



Τ.Ε.Ι ΚΡΗΤΗΣ  
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗΣ

## ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΜΕ ΘΕΜΑ:**

*Μέτρηση ταχύτητας με χρήση αισθητήρων*

**ΖΑΧΑΡΙΟΥΔΑΚΗΣ ΣΤΕΦΑΝΟΣ, Α.Μ. 3962**

Υπεύθυνος καθηγητής: Φραγκιαδάκης Νικόλαος

*Χανιά, Ιούνιος 2010*

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Περίληψη	4
Περίληψη	5
Κεφάλαιο 1	6
1.1 Γενικά για τους αισθητήρες	6
1.2 Αρχές λειτουργίας παθητικών αισθητήρων	8
1.3 Αισθητήρες διαδρομής, γωνίας και απόστασης	9
1.4 Ποτενσιομετρικοί αισθητήρες χωρίς δακτύλιους με πλάκα πεδίου	10
1.5 Επαγωγικός αισθητήρας διαδρομής (FLDT)- ταχύς γραμμικός ανιχνευτής απόστασης	10
1.6 Επαγωγικός αισθητήρας	11
1.7 Χαρακτηριστικά επαγωγικού αισθητήρα	12
1.8 Χωρητικός αισθητήρας προσέγγισης	13
1.9 Μαγνητικός αισθητήρας ταχύτητας	14
Κεφάλαιο 2	15
2.1 Βασικές αρχές και ορολογία αισθητήρων	15
2.2 Ορολογία αισθητήρων	17
2.2.1 Απόλυτες μετρήσεις	18
2.2.2 Ρυθμισμένο σήμα	18
2.2.3 Ηλεκτρική δύναμη	18
2.2.4 Ρευστό	18
2.2.5 Ολοκληρωμένο κύκλωμα	18
2.2.6 Διασύνδεση	19
2.2.7 Τοπική ένδειξη	19
2.2.8 Μετρούμενη ποσότητα	19
2.2.9 Ηλεκτρικός θόρυβος	19
2.2.10 Παράμετρος	19
2.2.11 Ακροδέκτης μέτρησης	19
2.2.12 Ένδειξη από απόσταση	19
2.2.13 Ημιαγωγός	20
2.2.14 Μονάδες διεθνούς συστήματος	20
2.2.15 Προδιαγραφές	20
2.2.16 Μεταβλητή	20
Κεφάλαιο 3	21
3.1 Χαρακτηριστικά αισθητήρων	21
3.1.1 Ακρίβεια	21
3.1.2 Βαθμονόμηση	21
3.1.3 Νεκρή ζώνη	22
3.1.4 Διαστάσεις	22
3.1.5 Ολίσθηση	23
3.1.6 Σφάλμα	23
3.1.7 Υστέρηση	23
3.1.8 Καθυστέρηση	25
3.1.9 Γραμμικότητα	25
3.1.10 Χρόνος λειτουργίας	26
3.1.11 Επαναληψιμότητα	26
3.1.12 Εύρος	26

3.1.13 Ονομαστική τιμή	26
3.1.14 Αξιοπιστία	27
3.1.15 Απόκριση	27
3.1.16 Διακριτική ικανότητα	27
3.1.17 Ευαισθησία	27
3.1.18 Ευστάθεια	28
3.1.19 Στατικό σφάλμα	28
3.1.20 Ανοχή	28
3.1.21 Απεικόνιση και καταγραφή δεδομένων	29
Κεφάλαιο 4	30
Αισθητήρες ταχύτητας	30
4.1 Απρόθυμες μεταβλητές συσκευές (VR)	30
4.2 Συσκευές φαινομένου Hall	31
4.3 Συσκευές υπερήχων	31
4.4 Οπτικές συσκευές	32
4.5 Φαινόμενο Hall	34
Κεφάλαιο 5	38
Η γωνιακή ταχύτητα	38
5.1 Γραμμικό αισθητήριο ταχύτητας (LVT)	39
5.1.2 Πηνία σε σειρά	40
5.1.3 Πηνία παράλληλα	40
5.2 Ταχύμετρο	41
5.3 Αισθητήρια γωνιακής θέσης και ταχύτητας	42
5.4 Ταχογεννήτρια	44
5.5 Γυροσκόπιο	45
5.6 Δακτυλιοειδές γυροσκόπιο Laser	47
Κεφάλαιο 6	50
Η γραμμική ταχύτητα	50
Αισθητήρια γραμμικής θέσης και ταχύτητας	50
6.1 Το γραμμικό ποτενσιόμετρο	50
6.2 Ο γραμμικός μεταβλητός διαφορικός μετασχηματιστής	52
6.3 Ηλεκτρομαγνητικό αισθητήριο γραμμικής ταχύτητας	56
Μέθοδοι μέτρησης γραμμικής ταχύτητας	57
6.4.1 Μέτρηση ταχύτητας με Radar	57
6.4.2 Radar Doppler	58
6.4.3 Βασική έννοια	58
6.4.4 Το φαινόμενο Doppler	59
Κεφάλαιο 7	61
Περιστροφική ταχύτητα	61
7.1 Ανακλαστικός αισθητήρας	61
7.2 Κωδικοποιητές	62
7.3 Μαγνητικοί αισθητήρες	63
7.3.1 Τεχνολογίες μαγνητικών αισθητήρων	63
7.4 Αισθητήρες στροφών	65
7.5 Περιστροφικοί αισθητήρες ταχύτητας για οχήματα ραγών	65
7.6 Περιστροφικοί αισθητήρες ταχύτητας για τις μηχανές	66
7.6.1 Αισθητήρες ταχύτητας μηχανών Bearingless	66
Βιβλιογραφία	68

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της συγκεκριμένης εργασίας είναι η ανάλυση και η κατανόηση της μέτρησης ταχύτητας με χρήση αισθητήρων. Γενικά πρέπει να γνωρίζουμε ότι ένας αισθητήρας είναι μια συσκευή η οποία μετρά μια φυσική ποσότητα και την μετατρέπει σε ένα σήμα το οποίο να μπορεί να διαβαστεί από κάποιο μέσο (π.χ. ηλεκτρονικό υπολογιστή) ή από έναν παρατηρητή. Οι αισθητήρες χωρίζονται σε τρεις βασικές κατηγορίες. Τους αναλογικούς, τους ψηφιακούς και τέλος τους δυαδικούς αισθητήρες.

Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται εκτενή αναφορά στα είδη των αισθητήρων που αναφέρθηκαν προηγουμένως καθώς και στους παθητικούς και ενεργητικούς αισθητήρες. Είναι σημαντικό να γνωρίζουμε τις βασικές αρχές και την ορολογία των αισθητήρων, όπως τι είναι συστήματα ελέγχου κλειστού και ανοιχτού βρόγχου αλλά και τι εννοούμε με τους όρους απόλυτες μετρήσεις, τοπική ένδειξη και προδιαγραφές. Όλα αυτά αναφέρονται στο κεφάλαιο 2.

Τα χαρακτηριστικά των αισθητήρων είναι πολύ σημαντικά και από αυτά εξαρτάται η επιλογή του αισθητήρα που θα χρησιμοποιήσουμε σε κάθε διεργασία.

Χαρακτηριστικά όπως η ακρίβεια, η νεκρή ζώνη, η υστέρηση, η γραμμικότητα, η αξιοπιστία, η ανοχή και όλα τα υπόλοιπα χαρακτηριστικά τους αναφέρονται στο κεφάλαιο 3.

Στο κεφάλαιο 4 γίνεται παρουσίαση ορισμένων αισθητήρων ταχύτητας όπως είναι οι οπτικές συσκευές, οι συσκευές υπερήχων, οι απρόθυμες μεταβλητές συσκευές και οι συσκευές φαινομένου Hall. Επίσης γίνεται εκτενή αναφορά στον τρόπο μέτρησης με χρήση του φαινομένου Hall.

Το κεφάλαιο 4 αναφέρεται στην γωνιακή ταχύτητα και τους τρόπους μέτρησης της με διάφορους αισθητήρες. Αισθητήρες όπως το γυροσκόπιο, το γραμμικό αισθητήριο ταχύτητας (LVT), η ταχογεννήτρια και το ταχύμετρο.

Το κεφάλαιο 6 αναφέρεται στην γραμμική ταχύτητα και στον τρόπο μέτρησης από διάφορους αισθητήρες, όπως το γραμμικό ποτενσιόμετρο, το ηλεκτρομαγνητικό αισθητήριο γραμμικής ταχύτητας, η μέτρηση με χρήση Radar και ο γραμμικός μεταβλητός διαφορικός μετασχηματιστής (LVDT). Επίσης γίνεται αναφορά στο φαινόμενο Doppler για το λόγο ότι χρησιμοποιείται στη μέτρηση με Radar.

Τέλος στο κεφάλαιο 7 αναφέρεται η περιστροφική ταχύτητα και τα είδη αισθητήρων που χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση της. Αυτά είναι ο ανακλαστικός αισθητήρας, οι κωδικοποιητές και οι μαγνητικοί αισθητήρες.

## ABSTRACT

The purpose of this study is the analysis and understanding of the measurement speed sensors. Generally we should know that a sensor is a device that measures a physical quantity and converts it into a signal which can be read by an average medium (e.g computer) or an observer. The sensors are divided into three main categories. Analog, digital and finally the binary sensors.

The first chapter is an extensive reference to the types of sensors mentioned above and in passive and active sensors. It is important to know the basic principles and terminology sensors, such as what controls the closed and open loop but what is meant by absolute measurements, local indication and specifications. All are listed in Chapter 2.

The characteristics of sensors are very important and this depends on the choice of sensor will use in each process. Features such as accuracy, the dead zone, hysteresis, linearity, reliability, tolerance and all other features are given in Chapter 3. In Chapter 4 we present some speed sensors such as optical devices, ultrasonic devices, are reluctant variables and appliances phenomenon Hall. Also made extensive reference to measure the phenomenon using Hall. Also made extensive reference to measure the phenomenon using Hall.

Chapter 4 refers to the angular velocity and measurements with various sensors. Sensors such as gyroscope, the linear velocity transducer (LVT), the tachogennitria and speedometer. Chapter 6 deals with linear velocity and a measurement from different sensors, such as a linear potentiometer, the electromagnetic linear velocity transducer, measured using Radar and the linear variable differential transformer (LVDT). Also refers to the Doppler effect on the ground that used to measure the Radar.

Finally in Chapter 7 deals with the rotational speed and types of sensors used for measuring. This is reflective sensors, encoders and magnetic sensors.

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

## 1.1 ΓΕΝΙΚΑ ΓΙΑ ΤΟΥΣ ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ <sup>1</sup>

Οι αισθητήρες μπορεί να είναι ξεχωριστές συσκευές οι πολύπλοκες κατασκευές, αλλά όποια και αν είναι η μορφή τους επιτελούν όλοι στην ίδια βασική λειτουργία, που είναι η ανίχνευση ενός σήματος ή μιας διέγερσης και η παραγωγή μιας μετρήσιμης εξόδου. Στη συνέχεια θα εξεταστούν διάφορες μορφές αισθητήρων που είναι σχεδιασμένοι για να μετρούν διάφορες φυσικές παραμέτρους και στη συγκεκριμένη περίπτωση την ταχύτητα.

Οι αισθητήρες ανιχνεύουν διάφορες φυσικές παραμέτρους και η αξιοποίηση αυτών των παραμέτρων από εμάς καθιστά τους αισθητήρες πολύτιμους. Υπάρχουν δύο ξεχωριστές περιοχές που χρησιμοποιείται η τεχνολογία των αισθητήρων: α) η συλλογή πληροφορίας και β) ο έλεγχος συστημάτων.

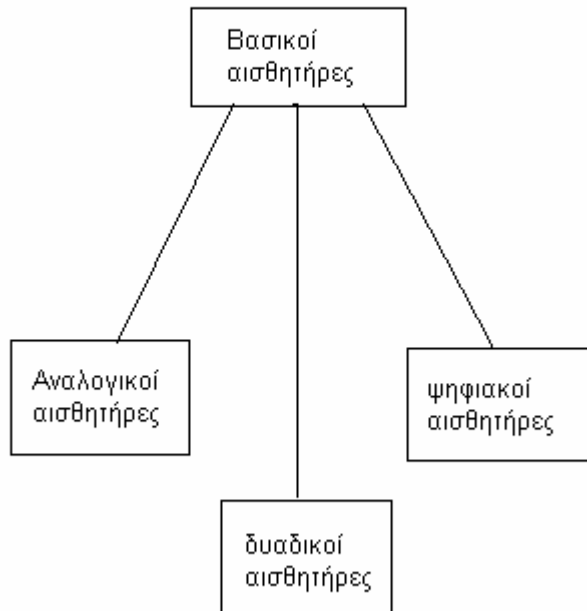
Οι ανιχνευτές που χρησιμοποιούνται για τη συλλογή πληροφορίας παρέχουν δεδομένα με σκοπό την παρουσίασή τους, έτσι ώστε να είναι διαρκώς κατανοητή η τρέχουσα κατάσταση των παραμέτρων ενός συστήματος, όπως είναι για παράδειγμα ο ανιχνευτής ταχύτητας και το ταχύμετρο ενός αυτοκινήτου.

Επίσης μπορεί να χρησιμοποιούνται για να καταγράφουν και να παρέχουν μια εικόνα της εξέλιξης των παραμέτρων του συστήματος, όπως είναι ο ταχογράφος που χρησιμοποιείται στα φορτηγά και καταγράφει τη χρονική εξέλιξη της ταχύτητας.

Οι αισθητήρες που χρησιμοποιούνται στα συστήματα ελέγχου συνήθως δεν διαφέρουν από αυτούς που χρησιμοποιούνται για τη συλλογή πληροφορίας, αυτό που διαφέρει είναι ο τρόπος αξιοποίησης της πληροφορίας αυτής. Σε ένα σύστημα ελέγχου το σήμα από τον αισθητήρα τροφοδοτεί έναν ελεγκτή, ο οποίος παράγει μία έξοδο που ρυθμίζει την τιμή της μετρούμενης παραμέτρου. Για παράδειγμα, η πληροφορία που παρέχει ο αισθητήρας της ταχύτητας των τροχών σε ένα σύστημα αντιολίσθησης (ABS) χρησιμοποιείται για να ελέγχει την πίεση που ασκείται στα φρένα, ώστε οι τροχοί να μην ολισθαίνουν επάνω στο οδόστρωμα αλλά διαρκώς να κυλίσουν κατά τη διάρκεια του φρεναρίσματος.

Για τον έλεγχο, τη ρύθμιση, την παρακολούθηση και την ασφάλεια των μηχανών και των εγκαταστάσεων, καθώς επίσης και των διαδικασιών κατασκευής. Με τους αισθητήρες ανιχνεύονται δυνάμεις, ροπές, ταλαντώσεις, διαδρομές, γωνίες και ταχύτητες. Ανάλογα με το είδος των σημάτων εξόδου αυτών των αισθητήρων διακρίνονται σε αναλογικούς, δυαδικούς και ψηφιακούς (σχήμα 1).

## 1: αισθητήρια όργανα- μετρήσεις



Σχήμα 1.1

Οι αισθητήρες με ηλεκτρική έξοδο έχουν το πλεονέκτημα ότι το σήμα τους οδηγείται περαιτέρω και είναι επεξεργάσιμο από Η/Υ.

Η δομή τέτοιων αισθητήρων έχει τα εξής τμήματα:

- ❖ Μετατροπή σε ηλεκτρικά ανιχνευόμενα μεγέθη
- ❖ Μετατροπή σε ηλεκτρικό μέγεθος
- ❖ Σχηματισμός σήματος με ενίσχυση, γραμμοποίηση και διάταξη πομπού.

Ανάλογα προς τον τρόπο λειτουργίας κατά μετατροπή μη ηλεκτρικών μεγεθών διακρίνουμε τους αισθητήρες σε δύο κατηγορίες

*Τους ενεργούς αισθητήρες*

*Τους παθητικούς αισθητήρες*

Τα ενεργά αισθητήρια μετατρέπουν το μετρούμενο φυσικό μέγεθος σε αντίστοιχο ηλεκτρικό (ρεύμα, τάση, φορτίο), χωρίς να απαιτείται εξωτερική πηγή ενέργειας.

Στους παθητικούς αισθητήρες το μετρούμενο φυσικό μέγεθος μεταβάλλει την τιμή ενός παθητικού ηλεκτρικού μεγέθους, όπως της ωμικής αντίστασης, της αυτεπαγωγής ή της χωρητικότητας. Συνεπώς, για τη λήψη του ηλεκτρικού σήματος από τον αισθητήρα απαιτείται η τροφοδοσία του από μια εξωτερική πηγή.<sup>2</sup>

## 2: αισθητήρια όργανα- μετρήσεις

### 1.2 ΑΡΧΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΩΝ ΠΑΘΗΤΙΚΩΝ ΑΙΣΘΗΤΗΡΙΩΝ

Η λειτουργία των παθητικών αισθητηρίων στηρίζεται στη μεταβολή της ωμικής αντίστασης, της αυτεπαγωγής ή της χωρητικότητάς τους, ως συνέπεια της δράσης του μετρούμενου φυσικού μεγέθους. Το φυσικό μέγεθος προκαλεί τις παραπάνω μεταβολές επενεργώντας είτε στις διαστάσεις του υλικού του αισθητηρίου ή στις ηλεκτρικές ιδιότητες του υλικού.

Στην πρώτη περίπτωση το αισθητήριο περιλαμβάνει μια κινητή ή παραμορφώσιμη επιφάνεια, στην οποία επενεργεί το μετρούμενο μέγεθος. Τα αισθητήρια αυτής της κατηγορίας είναι κατάλληλα για τη μέτρηση της θέσης, της μετατόπισης, της δύναμης, της πίεσης κ.λ.π.

Στη δεύτερη περίπτωση το αισθητήριο αποτελείται από το κατάλληλο υλικό, κάποια από τις ηλεκτρικές ιδιότητες του οποίου (ειδική αντίσταση, διηλεκτρική σταθερά, μαγνητική διαπερατότητα) είναι ευαίσθητη στο μετρούμενο μέγεθος. Η μέτρηση της θερμοκρασίας, της φωτεινότητας, όπως και άλλων μεγεθών μπορεί να γίνει με αισθητήρια αυτής της κατηγορίας.<sup>3</sup>

### 3: Εισαγωγή στα συστήματα μέτρησης.

Οι αισθητήρες διακρίνονται σε δύο βασικές κατηγορίες ανάλογα με το είδος του ηλεκτρικού σήματος που παρέχουν στην έξοδό τους .

*Αισθητήρες αναλογικής εξόδου:* Το σήμα στην έξοδο είναι αναλογικό με την έννοια του συνεχούς. Το μέγεθος της μετρούμενης μεταβλητής είναι ανάλογο του πλάτους της τάσης που δίνει το αισθητήριο. Βασικό τους μειονέκτημα είναι το γεγονός ότι το ηλεκτρικό σήμα που δίνουν μπορεί να αλλοιωθεί από τον θόρυβο. Συνεπώς θα έχουμε σφάλμα στη μέτρηση.

*Αισθητήρες ψηφιακής εξόδου:* Το σήμα στην έξοδο είναι ψηφιακό, δηλαδή παίρνει διακριτές τιμές. Η πληροφορία για το μέγεθος του μετρούμενου μεγέθους είναι υπό μορφή δυαδικού αριθμού ή παλμών σειράς. Στην περίπτωση αυτή η μέτρηση δεν αλλοιώνεται τόσο εύκολα.<sup>4</sup>

### 4: Αισθητήρια όργανα – Μετρήσεις.



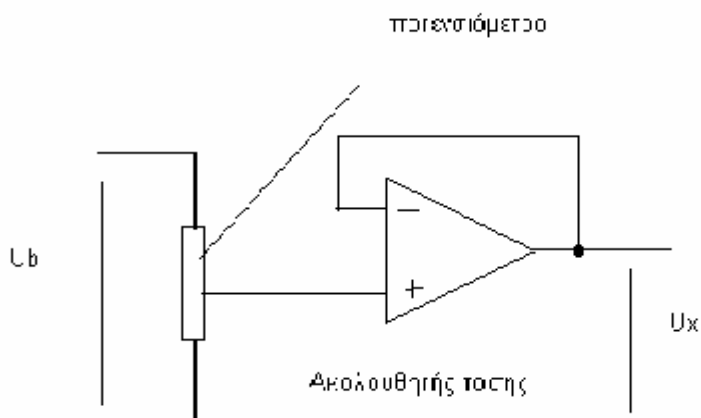
### 1.3 ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ ΔΙΑΔΡΟΜΗΣ, ΓΩΝΙΑΣ ΚΑΙ ΑΠΟΣΤΑΣΗΣ

#### ΠΟΤΕΝΣΙΟΜΕΤΡΑ

Μέσω ολίσθησης του δρομέα σε ένα ποτενσιόμετρο με ευθύγραμμη κίνηση δρομέα ή με την περιστροφή του δρομέα σε ποτενσιόμετρο κυκλικής κίνησης δρομέα, μεταβάλλεται η αντίσταση του ποτενσιόμετρου. Αν το ποτενσιόμετρο κατέχει θέση διαιρέτη τάσης, λαμβάνεται στον ακροδέκτη εξόδου ένα σήμα τάσης  $U_x$ , το οποίο είναι ανάλογο της θέσης του δρομέα  $x$ , συνεπώς και της διαδρομής ή της γωνίας περιστροφής του άξονά του.

Αν δεν συνδεθεί φορτίο στο ποτενσιόμετρο ή αν συνδεθεί ελάχιστο φορτίο, π.χ. αν συνδεθεί ένα ψηφιακό βολτόμετρο ή ένας οργανολογικός ενισχυτής, τότε το αποδιδόμενο σήμα τάσης θα είναι ανάλογο με τη διαδρομή ολίσθησης ή με τη γωνία περιστροφής. Όταν συνδεθεί φορτίο, τότε παύει να είναι ευθύγραμμη η μεταξύ δρόμου και σήματος αισθητήρα σχέση.

Μεταξύ της τάσης εξόδου του ποτενσιόμετρου  $U_x$  και της επόμενης βαθμίδας μεσολαβεί ένας *ακολουθητής τάσης* (σχήμα 2), οπότε το ποτενσιόμετρο θεωρείται χωρίς φορτίο.



Σχήμα 1.2

Τα ποτενσιόμετρα που προορίζονται για μετρήσεις έχουν μια επίστρωση αντίστασης από αγωγίμο συνθετικό υλικό. Το υλικό αυτό δεν τρίβεται εύκολα και παρέχει τη δυνατότητα για 108 μετακινήσεις δρομέα. Ο δρομέας κατασκευάζεται από ευγενές μέταλλο με πολλαπλό επαφά και έχει σύστημα απορρόφησης κραδασμών από ελαστομερές υλικό.<sup>5</sup>

#### 1.4 ΠΟΤΕΝΣΙΟΜΕΤΡΙΚΟΙ ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ ΧΩΡΙΣ ΔΑΚΤΥΛΙΟΥΣ ΜΕ ΠΛΑΚΑ ΠΕΔΙΟΥ

Ποτενσιόμετρα χωρίς δακτυλίους έχουν ως στοιχείο αντίστασης ένα στοιχείο πλάκας διαφορικού πεδίου. Οι πλάκες πεδίου είναι πολύ μικρά ημιαγώγιμα στοιχεία των οποίων η αντίσταση αυξάνει με την αύξηση του διαρεύματος\*. Στους αισθητήρες διανύσματος γωνίας περιστροφής χρησιμοποιούνται δύο πλάκες πεδίου που βρίσκονται μέσα στο πεδίο ενός μικρού μόνιμου μαγνήτη.

Οι πλάκες πεδίου – περιστρεφόμενου ποτενσιόμετρου χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση ταλαντώσεων και για την ανίχνευση της θέσης σε κυλίνδρους με « χορευτή», ως δότη γωνίας στροφής, σε ελέγχους και στο πεντάλ πέδησης και οδήγησης ηλεκτροκίνητων οχημάτων.

\*: διάρευμα : μαγνητεγερτική δύναμη, αμπεροστροφές<sup>6</sup>

#### 1.5 ΕΠΑΓΩΓΙΚΟΣ ΑΙΣΘΗΤΗΡΑΣ ΔΙΑΔΡΟΜΗΣ (FLDT)- ΤΑΧΥΣ ΓΡΑΜΜΙΚΟΣ ΑΝΙΧΝΕΥΤΗΣ ΑΠΟΣΤΑΣΗΣ

Το αισθητήριο FLDT αποτελείται από ένα κυλινδρικό πηνίο μιας στρώσης μ' ένα εξωτερικό μανδύα από φερρίτη κατασκευασμένο σε έναν κάλυκα από ανοξείδωτο χάλυβα. Στο πηνίο καταδύει ένας κινητός σωλήνας αλουμινίου με τοίχωμα 1 mm περίπου. Το πηνίο λειτουργεί με μια πηγή εναλλασσόμενου σταθερού ρεύματος με συχνότητα περίπου 100 kHz. Το παραγόμενο υψηλής συχνότητας μαγνητικό πεδίο δεν μπορεί να εισχωρήσει στον πυρήνα, εξαιτίας των δινορευμάτων που παράγονται στο αλουμίνιο, έτσι η επαγωγή του πηνίου προκύπτει μόνο από το τμήμα του πηνίου το οποίο βρίσκεται στο μαγνητικό πεδίο. Μία μετατόπιση του πυρήνα του αλουμινίου προκαλεί επομένως μεταβολή της επαγωγικής αντίστασης  $\omega L_x$ . Επειδή το πηνίο λειτουργεί με σταθερό ρεύμα, η πτώση τάσης στο πηνίο αποτελεί ταυτόχρονα το σήμα αισθητήρα. Αυτό πρέπει για την ένδειξη να ανακοινωθεί και να φιλτραριστεί. Η γραμμικότητα του FLDT είναι καλύτερη από 0.2%.<sup>7</sup>

- 5: τεχνολογία αυτοματισμών
- 6: τεχνολογία αυτοματισμών
- 7: τεχνολογία αυτοματισμών

## 1.6 ΕΠΑΓΩΓΙΚΟΣ ΑΙΣΘΗΤΗΡΑΣ

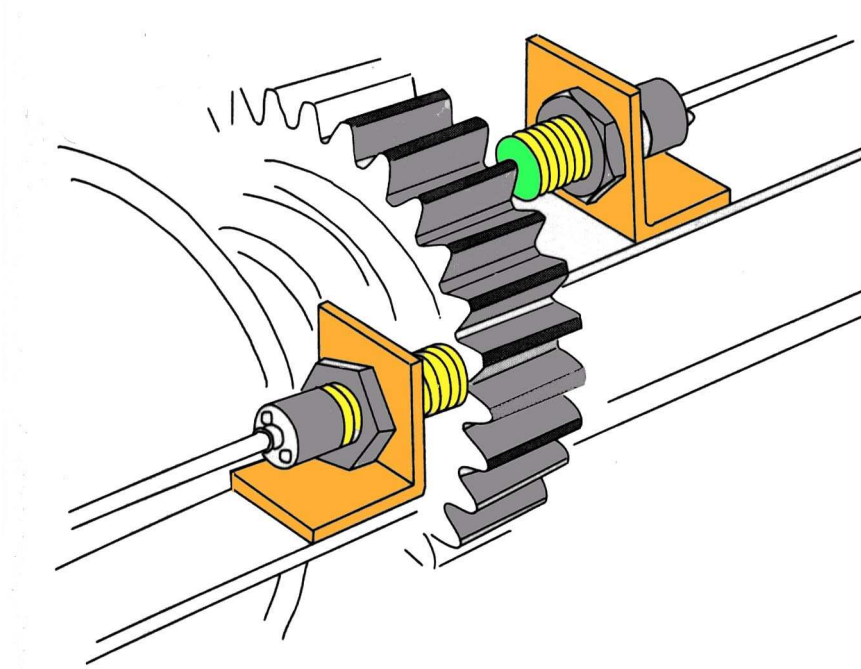


Σχήμα 1.3

Ο επαγωγικός αισθητήρας προσέγγισης είναι ο περισσότερο διαδεδομένος τύπος αισθητήρα. Όταν παρουσιαστεί μπροστά από την ενεργό επιφάνειά του, κάποιο μεταλλικό αντικείμενο, τότε η έξοδος του αλλάζει κατάσταση. Αυτήν την ιδιότητα του επαγωγικού αισθητήρα την εκμεταλλευόμαστε σε διάφορες εφαρμογές.

### Αρχή Λειτουργίας

Όταν τροφοδοτηθεί με ρεύμα ο επαγωγικός αισθητήρας, τότε δημιουργείται εναλλασσόμενο μαγνητικό πεδίο, μπροστά από την ενεργό επιφάνειά του. Αν εισέλθει μέσα στο μαγνητικό αυτό πεδίο, κάποιο μεταλλικό αντικείμενο (σίδηρο, αλουμίνιο, χαλκός κτλ), τότε προκαλείται ισχυρή απόσβεση της ταλάντωσης, αντιστρέφεται η έξοδος του κυκλώματος σκανδάλης και αλλάζει η κατάσταση της εξόδου του αισθητήρα



Σχήμα 1.4

Έλεγχος ταχύτητας οδοντωτού τροχού και διεύθυνσης περιστροφής.

## 1.7 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΕΠΑΓΩΓΙΚΟΥ ΑΙΣΘΗΤΗΡΑ

Πιο κάτω αναφέρονται ορισμένα βασικά χαρακτηριστικά των επαγωγικών αισθητήρων, τα οποία πρέπει να γνωρίζουμε, για να επιλέξουμε τον κατάλληλο αισθητήρα για κάθε περίπτωση:

- ❖ Τάση λειτουργίας
- ❖ Απόσταση αίσθησης
- ❖ Διαστάσεις
- ❖ Κατάσταση εξόδου στη θέση ηρεμίας.

Επιπρόσθετα, το κύκλωμα του επαγωγικού αισθητήρα μπορεί να παρουσιάζει τις ακόλουθες θετικές ιδιότητες:

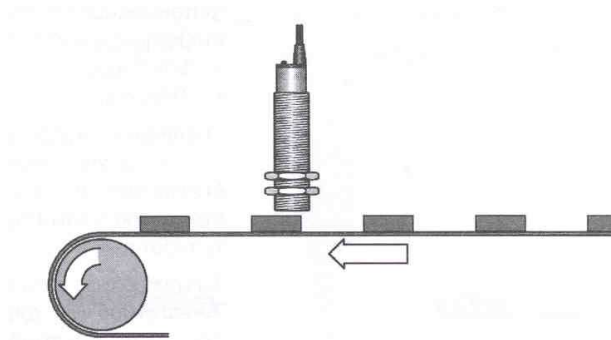
- ❖ Προστασία από ανάστροφη πόλωση
- ❖ Προστασία από βραχυκύκλωμα
- ❖ Προστασία από στιγμιαίες υπερτάσεις.

Γενικά, οι επαγωγικοί αισθητήρες έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής και δε χρειάζονται συντήρηση. Μπορούν να τοποθετηθούν και σε αντίξοες συνθήκες λειτουργίας, όπως είναι η παρουσία υγρών, σκόνης, δονήσεων κτλ.<sup>8</sup>

8: <http://mtee.net>

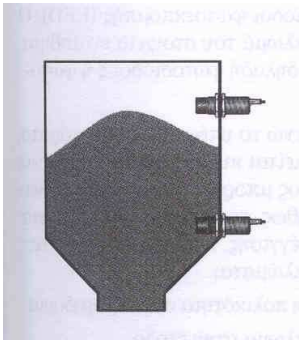
## 1.8 Χωρητικός Αισθητήρας Προσέγγισης

Ο χωρητικός αισθητήρας προσέγγισης, βασίζει την αρχή λειτουργίας του, στην αλλαγή της χωρητικότητας πυκνωτή σε ένα κύκλωμα ταλάντωσης RC, όταν πλησιάσει την ενεργό επιφάνεια του αισθητήρα ένα **οποιοδήποτε αντικείμενο**.



Σχήμα 1.5

Ο χωρητικός αισθητήρας χρησιμοποιείται για τη μέτρηση αντικειμένων



Σχήμα 1.6

Οι χωρητικοί αισθητήρες ελέγχουν το γέμισμα του σιλό

Τα χαρακτηριστικά του χωρητικού αισθητήρα είναι τα ίδια με αυτά του επαγωγικού αισθητήρα.<sup>9</sup>

9: <http://mtee.net>

## 1.9 ΜΑΓΝΗΤΙΚΟΣ ΑΙΣΘΗΤΗΡΑΣ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ

Ένα μαγνητικό αισθητήριο ταχύτητας χρησιμοποιεί ένα μαγνητικό πεδίο στο αίσθημα της προσέγγισης των σιδηρούχων μετάλλων του στόχου. Το μαγνητικό αισθητήριο ταχύτητας ανιχνεύει την παρουσία ή την απουσία του στόχου. Το πλάτος του σήματος θα διαφοροποιείται ανάλογα με το πόσο γρήγορα κινείται ο στόχος.

Υπάρχουν πολλές διαφορετικές τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται για ένα μαγνητικό αισθητήρα ταχύτητας. Το πιο βασικό είναι το μεταβλητό απρόθυμο αισθητήριο ταχύτητας το οποίο παρέχει ένα ημιτονοειδές σήμα εξόδου. Ωστόσο, υπάρχει μια σειρά από επιλογές που χρησιμοποιούν πιο εξελιγμένες τεχνολογίες, όπως ένα ενισχυμένο μαγνητικό αισθητήρα ταχύτητας, ένα φαινόμενο Hall ή ένα magnetoresistive αισθητήριο, το οποίο παρέχει στο χρήστη ένα ψηφιακό τετραγωνικό σήμα εξόδου.

### *ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ*

Το σήμα εξόδου του μαγνητικού αισθητήρα ταχύτητας προκαλείται από τη διέγερση του πηνίου του επαγωγικού με στόχο τη διέλευση. Ο σιδηρούχος ενεργοποιητής κινείται πέρα από το μαγνητικό αισθητήρα, διεγείρει μια τάση στο πηνίο και παράγει ένα ηλεκτρικό αναλογικό σήμα. Η συχνότητα και η τάση του αναλογικού σήματος είναι ανάλογη της ταχύτητας του ενεργοποιητή. Κάθε φορά που διακόπτεται η επαφή με το στόχο προκαλεί το μαγνητικό αισθητήρα για να παράγει ένα παλμό.<sup>10</sup>

10: <http://mtee.net>

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

### 2.1 ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΚΑΙ ΟΡΟΛΟΓΙΑ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ <sup>1</sup>

Σε αυτό το κεφάλαιο θα αναφερθούμε στην έννοια των αισθητήρων για τα συστήματα μέτρησης και ελέγχου, επίσης θα αναφερθούμε στην ορολογία που χρησιμοποιείται. Οι αισθητήρες και τα συστήματα αισθητήρων μπορεί να είναι μηχανικά, ηλεκτρικά ή και τα δύο μαζί. Εκτελούν εργασίες όπως είναι ο έλεγχος των διαστάσεων ενός αντικειμένου σε μια γραμμή παραγωγής, ο έλεγχος ενός σταθμού ηλεκτροπαραγωγής, ο έλεγχος της στάθμης του νερού στο οικιακό πλυντήριο και η απεικόνιση της ταχύτητας του αυτοκινήτου.

Οι όροι αισθητήρας (sensor) και μετατροπέας (transducer) έχουν παρόμοια αλλά ελαφρά διαφορετική σημασία και συχνά προκαλείται σύγχυση ανάμεσά τους. Ο μετατροπέας είναι οποιαδήποτε συσκευή που μετασχηματίζει μια μορφή ενέργειας σε μια άλλη. Ο αισθητήρας λοιπόν είναι ένας μετατροπέας αλλά δεν είναι όλοι οι μετατροπείς οπωσδήποτε αισθητήρες. Ένα παράδειγμα μετατροπέα είναι ο οικιακός λαμπτήρας πυρακτώσεως επειδή μετατρέπει την ηλεκτρική ενέργεια που δέχεται σε φωτεινή ενέργεια και θερμότητα.

#### ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ

Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται ένα βασικό σύστημα αισθητήρα με τη μορφή ενός διαγράμματος ροής.

Είσοδος → Διαδικασία → Έξοδος

Σχήμα 2.1

Τις εφαρμογές των αισθητήρων τις κατατάσσουμε συνήθως σε τρεις κατηγορίες συστημάτων: α) συστήματα μέτρησης, β) συστήματα ελέγχου κλειστού βρόγχου και γ) συστήματα ελέγχου ανοικτού βρόγχου.

#### ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ

Ένα σύστημα μέτρησης εμφανίζει ή καταγράφει μια που αντιστοιχεί στη μεταβλητή που μετρά, η οποία αποτελεί την ποσότητα εισόδου. Τα συστήματα μέτρησης δεν αντιδρούν στην τιμή της ποσότητας εισόδου, παρά μόνο την εμφανίζουν με έναν τρόπο που είναι κατανοητός από τον χρήστη. Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται ένα σύστημα μέτρησης.

Ποσότητα εισόδου → Διαδικασία μέτρησης → Ποσοτική έξοδος

Σχήμα 2.2

### ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΑΝΟΙΚΤΟΥ ΒΡΟΓΧΟΥ

Τα συστήματα ελέγχου ανοικτού και κλειστού βρόγχου έχουν σκοπό τη διατήρηση μίας μεταβλητής σε κάποια προκαθορισμένη τιμή. Τα συστήματα ελέγχου περιλαμβάνουν συστήματα μέτρησης, αλλά, σε αντίθεση με τα συστήματα μέτρησης, η έξοδος ενός συστήματος ελέγχου ρυθμίζει κάποια παράμετρο, η τιμή της οποίας δεν εμφανίζεται οπωσδήποτε στον χρήστη. Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται ένα σύστημα ελέγχου ανοικτού βρόγχου.

Σήμα εισόδου → Ελεγκτής → Σύστημα υπό έλεγχο → Σήμα εξόδου

↑  
Παροχή ενέργειας

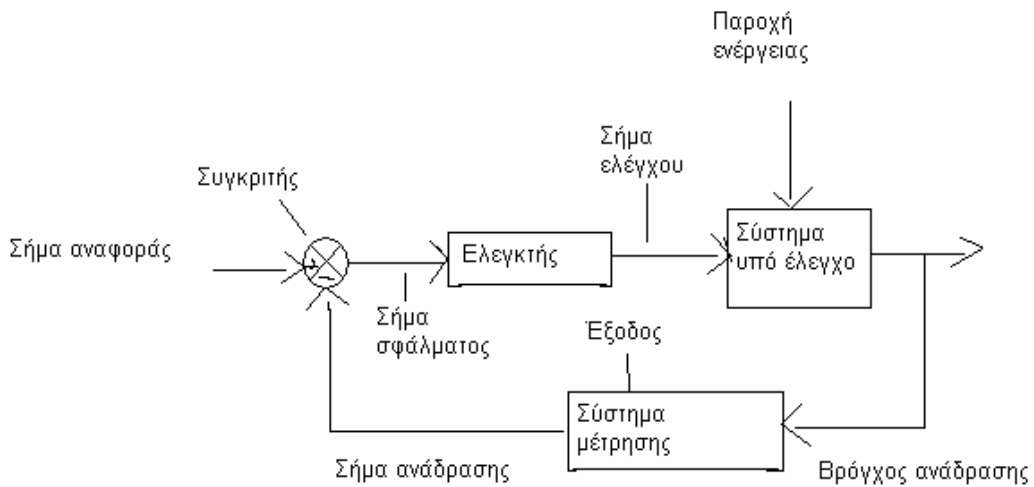
Σχήμα 2.3

Η βάση ενός τέτοιου συστήματος είναι ότι αυτό ελέγχεται από ένα σήμα που έχει προκαθορισμένη τιμή. Αυτή η προκαθορισμένη τιμή θεωρεί ότι ο απαιτούμενος έλεγχος μπορεί να πραγματοποιείται χωρίς να μετριέται η επίδραση της εξόδου του συστήματος στην παράμετρο που πρέπει να ελέγχεται. Η προκαθορισμένη τιμή δεν θα αλλάξει ακόμα και αν αλλάξουν άλλοι παράγοντες και επομένως καταστήσουν την έξοδο του συστήματος ανακριβή. Τα συστήματα ελέγχου ανοικτού βρόγχου είναι γενικά απλά στη σχεδίαση και οικονομικά στην κατασκευή, βέβαια μπορεί να μην είναι αποδοτικά και να απαιτούν τη συχνή παρέμβαση του χειριστή.

### ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΚΛΕΙΣΤΟΥ ΒΡΟΓΧΟΥ

Σε ένα σύστημα ελέγχου κλειστού βρόγχου η κατάσταση εξόδου επηρεάζει άμεσα την κατάσταση της εισόδου. Ένα τέτοιο σύστημα μετρά την τιμή της ελεγχόμενης παραμέτρου στην έξοδο του συστήματος και την συγκρίνει με την επιθυμητή τιμή. Άρα η πραγματική τιμή συγκρίνεται με την επιθυμητή τιμή και η διαφορά των δύο αυτών τιμών ονομάζεται σφάλμα (error). Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται το διάγραμμα ενός συστήματος ελέγχου κλειστού βρόγχου.





Σχήμα 2.4

Σύμφωνα με το παραπάνω διάγραμμα η επιθυμητή τιμή ονομάζεται σήμα αναφοράς. Αυτή η τιμή συγκρίνεται με το σήμα από τη συσκευή μέτρησης που ονομάζεται σήμα ανάδρασης. Η διαφορά ανάμεσα στο σήμα αναφοράς και στο σήμα ανάδρασης είναι γνωστή ως σήμα σφάλματος. Στη συνέχεια το σήμα σφάλματος τροποποιείται έτσι ώστε να ρυθμίζεται η απόδοση του συστήματος.

1: αισθητήρια όργανα- μετρήσεις

## 2.2 ΟΡΟΛΟΓΙΑ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ<sup>2</sup>

Μερικοί από τους όρους που χρησιμοποιούνται στα συστήματα μέτρησης και ελέγχου με αισθητήρες μπορεί να είναι άγνωστοι στο ευρύ κοινό. Κάποιοι από τους ορισμούς μπορεί να έχουν διαφορετικές σημασίες σε άλλα πεδία. Για να γίνουν λοιπόν κατανοητοί οι διάφοροι όροι που χρησιμοποιούνται αναλύονται στη συνέχεια.

### **2.2.1 ΑΠΟΛΥΤΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ**

Η απόλυτη μέτρηση χρησιμοποιεί κλίμακες μέτρησης που βασίζονται στις βασικές μονάδες ενός συστήματος. Σχετίζεται με την κατάσταση, στην οποία ένα σύστημα δεν περιέχει καμία από τις μεταβλητές που μετρούνται. Η έννοια αυτή είναι αντίθετη με την έννοια των αυθαίρετων κλιμάκων, στις οποίες οι τιμές αναφέρονται σε μία προκαθορισμένη αριθμητική τιμή.

### **2.2.2 ΡΥΘΜΙΣΜΕΝΟ ΣΗΜΑ**

Ένα ρυθμισμένο σήμα είναι η έξοδος ενός αισθητήρα, η οποία έχει υποστεί κατάλληλη τροποποίηση ώστε να μπορεί να γίνει κατανοητή από μια συσκευή απεικόνισης ή καταγραφής, μία συσκευή ελέγχου ή οποιαδήποτε άλλη συσκευή.

### **2.2.3 ΗΛΕΚΤΡΕΓΕΡΤΙΚΗ ΔΥΝΑΜΗ (ΗΕΔ)**

Ηλεκτρεγερτική δύναμη ονομάζεται η πηγή ενέργειας που προκαλεί τη ροή ρεύματος σε μία ηλεκτρική συσκευή ή σε ένα ηλεκτρικό κύκλωμα. Αποτελεί το ρυθμό με τον οποίο λαμβάνει η ενέργεια από αυτήν τη συσκευή όταν ρέει το ρεύμα. Η ΗΕΔ μετριέται σε volt.

### **2.2.4 ΡΕΥΣΤΟ**

Εξ' ορισμού ένα ρευστό είναι οποιαδήποτε ουσία μπορεί να ρέει. Ρευστά είναι συνήθως τα αέρια και τα υγρά, αλλά και κάποιες κατηγορίες στερεών υλικών, όπως είναι η άμμος. Δεν έχουν συγκεκριμένο σχήμα και εμφανίζουν μικρή αντίσταση στη μηχανική τάση.

### **2.2.5 ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΟ ΚΥΚΛΩΜΑ**

Ένα ολοκληρωμένο κύκλωμα είναι ένα ηλεκτρονικό κύκλωμα που κατασκευάζεται επάνω σε ένα δισκίο κάποιου ημιαγωγού υλικού, το οποίο δεν μπορεί να διαχωριστεί σε επιμέρους τμήματα.

### **2.2.6 ΔΙΑΣΥΝΔΕΣΗ**

Η σύνδεση δύο ηλεκτρονικών συσκευών με τη σχεδίαση ή προσαρμογή των εισόδων και των εξόδων τους, ώστε να συνεργάζονται, ονομάζεται διασύνδεση.

### **2.2.7 ΤΟΠΙΚΗ ΕΝΔΕΙΞΗ**

Όταν ένας αισθητήρας παρέχει ένδειξη κοντά στο σημείο μέτρησης τότε λέμε ότι λαμβάνουμε μία τοπική ένδειξη της εξόδου του αισθητήρα.

### **2.2.8 ΜΕΤΡΟΥΜΕΝΗ ΠΟΣΟΤΗΤΑ**

Μετρούμενη ποσότητα ονομάζεται η είσοδος του συστήματος μέτρησης, δηλαδή η ποσότητα ή παράμετρος που πρόκειται να μετρηθεί.

### **2.2.9 ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΣ ΘΟΡΥΒΟΣ**

Ηλεκτρικός θόρυβος ονομάζεται η παρουσία ανεπιθύμητων ηλεκτρικών σημάτων. Αυτά μπορεί να αποκρύψουν ή να αλλοιώσουν το σήμα το οποίο μεταφέρει χρήσιμη πληροφορία, όπως είναι η έξοδος ενός αισθητήρα ή το σήμα σφάλματος.

### **2.2.10 ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ**

Παράμετρος ονομάζεται μία μεταβλητή ποσότητα με καθορισμένα όρια.

### **2.2.11 ΑΚΡΟΔΕΚΤΗΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ**

Ακροδέκτης μέτρησης ονομάζεται μία συσκευή η οποία ενώνει έναν αισθητήρα ή οθόνη εμφάνισης με τη μετρούμενη ποσότητα ή ένα ηλεκτρικό κύκλωμα.

### **2.2.12 ΕΝΔΕΙΞΗ ΑΠΟ ΑΠΟΣΤΑΣΗ**

Όταν η ένδειξη ενός αισθητήρα μπορεί να αναγνωσθεί από απόσταση, δηλαδή το σημείο ανάγνωσης είναι μακριά από το σημείο μέτρησης, τότε λέμε ότι η ένδειξη που παρέχεται είναι από απόσταση.

### **2.2.13 ΗΜΙΑΓΩΓΟΣ**

Οι ημιαγωγοί είναι υλικά τα οποία από την πλευρά των ηλεκτρικών ιδιοτήτων ευρίσκονται ανάμεσα στα μέταλλα και τους μονωτές. Τα σύγχρονα ολοκληρωμένα κυκλώματα και οι υπολογιστές στηρίζονται σε συσκευές που έχουν ως βάση ημιαγωγούς.

### **2.2.14 ΜΟΝΑΔΕΣ ΔΙΕΘΝΟΥΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ**

Οι μονάδες διεθνούς συστήματος είναι οι θεμελιώδεις μονάδες μετρήσεων, οι οποίες χρησιμοποιούνται παγκόσμια μετά από διεθνή συμφωνία, για να διασφαλίζεται η επιστημονική και τεχνική συμβατότητα. Το διεθνές σύστημα μονάδων χρησιμοποιεί τις μονάδες καθαυτές, καθώς και γινόμενα και πηλίκα αυτών.

### **2.2.15 ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ**

Οι προδιαγραφές μιας συσκευής είναι η τεχνική περιγραφή των χαρακτηριστικών, της κατασκευής και της απόδοσής της, καθώς και κάθε άλλης σχετικής πληροφορίας.

### **2.2.16 ΜΕΤΑΒΛΗΤΗ**

Στο πεδίο των αισθητήρων και των συστημάτων μέτρησης, ως μεταβλητή μπορεί να θεωρηθεί οτιδήποτε, συνήθως μία φυσική ή μία μετρούμενη ποσότητα που μπορεί να λάβει διαφορετικές τιμές.

2: αισθητήρια όργανα- μετρήσεις

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

### 3.1 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ<sup>1</sup>

Η επιλογή κάποιου αισθητήρα για ένα σύστημα μέτρησης ή ένα σύστημα ελέγχου εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, όπως είναι το κόστος, η διαθεσιμότητα και οι περιβαλλοντικοί παράγοντες που επηρεάζουν ένα αισθητήρα. Όταν επιλέγουμε έναν αισθητήρα είναι σημαντικό να προσαρμόζονται τα χαρακτηριστικά του στην ποιότητα της εξόδου που απαιτούμε να λαμβάνουμε.

Όπως και στην ορολογία των αισθητήρων που αναφερθήκαμε παραπάνω, έτσι και στα χαρακτηριστικά τους, είναι σημαντικό να έχουμε μια βασική κατανόηση. Τα χαρακτηριστικά που ακολουθούν στη συνέχεια μπορούν να εφαρμόζονται στο όλο σύστημα μέτρησης και σε όλα τα επιμέρους τμήματα ενός συστήματος μέτρησης, περιλαμβάνοντας τον αισθητήρα, τη μονάδα ρύθμισης του σήματος και τη συσκευή εμφάνισης ή καταγραφής. Υπάρχουν διαφορετικοί τρόποι για να τα εκφράζουμε, αλλά συνήθως αναφέρονται ως ποσοστά ή ως μέγιστη ή ελάχιστη τιμή, ανάλογα με τη μορφή του συστήματος, τη μετρούμενη ποσότητα και την επιθυμία του κατασκευαστή.

#### 3.1.1 ΑΚΡΙΒΕΙΑ

Η ακρίβεια μίας συσκευής ή ενός συστήματος είναι ο βαθμός στον οποίο η τιμή την οποία δημιουργεί μπορεί να είναι εσφαλμένη ή αλλιώς το μέγιστο σφάλμα που μπορεί να παράγει. Στην περίπτωση ενός αισθητήρα είναι η εγγύτητα της τιμής εξόδου προς τη μετρούμενη τιμή. Στην πράξη κάθε συσκευή παράγει κάποιο σφάλμα, οσοδήποτε μικρό και έχει κάποιον πεπερασμένο αριθμό ακρίβειας. Αυτή μπορεί να εκφραστεί ως προς τις μονάδες της μετρούμενης ποσότητας. Η ακρίβεια μπορεί να εκφραστεί ως το επί τοις εκατό σφάλμα ως προς το εύρος μέτρησης της συσκευής.

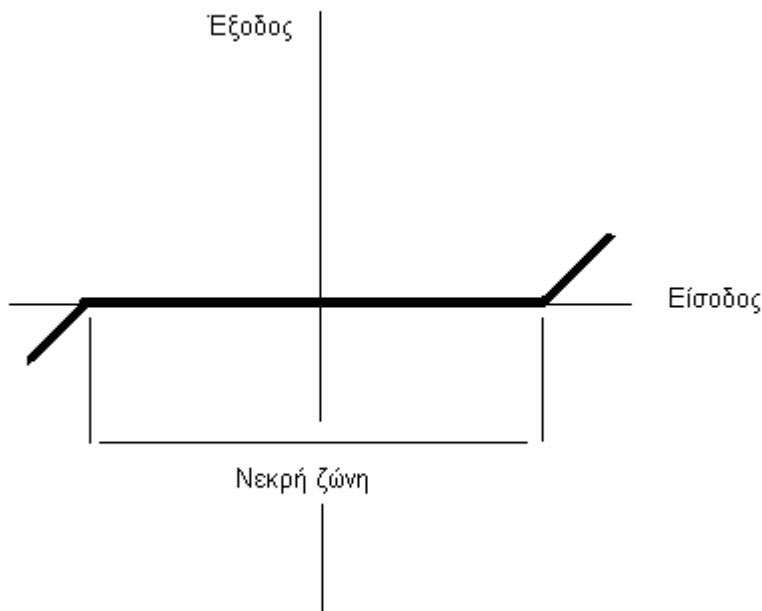
#### 3.1.2 ΒΑΘΜΟΝΟΜΗΣΗ

Η έννοια της βαθμονόμησης μιας συσκευής αναφέρεται στις μονάδες, στις οποίες βαθμολογείται η κλίμακα εμφάνισης ή καταγραφής ενός οργάνου. Για παράδειγμα, ένα είδος αισθητήρα που μετρά την ταχύτητα ενός οχήματος παράγει μία ηλεκτρική έξοδο. Το μέγεθος της τάσης είναι ανάλογο της ταχύτητας του οχήματος. Ο δείκτης του ταχύμετρου κινείται ανάλογα με την τάση που

εφαρμόζεται σε αυτόν, αλλά η θέση του χαρακτηρίζεται από κάποια τιμή ταχύτητας και όχι κάποια τιμή τάσης. Άρα λέμε ότι το ταχύμετρο βαθμονομείται ως προς την ταχύτητα.

### 3.1.3 ΝΕΚΡΗ ΖΩΝΗ

Όταν οι προδιαγραφές αναφέρονται σε μία νεκρή ζώνη, αυτή δηλώνει το μέγιστο ποσό αλλαγής της μετρούμενης ποσότητας που δεν προκαλεί αλλαγή στην έξοδο ή αλλιώς το εύρος τιμών εισόδου που δεν προκαλεί εμφάνιση κάποιας εξόδου. Οι νεκρές ζώνες προκύπτουν λόγω στατικής τριβής ή υστέρησης. Στο παρακάτω σχήμα φαίνονται τα χαρακτηριστικά μίας νεκρής ζώνης.



Σχήμα 3.1

Δεν είναι απαραίτητο να υπάρχει νεκρή ζώνη καθ' όλο το εύρος ενός οργάνου και συχνά οι υπολογίσιμες νεκρές ζώνες εμφανίζονται κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες.

### 3.1.4 ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ

Οι διαστάσεις ενός αισθητήρα ή ενός συστήματος μέτρησης είναι το μέτρο του φυσικού του μεγέθους και αναγράφονται σχεδόν πάντα στις προδιαγραφές του.

### **3.1.5 ΟΛΙΣΘΗΣΗ**

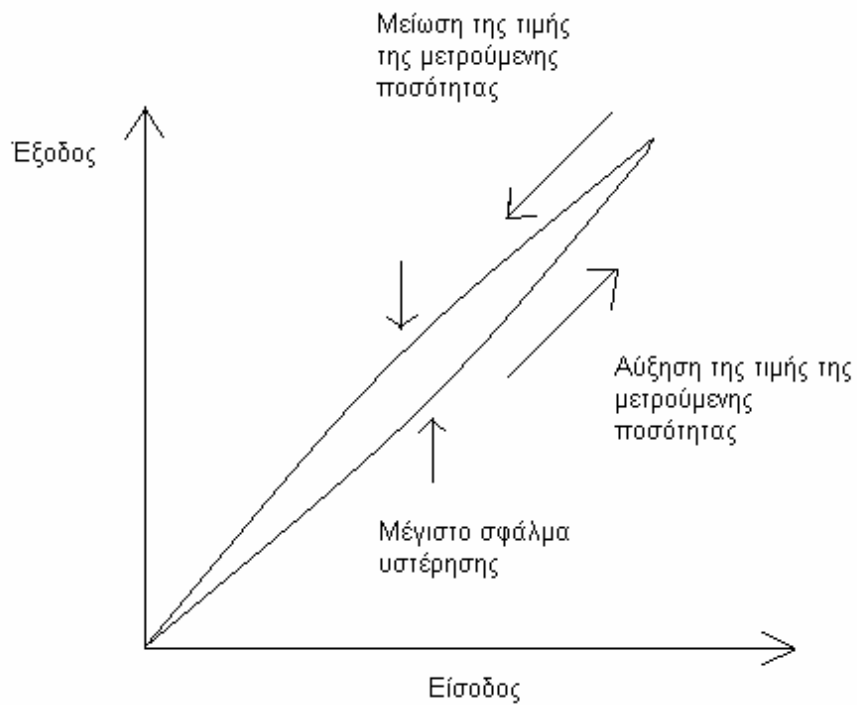
Ολίσθηση ονομάζεται η φυσική τάση μίας συσκευής ή ενός συστήματος να μεταβάλλει τα χαρακτηριστικά του με το χρόνο και λόγω περιβαλλοντικών μεταβολών. Τότε εμφανίζεται παρεμβολή στην έξοδο που παρέχει το σύστημα, ενώ η είσοδος παραμένει αμετάβλητη και έτσι επηρεάζεται η ακρίβεια. Η ολίσθηση λαμβάνει χώρα σε διάφορες χρονικές κλίμακες και για διάφορους λόγους. Ένα από τα πιο συνηθισμένα αλλά και σημαντικά αίτια της ολίσθησης είναι η αλλαγή της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος. Για αυτό το λόγο στις προδιαγραφές των αισθητήρων αναφέρεται η επίδραση της θερμοκρασίας στα διάφορα χαρακτηριστικά της συσκευής. Σε μία παλαιότερη συσκευή μπορεί να εμφανιστεί επιπρόσθετη ολίσθηση λόγω γήρανσης των υλικών κατασκευής, όπως είναι η οξείδωση κάποιων μεταλλικών μερών της. Ολίσθηση μπορεί επίσης να προκληθεί από μηχανική διάβρωση ή ιδιοθέρμανση κάποιων τμημάτων της συσκευής.

### **3.1.6 ΣΦΑΛΜΑ**

Το σφάλμα ισούται με τη διαφορά ανάμεσα στη μετρούμενη τιμή και την πραγματική τιμή μίας ποσότητας. Τα σφάλματα συχνά μπορούν να εκφράζονται επί τοις εκατό, οπότε τότε αντιπροσωπεύουν την ακρίβεια του συστήματος.

### **3.1.7 ΥΣΤΕΡΗΣΗ**

Η υστέρηση προκαλεί διαφορές στην έξοδο που δίνει ένας αισθητήρας, όταν η κατεύθυνση μεταβολής της εισόδου αντιστραφεί. Με τον τρόπο αυτό παράγεται σφάλμα και επηρεάζεται η ακρίβεια της συσκευής. Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται η επίδραση της υστέρησης με τη βοήθεια μίας γραφικής παράστασης.



Σχήμα 3.2

Η είσοδος του αισθητήρα, δηλαδή η μετρούμενη ποσότητα, αυξάνει με σταθερό βήμα. Όταν φτάσει τη μέγιστη δυνατή τιμή, μειώνεται με το ίδιο σταθερό βήμα έως ότου λάβει ξανά την τιμή μηδέν. Η γραφική παράσταση δείχνει τη διαφορά που υπάρχει στην έξοδο του αισθητήρα όταν η μετρούμενη ποσότητα αυξάνει ή μειώνεται. Αυτό το γεγονός ονομάζεται υστέρηση του συστήματος.

Δεν εμφανίζουν υστέρηση όλοι οι αισθητήρες και τα συστήματα μέτρησης. Η υστέρηση προκαλείται από διάφορους παράγοντες, ειδικότερα τη μηχανική τάση και την τριβή. Άρα τα συστήματα μέτρησης που είναι πιθανόν να εμφανίζουν υστέρηση πρέπει να περιέχουν μηχανικά γρανάζια και άλλα κινητά μέρη, τα οποία να τείνουν να είναι ελαστικά, όπως το λάστιχο, τα πλαστικά και κάποια μέταλλα.

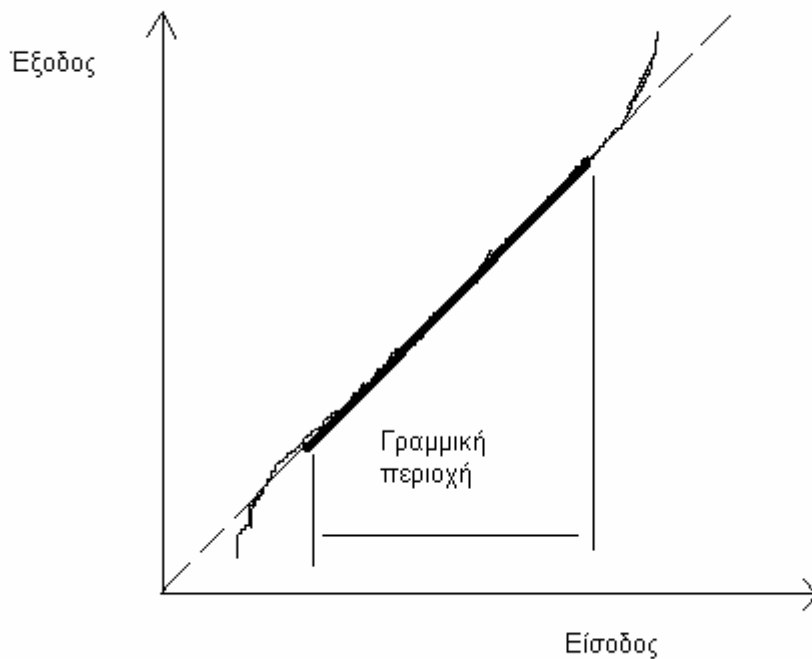


### 3.1.8 ΚΑΘΥΣΤΕΡΗΣΗ

Καθυστέρηση ονομάζεται η καθυστέρηση της αλλαγής της τιμής εξόδου ενός αισθητήρα ως προς την αλλαγή της εισόδου του. Μετριέται σε δευτερόλεπτα. Σε μερικές εφαρμογές όπως είναι ο έλεγχος, η καθυστέρηση μπορεί να επηρεάζει αποφασιστικά την απόδοση.

### 3.1.9 ΓΡΑΜΜΙΚΟΤΗΤΑ

Η γραμμικότητα ενός αισθητήρα αποτελεί το βαθμό, στον οποίο η γραφική παράσταση της εξόδου ως προς την είσοδο του αισθητήρα προσεγγίζει μία ευθεία γραμμή. Ένας αισθητήρας μπορεί να είναι γραμμικός σε μία περιοχή τιμών εισόδου. Επίσης η γραμμικότητα μπορεί να εκφράζεται ως προς το μέγιστο βαθμό απόκλισης από την ευθεία γραμμή, σε όλο το εύρος τιμών εισόδου και τότε αναφέρεται ως ποσοστό επί του εύρους λειτουργίας. Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται η γραμμικότητα ενός αισθητήρα.



Σχήμα 3.3

### **3.1.10 ΧΡΟΝΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ**

Ο ωφέλιμος χρόνος λειτουργίας ενός αισθητήρα αποτελεί ένδειξη του χρόνου, κατά τον οποίο αυτός αναμένεται να λειτουργεί στα πλαίσια των προδιαγραφών του. Εκφράζεται σε μονάδες χρόνου ή με τον αριθμό των λειτουργιών ή κύκλων λειτουργίας που μπορεί να διεκπεραιώσει με επιτυχία.

### **3.1.11 ΕΠΑΝΑΛΗΨΙΜΟΤΗΤΑ**

Η επαναληψιμότητα μίας συσκευής είναι ο βαθμός στον οποίο αυτή παράγει το ίδιο αποτέλεσμα όταν, σε διαφορετικές χρονικές στιγμές, τροφοδοτείται με ακριβώς την ίδια είσοδο. Στην ορολογία των συστημάτων μέτρησης, ένας αισθητήρας μπορεί να έχει υψηλή επαναληψιμότητα και να δίνει παρόμοια έξοδο όταν μετρά πολλές φορές μία συγκεκριμένη είσοδο, αλλά, εάν υπάρχει σημαντικό σφάλμα στην έξοδο, τότε η έξοδος δεν είναι ακριβής. Στις προδιαγραφές των συσκευών η επαναληψιμότητα ορίζεται με γενικούς όρους αλλά και με ειδικούς όρους repeatability και reproducibility.

### **3.1.12 ΕΥΡΟΣ**

Το εύρος λειτουργίας μίας συσκευής ισούται με τα όρια, στα οποία μπορεί η συσκευή να λειτουργεί αξιόπιστα. Το εύρος λειτουργίας ενός αισθητήρα εκφράζεται συνήθως με την ελάχιστη και τη μέγιστη τιμή που είναι ικανός να μετρά. Άλλες έννοιες του εύρους που αναγράφονται συχνά στις προδιαγραφές είναι το θερμοκρασιακό εύρος, δηλαδή η περιοχή θερμοκρασιών στην οποία μπορεί να λειτουργεί ο αισθητήρας. Επίσης αναφέρονται το εύρος τιμών πίεσης και το εύρος τιμών υγρασίας. Είναι σημαντικό ο αισθητήρας να εμπίπτει στο εύρος λειτουργίας που καθορίζεται, ώστε όχι μόνο να εκτελεί σωστές μετρήσεις, αλλά και για να μην καταστραφούν ή αλλοιωθούν κάποια ευαίσθητα τμήματά του και κατ' επέκταση να μην αποτελέσει κίνδυνο για την υγεία και την ασφάλεια των ανθρώπων που βρίσκονται κοντά του.

### **3.1.13 ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ ΤΙΜΗ**

Η ονομαστική τιμή μίας συσκευής αποτελεί το σύνολο των βέλτιστων συνθηκών, ηλεκτρικών, μηχανικών κ.α., υπό τις οποίες αυτή θα λειτουργεί με επιτυχία και ασφάλεια. Συνήθως δίνεται μία περιγραφή των ονομαστικών τιμών, όπως είναι η μέγιστη τιμή θερμοκρασίας και η μέση τιμή φόρτισης.

### 3.1.14 ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑ

Η αξιοπιστία μίας συσκευής είναι συγγενής έννοια με το χρόνο λειτουργίας της και συχνά μπορεί να αναφέρεται αντί για αυτόν, ανάλογα με τις επικρατούσες συνθήκες. Η αξιοπιστία είναι η ικανότητα της συσκευής να λειτουργεί κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες για μία δεδομένη χρονική περίοδο ή ένα δεδομένο αριθμό κύκλων λειτουργίας, παραμένοντας πάντα στα πλαίσια των προδιαγραφών.

### 3.1.15 ΑΠΟΚΡΙΣΗ

Η απόκριση μίας συσκευής ισούται με το χρόνο που απαιτεί για να λάβει την τελική τιμή εξόδου της για μία δεδομένη είσοδο. Μπορεί να εκφραστεί σε δευτερόλεπτα ή κλάσματα του δευτερολέπτου ή κάποιες φορές ως ποσοστό επί της τελικής τιμής εξόδου.

### 3.1.16 ΔΙΑΚΡΙΤΙΚΗ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ

Η διακριτική ικανότητα με την οποία μία συσκευή ή ένας αισθητήρας ανιχνεύει ή εμφανίζει μία τιμή, αναφέρεται στην μικρότερη είσοδο ή αλλαγή εισόδου που μπορεί αυτός να ανιχνεύσει. Συνήθως εκφράζεται ως προς το μικρότερο διάστημα που μπορεί να ανιχνευτεί ή να μετρηθεί. Όσο μεγαλύτερη είναι η διακριτική ικανότητα ενός ενδείκτη, τόσο μικρότερο είναι το βήμα που μπορεί ο αισθητήρας να μετρήσει.

### 3.1.17 ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑ

Η ευαισθησία εκφράζει τη σχέση ανάμεσα στην αλλαγή της εξόδου και την αντίστοιχη αλλαγή της εισόδου, κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες. Η ευαισθησία ενός αισθητήρα είναι ίση με τη διαφορά των τιμών εξόδου προς τη διαφορά των αντίστοιχων τιμών της εισόδου, δηλαδή της μετρούμενης ποσότητας.

$$\text{Ευαισθησία} = \frac{\text{μέγιστη τιμή εξόδου} - \text{ελάχιστη τιμή εξόδου}}{\text{μέγιστη τιμή εισόδου} - \text{ελάχιστη τιμή εισόδου}}$$

Οι μονάδες στις οποίες μετριέται η ευαισθησία ορίζονται από την παραπάνω εξίσωση και επομένως διαφέρουν, ανάλογα με τη φύση του αισθητήρα

και τη μετρούμενη ποσότητα. Αν η σχέση ανάμεσα στη μετρούμενη ποσότητα και την έξοδο είναι γραμμική, η ευαισθησία μπορεί να εκφράζεται ως προς το όλο εύρος. Εάν δεν είναι γραμμική, τότε η ευαισθησία της συσκευής θα διαφέρει από περιοχή σε περιοχή και θα αναφέρεται ως προς συγκεκριμένες περιοχές τιμών εισόδου.

### **3.1.18 ΕΥΣΤΑΘΕΙΑ**

Η ευστάθεια αποτελεί το μέτρο της μεταβολής της εξόδου μίας συσκευής, όταν η είσοδος και οι συνθήκες παραμένουν σταθερά, κατά τη διάρκεια μίας μεγάλης χρονικής περιόδου.

### **3.1.19 ΣΤΑΤΙΚΟ ΣΦΑΛΜΑ**

Το στατικό σφάλμα είναι ένα σταθερό σφάλμα που υπεισέρχεται καθ' όλο το εύρος τιμών εισόδου μίας συσκευής, εάν το σφάλμα είναι γνωστό, τότε μπορεί να αντισταθμιστεί χωρίς να υπάρξει υποβάθμιση της ακρίβειας του συστήματος.

### **3.1.20 ΑΝΟΧΗ**

Η ανοχή μίας συσκευής είναι το μέγιστο ποσό σφάλματος που μπορεί να υπάρξει κατά τη διάρκεια της λειτουργίας της. Ανάλογα με τη φύση της συσκευής, μπορεί συχνά να αναφέρεται η ανοχή αντί της ακρίβειας στις προδιαγραφές του αισθητήρα.

1: αισθητήρια όργανα- μετρήσεις

### 3.1.21 ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΚΑΙ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ<sup>2</sup>

Το τελικό στοιχείο κάθε συστήματος μέτρησης είναι η συσκευή που χρησιμοποιείται για την απεικόνιση των μετρημένων τιμών ή την καταγραφή τους, ώστε ένα αντίγραφο τους να αποθηκευτεί και να μπορεί να αναλυθεί σε κάποια μεταγενέστερη χρονική στιγμή. Πολλοί αισθητήρες, των οποίων η ένδειξη διαβάζεται τοπικά, εμφανίζουν άμεσα τις μετρούμενες τιμές, επειδή διαθέτουν έναν ενδείκτη, εκ κατασκευής και έτσι δεν χρειάζονται επιπλέον εξοπλισμό για την παρουσίαση των μετρήσεων.

Βέβαια, μπορεί οι μετρήσεις- ενδείξεις που παίρνει ο αισθητήρας να οδηγούνται σε ένα ηλεκτρονικό υπολογιστή έτσι ώστε να μελετηθούν αργότερα από τον χρήστη ή ακόμα και να επεξεργαστούν κατάλληλα για καλύτερα αποτελέσματα της μετρούμενης ποσότητας στο μέλλον.

2: αισθητήρια όργανα- μετρήσεις

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

### ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ<sup>1</sup>

Οι αισθητήρες ταχύτητας μπορεί να είναι περιστροφικής ή γραμμικής εφαρμογής. Οι περιστροφικοί αισθητήρες ταχύτητας έχουν δύο μίζοντες περιοχές εφαρμογής, τον έλεγχο στροφών του κινητήρα για την παρακολούθηση και τα συστήματα ελέγχου πρόσφυσης για βελτιωμένη οδική συμπεριφορά και ασφάλεια. Οι γραμμικοί αισθητήρες ταχύτητας με τη σειρά τους μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παρακολούθηση της ελάχιστης ταχύτητας και για τον έλεγχο του οχήματος.

Σε πολλές περιπτώσεις υπάρχει ένας αριθμός διαφορετικών τύπων αισθητήρων για συγκεκριμένη λειτουργία παρακολούθησης. Ωστόσο, η επιλογή του αισθητήρα για μια συγκεκριμένη εφαρμογή μπορεί να είναι δύσκολο να γίνει. Η επιλογή του αισθητήρα προσδιορίζεται από την ‘οικογένεια’ κατασκευαστών του συστήματος. Από την άλλη πλευρά, η έξοδος του αισθητήρα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για πολλές εφαρμογές και οι ατομικές απαιτήσεις κάθε εφαρμογής μπορούν να προσδιορίσουν τον αισθητήρα που πρέπει να χρησιμοποιηθεί.

Στην περιοχή της επιτήρησης στροφών, οι πιο πρακτικές συσκευές χρησιμοποιούν αισθητήρες μαγνητικού πεδίου. Οι αισθητήρες αυτοί μπορεί να είναι φαινομένου Hall, μεταβλητής απροθυμίας (VR) και στοιχεία μαγνητικής αντίστασης (MRE).

Για τη μέτρηση ταχύτητας και την ανίχνευση αντικειμένων χρησιμοποιούνται οι οπτικοί αισθητήρες, Radar και laser. Οι γραμμικές συσκευές αισθητήρων χρησιμοποιούν τυπικά το φαινόμενο Doppler για τους αισθητήρες ταχύτητας.

Στη συνέχεια γίνεται εκτενή αναφορά στους τύπους αισθητήρων που αναφέρθηκαν.

1: [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org)

#### 4.1 Απρόθυμες μεταβλητές συσκευές ( VR)<sup>2</sup>

Οι απρόθυμες μεταβλητές συσκευές είναι στην πραγματικότητα μικρές ac γεννήτριες με την τάση εξόδου να είναι ανάλογη της ταχύτητας, ωστόσο είναι περιορισμένες σε εφαρμογές όπου απαιτείται μηδενική ταχύτητα αντίληψης. Η περιοχή λειτουργίας συχνοτήτων των συσκευών αυτών είναι από 10Hz έως 50kHz, είναι ευαίσθητες σε μηχανικές καταπονήσεις και έχουν φάσμα θερμοκρασιών λειτουργίας που ξεκινάει από -40° C και φτάνει στους 190° C. Η τάση τροφοδοσίας και η αντιστάθμιση εξαρτώνται από τον έλεγχο των ηλεκτρονικών. Οι συσκευές αυτές έχουν σχεδιαστεί γύρω από το υπάρχον ηλεκτρομηχανικό σύστημα των αυτοκινήτων που προσαρμόστηκε για ηλεκτρονικό έλεγχο. Το σιδηρούχο μέταλλο στα συστήματα VR έχει σχεδιαστεί για τη μέγιστη τάση εξόδου στροφών ανά

λεπτό (rpm), για να πάρει όσο το δυνατόν πλησιέστερα στο μηδέν την ταχύτητα αντίληψης, χωρίς να δημιουργεί υπερβολική τάση στο μέγιστο αριθμό στροφών (μέχρι 150V). Η έξοδος της συγκεκριμένης συσκευής είναι γραμμική τάσης-συχνότητας.

## 4.2 Συσκευές φαινομένου HALL<sup>3</sup>

Το φαινόμενο Hall επιδρά όταν υπάρχει μια ροή ρεύματος σε ένα φορέα, μέσα σε ένα μαγνητικό πεδίο κάθετο προς την κατεύθυνση της τρέχουσας ροής των αποτελεσμάτων που κατά την τρέχουσα παραμόρφωση είναι κάθετα προς το πεδίο και προς την κατεύθυνση του ρεύματος.

Όπως γνωρίζουμε η σιλικόνη είναι από τα πιο ευαίσθητα υλικά. Είναι συμβατή με ολοκληρωμένα κυκλώματα (IC's) και έχουν ευρύ φάσμα θερμοκρασίας. Οι συσκευές φαινομένου Hall χρησιμοποιούνται στη βιομηχανία και την αυτοκινητοβιομηχανία σαν αισθητήρες θέσης και περιστροφής. Ωστόσο, πρόσφατες εξελίξεις στους αισθητήρες Hall, όπως η διαφορική διάγνωση και η ένταξη έχουν δώσει βελτιωμένα χαρακτηριστικά του αισθητήρα αυτού. Οι συσκευές αυτές λοιπόν είναι ευπροσάρμοστες, ευέλικτες στη χρήση και μπορούν να χρησιμοποιηθούν σαν αισθητήρες μέτρησης (μηδενικής) ταχύτητας.

Η έξοδος που παίρνουμε από τους αισθητήρες τύπου Hall είναι έξοδος συχνότητας που είναι ανάλογη της ταχύτητας. Συνήθως ρυθμίζονται σαν γέφυρα για να μειώσουν την θερμοκρασία και να αυξήσουν την ευαισθησία του αισθητήρα.

## 4.3 Συσκευές υπερήχων<sup>4</sup>

Οι συσκευές υπερήχων μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να μετρήσουν απόσταση, ταχύτητα και επίσης να χρησιμοποιηθούν σαν ανιχνευτές εγγύτητας. Για να δώσουν κατεύθυνση και σχήμα δέσμης, τα σήματα εκπέμπονται και λαμβάνονται από ειδικά διαμορφωμένες κεραιές και στόμια. Οι κεραιές εκπομπής και λήψης είναι παρόμοιες. Οι συσκευές υπερήχων κατασκευάζονται από πιεζοηλεκτρικά υλικά.

Για τη μέτρηση απόστασης και την ανίχνευση αντικειμένων, ένας παλμός υπερηχητικής ενέργειας μεταδίδεται και ο χρόνος μετριέται όταν ο παλμός αντικατοπτριστεί στο δέκτη. Η συχνότητα των μεταδιδόμενων υπέρηχων κυμάτων είναι περίπου 40kHz και ταξιδεύουν με ταχύτητα 340m/s, λειτουργούν σε φάσμα θερμοκρασίας περίπου στους 15° C. Η ταχύτητα αυτή μπορεί να αλλάξει με την θερμοκρασία και την πίεση. Ωστόσο, αυτές οι παράμετροι μπορούν να μετρηθούν και να διορθωθούν όταν απαιτείται υψηλή ακρίβεια.

Η επαναλαμβανόμενη συχνότητα και ισχύς είναι απαιτήσεις που εξαρτώνται από την απόσταση που θα μετρηθεί. Για την μέτρηση ταχύτητας, η απόσταση διακυμένεται με το χρόνο που μπορεί να μετρηθεί. Μια πιο κοινή μέθοδος, είναι η χρησιμοποίηση του φαινομένου Doppler το οποίο είναι μια αλλαγή στη μεταδιδόμενη συχνότητα, όπως ανιχνεύθηκε από τον δέκτη, που οφείλεται στην κίνηση του στόχου.

## 4.4 Οπτικές συσκευές<sup>5</sup>

Οι οπτικές συσκευές χρησιμοποιούνται για την ανίχνευση ταχύτητας περιστροφής. Κυρίως αποτελούνται από LED's με οπτικούς αισθητήρες. Ένας οπτικός αισθητήρας ανιχνεύει φως από ένα LED μέσα από μια σειρά σχισμών στον περιστρεφόμενο δίσκο, έτσι ώστε η έξοδος του αισθητήρα να δίνει ένα παλμό που η συχνότητα να είναι ίση με τις στροφές ανά λεπτό του δίσκου (rpm) και πολλαπλασιάζονται με τον αριθμό των σχισμών. Όσο μεγαλύτερος είναι ο αριθμός των σχισμών του δίσκου, τόσο μικρότερη είναι η γωνία περιστροφής που μπορεί να μετρηθεί και το αντίστροφο.

Ο οπτικός αισθητήρας μπορεί να είναι μία μόνο φωτοδίοδος ή μια συστοιχία φωτοδίοδων. Οι συσκευές αυτές χρησιμοποιούνται για την ανίχνευση αντικειμένων και για την γραμμική μέτρηση της ταχύτητας. Επίσης χρησιμοποιούνται για την μέτρηση απόστασης, όπου η απόσταση είναι μεγαλύτερη από 10 μέτρα. Οι συσκευές αυτές χρησιμοποιούν τις ίδιες αρχές λειτουργίας με τις συσκευές υπερήχων. Συνήθως χρησιμοποιούν Laser ή συσκευές υπερήχων στη μεταδιδόμενη πηγή και οπτικούς αισθητήρες στους δέκτες.

Τα βασικότερα πλεονεκτήματα των Οπτικών Αισθητήρων αναφέρονται επιγραμματικά ακολούθως:

- Μικρό Μέγεθος περίπου 250μm και βάρος
- Η ελαστικότητα των αισθητήρων επιτρέπει την κάλυψη και των πιο περίεργων κατασκευών
- Ανεπηρέαστο από ακτινοβολίες (EMI/RFI/radiation)
- Μεγάλο θερμοκρασιακό εύρος λειτουργίας
- Συμβατοί με τα σεισμικά στάνταρντ
- Φιλικόι προς το περιβάλλον
- Βελτιστοποιούν τα αποτελέσματα οικονομικά και κοινωνικά των ιδιοκτητών των έργων
- Δυνατότητα πραγματοποίησης μετρήσεων, σε σημεία και διατάξεις αδύνατα να μετρηθούν με τους συμβατικούς αισθητήρες
- Μεγάλη ταχύτητα μετρήσεων, δυνατότητα επανάληψης μέτρησης κατά τη διάρκεια ενός φαινομένου (σεισμός, διέλευση μεγάλου οχήματος, ισχυροί άνεμοι, πλημμύρες κλπ.)
- Δυνατότητα απομακρυσμένης επιτήρησης
- Δεν χρειάζεται ρύθμιση μετά την τοποθέτηση
- Αντοχή στη διάβρωση
- Δεν δημιουργούν σπινθήρες
- Δεν χρειάζονται γειώσεις
- Ανεπηρέαστοι από μέτρηση σε μέτρηση
- Μείωση κόστους συντήρησης
- Μεγιστοποίηση της διάρκειας ζωής της κατασκευής
- Δυνατότητες Πολυπλεξίας
- Δυνατότητα μετάδοσης χιλιόμετρα μακριά με απλά τηλεπικοινωνιακά



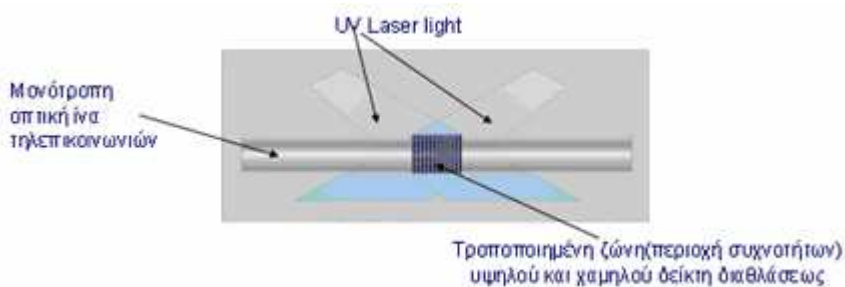
καλώδια

- Τροφοδοτούνται με φως και δεν υπάρχει κίνδυνος σε εύφλεκτα περιβάλλοντα

Τρόπος κατασκευής και λειτουργίας FBG αισθητήρων

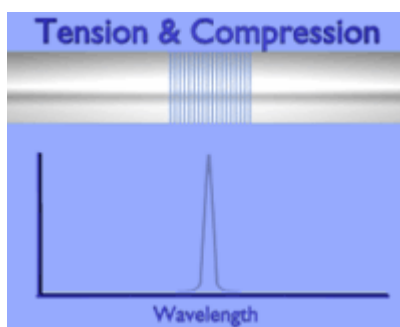
Ο τρόπος κατασκευής ενός οπτικού αισθητήρα είναι σχετικά απλός. Μια **απλή τηλεπικοινωνιακή οπτική ίνα** εκτίθεται σε συγκλίνουσες δέσμες **UV laser light**.

Οι δέσμες αυτές όταν διασταυρώνονται, μεταβάλλουν μέρος της δομής της οπτικής ίνας και αλλάζουν περιοδικά τον δείκτη διάθλασης δημιουργώντας διαφορετικές περιοχές υψηλού και χαμηλού δείκτη διαθλάσεως στον πυρήνα της ίνας.



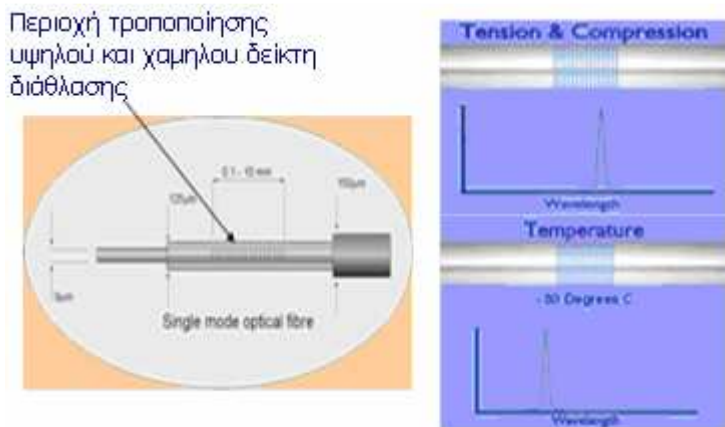
Σχήμα 4.1

Η τροποποιημένη ζώνη της οπτικής ίνας λειτουργεί σαν οπτικό φίλτρο, αντανακλώντας μια ελάχιστη ποσότητα του ευρυζωνικού σήματος, συγκεκριμένου μήκους κύματος, επιτρέποντας παράλληλα στο υπόλοιπο φως να συνεχίσει την πορεία του μέσα στην ίνα.



Σχήμα 4.2

Αυτή η τροποποιημένη περιοχή είναι ευαίσθητη στις **τάσεις εφελκυσμού και συμπίεσης** και στις **μεταβολές θερμοκρασίας**.



Σχήμα 4.3

Έτσι, όταν ασκηθεί σε ένα οπτικό αισθητήρα μια τάση ή όταν μεταβληθεί η θερμοκρασία περιβάλλοντος, μεταβάλλεται το μήκος κύματος του ανακλώμενου σήματος. Από την μετατόπιση αυτή του μήκους κύματος υπολογίζεται άμεσα η ασκούμενη τάση ή μεταβολή θερμοκρασίας.

- 2: automotive electronics handbook
- 3: automotive electronics handbook
- 4: automotive electronics handbook
- 5: automotive electronics handbook

## 4.5 ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ HALL<sup>6</sup>

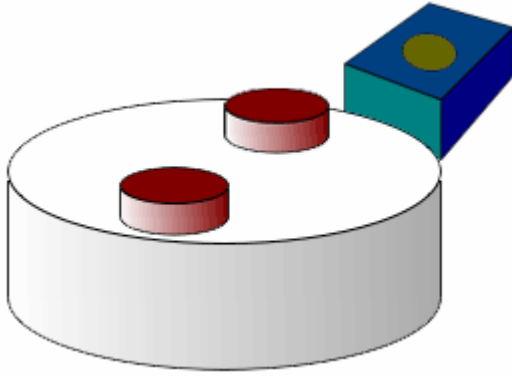
Οι αισθητήρες φαινομένου Hall χρησιμοποιούνται στους διανομείς πολλών συστημάτων ανάφλεξης για να ενεργοποιήσουν το πρωτεύων κύκλωμα και να μετρήσουν τις στροφές/ λεπτό. Οι αισθητήρες Hall αναφέρονται μερικές φορές σαν 'διακόπτες' λόγω του on-off 'ψηφιακού' σήματος τάσης που παράγουν. Αντίθετα από τους μαγνητικούς αισθητήρες που παράγουν ένα σήμα εναλλασσόμενου ρεύματος που ποικίλει στην τάση με την ταχύτητα, οι αισθητήρες Hall παράγουν ένα σταθερό σήμα τάσης που μπορεί να αλλάξει απότομα από τη μέγιστη τάση σε σχεδόν μηδέν και πάλι πίσω ανεξάρτητα από τις στροφές της μηχανής. Αυτό παράγει σήμα κυματομορφής σχεδόν τετραγωνικής που μπορεί να χρησιμοποιηθεί εύκολα από τον υπολογιστή για λόγους συγχρονισμού.

## ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ

Όταν μεταλλικό έλασμα εισέρχεται μέσα σε μαγνητικό πεδίο με μια συγκεκριμένη γωνία, τότε δημιουργείται στα άκρα του ελάσματος διαφορά δυναμικού (δηλαδή τάση).

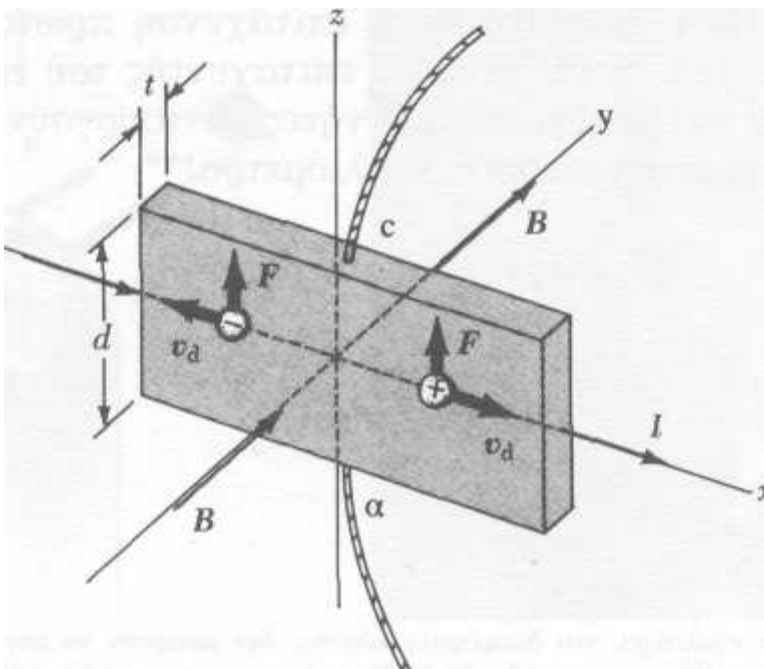
Ένας χαρακτηριστικός αισθητήρας Hall έχει τρία καλώδια ή τερματικά: ένα για τη γείωση, ένα για την τάση μπαταρίας ή αναφοράς και ένα για το σήμα εξόδου. Για να παραγάγει ένα σήμα εξόδου, ένας αισθητήρας Hall πρέπει να τροφοδοτηθεί με μια τάση αναφοράς από τον υπολογιστή του οχήματος (που μπορεί να είναι 5 έως 12 βολτ ανάλογα με την εφαρμογή). Η τάση τροφοδότησης είναι απαραίτητη για να δημιουργήσει το φαινόμενο που πραγματοποιείται μέσα στον αισθητήρα. Η αρχή λειτουργίας στην οποία είναι βασισμένοι οι αισθητήρες Hall (και έχει το ίδιο όνομα) χρονολογείται από 1879 όταν ανακάλυψε ο *Edwin H. Hall*, ένας Αμερικανός επιστήμονας, ένα νέο ηλεκτρικό φαινόμενο. Όταν εφάρμοσε ένα ηλεκτρικό ρεύμα σε ένα κομμάτι του μετάλλου που παρεμβλήθηκε μεταξύ δύο μαγνητών, δημιούργησε μια δευτερεύουσα τάση μέσα στο μέταλλο όταν τοποθετήθηκε υπό σωστή γωνία στην εφαρμοσμένη τάση. Η ανακάλυψη δεν είχε ευρεία πρακτική χρήση τότε, αλλά αποδείχθηκε ότι αυτή ήταν ακριβώς ό,τι οι μελλοντικοί μηχανικοί θα χρειαζόνταν για να δημιουργήσουν μια συσκευή μετατροπής ικανή για ένα αποδοτικό on-off σήμα τάσης τετραγωνικής κυματομορφής. Το φαινόμενο Hall προσαρμόστηκε έτσι ώστε η αλλαγή τάσης να εμφανίζεται σε ένα τσιπ πυριτίου που τοποθετείται στη σωστή γωνία του μαγνητικού πεδίου.

Όταν ένα μεταλλικό έλασμα περνά μέσω του κενού αέρα μεταξύ του μαγνητικού πεδίου και του τσιπ πυριτίου, διακόπτει το μαγνητικό πεδίο και αναγκάζει την τάση παραγωγής του τσιπ για να μειωθεί ξαφνικά στο μηδέν. Με τα πρόσθετα στοιχεία κυκλώματος, ο αισθητήρας μπορεί να κάνει ακριβώς το αντίθετο: να παραγάγει ένα σήμα τάσης όταν περνάει το έλασμα από το μαγνητικό πεδίο. Τα πρόσθετα στοιχεία κυκλώματος ρυθμίζουν την τάση τροφοδότησης στο τσιπ και ενισχύουν την τάση εξόδου του. Σε ένα σύστημα ανάφλεξης αυτοκινήτου, τα ελάσματα τοποθετούνται στον άξονα του διανομέα, στο ρότορα, στην τροχαλία του στροφαλοφόρου άξονα ή στον εκκεντροφόρο έτσι ο αισθητήρας μπορεί να παραγάγει ένα σήμα σπινθηροδότησης ή θέσης, ή και τα δύο μαζί, καθώς ο στροφαλοφόρος άξονας περιστρέφεται. Σε μερικές εφαρμογές, μια εγκοπή σε μια τροχαλία, ένα δόντι γραναζιού ή ακόμα και ένα περιστρεφόμενο μαγνητικό κουμπί εξυπηρετεί τον ίδιο σκοπό με το μεταλλικό έλασμα για να διακόψει το "μαγνητικό παράθυρο" του αισθητήρα και να κλείσει το διακόπτη.



Σχήμα 4.4

Στο σχήμα 4.4 φαίνεται μια διάταξη ταχύμετρου αποτελούμενη από δύο μαγνήτες και έναν αισθητήρα φαινομένου Hall.



Σχήμα 4.5

Σχήμα 4.5: Για να παρατηρήσουμε το φαινόμενο Hall πρέπει να εφαρμόσουμε ένα μαγνητικό πεδίο σε έναν αγωγό ο οποίος διαρρέεται από ρεύμα. Όταν το ρεύμα κατευθύνεται κατά τον άξονα των  $x$  και το μαγνητικό πεδίο κατά τον άξονα των  $y$ , όπως στο σχήμα, τότε οι φορείς θετικού φορτίου καθώς και οι φορείς αρνητικού φορτίου εκτρέπονται από το μαγνητικό πεδίο προς τα επάνω. Ανάμεσα στα σημεία  $a$  και  $c$  μετρούμε την τάση Hall.

6: [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org)

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

### Η ΓΩΝΙΑΚΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑ<sup>1</sup>

Η γωνιακή ταχύτητα είναι διανυσματικό μέγεθος που εκφράζει την ταχύτητα ενός σώματος που εκτελεί κυκλική κίνηση. Ισούται με τον ρυθμό μεταβολής του τόξου που διαγράφει το σώμα και μετριέται σε ακτίνια ανά δευτερόλεπτα (rad/sec). Διεθνώς συμβολίζεται με το γράμμα  $\omega$  και η μαθηματική της έκφραση είναι η παρακάτω.

$$\omega = \frac{d\theta}{dt}$$

Όπου  $d\theta$  η μεταβολή της γωνίας που αντιστοιχεί στο διαγραφόμενο τόξο. Η διεύθυνση του διανύσματος της γωνιακής ταχύτητας είναι κάθετη στο επίπεδο της τροχιάς της κίνησης και εμπειρικά η φορά που ακολουθεί τον κανόνα του δεξιού χεριού, δηλαδή για δεξιόστροφη κίνηση η φορά του διανύσματος είναι προς τα επάνω και για αριστερόστροφη κίνηση προς τα κάτω. Εναλλακτικά η φορά της γωνιακής ταχύτητας είναι η φορά του παρακάτω εξωτερικού γινομένου :

$$\omega = \frac{\mathbf{r} \times \mathbf{v}}{|\mathbf{r}|^2}$$

1: [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org)

Υπάρχουν διάφοροι τύποι αισθητήρων γωνιακής ταχύτητας ανάλογα με τη μέθοδο λειτουργίας τους. Οι αισθητήρες γωνιακής ταχύτητας κατατάσσονται σε μηχανικό τύπο που χρησιμοποιούν την κίνηση περιστροφικού σώματος, σε οπτικό τύπο που χρησιμοποιούν την αλλαγή στο χρονοδιάγραμμα του φωτός υποδοχής, λόγω της περιστροφής του φωτός λέιζερ που περιστρέφεται μέσα σε περίβλημα. Επίσης υπάρχει ο αισθητήρας γωνιακής ταχύτητας τύπου δόνησης που συνήθως

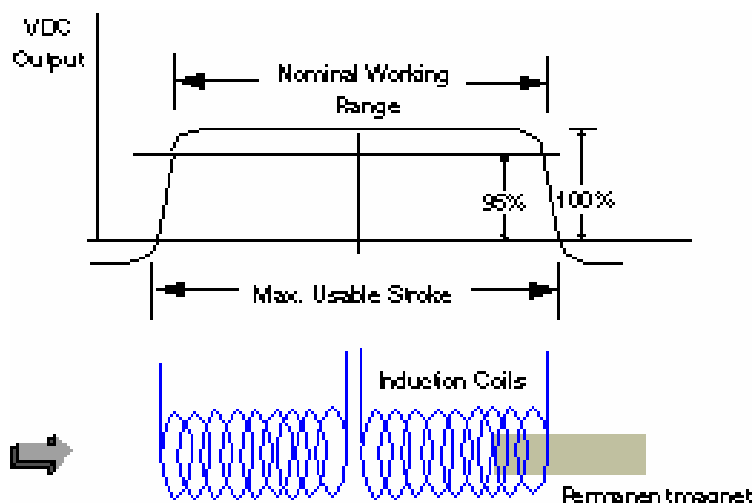
χρησιμοποιείται για την ανίχνευση της γωνιακής ταχύτητας με ηλεκτρονικά μέσα.

## 5.1 ΓΡΑΜΜΙΚΟ ΑΙΣΘΗΤΗΡΙΟ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ – LVT<sup>2</sup>

Το LVT βασίζεται στην αρχή της μαγνητικής επαγωγής και παρέχει αξιόπιστη μέτρηση της ταχύτητας σε μια γραμμική κίνηση. Περνώντας μέσα από ένα μαγνήτη με τη μορφή πηνίου δημιουργεί μια τάση ανάλογη με την ταχύτητα των μαγνητών και την ένταση του πεδίου. Αυτό το σήμα εξόδου που δημιουργείται χρησιμοποιείται για να παρακολουθεί προσεκτικά τη συνιστώσα ταχύτητας σε διάφορες εφαρμογές.

Η μετακίνηση ενός μαγνήτη μέσα από ένα πηνίο του σύρματος, θα προκαλέσει μια τάση στο πηνίο, σύμφωνα με το νόμο των Faraday και Lenz. Αυτή η τάση είναι ανάλογη με την ταχύτητα του μαγνήτη και την ένταση του πεδίου. Η χρήση αυτής της αρχής της μαγνητικής επαγωγής, με ένα μόνιμο μαγνήτη και ένα σταθερό πηνίο γεωμετρικά, έχει σαν αποτέλεσμα η τάση εξόδου του πηνίου να είναι ευθέως ανάλογη με την σχετική ταχύτητα του μαγνήτη.

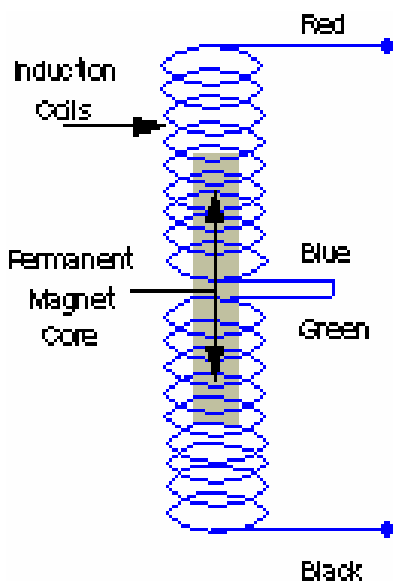
Κατά τη λειτουργία του μετατροπέα, τα δύο άκρα του μαγνήτη είναι μέσα στο πηνίο. Με ένα και μόνο πηνίο θα έδινε μηδενική παραγωγή, επειδή η τάση που παράγεται στον ένα πόλο του μαγνήτη θα καταργούσε την τάση που δημιουργείται στον άλλο πόλο. Για να αποφευχθεί αυτό, η σπείρα χωρίζεται σε δύο τμήματα, έτσι ώστε ο βόρειος (N) πόλος του μαγνήτη να προκαλέσει μια τάση σε ένα πηνίο και ο νότιος (S) πόλος θα προκαλέσει μια τάση στην άλλη σπείρα. Αυτά τα δύο πηνία συνδέονται στη συνέχεια σε σειρά για να λάβει την τάση εξόδου DC που είναι ανάλογη με την ταχύτητα του μαγνήτη.



Σχήμα 5.1

### 5.1.2 ΠΗΝΙΑ ΣΕ ΣΕΙΡΑ

Για τη λειτουργία σε σειρά, τα δύο πηνία που είναι συνδεδεμένα είναι το μπλε και το κόκκινο ενώ την έξοδο την παίρνουμε από το μαύρο. Με τα πηνία σε συνδεσμολογία σειράς η έξοδος είναι αθροίζουσα, παράγοντας που προκαλεί μεγάλη ευαισθησία. Εκτός από την ευαισθησία, το συγκεκριμένο αισθητήριο έχει εξαιρετική ασυλία στο θόρυβο. Ο θόρυβος που παράγεται σε ένα πηνίο θα είναι ίσος σε μέγεθος αλλά αντίθετος σε πολικότητα στο άλλο πηνίο.



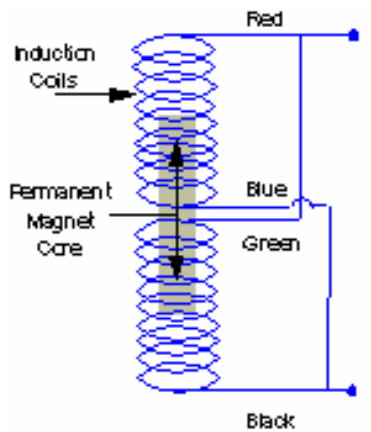
LVDT connected in series

Σχήμα 5.2

### 5.1.3 ΠΗΝΙΑ ΠΑΡΑΛΛΗΛΑ

Παράλληλη λειτουργία επιτυγχάνεται με τη σύνδεση του μαύρου με το μπλε και του κόκκινου με του πράσινου. Οι δύο συνδέσεις που δημιουργήθηκαν είναι οι τερματικοί σταθμοί για την παραγωγή. Αυτή η διαμόρφωση κόβει την ευαισθησία στη μέση και μειώνει την πηγή αντίστασης. Τα οφέλη αυτής της ρύθμισης είναι τα εξής: μείωση της παραγωγής για χρήση σε πολύ υψηλές ταχύτητες, χαμηλότερη αντίσταση εξόδου, για συμβατότητα με ηλεκτρονικά στοιχεία με χαμηλή αντίσταση εισόδου και μεγαλύτερη απόκριση συχνότητας για μια δεδομένη αντίσταση φορτίου.





LVT connected in parallel

Σχήμα 5.3

2: [www.transtekinc.com](http://www.transtekinc.com)

## 5.2 ΤΑΧΥΜΕΤΡΟ<sup>3</sup>

Το στροφόμετρο μετρά τη γωνιακή ταχύτητα ενός περιστρεφόμενου άξονα χρησιμοποιώντας μία από τις δύο μεθόδους. Ο πρώτος τύπος μέτρησης συνδέεται με μια γεννήτρια συνεχούς ρεύματος (μοτέρ), με τον άξονα να παράγει μια τάση ανάλογη με την αύξηση του άξονα της γωνιακής ταχύτητας. Ο δεύτερος τύπος χρησιμοποιεί ένα μαγνήτη με μια σπείρα pickup. Καθώς ο μαγνήτης περνάει το πηνίο δημιουργείται παλμός. Το μέγεθος και η συχνότητα των παλμών είναι ανάλογη με την γωνιακή ταχύτητα.

Τα ταχύμετρα μπορούν να ταξινομηθούν με βάση τα στοιχεία απόκτησης-επαφής ή μη επικοινωνίας. Επίσης μπορούν να ταξινομηθούν με βάση την τεχνική μέτρηση- ο χρόνος που βασίζονται ή τη συχνότητα με βάση την τεχνική μέτρησης. Τέλος μπορούν να χαρακτηριστούν σαν αναλογικού ή ψηφιακού τύπου.

Παρακάτω φαίνεται ένας πίνακας όπου γίνεται σύγκριση μεταξύ του αναλογικού και του ψηφιακού ταχύμετρου.

Αναλογικό ταχύμετρο	Ψηφιακό ταχύμετρο
Έχει μια βελόνα και τον τύπο σύνδεσης της διεπαφής	Έχει μια LCD ή LED ανάγνωσης
Δεν προβλέπεται για την αποθήκευση των αναγνώσεων	Παρέχεται μνήμη για την αποθήκευση των αποτελεσμάτων
Δεν μπορεί να υπολογίσει την κατά μέσο όρο απόκλιση	Μπορούν να επιτελέσουν το στατιστικό της λειτουργίας, όπως μέσο όρο, κ.λπ.

### Πίνακας 5.1

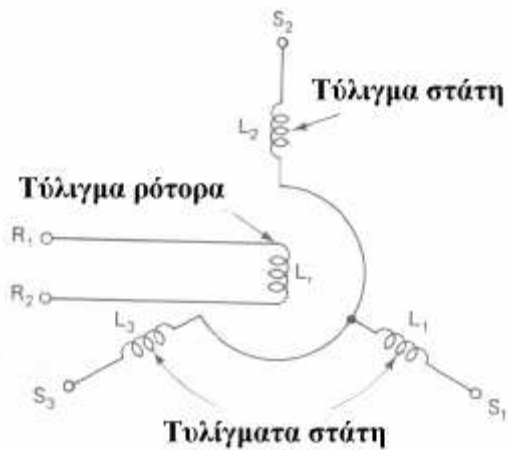
3: [www.engineershandbook.com](http://www.engineershandbook.com)

## 5.3 ΑΙΣΘΗΤΗΡΙΑ ΓΩΝΙΑΚΗΣ ΘΕΣΗΣ ΚΑΙ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ<sup>4</sup>

Το περιστροφικό ( κοινό ) ποτενσιόμετρο είναι ίσως το όργανο με την πιο διαδεδομένη χρήση στη μέτρηση γωνιακής ταχύτητας. Το ηλεκτρικό σήμα ( τάση ) στη μεσαία λήψη είναι συνήθως ανάλογο της γωνίας περιστροφής. Συνήθως η στροφή είναι περιορισμένη στις 360<sup>0</sup> αλλά υπάρχουν και ποτενσιόμετρα περισσότερων περιστροφών.

Ο περιστροφικός μεταβλητός διαφορικός μετασχηματιστής είναι το ακριβές ανάλογο του γραμμικού και χρησιμοποιείται για την μέτρηση γωνιών στροφής. Στην προκειμένη περίπτωση ο πυρήνας στρέφεται αντί να ολισθαίνει.

Για τη μέτρηση γωνιών στροφής χρησιμοποιείται ακόμη το "σύγχρο" (synchro). Πρόκειται για συσκευή που μοιάζει με μοτέρ εναλλασσόμενου ρεύματος ως προς την κατασκευή.



Σχήμα 5.4



Σχήμα 5.5

Το σύγχρο έχει ένα στρεφόμενο πηνίο ( ρότορα ) που συνδέεται - με ψήκτρες- σε μια πηγή εναλλασσόμενης τάσης. Στο στάτη υπάρχουν τρία τυλίγματα τοποθετημένα συμμετρικά στην περιφέρεια. Καθώς ο ρότορας στρέφεται, τα ρεύματα που επάγονται στα τρία τυλίγματα του στάτη εξαρτώνται από τη θέση του ρότορα. Με κατάλληλη σύγκριση των ρευμάτων αυτών, η γωνία στροφής του ρότορα μπορεί να προσδιοριστεί ακριβώς. Την εργασία αυτή την κάνει ο 'αποδιαμορφωτής'. Επίσης μπορεί να προσδιοριστεί και η φορά περιστροφής. Η συγκεκριμένη συσκευή που περιγράψαμε είναι εξαιρετική όσον αφορά την ακρίβειά της παράλληλα όμως είναι και αρκετά ακριβή.

4: Αισθητήρια όργανα – Μετρήσεις.

## 5.4 ΤΑΧΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑ<sup>5</sup>

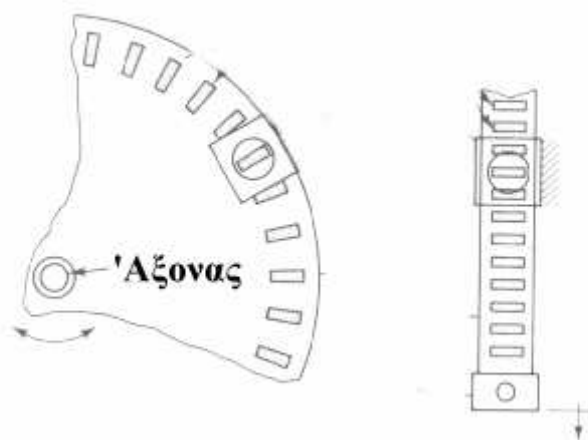
Η ταχογεννήτρια είναι το πιο διαδεδομένο ίσως αισθητήριο μέτρησης γωνιακής ταχύτητας. Είναι βασικά ένας μικρός κινητήρας συνεχούς ρεύματος που χρησιμοποιείται σαν γεννήτρια. Η τάση που δίνει στην έξοδο της είναι ανάλογη της ταχύτητας περιστροφής, ενώ η πολικότητα της τάσης μας δίνει πληροφορία σχετικά με την φορά περιστροφής. Μέσα σε ένα ισχυρό μαγνητικό πεδίο ενός μόνιμου μαγνήτη βρίσκετε ένα περιστρεφόμενο τύμπανο το οποίο φέρει ένα τύλιγμα. Κατά την περιστροφή του παράγεται συνεχής τάση.

Όπως και στην γραμμική κίνηση, υπάρχουν και για την περιστροφική ψηφιακά αισθητήρια θέσης, οι κωδικοποιητές γωνιακής θέσης. Όπως και με τους γραμμικούς αντίστοιχους χωρίζονται και αυτοί σε **απόλυτους** και **αυξητικούς**.

Διαφέρει από τις συνηθισμένες γεννήτριες συνεχούς στα εξής:

- ❖ Διαθέτουν συλλέκτη που φέρουν πολλούς τομείς ώστε η συχνότητα κυμάτωσης να είναι πολύ υψηλή. Η κυμάτωση αυτή εύκολα απομακρύνεται με κατάλληλο βαθυπερατό φίλτρο ή και από το ίδιο σύστημα του οποίου η απόκριση συχνότητας είναι πολύ μικρή.
- ❖ Ο ρότορας έχει πολύ μικρή αντίδραση γιατί εμφανίζει μικτή αντίσταση  $\omega L$  σε σχέση με την  $R$  δηλαδή  $\omega L/R \ll 1$ . Αυτό επιτυγχάνεται με την επιλογή κατάλληλου τυλίγματος. Λόγω της μικρής επαγωγικής αντίστασης ( $X_L = \omega L$ ) η συνάρτηση μεταφοράς της ταχογεννήτριας είναι σταθερή και ανεξάρτητη της συχνότητας.
- ❖ Το σφάλμα πάντα οδηγείται σε ενισχυτή και κατόπιν στο κυρίως σύστημα για διόρθωση ταχύτητας.

Στο σχήμα 5.3 συγκρίνονται ένας γραμμικός και ένας γωνιακός κωδικοποιητής θέσης (αυξητικού τύπου). Και οι δύο αυτοί τύποι, καθώς και οι αντίστοιχοι απόλυτοι, κυκλοφορούν σήμερα ευρέως και είναι διαθέσιμοι σε κατηγορίες ανάλογα με την επιθυμητή διακριτική τους ικανότητα.



Σχήμα 5.6

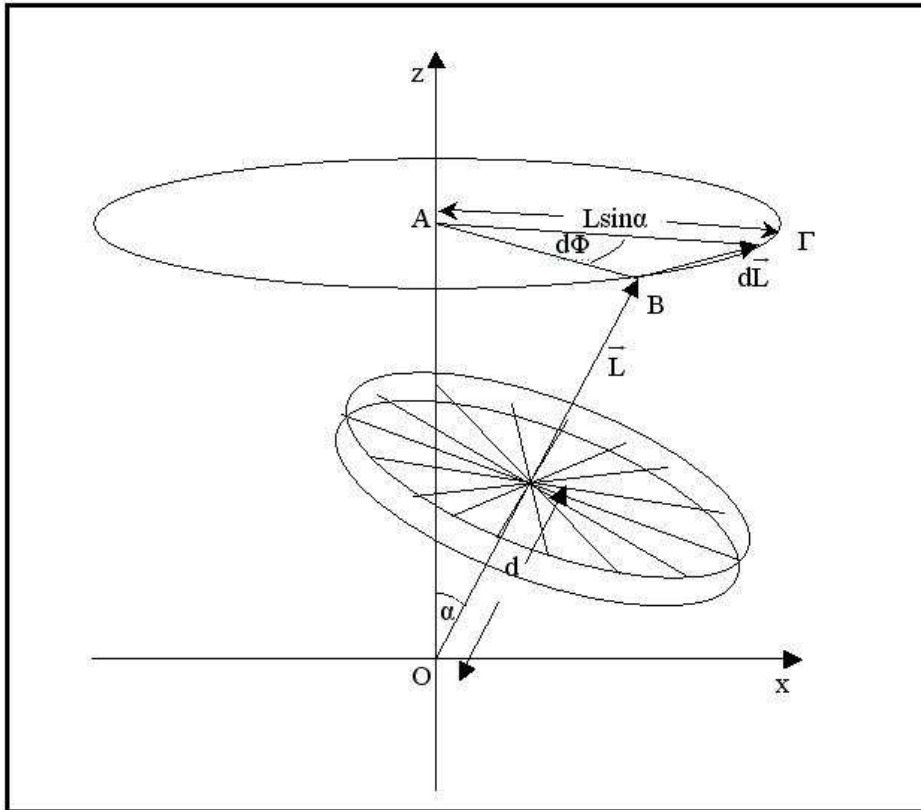
Από τα ψηφιακά όργανα που περιγράψαμε, ο γωνιακός κωδικοποιητής θέσης αυξητικού τύπου έχει ίσως τις περισσότερες εφαρμογές. Τέτοια όργανα υπάρχουν διαθέσιμα με διακριτικές ικανότητες μέχρι και κάποια δέκατα της μοίρας. Υπάρχει όπως φαίνεται και στο Σχήμα 5.3 ένας δίσκος πάνω στον οποίο είναι χαραγμένες οπές, καθώς και παλμοδότης. Η όλη κατασκευή είναι κλεισμένη σε κυλινδρικό κουτί από το οποίο βγαίνει μόνο ο άξονας πάνω στον οποίο είναι στερεωμένος ο δίσκος. Αρκεί να συνδέσει κανείς το άξονα αυτό πάνω στον άξονα του οποίου θέλει να **μετρήσει τη γωνία στροφής**. Το όργανο χρησιμοποιείται κατά κόρο στις αυτόματες εργαλειομηχανές για μέτρηση της θέσης του φορείου καθώς και σε ρομποτικές εφαρμογές.

5: Αισθητήρια όργανα – Μετρήσεις.

## 5.5 ΓΥΡΟΣΚΟΠΙΟ<sup>6</sup>

Το γυροσκόπιο είναι μια συσκευή η οποία μπορεί να διατηρεί σταθερό τον προσανατολισμό της μέσω της περιστροφής των μερών της και της αρχής της διατήρησης της στροφορμής. Πρόκειται για μια διάταξη όμοια με εκείνη που φέρει η σχολική υδρόγειος σφαίρα. Αντί όμως της υδρογείου φέρεται μια μεταλλική στεφάνη που μπορεί να περιστρέφεται δεξιά ή αριστερά. Αυτή η στεφάνη φέρει δεύτερη εσωτερική που στηρίζεται με συνδέσμους σε οριζόντια διάταξη, ως προς την εξωτερική, δυνάμενη έτσι να περιστρέφεται ελεύθερα με φορά πάνω ή κάτω. Στην εσωτερική αυτή στεφάνη συγκρατείται εσωτερικά σε κάθετη διάταξη σε σχέση με τη προηγούμενη ο "σφόνδυλος" που αποτελεί μια μικρή σφαίρα που περιστρέφεται υπό μορφή σβούρας. Τα σημεία έδρασης της κάθε στεφάνης καθώς και του σφονδύλου εξασφαλίζουν την ελεύθερη περιστροφή όλων των τμημάτων της διάταξης, δηλαδή του γυροσκοπίου σαν σύνολο.

Το γυροσκόπιο εκτελεί μια σύνθετη και πολύπλοκη κίνηση. Καθώς το γυροσκόπιο περιστρέφεται γρήγορα γύρω από τον άξονα συμμετρίας του με γωνιακή ταχύτητα  $\omega$ , διαγράφοντας ένα κώνο. Η κίνηση αυτή λέγεται μεταπτωτική.



Σχήμα 5.7

Στο παραπάνω σχήμα φαίνεται το γυροσκόπιο. Ο άξονας περιστροφής του διέρχεται από το ακλόνητο σημείο O, το σημείο στήριξής του. Η απόσταση του κέντρου μάζας του γυροσκοπίου από την αρχή των αξόνων συμβολίζεται με d και η κλίση του άξονα του γυροσκοπίου ως προς τον άξονα z συμβολίζεται με  $\alpha$ .

Η στροφορμή του γυροσκοπίου δίνεται από τη σχέση

$$\vec{L} = I \cdot \vec{\omega} \quad (1)$$

όπου  $\omega$  η γωνιακή ταχύτητα περιστροφής του γυροσκοπίου και I η ροπή αδρανείας του γυροσκοπίου ως προς τον άξονα περιστροφής του.

Επειδή, λόγω τριβών, η γωνιακή ταχύτητα μεταβάλλεται με την πάροδο του χρόνου το μέτρο της στροφορμής L, είναι γενικά συνάρτηση του χρόνου, δηλαδή είναι

$L = f(t)$ . Το βάρος  $\vec{B} = m \cdot \vec{g}$  δρα στο κέντρο μάζας του γυροσκοπίου και προκαλεί ροπή ως προς τον άξονα του γυροσκοπίου

$$\vec{\tau} = \vec{d} \times \vec{B} = m \cdot \vec{d} \times \vec{g}$$

Συνεπώς

$$\tau = B \cdot d \cdot \sin \alpha = m \cdot g \cdot d \cdot \sin \alpha \quad (2)$$

Η ροπή  $\vec{\tau}$  είναι κάθετη στο επίπεδο που ορίζεται από τα διανύσματα  $\vec{B}$  και  $\vec{d}$  και προκαλεί μεταβολή κατά  $d\vec{L}$  στη στροφορμή. Η μεταβολή της στροφορμής  $d\vec{L}$  είναι κάθετη στη στιγμιαία στροφορμή  $\vec{L}$  και ισχύει η σχέση

$$\vec{\tau} = \frac{d\vec{L}}{dt}$$

Υπό την επίδραση της ροπής το διάνυσμα της στροφορμής διαγράφει κώνο γωνιακού ανοίγματος  $\alpha$ . Με άλλα λόγια η κορυφή του διανύσματος διαγράφει την περιφέρεια του κύκλου του σχήματος 5.7 Η μεταβολή της στροφορμής κατά  $d\vec{L}$  αντιστοιχεί σε μετατόπιση της κορυφής του διανύσματος της στροφορμής κατά  $d\Phi$ , όπως παρίσταται στο σχήμα 5.7 Από το τρίγωνο  $AB\Gamma$ , εύκολα συνάγεται ότι το μέτρο  $dL$  ισούται με

$$dL = L \cdot \sin \alpha \cdot d\Phi$$

συνεπώς

$$\tau = L \cdot \sin \alpha \cdot \frac{d\Phi}{dt} = L \cdot \sin \alpha \cdot \omega_p \quad (3)$$

όπου  $\omega_p = \frac{d\Phi}{dt}$  είναι η γωνιακή ταχύτητα περιστροφής του διανύσματος της στροφορμής, δηλαδή η γωνιακή ταχύτητα μετάπτωσης.

**Από τη σχέση (3) και με βάση τις σχέσεις (2) και (1) καταλήγουμε ότι:**

$$\omega_p = \frac{m \cdot g \cdot d}{L} = \frac{d}{\omega} \cdot \frac{m \cdot g}{I} \quad (4)$$

Από την παραπάνω σχέση φαίνεται ότι, η γωνιακή ταχύτητα της μετάπτωσης  $\omega_p$  είναι ευθέως ανάλογη της απόστασης  $d$  του κέντρου μάζας από το σημείο στήριξης, αντιστρόφως ανάλογη της γωνιακής ταχύτητας της περιστροφής  $\omega$  του γυροσκοπίου και ανεξάρτητη από τη γωνία  $\alpha$  που σχηματίζεται από τον άξονα του γυροσκοπίου και τον άξονα  $z$ . Επίσης, παρατηρήστε ότι το γινόμενο  $\omega_p \cdot \omega$  είναι συνάρτηση (ανάλογο) της απόστασης  $d$ , δηλαδή  $\omega_p \cdot \omega = g(d)$ .

6: [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org)

## 5.6 ΔΑΚΤΥΛΙΟΕΙΔΕΣ ΓΥΡΟΣΚΟΠΙΟ LASER<sup>7</sup>

Το δακτυλιοειδές γυροσκόπιο Laser χρησιμοποιεί ακτίνες φωτός laser για την μέτρηση γωνιακών περιστροφών γύρω από άξονα. Κάθε δακτυλιοειδές laser αποτελείται από μια τριγωνική κοιλότητα που περιέχει ποσότητα αέριων ηλίου και νέου, και παράγει δυο δέσμες, δυο ακτίνες laser, κινούμενες σε αντίθετες κατευθύνσεις ή μια από την άλλη.

Η παραγωγή των ακτίνων laser λαμβάνει χώρα μέσα στην κοιλότητα του δακτυλίου, την πληρωμένη με μίγμα αερίων ηλίου και νέου υπό χαμηλή πίεση,

δια ιονισμού των αερίων από υψηλή τάση που εφαρμόζεται μεταξύ ανόδου και καθόδου, (βλ. Anode /Cathode) και δια διαδοχικών ενισχύσεων των δεσμών στην συντονισμένη κοιλότητα του δακτυλίου, με διαδοχικές ανακλάσεις στα κάτοπτρα που βρίσκονται σε κάθε κορυφή του τριγώνου. Το μήκος της τριγωνικής διαδρομής των δεσμών είναι με ακρίβεια ρυθμισμένο ώστε να αποτελεί πολλαπλάσιο του μήκους κύματος του παραγόμενου φωτός από την εκκένωση των αερίων. (Συντονισμένη Κοιλότητα)

Όταν ο δακτύλιος laser είναι ακίνητος, οι συχνότητες από τις δυο αντιθέτως κινούμενες δέσμες είναι ίδιες. Όταν ο δακτύλιος laser περιστραφεί γύρω από άξονα κάθετο στο επίπεδο του παράγεται μια διαφορά συχνότητας μεταξύ των δυο δεσμών laser.

Η διαφορική συχνότητα παράγεται επειδή το φως έχει σταθερή ταχύτητα. Έτσι η μια δέσμη πρέπει να διατρέξει φαινομενικά μεγαλύτερη απόσταση, ενώ η άλλη μια φαινομενικά μικρότερη απόσταση, για να συμπληρώσουν μια περιστροφή στον δακτύλιο.

Ένα μικρό ποσοστό φωτός από τις δυο δέσμες laser, περνάει μέσα από το ένα από τα τρία κάτοπτρα το οποίο είναι ημιπερατό από το φως (ποσοστό λιγότερο του 0,2%).

Οι συχνότητες από τις δυο δέσμες συνδυάζονται (συμβάλουν) και παράγουν μια συχνότητα συμβολής η οποία παρουσιάζεται με την μορφή κροσσών συμβολής, (βλ. Fringe Pattern).

Αυτή η συχνότητα παραγόμενη δια συμβολής είναι ανάλογη με δυο διαφορετικές ακουστικές συχνότητες που συνδυάζονται για να παράξουν μια διαφορετική τρίτη συχνότητα.

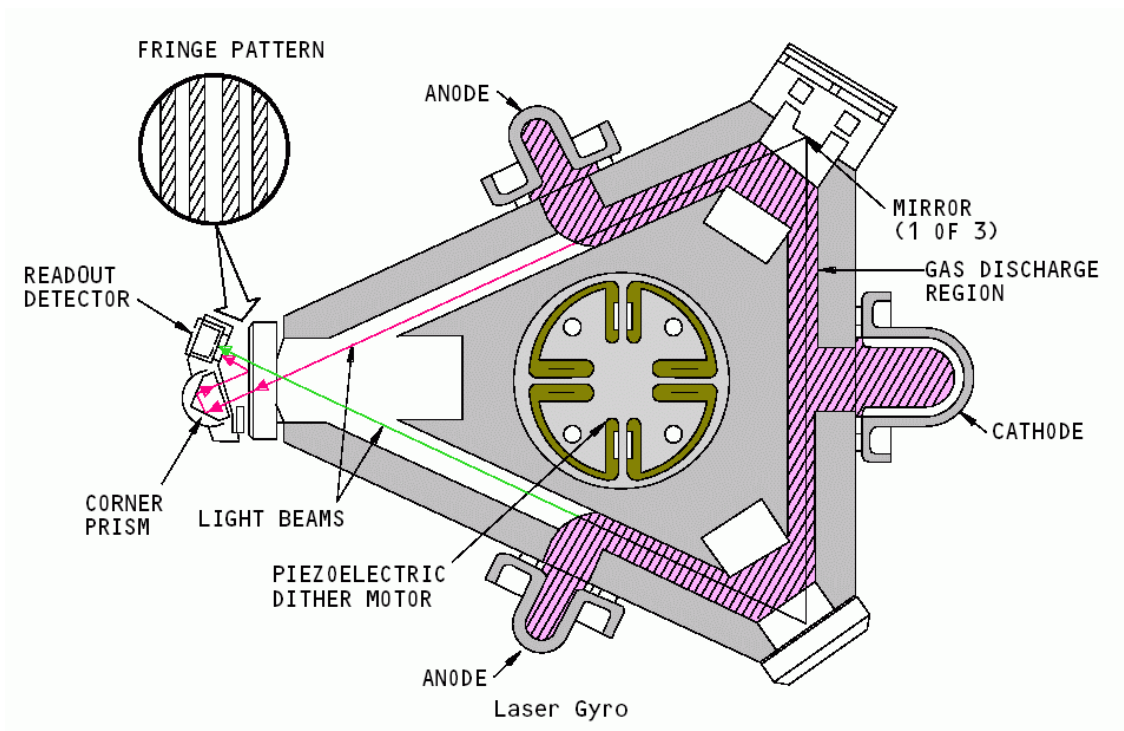
Όταν οι συχνότητες των δυο δεσμών laser διαφέρουν, δημιουργούνται κροσσοί συμβολής από διαδοχικές σκούρες και φωτεινές λωρίδες. Φωτοδίοδοι, (βλ. Readout Detector), αισθάνονται τον βαθμό και την κατεύθυνση της κίνησης των κροσσών συμβολής. Η συχνότητα και η σχετική φάση στις δυο εξόδους της φωτοδιόδου, δείχνουν το μέγεθος και την διεύθυνση της περιστροφής του δακτυλίου laser.

Κατά την διάρκεια πολύ χαμηλών ρυθμών περιστροφής, (χαμηλών γωνιακών ταχυτήτων), παρατηρείται σύζευξη των δυο δεσμών laser, εξ αιτίας της πολύ μικρής διαφοράς στις συχνότητες τους. Στην περίπτωση αυτή ‘κλειδώνουν’ οι δυο συχνότητες σε μια συχνότητα λανθασμένης τιμής, θα μπορούσε να πει κανείς ότι το γυροσκόπιο έπεσε σε ένα είδος λήθαργου.

Για την εξουδετέρωση του φαινομένου αυτού, τοποθετείται ένας κινητήρας, η μηχανισμός πιεζοηλεκτρικού τύπου στο κέντρο του δακτυλίου laser, (βλ. piezoelectric dither motor), με σκοπό να δονεί περιστροφικά το γυροσκόπιο ούτως ώστε αυτό να βρίσκεται έξω από την περιοχή της συζεύξεως των δεσμών laser. Η συνολική έξοδος του συστήματος από τον περιστροφικό αυτό κραδασμό είναι μηδέν, ούτως ώστε να μην επηρεάζει το αποτέλεσμά του



αισθητήρα από την κανονική λειτουργία. Η λειτουργία του πιεζοηλεκτρικού αυτού κινητήρα γίνεται αισθητή σαν ένας βόμβος.



Σχήμα 5.8

7: [www.k-makris.gr](http://www.k-makris.gr)

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

### Η ΓΡΑΜΜΙΚΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑ <sup>1</sup>

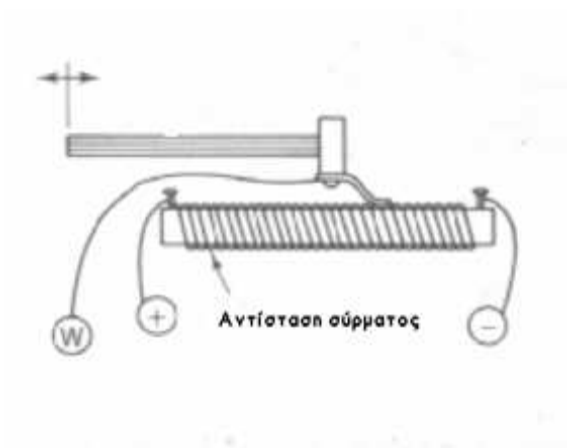
Σύμφωνα με την ομαλή κυκλική κίνηση το μέτρο της ταχύτητας παραμένει σταθερό ενώ η κατεύθυνση μεταβάλλεται συνεχώς. Η γραμμική ταχύτητα είναι ανάλογη με το τόξο που σχηματίζει το κινητό κατά την κίνηση του προς το χρόνο στον οποίο σχηματίστηκε. Δηλαδή:  $u = s / t$  Όμως επειδή αυτός ο τύπος δεν είναι πάντα εύχρηστος γιατί πολλές μεταβλητές μπορεί να είναι άγνωστες χρησιμοποιείται κυρίως ο τύπος:  $u = 2\pi R / T$  Ο τύπος αυτός προκύπτει ως εξής: Μέσα σε μια περίοδο  $T$  το τόξο  $s$  που διανύει το κινητό είναι μια περιφορά του κύκλου, δηλαδή το μήκος του κύκλου. Έτσι η γραμμική ταχύτητα είναι ανάλογη με το μήκος του κύκλου προς την περίοδο της κυκλικής κίνησης

1: [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org)

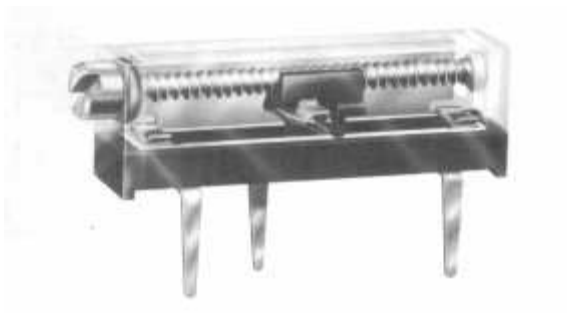
## ΑΙΣΘΗΤΗΡΙΑ ΓΡΑΜΜΙΚΗΣ ΘΕΣΗΣ ΚΑΙ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ

### 6.1 ΤΟ ΓΡΑΜΜΙΚΟ ΠΟΤΕΝΣΙΟΜΕΤΡΟ<sup>2</sup>

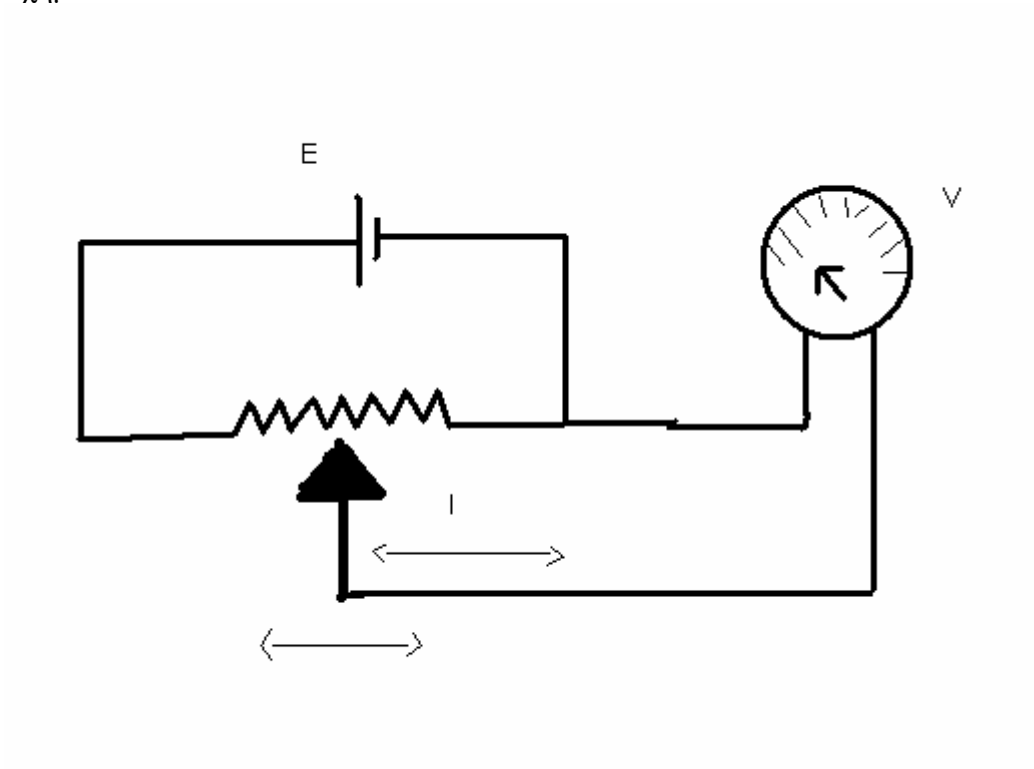
Είναι το απλούστερο αισθητήριο θέσης που υπάρχει. Αποτελείται από μια αντίσταση κατά μήκος της οποίας κινείται μια επαφή – η μεσαία λήψη όπως ονομάζεται.



Σχήμα 6.1



Σχήμα 6.2



Σχήμα 6.3

Η αντίσταση που συνήθως είναι  $10K\Omega$  τροφοδοτείται με συνεχή τάση. Η τάση τότε στη μεσαία λήψη είναι ανάλογη της απόστασης  $I$  από το άκρο της αντίστασης που έχει μηδενική τάση.

$$V = E \cdot L / I = K \cdot I$$

Όπου  $L$  είναι το συνολικό μήκος της αντίστασης. Είναι φανερό λοιπόν ότι το συγκεκριμένο όργανο μετράει τη μετατόπιση  $I$  με τη βοήθεια του πλάτους της τάσης  $V$ . Όπως φαίνεται η μέτρηση είναι γραμμική. Δηλαδή πρόκειται για ένα αναλογικό όργανο μέτρησης της μετατόπισης.

Συνήθως η αντίσταση είναι προσαρμοσμένη σε μια ακίνητη επιφάνεια η δε επαφή σε ένα κινούμενο στέλεχος. Τότε η τάση στη μεσαία λήψη ( κινούμενη επαφή ) του ποτενσιόμετρου είναι ανάλογη της μετατόπισης του στελέχους. Το στοιχείο αντίστασης μπορεί να είναι είτε κυλινδρικό είτε επίπεδο. Η διακριτική ικανότητα του οργάνου εξαρτάται από την πυκνότητα των τυλιγμάτων της αντίστασης. Στα ποτενσιόμετρα τύπου φιλμ, η αντίσταση είναι σχεδόν άπειρη. Στο εμπόριο μπορεί να βρει κάποιος γραμμικά ποτενσιόμετρα μήκους από μερικά εκατοστά μέχρι και μερικά μέτρα.

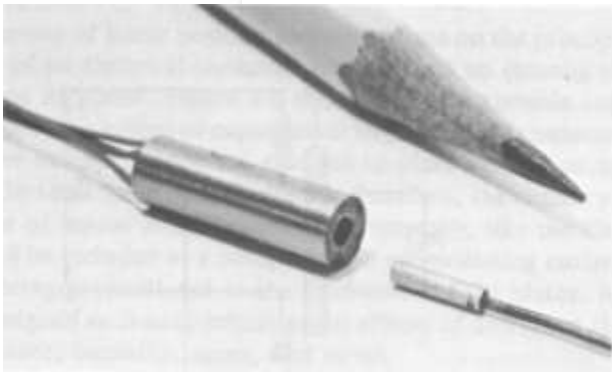
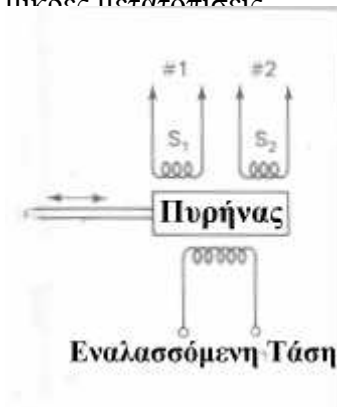
2: Αισθητήρια όργανα – Μετρήσεις.

## 6.2 Ο ΓΡΑΜΜΙΚΟΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΟΣ ΔΙΑΦΟΡΙΚΟΣ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΗΣ (LVDT) <sup>3</sup>

Το ποτενσιόμετρο έχει περιορισμένο χρόνο ζωής και απαιτεί για την κίνησή του κάποια δύναμη λόγω της τριβής /της κινούμενης επιφάνειας με την αντίσταση. Τα μειονεκτήματα αυτά δεν υπάρχουν στο γραμμικό μεταβλητό διαφορικό μετασχηματιστή. Αυτός αποτελείται βασικά από έναν σωλήνα στον οποίο υπάρχουν τρία ομοαξονικά τυλίγματα. Το κεντρικό από αυτά είναι το πρωτεύον και τα άλλα δύο τα δευτερεύοντα ( ακριβώς τα ίδια.). μέσα στον σωλήνα κινείται ελεύθερα ένας μαγνητικός πυρήνας. Το πρωτεύον τροφοδοτείται με εναλλασσόμενη υψίσυχη τάση και τα δευτερεύοντα συνδέονται σε σειρά και με αντίθετη πολικότητα. Όταν ο μαγνητικός πυρήνας βρίσκεται στο κέντρο, λόγω συμμετρίας οι τάσεις που επάγονται στα δευτερεύοντα πηνία είναι ίσες και αφού συνδέονται αντίθετα, η έξοδος είναι μηδέν. Η μετακίνηση του πυρήνα δημιουργεί ένα σήμα ( εναλλασσόμενη τάση ) στην έξοδο που το πλάτος του είναι ανάλογο της μετατόπισης, η δε φάση του δείχνει την κατεύθυνση της κίνησης.

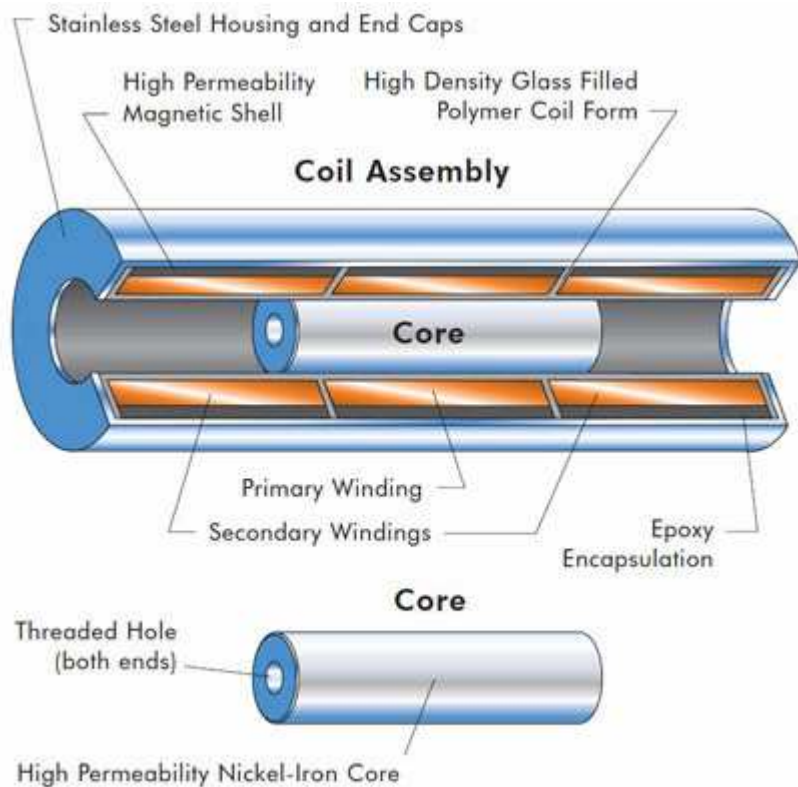
Είναι δυνατόν να παρεμβάλουμε κατάλληλες ανορθωτικές διατάξεις στην έξοδο του αισθητηρίου έτσι ώστε να μετατρέψουμε την εναλλασσόμενη τάση σε συνεχή, αν αυτό είναι επιθυμητό στην εφαρμογή μας. Ο γραμμικός μεταβλητός διαφορικός μετασχηματιστής είναι όργανο μεγάλης ακρίβειας αλλά μικρού εύρους μέτρησης.

Χρησιμοποιείται σε περιπτώσεις που θέλουμε να μετρήσουμε με μεγάλη ακρίβεια μικρές μεταβολές.



Σχήμα 6.4

3: Αισθητήρια όργανα – Μετρήσεις.

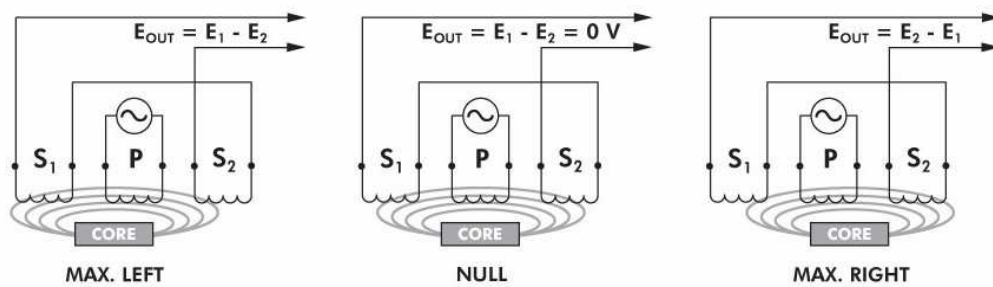


**Σχήμα 6.5**

Το σχήμα 6.5 δείχνει τα συστατικά μέρη ενός LVDT. Η εσωτερική του δομή έχει ως εξής. Ο μετασχηματιστής αποτελείται από ένα κέντρο πρωτογενούς εκκαθάρισης μεταξύ ενός ζευγαριού, που έχουν πανομοιότυπα δευτερεύοντα τυλίγματα, συμμετρικά κατανομημένα. Τα πηνία τυλίγονται σε ένα κομμάτι κοίλου και σταθερό από θερμική άποψη γυαλί ενισχυμένο πολυμερές, έγκλειστα από υγρασία τυλιγμένα σε μια υψηλής διαπερατότητας μαγνητική ασπίδα και στη συνέχεια ασφαρίζεται σε ένα κυλινδρικό περίβλημα ανοξείδωτου χάλυβα. Αυτό το πηνίο είναι συνήθως το ακίνητο στοιχείο του αισθητήρα θέσης.

Η μετακίνηση ενός LVDT αποτελεί ένα ξεχωριστό σωληναριακό οπλισμό, μαγνητικά διαπερατό που ονομάζεται πυρήνας, το οποίο είναι ελεύθερο να κινηθεί αξονικά κατά τη σπείρα του κοίλου διαμετρήματος, καθώς και μηχανικά συνδέεται με το αντικείμενο του οποίου η θέση μετράται. Αυτή η οδήγηση είναι συνήθως αρκετά μεγάλη για να παρέχει την ουσιαστική ακτινική απόσταση μεταξύ του πυρήνα και της θέσης του αντικειμένου.

Στην πράξη το LVDT ενεργοποιείται από το εναλλασσόμενο ρεύμα, το κατάλληλο πλάτος και την συχνότητα, γνωστή ως πρωταρχική διέγερση. Το ηλεκτρικό σήμα εξόδου είναι η AC διαφορά τάσης μεταξύ των δύο δευτερευόντων τυλιγμάτων, η οποία ποικίλει ανάλογα με την αξονική θέση του πυρήνα εντός της σπείρας του LVDT. Συνήθως αυτή η τάση εξόδου μετατρέπεται από κατάλληλα ηλεκτρονικά κυκλώματα για την υψηλή τάση σε επίπεδο DC ή ρεύματος που είναι πιο βολικά στη χρήση.



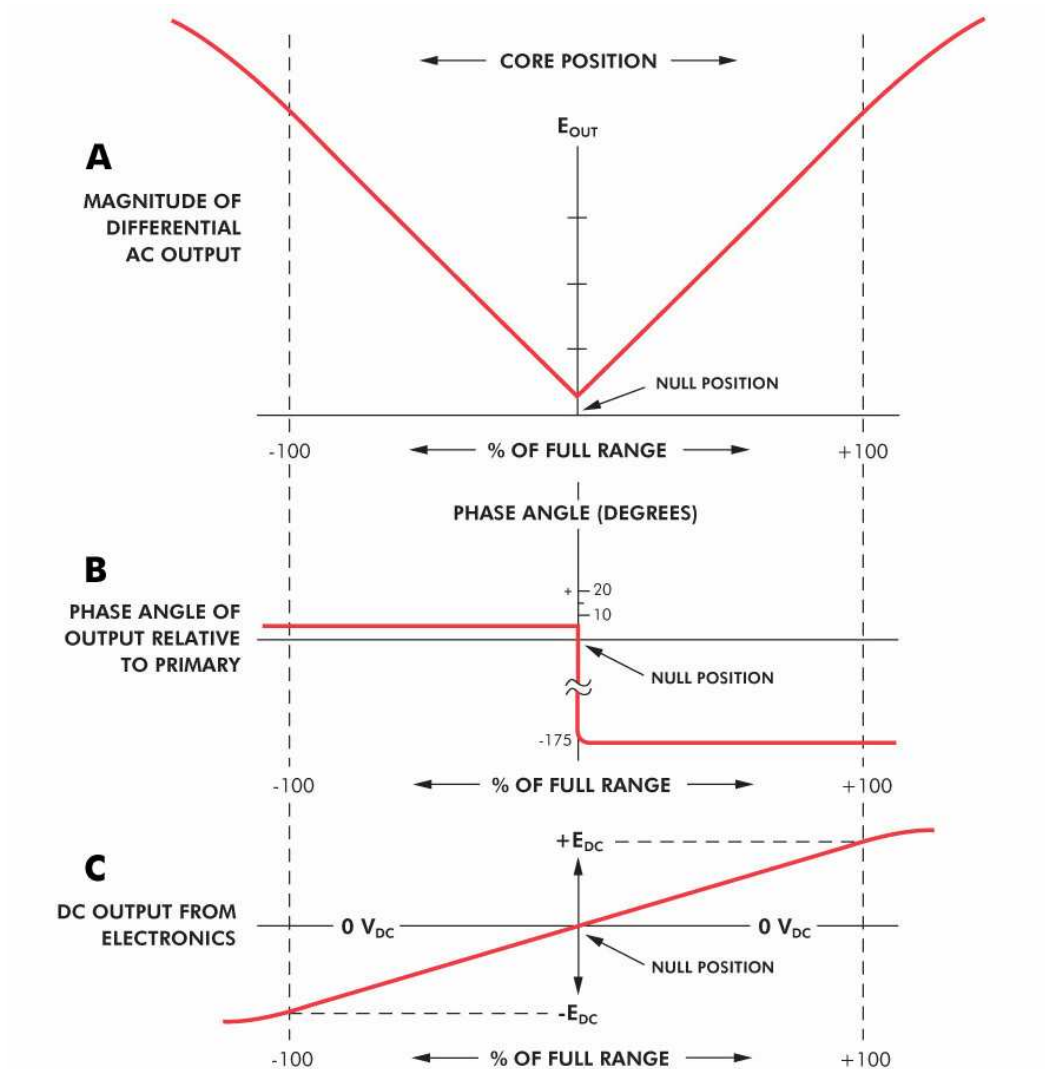
**Σχήμα 6.6**

Το σχήμα 6.6 μας πληροφορεί για το τι συμβαίνει όταν ο πυρήνας είναι σε διάφορες αξονικές θέσεις. Η πρωτεύοντα λύση P, ενεργοποιείται από μια AC πηγή πλάτους. Η μαγνητική ροή που αναπτύχθηκε συνδέεται με τον πυρήνα των γειτονικών δευτερευόντων τυλιγμάτων s1 και s2. Εάν ο πυρήνας βρίσκεται σε ίση απόσταση μεταξύ s1 και s2, ίση ροή συνδέεται με κάθε δευτερεύον, έτσι οι τάσεις E1 και E2 που προκαλείται στην περιέλιξη s1 και s2 αντίστοιχα, είναι ίσες. Όπως φαίνεται στο δεύτερο διάγραμμα ο πυρήνας έχει μετακινηθεί προς την s1, έτσι περισσότερη ροή συνδέεται με την s1 και λιγότερη με την s2, αυτό έχει σαν αποτέλεσμα η επαγόμενη τάση E1 να αυξάνεται ενώ η E2 να μειώνεται, με αποτέλεσμα η τάση διαφορικού να ήταν E1-E2. Αντιθέτως, αν ο πυρήνας είχε πλησιάσει την s2, περισσότερη ροή θα συνδεόταν με την s2 και λιγότερη με την s1, οπότε η E2 θα αυξανόταν και η E1 θα μειωνόταν με αποτέλεσμα την τάση διαφορικού E2-E1

Στο σχήμα 3<sup>A</sup> βλέπουμε πως το μέγεθος της τάσης εξόδου Eout ποικίλει ανάλογα με τη θέση του πυρήνα. Η μετατόπιση του πυρήνα από μηδενική εξαρτάται από το εύρος της πρωτογενούς τάσης διέγερσης και τον παράγοντα ευαισθησία του συγκεκριμένου LVDT. Η γωνία φάσης αυτής της τάσης εξόδου AC, Eout, οι οποίες αναφέρονται στη πρωτογενή τάση διέγερσης, παραμένει σταθερή μέχρι το κέντρο του πυρήνα που περνά το μηδενικό σημείο, όπου οι αλλαγές γωνίας και φάσης γίνονται απότομα κατά 180°, όπως φαίνεται στο σχήμα 3B.

Αυτή η μετατόπιση φάσης 180° μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να καθοριστεί η κατεύθυνση του πυρήνα από το μηδενικό σημείο με τη βοήθεια των κατάλληλων κυκλωμάτων. Αυτό φαίνεται στο κύκλωμα 3C, όπου η πολικότητα του σήματος εξόδου αντιπροσωπεύει τη θεσιακή σχέση του πυρήνα με το μηδενικό σημείο. Από τα στοιχεία μπορούμε να καταλάβουμε επίσης ότι το LVDT είναι γραμμικό στο εύρος κίνησης που καθορίζεται από την πυρήνα, αλλά και ότι ο αισθητήρας μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε εκτεταμένο φάσμα με κάποια μείωση στη γραμμικότητα της παραγωγής.<sup>4</sup>

4: [www.macrosensors.com](http://www.macrosensors.com)



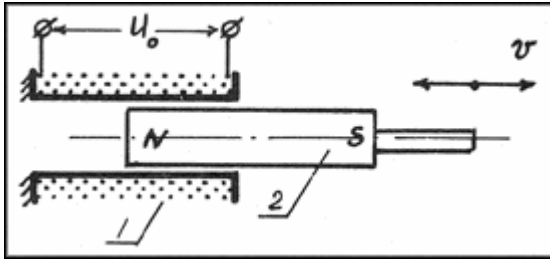
Σχήμα 6.7

### 6.3 ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΑΙΣΘΗΤΗΡΙΟ ΓΡΑΜΜΙΚΗΣ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ <sup>5</sup>

Ένα ηλεκτρομαγνητικό αισθητήριο γραμμικής ταχύτητας αποτελείται από ένα σταθερό πηνίο με ένα πυρήνα μόνιμου μαγνήτη, που διακινείται εντός της σπείρας. Ο πυρήνας είναι συνημμένος στο αντικείμενο των οποίων η ταχύτητα



πρέπει να μετρηθεί. Η ηλεκτρεγερτική δύναμη που προκαλείται στις στροφές είναι ανάλογη προς την ταχύτητα του πυρήνα.



Σχήμα 6.8

Ηλεκτρομαγνητικό αισθητήριο ταχύτητας.  $V$  = ταχύτητα,  $V_o$  = τάση εξόδου, 1 = πηνίο, 2 = μόνιμος μαγνήτης.

5: τεχνολογία αισθητήρων

## 6.4 ΜΕΘΟΔΟΙ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΓΡΑΜΜΙΚΗΣ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ

### 6.4.1 ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ ΜΕ RADAR<sup>6</sup>

Η ταχύτητα είναι η αλλαγή στην απόσταση σε ένα αντικείμενο όσον αφορά το χρόνο. Κατά συνέπεια το υπάρχον σύστημα για την απόσταση, που συνδυάζεται με μια μικρή μνήμη για να δει που ήταν ο στόχος τελευταία, είναι αρκετό για να μετρήσει την ταχύτητα. Συγχρόνως η μνήμη αποτελείται από έναν χρήστη που κάνει τα σημάδια στην οθόνη ραντάρ, και έπειτα που υπολογίζει την ταχύτητα χρησιμοποιώντας έναν κανόνα.

Εντούτοις υπάρχει μια άλλη επίδραση που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να κάνει ακριβέστερες μετρήσεις ταχύτητας, και σχεδόν αμέσως (καμία μνήμη που απαιτείται), γνωστό ως επίδραση Doppler. Σχεδόν κάθε σύγχρονο ραντάρ χρησιμοποιεί αυτήν την αρχή στο σύστημα ραντάρ σφυγμός-Doppler. Είναι επίσης δυνατό να γίνει ένα ραντάρ χωρίς οποιοδήποτε παλμό, γνωστό ως ραντάρ συνεχών-κυμάτων (ραντάρ CW), με την αποστολή ενός πολύ καθαρού σήματος μιας γνωστής συχνότητας. Τα σήματα επιστροφής από τους στόχους μετατοπίζονται μακριά από αυτήν την συχνότητα μέσω της επίδρασης Doppler επιτρέποντας τον υπολογισμό της ταχύτητας του αντικειμένου σχετικά με το ραντάρ.

6: [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org)

## 6.4.2 Radar Doppler <sup>7</sup>

**Ραντάρ Doppler** χρησιμοποιεί Επίδραση Doppler για να επιστρέφει τις πρόσθετες πληροφορίες από το α ραντάρ σύστημα. Η επίδραση Doppler μετατοπίζει τη συχνότητα της ακτίνας ραντάρ λόγω στη μετακίνηση του "στόχου", άδεια της άμεσης και ιδιαίτερα ακριβούς μέτρησης των ταχυτήτων. Τα ραντάρ Doppler αναπτύχθηκαν αρχικά για τα στρατιωτικά συστήματα ραντάρ, αλλά έχει γίνει από τότε ένα μέρος σχεδόν όλων των συστημάτων ραντάρ, συμπεριλαμβανομένου του καιρικού ραντάρ και [πυροβόλα όπλα ραντάρ](#) για την αστυνομία κυκλοφορίας και τον αθλητισμό.

## 6.4.3 ΒΑΣΙΚΗ ΕΝΝΟΙΑ <sup>8</sup>

Τα πρόωρα συστήματα ραντάρ έστειλαν τους ισχυρούς ραδιο σφυγμούς που απεικονίστηκαν από "τους στόχους" το απεικονισμένο σήμα ανιχνεύθηκε έπειτα σε μια χωριστή κεραία. Τα συστήματα εξελίχθηκαν σύντομα για να χρησιμοποιήσουν την ίδια κεραία για να ενεργήσουν και με έναν εκφωνητή και το δέκτη, με την ηλεκτρονική - α duplexer - μετατροπή μεταξύ των δύο τρόπων. Αυτοί πάλλονται τα συστήματα ραντάρ είχαν διάφορα μειονεκτήματα, εντούτοις. Δεδομένου ότι το σύστημα δεν μπόρεσε να μεταδώσει ραδιοφωνικά και να λάβει συγχρόνως, οι σφυγμοί έπρεπε να είναι αρκετά απότομα έτσι η συσκευή αποστολής σημάτων θα μπορούσε να σβηστεί, και ο δέκτης αναμμένος, πριν από το διαβιβασθέντα σφυγμό που επιστρέφεται από το ταξίδι του έξω στο στόχο και την πλάτη (δείτε Ραντάρ-διέλευση χρόνος για μια πιο λεπτομερή εξήγηση). Αυτό σήμανε ότι η συνολική ενέργεια που απεικονίζει από το στόχο μειώθηκε. Οι σφυγμοί θα μπορούσαν να επεκταθούν για να επιστρέψουν περισσότερη ενέργεια, αλλά αυτό μείωσε τη σειρά. Ένα άλλο πρόβλημα ήταν ότι οι σφυγμοί θα απεικόνιζαν μακριά οποιουδήποτε στερεού αντικειμένου, συμπεριλαμβανομένου του εδάφους, έτσι έπρεπε να δειχτούν επάνω προκειμένου να ανιχνευθούν οι αερομεταφερόμενοι στόχοι - επιτρέποντας στα αεροσκάφη για να δραπετεύσουν την ανίχνευση κοντά στο έδαφος. Ενώ αυτό ήταν μόνο ένα δευτερεύον πρόβλημα για τα επίγεια ραντάρ, τα ραντάρ αεροσκαφών δεν θα μπορούσαν να δουν τους στόχους κάτω από τους.

Η χρησιμοποίηση της επίδρασης Doppler επιτρέπει σε και τα δύο προβλήματα για να αποφευχθεί. Αντί της αποστολής των σφυγμών, το ραδιο σήμα είναι συνεχές, με αυτόν τον τρόπο μεγιστοποιώντας το ποσό ενέργειας που επιστρέφεται από το στόχο. Για αυτόν τον λόγο το σύστημα αναφέρθηκε συχνά ως **ραντάρ συνεχής-κυμάτων** όταν εισαγόταν πρώτα. Ο στόχος "βλέπει"

επειδή το επιστρεφόμενο σήμα θα είναι συχνότητα που μετατοπίζεται λόγω στην επίδραση Doppler, επιτρέποντας σε το για να διαλεχτεί του εξερχόμενου σήματος με το φιλτράρισμα. Από το ποσό μετατόπισης εξαρτάται από τη σχετική ταχύτητα του στόχου, η ελάχιστη ανιχνεύσιμη ταχύτητα είναι μια λειτουργία της στενότητας του φιλτραρίσματος που ο εξοπλισμός είναι ικανός.

Σε χρήση αεροσκαφών, τα φίλτρα μπορούν να τεθούν ως στόχος να φιλτραρίσουν έξω οποιοδήποτε σήμα με την ακριβή ίδια ταχύτητα με τα αεροσκάφη, με αυτόν τον τρόπο φιλτράροντας έξω την αντανάκλαση από το έδαφος. Αυτό επιτρέπει στο ραντάρ για να φανεί ευθύ κάτω, ανιχνεύοντας τα αεροσκάφη που ήταν στο παρελθόν αόρατα. Όπως με τα συστήματα ραντάρ σφυγμού, πολλοί σφυγμός συστημάτων Doppler επίσης το σήμα τους για να επιτρέψει τη χρήση μιας ενιαίας κεραίας σε αυτούς τους ρόλους.

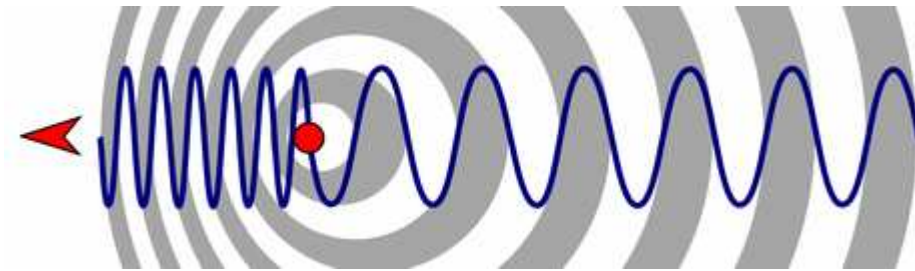
Από το Doppler το σύστημα απαιτεί μια διαφορά ταχύτητας μεταξύ της κεραίας και του στόχου για υπάρχει μια μετατόπιση φάσης που ανιχνεύει, είναι δυνατό "σε υποκριτικό" αυτοί με το πέταγμα παράλληλο στο ραντάρ, ή πλευρικά "πέρα από το μέτωπο". Για αυτόν τον λόγο τα περισσότερα συστήματα ραντάρ αεροσκαφών χρησιμοποιούν και τον δύο επιστρεφόμενο σφυγμό και η μετατόπιση Doppler για να ανιχνεύσει

#### 6.4.4 Το φαινόμενο Doppler <sup>9</sup>

Το **φαινόμενο Ντόπλερ** που πήρε το όνομά του από τον [Κρίστιαν Ντόπλερ](#) (*Christian Doppler*), είναι η παρατηρούμενη αλλαγή στη [συχνότητα](#) και το [μήκος κύματος](#) ενός κύματος από παρατηρητή που βρίσκεται σε σχετική κίνηση με την πηγή των κυμάτων. Για κύματα όπως τα [ηχητικά](#) κύματα, που διαδίδονται μέσα σε κάποιο υλικό μέσο, η ταχύτητα τόσο του παρατηρητή όσο και της πηγής, πρέπει να προσδιορίζεται σε σχέση με το μέσο διάδοσης. Το τελικό φαινόμενο Ντόπλερ μπορεί επομένως να προκύψει είτε από την κίνηση του παρατηρητή, είτε από την κίνηση της πηγής, είτε και των δύο, ως προς το μέσο διάδοσης. Καθεμιά από αυτές τις δύο επιδράσεις αναλύεται ξεχωριστά. Για κύματα που δεν χρειάζονται ένα υλικό μέσο για τη διάδοσή τους, όπως τα [ηλεκτρομαγνητικά](#) (φως) ή τα [βαρυτικά](#) κύματα στην [ειδική σχετικότητα](#), μόνο η σχετική ταχύτητα του παρατηρητή ως προς την πηγή παίζει ρόλο.

Τα πρόσημα στις ταχύτητες ακολουθούν την εξής σύμβαση: μια θετική τιμή σημαίνει κίνηση του παρατηρητή *προς* την πηγή, ενώ μια αρνητική τιμή

σημαίνει απομάκρυνση από την πηγή. Για την ταχύτητα της πηγής ισχύει η αντίστροφη σύμβαση. Ένας καλός μνημονικός κανόνας είναι ο εξής: τόσο για τον παρατηρητή όσο και για την πηγή, το «πλησίασμα» έχει την τάση να αυξήσει τη συχνότητα, ενώ η «απομάκρυνση» την τάση να μειώσει τη συχνότητα, με τις φορές των κινήσεων να λαμβάνονται πάντοτε σε σχέση με το μέσο διάδοσης. Έχει σημασία να καταλάβουμε ότι όταν για παράδειγμα η φορά της κίνησης του παρατηρητή είναι «προς» την πηγή, δεν σημαίνει απαραίτητα ότι την πλησιάζει - μπορεί η πηγή να απομακρύνεται με μεγαλύτερη ταχύτητα. Για την εύρεση όμως του σωστού πρόσημου, αρκεί να γνωρίζουμε την «τάση» της πηγής ή του παρατηρητή να πλησιάζουν ή να απομακρύνονται, ανεξάρτητα από το τελικό αποτέλεσμα. Η τελική τιμή της συχνότητας θα προκύψει από τη σχετική «δύναμη» του αριθμητή και του παρονομαστή στον παραπάνω τύπο, και μπορεί να είναι μικρότερη, μεγαλύτερη ή και ίση με την πραγματική συχνότητα, ανάλογα με τον παράγοντα που υπερισχύει.



Σχήμα 6.9

Αλλαγή μήκους κύματος που προκλήθηκε από την πηγή.

7: [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org)

8: [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org)

9: [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org)

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

### ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΙΚΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑ <sup>1</sup>

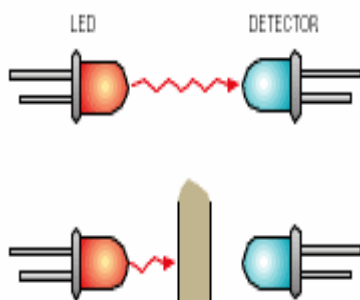
Για να καθορίσουμε τον κατάλληλο αισθητήρα για τη μέτρηση της περιστροφής, είναι σημαντικό να κατανοήσουμε τους τύπους των αισθητήρων που είναι διαθέσιμοι και να εξετάσουμε το σύνολο του συστήματος, συμπεριλαμβανομένων των ιδιοτήτων τους. Το κλειδί για την καλύτερη επιλογή του αισθητήρα είναι η ορθή κατανόηση όλων των παραμέτρων του. Κάθε τύπος συσκευής έχει τα δικά του πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα.

1: [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org)

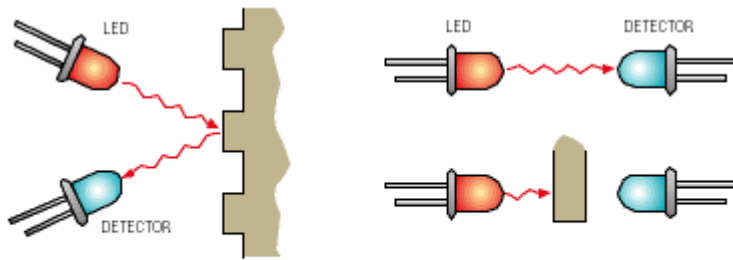
#### 7.1 ΑΝΑΚΛΑΣΤΙΚΟΣ ΑΙΣΘΗΤΗΡΑΣ <sup>2</sup>

Ένας ανακλαστικός αισθητήρας λειτουργεί με μια ακτίνα φωτός έναντι του στόχου και στη συνέχεια μετράει την ανακλώμενη δέσμη. Αυτή η μέθοδος αποδίδει μεγάλη ευελιξία και δεν χρησιμοποιείται μόνο για τη μέτρηση της ταχύτητας καθώς τα διερχόμενα χαρακτηριστικά αλλάζουν με την ποσότητα του φωτός που ανακλάται. Με τον κατάλληλο αισθητήρα μπορούν να μετρούν την πραγματική απόσταση από το στόχο.

Στο σχήμα 7α φαίνεται ένας αντανακλαστικός οπτικός αισθητήρας, στο σχήμα 7β φαίνεται ένας οπτικός διακόπτης.



Σχήμα 7α

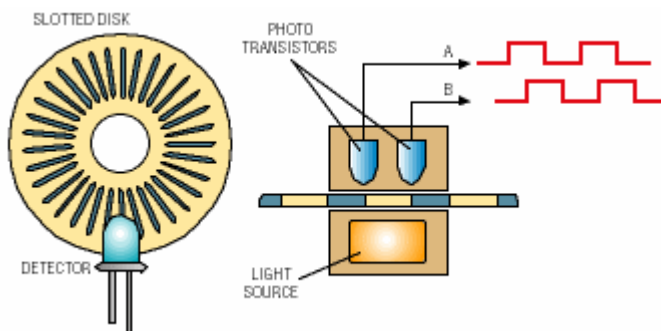


Σχήμα 7β

Ο αισθητήρας διακόπτης ( σχήμα 7β) λειτουργεί με μια ακτίνα φωτός που λάμπει από πομπό σε δέκτη. Επειδή ο στόχος πρέπει να κινηθεί μέσω της αισθαμένης δομής, ο εν λόγω αισθητήρας προσφέρει μικρότερη ευελιξία απ’ ότι ένας αντανακλαστικός αισθητήρας. Το σημαντικότερο πλεονέκτημα ενός αισθητήρα διακόπτη είναι το κόστος του. Είναι διαθέσιμα από πολλούς κατασκευαστές με λιγότερο από 1\$.

## 7.2 ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΤΕΣ <sup>3</sup>

Οι περισσότεροι οπτικοί κωδικοποιητές βασίζονται στην αρχή του διακόπτη, αλλά απασχολούν περισσότερους από ένα δέκτη. Ένας αυξητικός κωδικοποιητής έργου, χρησιμοποιεί δύο δέκτες, ελαφρά αντισταθμισμένους γύρω από την περιφέρεια για την παροχή πληροφοριών από αισθητήρες κατεύθυνσης. Ένας απόλυτος κωδικοποιητής χρησιμοποιεί πολλούς δέκτες, ένα για κάθε bit στη λέξη εξόδου και ένα πολύπλοκο πρότυπο για την ενεργοποίησή τους, σύμφωνα με ένα δυαδικό κώδικα που αντιστοιχεί στη γωνιακή θέση του στόχου.

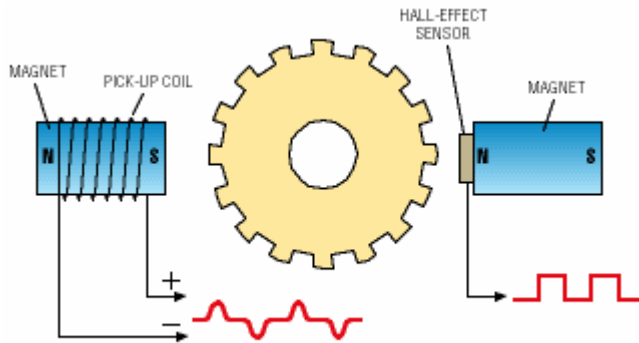


Σχήμα 7.2

Στη συγκεκριμένη περίπτωση η ταχύτητα και η επίλυση των οπτικών μεθόδων ανίχνευσης είναι εξαιρετική. Οι κωδικοποιητές είναι ευαίσθητοι στη μόλυνση και μπορούν να καταστραφούν εύκολα από μηχανικά χτυπήματα και κραδασμούς. Λόγω των ιδιοτήτων των φωτοδίοδων που χρησιμοποιούνται ως δέκτες, οι οπτικοί αισθητήρες χάνουν τις επιδόσεις τους σε υψηλές θερμοκρασίες.

### 7.3 ΜΑΓΝΗΤΙΚΟΙ ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ <sup>4</sup>

Ένας αισθητήρας VR (σχήμα 7.3) μπορεί να είναι φθηνός και αξιόπιστος. Το μέγεθος του σήματος εξόδου κυμαίνεται γραμμικά με την ταχύτητα. Αυτό απαιτεί εξωτερική ηλεκτρονική για να ανακτήσει το σήμα ταχύτητας και επίσης προβλέπει κατώτατο όριο για τις ταχύτητες στόχου που δύναται να ανιχνευτούν με αξιόπιστο τρόπο.



Σχήμα 7.3

Ένας άλλος δημοφιλής αισθητήρας ταχύτητας βασίζεται στην αρχή Ecko. Η συσκευή αυτή έχει δύο μειονεκτήματα όταν χρησιμοποιείται σαν αισθητήρας ταχύτητας. Το πρώτο είναι ότι οι αισθητήρες Ecko έχουν συνήθως χαμηλό χωρικό ψήφισμα και δεν μπορούν να ανιχνεύσουν αξιόπιστα. Το δεύτερο είναι ότι τείνουν να είναι αργοί, περιορίζοντας τη χρησιμότητά τους.

Οι αισθητήρες *Wiegand* είναι δομικά όμοιοι με τους αισθητήρες VR, με ένα πηνίο γύρω από ένα πυρήνα. Η διαφορά είναι ότι οι αισθητήρες *Wiegand* δεν χρησιμοποιούν ένα μαγνήτη ως πυρήνα και πρέπει να ενεργοποιούνται με εξωτερικό μαγνήτη που συνδέεται με το στόχο. Τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα για αυτούς τους αισθητήρες είναι ότι λειτουργούν σε ένα ευρύ φάσμα θερμοκρασιών, μπορούν να ανιχνεύσουν αργά κινούμενους στόχους και καταναλώνουν μηδενική ενέργεια.

2: [www.macrosensors.com](http://www.macrosensors.com)

3: [www.macrosensors.com](http://www.macrosensors.com)

4: [www.macrosensors.com](http://www.macrosensors.com)

#### 7.3.1 ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΜΑΓΝΗΤΙΚΩΝ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ <sup>5</sup>

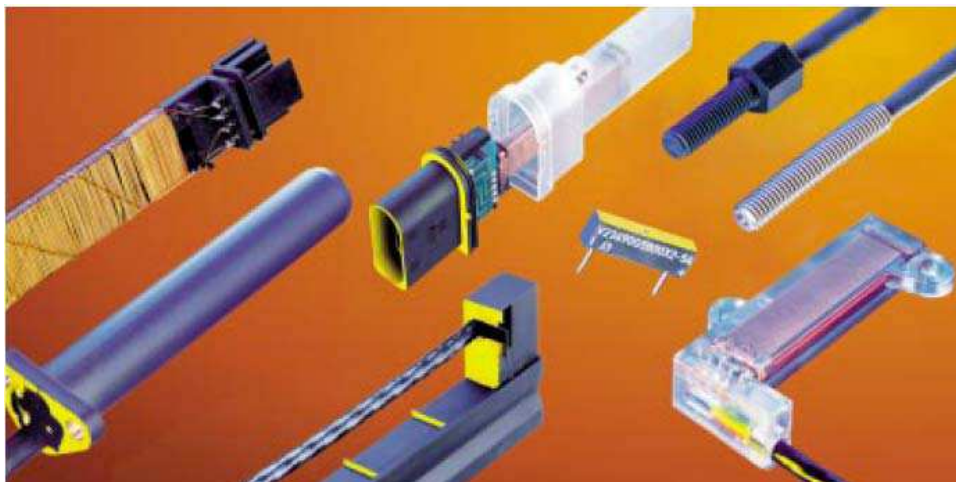
Οι μαγνητικοί αισθητήρες βοήθησαν στο να αναλυθούν και να ελεγχθούν εκατοντάδες παράγοντες για αρκετές δεκαετίες. Οι υπολογιστές έχουν απεριόριστη μνήμη χάρη στη χρήση μαγνητικών αισθητήρων στους μαγνητικούς σκληρούς δίσκους και στις δισκέτες εγγραφής. Τα αεροπλάνα πετούν με υψηλότερα σάνταρ ασφάλειας εξαιτίας της υψηλής σταθερότητας των διακοπών χωρίς επαφή οι οποίοι έχουν μαγνητικούς αισθητήρες. Οι βιομηχανίες έχουν υψηλή παραγωγικότητα εξαιτίας της

υψηλής σταθερότητας και του χαμηλού κόστους των μαγνητικών αισθητήρων.

Υπάρχουν πολλοί τρόποι να αισθανθείς το μαγνητικό πεδίο οι περισσότεροι από αυτούς βασίζονται στην στενή σχέση μεταξύ των μαγνητικών και ηλεκτρικών φαινομένων. Στην εργασία θα περιγραφούν οι πιο διαδεδομένες τεχνολογίες. Ένα κοινό στοιχείο όλων των εφαρμογών είναι ότι οι μαγνητικοί αισθητήρες εξασφαλίζουν μία αξιόπιστη τεχνολογία συγκρινόμενοι με άλλες τεχνολογίες αισθητήρων.

Υπάρχουν τρεις τύποι μαγνητικών αισθητήρων

<b>Αισθητήρες PLCD</b>	<b>Παλμικοί Αισθητήρες</b>	<b>Αισθητήρες θέσης και αντιστάθμισης</b>
<b>Χαρακτηριστικά</b>	<b>Χαρακτηριστικά</b>	<b>Χαρακτηριστικά</b>
Μέτρηση γραμμικής κίνησης μέχρι 250 mm	Βηματική ανίχνευση στροφής, περιοδικών κινήσεων εμβόλων	Ακρίβεια στο σημείο εναλλαγής
Δυνατότητα ενεργοποίησης μέσω διαχωριστικών τοιχωμάτων	μηδενική κατανάλωση ισχύος	Απουσία υστέρησης, σταθερό σημείο αναφοράς
Απόσταση ενεργοποίησης μέχρι ~20 mm	Υψηλος δείκτης απόδοσης	Σταθερή απόκριση σε υψηλές θερμοκρασίες και σε θερμοκρασίες μεταβολές



Σχήμα 7.4



Στο σχήμα 7.4 φαίνονται διάφοροι τύποι μαγνητικών αισθητήρων που χρησιμοποιούνται σήμερα.

## 7.4 Αισθητήρες στροφών <sup>6</sup>

Οι αισθητήρες στροφών των τροχών ανιχνεύουν την ταχύτητα περιστροφής καθενός τροχού και παράγουν σήματα εξόδου. Τα σήματα αυτά πληροφορούν την ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου για την ολίσθηση ή μη των τροχών. Ο αισθητήρας στροφών είναι αισθητήρας επαγωγικού τύπου. Αποτελείται από ένα πηνίο τυλιγμένο γύρω από έναν μόνιμο μαγνήτη. Μπροστά από τον αισθητήρα περιστρέφεται ένας οδοντωτός τροχός. Κατά την περιστροφή του οδοντωτού τροχού μπροστά από τον αισθητήρα παράγεται μία εναλλασσόμενη τάση. Η συχνότητα της παραγόμενης τάσης είναι ανάλογη με την περιστροφή του τροχού. Το σήμα της παραγόμενης τάσης πληροφορεί την ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου για την περιστροφή τροχών.

Ο οδοντωτός τροχός τοποθετείται στο ημιαξόνιο του τροχού, στην πλήμνη, στο διαφορικό ή στον κεντρικό άξονα. Ο αισθητήρας στροφών τοποθετείται σε σταθερή θέση, σε απόσταση 1 - 1,5 mm από τον οδοντωτό τροχό.

## 7.5 Περιστροφικοί αισθητήρες ταχύτητας για τα οχήματα ραγών <sup>7</sup>

Πολλά από τα υποσυστήματα σε ένα όχημα ραγών εξαρτώνται από ένα αξιόπιστο και ακριβές περιστροφικό σήμα ταχύτητας, σε μερικές περιπτώσεις ως μέτρο της ταχύτητας ή αλλαγές στην ταχύτητα. Αυτό ισχύει in particular στον έλεγχο έλξης, αλλά και στην προστασία φωτογραφικών διαφανειών ροδών, την εγγραφή, έλεγχος τραίνων, έλεγχος πορτών et ainsi de suite και τα λοιπά. Αυτοί οι στόχοι εκτελούνται από διάφορους περιστροφικούς αισθητήρες ταχύτητας που μπορούν να βρεθούν στα διάφορα μέρη του οχήματος.

Στο παρελθόν, οι αισθητήρες για αυτόν το λόγο συχνά απέτυχαν να λειτουργήσουν ικανοποιητικά ή δεν ήταν αρκετά αξιόπιστοι και έδωσαν αφορμή για τα ελαττώματα οχημάτων. Αυτό ήταν ιδιαίτερα η περίπτωση για τους πρόωρους κυρίως αναλογικούς αισθητήρες, αλλά τα ψηφιακά πρότυπα επηρεάστηκαν επίσης.

Αυτό οφειλόταν κυρίως στους εξαιρετικά σκληρούς λειτουργούντες όρους που αντιμετώπιστηκαν στα οχήματα ραγών. Τα σχετικά πρότυπα διευκρινίζουν τα λεπτομερή κριτήρια δοκιμής, αλλά μέσα

## 7.6 Περιστροφικοί αισθητήρες ταχύτητας για τις μηχανές

### 7.6.1 Αισθητήρες ταχύτητας μηχανών Bearingless<sup>8</sup>

Αν και τα οχήματα ραγών περιστασιακά χρησιμοποιούν τις κινήσεις χωρίς αισθητήρες, οι περισσότεροι χρειάζονται έναν περιστροφικό αισθητήρα ταχύτητας για το σύστημα ρυθμιστών τους. Ο πιο κοινός τύπος είναι ένας two-channel αισθητήρας που ανιχνεύει μια οδοντωτή ρόδα στον άξονα ή το κιβώτιο ταχυτήτων μηχανών και επομένως δεν απαιτεί ένα δικό του ρουλεμάν.

Η ρόδα στόχων μπορεί να παρασχεθεί ιδιαίτερα για αυτόν το λόγο ή μπορεί να είναι ήδη παρούσα στο σύστημα κίνησης. Οι σύγχρονοι αισθητήρες αυτού του τύπου χρησιμοποιούν την αρχή της διαμόρφωσης μαγνητικών πεδίων και είναι κατάλληλοι για τις σιδηρομαγνητικές ρόδες στόχων με μια ενότητα μεταξύ του  $\mu = 1$  και το  $\mu = 3.5$  (D.P.=25 σε D.P.=7). Η μορφή των δοντιών είναι δευτεροβάθμιας σπουδαιότητας οι ρόδες στόχων με involute ή ορθογώνιο toothing μπορούν να ανιχνευθούν. Ανάλογα με τη διάμετρο και τα δόντια της ρόδας είναι δυνατό να πάρει μεταξύ 60 και 300 σφυγμών ανά επανάσταση, η οποία είναι ικανοποιητική για τις κινήσεις της χαμηλότερης και μέσης απόδοσης έλξης.

Αυτός ο τύπος αισθητήρα αποτελείται κανονικά από δύο [αισθητήρες επίδρασης αιθουσών](#), ένας μαγνήτης σπάνιας γης και μια κατάλληλη ηλεκτρονική αξιολόγησης. Ο τομέας του μαγνήτη διαμορφώνεται από τα περνώντας δόντια στόχων. Αυτή η διαμόρφωση καταχωρείται από τους αισθητήρες αιθουσών, μετατρέπεται από ένα στάδιο συγκριτών σε ένα τετραγωνικό σήμα κυμάτων και ενισχύεται σε ένα στάδιο οδηγών.

Δυστυχώς, η επίδραση αιθουσών ποικίλλει πολύ με τη θερμοκρασία. Ευαισθησία των αισθητήρων η» και επίσης το σήμα που αντισταθμίζεται επομένως εξαρτάται όχι μόνο από το κενό αέρα αλλά και από τη θερμοκρασία. Αυτό επίσης πάρα πολύ μειώνει το μέγιστο επιτρεπτό κενό αέρα μεταξύ του αισθητήρα και της ρόδας στόχων. Στη θερμοκρασία δωματίου ένα κενό αέρα 2 έως 3 χιλ. μπορεί να ανεχτεί χωρίς δυσκολία για μια χαρακτηριστική ρόδα στόχων της ενότητας  $\mu = 2$ , αλλά στην απαραίτητη σειρά θερμοκρασίας από 40°C σε 120°C που το μέγιστο χάσμα για την αποτελεσματική εγγραφή σημάτων πέφτει σε 1.3 χιλ. Οι μικρότερες ρόδες στόχων πισσών με την ενότητα  $\mu = 1$  χρησιμοποιούνται συχνά για να πάρουν ένα ψήφισμα υψηλότερου χρόνου ή για να καταστήσουν την κατασκευή συμπαγέστερη. Σε αυτήν την περίπτωση το μέγιστο πιθανό κενό αέρα είναι μόνο 0.5 έως 0.8 χιλ.

Για το μηχανικό σχέδιου, το ορατό κενό αέρα με το οποίο ο αισθητήρας καταλήγει είναι πρώτιστα το αποτέλεσμα του συγκεκριμένου σχεδίου μηχανών, αλλά υπόκειται σε ο, τιδήποτε περιορισμοί απαιτούνται για να καταχωρήσουν την περιστροφική ταχύτητα. Εάν αυτό σημαίνει ότι το πιθανό κενό αέρα πρέπει να βρεθεί μέσα σε μια πολύ μικρή σειρά, κατόπιν αυτό θα περιορίσει επίσης τις μηχανικές ανοχές των ροδών κατοικίας μηχανών και στόχων για να αποτρέψει τις εγκαταλείψεις σημάτων κατά τη λειτουργία. Αυτό σημαίνει ότι στην πράξη μπορούν να υπάρξουν προβλήματα, ιδιαίτερα με τις μικρότερες ριγμένες ρόδες στόχων της ενότητας  $\mu = 1$  και ασύμφοροι συνδυασμοί ανοχών και ακραίων θερμοκρασιών. Από την άποψη του κατασκευαστή μηχανών, και ακόμα περισσότερο το χειριστή, πρόκειται επομένως καλύτερα να ψάξει τους αισθητήρες ταχύτητας με ένα ευρύτερο φάσμα του κενού αέρα.

Το αρχικό σήμα από έναν αισθητήρα αιθουσών χάνει το εύρος αισθητά καθώς το κενό αέρα αυξάνεται. Για τους κατασκευαστές αισθητήρων αυτό σημαίνει ότι πρέπει να παρέχουν τη μέγιστη πιθανή αποζημίωση για την αιθουσών κλίση όφσετ του σήματος φυσικά προκληθείσα. Ο συμβατικός τρόπος αυτό είναι να μετρηθεί η θερμοκρασία στον αισθητήρα και να χρησιμοποιηθούν αυτές οι πληροφορίες για να αντισταθμίσει το όφσετ, αλλά αυτό αποτυγχάνει για δύο λόγους: αρχικά επειδή η κλίση δεν ποικίλλει γραμμικά με τη θερμοκρασία, και αφετέρου επειδή όχι ακόμη και το σημάδι της κλίσης είναι το ίδιο για όλους τους αισθητήρες.

Για μια νέα γενεά αισθητήρων ήταν επομένως απαραίτητο να βρεθεί ένας άλλος τρόπος: ένας ενσωματωμένος επεξεργαστής σημάτων διορθώνει τώρα το όφσετ και το εύρος των σημάτων αισθητήρων αιθουσών. Αυτή η διόρθωση είναι τόσο αποτελεσματική που κάποια μπορεί σχεδόν να διπλασιάσει το μέγιστο επιτρεπτό κενό αέρα στον αισθητήρα ταχύτητας. Σε μια ενότητα  $\mu = 1$  ρόδα στόχων αυτοί οι νέοι αισθητήρες μπορεί να ανεχτεί ένα κενό αέρα 1.4 χιλ., το οποίο είναι ευρύτερο από αυτό για τους συμβατικούς αισθητήρες ταχύτητας στην ενότητα  $\mu = 2$  ρόδες στόχων. Σε μια ενότητα  $\mu = 1$  ρόδα 2 στόχων οι νέοι αισθητήρες ταχύτητας μπορεί να ανεχτεί το χάσμα τουλάχιστον 2.2 χιλ. Είναι επίσης δυνατό να αυξηθεί εμφανώς η ποιότητα σημάτων. Και ο κύκλος καθήκοντος και η μετατόπιση φάσης μεταξύ των δύο καναλιών είναι τουλάχιστον τρεις φορές τόσο σταθερές παρά την κυμαινόμενη κλίση κενού αέρα και θερμοκρασίας.

Επιπλέον, παρά τη σύνθετη ηλεκτρονική είναι επίσης δυνατό να αυξηθεί [MTBF](#) για τους νέους αισθητήρες ταχύτητας από έναν παράγοντα τριών έως τέσσερα. Έτσι όχι μόνο παρέχουν τα ακριβέστερα σήματα, η διαθεσιμότητα σημάτων τους είναι επίσης σημαντικά καλύτερη.

Αυτοί οι νέοι αισθητήρες, ακόμα με τη γνωστή εμφάνιση, κατά συνέπεια ανοίγουν ολόκληρες τις νέες δυνατότητες για τους σχεδιαστές των κινήσεων για τα κινητά αποθέματα εξοπλισμού. Οι αισθητήρες διατιμώνται γοητευτικά και λειτουργούν χωρίς φθορά λόγω χρήσης.<sup>6</sup>

- 5: [www.worldlingo.com](http://www.worldlingo.com)
- 6: [www.worldlingo.com](http://www.worldlingo.com)
- 7: [www.worldlingo.com](http://www.worldlingo.com)
- 8: [www.worldlingo.com](http://www.worldlingo.com)

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- ✓ Αισθητήρια όργανα- μετρήσεις.
- ✓ [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org)
- ✓ [www.worldlingo.com](http://www.worldlingo.com)
- ✓ [www.macrosensors.com](http://www.macrosensors.com)
- ✓ Εισαγωγή στα συστήματα μέτρησης.
- ✓ τεχνολογία αυτοματισμών.
- ✓ <http://mtee.net>
- ✓ automotive electronics handbook
- ✓ [www.transtekinc.com](http://www.transtekinc.com)
- ✓ [www.engineershandbook.com](http://www.engineershandbook.com)
- ✓ τεχνολογία αισθητήρων.