

## Εφαρμογές Μετρήσεων-Επιλογή αισθητήρα

### Επιθυμητές ιδιότητες αισθητήρα

- **Μεγάλη περιοχή λειτουργίας**
- **Γραμμική απόκριση χωρίς θόρυβο**
- **Στιγμιαία απόκριση**
- **Άπειρο εύρος συχνοτήτων**
- **Μεγάλη ευαισθησία, σταθερή σε μεγάλη περιοχή λειτουργίας**
- **Άπειρη διακριτική ικανότητα**

## **Ανεπιθύμητες ιδιότητες αισθητήρα**

- **Μικρή περιοχή λειτουργίας**
- **Μη γραμμικότητα**
- **Αργή απόκριση**
- **Μικρή ευαισθησία**
- **Ολίσθηση ευαισθησίας ή αναφοράς**
- **Offset και ολίσθηση του**
- **Γήρανση, Υστέρηση**
- **Θόρυβος**

## Επιλογή αισθητήρα

■ Σε μία εφαρμογή μέτρησης, το βασικότερο σημείο είναι η επιλογή του αισθητήρα. Τα κύρια κριτήρια για επιλογή αισθητήρα είναι:

i) κλίμακα


ii) ευαισθησία


iii) δυναμική απόκριση


iv) έξοδος

v) περιβάλλον χρήσης

vi) τιμή

 Πολλές φορές, υπάρχουν διάφοροι τύποι αισθητήρα κατάλληλοι για κάποια εφαρμογή και πρέπει να επιλέξουμε τον πλέον κατάλληλο

 Άλλες φορές όμως, δεν μας είναι προφανές τι τύπο αισθητήρα θα πρέπει να επιλέξουμε για μία εφαρμογή

 Επίσης, σε κάποιες περιπτώσεις, δεν είναι προφανές με βάση ποια φυσική παράμετρο θα επιλύσουμε το τεχνικό πρόβλημα που έχουμε

## Κατηγορίες αισθητήρων που εξετάσαμε

 Γραμμικής μετατόπισης	 Δύναμης
 Γωνιακής μετατόπισης	 Πίεσης
 Ταχύτητας	 Μηχανικής τάσης
 Επιτάχυνσης	 Θερμοκρασίας
 Προσέγγισης	 Ροής
 Στάθμης	 Ακτινοβολίας

## Επιλογή αισθητήρα θερμοκρασίας

**Αισθητήρες θερμοκρασίας καθημερινής χρήσης με απλή ένδειξη:**

- **Θερμόμετρα διαστολής υγρού**
- **Θερμόμετρα με διμεταλλικό έλασμα**

**Αισθητήρες θερμοκρασίας με ηλεκτρική έξοδο:**

- **Θερμοζεύγος**
- **Θερμόμετρο ηλεκτρικής αντίστασης**
- **Θερμίστορ**

**Αισθητήρες θερμοκρασίας για μέτρηση από μακριά: Πυρόμετρο**

## Συγκριτικός πίνακας αισθητήρων θερμοκρασίας με ηλεκτρική έξοδο

<b>Ιδιότητα</b>	<b>Τύπος</b>	<b>Θερμοζεύγος</b>	<b>Ηλεκτρική αντίσταση</b>	<b>Θερμίστορ</b>
<b>Περιοχή μέτρησης</b>		Μεγάλη: -250 έως 2500 °C	Μεσαία: -220 έως 650	Μικρή: -50 έως 250 °C
<b>Ακρίβεια</b>		Μικρή: 0.5 έως 5 °C	Μεγάλη: 0.01 έως 0.05	Μεσαία: -0.05 έως 1 °C
<b>Ευαισθησία</b>		Μικρή: δεκάδες μV/°C	Μεσαία: 0.1-δεκάδες	Μεγάλη: εκατοντάδες Ω/°C
<b>Ταχύτητα απόκρισης</b>		Γρήγορη: ms	Αργή: έως και 50 s	Μεσαία: ms έως s
<b>Γραμμικότητα</b>		Σχετικά καλή	Άριστη	Κακή

<b>Σταθερότητα σε διάρκεια Έξοδος</b>	<b>Περίπου ικανοποιητική Τάση</b>	<b>Πολύ καλή Αντίσταση</b>	<b>Όχι ικανοποιητική Αντίσταση</b>
<b>Ανάγκη τροφοδοσίας</b>	<b>ΟΧΙ</b>	<b>ΝΑΙ</b>	<b>ΝΑΙ</b>
<b>Μέγεθος</b>	<b>Μικρό</b>	<b>Σχετικά μεγάλο</b>	<b>Σχετικά μικρό</b>
<b>Κόστος</b>	<b>Μικρό</b>	<b>Μεγάλο</b>	<b>Σχετικά μικρό</b>

# Πλεονεκτήματα-μειονεκτήματα αισθητήρων θερμοκρασίας με ηλεκτρική έξοδο

	<b>Πλεονεκτήματα</b>	<b>Μειονεκτήματα</b>
<b>Θερμοζεύγος</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>■ Όχι ανάγκη τροφοδοσίας</li><li>■ Μεγάλη κλίμακα</li><li>■ Μεγάλη ποικιλία</li><li>■ Σημειακές μετρήσεις</li><li>■ Γρήγορη απόκριση</li><li>■ Φτηνή λύση</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>■ Μικρή τάση εξόδου</li><li>■ Μικρή μη γραμμικότητα</li><li>■ Ανάγκη αναφοράς</li><li>■ Μικρή ευαισθησία</li><li>■ Μικρή σταθερότητα</li></ul>

<b>Ηλεκτρική αντίσταση</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Μεγάλη ακρίβεια</li> <li>■ Πολύ καλή σταθερότητα</li> <li>■ Καλή γραμμικότητα</li> <li>■ Καλή επαναληψιμότητα</li> <li>■ Μετρήσεις περιοχής</li> <li>■ Ανθεκτική σε «κακό περιβάλλον»</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Σχετικά μεγάλο κόστος</li> <li>■ Σχετικά μεγάλο μέγεθος</li> <li>■ Αργή απόκριση</li> <li>■ Ανάγκη τροφοδοσίας</li> <li>■ Αυτοθέρμαση</li> </ul>
<b>Θερμίστορ</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Μεγάλη ευαισθησία</li> <li>■ Μεγάλη έξοδος</li> <li>■ Φτηνή λύση</li> <li>■ Γρήγορη απόκριση</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Μη γραμμική απόκριση</li> <li>■ Περιορισμένη κλίμακα</li> <li>■ Εύθραυστη</li> <li>■ Ανάγκη τροφοδοσίας</li> <li>■ Αυτοθέρμαση</li> </ul>

## Συγκριτικός πίνακας αισθητήρων πίεσης

<b>Τύπος</b> <b>Ιδιότητα</b>	<b>Διάφραγμα</b> <b>Χωρητικός</b>	<b>Πιεζοηλεκτρικός</b>	<b>Σωλήνας</b> <b>Bourdon</b>
<b>Περιοχή μέτρησης</b>	<b>Μεγάλη:</b> <b>10<sup>-7</sup> έως 2 bar</b>	<b>Μεγάλη:</b> <b>1 έως 1000 bar</b>	<b>Πολύ μεγάλη:</b> <b>έως 10000 bar</b>
<b>Ακρίβεια</b>	<b>Καλή: 0.2 % της</b> <b>κλίμακας</b>	<b>Μεσαία: 1 % της</b> <b>κλίμακας</b>	<b>Μεσαία: 2-5 %</b> <b>της κλίμακας</b>
<b>Ευαισθησία</b>	<b>Πολύ καλή: 0.4%</b> <b>σχετική αλλαγή της</b> <b>χωρητικότητας ανά</b> <b>kN/m<sup>2</sup></b>	<b>Πολύ καλή:</b> <b>Μερικά mV/bar</b>	<b>Όχι καλή</b>
<b>Γραμμικότητα</b>	<b>Σχετικά καλή</b>	<b>Καλή</b>	<b>Όχι καλή</b>









<b>Έξοδος</b>	<b>Χωρητικότητα</b>	<b>Τάση</b>	<b>Μετατόπιση</b>
<b>Δυναμική απόκριση</b>	<b>Καλή</b>	<b>Πολύ καλή</b>	<b>Όχι καλή</b>
<b>Μέγεθος</b>	<b>Πολύ μικρό</b>	<b>Σχετικά μικρό</b>	<b>Σχετικά μεγάλο</b>
<b>Κόστος</b>	<b>Μεγάλο</b>	<b>Μεγάλο</b>	<b>Μικρό</b>

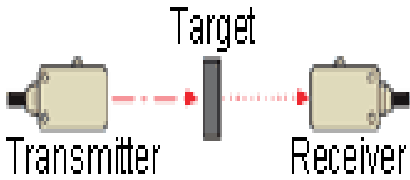
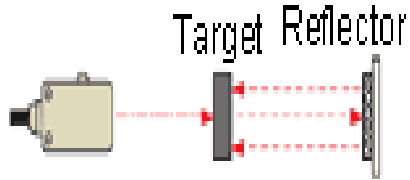
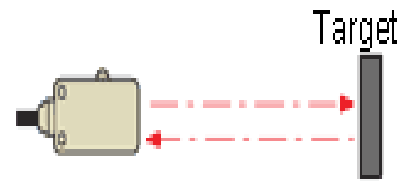
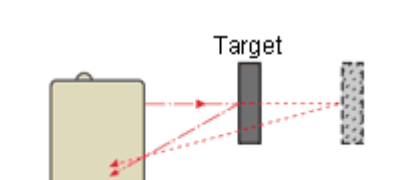
## Συγκριτικός πίνακας αισθητήρων ροής

<b>Τύπος</b> <b>Ιδιότητα</b>	<b>Με εμπόδιο</b>	<b>Θετικής μετατόπισης</b>	<b>Ηλεκτρο- μαγνητικός</b>	<b>Με υπέρηχους</b>
<b>Ακρίβεια</b>	2 – 4 % της κλίμακας	0.2 – 0.5 % της κλίμακας	0.5 % της κλίμακας	1 – 5 % της κλίμακας
<b>Απώλεια πίεσης</b>	<b>Μικρή</b>	<b>Μεγάλη</b>	<b>Καθόλου</b>	<b>Καθόλου</b>
<b>Κόστος αγοράς</b>	<b>Χαμηλό</b>	<b>Μεσαίο</b>	<b>Υψηλό</b>	<b>Υψηλό</b>
<b>Κόστος συντήρησης</b>	<b>Υψηλό</b>	<b>Μεσαίο</b>	<b>Χαμηλό</b>	<b>Χαμηλό</b>
<b>Επίδραση ιξώδους</b>	<b>Υψηλό</b>	<b>Υψηλό</b>	<b>Καθόλου</b>	<b>Καθόλου</b>

<b>Εφαρμογές</b>	<b>Καθαρά, ρυπαρά</b>	<b>Καθαρά</b>	<b>Όλα τα υγρά</b>	<b>Ρυπαρά, παχύρρευστα</b>
<b>Περιοχή μέτρησης</b>	<b>Μικρή</b>	<b>Μεγάλη</b>	<b>Μεγάλη</b>	<b>Μεγάλη</b>
<b>Γραμμικότητα</b>	<b>ΟΧΙ</b>	<b>Σχετικά καλή</b>	<b>Καλή</b>	<b>Καλή</b>
<b>Σημεία προσοχής</b>	<b>Εναπόθεση, διάβρωση,</b>	<b>Όχι δυναμική απόκριση</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Το πρόσημο εξαρτάται από διεύθυνση ροής</li> <li>■ Αγωγιμότητα</li> </ul>	<b>Ανάγκη ανακλαστι- κότητας</b>

## Proximity sensor comparison

<b>Technology</b>	<b>Sensing range</b>	<b>Applications</b>	<b>Target materials</b>
<p><i>Inductive</i></p> 	<4-40 mm	Any close-range detection of ferrous material	<p>Iron Steel Aluminum Copper etc.</p> 
<p><i>Capacitative</i></p> 	<3-60 mm	Close-range detection of non-ferrous material	<p>Liquids Wood Granulates Plastic Glass etc.</p> 
<p><i>Photoelectric</i></p> 	<1mm- 60 mm	Long-range, small or large target detection	<p>Silicon Plastic Paper Metal etc.</p> 
<p><i>Ultrasonic</i></p> 	<30 mm- 3 mm	Long-range detection of targets with difficult surface properties. Color/reflectivity insensitive.	<p>Cellophane Foam Glass Liquid Powder etc.</p> 

Type	Configuration	Features
Thru-beam		<p><b>Detection when the target passes between transmitter and receiver.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Long-detecting distance</li> <li>• Stable detection</li> <li>• Opaque objects are detectable regardless of shape, color or material</li> <li>• Powerful beam</li> </ul>
Retro-reflective		<p><b>Detection when the target passes between sensor head and reflector.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Reflector allows for installation in a limited space</li> <li>• Simple wiring</li> <li>• Easily-adjustable optical axis</li> <li>• Opaque objects are detectable regardless of shape, color, or material</li> </ul>
Diffuse-reflective		<p><b>Detection when the light beam is reflected by the target.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Space-saving</li> <li>• Adjustment of optical axis not required</li> <li>• Reflective transparent objects are detectable</li> <li>• Color differentiation possible</li> </ul>
Fixed-distance		<p><b>Detects the target at a specific distance according to the angle of the reflected light beam.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Unaffected by highly reflective target background</li> <li>• Stable detection of targets of colors and materials with varying reflectance</li> <li>• Highly accurate detection of minute objects</li> </ul>

## Άλλοι αισθητήρες

### Αισθητήρες στάθμης:

- Ηλεκτρικός πλωτήρας
- Βελόνες χωρητικότητας
- Βελόνες αγωγιμότητας
- Υπέρηχοι

### Αισθητήρες δύναμης:

- Πιεζοαντίσταση
- Ζυγός ελατηρίου
- Πιεζοηλεκτρικός αισθητήρας δύναμης

## **Αισθητήρες επιτάχυνσης:**

■ Επιταχυνσιόμετρο σεισμικής

μάζας: στατική απόκριση

■ Πιεζοηλεκτρικό

επιταχυνσιόμετρο: δυναμική

απόκριση

## **Αισθητήρες ταχύτητας:**

■ Κωδικοποιητές

■ Φαινόμενο Doppler

■ Ταχογεννήτρια

■ Καταμέτρηση οπτικών ή

μαγνητικών παλμών

## Άλλες περιπτώσεις

### Πλήρωση δεξαμενής με χημικό:

- Αισθητήρας στάθμης
- Αισθητήρας ροής στην είσοδο
- Αισθητήρας δύναμης στη βάση

### Έλεγχος διαστάσεων:

- Αισθητήρας προσέγγισης με μικροδιακόπτη
- Αισθητήρας γραμμικής μετατόπισης

## **Καταγραφή μηχανικών τάσεων και δονήσεων:**

Κυψελίδα φόρτισης και ράβδος πίεσης. Είναι ιδιαίτερα χρήσιμες σε μεγάλες δομικές και μηχανολογικές κατασκευές για να παρακολουθούν τις τάσεις εφελκυσμού ή συμπίεσης και τις δονήσεις.

## **Ανίχνευση αντικειμένων:**

- Οπτικός αισθητήρας ανάκλασης ή διαπέρασης
- Μαγνητικός αισθητήρας

## Σύστημα ασφάλειας:

- Αισθητήρας προσέγγισης
- Αισθητήρας τύπου Hall
- Οπτικός αισθητήρας

<b>Φυσικό Μέγεθος</b>	<b>Γραμμική μετατόπιση</b>	<b>Γωνιακή μετατόπιση</b>	<b>Ταχύτητα</b>	<b>Επιτάχυνση</b>	<b>Προσέγγιση</b>	<b>Στάθμη</b>	<b>Δύναμη</b>	<b>Πίεση</b>	<b>Μηχανική Τάση</b>	<b>Ροή</b>	<b>Θερμοκρασία</b>	<b>Ακτινοβολία</b>
<b>Ποτενσιόμετρο</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>				<b>X</b>		<b>X</b>		
<b>Διαφορικός μετασχηματιστής</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>			<b>X</b>	<b>X</b>		<b>X</b>		
<b>Πιεζοαντίσταση</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>			<b>X</b>	<b>X</b>		<b>X</b>		
<b>Φωτοηλεκτρική</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>								<b>X</b>
<b>Πιεζοηλεκτρική</b>			<b>X</b>	<b>X</b>			<b>X</b>	<b>X</b>		<b>X</b>		
<b>Θερμοηλεκτρική</b>											<b>X</b>	
<b>Χωρητική</b>	<b>X</b>	<b>X</b>		<b>X</b>		<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>		<b>X</b>		
<b>Επαγωγική</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>		<b>X</b>	<b>X</b>		<b>X</b>		

<b>Διαστολή</b>												<b>X</b>	
<b>Μεταβολή Ηλ.</b>												<b>X</b>	
<b>Ηλεκτρομηχανική</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>									
<b>Hall</b>					<b>X</b>								
<b>Αγωγιμότητα</b>						<b>X</b>							<b>X</b>

## Παραδείγματα μετρήσεων

### Α) Έλεγχος ύψους αντικειμένου κατά την κατασκευή:

- **Ζητούμενο:** ένα εργοστάσιο που κατασκευάζει τεμάχια σε μεγάλες ποσότητες θέλει το ύψος των τεμαχίων (της τάξης των 7 cm) να ελέγχεται κατά το στάδιο της κατασκευής
- **Κλασσικός έλεγχος:** δειγματοληπτικός έλεγχος με παχύμετρο από επιθεωρητές. Αργό σύστημα βασιζόμενο αποκλειστικά στον ανθρώπινο παράγοντα.

- **Νέες απαιτήσεις:** Σύντομος και αποδοτικός έλεγχος, με σύστημα αξιόπιστο που δεν θα απαιτεί συχνή συντήρηση, με απαίτηση μικρής ανθρώπινης συμμετοχής και με δυνατότητες μελλοντικής βελτίωσης
- **Νέα λύση:** χρήση αισθητήρα γραμμικής μετατόπισης. Πάνω από την γραμμή παραγωγής θα μπει μία κεφαλή ανίχνευσης και το σύστημα μέτρησης θα δείχνει αν οι διαστάσεις ενός τεμαχίου είναι μέσα στα αποδεκτά όρια.
- **Πιθανοί αισθητήρες:** Ποτενσιόμετρο, Γραμμικός, μεταβλητός διαφορικός μετασχηματιστής, μεταβλητός πυκνωτής.

- **Προσέγγιση:** αρχικά θα εξετάσουμε το ποιος τύπος αισθητήρα γραμμικής μετατόπισης θα πλησιάζει περισσότερο στις απαιτήσεις του συστήματος
  - Ο μεταβλητός πυκνωτής έχει μεγάλη ακρίβεια αλλά μάλλον περιορισμένη περιοχή λειτουργίας. Επίσης είναι ευαίσθητος σε ηλεκτρικό θόρυβο.
  - Το ποτενσιόμετρο είναι φτηνό αλλά δεν διαθέτει μεγάλη διακριτική ικανότητα και απαιτεί περισσότερη συντήρηση λόγω πολλών κινητών τμημάτων
- Ο γραμμικός, μεταβλητός διαφορικός μετασχηματιστής παρουσιάζει μεγάλη ακρίβεια, μεγάλη διακριτική ικανότητα, αλλά παρουσιάζει σχετικά μεγάλο κόστος.

- **Βέλτιστη λύση:** Γραμμικός, μεταβλητός διαφορικός μετασχηματιστής.

Αν και ακριβότερος, έχει πολύ καλή ακρίβεια και διακριτική ικανότητα.

- **Απεικόνιση αποτελέσματος:** Η έξοδος του ΓΜΔΜ είναι μία ηλεκτρική τάση, επομένως μπορεί άνετα να οδηγηθεί σε ένα ενδείκτη, όπου η ένδειξη μπορεί να είναι η τιμή του ύψους. Μπορεί όμως το ίδιο το σύστημα να δείχνει αν η τιμή εμπίπτει στις απαιτήσεις, δηλαδή να υπάρχουν οι ενδείξεις: «ΕΝΤΑΞΕΙ», «ΜΕΓΑΛΥΤΕΡΟ», «ΜΙΚΡΟΤΕΡΟ». Ή με ένα απλό κύκλωμα (συγκριτής παράθυρου), θα ανάβει κόκκινο φωτάκι αν έχω μεγαλύτερη ή μικρότερη τιμή και πράσινο φωτάκι αν η τιμή είναι εντάξει.

## **B) Έλεγχος ολίσθησης αυτοκινήτου λόγω φρεναρίσματος:**

- **Ζητούμενο:** σε ένα φρενάρισμα είναι απαραίτητο να γνωρίζει το σύστημα αντιμπλοκαρίσματος αν ένας τροχός δεν γυρίζει καθόλου ή αν γυρίζει πολύ πιο γρήγορα από τους άλλους.
- **Απαιτήσεις:** Σύντομος και αποδοτικός έλεγχος, με σύστημα αξιόπιστο, που θα λειτουργεί σε μεγάλη περιοχή θερμοκρασιών και βρώμικα περιβάλλοντα και που δεν θα επηρεάζεται από δονήσεις
- **Λύση:** χρήση τεσσάρων αισθητήρων μέτρησης ταχύτητας περιστροφής.  
Οι έξοδοι θα συγκρίνονται μεταξύ τους και σε αν ένας τροχός δεν γυρίζει ή

γυρίζει γρηγορότερα από τους άλλους, τότε το φρένο θα ελευθερώνεται σε αυτόν.

- **Πιθανοί αισθητήρες:** Ταχογεννήτρια, Οπτικός κωδικοποιητής και μαγνητικός κωδικοποιητής, αισθητήρας προσέγγισης τύπου Hall.
- **Προσέγγιση:** αρχικά θα εξετάσουμε το ποιος τύπος αισθητήρας μέτρησης ταχύτητας θα πλησιάζει περισσότερο στις απαιτήσεις του συστήματος
  - Η ταχογεννήτρια συνεχώς δίνει στην έξοδο της μία τάση είναι ανάλογη της ταχύτητας περιστροφής, άρα έχει ιδανική έξοδο για το σύστημα ελέγχου. Όμως, απαιτεί σύστημα σύνδεσης με τον άξονα περιστροφής των τροχών. Επίσης έχει πολλά κινούμενα μέρη. Άρα η διάταξη θα υπόκειται σε

μηχανική φθορά και θα χρειάζεται τακτική συντήρηση, ενώ θα υπάρχει και η πιθανότητα αστοχίας.

● Με τη χρήση οπτικού κωδικοποιητή δεν θα υπάρχουν τμήματα που θα υπόκεινται σε μηχανικές φθορές, ενώ παράλληλα η έξοδος θα μπορεί να είναι απ' ευθείας ψηφιακή. Όμως, οι μεταβολές θερμοκρασίας και υγρασίας θα επηρεάζουν την λειτουργία των πομπών/δεκτών, ενώ οι δονήσεις θα επηρεάζουν το χρόνο ζωής τους. Παράλληλα, το κόστος θα είναι μεγάλο.

● Ο μαγνητικός κωδικοποιητής και ο αισθητήρας προσέγγισης τύπου Hall παρουσιάζουν την ίδια συμπεριφορά. Είναι μικρές αξιόπιστες διατάξεις που

δεν επηρεάζονται από θερμοκρασία ή υγρασία και δίνουν στην έξοδο τους σειρά παλμών, η συχνότητα των οποίων δίνει την ταχύτητα περιστροφής.

- **Βέλτιστη λύση:** Βέλτιστη λύση θεωρείται ο μαγνητικός κωδικοποιητής ή ο αισθητήρας προσέγγισης τύπου Hall.

