτήρων. Ένας βασικός τύπος είναι ο μειωτήρας ατέρμονα – κορώνας ο οποίος προσομοιάζει στο γωνιακό μειωτήρα, αλλά στη διάταξη του γραναζιού που συνδέεται με το μηχανισμό εισόδου εκτός από ένα μετωπικό γρανάζι με κεκλιμένα δόντια υπάρχει και ο άξονας της διάταξης που είναι ένας ατέρμονας κοχλίας. Στην κάθετη πλευρά του κελύφους μπορεί να προσαρμόζεται μόνο μια διάταξη γραναζιού, η διάταξη εξόδου, η οποία φέρει και το γρανάζι τύπου κορώνας.

### -Πλανητικοί μειωτήρες

Οι πλανητικοί μειωτήρες παρουσιάζουν ορισμένα χαρακτηριστικά που τους διακρίνουν από τους συνήθεις μειωτήρες. Το βασικότερο είναι η χαμηλή (κατά κανόνα αλλά όχι πάντα) ισχύς λειτουργίας τους, αλλά και η μεγάλη ακρίβεια ρύθμισης που επιτυγχάνουν. Χαρακτηρίζονται επίσης από το ότι μολονότι επιτυγχάνουν σημαντικές σχέσεις μείωσης και αρκετά μεγάλες ροπές εξόδου κατασκευάζονται σε μικρά σχετικά μεγέθη. Πρέπει να σημειώσουμε εδώ πως σε ορισμένες εφαρμογές όπως σε αυτοκινούμενες υπερκατασκευές χρειάζεται να διαχειριστούν πολύ μεγάλα φορτία. Κάποια άλλα χαρακτηριστικά τους είναι η αυξημένη μηχανική απόδοση τους και η ιδιαίτερα αθόρυβη λειτουργία τους. Υπάρχει ακόμα η δυνατότητα χρησιμοποίησής τους σε εφαρμογές υψηλών απαιτήσεων και εν γένει έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής και προσφέρουν μεγάλη αξιοπιστία.

Στους πλανητικούς μειωτήρες συνηθέστατα ο άξονας εξόδου είναι φλαντζωτός. Αυτό προσφέρει συγκεκριμένα πλεονεκτήματα όπως τη δυνατότητα διαχείρισης υψηλών ακτινικών φορτίων, αλλά και η οικονομία που επιτυγχάνεται στην κατανάλωση ισχύος διότι το οδηγούμενο φορτίο συνδέεται απευθείας με το κινητήριο σύστημα χωρίς τα συνήθη στοιχεία σύνδεσης (π.χ κόμπλερ, αντάπτορες, κ.λ.π). Πρέπει να σημειωθεί ακόμα πως στους περισσότερους πλανητικούς μειωτήρες η λίπανση γίνεται με συνθετικό λάδι, το οποίο διαρκεί καθ' όλη τη διάρκεια ζωής του μειωτήρα.

Οι πλανητικοί μειωτήρες χρησιμοποιούνται συχνά σε συστήματα

ελέγχου κίνησης (motion control systems). Βρίσκουν ενδιαφέρουσα εφαρμογή στα πιο εξελιγμένα από αυτά τα συστήματα όπως στα συστήματα ρομποτικής και τούτο γιατί προσφέρουν υψηλή ακρίβεια θέσης συνδεδεμένοι με ειδικές διατάξεις με τους σερβοκινητήρες και τους βηματικούς κινητήρες οι οποίοι ενεργοποιούν τους μηχανισμούς κίνησης στα συστήματα αυτά. Πρέπει να τονίσουμε πως καθώς εξελίχθηκε η τεχνολογία των πλανητικών μειωτήρων τα τελευταία χρόνια έχουν αναπτυχθεί σε διάφορα μοντέλα μειωτήρων πολλαπλές δυνατότητες οδήγησης. Υπάρχουν λοιπόν πλανητικοί μειωτήρες που οδηγούνται από ηλεκτροκινητήρα, αλλά κι άλλοι που οδηγούνται από υδραυλικό κινητήρα ή από ελεύθερο άξονα. Αντίστοιχες δυνατότητες έχουν αναπτυχθεί και στις εξόδους των διαφόρων τύπων πλανητικών μειωτήρων, καθώς μια σειρά από διαφορετικούς σχεδιασμούς καλύπτει πολλαπλές απαιτήσεις.

Επίσης διαχωρισμός των μειωτήρων γίνεται με βάση το πώς είναι ο αξονάς τους αλλά και τι τύπο γρανάζιού χρησιμοποιούν. Ας δούμε ορισμένες κατηγορίες:

### **1) Ευθύγραμμοι με ελικοειδή γρανάζια σειρά R**

Με έξι τύπους μίας βαθμίδας και δεκατέσσερις τύπους δυο και τριών βαθμίδων, οι ευθύγραμμοι ηλεκτρομειωτήρες εξασφαλίζουν μια εκπληκτική αναλογία μεταξύ ισχύος και απαιτήσεων χώρου.

Σειρά RX (μονή βαθμίδα)

Για υψηλές στροφές εξόδου, οι τύποι από RX57 – RX107 προσφέρουν λύσεις για περιορισμένους χώρους.

Τεχνικά στοιχεία

Σχέση μείωσης  $i = 1,30 \dots 8,65$

Ροπή εξόδου Nm 36-830

Ιπποδυνάμεις 0,12...45 kW, 0,16-60 HP

Σειρά R (δυο και τριών βαθμίδων)

Η ολοκληρωμένη σειρά των ευθύγραμμων ηλεκτρομειωτήρων παρέχει την απόλυτη λύση για κάθε εφαρμογή.

Τεχνικά στοιχεία

Σχέση μείωσης  $i = 3,21 \dots 289,74$

Ροπή εξόδου Nm 90-27001

Ιπποδυνάμεις 0,09...160 kW, 0,1-215 HP

Σειρά RM

Η σειρά RM με ενισχυμένο άξονα είναι ειδικά σχεδιασμένη για χρήση σε αναδεύσεις και αεριστήρες βιολογικού καθαρισμού.

Τεχνικά στοιχεία

Σχέση μείωσης  $i = 4,29...289,74$

Σχέση μείωσης σε μειωτήρες με πολλές βαθμίδες  $i = 134...27001$

Ροπή εξόδου Nm 270...18000

Ιπποδυνάμεις 0,12...160 kW, 0,16-215 HP

### **2)Γωνιακοί με κωνικά γρανάζια σειρά K (τρεις βαθμίδες)**

Οι γωνιακοί ηλεκτρομειωτήρες της σειράς K παρέχουν υψηλό βαθμό απόδοσης (περίπου 96%) και στις δυο κατευθύνσεις και σε όλες τις ταχύτητες. Είναι σχεδιασμένοι για να επιτρέπουν υψηλές ροπές χωρίς φθορές στα γρανάζια. Οπότε, επιτυγχάνεται εξοικονόμηση ενέργειας και λόγω της μειωμένης τους ανάγκης για συντήρηση μπορούν να χρησιμοποιηθούν με ασύγχρονους κινητήρες (AC) και σύγχρονους και ασύγχρονους σερβοκινητήρες σε κάθε εφαρμογή. Είναι δυνατή η στήριξη με πόδια, στήριξη με φλάντζα ή στήριξη στον άξονα με την υποστήριξη του βραχίονα ροπής. Επιπλέον, είναι διαθέσιμη και η επιλογή κοίλου άξονα, με σύσφιξη άξονα με δίσκους ή TorqLOC.

Τεχνικά στοιχεία

Σχέση μείωσης  $i = 3,9...197,37$

Σχέση μείωσης σε μειωτήρες με πολλές βαθμίδες  $i = 94...32625$

Ροπή εξόδου Nm 125...50000

Ιπποδυνάμεις 0,12...200 kW, 0,16-268 HP

### **3)Γωνιακοί με ατέρμονα-κορώνα σειρά S**

Οι ηλεκτρομειωτήρες της σειράς S μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε κάθε βιομηχανικό τομέα και να προσαρμοστούν σε οποιαδήποτε απαίτηση ροπής και ταχύτητας. Οι επιλογές σχέσης μείωσης και τα χαμηλά επίπεδα θορύβου κατά τη λειτουργία αυτών των ηλεκτρομειωτήρων τους καθιστούν ιδανικούς για λύσεις χαμηλού κόστους για απλές εφαρμογές. Είναι δυνατή η στήριξη με πόδια,



στήριξη με φλάντζα ή στήριξη στον άξονα με την υποστήριξη του βραχίονα ροπής. Επιπλέον, είναι διαθέσιμη και η επιλογή κοίλου άξονα με σύσφιξη άξονα με δίσκους ή TorqLOC.

Τεχνικά στοιχεία

Σχέση μείωσης  $i= 6,80...288,00$

Σχέση μείωσης σε μειωτήρες με πολλές βαθμίδες  $i= 110...33818$

Ροπή εξόδου Nm 43...4000

Ιπποδυνάμεις 0,12...22 kW, 0,16-30 HP

#### **4)Παραλλήλων αξόνων σειρά F**

Η σειρά F των ηλεκτρομειωτήρων με παράλληλους άξονες είναι η τέλεια λύση όταν υπάρχει περιορισμένος χώρος. Τα πολλά διαφορετικά μεγέθη και σχέδια εξασφαλίζουν ότι οι ηλεκτρομειωτήρες μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών ακόμα και κάτω από τις πιο αντίξοες συνθήκες. Οι ηλεκτρομειωτήρες παραλλήλων αξόνων συνήθως χρησιμοποιούνται σε μεταφορικές ταινίες και εφαρμογές επεξεργασίας υλικών. Είναι δυνατή η στήριξη με πόδια, στήριξη με φλάντζα ή στήριξη στον άξονα με την υποστήριξη του βραχίονα ροπής. Επιπλέον, είναι διαθέσιμη και η επιλογή ή κοίλου άξονα, με σύσφιξη άξονα με δίσκους ή TorqLOC.

Τεχνικά στοιχεία

Σχέση μείωσης  $i= 3,77...281,71$

Σχέση μείωσης σε μειωτήρες με πολλές βαθμίδες  $i= 87...31434$

Ροπή εξόδου Nm 87...18000

Ιπποδυνάμεις 0,12...200 kW, 0,16-268 HP

#### **5)Γωνιακοί SPIROPLAN σειρά W**

Οι ηλεκτρομειωτήρες SPIROPLAN είναι μονοβάθμιοι ελικοειδείς με γρανάζια SPIROPLAN. Έχουν τρεις κύριες διαφορές από τους ελικοειδείς ηλεκτρομειωτήρες:

- Ο συνδυασμός σίδηρο σε σίδηρο στα γρανάζια,
- Η ειδική οδόντωση
- Το κέλυφος από αλουμίνιο.

Τα παραπάνω καθιστούν τους συγκεκριμένους μειωτήρες να είναι πολύ αθόρυβοι, ελαφριοί και να μην έχουν φθορές. Η κατασκευή του κέλυφους από αλουμίνιο τους κάνει επίσης να είναι πολύ συμπαγείς λόγω του ότι είναι και μικροί. Επίσης λόγω του ότι η λίπανση που γίνεται είναι κλειστού τύπου και οι φθορές των γραναζιών είναι ελάχιστες, έχει σαν αποτέλεσμα να μην χρειάζονται συχνή συντήρηση. Η ποσότητα του λαδιού που περιέχει ο ηλεκτρομειωτήρας επιτρέπει την στήριξη σε οποιαδήποτε θέση χωρίς να χρειαστεί να μεταβληθεί η ποσότητα που χρειάζεται. Είναι δυνατή η στήριξη με πόδια, στήριξη με φλάντζα ή στήριξη στον άξονα.

*Τεχνικά στοιχεία:*

Σχέση μείωσης  $i = 0,91 \dots 75,00$

Ροπή εξόδου Nm 25...180

Ιπποδυνάμεις 0,09...2,2 kW, 0,1-3,0 HP



Γωνιακός μειωτήρας (εικόνα 1)

Για την εύρεση του κατάλληλου τύπου μειωτήρα, αλλά και των δοντιών που θα έχουν τα γραναζία συνήθως η επιλογή γίνεται με βάση τις ανάγκες της κατασκευής αλλά και την σχέση μείωσης που θέλουμε να επιτύχουμε.

Πλέον όλα τα παραπάνω είναι «έτοιμα» και η επιλογή του μειωτήρα γίνεται με κριτήριο την σχέση μείωσης που ζητάμε. Βέβαια όλα τα παραπάνω μπορούν να επαληθευτούν με την χρήση των παρακάτω μαθηματικών τύπων οι οποίοι μπορούν να βοηθήσουν στην επαλήθευση της επιλογής μας.

Η στρεπτική ροπή (Mt) του κινητηρίου άξονα όπως θα δούμε στην συνέχεια εξαρτάται από την μεταδιδόμενη ισχύ (N) και από τις στροφές του κινητηρίου άξονα (n).

$$\frac{N (Hp)}{n (rpm)}$$

Αρα:  $Mt (Krcm)=71620$

επίσης υπάρχει η δυνατότητα υπολογισμού και της διαμέτρου των γραναζιών:

έστω d η διάμετρος, τότε  $d=N1 \cdot m$ ,

όπου με την βοήθεια συγκεκριμένου πίνακα γίνεται επιλογή του  $m$  &  $N1$ .

Τέλος από τα παραπάνω κ με την χρήση της παρακάτω εξίσωσης αλλά και της σχέσης μείωσης υπολογίζεται και ο αριθμός των δομτιών του άλλου γραναζιού:

$N2=N1 \cdot I$ , όπου I η σχέση μείωσης.

Παρακάτω παρουσιάζονται διάφοροι τύποι γραναζιών:

### 1) Γραναζωτοί μειωτήρες παραλλήλων- γωνιακών αξόνων

#### Μεγέθη 17 (50 360 ...)

Ονομ. ισχύς P N2 0,212 ÷ 2 700 kW

Ονομαστική ροπή M N2 ≤ 7 100 daN μ.

Σχέση μετάδοσης i N 2,5 ... 12 500



Μειωτήρας παράλληλων-γωνιακών αξόνων (εικόνα 2)

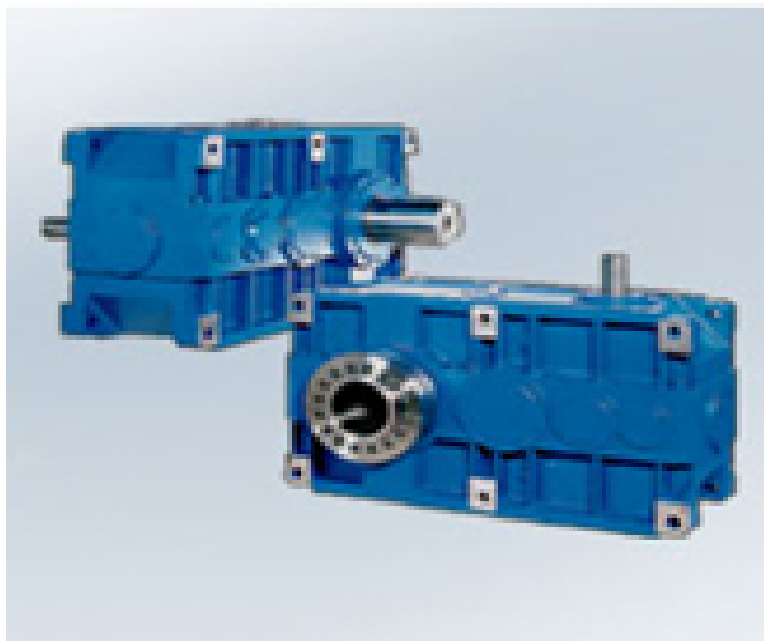
*2) Γραναζωτοί μειωτήρες παράλληλων- γωνιακών αξόνων*

**Μεγέθη 10 (400 ... 631)**

Ονομαστική ισχύς P N2 16 ÷ 3 650 kW

Ονομαστική ροπή M N2 90 ÷ 400 kN m

Σχέση μετάδοσης i N 8 ... 315



Μειωτήρας παράλληλων-γωνιακών αξόνων (εικόνα 3)

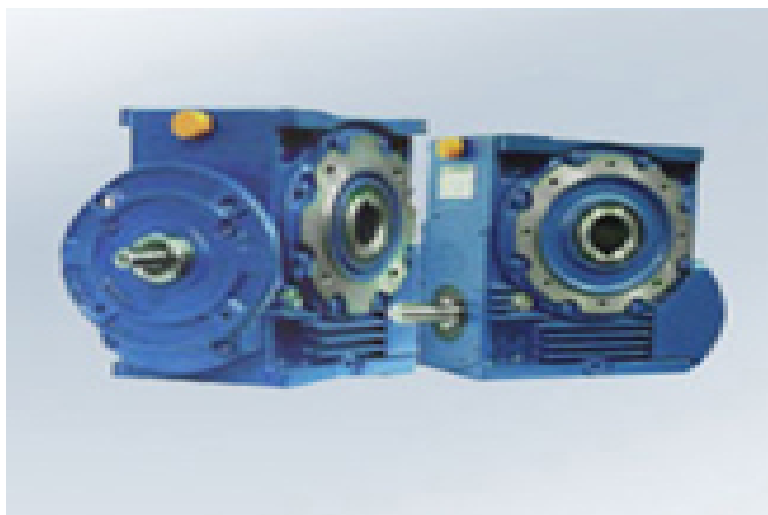
### 3) Γωνιακοί κοχλιωτοί

#### Μεγέθη 14 (32 ... 250)

Ονομαστική ισχύς P N2 0,01 ÷ 67 kW

Ονομαστική ροπή M N2 ≤ 1 900 daN m

Σχέση μετάδοσης i N 10 ... 16 000



Μειωτήρας παράλληλων-γωνιακών αξόνων (εικόνα 4)

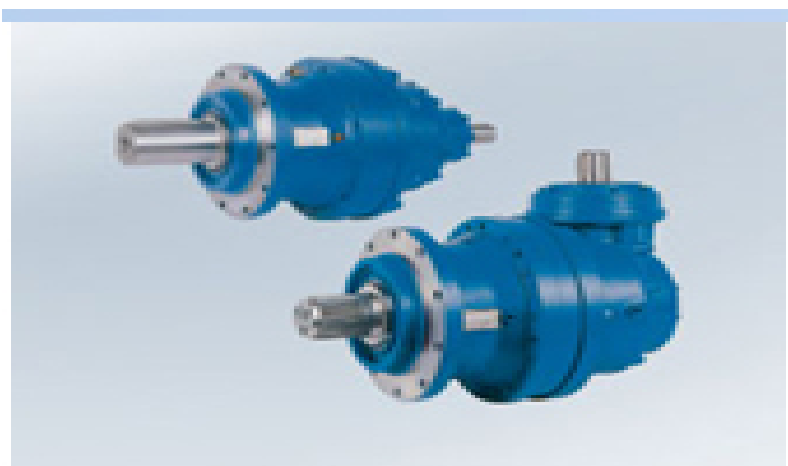
### 4) Πλανητικοί μειωτήρες

#### Μεγέθη 16 (200 ... 696)

Ονομαστική ισχύς P N2 0,046 έως 560kW

ονομαστική ροπή M N2 ≤ 20 000 m daN

Σχέση μετάδοσης i N 12,5 ... 3 000



Πλανητικοί μειωτήρες (εικόνα 5)

## 5) Ομοαξονικοί μειωτήρες ταχυτήτων

### Μεγέθη 16 (32 ... 180)

Ονομαστική ισχύς P N2 0,082 ÷ 117 kW

Ονομαστική ροπή M N2 ≤ 1 000 daN m

Σχέση μετάδοσης i N 6,3 ... 6 300



Ομοαξονικός μειωτήρας ταχυτήτων (εικόνα 6)

## 6) Μειωτήρες Κοίλου άξονα

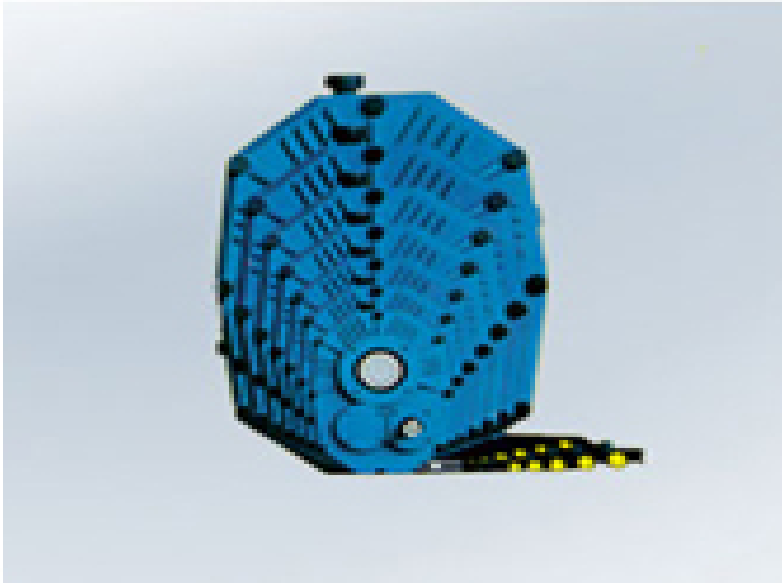
### 7 Μεγέθη

Ονομαστική ισχύς P N2 0,6 ÷ 85 kW

Σχέση μετάδοσης i N 10 ... 25

Ονομαστική ροπή M N2 ≤ 1 180 daN m

Μειωτήρας σχεδιασμένος να συνδέεται απευθείας στον κινούμενο άξονα και να λαμβάνει κίνηση από τον κινητήρα μέσω τροχαλίας. Ένας τεντωτής στηρίζει το μειωτήρα και παρέχει τη δυνατότητα ρύθμισης της τάσης του ιμάντα. Εφοδιάζονται και με μηχανισμό αντεπιστροφής επιβάλλοντας στον άξονα να περιστρέφεται προς μια κατεύθυνση, αριστερά ή δεξιά. Κατασκευάζεται με δυο κυλινδρικά γρανάζια που περικλείονται με κέλυφος από χυτοσίδηρο. Εύκολη προσαρμογή και λίπανση των γραναζιών με εξωτερική τάπα λαδιών για παρακολούθηση. Χρησιμοποιούνται ευρέως για μεταφορικές ταινίες, αναδευτήρες, λατομεία και γενικά όπου μπορεί να γίνει στήριξη στον άξονα.



Μειωτήρας κοίλου άξονα (εικονα 7)

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ΡΑΟΥΛΑ

[πηγή:www.roller.com,www.kinematic.gr,www.Wikipedia.gr.]

### 2.1) Γενικές πληροφορίες.

Η κατασκευή περιέχει και δύο ράουλα στα οποία δίνει κίνηση το μοτέρ. Στα ράουλα έχει τοποθετηθεί και ένα γρανάζι ώστε να εξασφαλιστεί η κίνηση της ταινίας. Πάνω στα ράουλα έχει τοποθετηθεί μία μεταφορική ταινία και όταν περιστρέφονται τα ράουλα περιστρέφεται και αυτή. Τα ράουλα είναι υπεύθυνα για την μετακίνηση μεγάλων αλλά και μικρών φορτίων. Έτσι για να εκπληρώνεται ο ρόλος τους θα πρέπει να έχουν:

- 1) Κατά το δυνατόν ισόροπη κίνηση ,
- 2) Δυναμική ζυγοστάθμιση ,
- 3) Μειωμένη αντίσταση κύλισης (περιστροφής) ,
- 4) Μεγάλη διάρκεια ζωής.

Σύμφωνα λοιπόν με τις προαναφερόμενες απαιτήσεις επιβάλλεται εξαιρετική ανάλυση των συνθηκών και των δεδομένων καθώς και γνώση στη φάση της μελέτης του σχεδιασμού και της σύνταξης των τεχνικών προδιαγραφών, προκειμένου να εξασφαλίζεται η παραγωγή ποιοτικού τελικού προϊόντος (στάδιο κατασκευής) και σαφή κριτήρια ελέγχου κατά την παραλαβή τους (στάδιο επιθεώρησης). Συνεπώς, προκειμένου ένας περιστροφέας (ράουλο) να διαθέτει υψηλή αντοχή, αυξημένο **πραγματικό χρόνο** λειτουργίας (διάρκεια ζωής) και τη μικρότερη δυνατή **ενεργειακή κατανάλωση**, ο σχεδιασμός και η κατασκευή του θα πρέπει να χαρακτηρίζεται από:

- την ομοαξονική διάταξη όλων των εξαρτημάτων που το συνθέτουν
- τον κυλινδρισμό του, τόσο για το σύνολο, όσο και για τα επιμέρους στοιχεία του



- τη λειτουργικότητα και την ανθεκτικότητα του κόμβου έδρασής του
- την επάρκεια του συστήματος στεγανοποίησης του
- τις σωστές τεχνολογικά ανοχές του κλπ.

Πέρα από όλα αυτά για να είναι επιτυχημένη η επιλογή των ράουλων θα πρέπει να συνδυαστεί με ορθολογική οικονομική αξιολόγηση των προσφερόμενων υλικών. Έτσι μια σωστή μελέτη επιλογής ράουλων θα λαμβάνει υπόψη τα εξής:

- το κόστος αγοράς
- το κόστος λειτουργίας & χρήσης (εγκατάσταση, συντήρηση, κατανάλωση ενέργειας)
- κόστος αντικατάστασης
- κόστος χρήματος.

Σήμερα όμως επειδή ως μοναδικό κριτήριο λαμβάνεται η αξία αγοράς έχει σαν συνέπεια:

- στο οικονομικό σκέλος να μην υπολογίζονται όσα κόστη αναφέραμε παραπάνω,
- και στο τεχνικό μέρος δεν συμμορφώνεται με τους διεθνείς κανονισμούς και τις εκάστοτε προδιαγραφές.

Τέλος σημαντικό ρόλο στην απόδοση των ράουλων παίζει η κλίση με την οποία έχουν τοποθετηθεί στην μεταφορική ταινία. Συνήθως τα ράουλα που βρίσκονται στις άκρες των τροχαλιών έχουν κλίση 20°. Υπάρχει όμως και η τάση η κλίση αυτή να είναι 35° και 45° έτσι ώστε να αυξηθεί η ποσότητα του μεταφερόμενου υλικού. Όταν η κλίση είναι 35° τότε η ποσότητα του μεταφερόμενου υλικού αυξάνεται κατά 25 με 35% σε σχέση με αυτές όπου η κλίση είναι 20°, ενώ όταν η κλίση είναι 45° τότε η ποσότητα μεταφερόμενου υλικού αυξάνεται κατά 35 με

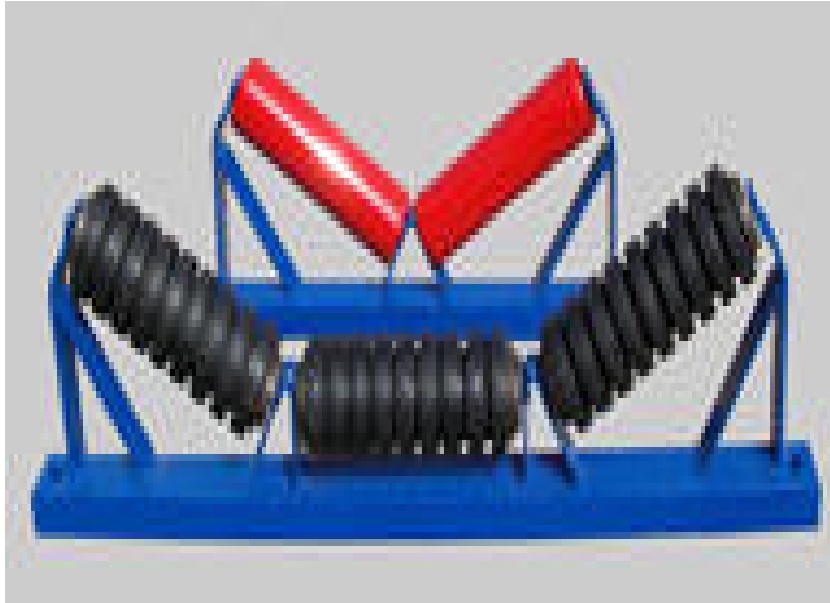
40%.

Τα ρουλεμάν, είτε κυλινδρικά είτε σφαιρικά, προστατεύονται από την σκόνη μέσω τσιμουχών λαβυρίνθου. Μια ταινία που τρέχει έξω από τα επιτρεπόμενα όρια μπορεί να ευθυγραμμιστεί μετατοπίζοντας ελαφρώς προς τα εμπρός το ένα ή το άλλο άκρο μέσω μερικών ράουλων.για τον σκοπό αυτό τοποθετούνται αυτοευθυγραμμιζόμενα ράουλα για διαστήματα μικρότερα των 23 μέτρων. Δεν πρέπει όμως να χρησιμοποιούνται ως συνεχή μέσα διόρθωσης της ευθυγράμμισης των ταινιών και οπτικοί έλεγχοι πρέπει να λαμβάνουν χώρα συχνά.

## **2.2) Φωτογραφίες ράουλων.**



Τύπος μεταλλικών ράουλων (εικόνα 8)



Βάσεις με ράουλα για ταινιόδρομο (εικονα 9)

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ΘΕΡΜΟΚΑΜΕΡΕΣ**

[πηγή:www.treecomp.gr,www.Wikipedia.gr]

### **3.1) Πληροφορίες για θερμοκάμερες.**

Όπως αναφέρθηκε και στην αρχή, υπάρχει η δυνατότητα να γίνει μια παραλλαγή στην λειτουργία της κατασκευής, αντικαθιστώντας το αισθητήριο λέιζερ με μία θερμική κάμερα η οποία θα έχει την δυνατότητα να κάνει τη διαλογή με βάση την ανάλυση που θα λαμβάνει από το προϊόν ή βάση του χρωματος που θα αναλύει, με την προϋπόθεση ότι θα έχουμε προβεί στις απαραίτητες ρυθμίσεις στο λογισμικό λειτουργίας της. Δηλαδή με την χρήση μιας τέτοιας κάμερας θα μπορούμε να κάνουμε διαχωρισμό π.χ. γεωργικών προϊόντων με μοναδικό κριτήριο το χρώμα του προϊόντος και χωρίς να είναι απαραίτητη η απασχόληση ανθρώπινου εργατικού δυναμικού όπως γινόταν μέχρι σήμερα για τέτοιες περιπτώσεις. Όπως γίνεται αντιληπτό η μέθοδος αυτή μπορεί να εφαρμοστεί πέρα από αγροτικά προϊόντα και για τον διαχωρισμό μπουκαλιών και οτιδήποτε άλλο θελήσουμε να διαχωρίσουμε με αυτόν τον τρόπο.

Ας δούμε όμως πως γίνεται αυτή η διαδικασία και που βασίζεται η λειτουργία της. Μέχρι τώρα η διαλογή των προϊόντων με βάση το χρώμα τους, αποτελούσε χειροκίνητη διαδικασία. Η ανάγκη όμως για τη βελτίωση της παραγωγής και την αυτοματοποίηση της διαδικασίας οδήγησε στην εμφάνιση διαφόρων συστημάτων διαλογής με βάση το χρώμα του προϊόντος. Το σύστημα οπτικής αναγνώρισης αποτελείται από ένα διαθλαστικό φακό μέσω του οποίου η εικόνα του προϊόντος οδηγείται σε δύο ζεύγη φωτοαισθητήριων, όπου μέσω ειδικών χρωματικών φίλτρων πραγματοποιείται σύγκριση και εξάγεται η απόφαση αποδοχής ή μη του προϊόντος. Στο λογισμικό λειτουργίας της κάμερας έχει γίνει ρύθμιση όπου όταν το προϊόν μετά την διαδικασία της σύγκρισης κριθεί ακατάλληλο τότε στέλνει σήμα και η ειδική ράμπα που υπάρχει στο τέλος του ταινιοδρόμου γυρνάει στην πλευρά που έχουμε ορίσει ως πλευρά ρίψης ακατάλληλου προϊόντος. Η ψηφιακή θερμοκάμερα λαμβάνει βίντεο από την επιφάνεια του ταινιοδρόμου και με την βοήθεια του συμπληρωματικού εξοπλισμού και του λογισμικού κάνει ανίχνευση για ελλειψματικά προϊόντα. Το συμπέρασμα που βγαίνει από τα παραπάνω για το όλο σύστημα είναι πως θα πρέπει ο σχεδιασμός του συστήματος αλλά και η τοποθέτηση της κάμερας να γίνει πολύ προσεκτικά ώστε να μην υπάρχει πρόβλημα με την συνεχή ροή των προϊόντων αλλά και την λήψη του βίντεο. Η χρήση μιας τέτοιας συνεπάγεται υψηλό κόστος διότι προόκειται για μια κάμερα η οποία έχει υψηλή τιμή αγοράς, όμως τα οφέλη από την χρήση τέτοιας τεχνολογίας έχουμε πολλαπλά οφέλη. Ορισμένα εκ των οποίων είναι τα παρακάτω:

- Παράγονται ακριβή περιγραφικά μεταδεδομένα,
- Είναι γρήγορη και αντικειμενική διαδικασία,
- Μειώνει τη συμμετοχή ανθρώπων
- Είναι συνεπής, αποδοτική και οικονομικώς αποδοτική
- Αυτοματοποιεί πολλές χειροκίνητες και εντατικές διαδικασίες , διαδικασία ,
- Είναι εύκολη και γρήγορη διαδικασία,

- Αποτελεί μη-καταστρεπτική διαδικασία,
- Είναι εύρωστη και οικονομικά ελκυστική τεχνική λόγω της εξέλιξης της τεχνολογίας αλλά και της τεχνογνωσίας στον συγκεκριμένο τομέα,
- Δίνει τη δυνατότητα αποθήκευσης δεδομένων για περαιτέρω ανάλυση .



Ψηφιακή θερμικάμερα (εικονα 10)



Κάμερα θερμικής ανάλυσης (εικόνα 11)



Κάμερα ανάλυσης χρώματος (εικόνα 12)



Κάμερα ανάλυσης χρώματος με υπέρυθρες (εικόνα 13)



Κάμερα ανάλυσης χρώματος (εικονα 14)



Κάμερα ανάλυσης χρώματος (εικονα 15)

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΖΟΜΕΝΟΙ ΛΟΓΙΚΟΙ ΕΛΕΓΚΤΕΣ (PLC)**

[πηγή: [www.ad.Siemens.de](http://www.ad.Siemens.de), Αυτοματισμός με Siemens

s7.(ΜΑΡΑΝΤΙΔΗΣ Ν.), Συστήματα αυτομάτου ελέγχου.(Μαλατέστας Π.)]

### **4.1) Γενικές πληροφορίες για το PLC.**

Όπως αναφέρθηκε και στην αρχή της περιγραφής μας, είπαμε ότι υπάρχει η δυνατότητα να γίνει χειρισμός της κατασκευής μέσω προγραμματιζόμενων λογικών ελεγκτών (PLC). Πρόκειται για μια συσκευή η οποία κάνει πιο εύκολο τον χειρισμό της κατασκευής αλλά και πιο απλό τον έλεγχό της. Στο τέλος του κεφαλαίου υπάρχει ενδεικτικά ο κώδικας-πρόγραμμα με το οποίο θα λειτουργήσει η κατασκευή εάν χρησιμοποιήσουμε προγραμματιζόμενους λογικούς ελεγκτές (plc). Ας δούμε αναλυτικότερα τι είναι το plc, τότε πρωτοεμφανίσθηκε, από τι αποτελείται, ποια είναι τα πλεονεκτήματα της χρήσης plc αλλά και άλλων χρήσιμων πληροφοριών. Ήδη από την δεκαετία του 1960 στην Ευρώπη άρχισε η μετάβαση στα συστήματα με ψηφιακά ηλεκτρονικά. Αυτό δεν άλλαξε μόνο τον τρόπο σκέψης αλλά και την δομή και τον τρόπο λειτουργίας εγκαταστάσεων και μηχανών. Υπήρξαν όμως και αρνητικά σημεία αφού απαιτήθηκε η γνώση υψηλής ηλεκτρονικής για την σωστότερη εγκατάσταση και συντήρησή τους. Οι πρώτοι προγραμματιζόμενοι ελεγκτές (PLC-Programmable Logic Controllers) στην αρχή της δεκαετίας του 1970 χρησιμοποιήθηκαν κυρίως για την αντικατάσταση των ρελέ. Η μεγάλη απαίτηση για μείωση του κύκλου παραγωγής άρχισε στην αρχή της δεκαετίας του 1980. Η τεχνολογία γινόταν γρηγορότερη και αναπτυσσόταν συνεχώς, παράλληλα με τις απαιτήσεις του χρήστη. Όπως σε όλους τους τομείς έτσι και εδώ, η επικοινωνία και η πληροφορία έγιναν η σημαντικότερη βάση για αποδοτική παραγωγή. Οι νέες συσκευές επεξεργάζονται πλέον δεδομένα και ανταλλάσσουν πληροφορίες μεταξύ τους ή με υπερκείμενους υπολογιστές.



Οι διαδικασίες παραγωγής γίνονται πιο σύνθετες, οι νεκροί χρόνοι στη παραγωγή μειώνονται συνεχώς, οι απαιτήσεις για αυξημένη ποιότητα αυξάνονται. Αλλάζει και ο ρόλος του ανθρώπου στη παραγωγική διαδικασία, τώρα σχεδιάζει, κατασκευάζει, προγραμματίζει, επιτηρεί κι επισκευάζει. Το φάσμα της εργασίας μεταφέρεται πλέον από την μυϊκή στην πνευματική. Κι ενώ η τεχνολογία παραγωγής προχωρά, φθάνουμε στη δεκαετία του 1990 όπου τεχνολογικά έγινε μεγάλο άλμα (συσκευές μικρότερες, φθηνότερες, με σημαντικά αυξημένες δυνατότητες συγκριτικά με αυτές της προηγούμενης δεκαετίας ) αλλά παράλληλα αυξήθηκε δυσανάλογα το κόστος εκπόνησης των προγραμμάτων και της θέσης σε λειτουργία των εγκαταστάσεων. Οι κατασκευαστές ρίχνουν πλέον το βάρος στο λογισμικό όπου παρέχονται έτοιμες λύσεις για τομείς του αυτοματισμού με την βοήθεια βιβλιοθηκών, εκμεταλλεύονται την πρόοδο των ηλεκτρονικών υπολογιστών και χρησιμοποιούν την εξέλιξη στο λειτουργικό τους σύστημα (τεχνολογία Windows) για να μειώσουν τους χρόνους στον προγραμματισμό των PLC (σχόλια προγράμματος, αντιγραφή τμημάτων προγράμματος από πρόγραμμα σε ένα άλλο κλπ). Εμφανίζονται νέες γλώσσες προγραμματισμού για τεχνολόγους σε γραφική μορφή, όπου ο χρήστης μέσω βιβλιοθηκών κι έχοντας γνώση μόνο της παραγωγικής διαδικασίας "συνθέτει" τον αυτοματισμό του. Τα υπόλοιπα γίνονται αυτόματα στο παρασκήνιο για λογαριασμό του. Υποστηρίζεται τέλος και η εξέλιξη στις γλώσσες προγραμματισμού των ηλεκτρονικών υπολογιστών (Pascal, C++) για χρήστες που είναι εξοικειωμένοι σε τέτοια περιβάλλοντα. Τέλος ιδιαίτερη έμφαση δίνεται πλέον στη δικτύωση-ασύρματη ή ενσύρματη για τον προγραμματισμό / επιτήρηση εξ αποστάσεως μέσω ειδικών συσκευών και λογισμικού για ηλεκτρονικό υπολογιστή (SCADA) καθώς και στις επικοινωνίες Internet.

Ας δούμε αναλυτικά από τι αποτελείται το plc και πως λειτουργεί. Το PLC είναι μία ηλεκτρονική διάταξη η οποία από την άποψη της λειτουργίας θα μπορούσε να προσομοιωθεί με έναν πίνακα αυτοματισμού. Έχει δηλαδή εισόδους και εξόδους που συνδέονται με τα στοιχεία μιας εγκατάστασης και βέβαια έναν αλγόριθμο που καθορίζει ότι κάποιος συνδυασμός εισόδων παράγει

ένα αποτέλεσμα στις εξόδους (π.χ. η ενεργοποίηση ενός τερματικού διακόπτη σταματά τον κινητήρα μιας μεταφορικής ταινίας). Οι ομοιότητες όμως σταματούν εδώ μια και το ιδιαίτερο χαρακτηριστικό των PLC είναι ότι οι "κανόνες" που καθορίζουν την συμπεριφορά των εξόδων δεν είναι σταθεροί και "συρματωμένοι" όπως σε ένα κλασσικό πίνακα αυτοματισμού αλλά μπορούν να μεταβάλλονται με την επέμβαση στο πρόγραμμα του PLC χωρίς καμία επέμβαση στο Hardware του συστήματος. Δηλαδή η λογική της λειτουργίας που ενσωματώνεται στο PLC μέσω του προγραμματισμού είναι μεταβαλλόμενη. Έτσι σε ότι αφορά το υλικό όλα τα PLC αποτελούνται από την CPU η οποία περιέχει την λογική του αυτοματισμού και η οποία αφού διαβάσει την κατάσταση των καρτών εισόδου ( input modules ) ενεργοποιεί τις κάρτες εξόδου ( out modules ) σύμφωνα με το πρόγραμμα που έχουμε αποθηκεύσει στην μνήμη του. Βέβαια το σύστημα συμπληρώνεται από το τροφοδοτικό και πιθανόν από διατάξεις ενδείξεων και χειρισμών ( operator panel, operator display ). Αυτό που απομένει είναι η «λογική» δηλαδή πότε πρέπει να οπλίσει το ρελέ. Αυτή η λογική είναι το πρόγραμμα του PLC που συντάσσεται σε συγκεκριμένη γλώσσα με την βοήθεια ειδικού λογισμικού ( programming software ), και αποθηκεύεται στην μνήμη του PLC. Έτσι τώρα το σύνολο του συστήματος λειτουργεί ως εξής: Αρχικά η CPU διαβάζει τις εισόδους, δηλαδή παρατηρεί την κάθε είσοδο, και αν σε αυτή έχει εμφανισθεί τάση ( που σημαίνει ότι έχει κλείσει ο διακόπτης ) καταχωρεί ένα λογισμικό 1 σε μία περιοχή της μνήμης του που είναι ειδική για αυτό τον σκοπό ( Input Image ). Η περιοχή αυτή περιέχει σε κάθε στιγμή την κατάσταση των εισόδων και λειτουργεί σαν ενδιάμεσος σταθμός ανάμεσα στον «έξω κόσμο» και την CPU. Στη συνέχεια εκτελείται το πρόγραμμα δηλαδή εξετάζεται η τιμή των εισόδων και αποφασίζεται η τιμή της εξόδου η οποία και καταχωρείται σε μια αντίστοιχη περιοχή μνήμης εξόδου ( Output Image ).

Τέλος η περιοχή της μνήμης εξόδου μεταφέρεται στην κάρτα εξόδου και διεγείρει με την σειρά της το ρελέ.

Η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται από την αρχή και διαρκώς δηλαδή ξαναδιαβάζεται η είσοδος που μπορεί τώρα να έχει διαφορετική τιμή

κλπ. Η διαδικασία αυτή λέγεται κυκλική επεξεργασία στο PLC. Είναι ιδιαίτερα σημαντικό εδώ να τονίσουμε ότι η πληροφορία για την κατάσταση της εισόδου αποκτάται μόνο στην αρχή του κύκλου και η κατάσταση της εισόδου κατά τον χρόνο εκτέλεσης του προγράμματος θεωρείται σταθερή ( πράγμα που μπορεί και να μην συμβαίνει ), όμως ο κύκλος του PLC είναι τόσο σύντομος ( τυπικά μερικά msec ) που ακόμα και αν αλλάξει η είσοδος, η CPU θα το αντιληφθεί στον αμέσως επόμενο κύκλο ( π.χ. μετά από 3 ms ) και θα δράσει ανάλογα με καθυστέρηση μόνο χιλιοστών του δευτερολέπτου. Φυσικά για ιδιαίτερα κρίσιμες εισόδους υπάρχουν τεχνικές που επιτρέπουν την ακαριαία πληροφόρηση και δράση της CPU ( Event driven interrupt ). Εδώ θα πρέπει επίσης να υπογραμμίσουμε, όπως εξάλλου είδαμε και πιο πάνω, ότι το αποτέλεσμα του αυτοματισμού ( το πότε θα διεγερθεί η έξοδος ) το καθορίζει το πρόγραμμα και όχι οι καλωδιώσεις. Θα μπορούσαμε διατηρώντας τις ίδιες ακριβώς καλωδιώσεις και αλλάζοντας μόνο το πρόγραμμα να κάνουμε το σύστημα να συμπεριφέρεται εντελώς διαφορετικά. Αυτή είναι βέβαια και η μεγάλη διαφορά του PLC από οποιοδήποτε άλλο σύστημα αυτοματισμού που καθορίζει και το όνομα του δηλαδή **προγραμματιζόμενος λογικός ελεγκτής**.

#### **4.2) Πλεονεκτήματα χρήσης PLC.**

Συγκριτικά με το κλασσικό αυτοματισμό τα πλεονεκτήματα της χρήσης του PLC είναι πάρα πολλά. Ενδεικτικά μπορούμε να αναφέρουμε τα εξής:

- Είναι συσκευές γενικής χρήσης – δεν είναι κατασκευασμένες δηλαδή για ένα συγκεκριμένο είδος παραγωγής.
- Δεν ενδιαφέρει ο συνολικός αριθμός των επαφών, χρονικών, απαριθμητών κλπ που θα χρησιμοποιηθούν μιας και αποτελούν στοιχεία μνήμης της CPU και όχι φυσικές οντότητες.

- Η λειτουργία του αυτοματισμού μπορεί να αλλάξει σε οποιοδήποτε στάδιο θελήσουμε (μελέτη, κατασκευή, θέση ή αργότερα) χωρίς επέμβαση στο υλικό.
- Εύκολος οπτικός εντοπισμός με μια ματιά, της λειτουργίας ή μη στοιχείων της εγκατάστασης με την βοήθεια των LED που υπάρχουν σε όλες τις κάρτες εισόδου/εξόδου. Με την βοήθεια συσκευής προγραμματισμού μπορεί να παρακολουθηθεί και η ροή εκτέλεσης του προγράμματος.
- Η κατασκευή του πίνακα που θα τοποθετηθεί το PLC γίνεται παράλληλα με τον προγραμματισμό του, πράγμα το οποίο οδηγεί στη συντομότερη παράδοση του αυτοματισμού.
- Πολύ συχνό είναι το φαινόμενο ο τεχνικός να κληθεί να επισκευάσει μια βλάβη και να δει έκπληκτος ότι άλλα υπάρχουν στα σχέδια και άλλα βλέπει αυτός στην εγκατάσταση. Το πρόβλημα αυτό δεν υπάρχει στα PLC αφού πάντα υπάρχει μόνο ένα «σχέδιο» αποθηκευμένο – δηλαδή το τελευταίο πρόγραμμα που του έχουμε περάσει. Εάν θέλουμε να έχουμε περισσότερα προγράμματα αυτό είναι δυνατό με την χρήση δισκετών.
- Τα PLC ως ηλεκτρονικές συσκευές καταλαμβάνουν πολύ μικρότερο χώρο στο πίνακα σε σχέση με τα υλικά του κλασσικού αυτοματισμού, καταναλώνουν δε πολύ λιγότερη από αυτά.
- Τοποθετούνται άφοβα και σε πεδία ισχύος – ο κατασκευαστής δίνει οδηγίες για αυτές τις περιπτώσεις οι οποίες πρέπει πάντα να τηρούνται ( αποστάσεις, γειώσεις κλπ).
- Η γλώσσες προγραμματισμού καλύπτουν όλο το φάσμα των ανθρώπων που καλούνται να ασχοληθούν με την τεχνολογία αυτή. Υπάρχει γλώσσα για ανθρώπους με γνώση σε συμβατικό αυτοματισμό (LAD), γλώσσες για όσους έχουν υπόβαθρο σε υπολογιστές (Statement List, SCL, FBD, C++) καθώς και

γλώσσες εξειδικευμένες για διάφορες τεχνολογίες (GRAPH 7, HIGRAPH, CSF).

- Τέλος , σαν ψηφιακές συσκευές σήμερα πια μας δίνουν την δυνατότητα να συνδέσουμε επάνω τους οθόνες , εκτυπωτές , πληκτρολόγια και να καταργήσουμε έτσι τα κλασσικά μιμικά διαγράμματα και τους πίνακες χειρισμών. Εύκολη είναι επίσης και η διασύνδεση μεταξύ τους για ανταλλαγή πληροφοριών , ο τηλεχειρισμός και η τηλεποπτεία , ο εξ αποστάσεως προγραμματισμός τους και η σύνδεση τους στο Internet.

#### **4.3) Κριτήρια επιλογής κατάλληλου PLC.**

Βέβαια για να μπορούμε να έχουμε όλα όσα αναφέρθηκαν παραπάνω θα πρέπει να ακολουθηθούν τα παρακάτω βήματα:

- ❖ Τεχνική περιγραφή – Καταγραφή δηλαδή των απαιτήσεων του πελάτη όσο αφορά την σημερινή κατάσταση της εγκατάστασης , τις απαιτήσεις από τον αυτοματισμό αλλά και τις πιθανές μελλοντικές της επεκτάσεις.
- ❖ Επιλογή τύπου και μονάδων PLC. Η επιλογή γίνεται πάντα με βάση τεχνοοικονομικά κριτήρια , τη καλύτερη τεχνική λύση δηλαδή με το χαμηλότερο κόστος, μέσα από μια πληθώρα συστημάτων και των συνιστωσών τους.
- ❖ Εκπόνηση σχεδίων/κατασκευή πίνακα όπου θα τοποθετηθεί το PLC.
- ❖ Προγραμματισμός – Υλοποίηση των προδιαγραφών που έθεσε ο πελάτης. Το πρόγραμμα δοκιμάζεται εν μέρει για την σωστή του λειτουργία, αφού μια ολοκληρωμένη δοκιμή του είναι πρακτικά αδύνατη στο γραφείο καθόσον οι συνθήκες είναι συνήθως πολύ πιο διαφορετικές από αυτές της εγκατάστασης.
- ❖ Θέση σε λειτουργία – το PLC τοποθετημένο στον πίνακα μεταφέρεται και τοποθετείται στην εγκατάσταση , συρματώνεται με τα περιφερειακά στοιχεία ( κινητήρες ,

βάνες , τερματικούς ), γίνεται έλεγχος για την σωστή συρμάτωση και τέλος μεταφέρεται το πρόγραμμα στο PLC. Εδώ γίνεται ο οριστικός έλεγχος της σωστής σύμφωνα με την τεχνική περιγραφή λειτουργίας του αυτοματισμού.

- ❖ Φάκελος έργου – Δημιουργείται φάκελος του έργου με τα τελικά διορθωμένα σχέδια και το πρόγραμμα εκτυπωμένο με επεξηγηματικά σχόλια.

Επειδή η λειτουργία και οι ανάγκες της κάθε συσκευής είναι διαφορετικές, είναι αναγκαία να γίνει επιλογή και του κατάλληλου plc. Η γκάμα των plc είναι πολύ μεγάλη μιάς και η τεχνολογία συνεχώς προοδεύει και εισάγεται ολοένα και πιο καινούργια τεχνολογία τόσο στο λογισμικό λειτουργίας των plc όσο και στις δυνατότητες τους αλλά και στις διαστάσεις και την εμφάνισή τους.

Επιλέξαμε την σειρά simatic s7 της Siemens την οποία και παρουσιάζουμε παρακάτω:

### ➤ **S7-200**

Χρησιμοποιείτε σε μικρές εφαρμογές σε όγκο προγράμματος και αριθμό σημάτων και εντολών. Ορισμένα από τα πλεονεκτήματα του είναι:

- Ταχύτητα
- Ευελιξία
- Δικτύωση
- Επεκτασιμότητα , πέραν των ενσωματωμένων εισόδων – εξόδων.
- Βρόγχοι ελέγχου PID

- Πάρα πολύ μικρές διαστάσεις.

### ➤ **S7-300**

Έχει εφαρμογή σε μεσαίας κλίμακας εφαρμογές. Ορισμένα από τα κυριότερα χαρακτηριστικά του είναι τα εξής:

- Modular μορφή
- Μεγάλη ποικιλία από CPU για την βέλτιστη επιλογή ανάλογα με την επιθυμητή απόδοση.
- Δεν υπάρχουν μικροδιακόπτες για την παραμετροποίηση – όλα γίνονται μέσω λογισμικού.
- Έχει πλήρες 32-bit σετ εντολών (ακόμα και για το ημίτονο , συνημίτονο , λογάριθμο , τετραγωνική ρίζα ).
- Μια μόνο κάρτα για όλους τους τύπους αναλογικών – η επιλογή της οποίας γίνεται μέσω του λογισμικού.

### ➤ **S7-400**

Η πλέον ισχυρή σειρά για εφαρμογές υψηλών απαιτήσεων σε αριθμό σημάτων , χρόνο και επεξεργασία , μέγεθος προγράμματος κι επικοινωνίες:

- Πολύ μεγάλο αριθμό σημάτων.
- Πολύ μεγάλες μνήμες

- Ταυτόχρονη χρήση και 4 κεντρικών μονάδων επεξεργασίας.
- Ελεύθερη τοποθέτηση των καρτών , ακόμα και των CPU.
- Δυνατότητα αφαίρεσης των καρτών ακόμα και κατά τη διάρκεια λειτουργίας του συστήματος χωρίς πρόβλημα.

#### **4.4) Δομή του PLC.**

Τέλος, πέρα από τα όσα προαναφέρθηκαν για να κάνουμε χρήση ενός plc θα πρέπει να γνωρίζουμε και την δομή του, η οποία είναι η εξής:

- ✚ Πλαίσιο στήριξης (Rack)
- ✚ Μονάδα τροφοδοσίας ( PS – Power Supply)
- ✚ Κεντρική μονάδα επεξεργασίας (CPU –Central Processing Unit)
- ✚ Κάρτες εισόδων / εξόδων , ψηφιακές ή αναλογικές ( SM – Signal Module)
- ✚ Κάρτες διασύνδεσης των rack (IM –Interface Module)
- ✚ Κάρτες επεξεργασίας σύνθετων και χρονικά κρίσιμων διαδικασιών (FM –Function Module)
- ✚ Κάρτες επικοινωνίας (CP – Communication Processor).



## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 ΤΑΙΝΙΟΔΡΟΜΟΙ**

[πηγή: [www.timetech.com](http://www.timetech.com), Εγκυκλοπαίδεια ΥΔΡΙΑ,]

### **5.1) Πληροφορίες σχετικά με τους ταινιόδρομους.**

Η μεταφορική ταινία που χρησιμοποιήθηκε στον ταινιοδρομό μας ήταν από καουτσούκ και είχε διαστάσεις 1m x 1m. Το υλικό από το οποίο μπορεί να είναι κατασκευασμένη η ταινία ποικίλει. Η τυποποιημένη κατασκευή ελαστικών ταινιών έχει αρκετά επίπεδα από ειδικά υφασμένο βαμβάκι ή συνθετικό ύφασμα όπως τεχνητό μετάξι, νάιλον ή πολυεστέρα με λαστιχένιες ενώσεις έτσι ώστε να μην επιτρέπονται φθορές και υγρασία. Το πάχος του ανώτερου επιπέδου της ταινίας καθορίζεται από τη δριμύτητα της εργασίας και ποικίλλει από 1,6 έως 19mm. Το πάχος του κατώτερου επιπέδου της ταινίας είναι συνήθως 1,6mm. Με την ενδιάμεση τοποθέτηση μιας λεπτής στρώσης υφάσματος είναι δυνατόν να διπλασιαστεί η αντοχή της ταινίας από φθορές. Η ταινία υπολογίζεται σύμφωνα με την τάνυση στην οποία με ασφάλεια μπορεί να υποβληθεί. Για να έχουμε σωστή κίνηση της ταινίας θα πρέπει να έχει γίνει κατάλληλη επιλογή κινητήρα. Ο υπολογισμός για την επιλογή του κατάλληλου κινητήρα γίνεται αν αθροίσουμε τους παρακάτω παράγοντες:

- 1) Την ισχύ που χρειάζεται για να κινηθεί η ταινία με φορτίο οριζόντια,
- 2) Την ισχύ που χρειάζεται η ταινία για να κινηθεί άδεια,
- 3) Σε περίπτωση που το φορτίο κινείται προς τα πάνω τότε θα πρέπει να υπολογίσουμε ξαί την ισχύ που χρειάζεται για να κάνει την κίνηση αυτή.

Στην περίπτωση όπου αυτή η ισχύς είναι μεγαλύτερη από τις άλλες δύο, τότε θα πρέπει να είναι εγκατεστημένο ένα πρόσθετο σύστημα φρεναρίσματος ώστε σε περίπτωση διακοπής του ρεύματος να ακινητοποιητέ η μεταφορική ταινία. Για παράδειγμα σε μεγάλες μεταφορικές ταινίες χρησιμοποιούνται ηλεκτροδραυλικά φρένα, ενώ σε μικρές ταινίες τοποθετούνται ηλεκτρομαγνητικά φρένα ή ανεπίστροφες κασάνιες.

Τέλος θα πρέπει να έχουν ληφθεί υπόψη όλα τα τεχνικά χαρακτηριστικά μιας ταινίας (μήκος, πλάτος, μεταφορική ικανότητα κ.α). Στην συνέχεια θα πρέπει να έχει γίνει υπολογισμός του συστήματος οδήγησης της μεταφορικής ταινίας. Για να γίνει αυτό θα πρέπει να έχουν ληφθεί υπόψη οι εξής παράγοντες:

- 1) ο συντελεστής της τριβής μεταξύ της τροχαλίας οδηγού και της ταινίας
- 2) η τάνυση της ταινίας και
- 3) το τόξο της επαφής μεταξύ της τροχαλίας και της ταινίας.

Το τόξο της επαφής μπορεί να αυξηθεί έως και περίπου 240ο με τη χρησιμοποίηση μίας δεύτερης τροχαλίας και μέχρι 410ο με τη χρησιμοποίηση δύο τροχαλιών που συνδέονται μεταξύ τους γριναζωτά ή που οδηγούνται από χωριστούς κινητήρες και έχουν την ταινία τυλιγμένη γύρω τους στη μορφή του γράμματος S. Η αντίσταση που πρέπει να υπερνικηθεί είναι το άθροισμα των τριβών σε όλο το μήκος της μεταφορικής ταινίας.

Επιπροσθέτως στην περίπτωση κεκλιμένης μεταφορικής ταινίας πρέπει να συνυπολογιστεί η αντίσταση λόγω της ανύψωσης του φορτίου. Το άθροισμα των αντιστάσεων των μεταφορικών ταινιών και των φορτίων καθορίζει το συνολικό έργο που πρέπει να μεταφερθεί στην ταινία μέσω της τροχαλίας οδηγού. Το συνολικό έργο αυξάνεται λόγω της ενέργειας που πρέπει να καταναλωθεί για το επαρκές τέντωμα της ταινίας, έτσι ώστε η ταινία να μην ολισθαίνει. Άλλοι παράγοντες που πρέπει να προστεθούν στο συνολικό έργο είναι το βάρος της ταινίας εάν ο μεταφορέας είναι επικλινής, και η επιπλέον ισχύς που χρειάζεται για το τέντωμα της ταινίας, έτσι ώστε να μην διπλώσει ανάμεσα στα ράουλα στο σημείο φόρτωσης του υλικού. Η μέγιστη ισχύς που χρειάζεται να καταναλωθεί για την κίνηση της ταινίας καθορίζει το μήκος του μεταφορέα που μπορεί να χρησιμοποιηθεί. Εάν μέρος της κίνησης του μεταφορέα γίνεται προς τα κάτω, τότε μειώνεται η ισχύς που χρειάζεται για την κίνηση της ταινίας. Στους μεταφορείς μεταβαλλόμενου μήκους, οι καταπονήσεις της ταινίας λόγω της επιτάχυνσης ή της επιβράδυνσης καλύπτονται από τον συντελεστή ασφαλείας που χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό της

διάρκειας ζωής της ταινίας. Η συνολική ή μέγιστη τάση εφελκυσμού  $T_{max}$  πρέπει να είναι γνωστή για να επιλεγεί μια κατάλληλη ταινία. Η ενεργός τάση εφελκυσμού  $T_e$  είναι η διαφορά μεταξύ της ισχυρής και της ελαφριάς τάσης,  $T_e = T_1 - T_2$ . Ο συντελεστής της τριβής μεταξύ ελαστικού και χάλυβα είναι 0.25. Σε μια τροχαλία με ελαστική επικάλυψη, ο συντελεστής τριβής μεταξύ ελαστικών είναι 0.55 για ιδανικές συνθήκες, αλλά πρέπει να ληφθεί υπόψη ως 0.35 για να επιτρέψει την απώλεια λόγω των ιδιαίτερων συνθηκών κάθε εφαρμογής, ιδιαίτερα όταν υπάρχουν ξένα σώματα. Τέλος, σε μία κεκλιμένη μεταφορική ταινία με μία κινητήρια μονάδα το  $T_{max}$  είναι χαμηλότερο, όταν η μονάδα τοποθετείται στην κεφαλή της μεταφορικής ταινίας και αυξάνεται όσο αυτή βρίσκεται πιο κοντά στην ουρά της. Επίσης θα πρέπει εκτός των παραπάνω αναφερομένων συστημάτων που χρησιμοποιούνται σε μεταφορικές ταινίες υπάρχουν και πολλά βοηθητικά συστήματα τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν όπως:

- Μαγνητικές τροχαλίες ή ειδικές μαγνητικές κεφαλές για την απομάκρυνση μεταλλευμάτων από την ταινία
- Υδραυλικά φρένα σε συνδυασμό με τα ηλεκτρουδραυλικά φρένα, ειδικά για κατηφορικές μεταφορικές ταινίες μεγάλου μήκους.
- Δονητικά συστήματα για την απομάκρυνση υλικού επικίνδυνου για την διάρκεια ζωής της ταινίας (π.χ. καυτά μέταλλα).

Τέλος ένα σημαντικό κομμάτι είναι η διάρκεια ζωής της μεταφορικής ταινίας. Έτσι περίπτωση μεταφοράς άμορφου υλικού, παρουσιάζονται πολλά προβλήματα στο σημείο της φόρτωσης που μπορούν να οδηγήσουν σε καταστροφή της ταινίας. Τα κομμάτια με μεγάλο βάρος, όπως μεταλλεύματα ή βράχοι, μπορούν να καταστρέψουν την εξωτερική κάλυψη της ταινίας. Η ζημιά αυτή μπορεί να μειωθεί χρησιμοποιώντας εύκαμπτα υποστηρίγματα. Αυτό μπορεί να γίνει με την χρήση των ράουλων με ειδικές βάσεις στήριξης από καουτσούκ. Επίσης το φορτίο αυτό δεν πρέπει να πέφτει κατακόρυφα στην ταινία. Όπου είναι δυνατόν, το φορτίο πρέπει να κινείται προς την ίδια φορά με αυτή της ταινίας πριν αποτεθεί σε αυτήν.

Όταν το υλικό είναι ένα μίγμα κομματιών και πούδρας, η πούδρα πρέπει να αποτίθεται πρώτη έτσι ώστε να δημιουργεί μία επιπλέον προστατευτική επιφάνεια πάνω στην οποία θα πέσει το υπόλοιπο υλικό.

Άλλοι καταστρεπτικοί παράγοντες είναι: η υπερβολική τάνυση της ταινίας όταν λειτουργεί εκτός ορίων, τα σπασμένα ράουλα και ο μη αποτελεσματικός καθαρισμός της ταινίας πριν αυτή έρθει σε επαφή με τις τροχαλίες ή το τύμπανο. Η εισαγωγή συστροφής 180ο στην επιστρεφόμενη ταινία και στις δύο άκρες (στην κεφαλή και στην ουρά) μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να κρατήσει καθαρή την ταινία και για να αποτρέψει τη συγκέντρωση υλικού. Η χρησιμοποίηση συστροφής 180 ο έχει ως αποτέλεσμα την ομοιόμορφη φθορά της ταινίας.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ DC

[πηγή: [www.demotors.gr](http://www.demotors.gr), Βασική Δομή και Τύποι Κινητήρων.(Ηλεκτρική κίνηση,Μαλατέστας Π -Βυλλιώτης Η.), Ηλεκτρική κίνηση.(Μαλατέστας Π.-Μανιάς Σ.)]

### 6.1) Αρχή λειτουργίας κινητήρων DC.

Πέρα των όσων αναφέρθηκαν και παρουσιάστηκαν πιο πάνω, ένα σημαντικό κομμάτι της κατασκευής είναι η κίνηση του ταινιοδρόμου.

Για την λειτουργία του ταινιοδρόμου χρησιμοποιήθηκε ένα μοτέρ-ηλεκτρικός κινητήρας μικρής ισχύος, κατάλληλος για τις ανάγκες της κατασκευής.

Το μοτέρ μπορεί να είναι από ηλεκτρικό παράθυρο είτε από το σύστημα κίνησης των υαλοκαθαριστήρων ενός αυτοκινήτου.

Πρόκειται για ένα κινητήρα ο οποίος δουλεύει με συνεχή-DC τάση 12-24 V και έχει ισχύ 4-7.5 W. Το συγκεκριμένο μοτέρ θα παίρνει ρεύμα από την μπαταρία και θα παρέχει κίνηση στον ταινιόδρομο.

Οι κινητήρες Σ.Ρ. ανάλογα με τα τυλίγματα διέγερσης τα οποία διαθέτουν αλλά και ανάλογα με τον τρόπο που αυτά συνδέονται διακρίνονται στις εγής κατηγορίες:

- Κινητήρες παράλληλης διέγερσης.
- Κινητήρες διέγερσης σειράς.
- Κινητήρες σύνθετης διέγερσης.
- Κινητήρες ξένης διέγερσης.

Σε όλες τις παραπάνω περιπτώσεις το ρεύμα του τυλίγματος τυμπάνου δίνεται από την σχέση:

$$I_a = \frac{V_a}{R_a} - E_a, (1)$$

Όπου  $V_a$  η τάση τυλίγματος τυμπάνου και  $R_a$  η αντίσταση τυλίγματος τυμπάνου.

Κατά την εκκίνηση του κινητήρα  $E_a=0$  διότι και οι στροφές  $n$  του κινητήρα είναι  $n=0$ . Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την δημιουργία ενός ρεύματος τυμπάνου αρκετά μεγαλύτερου από το ονομαστικό. Για συνήθεις κινητήρες ισχύει ότι:

$$I_{a,εκ} = \frac{V_a}{R_a} \approx C7 - 10 I_{a,ον}, (2)$$

Όπου  $I_{a,ον}$  = ονομαστικό ρεύμα κινητήρα και  $I_{a,εκ}$  = ρεύμα εκκίνησης κινητήρα.

$$\eta = \frac{V_a - \frac{I_a R_a}{K_g \Phi(\omega_f)}}{V_a} = f(\omega_f, I_a, R_a, \Phi) \quad , (3)$$

Επίσης ισχύει:  $I_f$  = ρεύμα διέγερσης.

Από τα παραπάνω βλέπουμε ότι οι στροφές του κινητήρα είναι ανάλογες της τάσης τροφοδοσίας και αντίστροφα ανάλογες του φορτίου του κινητήρα.

Τέλος βλέπουμε ότι μία άλλη παράμετρος με την οποία μπορούμε να ελέγξουμε τις στροφές της μηχανής με μηδαμινό κόστος ισχύος είναι το ρεύμα  $I_f$ , βάζοντας μια αντίσταση στον παράλληλο κλάδο όπου ελαττώνουμε το διερχόμενο ρεύμα και κατ' επέκταση τη ροή του διακένου με αποτέλεσμα την αύξηση των στροφών.

Ας δούμε όμως τι είναι οι ηλεκτρικοί κινητήρες, από τι αποτελούνται και πού βασίζεται η λειτουργία τους.

Οι ηλεκτρικοί κινητήρες αποτελούν μια κατηγορία στρεφόμενων ηλεκτρικών μηχανών. Το βασικό στοιχείο μιας στρεφόμενης ηλεκτρικής μηχανής είναι η μετατροπή ενέργειας από ηλεκτρική σε μηχανική μορφή και αντίστροφα. Υπάρχουν τρεις τρόποι λειτουργίας των ηλεκτρικών μηχανών.

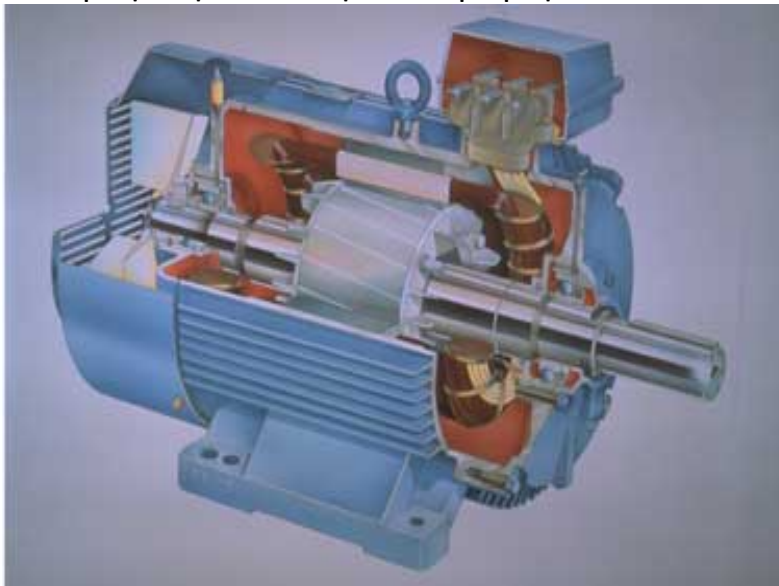
Η λειτουργία τους σαν κινητήρες, σαν γεννήτριες και σαν πέδες. Στην ηλεκτροτεχνία οι κινητήρες και οι γεννήτριες ρεύματος είναι μηχανήματα αντίστοιχης δομής και αντίστροφης λειτουργίας. Σε μια γεννήτρια συνεχούς ρεύματος η μηχανική ενέργεια μετατρέπεται σε ηλεκτρική και αυτό εκφράζεται με την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος, ενώ στους κινητήρες το ηλεκτρικό ρεύμα μετατρέπεται σε μηχανική ενέργεια.

Η λειτουργία τόσο των ηλεκτρικών γεννητριών όσο και των ηλεκτρικών κινητήρων στηρίζεται στη ηλεκτρομαγνητική επαγωγή. Με βάση λοιπόν το φαινόμενο της επαγωγής όταν ένας αγωγός (δηλαδή ένα αγώγιμο ηλεκτρικά υλικό) κινείται μέσα σε ένα μαγνητικό πεδίο τότε μέσα στον αγωγό αναπτύσσεται ηλεκτρεγερτική δύναμη από επαγωγή δηλαδή ηλεκτρικό δυναμικό το οποίο είναι και το αίτιο εμφάνισης ηλεκτρικού ρεύματος στον αγωγό.

Στους κινητήρες αντίστοιχα αξιοποιείται ένα άλλο φαινόμενο της ηλεκτρομαγνητικής επαγωγής.

Όταν ένας αγωγός που διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα βρεθεί μέσα σε ένα μαγνητικό πεδίο τότε στον αγωγό αυτό ασκείται από το μαγνητικό πεδίο μια δύναμη που τείνει να τον κινήσει. Η δύναμη αυτή είναι ανάλογη με την ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος, την ένταση του μαγνητικού πεδίου, αλλά και το μήκος του αγωγού.

Σημειώνεται πως η φορά της ασκούμενης στον αγωγό δύναμης αντιστρέφεται είτε αν αλλάξει η φορά του ρεύματος, είτε αν αντιστραφεί η πολικότητα του μαγνητικού πεδίου.



Απεικόνιση του εσωτερικού ενός DC κινητήρα (εικόνα 16)

Κατά τη λειτουργία μιας ηλεκτρικής μηχανής σαν κινητήρα παρέχεται ηλεκτρική ενέργεια στο κύριο τύλιγμα της μηχανής, που λέγεται τύλιγμα τυμπάνου και αποδίδεται μηχανική ενέργεια εξόδου πάνω σε μια περιστρεφόμενη άτρακτο. Μια εξωτερικά επιβαλλόμενη ηλεκτρική τάση  $v$  οδηγεί ένα ρεύμα  $i$  μέσα στο τύλιγμα τυμπάνου ενάντια σε μια εσωτερικά επαγόμενη αντιηλεκτρεγερτική δύναμη  $e$ . Το τύλιγμα τυμπάνου γίνεται έτσι ικανό να απορροφά ηλεκτρική ενέργεια με ρυθμό  $e \times i$ . Το πεδίο ζεύξεως ασκεί μια στιγμιαία ηλεκτρομαγνητική ροπή  $T_{πεδ}$  πάνω στο περιστρεφόμενο μέλος της μηχανής που λέγεται δρομέας (ρότορας). Αν ο δρομέας στρέφεται με γωνιακή ταχύτητα  $\omega$  τότε η στιγμιαία ισχύς εξόδου που αποδίδεται στην άτρακτο θα είναι  $T_{πεδ} \times \omega$ . Η εξωτερικά εφαρμοζόμενη ροπή φορτίου  $T_{εξ}$  δρα με φορά αντίστροφη από εκείνη της περιστροφής και καθιστά το φορτίο ικανό ν' απορροφά μηχανική ενέργεια.

Ισχύει:

$$T_{πεδ} - T_{εξ} = J \times d\omega/dt \quad (4)$$

Όπου  $J$  είναι η ροπή αδρανείας του δρομέα και του μηχανικού του φορτίου ( η κίνηση του οποίου είναι ο τελικός σκοπός της ύπαρξης του κινητήρα ).

Όταν  $T_{πεδ} = T_{εξ}$  τότε  $d\omega/dt = 0$  και η μηχανή περιστρέφεται με σταθερή γωνιακή ταχύτητα. Στημόνιμη κατάσταση λειτουργίας έχουμε ότι:  $(\omega \times T_{πεδ})$  μέση τιμή =  $(e \times i)$  μέση τιμή.

Δεδομένου ότι στο τύλιγμα τυμπάνου αναπτύσσεται μια ΗΕΔ (ηλεκτρεγερτική δύναμη), χρειαζόμαστε ένα μαγνητικό πεδίο διεγέρσεως που συνηθέστατα (εκτός από την περίπτωση μόνιμου μαγνήτη στις μικρές μηχανές), στην πράξη παρέχεται από τυλίγματα διεγέρσεως ή τυλίγματα πεδίου.

Στη μόνιμη λειτουργία των συνήθων μηχανών της πράξης, οι οποίες έχουν χωριστά τροφοδοτούμενο τύλιγμα διέγερσης, η μέση τιμή της ισχύος που τροφοδοτεί το τύλιγμα αυτό δαπανάται υπό μορφή θερμότητας.

Κατά τη λειτουργία μιας ηλεκτρικής μηχανής σαν γεννήτριας παρέχεται ηλεκτρική ενέργεια στην άτρακτο της ηλεκτρικής μηχανής από μια πρωτεύουσα κινητήρια μηχανή (prime mover) και ηλεκτρική ενέργεια εξόδου είναι διαθέσιμη στους ακροδέκτες του τυλίγματος τυμπάνου. Η πρωτεύουσα κινητήρια μηχανή μπορεί να είναι για παράδειγμα, είτε ένας ατμοστρόβιλος σ' ένα θερμικό σταθμό παραγωγής, είτε ένας υδροστρόβιλος σε έναν υδροηλεκτρικό σταθμό παραγωγής, είτε μια εμβολοφόρα μηχανή εσωτερικής καύσεως σε ένα απομονωμένο ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος.

Τέλος κατά τη λειτουργία μιας ηλεκτρικής μηχανής σαν πέδης, η μηχανή τροφοδοτείται και με μηχανική και με ηλεκτρική ενέργεια. Η ολική ενέργεια εισόδου χάνεται μέσα στη μηχανή με μορφή απωλειών και έτσι η μηχανή λειτουργεί σαν πέδη και φρενάρι.

## **6.2) Κατηγορίες κινητήρων DC.**

Οι ηλεκτροκινητήρες διακρίνονται σε δύο βασικές κατηγορίες στους κινητήρες συνεχούς ρεύματος και στους κινητήρες εναλλασσομένου ρεύματος, οι οποίοι καλύπτουν και την πλειοψηφία των εφαρμογών. Οι κινητήρες εναλλασσόμενου ρεύματος με τη σειρά τους διακρίνονται σε μονοφασικούς και πολυφασικούς. Τόσο οι μονοφασικοί όσο και οι πολυφασικοί κινητήρες διακρίνονται σε σύγχρονους κινητήρες επαγωγής ή ασύγχρονους. Εμείς θα ασχοληθούμε μόνο με τους κινητήρες συνεχούς ρεύματος μιας και αυτή είναι η κατηγορία των κινητήρων που αφορά την κατασκευή μας μιας και έχει χρησιμοποιηθεί μοτέρ τέτοιου τύπου. Οι κινητήρες συνεχούς ρεύματος διακρίνονται σε δύο βασικές κατηγορίες σε αυτήν όπου το μαγνητικό πεδίο παράγεται από ένα μόνιμο μαγνήτη και αυτούς όπου το πεδίο παράγεται από ένα τύλιγμα διεγέρσεως. Στους κινητήρες της πρώτης κατηγορίας η μαγνητική ροή



παραμένει σταθερή σε όλες τις ταχύτητες του κινητήρα και οι χαρακτηριστικές καμπύλες ταχύτητας - ροπής και έντασης ρεύματος - ροπής είναι γραμμικές.

Η δεύτερη κατηγορία χωρίζεται σε τρεις υποκατηγορίες. Στους κινητήρες παράλληλης διέγερσης, στους κινητήρες διέγερσης εν σειρά και στους κινητήρες σύνθετης διέγερσης.

Στους κινητήρες παράλληλης διέγερσης το τύλιγμα διέγερσης συνδέεται παράλληλα με το τύλιγμα του επαγωγικού τυμπάνου. Στους κινητήρες διέγερσης εν σειρά το τύλιγμα διέγερσης συνδέεται εν σειρά με το τύλιγμα του επαγωγικού τυμπάνου.

Στους κινητήρες σύνθετης διέγερσης κάθε κύριος μαγνητικός πόλος έχει δύο τυλίγματα:

- 1) Το παράλληλο τύλιγμα,
- 2) Και το εν σειρά τ'ύλιγμα.

### **6.3) Δομή κινητήρων DC.**

Οι στρεφόμενες ηλεκτρικές μηχανές είτε αυτές είναι γεννήτριες, είτε είναι κινητήρες έχουν μια ανάλογη δομή καθώς κατά βάση συνιστούν στρεφόμενα πηνία ειδικής κατασκευής και ποικίλου μεγέθους. Στις γεννήτριες εναλλασσομένου ρεύματος τα δύο άκρα της σπείρας συνδέονται με δύο μεταλλικά δακτυλίδια που είναι ηλεκτρικά μονωμένα ως τον άξονα του τυμπάνου, είναι στερεωμένα πάνω σ' αυτόν και περιστρέφονται μαζί του. Η διάταξη του επαγωγικού τυμπάνου στις γεννήτριες εναλλασσομένου ρεύματος συμπληρώνεται από ψήκτρες από άνθρακα που είναι στερεωμένες στο ακίνητο μέρος της μηχανής και εφάπτονται στα μεταλλικά δακτυλίδια. Οι ψήκτρες αυτές συνδέονται μεταξύ τους με μια εξωτερική αντίσταση. Αυτή η αντίσταση αποτελεί είτε το φορέα του ηλεκτρικού ρεύματος που παράγεται από τη γεννήτρια είτε το φορέα τροφοδοσίας ενός κινητήρα. Οι κινητήρες με τη σειρά τους παρά την αρκετά εκτεταμένη διάκρισή τους σε διάφορες κατηγορίες και υποκατηγορίες έχουν κάποια κοινά στοιχεία δομής. Μια παραδοσιακή δομή των ηλεκτροκινητήρων παρουσιάζεται παρακάτω. Οι ηλεκτροκινητήρες έχουν δύο μέλη, ένα σταθερό μέλος που λέγεται στάτης (stator) και ένα στρεφόμενο μέλος

που λέγεται δρομέας (rotor). Επειδή θέλουμε να έχουμε μειωμένη τη μαγνητική αντίσταση των δρόμων της μαγνητικής ροής, οι πυρήνες του στάτη και του δρομέα κατασκευάζονται από σιδηρομαγνητικό υλικό σε μορφή μονωμένων μεταξύ τους ελασμάτων. Αυτό αποσκοπεί στην ελάττωση των απωλειών δινορρευμάτων. Κάνοντας μια γενική περιγραφή μπορούμε να πούμε πως ο δρομέας είναι βασικά ένας κύλινδρος και ο στάτης ένας κούφιος κύλινδρος. Ο δρομέας και ο στάτης χωρίζονται από ένα μικρό διάκενο αέρα. Το μήκος του διακένου αυτού είναι πολύ μικρό αν συγκριθεί με τη διάμετρο του δρομέα. Το τύλιγμα τυμπάνου βρίσκεται είτε στο στάτη, είτε στο δρομέα. Το μαγνητικό κύκλωμα συμπληρώνεται μέσα από το σιδηρομαγνητικό υλικό του άλλου κύριου μέλους της μηχανής. Στο μέλος αυτό τοποθετούνται τα πηνία διέγερσης ή τυλίγματα πεδίου που ενεργούν σαν κύριες πηγές μαγνητικής ροής. Στους κινητήρες επαγωγής η τοποθέτηση των τυλιγμάτων συνίσταται στην τοποθέτηση πηνίων σε ομοιόμορφα διανεμημένες αύλακες, τόσο στο στάτη όσο και στο δρομέα. Η απόσταση μεταξύ των πλευρών του πηνίου είναι συνήθως ίση με ένα απλό πολικό βήμα. Για να σχηματισθεί ένα πλήρες τύλιγμα τοποθετούνται όμοια πηνία σε άλλα ζευγάρια αυλάκων και στη συνέχεια όλα τα πηνία συνδέονται μεταξύ τους σε ομάδες. Οι ομάδες των πηνίων μπορεί τότε να συνδεθούν σε σειρά ή παράλληλα και σε τριφασικές μηχανές κατ' αστέρα ή κατά τρίγωνο. Μερικά τυλίγματα είναι διπλού στρώματος. Σε τέτοια τυλίγματα κάθε αύλακα περιέχει δύο πλευρές πηνίου, μια στην κορυφή και μια στον πυθμένα της. Κάθε πηνίο έχει μια πλευρά σε πάνω μέρος και την άλλη σε κάτω μέρος αύλακας. Ένας εναλλακτικός τρόπος τοποθέτησης τυλιγμάτων είναι η διαμόρφωση έκτυπων πόλων γύρω από τους οποίους τυλίγονται συγκεντρωμένα πηνία, που αποτελούν τύλιγμα διέγερσης. Οι έκτυποι πόλοι μπορούν να είναι στο στάτη ή στο δρομέα. Έκτυποι πόλοι στο στάτη χρησιμοποιούνται συνήθως στις μηχανές συνεχούς ρεύματος και πολύ σπάνια σε μικρού μεγέθους σύγχρονες μηχανές. Έκτυποι πόλοι στο δρομέα χρησιμοποιούνται στις σύγχρονες μηχανές, όπου το τύλιγμα πεδίου είναι στο δρομέα και το τύλιγμα τυμπάνου στο στάτη. Στις μηχανές συνεχούς ρεύματος η σχεδιαστική διαφοροποίηση της δομής τους έγκειται κυρίως στο ότι αντί για δύο μεταλλικά δακτυλίδια

το συνεχές ρεύμα τροφοδοτείται με τη βοήθεια μιας διάταξης που λέγεται συλλέκτης. Στην απλούστερη μορφή του ο συλλέκτης αποτελείται από ένα δακτυλίδι κομμένο στη μέση σε δύο κομμάτια (τομείς του συλλέκτη), τα οποία είναι στερεωμένα στον άξονα του επαγωγικού τυμπάνου, περιστρέφονται μαζί με αυτόν και είναι μονωμένα μεταξύ τους και ως προς τον άξονα. Τα άκρα των δύο αγωγών που συνιστούν μια σπείρα τυλίγματος είναι συνδεδεμένα μόνιμα με τους τομείς του συλλέκτη. Οι ψήκτρες οι οποίες και στις μηχανές συνεχούς ρεύματος είναι στερεωμένες στο ακίνητο μέρος της μηχανής κι εφάπτονται στους τομείς του συλλέκτη, είναι τοποθετημένες σε σημεία αντιδιαμετρικά ως προς τον άξονα. Κατά τη λειτουργία ενός κινητήρα συνεχούς ρεύματος, διοχετεύεται μέσω των ψηκτρών και του συλλέκτη, συνεχές ρεύμα συγκεκριμένης έντασης, στις σπείρες του τυλίγματος, οι οποίες όμως όπως εξηγήθηκε παραπάνω βρίσκονται μέσα στο μαγνητικό πεδίο της μηχανής. Λόγω του φαινομένου της επαγωγής σε κάθε έναν από τους δύο αγωγούς που συνιστούν μια σπείρα θα ασκηθεί μια δύναμη που θα έχει διεύθυνση εφαπτόμενη στο τύμπανο. Οι δυνάμεις που αναπτύσσονται στους δύο αγωγούς κάθε σπείρας διαμορφώνουν ένα ζεύγος δυνάμεων που ασκεί ροπή περιστροφής στο επαγωγικό τύμπανο. Είναι προφανές ότι η φορά των δυνάμεων που ασκούνται στους δύο αγωγούς κάθε σπείρας είναι η ίδια οποιαδήποτε κι αν είναι η θέση που έχει η σπείρα των δύο αγωγών κατά την περιστροφή του τυμπάνου. Η ροπή περιστροφής του τυμπάνου είναι προφανώς ανάλογη με την ένταση του μαγνητικού πεδίου, με την ένταση του συνεχούς ρεύματος, με το μήκος της σπείρας, αλλά και με την ακτίνα της βάσης του κυλινδρικού τυμπάνου. Οι ροπές όλων των ζευγών που αναπτύσσονται από όλες τις σπείρες τυλίγματος του τυμπάνου ενός κινητήρα συνεχούς ρεύματος αθροίζονται και η συνισταμένη τους είναι αυτή που θέτει σε περιστροφική κίνηση το τύμπανο. Με τον τρόπο αυτό παράγεται μηχανική ενέργεια από έναν κινητήρα που τροφοδοτείται με συνεχές ρεύμα.

#### **6.4) Προδιαγραφές κινητήρων DC.**

Όταν γίνεται παραγγελία ενός ηλεκτροκινητήρα πρέπει αυτός να έχει προδιαγραφεί σωστά με βάση αφενός μεν τις λειτουργικές απαιτήσεις του μηχανισμού ή του μηχανήματος που θα κινήσει, αφετέρου δε τις προϋπάρχουσες συνθήκες και παραμέτρους της βιομηχανικής εγκατάστασης στη συγκεκριμένη περιοχή του πεδίου.

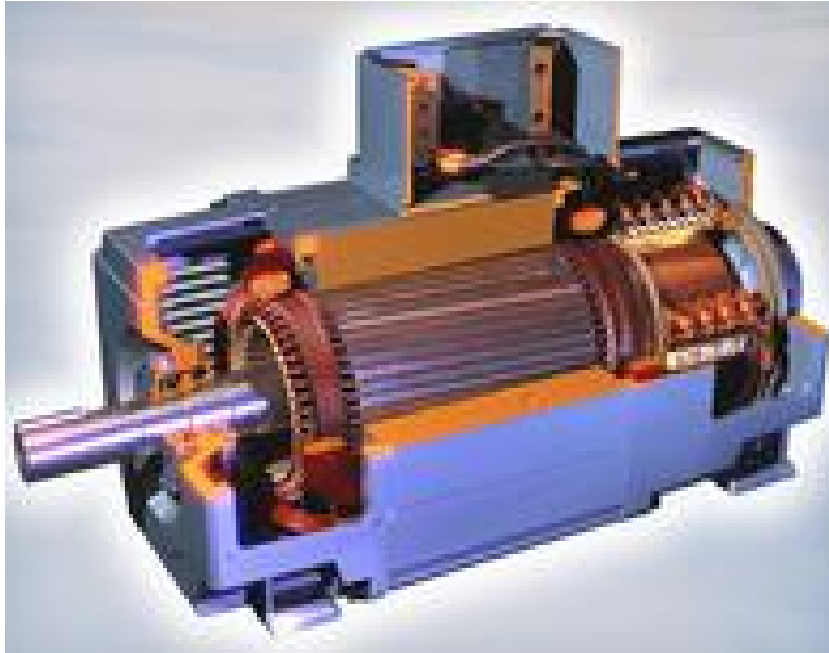
Οι προδιαγραφές των ηλεκτροκινητήρων αναφέρονται στους παρακάτω άξονες. Στο σύστημα τροφοδοσίας, στις συνθήκες της συγκεκριμένης περιοχής του πεδίου, στις απαιτήσεις της ηλεκτρικής ισχύος που θα πρέπει να προσφέρεται στο ενεργοποιούμενο μηχάνημα και της μηχανικής ισχύος που θα πρέπει αυτό να αποδίδει, στα λοιπά λειτουργικά χαρακτηριστικά του, στα κατασκευαστικά στοιχεία του κινητήρα και στον τρόπο σύνδεσης των καλωδίων της εξωτερικής πηγής ισχύος με αυτόν. Αναλυτικότερα αναφορικά με την τροφοδοσία του κινητήρα δίνονται παράμετροι της περιοχής του πεδίου όπως το αν η πηγή τροφοδοσίας είναι μονοφασική ή τριφασική, αν είναι 220V ή 380V, αν η συχνότητα του ρεύματος είναι 50 Hz (στις ΗΠΑ για παράδειγμα η συχνότητα διαφέρει), αν υπάρχει διακύμανση τάσης ή συχνότητας και σε ποιο ποσοστό της ονομαστικής τιμής ανέρχεται η μέγιστη διακύμανση εκάστου μεγέθους, αλλά και των δύο μεγεθών συνδυαστικά. Τέλος δίνονται στοιχεία σχετικά με τον τύπο της υπάρχουσας στην περιοχή του πεδίου γείωσης, στην οποία θα συνδεθεί ο αγωγός γείωσης του κινητήρα. Αναφορικά με τις συνθήκες στη συγκεκριμένη περιοχή του πεδίου δίνονται πληροφορίες σχετικά με το αν η εγκατάσταση του ηλεκτροκινητήρα θα γίνει σε εσωτερικό ή υπαίθριο χώρο, με το αν υπάρχει προστασία από βροχή ή από χιόνι (στην περίπτωση που η εγκατάσταση θα γίνει σε εξωτερικό χώρο), με το αν η περιοχή εγκατάστασής του είναι διαβαθμισμένη (δηλαδή αν υπάρχουν εκεί εκρηκτικά αέρια) και ποιά η κλάση της επικινδυνότητας και με το αν η περιβάλλουσα τον κινητήρα ατμόσφαιρα χώρος έχει διαβρωτικές ιδιότητες και τα φυσικά ή χημικά μέσα μπορούν να προκαλέσουν διάβρωση. Αναφορικά με την περιβάλλουσα ατμόσφαιρα δίνονται οι μέγιστες και ελάχιστες τιμές θερμοκρασίας και υγρασίας. Αναφορικά με τα ζητούμενα λειτουργικά χαρακτηριστικά του

κινητήρα σημειώνονται ενδεικτικά από τον πελάτη αλλά εντελώς συγκεκριμένα από τον κατασκευαστή, η αποδιδόμενη ισχύς και η απορροφούμενη ένταση ρεύματος και οι αντίστοιχες στροφές λειτουργίας του κινητήρα, καθώς επίσης ο αριθμός των πόλων του και ο βαθμός απόδοσης του. Άλλα σημαντικά λειτουργικά χαρακτηριστικά του είναι η ένταση του απορροφούμενου ρεύματος κατά την εκκίνησή τους, αν η σύνδεση του θα είναι *direct on line* ή όχι, καθώς και ο χρόνος επανεκκίνησης (*reacceleration*) και η παραμένουσα τάση. Στα λεπτομερή λειτουργικά χαρακτηριστικά περιλαμβάνονται το  $\cos\phi$  (που σχετίζεται με τον ακριβή σχεδιασμό του συγκεκριμένου κινητήρα), η ροπή αδρανείας του στρεφόμενου τμήματος, η στάθμη του παραγόμενου θορύβου καθώς και το σημείο «υπερλειτουργίας» του κινητήρα στο οποίο αυτός θα καεί. Τα αναλυτικά κατασκευαστικά στοιχεία τα δίνει ο κατασκευαστής και αναφέρονται στο βάρος του κινητήρα και των διαφόρων μερών του, στο αν η κατασκευή του κελύφους τους υπακούει σε προδιαγραφές μηχανικής (IP) ή αντiekρηκτικής (Exd) προστασίας, στον τρόπο στήριξης του και στη μέθοδο ψύξης του, στον τύπο των ρουλεμάν του κιβωτίου μετάδοσης καθώς και στη ενδεικνυόμενη μέθοδο λίπανσης. Αναφορικά με το τερματικό κουτί σύνδεσης των καλωδίων της εξωτερικής πηγής αναφέρεται ο τύπος του καλωδίου σύνδεσης (από τον πελάτη), οι τύποι μηχανικής και αντiekρηκτικής προστασίας, ο αριθμός των τερματικών, η θέση και ο προσανατολισμός τους.

### **6.5) Εφαρμογές των κινητήρων DC.**

Οι ηλεκτροκινητήρες όπως όλοι γνωρίζουμε χρησιμοποιούνται για να δώσουν κίνηση σε μια σχεδόν απεριόριστη γκάμα μηχανισμών . Καλύπτουν μια τεράστια σειρά εφαρμογών από τα μηχανήματα οικιακής χρήσης μέχρι τις μεγαλύτερες και πολυπλοκότερες βιομηχανικές εγκαταστάσεις. Οι κινητήρες εναλλασσομένου ρεύματος καλύπτουν το μεγαλύτερο όγκο εφαρμογών στη βιομηχανία. Το μεγάλο τους πλεονέκτημα σε σχέση με τους κινητήρες συνεχούς ρεύματος είναι μπορούν να προσφέρουν πολύ μεγαλύτερη ισχύ για το ίδιο μέγεθος κινητήρα. Επίσης ο βαθμός απόδοσης τους είναι αρκετά μεγάλος και η οικονομικότητά τους ως προς την κατανάλωση ρεύματος ικανοποιητική,

με συνέπεια να επιλέγονται για εφαρμογές όπου έχουμε μηχανήματα πολύ μεγάλης ισχύος που εργάζονται στο βιομηχανικό πεδίο σε συνεχή βάση. Τέτοια παραδείγματα αποτελούν οι αντλίες και οι συμπιεστές με πιο χαρακτηριστικές περιπτώσεις τα πολύ μεγάλα φυγοκεντρικά μηχανήματα (είτε αντλίες είτε συμπιεστές) η ισχύς των οποίων μπορεί να είναι της τάξης μέχρι και ενός (η περισσότερων) MW. Ωστόσο και τα βιομηχανικά μηχανήματα μικρής ισχύος και όχι ειδικών απαιτήσεων στην πλειοψηφία τους ενεργοποιούνται από ηλεκτροκινητήρες εναλλασσομένου ρεύματος. Οι κινητήρες συνεχούς ρεύματος λόγω του ότι διαθέτουν μεγάλη ευκολία στον έλεγχο της ταχύτητας του άξονά τους προσφέρουν σημαντική ευκολία στον αξιόπιστο έλεγχο των κινήσεων σε βιομηχανισμούς μηχανισμούς που ενεργοποιούνται από αυτούς. Ένα δεύτερο βασικό τους πλεονέκτημα σε σχέση με τους κινητήρες εναλλασσομένου ρεύματος είναι ότι για δεδομένη ισχύ έχουν τη δυνατότητα να αναπτύσσουν σημαντικά μεγαλύτερη μηχανική ροπή στο άξονα τους με αποτέλεσμα να είναι οι πλέον κατάλληλοι για τον έλεγχο των κινήσεων σε βιομηχανικούς μηχανισμούς, στους οποίους χρειάζεται να διαχειριστούν σημαντικά μηχανικά φορτία. Οι κινητήρες παράλληλης διέγερσης χρησιμοποιούνται συνήθως σε εφαρμογές που έχουμε σταθερή ταχύτητα κινητήρα. Οι κινητήρες διέγερσης εν σειρά χρησιμοποιούνται κυρίως σε εφαρμογές όπου απαιτείται υψηλή μηχανική ροπή εκκίνησης(π.χ γερανοί, αναβατόρια κ.λ.π). Οι κινητήρες σύνθετης διέγερσης προσφέρουν τη μεγαλύτερη ευελιξία που είναι χρήσιμη για τις εφαρμογές ελέγχου κίνησης γιατί δίνει τη δυνατότητα με κατάλληλο σχεδιασμό να προσαρμόζεται η καμπύλη ταχύτητας - ροπής στις ιδιαιτερότητες του εκάστοτε φορτίου λειτουργίας.



Εσωτερικό κινητήρα σύνθετης διέγερσης (εικόνα 17)

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 ΑΙΣΘΗΤΗΡΙΑ – LASER**

[πηγή:www.el.Wikipedia.gr,Σύγχρονη Ηλεκτροτεχνολογία.(Βυλλιώτης Η.), Ηλεκτρονικά Ισχύος.(Μανιάς Σ.), Αυτοματισμοί και Συστήματα Αυτομάτου Ελέγχου 'Β τεύχος(Αισθητήρια-Μετατροπείς.).(Λιγνός Ι.-Πολίτης Γ.)]

### **7.1) Γενικές πληροφορίες.**

Η συνεχής ανάπτυξη της τεχνολογίας, η ανάπτυξη των αυτοματισμών και γενικά η ανάγκη του ανθρώπου από την αρχαιότητα να κατασκευάζει μηχανές που θα του διευκόλυναν την ζωή οδήγησαν στην σημερινή εποχή στην ανάπτυξη συστημάτων που με την βοήθεια τους δεχόμαστε ανά πάσα στιγμή πολύτιμες πληροφορίες.Τέτοια συστήματα είναι τα **αισθητήρια** τα οποία τα συναντάμε σε πληθώρα εφαρμογών τόσο στον τομέα των βιομηχανικών όσο και στην καθημερινή μας ζωή. Στόχος τους είναι να μας βοηθούν και να μας

παρέχουν πληροφορίες για κάποιες μεταβολές (θερμοκρασία, πίεση, χωρητικότητα, κίνηση, ανίχνευσης διαφόρων τύπων και άλλα πολλά). Προτού ξεκινήσουμε τη μελέτη των αισθητήρων, θα πρέπει να γνωρίζουμε τι είναι αυτοί. Οι αισθητήρες μπορούν να είναι ξεχωριστές συσκευές ή περίπλοκες κατασκευές, αλλά όποια και να είναι η μορφή τους επιτελούν όλοι την ίδια βασική λειτουργία, που είναι η **ανίχνευση ενός σήματος ή μίας διέγερσης και η παραγωγή μίας μετρήσιμης εξόδου**. Ανάμεσα στις φυσικές ποσότητες που συναντώνται συχνά και απαιτούν μέτρηση είναι η θέση, ταχύτητα, επιτάχυνση, ροή ρευστού, στάθμη υγρού, δύναμη, πίεση, προσέγγιση και θερμοκρασία. Η χρήση των αισθητήρων όμως δεν περιορίζεται σε αυτές τις βασικές ποσότητες. Υπάρχουν ειδικοί αισθητήρες που μετρούν χημικές ποσότητες, ήχο, πυρηνική ακτινοβολία κ.ά.

Η ανάγκη μέτρησης των φυσικών παραμέτρων που αναφέρθηκαν παραπάνω καθορίζεται από τις ειδικές ανάγκες της βιομηχανίας ή της εφαρμογής, όπου χρησιμοποιούνται. Η ακριβής επιλογή ενός αισθητήρα εξαρτάται από τη **φύση των παραμέτρων** που πρέπει να μετρηθούν και άλλους παράγοντες, όπως είναι το **κόστος**, η **αξιοπιστία** και η **ποιότητα** της απαιτούμενης πληροφορίας. Άλλοι παράγοντες μπορεί να περιλαμβάνουν την **καταλληλότητα της μορφής** του αισθητήρα, ώστε να χρησιμοποιηθεί σε κάποιο συγκεκριμένο περιβάλλον, και την **ανάγκη αξιοποίησης της παρεχόμενης πληροφορίας** άμεσα, μετά από κάποιο χρόνο ή σε κάποια άλλη θέση.

### **Τι είναι οι αισθητήρες;**

Είναι συσκευές, διατάξεις ή εξαρτήματα των οποίων η βασική λειτουργία είναι η ανίχνευση ενός σήματος ή μίας διέγερσης και η παραγωγή μίας μετρήσιμης εξόδου.



(εικόνα 17)



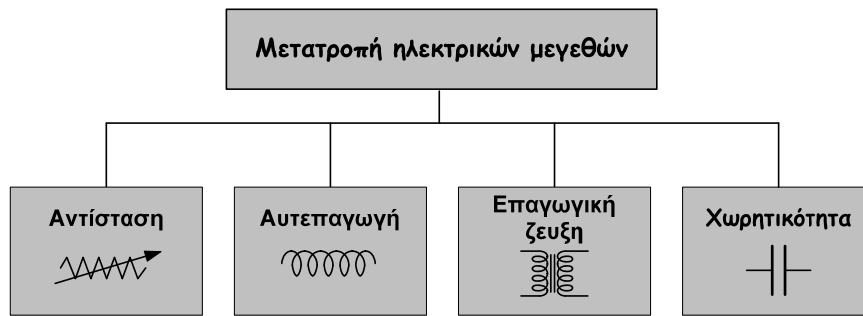
## 7.2) Κατηγορίες αισθητήριων.

### *Είδη αισθητήριων:*

- ✓ Χωρητικοί
- ✓ Επαγωγικοί
- ✓ Μαγνητικοί
- ✓ Φωτοκύτταρα
- ✓ Λείζερ
- ✓ Ροής
- ✓ Πίεσης
- ✓ Θερμοκρασίας
- ✓ Στάθμης
- ✓ Υγρασίας
- ✓ Ταχύτητας
- ✓ Αερίων
- ✓ Αγωγιμότητας
- ✓ Διαλυμένου οξυγόνου
- ✓ Κωδικοποιητές
- ✓ Μετρητές έντασης (δύναμης)
- ✓ Ακτινοβολίας
- ✓ Γυροσκόπια
- ✓ Χημικοί αισθητήρες

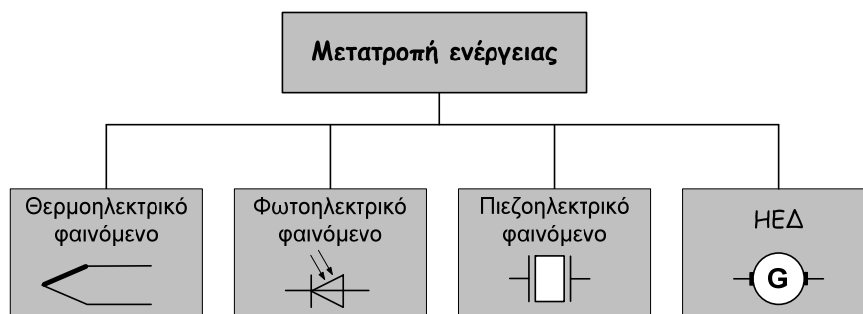
### *Κατηγορίες αισθητήριων — μετατροπέων:*

**-Παθητικοί:** Απαιτούν για την λειτουργία τους εξωτερική πηγή ενέργειας. Έχει δύο εισόδους και μια έξοδο. Η μια είσοδος είναι η είσοδος του μετρούμενου μεγέθους και η άλλη είναι η είσοδος της εξωτερικής πηγής ή της λεγόμενης διέγερσης. Η έξοδος είναι η έξοδος του σήματος που είναι το αποτέλεσμα που δημιουργείται από το μετρούμενο μέγεθος.



Επεξήγηση συμβόλων (εικόνα 18)

**-Ενεργοί:** Δεν απαιτούν για την λειτουργία τους μια εξωτερική πηγή ενέργειας. Έχουν μία είσοδο και μια έξοδο και η ενέργεια που απορροφάται από το μετρούμενο σύστημα μετατρέπεται σε ενέργεια εξόδου. Συνήθως σε αυτούς τους αισθητήρες απαιτείται ενίσχυση του σήματος γιατί παράγουν σήματα χαμηλής ισχύος.



Επεξήγηση συμβόλων (εικόνα 19)

Πλέον με την εξέλιξη της τεχνολογίας υπάρχουν πολλοί τύποι μετατροπέων:

**α) Με βάση την αρχή μετατροπής τους**

- Ηλεκτρομηχανικός τύπος
- Τύπος ποτενσιόμετρου
- Τύπος διαφορικού μετασχηματιστή
- Τύπος πιεζοαντίστασης
- Φωτοηλεκτρικός τύπος
- Πιεζοηλεκτρικός τύπος
- Θερμοηλεκτρικός τύπος
- Τύπος μεταβλητής ηλεκτρικής αντίστασης

- Τύπος θερμοδιαστολής
- Ημιαγωγικοί μετατροπείς θερμοκρασίας
- Χωρητικός τύπος
- Επαγωγικός τύπος
- Τύπος ταλαντωτή

Αρχή μετατροπής Φυσικά μεγέθη	Ηλεκτρομηχανική	Ποτενσιόμετρο	Διαφορικός Μ/Σ	Πιεζοαντίσταση	Φωτοηλεκτρική	Πιεζοηλεκτρική	Θερμοηλεκτρική	Μεταβλητή αντίσταση	Θερμοδιαστολή	Θερμ. επίδρ. σε ημιαγωγό	Χωρητική	Επαγωγική	Ταλαντωτή	Hall και μαγνητοαντίσταση
Γραμματική μετατόπιση	✓	✓	✓	✓	✓						✓	✓		
Γωνία	✓	✓	✓	✓	✓						✓	✓		
Δύναμη	✓		✓	✓		✓					✓	✓	✓	
Ροπή	✓		✓	✓	✓									
Ταχύτητα	✓	✓	✓	✓	✓	✓						✓		
Επιτάχυνση	✓	✓	✓	✓	✓	✓					✓	✓		
Πίεση		✓	✓	✓		✓					✓	✓		
Ροή		✓	✓	✓		✓					✓	✓		
Θερμοκρασία							✓	✓	✓	✓			✓	
Μαγν. Επαγωγή	✓													✓
Φωτισμός					✓									
γρασία			✓				✓				✓			

Πίνακας 1

β) Με βάση την μορφή σήματος

Μορφή σήματος	Μετρήσιμες ποσότητες
Θερμική	Θερμοκρασία, θερμότητα, ροή θερμότητας, εντροπία,

	Θερμική, Θερμική χωρητικότητα, κλπ.
<b>Ακτινοβολία</b>	Ακτίνες-γ, ακτίνες-Χ, υπεριώδεις, ορατό φως, υπέρυθρη, μικροκύματα, ραδιοφωνικά κύματα, κλπ.
<b>Μηχανική</b>	Μετατόπιση, ταχύτητα, επιτάχυνση, δύναμη, ροπή στρέψης, Πίεση, μάζα, ροή, ακουστικό μήκος και πλάτος κύματος, κλπ.
<b>Μαγνητική</b>	Μαγνητικό πεδίο, μαγνητική ροή, μαγνητική ροπή, μαγνήτιση, μαγνητική διαπερατότητα, κλπ.
<b>Χημική</b>	Υγρασία, pH, συγκέντρωση αερίων και ατμών, τοξικά και εύφλεκτα υλικά, ρυπαντές, κλπ.
<b>Ηλεκτρική</b>	Φορτίο, ένταση, τάση, αντίσταση, αγωγιμότητα, χωρητικότητα, επαγωγή, διηλεκτρική σταθερά, πόλωση, συχνότητα, κλπ.

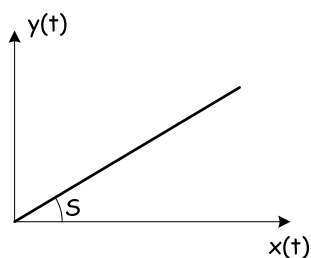
Πίνακας 2

### Χαρακτηριστική μεταφοράς Αισθητήρων:

Είναι η ιδανική σχέση, μεταξύ του σήματος εισόδου (διέγερση) και του σήματος εξόδου του αισθητήρα.

$$y(t) = f(x(t))$$

Η εξίσωση αυτή μπορεί να είναι γραμμική, λογαριθμική, εκθετική ή πολυωνυμική.



Εξίσωση σήματος εισόδου και σήματος εξόδου (εικόνα 20)

Στους αισθητήρες επιδιώκεται να είναι γραμμική (σχήμα), δηλαδή της μορφής,

$$y(t) = S \cdot x(t)$$

όπου:  $y(t)$  = σήμα εξόδου

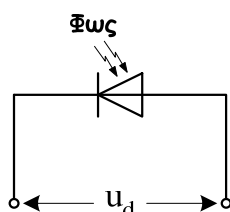
$X(t)$  = σήμα εισόδου (διέγερση)

$S$  = κλίση, ονομάζεται και ευαισθησία του αισθητήρα.

*Φωτοηλεκτρικό Φαινόμενο:*

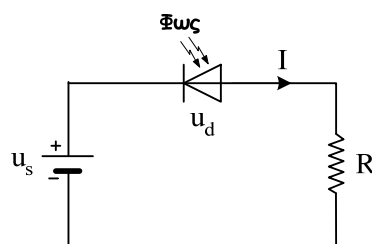
Απελευθερώνονται ηλεκτρικά φορτία μέσα στο υλικό κάτω από την επίδραση μιας φωτεινής ακτινοβολίας που γενικότερα είναι ηλεκτρομαγνητικής υφής με μήκος κύματος κατώτερο από μια τιμή κατωφλίου χαρακτηριστική του υλικού. Το φωτοηλεκτρικό φαινόμενο εκδηλώνεται με δύο μορφές

α) Τη **φωτοβολταϊκή μετατροπή**. Όπου δημιουργείται τάση στην ένωση ορισμένων διαφορετικών υλικών (δίοδος φωτοβολταϊκού τύπου) όταν προσπέσει φωτεινή ακτινοβολία. Η δίοδος λειτουργεί σαν μετατροπέας ενέργειας διότι δεν είναι πολωμένη από καμία εξωτερική ηλεκτρική πηγή.



Σύνδεση διόδου για φωτοβολταϊκή μετατροπή (εικόνα 21)

β) τη **φωτοαγωγιμότητα** ( η δίοδος είναι ανάστροφα πολωμένη από πηγή, με επαρκή αντίστροφη τάση). Η τάση στις άκρες της R είναι ανάλογη της ροής.



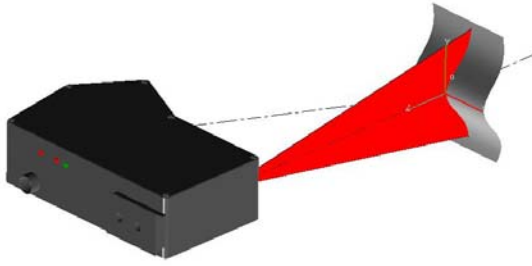
Σύνδεση διόδου για φωτοαγωγιμότητα (εικόνα 22)

Στη φωτοαγωγιμότητα στηρίζεται η λειτουργία των **φωταντιστάσεων** και στη φωτοβολταϊκή μετατροπή η λειτουργία των **φωτοδίοδων**.

Λόγο της εφαρμογής που έχει η κατασκευή μας θέλαμε ένα αισθητήριο το οποίο δεν θα επηρεάζεται από καιρικές συνθήκες, εξωτερικούς παράγοντες και λόγω των προϊόντων που έχουμε για διαλογή (π.χ. μπουκάλια), επιλέξαμε να χρησιμοποιήσουμε ένα αισθητήριο λέιζερ. Η ακτίνα του λέιζερ προσπίπτει στην φωτοαντίσταση η οποία έχει τοποθετηθεί στο αντίστοιχο ύψος στην απέναντι πλευρά και είναι μέσα σε ειδικό κουτί ώστε να μην επηρεάζεται από το φως. Συγκεκριμένα από την μια πλευρά έχει τοποθετηθεί ένας δέκτης. Αυτό το σύστημα παράγει μία ευθύγραμμη δέσμη η οποία είναι ρυθμισμένη σε ένα ύψος  $x$  και όταν διακοπεί η δέσμη τότε μέσω της φωτοαντίστασης μεταβάλλεται η τιμή και έτσι παίρνει εντολή η ράμπα που υπάρχει στο τέλος της μεταφορικής ταινίας να κινηθεί αριστερά ή δεξιά, αναλόγως με το ως προς διαλογή φορτίο και το αποτέλεσμα που θέλουμε να έχουμε. Ο όρος λέιζερ προέρχεται από το αγγλικό ακρωνύμιο Laser: Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation) που αποδίδεται στα ελληνικά ως ενίσχυση φωτός με εξαναγκασμένη εκπομπή ακτινοβολίας και καλύπτει τόσο τις συσκευές που την παράγουν όσο και την αντίστοιχη ακτινοβολία. Τα λέιζερ παράγουν σύμφωνο, μονοχρωματικό φως (δηλαδή φως με συγκεκριμένο μήκος κύματος-χρώμα) το οποίο διαδίδεται σε μια συγκεκριμένη κατεύθυνση, σχηματίζοντας στενές δέσμες. Τα λέιζερ αποτελούνται από το ενεργό υλικό, και την οπτική κοιλότητα. Το ενεργό υλικό μετατρέπει την εξωτερική ενέργεια σε δέσμη φωτός. Συνήθως είναι υλικό με

συγκεκριμένο μέγεθος, σύσταση, καθαρότητα και μορφή, που παράγει φως μέσω εξαναγκασμένης εκπομπής, η οποία αποτελεί κβαντομηχανική διαδικασία. Η ακτίνα λέιζερ αποτελείται από φωτεινά κύματα ίδιου μήκους, που έχουν καθορισμένη σχέση φάσης, δηλαδή υπάρχει μια συνοχή. Αυτό το γεγονός αποτελεί σημαντικό χαρακτηριστικό των λέιζερ, που μπορούν να παρέχουν σχεδόν παράλληλη φωτεινή δέσμη. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα λόγω της μικρής γωνίας απόκλισης που υπάρχει, να μπορούν να επιτευχθούν μεγάλες εμβέλειες όπου ορισμένες φορές μπορούν να φτάσουν και τα 60m.

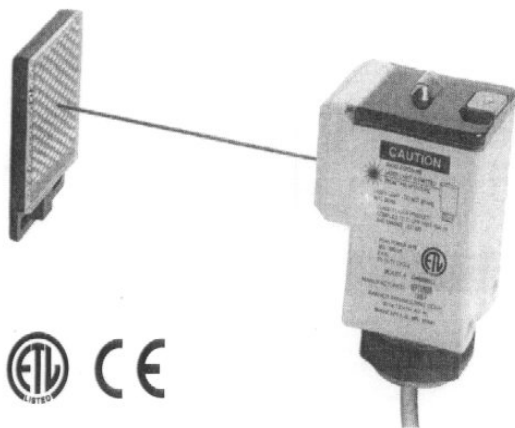
Άλλο ένα χαρακτηριστικό τους είναι η κουκίδα λέιζερ η οποία είναι ευδιάκριτη στο φως της ημέρας και κάνει πιο εύκολη την ευθυγράμμιση του συστήματος. Επίσης με την χρήση κατάλληλων βοηθητικών μέσων μπορούμε να επιτύχουμε μεγαλύτερη ευθυγράμμιση που θα έχει σαν αποτέλεσμα την αύξηση της ισχύος του λέιζερ. Αυτό μεγενθύνει και κάνει πιο ευδιάκριτη την κουκίδα λέιζερ, γεγονός που επιτρέπει την ασφαλή ευθυγράμμιση από απόσταση ακόμα και κάτω από το φως της ημέρας. Βέβαια η χρήση αισθητήριων λέιζερ έχει και κάποια μειονεκτήματα, όπως μικρότερο εύρος θερμοκρασίας το οποίο είναι από -10... 50 °C. Επίσης άλλο ένα αρνητικό είναι η μικρή φωτεινή κουκίδα όπου σε συνδυασμό και με την μεγάλη εμβέλεια κάνει το σύστημα να είναι πιο ευαίσθητο σε δονήσεις. Ακόμη λόγω της μικρής γωνίας εκτροπής, οι δέσμες λέιζερ συγκεντρώνονται σε μικρή περιοχή με αποτέλεσμα η πυκνότητα ισχύος και ενέργειας σε αυτή την περιοχή να είναι εξαιρετικά υψηλή και αν δεν λαμβάνονται όλα τα απαραίτητα μέτρα προστασίας, εγκυμονούν κίνδυνοι για την ανθρώπινη υγεία. Π.χ όταν η ακτίνα λέιζερ χτυπήσει ένα ανθρώπινο μάτι αυτό κλείνει ενστικτωδώς για να προστατευθεί, επειδή η ισχύς της δέσμης είναι εξαιρετικά υψηλή. Όταν όμως έχουν ληφθεί όλα τα απαραίτητα μέτρα προστασίας η ισχύς της δέσμης δεν ξεπερνά το 1mW, με αποτέλεσμα και να χτυπήσει ένα απροστάτευτο μάτι για 0,25sec η δέσμη λέιζερ δεν θα πρέπει να του προκαλέσει ζημια. Παρακάτω παρουσιάζονται κάποιες εικόνες από τα διάφορα είδη αισθητήριων λέιζερ που υπάρχουν στο εμπόριο.



Αισθητήριο τύπου λέιζερ (εικόνα 23)

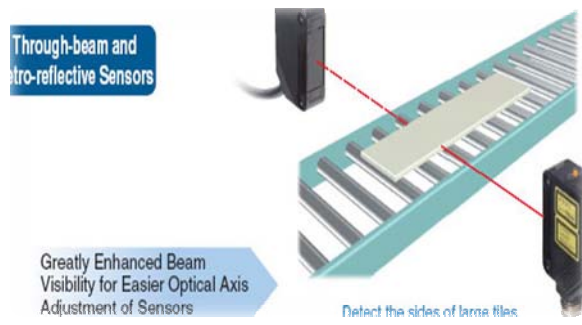


Αισθητήριο λέιζερ διπλής δέσμης (εικόνα 24)



Αισθητήριο λέιζερ με ανακλαστήρα (εικόνα 25)





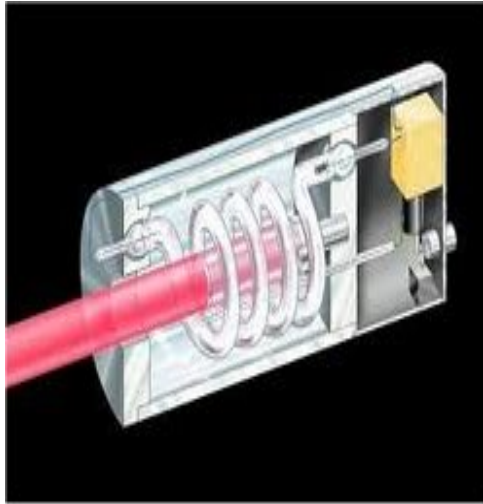
Αισθητήριο λέιζερ διακοπής δέσμης (εικόνα 26)



Αισθητήριο λέιζερ τύπου στυλό (εικόνα 27)



Αισθητήριο λέιζερ τύπου κάμερας (εικόνα 28)



Απεικόνιση του εσωτερικού μέρους αισθητήριου λέιζερ (εικόνα 29)

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8 PWM-ΕΛΕΓΚΤΕΣ**

[Πηγή: [www.vezeris.gr](http://www.vezeris.gr), βιβλίο για PWM & Switching PS/ PWM, Ηλεκτρική κίνηση. (Μαλατέστας Π.-Μανιάς Σ.)]

### **8.1) Πληροφορίες για PWM**

Με το να ελέγχουμε ψηφιακά τα αναλογικά κυκλώματα το κόστος του συστήματος και η κατανάλωση ενέργειας μειώνονται δραστικά.

Επιπλέον, πολλοί μικροελεγκτές και DSPs περιλαμβάνουν ήδη on-chip ελεγκτές PWM, καθιστώντας εύκολη την εφαρμογή.

Με λίγα λόγια, PWM είναι ένας τρόπος ψηφιακής κωδικοποίησης στάθμεων αναλογικών σημάτων.

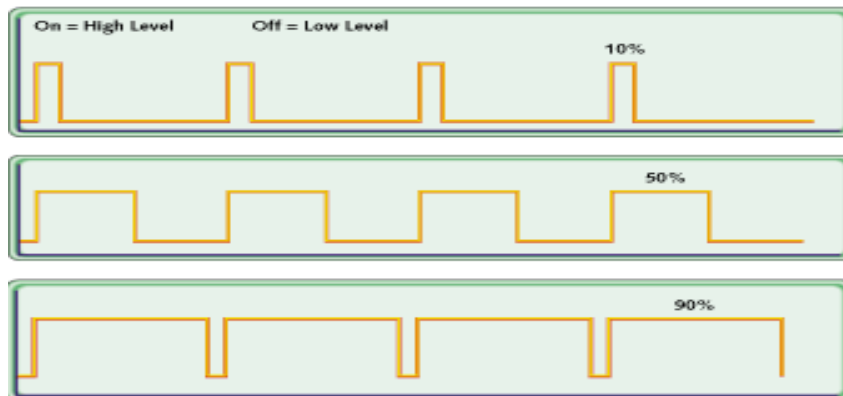
Μέσω της χρήσης μετρητών υψηλής ανάλυσης, ο κύκλος λειτουργίας ενός τετραγωνικού παλμού διαμορφώνεται για να κωδικοποιεί μία συγκεκριμένη στάθμη αναλογικού σήματος.

Το σήμα PWM είναι ακόμα ψηφιακό διότι σε κάθε χρονική στιγμή η πλήρης παροχή DC είναι είτε ολοσχερώς on είτε off.

Η τάση ή η πηγή ρεύματος, παρέχεται στο αναλογικό φορτίο με την έννοια των επαναλαμβανομένων σειρών on και off παλμών. Ο ενεργός χρόνος on-time είναι ο χρόνος κατά τη διάρκεια του οποίου η DC παροχή εφαρμόζεται στο φορτίο και ο ανενεργός χρόνος off-time είναι ο χρόνος όπου η παροχή έχει κλείσει.

Δεδομένου επαρκούς εύρους ζώνης, κάθε αναλογική τιμή μπορεί να κωδικοποιηθεί με PWM.

Στην παρακάτω εικόνα εμφανίζουμε τρία διαφορετικά PWM σήματα. Το πρώτο έχει 10% της περιόδου κύκλου λειτουργίας on, η δεύτερη έχει το 50% και η Τρίτη το 90%.



Απεικόνιση PWM σημάτων (εικόνα 30)

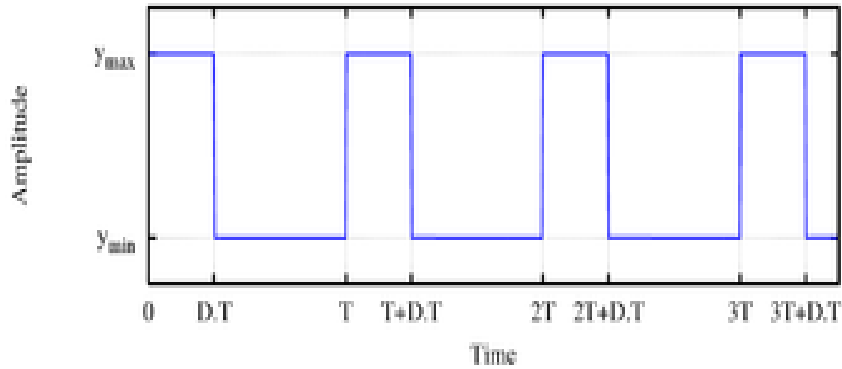
Πολλοί μικρό-ελεγκτές εμπεριέχουν μέσα τους PWM ελεγκτές. Για παράδειγμα ο μικρό-ελεγκτής microchip PIC16C67 περιέχει δύο, οι οποίοι έχουν επιλογή on-time και period. Ο κύκλος λειτουργίας είναι ο λόγος του on-time/period.

Η συχνότητα διαμόρφωσης είναι το αντίστροφο της περιόδου.

## 8.2) Αρχή λειτουργίας

Η διαμόρφωση πλάτους παλμού, (PWM) χρησιμοποιεί ένα κύμα τετραγωνικού παλμού, του οποίου το πλάτος, διαμορφώνεται ως συνέπεια της μεταβολής της μέσης τιμής της κυματομορφής. Αν θεωρήσουμε μία κυματομορφή παλμού  $F(t)$  με ελάχιστη  $Y_{min}$  και μέγιστη  $Y_{max}$  και με κύκλο λειτουργίας  $D$  (βλέπε παρακάτω εικόνα), η μέση τιμή της κυματομορφής δίνεται από :

$$\bar{y} = \frac{1}{T} \int_0^T f(t) dt. \quad (1)$$



Χαρακτηριστική διαμόρφωσης πλάτους παλμού (εικόνα 31)

Εφόσον η  $F(t)$  είναι κύμα παλμών, η τιμή της είναι  $Y_{max}$  όταν  $0 < t < D \cdot T$  και  $Y_{min}$  όταν  $D \cdot T < t < T$

Τότε η (1) γίνεται :

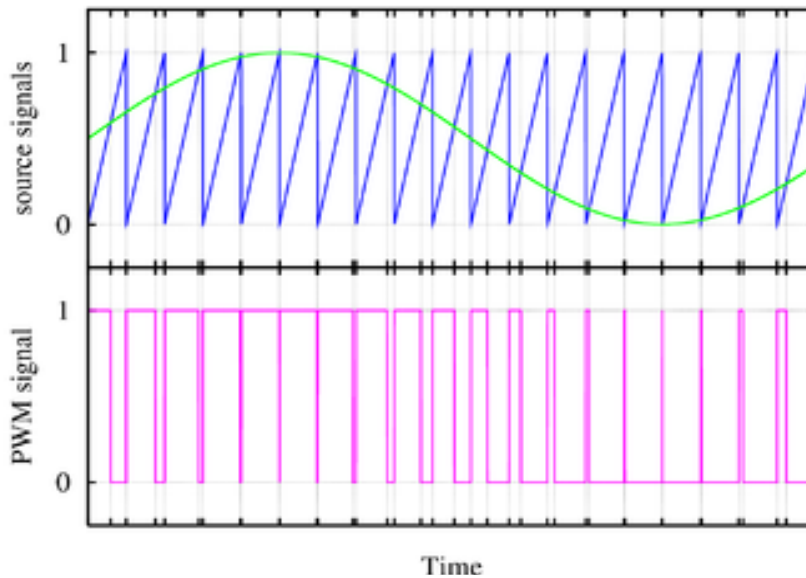
$$\begin{aligned} \bar{y} &= \frac{1}{T} \left( \int_0^{DT} y_{max} dt + \int_{DT}^T y_{min} dt \right) \\ &= \frac{D \cdot T \cdot y_{max} + T (1 - D) y_{min}}{T} \\ &= D \cdot y_{max} + (1 - D) y_{min} \end{aligned} \quad (2)$$

Η παραπάνω σχέση μπορεί να απλοποιηθεί όταν  $Y_{min}=0$  τότε

$$\bar{y} = D \cdot y_{max} \quad (3)$$

Είναι λοιπόν εμφανές ότι η μέση τιμή του σήματος ( $y$ ) εξαρτάτε από τον κύκλο λειτουργίας  $D$ .

Ο πιο απλός τρόπος να παράγουμε ένα PWM σήμα, είναι η μέθοδος της συμβολής, η οποία απαιτεί μόνο μία πριονωτή ή τριγωνική κυματομορφή (εύκολα παραγόμενη χρησιμοποιώντας έναν απλό ταλαντωτή (oscillator)) και ένα συγκριτή (comparator). Όταν η τιμή του σήματος αναφοράς (στο παρακάτω σχήμα η πράσινη συνάρτηση), έχει μεγαλύτερη τιμή από την διαμορφούμενη κυματομορφή (μπλέ συνάρτηση), το σήμα PWM (ρόζ) είναι μέγιστο ( $Y_{max} = High$ ), αλλιώς είναι ελάχιστο ( $Y_{min} = Low$ ).



Απεικόνιση σήματος μετά την χρήση PWM (εικόνα 32)

### **8.3) Ρυθμίσεις λειτουργίας**

Για να θέσουμε την PWM λειτουργία συνήθως ακολουθούμε την παρακάτω διαδικασία:

- A) Θέτουμε την περίοδο στον timer/counter του chip που παρέχει τον διαμορφωμένο τετραγωνικό παλμό,
- B) Θέτουμε το on-time στον καταχωρητή ελέγχου του PWM,
- Γ) Θέτουμε τη διεύθυνση της PWM εξόδου, το οποίο είναι ένα από τα γενικού σκοπού I/O pins,
- Δ) Ξεκινούμε τον χρονιστή,
- E) Ενεργοποιούμε τον PWM ελεγκτή.

Αν και ο κάθε ελεγκτής PWM έχει το δικό του τρόπο προγραμματισμού και ελέγχου, η βασική ιδέα είναι γενικά σχεδόν η ίδια.

### **8.4) Επικοινωνία και έλεγχος**

Ένα από τα πλεονεκτήματα των PWM είναι ότι το σήμα παραμένει ψηφιακό σε όλο το κύκλωμα από τον επεξεργαστή στο ελεγχόμενο σύστημα, χωρίς να είναι απαραίτητη καμία μετατροπή από ψηφιακό σε αναλογικό. Κρατώντας το σήμα ψηφιακό, φαινόμενα θορύβου ελαχιστοποιούνται. Ο θόρυβος μπορεί να επιδράσει σε ένα ψηφιακό σήμα μόνο αν είναι τόσο ισχυρός ώστε να μπορεί να αλλάξει το λογικό 1 σε 0 και το αντίστροφο.

Η επίδραση του θορύβου είναι ένας λόγος για το οποίο επιλέγουμε PWM για αναλογικό έλεγχο και είναι ο βασικός λόγος επιλογή PWM στις επικοινωνίες.

Εναλλάσσοντας ένα αναλογικό σήμα σε PWM μπορεί να αυξήσει το εύρος ενός επικοινωνιακού καναλιού δραματικά. Στο άκρο λήψης ένα ικανό RC (αντίσταση - πυκνωτής) ή LC (αντίσταση - πηνίο) κύκλωμα μπορεί να αφαιρέσει το διαμορφωμένο τετραγωνικό παλμό υψηλής συχνότητας και να επιστρέψει σήμα σε αναλογική μορφή.

Η εφαρμογή PWM είναι πολύ μεγάλη. Ως συγκεκριμένο παράδειγμα, σκεφτείτε ένα PWM ελεγχόμενο φρένο. Για να το θέσουμε απλά, ένα φρένο είναι μια συσκευή που προβλέπονται σφιγγτήρες που εφαρμόζονται σε επιφάνεια.

Σε πολλά φρένα, το ποσοστό της σύσφιξης - πίεσης (ή διακοπή ρεύματος) ελέγχεται με ένα αναλογικό σήμα εισόδου. Το μέγεθος της τάσης ή του ρεύματος που στάλθηκε προς το φρένο, είναι ανάλογο του μεγέθους της πίεσης που θα ασκηθεί στο φρένο.

Η έξοδος ενός PWN ελεγκτή θα μπορούσε να είναι συνδεδεμένη σε ένα διακόπτη μεταξύ της παροχής και του φρένου. Για να παράγουμε περισσότερη ισχύς παύσης, θα πρέπει να αυξήσουμε τον κύκλο λειτουργίας της PWM εξόδου.

Αν ένα ορισμένο ποσό πίεσης στο φρένο απαιτηθεί, πρέπει να παρθούν μετρήσεις για να καθοριστεί η μαθηματική σχέση μεταξύ του κύκλου λειτουργίας και της πίεσης.

Για να θέσουμε την πίεση στο φρένο, ας πούμε στα 100psi, θα πρέπει να υπολογίσουμε αντίστροφα τον κύκλο λειτουργίας ο οποίος θα μπορούσε να παράγει αυτό το μέγεθος της πίεσης. Τότε θα θέταμε τον κύκλο στη νέα τιμή και θα είχαμε την επιθυμητή ανταπόκριση στην πίεση του φρένου.

Εάν είχαμε έναν αισθητήρα τότε θα μπορούσαμε να ρυθμίζουμε συνεχώς τον κύκλο λειτουργίας μέχρι να πετύχουμε το επιθυμητό αποτέλεσμα.

Το PWM είναι οικονομικό, μικρό σε μέγεθος και ανεξάρτητο θορύβου. Είναι πλέον ευρέως διαθέσιμο και ευκόλως χρησιμοποιούμενο.

### **8.5) Αποτελεσματικός τρόπος διαμόρφωσης**

Η διαμόρφωση πλάτους παλμού, (PWM) είναι ένας πολύ αποτελεσματικός τρόπος παροχής ενδιάμεσων ποσών ηλεκτρικής ισχύος μεταξύ πλήρους τάσης και άνευ τάσης.

Ένας απλός διακόπτης ισχύος με μία τυπική πηγή ισχύος παρέχει πλήρη ισχύ μόνο όταν ο διακόπτης είναι κλειστός. Είναι μία σχετικά πρόσφατη τεχνική που υλοποιείτε από σύγχρονους ηλεκτρονικούς διακόπτες ισχύος.

Παλιότερα, όταν μερική ισχύς χρειαζόταν (για παράδειγμα στις ραπτικές μηχανές), ένας ροοστάτης (ο οποίος υπήρχε στη ραπτική μηχανή ως πετάλι στο πόδι), συνδεδεμένο σε σειρά με τον κινητήρα, ρυθμίζοντας το μέγεθος του ρεύματος που

θα περνούσε από τον κινητήρα, επίσης θα έχανε ισχύ με τη μορφή θερμότητας στο στοιχείο αντίστασης. Ήταν ένα όχι και τόσο έξυπνο σχήμα αλλά ανεκτό λόγω μικρής κατανάλωσης ισχύος. Αυτή ήταν μία από τις πολλές μεθόδους ελέγχου ισχύος.

Υπάρχουν και άλλες, μερικές χρησιμοποιούνται ακόμα, όπως οι μεταβλητοί αυτό- μετασχηματιστές, συμπεριλαμβανομένου τις μπράντας Autrasta για θεατρικό φωτισμό, και το Variac, για γενική ρύθμιση ισχύος AC. Είναι αρκετά ευέλικτα αλλά αρκετά ακριβά.

Για περίπου ένα αιώνα, μερικοί ηλεκτρικοί κινητήρες μεταβλητής ταχύτητας, είχαν αξιοπρεπή απόδοση, αλλά ήταν λίγο πολύπλοκοι από ότι οι κινητήρες σταθερής ταχύτητας και μερικές φορές απαιτούνται εξωτερικές ηλεκτρικές συσκευές, σαν μία τράπεζα μεταβλητών αντιστάσεων.

Ωστόσο, υπάρχει μεγάλη ανάγκη για την εφαρμογή μερικής ισχύος σε άλλες συσκευές, όπως ηλεκτρικές θερμάστρες, ροοστάτες φωτός και ρομποτικούς σερβοκινητήρες. Βασικά, ένα μεταβλητό PWM σύστημα ισχύος, διακόπτει την ισχύ

γρήγορα μεταξύ πλήρως on και πλήρως off - π.χ. αρκετές φορές το λεπτό σε έναν ηλεκτρικό φούρνο, 120 Hz σε ένα ροοστάτη λαμπτήρα, καθώς και σε δεκάδες ή εκατοντάδες kHz σε ένα τροφοδοτικό υπολογιστή (το οποίο έχει ρυθμιστή εξόδου).

Εν πάση περιπτώσει, το ποσοστό εναλλαγών είναι πολύ πιο γρήγορα από ό, τι θα μπορούσε να επηρεάσει το φορτίο, δηλαδή η συσκευή που καταναλώνει την ισχύ.

Στην πράξη, εφαρμόζοντας πλήρως την ισχύ για ένα μέρος του χρόνου δεν θα προκαλέσει κανένα πρόβλημα. Η PWM είναι πολύ πρακτική.

Ο όρος κύκλος λειτουργίας περιγράφει την αναλογία του χρόνου on ανά τακτό διάστημα ή την περίοδο του χρόνου, ένας χαμηλός κύκλος λειτουργίας αντιστοιχεί σε χαμηλή ισχύ, διότι η ισχύς είναι off για μεγαλύτερο διάστημα.

Ο κύκλος λειτουργίας περιγράφεται με ποσοστό επί της 100 που η ισχύς είναι on. Η PWM λειτουργεί καλά με ψηφιακούς ελεγκτές, διότι λόγω

της λογικής on/off, μπορούν εύκολα να θέσουν τον κύκλο λειτουργίας. Η PWM ενός σήματος ή πηγής ισχύος εμπεριέχει τη διαμόρφωση του κύκλου λειτουργίας της, είτε για να μεταφέρουν πληροφορίες σε ένα κανάλι επικοινωνίας ή τον έλεγχο του ποσού της ισχύος που αποστέλλονται σε φορτίο.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9 ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΑ**

[πηγή: [www.ad.Siemens.de](http://www.ad.Siemens.de), [www.isolar.gr](http://www.isolar.gr), [www.solar power.gr](http://www.solar power.gr), [www.el.Wikipedia.gr](http://www.el.Wikipedia.gr), Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (Τσιώλης Α.)]

### **9.1) Πληροφορίες περί των φωτοβολταϊκών**

Όπως αναφέραμε και στην αρχή η κατασκευή τροφοδοτείται από ένα φωτοβολταϊκό πάνελ. Πρόκειται για μια συσκευή η οποία αποτελείται από κυψέλες οι οποίες εγκλωβίζουν την ηλιακή ενέργεια, την μετατρέπουν και την αποθηκεύουν στον συσσωρευτή (μπαταρία) από τον οποίο οδηγείται στην κατανάλωση. Δηλαδή πρόκειται για βιομηχανικές διατάξεις μετατροπής της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική. Στην ουσία πρόκειται για ηλεκτρογεννήτριες που συγκροτούνται από πολλά φωτοβολταϊκά στοιχεία σε επίπεδη διάταξη που έχουν ως βάση λειτουργίας το φωτοβολταϊκό φαινόμενο. Το φωτοβολταϊκό (Φ/Β) φαινόμενο αφορά τη μετατροπή της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική. Το Φ/Β φαινόμενο ανακαλύφθηκε το 1839 από τον Ανρί Μπεκερέλ (Becquerel). Περιληπτικά πρόκειται για την απορρόφηση της ενέργειας του φωτός από τα ηλεκτρόνια των ατόμων του Φ/Β στοιχείου και την απόδραση των ηλεκτρονίων αυτών από τις κανονικές τους θέσεις με αποτέλεσμα την δημιουργία ρεύματος. Το ηλεκτρικό πεδίο που προϋπάρχει στο Φ/Β στοιχείο οδηγεί το ρεύμα στο φορτίο. Τα Φ/Β πλαίσια έχουν ως βασικό μέρος το ηλιακό στοιχείο (solar cell) που είναι ένας κατάλληλα επεξεργασμένος ημιαγωγός μικρού πάχους σε επίπεδη επιφάνεια. Η πρόσπτωση ηλιακής ακτινοβολίας δημιουργεί ηλεκτρική τάση και με την κατάλληλη σύνδεση σε φορτίο παράγεται ηλεκτρικό ρεύμα.

Τα Φ/Β στοιχεία ομαδοποιούνται κατάλληλα και συγκροτούν τα



φωτοβολταϊκά πλαίσια ή γεννήτριες (module), τυπικής ισχύος από 20W έως 300W. Οι Φ/Β γεννήτριες συνδέονται ηλεκτρολογικά μεταξύ τους και δημιουργούνται οι φωτοβολταϊκές συστοιχίες (arrays). Η τάση που παρέχει η μπαταρία είναι συνεχής και για αυτό συνήθως χρησιμοποιούνται μετατροπείς, ώστε να γίνεται εναλλασσόμενη και να μπορεί να χρησιμοποιηθεί μιας και οι πιο πολλές συσκευές λειτουργούν με τέτοια τάση.

Βέβαια για να καταλήξουμε σε αυτό το στάδιο που είναι και το τελευταίο θα πρέπει πρώτα να έχουν γίνει κάποιои απαραίτητοι υπολογισμοί ώστε να έχει εξασφαλιστεί η σωστή λειτουργία της κατασκευής.

- 1) Θα πρέπει να υπολογίσουμε την συνολική κατανάλωση της εφαρμογής, ώστε να γίνει και η κατάλληλη επιλογή φωτοβολταϊκού πάνελ,
- 2) Αφου υπολογιστεί η συνολική κατανάλωση θα πρέπει να επιλέξουμε τις διαστάσεις που θα έχει το πάνελ καθώς και τον αριθμό των πάνελ που θα χρειαστούν,
- 3) Θα πρέπει να γνωρίζουμε πόση ώρα θα λειτουργούν οι καταναλώσεις της κατασκευής,
- 4) Καθώς επίσης και αν θα λειτουργούν την ημέρα ή την νύχτα,
- 5) Τέλος αφου γίνουν τα παραπάνω θα πρέπει να γίνει και η επιλογή της κατάλληλης μπαταρίας η οποία θα πρέπει εκτός από το να παρέχει τάση στην κατασκευή, να έχει και την δυνατότητα να αποθηκεύει ενέργεια και να είναι σε θέση να την παρέχει ανα πάσα ώρα και στιγμή χρειαστεί.

## **9.2) Υπολογισμός τύπου κατάλληλης μπαταρίας**

Για να βρούμε το σωστό μέγεθος της μπαταρίας (συσσωρευτή 12V), πολλαπλασιάζουμε το λιγότερο επί 2 (για να μην την αδειάζουμε πλήρως κάθε μέρα και μειώσουμε τη διάρκεια ζωής της). Έτσι  $380 \times 2 =$

περίπου 800 βατ/ώρες η απαιτούμενη χωρητικότητα της μπαταρίας. Επειδή η χωρητικότητα μπαταριών αναφέρεται σε Ah (αμπερώρια), διαιρούμε με την τάση της μπαταρίας (για 12βολτα συστήματα δηλαδή διαιρούμε με 12 βολτ):  $800/12=$  περίπου 65Ah. Όσο μεγαλύτερη από αυτό το μέγεθος τόσο το καλύτερο. Δεν χρησιμοποιούμε μπαταρία αυτοκινήτου αλλά μπαταρία (συσσωρευτή) βαθιάς εκφόρτισης. Η μπαταρία αυτοκινήτου θα χαλάσει πολύ σύντομα, οπότε σε βάθος χρόνου είναι οικονομικότερη η μπαταρία βαθιάς εκφόρτισης και ας είναι ακριβότερη.

Τέλος αυξάνουμε το μέγεθος του φ/β και της μπαταρίας κατά 25% για να προβλέψουμε και για τις απώλειες που αναπόφευκτα θα έχει το σύστημα. Έτσι καταλήγουμε σε φ/β γύρω στα 80Wr-90Wr και μπαταρία τουλάχιστον 80Ah. Για τις μπαταρίες θα ακούσετε πολλές φορές ότι όσο μεγαλύτερη η χωρητικότητα, τόσο το καλύτερο για τη διάρκεια ζωής τους και όχι μόνο. Ας δούμε αναλυτικά πως λειτουργούν τα πάνελ, από τι αποτελούνται και ποιες κατηγορίες διάκρισης των πάνελ υπάρχουν.

### **9.3) Δομή φωτοβολταϊκών συστημάτων**

Η δομή των φωτοβολταϊκών συστημάτων αποτελείται από ένα αριθμό μερών ή υποσυστημάτων:

- (α) Τη φωτοβολταϊκή γεννήτρια με τη μηχανική υποστήριξη και πιθανόν ένα σύστημα παρακολούθησης της ηλιακής τροχιάς.
- (β) Μπαταρίες (υποσύστημα αποθήκευσης)- (πλέον δεν χρησιμοποιούνται, η σύνδεση του πάνελ γίνεται απευθείας με το δίκτυο της ΔΕΗ)

- (γ) Καθορισμό ισχύος και συσκευή ελέγχου που περιλαμβάνει φροντίδα για μέτρηση και παρατήρηση.
- (δ) Εφεδρική γεννήτρια. Η επιλογή του πώς και ποια από αυτά τα στοιχεία ολοκληρώνονται μέσα στο σύστημα εξαρτάται από ποικίλες εκτιμήσεις.

#### **9.4) Διαχωρισμός φωτοβολταϊκών συστημάτων**

Τα φωτοβολταϊκά συστήματα διακρίνονται σε δύο κύριες κατηγορίες:

- 1) το διασυνδεδεμένο με το δίκτυο ,
- 2) και το αυτόνομο.

Η απλούστερη μορφή του δεύτερου εκ των δυο αποτελείται απλώς από μια φωτοβολταϊκή γεννήτρια, η οποία μόνη της τροφοδοτεί με συνεχές ρεύμα ένα φορτίο οποτεδήποτε υπάρχει επαρκής φωτεινότητα. Αυτού του τύπου το σύστημα είναι κοινό σε εφαρμογές άντλησης. Σε άλλες περιπτώσεις το σύστημα περιέχει συνήθως μια φροντίδα για αποθήκευση ενέργειας από τις μπαταρίες. Συχνά συμπεριλαμβάνεται κάποια μορφή ρύθμισης της ισχύος, όπως στην περίπτωση που απαιτείται εναλλασσόμενο ρεύμα να εξέρχεται από το σύστημα. Σε μερικές περιπτώσεις το σύστημα περιέχει μια εφεδρική γεννήτρια. Τα συνδεδεμένα στο δίκτυο συστήματα μπορούν να υποδιαιρεθούν σ' εκείνα στα οποία το δίκτυο ενεργεί απλώς ως μια βοηθητική τροφοδοσία (εφεδρικό δίκτυο) και εκείνα τα οποία ίσως λάβουν επίσης πρόσθετη ισχύ από τη Φ.Β. γεννήτρια (αλληλοεπιδρώμενο δίκτυο). Μέσα στους Φ.Β. σταθμούς όλη η παραγόμενη ισχύς τροφοδοτείται στο δίκτυο. Συνήθως τα ηλιακά στοιχεία σε μια βασική μονάδα συνδέονται μεταξύ τους σε μια βασική σειρά. Αυτό οφείλεται στα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά του κάθε ηλιακού στοιχείου. Ένα τυπικό (διαμέτρου 4 ιντσών) ηλιακό στοιχείο κρυσταλλικού πυριτίου ή ένα (10 cm X 10 cm) πολυκρυσταλλικό στοιχείο θα παρέχουν κάτω από κανονικές συνθήκες ισχύ μεταξύ 1 και 1,5 W, εξαρτώμενη από την απόδοση του ηλιακού στοιχείου. Αυτή η ισχύς παρέχεται συνήθως υπό τάση 0,5 ή 0,6 V. Από τη στιγμή που υπάρχουν πολύ λίγες εφαρμογές, οι οποίες μπορούν να λειτουργούν σε αυτή την τάση, η άμεση λύση είναι να συνδεθούν τα

ηλιακά στοιχεία σε σειρά. Ο αριθμός των ηλεκτρικών στοιχείων μέσα σε μια βασική μονάδα ρυθμίζεται από την τάση της βασικής μονάδας. Η ονομαστική τάση λειτουργίας του συστήματος συνήθως πρέπει να ταιριάζει με την ονομαστική τάση του υποσυστήματος αποθήκευσης.

Οι περισσότερες εκ των φωτοβολταϊκών βασικών μονάδων, που κατασκευάζονται βιομηχανικά έχουν, επομένως, σταθερές διατάξεις, οι οποίες μπορούν να συνεργασθούν ακόμη και με μπαταρίες των 12Volt. Προνοώντας για κάποια υπέρταση προκειμένου να φορτιστεί η μπαταρία και να αντισταθμιστεί χαμηλότερη έξοδος, κάτω από συνθήκες χαμηλότερες των κανονικών, έχει βρεθεί ότι μια ομάδα των 33 έως 36 ηλιακών στοιχείων σε σειρά συνήθως εξασφαλίζουν αξιόπιστη λειτουργία. Έτσι η ισχύς των βασικών μονάδων πυριτίου συνήθως κυμαίνεται μεταξύ 40 και 60 W.

Οι παράμετροι της βασικής μονάδας καθορίζονται από τον κατασκευαστή κάτω από τις ακόλουθες κανονικές συνθήκες:

- Ακτινοβολία 1 KW/m<sup>2</sup>
- Φασματική κατανομή AM 1,5
- Θερμοκρασία ηλιακού στοιχείου 25°C

Πρόκειται για τις ίδιες συνθήκες με αυτές που χρησιμοποιούνται για να χαρακτηρισθούν τα ηλιακά στοιχεία. Η ονομαστική έξοδος συνήθως ονομάζεται ισχύς κορυφής μιας βασικής μονάδας και εκφράζεται σε W κορυφής (W). Τα τρία περισσότερο σημαντικά ηλεκτρικά χαρακτηριστικά μιας βασικής μονάδας είναι το ρεύμα βραχυκυκλώματος, η τάση ανοικτού κυκλώματος και το σημείο μέγιστης ισχύος σε συνάρτηση με τη θερμοκρασία και την ακτινοβολία. Αυτές οι χαρακτηριστικές μοιάζουν με τη χαρακτηριστική I-V ενός ηλιακού στοιχείου, ωστόσο υπάρχουν συγκεκριμένες ιδιομορφίες. Τελευταία έχει διαδοθεί αρκετά η χρήση των φωτοβολταϊκών πάνελ. Αυτό οφείλεται στο ότι τα φωτοβολταϊκά είναι διατάξεις που παράγουν ηλεκτρικό ρεύμα από την ηλιακή ακτινοβολία. Το ηλεκτρικό αυτό ρεύμα χρησιμοποιείται για να δώσει ενέργεια σε μια συσκευή ή για τη φόρτιση μπαταρίας. Η τεχνολογία αυτή χρησιμοποιείται ευρέως σε μικροϋπολογιστές τσέπης που λειτουργούν χωρίς μπαταρία, απλώς με

την έκθεσή τους στο φως. Τα φωτοβολταϊκά χρησιμοποιούνται συχνά σε συστοιχίες για την παραγωγή ενέργειας σε μεγάλη κλίμακα. Σε τέτοια μορφή χρησιμοποιούνται για να δίνουν ενέργεια σε δορυφόρους, διαστημόπλοια, αλλά και σε απλούστερες εφαρμογές, όπως για την ενεργειοδότηση απομακρυσμένων τηλεφώνων εκτάκτου ανάγκης σε εθνικές οδούς, σε σπίτια κλπ. Σε πολλές χώρες έχουν ξεκινήσει προγράμματα επιδότησης των επενδύσεων σε φωτοβολταϊκά, τα οποία παράγουν ηλεκτρική ενέργεια που μεταπωλείται και εισάγεται στα δημόσια δίκτυα μεταφοράς. Τα προγράμματα αυτά έχουν στόχο τη διαφοροποίηση της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και τη σταδιακή απεξάρτησή της από το πετρέλαιο. Η θερμοκρασία είναι μια σημαντική παράμετρος λειτουργίας ενός Φ/Β συστήματος. Όπως έχουμε δει ο συντελεστής θερμοκρασίας για την τάση ανοικτού κυκλώματος είναι κατά προσέγγιση ίσος με  $-2.3 \text{ mV/C}$  για καθένα ηλιακό στοιχείο. Ο συντελεστής τάσης μιας βασικής μονάδας είναι επομένως αρνητικός και πολύ μεγάλος από τη στιγμή που συνδέονται σε σειρά 33 έως 36 ηλιακά στοιχεία. Ο συντελεστής ρεύματος, από την άλλη πλευρά, είναι θετικός και μικρός, περίπου  $+6 \text{ }\mu\text{A/C}$  ανά τετραγωνικό εκατοστό της βασικής μονάδας. Συνεπώς, μόνο η μεταβολή τάσης σε σχέση με αυτή της θερμοκρασίας λαμβάνεται υπόψη για πρακτικούς κυρίως υπολογισμούς. Είναι σημαντικό να σημειώσετε ότι η τάση καθορίζεται από τη θερμοκρασία λειτουργίας των ηλιακών στοιχείων, η οποία διαφέρει από τη θερμοκρασία περιβάλλοντος. Όπως και για καθένα ηλιακό στοιχείο, το ρεύμα βραχυκυκλώματος  $I_{sc}$  μιας βασικής μονάδας είναι ανάλογο προς την ακτινοβολία και επομένως θα ποικίλλει κατά τη διάρκεια της ημέρας κατά τον ίδιο τρόπο. Εφόσον η τάση είναι λογαριθμική συνάρτηση του ρεύματος, θα εξαρτάται επίσης λογαριθμικά και από την ακτινοβολία. Κατά τη διάρκεια της ημέρας επομένως η τάση θα μεταβάλλεται λιγότερο από ότι το ρεύμα. Στο σχεδιασμό της Φ/Β γεννήτριας είναι συνηθισμένο να παραμελείται η μεταβολή της τάσης και να λαμβάνεται το ρεύμα βραχυκυκλώματος ανάλογο προς την ακτινοβολία. Η λειτουργία μιας βασικής μονάδας θα πρέπει να βρίσκεται όσο το δυνατόν πιο κοντά στο σημείο μέγιστης ισχύος. Είναι ένα σημαντικό γνώρισμα της χαρακτηριστικής της βασικής μονάδας, το ότι η τάση του σημείου μέγιστης ισχύος  $V_m$  είναι σχεδόν

ανεξάρτητη από την ακτινοβολία. Η μέση τιμή αυτής της τάσης κατά τη διάρκεια της ημέρας μπορεί να εκτιμηθεί στο 80% της τάσης ανοικτού κυκλώματος κάτω από κανονικές συνθήκες ακτινοβολίας. Αυτή η ιδιότητα είναι χρήσιμη για τη σχεδίαση της μονάδας ελέγχου της ισχύος της συσκευής. Ο χαρακτηρισμός της βασικής Φ.Β. μονάδας συμπληρώνεται με τη μέτρηση της θερμοκρασίας ενός κανονικά λειτουργούντος ηλιακού στοιχείου (NOCT) (Normal Operating Cell Temperature), οριζόμενης ως η θερμοκρασία του ηλιακού στοιχείου, όταν η βασική μονάδα λειτουργεί κάτω από τις ακόλουθες συνθήκες σε ανοικτό κύκλωμα:

- Ακτινοβολία 0,8
- Φασματική κατανομή AM 1,5
- Θερμοκρασία περιβάλλοντος 0°C
- Ταχύτητα ανέμου 1 m/s

Η NOCT (συνήθως μεταξύ 42°C και 46 °C) χρησιμοποιείται τότε για να καθορίσει τη θερμοκρασία του ηλιακού ηλεκτρικού στοιχείου  $T_c$  κατά τη διάρκεια της λειτουργίας βασικής μονάδας. Συνήθως υποθέτουμε ότι η διαφορά μεταξύ  $T_c$  και θερμοκρασίας περιβάλλοντος  $T_a$  εξαρτάται γραμμικά από την ακτινοβολία  $G_r$ . Ένας σημαντικός παράγοντας στην επιλογή του φωτοβολταϊκού πάνελ είναι ο βαθμός **απόδοσης**. Τα φωτοβολταϊκα πάνελ μετατρέπουν μόνο ένα ποσοστό της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρισμό. Το πόσο μεγάλο είναι αυτό το ποσοστό εξαρτάται από τον τύπο των φωτοβολταϊκών στοιχείων. Τα λεγόμενα μονοκρυσταλλικά στοιχεία έχουν τη μεγαλύτερη απόδοση (μετατρέπουν έως και το 17% της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρισμό). Τα πολυκρυσταλλικά στοιχεία έχουν ελαφρώς χαμηλότερη απόδοση (13%-15%), είναι όμως φθηνότερα από τα μονοκρυσταλλικά. Υπάρχουν και τα λεγόμενα "άμορφα" που αποτελούνται από μια ενιαία επιφάνεια κι όχι από διασυνδεδεμένα φωτοβολταϊκά στοιχεία όπως τα προηγούμενα. Αυτά έχουν χαμηλότερη απόδοση (5%-10%) αλλά είναι τα οικονομικότερα. Χρειάζονται απλώς μεγαλύτερη επιφάνεια για να δώσουν την ίδια ισχύ με τα μονοκρυσταλλικά ή τα πολυκρυσταλλικά φωτοβολταϊκά. Όπως είναι φυσικό η χρήση των φωτοβολταϊκών πάνελ έχει πλεονεκτήματα άλλα και μειονεκτήματα.

### **9.5) Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα φωτ/κων συστημάτων.**

Ορισμένα από τα πλεονεκτήματα είναι τα παρακάτω:

- Ευρεία χρήση λόγω της υψηλής ηλιοφάνειας που υπάρχει κατά το μεγαλύτερο χρόνο του έτους,
- Σε νησιωτικές και απομακρυσμένες περιοχές που είναι πολλές στη χώρα μας, είναι δύσκολη η διασύνδεση με το δίκτυο της Δ.Ε.Η.
- Μείωση της ρύπανσης του περιβάλλοντος και οικολογική ευαισθητοποίηση.
- Σημαντική μείωση της εξάρτησης από εισαγόμενα καύσιμα.
- Εξαγωγή προϊόντων και τεχνογνωσίας.
- Αύξηση των επενδύσεων και κατά συνέπεια της απασχόλησης.

Κάποια από τα μειονεκτήματα που παρουσιάζουν είναι τα εξής:

- προβλήματα που παρατηρούνται σε εγκατεστημένα συστήματα αφορούν την ηλεκτρική τους εγκατάσταση ,
- εμφάνιση βραχυκυκλωμάτων στους μετατροπείς ,
- βλάβες στους ρυθμιστές φόρτισης και στη χαμηλή φόρτιση των συσσωρευτών ,έχουν παρουσιαστεί προβλήματα στη μηχανική υποστήριξη των συστημάτων, όπως των
- φωτοβολταϊκών γεννητριών, με αποτέλεσμα την είσοδο υγρασίας.
- Υψηλό κόστος εγκατάστασης του εξοπλισμού.

## **9.6) Κατηγορίες φωτοβολταϊκών πάνελ**

Τέλος αρκετές είναι οι κατηγορίες των φωτοβολταϊκών πάνελ που υπάρχουν.

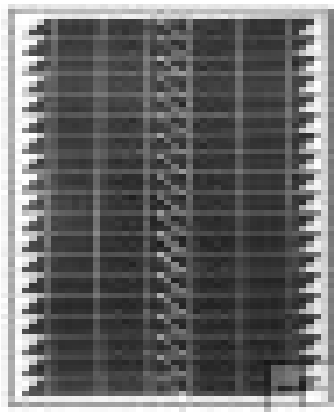
Ορισμένες από τις οποίες είναι οι παρακάτω:

- 1) Μικρό σύστημα συνεχούς τάσης (small DC):** αποτελείται από το φωτοβολταϊκό πλαίσιο, από το ρυθμιστή συνεχούς τάσης και το συσσωρευτή. Από την έξοδο του ρυθμιστή, τροφοδοτείται απευθείας το φορτίο. Ένα τέτοιο σύστημα έχει εφαρμογές στην τηλεμετρία και σε απλές οικιακές εφαρμογές.
- 2) Μεγάλο σύστημα συνεχούς τάσης (large DC):** αποτελείται από αρκετά πλαίσια και συσσωρευτές όπου ο αριθμός των οποίων εξαρτάται από το συνολικό φορτίο. Ο ρυθμιστής τροφοδοτεί απευθείας το συνεχές φορτίο. Ένα τέτοιο σύστημα χρησιμοποιείται σε οικιακές και απλές βιομηχανικές εφαρμογές.
- 3) Απλό σύστημα συνεχούς τάσης (simple DC):** είναι σύστημα που τροφοδοτεί απευθείας το φορτίο και δεν έχει τη δυνατότητα αποθήκευσης της παραγόμενης από τα ηλιακά συστήματα ενέργειας. Πεδίο εφαρμογής τέτοιων συστημάτων αποτελούν τα αντλητικά συγκροτήματα.
- 4) Φωτοβολταϊκό σύστημα εναλλασσόμενου/συνεχούς ρεύματος (AC/DC):** αυτό το σύστημα έχει τη δυνατότητα να υποστηρίξει ταυτόχρονα εναλλασσόμενα και συνεχή φορτία. Αποτελείται από τα φωτοβολταϊκά πλαίσια που είναι συνδεδεμένα μεταξύ τους σε σειρά και παράλληλα. Η παραγόμενη από τα φωτοβολταϊκά πλαίσια ηλεκτρική ενέργεια οδηγείται στο ρυθμιστή φόρτισης από την έξοδο του οποίου τροφοδοτούνται απευθείας τα συνεχή φορτία της εφαρμογής και οι συσσωρευτές. Επίσης από το ρυθμιστή τροφοδοτείται και ο μετατροπέας (inverter), από την έξοδο του οποίου τροφοδοτούνται τα εναλλασσόμενα φορτία.
- 5) Φωτοβολταϊκό σύστημα συνδεδεμένο με το δίκτυο (Grid Connected):** Το σύστημα αυτό αποτελείται από ομάδα φωτοβολταϊκών πλαισίων τα οποία συνδέονται ηλεκτρικά με τον μετατροπέα. Από την έξοδο του μετατροπέα μπορούν να



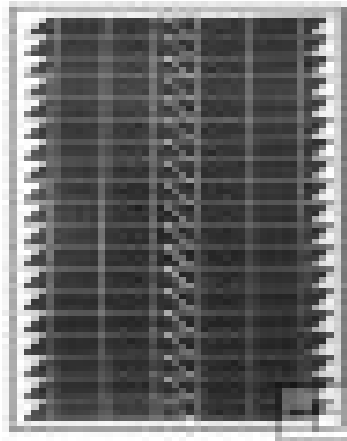
τροφοδοτηθούν απευθείας εναλλασσόμενα φορτία ή να παραδοθεί η παραγόμενη από τα φωτοβολταικά πλαίσια ηλεκτρική ενέργεια στο ηλεκτρικό δίκτυο. Σε αυτό τον τύπο φωτοβολταικού συστήματος δεν αποθηκεύεται η ηλεκτρική ενέργεια σε συσσωρευτές.

**6) Υβριδικό σύστημα (Hybrid):** Είναι σύστημα όπως το AC/DC αλλά συμπληρωματικά διαθέτει και ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος (γεννήτρια), το οποίο λειτουργεί στις περιπτώσεις όπου η παραγόμενη από τα φωτοβολταικά πλαίσια ηλεκτρική ενέργεια δεν επαρκεί. Κλείνοντας το κεφάλαιο των φωτοβολταικών θα αναφέρουμε ενδεικτικά κάποιες τιμές και θα δούμε ορισμένες εικόνες από τα διάφορα είδη πάνελ και τους διάφορους τύπους μπαταρίας που κυκλοφορούν στο εμπόριο. Οι τιμές των φωτοβολταικών συστημάτων ποικίλλουν, ανάλογα με τον τιμοκατάλογο κάθε εταιρείας. Σε γενικές γραμμές πάντως, οι τιμές για ένα φωτοβολταικό πάνελ είναι περίπου 4 ευρώ ανά Wp ισχύος και οι τιμή μιας μπαταρίας κλειστού τύπου βαθιάς εκφόρτισης λίγο πάνω από 2 ευρώ ανά Ah χωρητικότητας. Οι τιμές ενός αντιστροφέα (inverter) ή ενός ρυθμιστή φόρτισης είναι χαμηλές σε σχέση με τις τιμές ενός φωτοβολταικού ή συσσωρευτή (μπαταρία). Έτσι, η τιμές για ένα φωτοβολταικό πάνελ 100 Wp κυμαίνονται γύρω από τα 400 ευρώ. Οι τιμές των μπαταριών βαθιάς εκφόρτισης με χωρητικότητα 100 Ah είναι περίπου 200 ευρώ. Οι τιμές των ρυθμιστών φόρτισης ξεκινάνε από 25 ευρώ και η τιμές των inverter 500 Watt τροποποιημένου ημίτονου είναι περίπου 70 ευρώ. Η τιμή ενός inverter καθαρού ημίτονου 2.000 Watt είναι περίπου 1.000 ευρώ.



(εικόνα 33)

ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΟ ΠΑΝΕΛ HELIOS 30W



(εικόνα 34)

ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΟ ΠΑΝΕΛ ΗΕΛΙΟΣ 20W



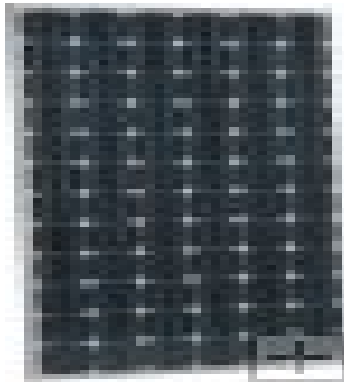
(εικόνα 35)

ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΟ ΠΑΝΕΛ ΠΟΛΥΚΡΥΣΤΑΛΛΙΚΟ 12V 75W



(εικόνα 36)

ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΑ ΠΑΝΕΛ ΒΑΛΙΤΣΑ 13W 12V .53x39cm



(εικόνα 37)

ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΟ PANEL 24V 150Wp

### **9.7) Κατηγορίες συσσωρευτών**

Ανάλογα με τον τον κάθε τυπο φωτοβολταϊκού πάνελ, υπάρχουν αντισίτιχα κ διάφορα είδη συσσωρευτών (μπαταρίες) οι οποίες ταιριάζουν για την εκάστοτε εγκατάσταση που θέλουμε να φτιάξουμε.

Παρακάτω γίνεται παρουσίαση ορισμένων εξ αυτών:

1)



(εικόνα 38)

ΕΙΔΙΚΗ ΜΠΑΤΑΡΙΑ ΓΙΑ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΑ 2V 160Ah

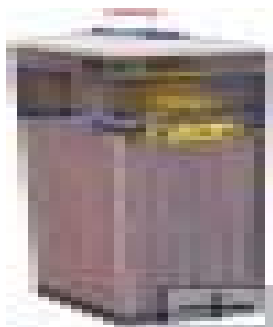
2)



(εικόνα 39)

ΕΙΔΙΚΗ ΜΠΑΤΑΡΙΑ ΓΙΑ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΑ 2V 240Ah

3)



(εικόνα 40)

ΕΙΔΙΚΗ ΜΠΑΤΑΡΙΑ ΓΙΑ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΑ 2V 320Ah

4)



(εικόνα 41)

ΕΙΔΙΚΗ ΜΠΑΤΑΡΙΑ ΓΙΑ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΑ 2V 400Ah

5)



(εικόνα 42)

ΕΙΔΙΚΗ ΜΠΑΤΑΡΙΑ ΓΙΑ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΑ 2V 640Ah

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10 ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΟ ΜΕΡΟΣ**

Η παρούσα εργασία έχει ως άξονες δύο σημαντικούς τομείς. Ο πρώτος είναι αυτός του θεωρητικού υποβάθρου, που ασχολείται με την επιθυμητή συμπεριφορά του μηχανισμού διαλογής και ταξινόμησης αντικειμένων και στηρίζεται στην κατανόηση των μηχανισμών μέσω των οποίων καθορίζεται η λειτουργία του συστήματος. Όλη αυτή την διαδικασία την αναπτύξαμε λεπτομερώς παραπάνω στο κομμάτι που αναλώνεται στην θεωρία. Ο δεύτερος τομέας είναι η κατασκευή της συγκεκριμένης εφαρμογής, που στόχο έχει την οργάνωση και την διαδικασία διακομιδής προϊόντων. Στην συγκεκριμένη εφαρμογή πρόκειται να αναλυθεί ο τρόπος λειτουργίας μιας πραγματικής μονάδας διαλογής κατασκευασμένη από εμάς, ούτως ώστε μέσα από όλη αυτή την διαδικασία να προταθούν βελτιώσεις οι οποίες μπορούν να υλοποιηθούν σε επόμενα στάδια με την βοήθεια αυτομάτου ελέγχου.

Κατόπιν ακολουθεί ανάλυση του τρόπου λειτουργίας της μονάδας, ακολουθεί μελέτη των μηχανικών παραμέτρων καθώς και φωτογραφικό υλικό της κατασκευής για βέλτιστη κατανόηση και επισκόπηση.



(εικόνα 43)



### **10.1) Μηχανολογικό μέρος συστήματος.**

Πρόκειται για μία σχετικά μικρή σε όγκο και διαστάσεις κατασκευή η οποία είναι εύχρηστη και μπορεί εύκολα να μεταφέρεται όπου είναι απαραίτητη η χρήση της. Π.χ. στο αγρόκτημα για την διαλογή των μικρών πορτοκαλιών από τα μεγάλα. Για την βάση της κατασκευής χρησιμοποιήσαμε κίλοδοκούς αλουμινίου, ένα υλικό το οποίο είναι ελαφρύ και έχει την ιδιότητα να παραμένει αναλοίωτο στο πέρασμα των χρόνων και στις καιρικές συνθήκες. Η χρήση του αλουμινίου είχε σαν αποτέλεσμα το συνολικό βάρος του συστήματος διαλογής να μην ξεπεράσει τα 15 kg. Για την δημιουργία της βάσης χρειάστηκαν 3 κίλοδοκοί αλουμινίου οι οποίες είχαν τις εξής διαστάσεις: μήκος=1m & 20 cm, πλάτος=8cm και πάχος=4 cm. Στα δύο άκρες της βάσης τοποθετήθηκαν δύο ράουλα πάνω στα οποία στηρίχθηκε η σωστή περιστροφή της μεταφορικής ταινίας. Στο ένα ακρο της βάσης, στον άξονα που στερεώθηκε το ράουλο τοποθετήθηκε και ένα μικρό μοτέρ 12V/5A-DC, όπου ύστερα από μέτρηση εν ώρα λειτουργίας που έγινε με την χρήση ειδικής αμπεροτσιμπίδας κατανάλωνε 3A και κατά την φάση της εκκίνησης κατανάλωνε 7A. Επίσης στο μοτέρ τοποθετήθηκε και ένας μειωτήρας με σχέση μετάδοσης 1:50. Στον άξονα στήριξης του κινητήρα έχει τοποθετηθεί με την βοήθεια δυο στηριγμάτων άλλος ένας άξονας ο

οπίος χρησιμεύει για την στήριξη ενός αντίβαρου ελέγχου της μεταφορικής ταινίας. Στην ουσία πρόκειται για ένα "βαρύδι" το οποίο έχει την ιδιότητα να κρατάει τεντωμένη την μεταφορική ταινία ώστε να κάνει ευκολότερη την κίνηση. Για τον ρόλο της μεταφορικής ταινίας χρησιμοποιήθηκε ιμάντας ο οποίος είναι φτιαγμένος από μαλακό και εύκαμπτο υλικό και έχει την δυνατότητα να περιστρέφεται πάνω στα ράουλα χωρίς να γλιστράει. Ο ιμάντας έχει πλάτος 19,5 cm και το πάχος του είναι 3,5mm<sup>2</sup>. Στο άλλο άκρο της βάσης έχει τοποθετηθεί πάνω στον ίδιο άξονα περιστροφής της μεταφορικής ταινίας ένα κρεμαστό στέλεχος το οποίο έχει το ρόλο της τσουλήθρας και χρησιμεύει για την καλύτερη κύληση των προϊόντων στα κουτιά εναποθεσής τους.

Στην τσουλήθρα έχει τοποθετηθεί ένας άλλος κινητήρας 12V-DC με κατανάλωση 0,5A και όπου κατά την εκκίνησή του καταναλώνει 1A και πάνω στον αξονά του έχει προσαρμοστεί ένα φύλλο εύκαμπτου αλουμινίου. Επίσης, στην μέση της βάσης έχει τοποθετηθεί μία βάση στήριξης για το αισθητήριο. Το αισθητήριο είναι ένα λέιζερ όπου λόγω της βάσης έχουμε την δυνατότητα να το ρυθμίζουμε στο ύψος που επιθυμούμε κάθε φορά.

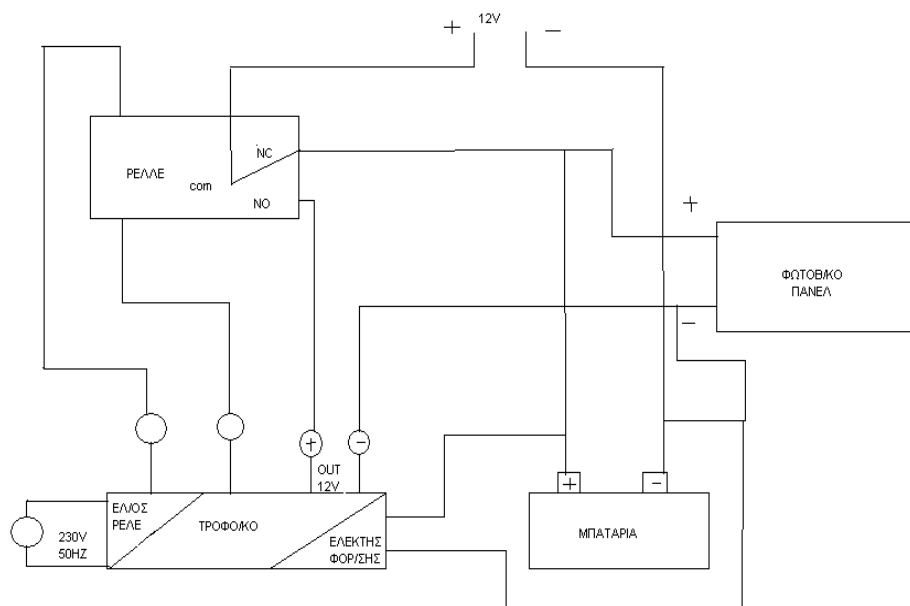
## **10.2) Μονάδα τροφοδοσίας συστήματος.**



Φωτοβολταϊκό πάνελ τροφοδοσίας συστήματος (εικονα 44)

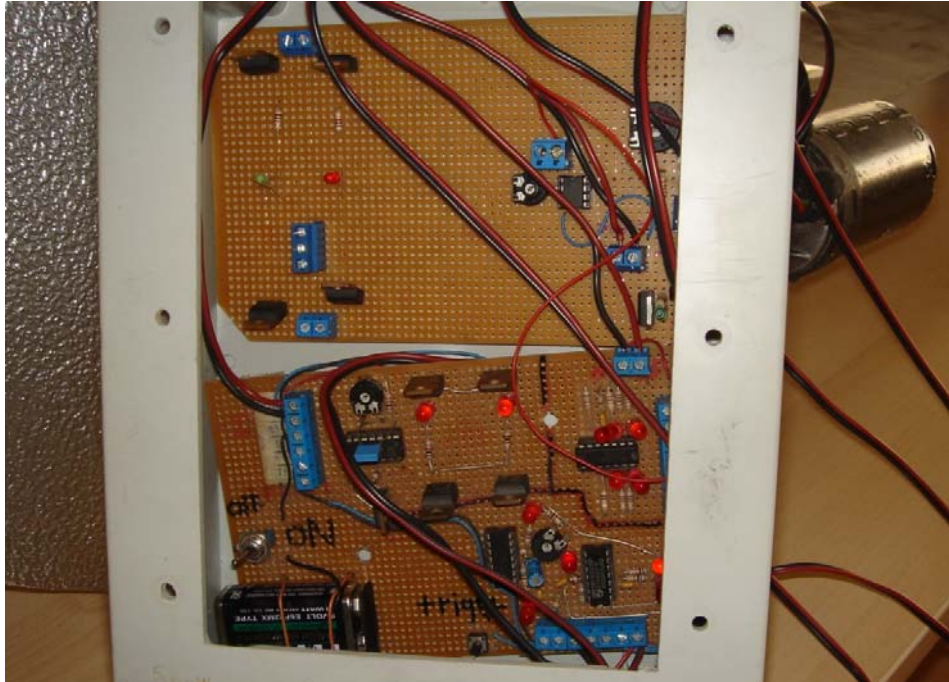


Το σύστημα είναι σχεδιασμένο να λειτουργεί αυτόνομα ενεργειακά μέσω μιας μπαταρίας 12V/25Ah που υποστηρίζεται για την φόρτισή της από μία φωτοβολταϊκή κυψέλη, με διαστάσεις 50x50cm. Το σύστημα έχει την δυνατότητα να τροφοδοτηθεί και μέσω του δικτύου της Δ.Ε.Η. με ένα τροφοδοτικό 12V/10A όπου μέσω ενός εναλλάκτη έχει την δυνατότητα να διαβάζει την κατάσταση της μπαταρίας και να επιλέγει αν θα τροφοδοτηθεί το σύστημα μέσω της μπαταρίας ή μέσω του τροφοδοτικού. Ένας εναλλάκτης τάσης φόρτισης διαβάζει την κατάσταση στην οποία βρίσκεται η μπαταρία και ανάλογα με τα ενεργειακά της αποθέματα επιλέγει αν η μπαταρία θα φορτιστεί από το φωτοβολταϊκό πάνελ ή από το τροφοδοτικό. Όλη η παραπάνω διαδικασία παρουσιάζεται στο παρακάτω μπλόκ διάγραμμα.



(εικόνα 45)

### **10.3) Ηλεκτρονικό μέρος συστήματος.**

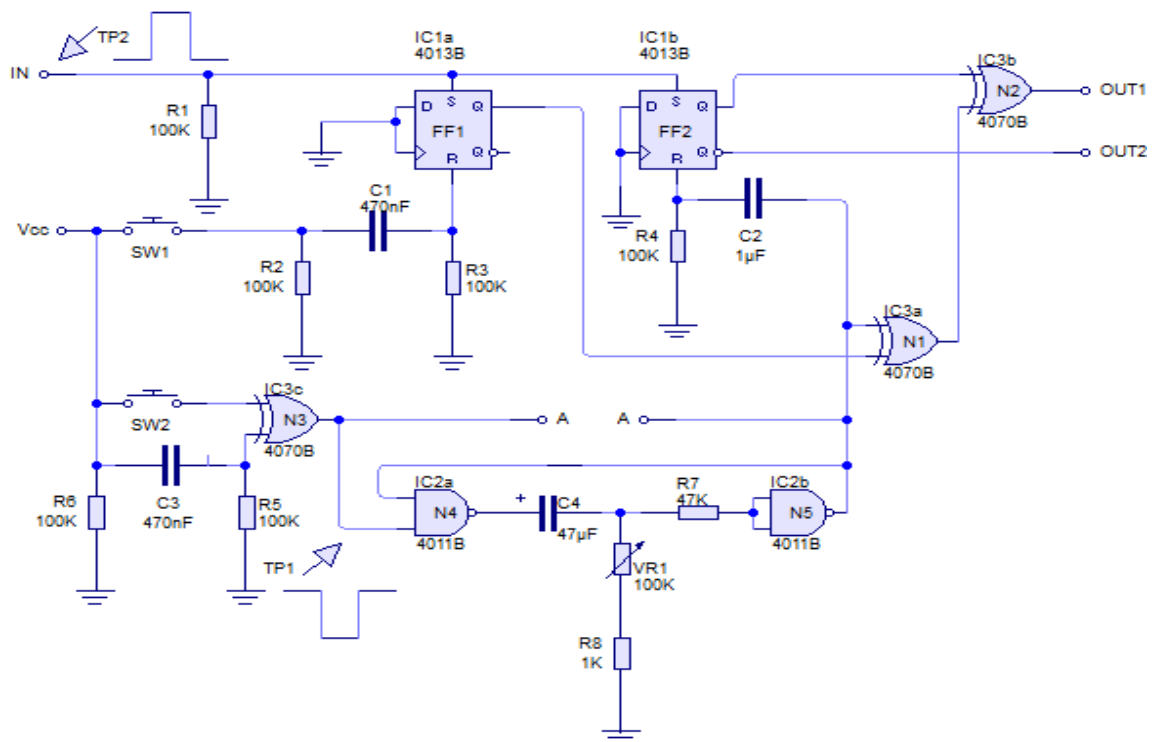


Ηλεκτρονικές πλακέτες ελέγχου συστήματος (εικόνα 46)

Για καλύτερο και πιο εύκολο χειρισμό του συστήματος χρησιμοποιήσαμε έναν ελεγκτή στροφών ώστε να έχουμε την δυνατότητα να πετύχουμε την απαιτούμενη ρύθμιση στροφών τόσο για την ταχύτητα με την οποία θα γυρνάει η μεταφορική ταινία όσο και για την ταχύτητα με την οποία θα γίνεται η περιστροφή της τσουλήθρας. Επίσης κατασκευάσαμε ένα κύκλωμα για να ελέγξουμε την περιστροφή της τσουλήθρας δεξιά και αριστερά. Το κύκλωμα οδηγεί μία ηλεκτρονική γέφυρα H και επίσης περιλαμβάνει 2 flip-flop τύπου D και ένα κύκλωμα χρονικής καθυστέρησης 2 πυλών NAND καθώς και ένα δικτύωμα R-C. Το κύκλωμα τροφοδοτείται από μία είσοδο TRIGGER η οποία διεγείρεται με μία μεταβολή της τάσης από HIGH σε LOW. Η μεταβολή αυτή επιτυγχάνεται μεσο της δέσμης του λέιζερ, η οποία προσπίπτει πάνω σε μία φωτοαντίσταση. Για όση ώρα πέφτει φως στην φωτοαντίσταση η τιμή που παίρνει η αντίσταση μειώνεται, ενώ κατά την διακοπή της δέσμης η τιμή αυξάνει πάλι.

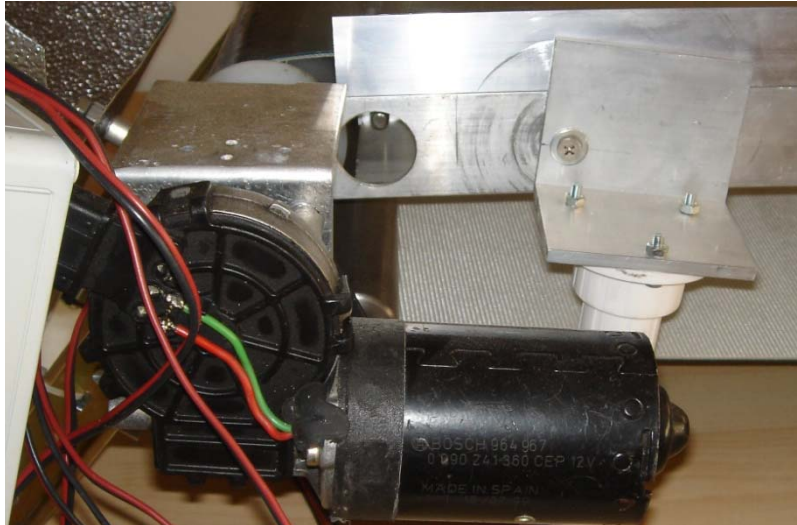
Ο κινητήρας θα σταματήσει την κίνησή του όταν ενεργοποιηθεί ο τερματικός διακόπτης που έχουμε προσαρμόσει πάνω στην τσουλήθρα (μαγνητική επαφή).

Αυτός ο τερματικός διακόπτης δίνει εντολή σε ένα κύκλωμα Time Delay μέσω μιας πύλης XOR και 2 πυλών NAND και έχει σαν αποτέλεσμα να παραμένει η τσουλήθρα στην καινούργια θέση για όσο χρόνο έχουμε επιλέξει εμείς. Μετά την εξάντληση της χρονικής καθυστέρησης ο κινητήρας περιστρέφεται αριστερά μέχρι να ενεργοποιηθεί ο άλλος τερματικός διακόπτης και έρθει η τσουλήθρα στην αρχική της θέση. Κάθε φορά που ο αισθητήρας βλέπει μία μεταβολή η μονάδα ελέγχου του κινητήρα επαναλαμβάνει αυτή την διαδικασία έστω και αν δεν έχει προλάβει να εκτελέσει όλη την διαδρομή. Δηλαδή κάνει reset.



Συνδεσμολόγηση κυκλώματος (εικονα 47)

#### 10.4) Έλεγχος κινητήρα ταινιοδρόμου.

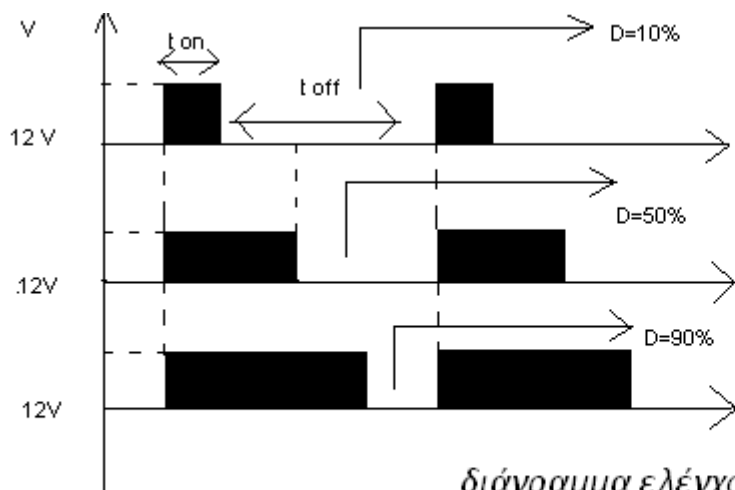


Κινητήρας περιστροφής ταινιοδρόμου (εικόνα 48)

Ο έλεγχος της περιστροφής του ταινιοδρόμου γίνεται μέσω της χρήσης της μεθόδου PWM ( Μεταβλητό Εύρος Παλμών ) και επιλέξαμε αυτήν την μέθοδο διότι θέλουμε να κρατήσουμε σταθερή την ροπή του κινητήρα με λίγες στροφές και αυτό γιατί με την μέθοδο αυτή η ροπή  $r$  προκύπτει από την σχέση:

$$r = V/F , (1)$$

όπου  $V$ =σταθερό 12V και επειδή  $T$ =σταθερή 1KHZ, συνεπάγεται ότι και η  $F$ =σταθερή άρα έχουμε την δυνατότητα να ρυθμίζουμε τις στροφές του κινητήρα χωρίς να χαλάει η ροπή.



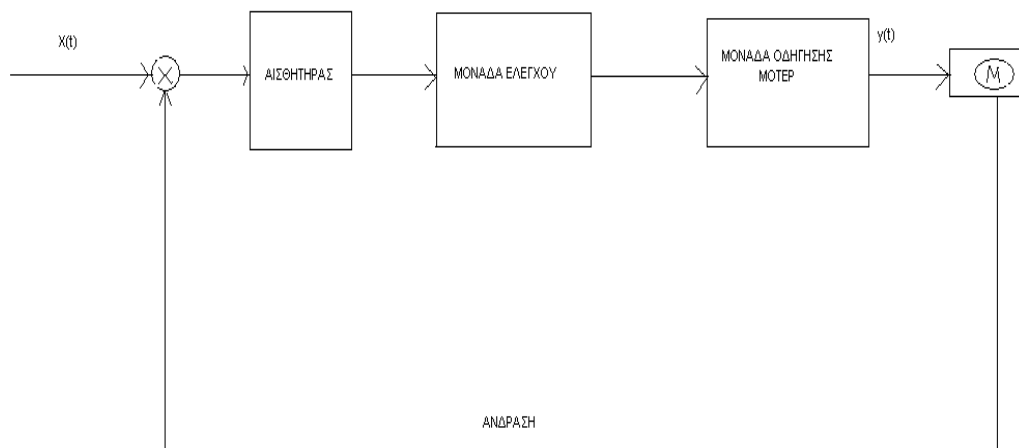
διάγραμμα ελέγχου  
στροφών μέσω PWM  
(εικόνα 49)

### 10.5) Έλεγχος κινητήρα τσουλήθρας.



εικόνα (50)

Για να ελέγξουμε τον κινητήρα της τσουλήθρας θα πρέπει να χρησιμοποιήσουμε ένα αισθητήρα που θα δώσει την πληροφορία στην μονάδα ελέγχου η οποία με την σειρά της θα μεταφέρει την πληροφορία μέσω μιάς μονάδας ισχύος στον κινητήρα της τσουλήθρας.



(εικόνα 51)

## 10.6) Αισθητήρας.

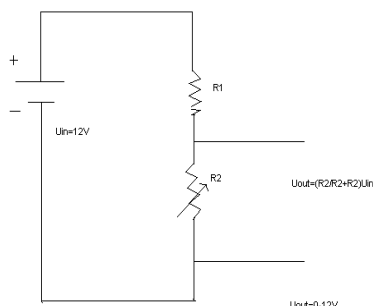


Αισθητήριο συστήματος (εικόνα 52)

Στην κατασκευή μας στόχος είναι να μπορέσουμε να διαχωρίσουμε δύο προϊόντα διαφορετικού ύψους. Π.Χ: ένα κοντό μπουκάλι από ένα ψηλό μπουκάλι. Για τον σκοπό αυτό χρησιμοποιήσαμε ένα αισθητήριο λέιζερ το οποίο ρίχνει την δέσμη του σε μία φωτοαντίσταση την οποία έχουμε προσαρμόσει σε μία ειδική μαύρη σωλήνα ώστε να μην επηρεάζεται από τον εξωτερικό φωτισμό. Όταν περάσει από το σημείο ελέγχου ένα ψηλό μπουκάλι και γίνει διακοπή της δέσμης, έχει σαν αποτέλεσμα την μεταβολή στην ωμική συμπεριφορά της φωτοαντίστασης.

Επειδή η φωτοαντίσταση είναι συνδεδεμένη με το σκέλος ενός διαιρέτη τάσης, η μεταβολή της τιμής της έχει σαν αποτέλεσμα να προκαλείται μεταβολή στην τάση εξόδου του διαιρέτη τάσης.

Από την στιγμή που θα διακοπεί η δέσμη και θα πραγματοποιηθεί η παραπάνω διαδικασία, ταυτόχρονα ενεργοποιείται και ο μηχανισμός ελέγχου περιστροφής της τσουλήθρας.



Κύκλωμα σύνδεσης διαιρέτη τάσης και φωτοαντίστασης

### **10.7) Μονάδα ισχύος τσουλήθρας.**

Η μονάδα ισχύος που θα οδηγήσει τον κινητήρα της τσουλήθρας είναι μια γέφυρα (H). Αυτή αποτελείται από 4 τρανζίστορ. Τα 2 είναι της μορφής n-p-n ενώ τα άλλα 2 είναι της μορφής p-n-p και οι βάσεις τους οδηγούνται από την μονάδα ελέγχου. Παρακάτω παρουσιάζεται ο πίνακας αληθείας οδήγησης της γέφυρας (H).

A	B	M
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

πίνακας 2

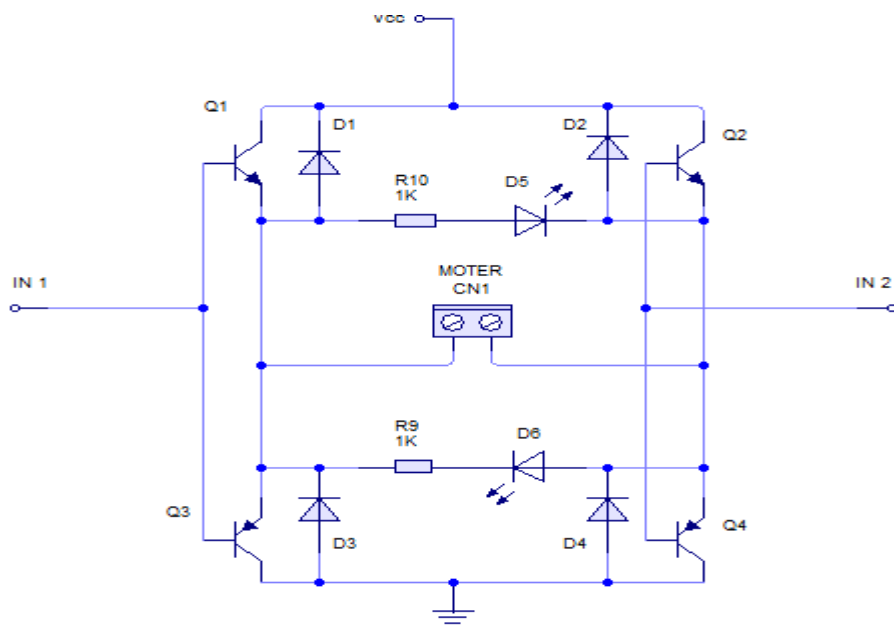
Οι βάσεις των τρανζίστορ Q1, Q3 είναι η A είσοδος και οι βάσεις Q2, Q4 είναι η B είσοδος και το M είναι το μοτέρ. Με βάση τον πίνακα αληθείας καταλήγουμε στα εξής συμπεράσματα:

-αν A και B έχουν τιμή 0 τότε το μοτέρ είναι σε παύση.

-αν A είναι 0 και B γίνει 1 τότε το μοτέρ περιστρέφεται δεξιόστροφα.

-αν A γίνει 1 και B είναι 0 τότε το μοτέρ περιστρέφεται αριστερόστροφα.

-αν A και B έχουν τιμή 1 τότε το μοτέρ είναι σε παύση.



κύκλωμα γέφυρας H (εικόνα 55)



## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

- www.ad.Siemens.de
- www.timetech.com.
- www.isolar.gr
- www.el.Wikipedia.gr
- www.treecomp.gr
- www.solar power.gr
- www.demotors.gr
- www.vezeris.gr
- βιβλίο για PWM & Switching PS / PWM .
- Εγκυκλοπαίδεια ΥΔΡΙΑ.
- Βασική Δομή και Τύποι Κινητήρων.(Ηλεκτρική κίνηση, Μαλατέστας Π -Βυλλιώτης Η.)
- Ηλεκτρική κίνηση.(Μαλατέστας Π.-Μανιάς Σ.)
- Συστήματα αυτομάτου ελέγχου.(Μαλατέστας Π.)
- Αυτοματισμός με Siemens s7.(ΜΑΡΑΝΤΙΔΗΣ Ν.)
- Αυτοματισμοί και Συστήματα Αυτομάτου Ελέγχου 'Β τεύχος(Αισθητήρια-Μετατροπείς.).(Λιγνός Ι.-Πολίτης Γ.)
- Ηλεκτρονικά Ισχύος.(Μανιάς Σ.)
- Σύγχρονη Ηλεκτροτεχνολογία.(Βυλλιώτης Η.)
- Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (Τσιώλης Α.)