

κεφάλαιο 4

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΩΝ ΒΑΣΙΚΩΝ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΩΝ ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΥ

- 4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ
- 4.2 ΘΕΡΜΟΣΤΑΤΕΣ, ΤΥΠΟΙ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ
- 4.3 ΧΡΗΣΗ ΤΩΝ ΜΗΧΑΝΙΣΜΩΝ ΕΛΕΓΧΟΥ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟ-
ΚΡΑΣΙΑΣ ΣΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΨΥΞΗΣ ΚΑΙ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ
- 4.4 ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΕΛΕΓΧΟΥ ΥΨΗΛΗΣ ΚΑΙ ΧΑΜΗΛΗΣ
ΠΙΕΣΗΣ (ΠΙΕΖΟΣΤΑΤΕΣ Ή ΠΡΕΣΟΣΤΑΤΕΣ)
- 4.5 ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΕΛΕΓΧΟΥ
- 4.6 ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΕΛΕΓΧΟΥ ΣΤΑΘΜΗΣ
- 4.7 ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΕΛΕΓΧΟΥ ΤΗΣ ΣΧΕΤΙΚΗΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ ΤΟΥ ΑΕΡΑ
(ΥΓΡΟΣΤΑΤΕΣ)
- 4.8 ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΕΛΕΓΧΟΥ ΠΑΡΟΧΗΣ ΥΓΡΟΥ
- 4.9 ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΕΛΕΓΧΟΥ ΚΙΝΗΣΗΣ
- 4.10 ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΕΣ ΒΑΛΒΙΔΕΣ ΠΙΕΣΗΣ (ΑΠΟΛΥΤΗΣ Ή
ΔΙΑΦΟΡΙΚΗΣ) ΣΕ ΡΕΥΣΤΑ



Στο κεφάλαιο αυτό θα αναλυθούν τα βασικά εξαρτήματα αυτοματισμού στις εγκαταστάσεις ψύξης και κλιματισμού. Ο μαθητής μετά το τέλος του κεφαλαίου θα πρέπει :

- ✓ Να γνωρίζει και να περιγράφει τη λειτουργία των διαφόρων τύπων θερμοστατών όπως, θερμοστοιχείο, διμεταλλικό έλασμα, θερμίστορ ηλεκτρονικοί θερμοστάτες.
- ✓ Να περιγράφει και να αναλύει τη λειτουργία των διαφόρων τύπων πιεζοστατών.
- ✓ Να περιγράφει τη λειτουργία και τα χαρακτηριστικά των διαφόρων τύπων διακοπών ροής (flow switch).
- ✓ Να γνωρίζει πως γίνεται η μέτρηση της παροχής των ρευστών.
- ✓ Να περιγράφει τη λειτουργία και τα χαρακτηριστικά των διαφόρων τύπων διατάξεων ελέγχου της υγρασίας.
- ✓ Να μάθει πως λειτουργούν οι συσκευές ελέγχου κίνησης, δηλαδή οι σερβοκινητήρες, καθώς επίσης και τους τρόπους που γίνεται έλεγχος της ροής.

4.1 Εισαγωγή

Οι μορφές ενέργειας που υπάρχουν στη φύση είναι διαφόρων ειδών. Έτσι, υπάρχει η μηχανική ενέργεια του ελατηρίου, η χημική ενέργεια της μπαταρίας, η φωτεινή ενέργεια μιας λάμπας, η ατομική ενέργεια ενός πυρηνικού αντιδραστήρα, η ηλεκτρική ενέργεια της ηλεκτρικής κουζίνας, η θερμική ενέργεια ενός λέβητα, η ψυκτική ενέργεια ενός κλιματιστικού ή ψυγείου κτλ.

Για να λειτουργήσει σωστά μία εγκατάσταση αυτοματισμού είναι απαραίτητη η συνεχής λήψη πληροφοριών που ενημερώνουν για την κατάσταση λειτουργίας της. Αυτό το έργο το αναλαμβάνει η μονάδα συλλογής και επεξεργασίας δεδομένων.

Ο μετατροπέας είναι η συσκευή που μετατρέπει την κάθε είδους ενέργεια (πληροφορία ή σήμα) σε άλλη μορφή. Ο λόγος για την μετατροπή είναι η παροχή κατάλληλης πληροφορίας, η οποία εύκολα μπορεί να γίνει κατανοητή από τον άνθρωπο.

Τα αισθητήρια στοιχεία ή αισθητήρες (*sensors*), είναι ειδικοί μετατροπείς που μετατρέπουν σήματα οποιασδήποτε μορφής σε ηλεκτρικά σήματα. Δηλαδή λαμβάνουν σαν είσοδο ήχο, θερμοκρασία, φως, ταχύτητα, υγρασία, πίεση, δύναμη και τη μετατρέπουν σε ηλεκτρικό σήμα υπό μορφή ηλεκτρικής τάσης, έντασης, ή αντίστασης. Τα ηλεκτρικά σήματα που είναι οι έξοδοι των αισθητήριων χρησιμοποιούνται για τη λειτουργία των εξαρτημάτων αυτοματισμού.

Οι αισθητήρες είναι βασικά στοιχεία ενός συστήματος αυτομάτου ελέγχου, όπως τα αισθητήρια όργανα στον άνθρωπο. Παρέχουν τις απαραίτητες πληροφορίες στα εξαρτήματα που θα δράσουν κατάλληλα στη μηχανή.

Τα κριτήρια επιλογής ενός καλού αισθητηρίου είναι:

- Η ακρίβεια ανίχνευσης και μέτρησης.
- Η αξιοπιστία και η αντοχή του σε βλάβες ή διαταραχές λειτουργίας.
- Η ταχύτητα αντίδρασής του, δηλαδή πόσο γρήγορα στέλνει την εντολή στο εξάρτημα που θα πρέπει να δράσει.
- Η ευαισθησία του, όσον αφορά την ικανότητά του να αντιλαμβάνεται μικρά μεγέθη. Π.χ. ένα φωτόμετρο μπορεί να είναι ευαίσθητο σε ελάχιστο φως και ένα άλλο, λιγότερο ευαίσθητο να χρειάζεται πιο έντονο φως για να λειτουργήσει.
- Η εύκολη αποσυναρμολόγηση και επανασυναρμολόγησή του.

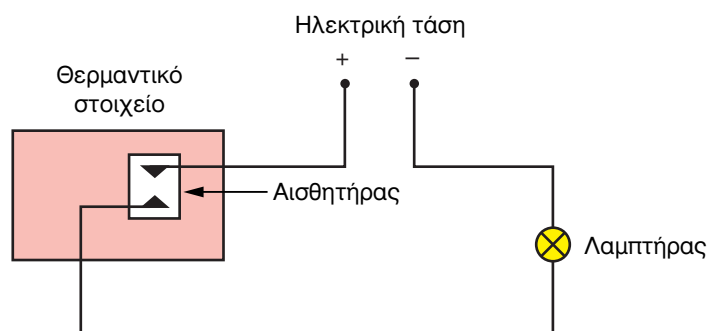
Π. Χ. ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 1

Ένας θερμοθάλαμος διαθέτει σύστημα επιτήρησης της θερμοκρασίας ενός θερμαντικού στοιχείου. Μόλις η θερμοκρασία υπερβεί κάποιο συγκεκριμένο όριο, γίνεται προειδοποίηση με τη βοήθεια ενός ηλεκτρικού λαμπτήρα.

Λύση:

Η ανίχνευση της κατάστασης λειτουργίας του θερμαντικού στοιχείου μπορεί να γίνει με τη χρήση ενός κατάλληλου αισθητήρα.

Αυτό το στοιχείο λειτουργεί ως διακόπτης που ανοίγει ή κλείνει ένα ηλεκτρικό κύκλωμα. Στο σχήμα 4.1 φαίνεται η συνδεσμολογία του ηλεκτρικού κυκλώματος για την ένδειξη της υπέρβασης της θερμοκρασίας. Μόλις η θερμοκρασία υπερβεί κάποιο συγκεκριμένο όριο, ο αισθητήρας κλείνει το ηλεκτρικό κύκλωμα με άμεση συνέπεια το άναμμα του λαμπτήρα. Όταν ανάβει ο λαμπτήρας υπάρχει υπέρβαση της θερμοκρασίας, ενώ όταν σβήνει δεν υπάρχει υπέρβαση και η θερμοκρασία βρίσκεται μέσα στα επιτρεπτά όρια.



Σχήμα 4.1 Ηλεκτρικό κύκλωμα για την ένδειξη της υπέρβασης της θερμοκρασίας

4.2 Η Θερμοκρασία

Η θερμοκρασία ενός υλικού είναι το φυσικό μέγεθος που μας δείχνει πόσο ζεστό ή κρύο είναι. Η θερμοκρασία μετριέται σε βαθμούς Κελσίου ($^{\circ}\text{C}$), ή βαθμούς Φαρενάιτ ($^{\circ}\text{F}$) ή απόλυτους βαθμούς Κέλβιν (K).

Οι παρακάτω σχέσεις μετατρέπουν τη θερμοκρασία ενός σώματος από βαθμούς Κελσίου t ($^{\circ}\text{C}$) σε βαθμούς Φαρενάιτ t_F ($^{\circ}\text{F}$) και Κέλβιν T (K)⁽¹⁾.

⁽¹⁾ Σύμφωνα με τον κανονισμό 150-31, η θερμοκρασία σε $^{\circ}\text{C}$ συμβολίζεται με t και σε K με T . Με τους βαθμούς Κέλβιν, δεν χρησιμοποιούμε το $^{\circ}$ αλλά γράφουμε μόνο το K. Είναι λάθος αν γράψουμε $^{\circ}\text{K}$.

$$\frac{t}{100} = \frac{t_F - 32}{180}$$

$$T = t + 273$$

Η θερμοκρασία 0°C, αντιστοιχεί σε 32°F και 273K και η θερμοκρασία 100°C αντιστοιχεί σε 212°F και 373K. Οποιαδήποτε άλλη θερμοκρασία π.χ. 38°C μετατρέπεται σε °F σύμφωνα με την σχέση:

$$\frac{38}{100} = \frac{t_F - 32}{180}$$

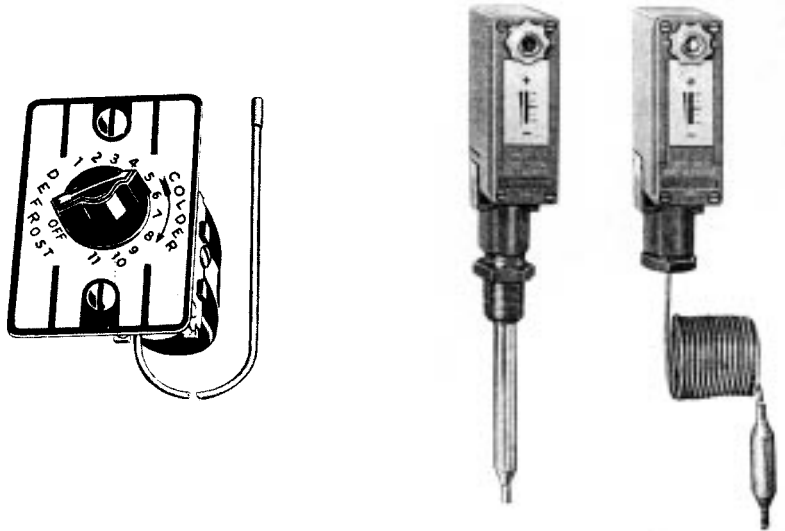
$$\Rightarrow t_F - 32 = \frac{180 \cdot 38}{100} = 68,4 \Rightarrow t_F = 32 + 68,4 = 100,4^\circ\text{F}$$

4.3 Οι Θερμοστάτες

Οι θερμοστάτες είναι στοιχεία που μετρούν τη θερμοκρασία. Στο σχήμα 4.2 φαίνονται διάφορα είδη θερμοστατών. Κάθε θερμοστάτης αποτελείται από:

- **τη βάση ή το πλαίσιο** που πάνω της στηρίζονται όλα τα υπόλοιπα εξαρτήματα,
- **το διακόπτη** που έχει δύο επαφές,
- **το δίσκο ή το πλήκτρο επιλογής**, μέσω του οποίου ρυθμίζουμε την επιθυμητή θερμοκρασία, και
- **το αισθητήριο θερμοκρασίας** το οποίο ανιχνεύει τη θερμοκρασία και ενεργοποιεί το διακόπτη που κλείνει, ή ανοίγει, τις επαφές του.

Στο δίσκο επιλογής ρυθμίζονται δύο θερμοκρασίες. Η μία αποτελεί το **άνω όριο** ή *start* (ή *cut in*), πάνω από το οποίο θα πρέπει να αρχίσει να λειτουργεί το εξάρτημα που δέχεται την εντολή, π.χ. ο συμπιεστής που θα ψύξει το θάλαμο του ψυγείου ή του καταψύκτη. Η δεύτερη θερμοκρασία αποτελεί το **κάτω όριο** ή *stop* (ή *cut out*), κάτω από το οποίο θα πρέπει να σταματήσει τη λειτουργία του το εξάρτημα, π.χ. ο συμπιεστής γιατί η θερμοκρασία στον ψυκτικό θάλαμο είναι αρκετή για να αλλοιωθεί το περιεχόμενό του (τρόφιμα, ευπαθή προϊόντα κτλ.).



Σχήμα 4.2 Είδη θερμοστατών

Η διαφορά των θερμοκρασιών start και stop, ονομάζεται *difference* ή diff
άρα

$$\text{diff} = \text{start} - \text{stop}.$$

Οι αισθητήρες θερμοκρασίας διακρίνονται σε αισθητήρες:

- επαφής
- αισθητήρες υπερύθρων.

Οι αισθητήρες επαφής του θερμοστάτη διακρίνονται σε:

- θερμοζεύγη
- θερμοαντιστάσεις
- διμεταλλικά ελάσματα
- ηλεκτρονικούς.

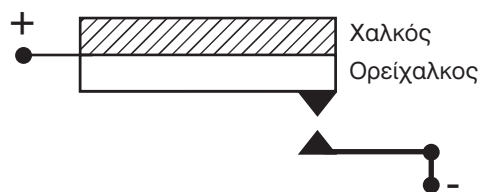
Οι αισθητήρες αυτοί είναι σε επαφή με το αντικείμενο στο οποίο θα μετρήσουν τη θερμοκρασία.

Αντίθετα, οι αισθητήρες υπερύθρων χρησιμοποιούνται σε χώρους όπου επικρατούν πολύ υψηλές θερμοκρασίες και η ανίχνευση της θερμοκρασίας γίνεται από απόσταση. Οι υπέρυθροι αισθητήρες μετατρέπουν τη θερμική ακτινοβολία σε ηλεκτρική τάση.

Στη συνέχεια θα αναφερθούμε στα είδη των θερμοστατών.

4.4 Θερμοστάτες με διμεταλλικό έλασμα

Το **διμεταλλικό έλασμα** ή **στοιχείο** είναι ένας αισθητήρας για τη μέτρηση της θερμοκρασίας, βασιζόμενος στη διαστολή των μετάλλων. Αποτελείται από δύο διαφορετικά μέταλλα, τα οποία έχουν διαφορετικό συντελεστή διαστολής και είναι συνδεδεμένα σε όλο το μήκος της επιφάνειάς τους. Συνήθως, τα μέταλλα αυτά είναι ορείχαλκος και χάλυβας ή ορείχαλκος και χαλκός. Όταν θερμανθεί το διμεταλλικό έλασμα, τότε το ένα μέταλλο διαστέλλεται περισσότερο από το άλλο με αποτέλεσμα να λυγίσει. Όταν το διμεταλλικό έλασμα αποτελείται από χαλκό και ορείχαλκο, ο ορείχαλκος διαστέλλεται περισσότερο και το έλασμα λυγίζει από την μεριά του χαλκού, ενώ όταν το έλασμα ψυχθεί λυγίζει από την αντίθετη πλευρά. Το διμεταλλικό έλασμα φαίνεται στο σχήμα 4.3 και η συνδεσμολογία του σε κύκλωμα είναι όπως αυτή του σχήματος 4.1.



Σχήμα 4.3 Διμεταλλικό έλασμα.

Η μετακίνηση μέσω διαστολής των μετάλλων είναι ικανή να ανοίξει μια βαλβίδα ή να κλείσει μια επαφή με συνέπεια να υπάρξει ροή υγρού ή να περάσει ηλεκτρικό ρεύμα σε ένα κύκλωμα, αντίστοιχα. Αντίθετα, με τη συστολή, η βαλβίδα κλείνει ή η επαφή ανοίγει και διακόπτεται το κύκλωμα.

Το μέγεθος της διαστολής ή γενικότερα της μετακίνησης εξαρτάται από τα υλικά του διμεταλλικού ελάσματος, καθώς και από τη μεταβολή της θερμοκρασίας.

Υπάρχουν διάφοροι τύποι διμεταλλικών ελασμάτων οι οποίοι διαχωρίζονται από το σχήμα τους. Έτσι, υπάρχουν τα ελάσματα με σπειροειδή μορφή, με ελικοειδή μορφή ή με κυματοειδή μορφή. Στο σχήμα 4.4 φαίνεται ένα σπειροειδές διμεταλλικό έλασμα.



Σχήμα 4.4 Σπειροειδές διμεταλλικό έλασμα

4.5 Θερμοστάτες αερίου

Οι θερμοστάτες αερίου χρησιμοποιούν σαν αισθητήριο στοιχείο ένα αέριο που περιέχεται μέσα σ' ένα τριχοειδή σωλήνα. Ανάλογα με την θερμοκρασία του χώρου, το αέριο μεταβάλλει την θερμοκρασία του και συνεπώς την πίεση του, εφόσον ο όγκος παραμένει σταθερός. Η διαφορά αυτή της πίεσης μετατρέπεται από μία ευαίσθητη μεμβράνη ή φουσερό σε κίνηση, με συνέπεια να ανοίξει ή να κλείσει η επαφή (διακόπτης) του θερμοστάτη και έτσι σταματά ή αρχίζει η λειτουργία του συμπιεστή. Η αρχή λειτουργίας του θερμοστάτη αερίου φαίνεται στο σχήμα 4.5.



Σχήμα 4.5

Θερμοστάτης αερίου.

4.6 Ηλεκτρονικοί θερμοστάτες

Υπάρχουν ημιαγώγιμα ηλεκτρονικά στοιχεία που η αλλαγή της θερμοκρασίας δημιουργεί αλλαγή της τάσης⁽²⁾.

Τα ηλεκτρονικά αισθητήρια θερμοκρασίας έχουν:

- μεγάλη περιοχή θερμοκρασιών
- μεγάλη ακρίβεια
- αρκετά καλή ευαισθησία.

Οι θερμοστάτες που περιέχουν ηλεκτρονικά αισθητήρια, τοποθετούνται κατευθείαν πάνω στην ηλεκτρονική πλακέτα (δηλαδή μέσα στο ηλεκτρονι-

⁽²⁾ Τα ηλεκτρονικά στοιχεία αναπτύσσονται στο παράρτημα "Α". Αυτά, μπορεί να είναι δίοδοι, τρανζίστορες ή ειδικά κατασκευασμένα ολοκληρωμένα κυκλώματα.

κό όργανο), σε αντίθεση με τα άλλα είδη θερμοστατών που τοποθετούνται σε άλλα σημεία του συστήματος (εσωτερικά ή εξωτερικά). Χρησιμοποιούνται σε περιπτώσεις όπως, αν θέλουμε να ελέγχουμε την υπερθέρμανση στο εσωτερικό κάποιου μηχανήματος.

4.7 Θερμοστοιχείο ή θερμοζεύγος (*thermocouple*)

Το θερμοστοιχείο στηρίζεται στο **θερμοηλεκτρικό φαινόμενο**. Μετατρέπει τη διαφορά θερμοκρασίας ενός υλικού σε ηλεκτρική τάση. Αποτελείται από δύο μέταλλα συνδεδεμένα μεταξύ τους στο ένα άκρο, το οποίο ονομάζεται **θερμή σύνδεση** ή **επαφή** και τα ελεύθερα άκρα είναι η **ψυχρή σύνδεση**. Όταν θερμαίνεται η θερμή επαφή, υπάρχει ροή ηλεκτρονίων από το ένα μέταλλο στο άλλο, η οποία οφείλεται στη διαφορά θερμοκρασίας που υπάρχει μεταξύ θερμής και ψυχρής σύνδεσης.

Με αυτόν τον τρόπο δημιουργείται μια διαφορά τάσης μεταξύ των ελευθέρων άκρων του θερμοστοιχείου. Η τιμή της τάσης εξαρτάται από την διαφορά θερμοκρασίας και τα υλικά του θερμοστοιχείου σύμφωνα με την εξίσωση :

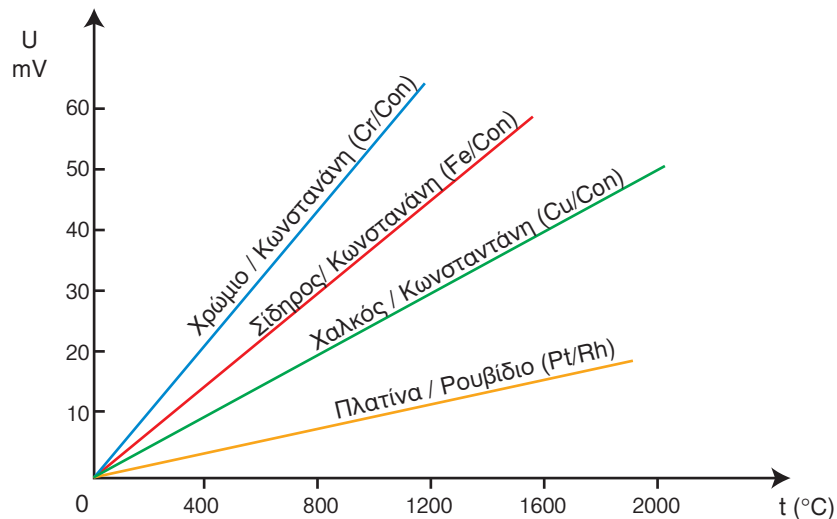
$$U = C \cdot \Delta t$$

όπου U είναι η τάση εξόδου του θερμοστοιχείου, $\Delta t = t_2 - t_1$ είναι η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ θερμής και ψυχρής σύνδεσης και C μια σταθερά. Μια συνήθης τιμή τάσης είναι 20-50 mV.

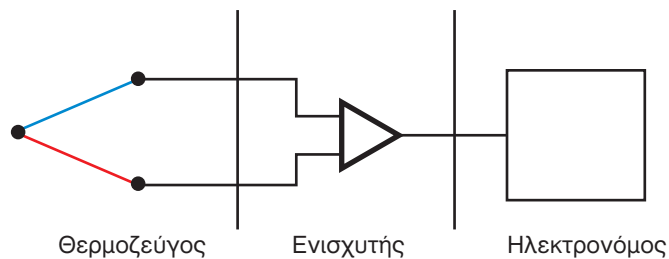
Αν τα δύο μέταλλα είναι χαλκός και κωνσταντάνη (Cu / Con), το θερμοστοιχείο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για περιοχές θερμοκρασιών από -100°C έως 400°C. Το κράμα νικελίου-χρωμίου (Ni /Cr) μπορεί να χρησιμοποιηθεί για μεγαλύτερη περιοχή θερμοκρασιών, από -200°C έως +1200°C. Μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν και άλλοι συνδυασμοί μετάλλων, όπως φαίνεται στο σχήμα 4.6.

Το θερμοστοιχείο έχει έξοδο πολύ μικρή τάση (mV), και είναι απαραίτητο να συνδεθεί με ενισχυτή τάσης για την ανύψωση της παραγόμενης τάσης και μετά με τον κατάλληλο ενεργοποιητή (ρελέ, κινητήρα, διακόπτη κτλ.) όπως φαίνεται στο σχήμα 4.7.

Αν συνδέσουμε πολλά θερμοστοιχεία σε σειρά για παραγωγή μεγαλύτερης τάσης π.χ 500 mV, δημιουργείται μια θερμοηλεκτρική στήλη ή θερμοσωρός. Όσο περισσότερα είναι τα θερμοζεύγη της στήλης τόσο μεγαλύτερη είναι η παραγόμενη τάση.



Σχήμα 4.6 Διάγραμμα τάσης- θερμοκρασίας διαφόρων θερμοστοιχείων



Σχήμα 4.7 Σύνδεση θερμοστοιχείου με κύκλωμα

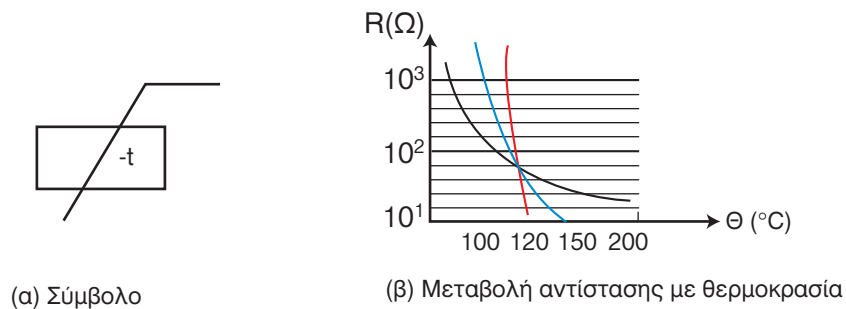
4.8 Θερμίστορ - τύποι N.T.C. P.T.C

Τα θερμίστορ είναι ημιαγώγιμες αντιστάσεις των οποίων η τιμή μεταβάλλεται ανάλογα με την αύξηση της θερμοκρασίας. Διακρίνονται σε θερμίστορ με αρνητικό συντελεστή θερμοκρασίας (negative temperature coefficient, N.T.C.) και θερμίστορ με θετικό συντελεστή θερμοκρασίας (positive temperature coefficient, P.T.C.).

Τα θερμίστορ είναι μη γραμμικά στοιχεία (δεν ακολουθούν το νόμο του Ohm) και έχουν σχήμα κυλινδρικό, σφαιρικό ή ορθογώνιο.

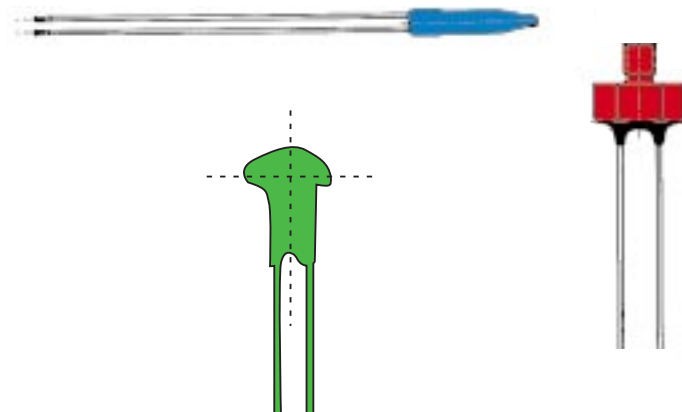
(α) Θερμίστορ N.T.C.⁽³⁾

Στα θερμίστορ **N.T.C.** η αντίσταση τους μειώνεται με την αύξηση της θερμοκρασίας. Ο συμβολισμός του N.T.C. και η καμπύλη μεταβολής της αντίστασης συναρτήσει της θερμοκρασίας φαίνονται στο Σχήμα 4.8 (α) - (β).



Σχήμα 4.8 Θερμίστορ αρνητικού συντελεστή θερμοκρασίας

Κατασκευάζονται από οξειδία του σιδήρου, όπου έχουν προστεθεί ιόντα άλλων μετάλλων. Τα οξειδία αυτά έχουν μεγάλη αγωγιμότητα σε καθαρή μορφή και μετατρέπονται σε ημιαγωγούς με την προσθήκη ιόντων άλλων μετάλλων. Άλλα υλικά από τα οποία κατασκευάζονται τα θερμίστορ είναι η πλατίνα και το νικέλιο και ο συντελεστής θερμοκρασίας επιτυγχάνεται ανάλογα με τη συγκέντρωση των προσμίξεων. Στο εμπόριο υπάρχουν N.T.C. σε σχήμα φακής, δίσκου, ή ράβδου όπως φαίνονται στο Σχήμα 4.9.



Σχήμα 4.9 Διάφοροι τύποι N.T.C.

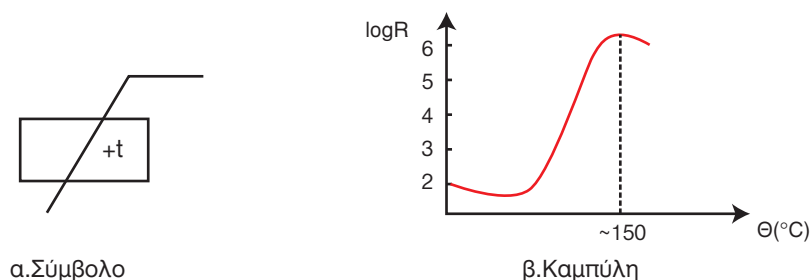
⁽³⁾ N.T.C.= **N**egative **T**emperature **C**oefficient = Αρνητικός συντελεστής θερμοκρασίας

Τα θερμίστορ με αρνητικό συντελεστή θερμοκρασίας χρησιμοποιούνται σε πολλές εφαρμογές, μερικές των οποίων είναι: στη χημεία, στη φυσική, στην ιατρική, στη βαθιά κατάψυξη κ.λπ. σε οικιακές συσκευές.

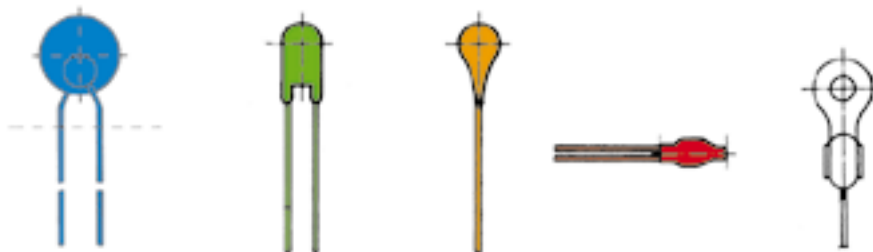
(α) Θερμίστορ P.T.C.⁽⁴⁾

Στα θερμίστορ **P.T.C.**, η αντίσταση αυξάνεται με την αύξηση της θερμοκρασίας σε μια ορισμένη περιοχή (π.χ. -40° έως 240°C). Έξω από αυτή την περιοχή θερμοκρασιών ο συντελεστής μπορεί να είναι αρνητικός ή μηδενικός. Η απόλυτη τιμή του συντελεστή θερμοκρασίας ενός P.T.C. είναι πολύ μεγαλύτερη από αυτή του N.T.C.

Το σύμβολο και η καμπύλη μεταβολής της αντίστασης με τη θερμοκρασία (λογαριθμική) φαίνονται στο Σχήμα 4.10 ενώ στο Σχήμα 4.11 δίνονται διάφοροι τύποι P.T.C.



Σχήμα 4.10 Θερμίστορ με θετικό συντελεστή θερμοκρασίας P.T.C.



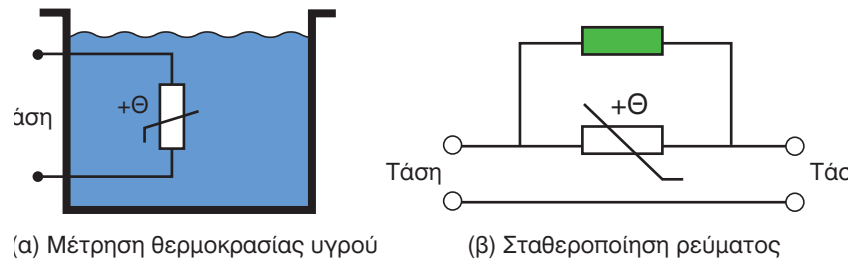
Σχήμα 4.11 Τύποι P.T.C.

Εφαρμογές θερμίστορ P.T.C.

Τα θερμίστορ με θετικό συντελεστή θερμοκρασίας χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο της θερμοκρασίας ενός υγρού, την προστασία ενός κινητήρα

⁽⁴⁾ N.T.C.= **P**ositive **T**emperature **C**oefficient = Θετικός συντελεστής θερμοκρασίας

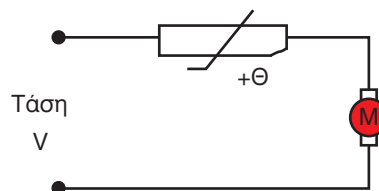
από υπερθέρμανση, τη σταθεροποίηση ρεύματος, κτλ. Στο Σχήμα 4.12 φαίνονται ορισμένες εφαρμογές των P.T.C.



Σχήμα 4.12 Εφαρμογές P.T.C.

Τα θερμίστορ τοποθετούνται σε σειρά με τις περιελίξεις ενός κινητήρα και τον προστατεύουν από υπερθέρμανση. Με την αύξηση της θερμοκρασίας μέσα στον κινητήρα το θερμίστορ αλλάζει αντίσταση και διακόπτει την ροή του ηλεκτρικού ρεύματος.

Χρησιμοποιείται επίσης και κατά την εκκίνηση ενός κινητήρα. Συνδέεται σε σειρά με το τύλιγμα εκκίνησης. Κατά την εκκίνηση του κινητήρα, που η θερμοκρασία είναι μικρή, η αντίσταση του θερμίστορ είναι μικρή. Όσο αυξάνει η θερμοκρασία, η αντίσταση του θερμίστορ μεγαλώνει και το κύκλωμα εκκίνησης, σε κάποια τιμή της θερμοκρασίας διακόπτεται. Η συνδεσμολογία φαίνεται στο σχήμα 4.13.



Σχήμα 4.13 Σύνδεση θερμίστορ με κινητήρα

(γ) Υλικά R.T.D.⁽⁵⁾

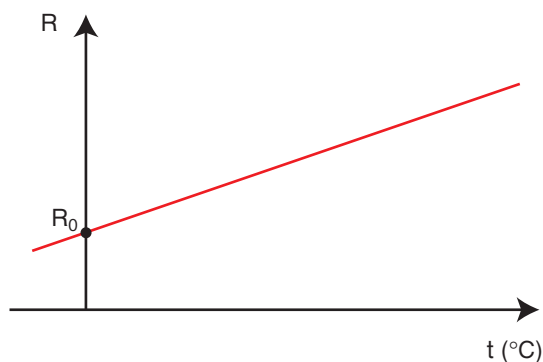
Υπάρχουν κάποια υλικά των οποίων η αντίσταση μεταβάλλεται γραμμικά με την θερμοκρασία όπως η **πλατίνα**, και ονομάζονται RTD. Παρουσιάζουν θετικό συντελεστή θερμοκρασίας, δηλαδή η αντίσταση τους αυξάνεται με

⁽⁵⁾ R.T.D.= **R**esistance **T**emperature **D**ependent = Αντιστάσεις εξαρτώμενες από τη θερμοκρασία

την αύξηση της θερμοκρασίας (Σχήμα 4.14). R_0 είναι η αρχική τιμή της αντίστασης σε 0°K . Γι' αυτό η πλατίνα είναι ένα από τα πλέον χρησιμοποιούμενα υλικά στα αισθητήρια θερμοκρασίας υψηλής ακρίβειας.

Η περιοχή θερμοκρασίας, μέσα στην οποία η αντίσταση ακολουθεί γραμμική μεταβολή είναι περιορισμένη και συνήθως είναι από -100°C μέχρι 500°C . Έξω από αυτή την περιοχή η αντίσταση είναι μη γραμμική.

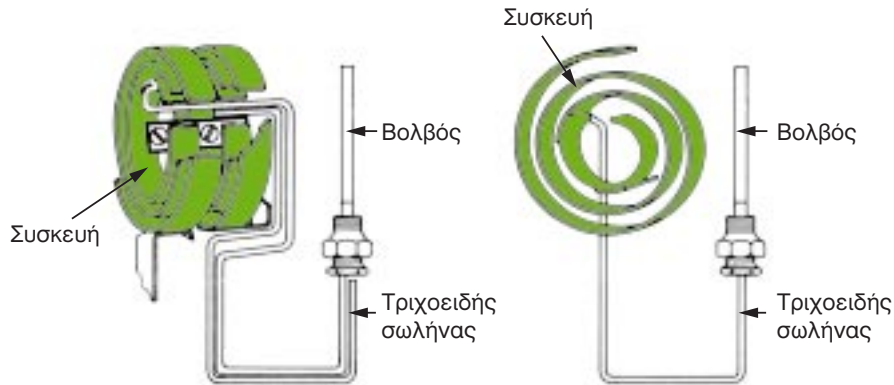
Ο πιο αντιπροσωπευτικός τύπος RTD κατασκευασμένος από πλατίνα είναι ο Pt100 (έχει αντίσταση $100\ \Omega$ σε 0°C και περιοχή θερμοκρασιών από -50°C έως $+300^\circ\text{C}$).



Σχήμα 4.14 Καμπύλη μεταβολής RTD

4.9 Συσκευές ελέγχου με διαστελλόμενο υγρό σε βολβό

Οι συσκευές ελέγχου θερμοκρασίας με διαστελλόμενο υγρό σε βολβό αποτελούνται από το κυρίως σώμα και το αισθητήριο θερμοκρασίας το οποίο είναι ένας γυάλινος διαφανής βολβός με υγρό το οποίο διαστέλλεται ή συστέλλεται, ανάλογα με την θερμοκρασία. Η συσκευή συνδέεται με τον βολβό μέσω ενός τριχοειδούς σωλήνα, ο οποίος περιέχει επίσης ψυκτικό υγρό. Στο σχήμα 4.15 φαίνεται ο βολβός και η μεταφορά της εντολής, μέσω του τριχοειδούς σωλήνα, στη συσκευή ελέγχου θερμοκρασίας.



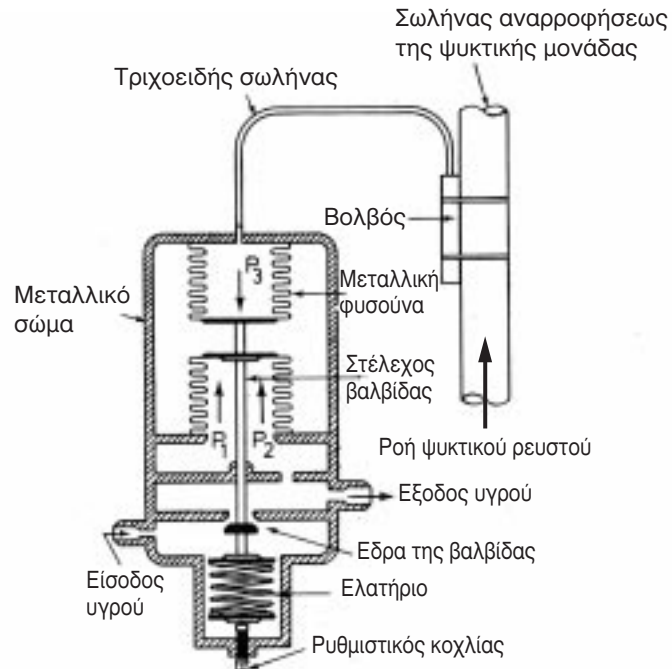
Σχήμα 4.15 Συσκευή με διαστελλόμενο υγρό σε βολβό

4.10 Θερμοστατικές εκτονωτικές βαλβίδες

Η θερμοστατική βαλβίδα είναι μια συσκευή με διαστελλόμενο υγρό σε βολβό και τοποθετείται στο κύκλωμα του εξατμιστή. Ελέγχει τη θερμοκρασία ώστε να υπάρχει πάντα μια σταθερή διαφορά θερμοκρασίας (υπερθέρμανση) από την είσοδο του εξατμιστή μέχρι το σημείο που είναι τοποθετημένο το αισθητήριο, που στη περίπτωση αυτή είναι ο βολβός.

Αποτελείται από το κυρίως σώμα, το βολβό, τη μεμβράνη, το ελατήριο και τον ρυθμιστικό κοχλία μέσω των οποίων καθορίζεται η υπερθέρμανση της βαλβίδας. Το κυρίως σώμα της βαλβίδας τοποθετείται στο άνω άκρο (είσοδο) του εξατμιστή και ο βολβός συνδέεται σταθερά στην έξοδο του εξατμιστή όπως φαίνεται στο Σχήμα 4.16.

Ο βολβός της βαλβίδας μετράει τη θερμοκρασία του ψυκτικού υγρού στην έξοδο του εξατμιστή. Όσο αυξάνεται η θερμοκρασία αυξάνεται και η πίεση του βολβού ή η πίεση που εξασκείται πάνω στην μεμβράνη με συνέπεια να ανοίξει η είσοδος του εξατμιστή και να περάσει περισσότερη ποσότητα ψυκτικού υγρού. Αντίθετα αν μειωθεί η θερμοκρασία του βολβού μειώνεται και η πίεση του και κλείνει η βαλβίδα με αποτέλεσμα να περάσει μικρότερη ποσότητα ψυκτικού υγρού.



Σχήμα 4.16 Θερμοστατική εκτονωτική βαλβίδα (Θ.Ε.Β)

4.11 Ανακεφαλαίωση αισθητηρίων θερμοκρασίας

Για λόγους ανακεφαλαίωσης αλλά και σύγκρισης, δίνονται στον Πίνακα 4.1 τα αισθητήρια θερμοκρασίας.

Πίνακας 4.3

Τύπος αισθητηρίου	Αρχή λειτουργίας	Χρήσεις - Παρατηρήσεις
RTD	Αύξηση της αντίστασης με την αύξηση της θερμοκρασίας	- Βιομηχανικές εφαρμογές - Μεγάλη ακρίβεια
Θερμίστορ N.T.C. - P.T.C.	Μεταβολή της αντίστασης με την αύξηση της θερμοκρασίας: - αύξηση -P.T.C., - μείωση- N.T.C.	- Χρησιμοποιούνται σε διατάξεις ελέγχου. - Μεγάλη ακρίβεια. - Μικρές διαστάσεις. - Μεγάλη περιοχή θερμοκρασίας. - Περισσότερο ευαίσθητο από θερμοζεύγος.
Θερμοζεύγος	Δημιουργία ηλεκτρικής τάσης στα άκρα τους ανάλογη της διαφοράς θερμοκρασίας.	- Μέτρηση της θερμοκρασίας του στάτη του κινητήρα κατά τη λειτουργία του. - Μικρή ακρίβεια.
Ηλεκτρονικά	Αλλαγή της τάσης με την αλλαγή της θερμοκρασίας.	- Παρουσιάζουν μεγάλη ακρίβεια και έχουν μικρό κόστος. - Παρουσιάζουν πολύ καλή γραμμικότητα. - Η περιοχή θερμοκρασιών τους είναι μικρή (μερικές δεκάδες βαθμοί)
Διμεταλλικό έλασμα	Με την αυξομείωση της θερμοκρασίας το έλασμα κάμπτεται με αποτέλεσμα να ενεργοποιούνται ή να απενεργοποιούνται οι επαφές στα άκρα του.	- Είναι φθηνός και απλός στην κατασκευή. - Έχουν όμως μικρή ακρίβεια. - Χρησιμοποιούνται στις ηλεκτρικές οικιακές συσκευές.
Βολβός με διαστελλόμενο υγρό	Το υγρό διαστέλλεται ή συστέλλεται μέσω τριχοειδούς σωλήνα μεταφέρει την εντολή	- Μικρή ακρίβεια - Μεγάλη αξιοπιστία - Ελάχιστες βλάβες - Χρησιμοποιείται για τον έλεγχο των στοιχείων απευθείας εκτόνωσης

4.12 Χρήση των μηχανισμών ελέγχου της θερμοκρασίας στα συστήματα ψύξης και κλιματισμού

Ο έλεγχος της θερμοκρασίας στα συστήματα ψύξης και κλιματισμού είναι κρίσιμος γιατί, στα μεν συστήματα ψύξης μια υψηλή θερμοκρασία θα καταστρέψει τα προϊόντα ή τα τρόφιμα που είναι μέσα στο ψυγείο, ενώ μια πολύ χαμηλή θερμοκρασία θα τα παγώσει ή θα τα καταψύξει, στα δε συστήματα κλιματισμού δεν θα παρέχει συνθήκες άνετης διαβίωσης.

Οι μηχανισμοί ελέγχου θερμοκρασίας διακρίνονται σε **θερμοστάτες ρευστού** και **θερμοστάτες χώρου**. Για τη μέτρηση της θερμοκρασίας ενός στερεού, πρέπει να χρησιμοποιηθεί ειδική ουσία, η οποία θα διατηρεί σε πλήρη επαφή αισθητήριο με την επιφάνεια του στερεού σώματος

4.13 Θερμοστάτες ρευστού

Πρόκειται για θερμοστάτες που εμβαπτίζονται στο ρευστό του οποίου θέλουμε να μετρήσουμε τη θερμοκρασία. Υπάρχουν οι θερμοστάτες υψηλής και χαμηλής τάσης που μεταφέρουν το σήμα τους με τάση μέχρι 42V και οι υψηλής τάσης που λειτουργούν με τη συνήθη τάση της ΔΕΗ, δηλαδή 220-240V. Φυσικά υπάρχουν και απλά εμβαπτιζόμενα θερμόμετρα, τα οποία προσφέρουν μόνο οπτική ανάγνωση και δεν χρησιμοποιούνται στον αυτοματισμό.

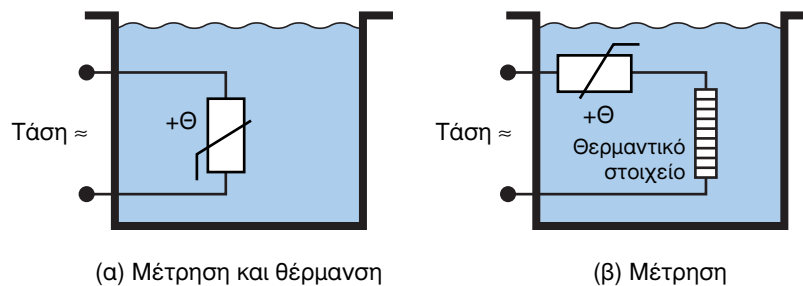
Για τη μέτρηση της θερμοκρασίας ενός υγρού π.χ., νερού, ψυκτικού υγρού, λαδιού, και για να υπάρχει ακρίβεια στην μέτρηση, πρέπει να τοποθετηθεί ο αισθητήρας μέσα στο υγρό, και να παραμείνει πολλή ώρα μέσα στο υγρό μέχρι να πάρει τη θερμοκρασία του, επειδή τα υγρά μεταβάλλουν την θερμοκρασία τους πολύ αργά.

Η μέτρηση της θερμοκρασίας του υγρού μπορεί να γίνει και τοποθετώντας το αισθητήριο και πάνω στη σωλήνα που μεταφέρει το υγρό. Ο τρόπος αυτός όμως μπορεί να δώσει εσφαλμένα αποτελέσματα επειδή ο βολβός θα μετράει την θερμοκρασία του σωλήνα και όχι του υγρού.

Οι θερμοστάτες χαμηλής τάσης χρησιμοποιούν συνήθως βολβό υδραργύρου σαν αισθητήριο στοιχείο ενώ οι θερμοστάτες υψηλής τάσης χρησιμοποιούν συνήθως το διμεταλλικό στοιχείο ή αντιστάσεις RTD ή θερμίστορ.

Ως παράδειγμα αναφέρουμε ότι για την μέτρηση θερμοκρασίας σε υγρά μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένα θερμίστορ με θετικό συντελεστή θερμοκρασίας, το οποίο εμβαπτίζεται μέσα στο δοχείο με το υγρό. Ανάλογα με τη θερμοκρασία του υγρού δίνει σαν έξοδο ηλεκτρική τάση και η τιμή της εξαρτάται από την τιμή της αντίστασης του θερμίστορ. Επειδή το θερμίστορ είναι ουσιαστικά μία μεταβαλλόμενη με τη θερμοκρασία αντίσταση, μπορεί να χρησιμοποιηθεί και σαν στοιχείο ελέγχου της θερμοκρασίας και συγχρόνως σαν θερμαντικό στοιχείο.

Στο σχήμα 4.17 φαίνεται η διάταξη όπου το θερμίστορ χρησιμοποιείται και σαν στοιχείο ελέγχου και σαν θερμαντικό στοιχείο ενώ στο σχήμα 4.15 χρησιμοποιείται μόνο σαν στοιχείο ελέγχου.



Σχήμα 4.17 Μέτρηση θερμοκρασίας υγρού.

Στον Πίνακα 4.2 φαίνονται διάφορες χαρακτηριστικές θερμοκρασίες.

4.14 Θερμοστάτες χώρου

Ο θερμοστάτης χώρου, χρησιμοποιείται για να μετρήσει, ανιχνεύσει, ελέγξει τη θερμοκρασία ενός χώρου, είτε είναι δωμάτιο εργασίας, είτε κάποιο μηχάνημα όπως είναι λέβητας, καυστήρας, ψυγείο, καταψύκτης, κινητήρας, κτλ. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιούνται κυρίως οι μηχανισμοί που αναφέρθηκαν σε προηγούμενες παραγράφους.

Ο θερμοστάτης χώρου, ανάλογα με την ισχύ του σήματος που ανιχνεύει, χαρακτηρίζεται σαν χαμηλής ή υψηλής τάσης ή ισχύος. Στις οικιακές συσκευές χρησιμοποιούνται θερμοστάτες χαμηλής ισχύος, για ρεύματα μέχρι 2 A και τάσεις μέχρι 24 V. Αντίθετα, σε βιομηχανικές και επαγγελματικές συσκευές χρησιμοποιούνται θερμοστάτες χώρου μεγάλης ισχύος, για ρεύματα μέχρι 20 A και τάσεις μέχρι 240 V.

Είναι σημαντικό το αισθητήριο του θερμοστάτη να είναι ελεύθερο, ώστε να διέρχεται το ρεύμα ψυχρού, ή θερμού αέρα από αυτό, με αποτέλεσμα να υπάρχει ακριβής μέτρηση, ή ανίχνευση της θερμοκρασίας.

Τα θερμόμετρα ακριβείας ονομάζονται «χημικά», ενώ τα λιγότερο ευαίσθητα είναι τα «βιομηχανικά».

Άλλος τρόπος μέτρησης της θερμοκρασίας χώρου, είναι **διμεταλλικό έλασμα** όπως φαίνεται στο σχήμα 4.19. Η περιοχή θερμοκρασίας είναι αρκετά μεγάλη και κυμαίνεται από -30°C μέχρι $+500^{\circ}\text{C}$ με ακρίβεια $\pm 1\%$ της κλίμακας.



Σχήμα 4.19 Θερμόμετρο με διμεταλλικό έλασμα

4.15 Θερμοστάτες ασφαλείας

Οι θερμοστάτες ασφαλείας είναι απαραίτητοι για την ασφαλή λειτουργία της εγκατάστασης και για την αποφυγή ανεπιθύμητων καταστάσεων όπως η υπερθέρμανση του συμπιεστή. Βασικό στοιχείο του θερμοστάτη ασφαλείας είναι η θερμοστατική εκτονωτική βαλβίδα όπως περιγράφηκε στην παράγραφο 4.10.

4.16 Σφάλματα μέτρησης-καλιμπράρισμα οργάνων

Οι μετρήσεις και ο έλεγχος της θερμοκρασίας ενός συστήματος, ενός ψυκτικού θαλάμου, ή ενός κλιματιστικού, γίνεται με τους πιο πάνω περιγραφέντες θερμοστάτες ανάλογα με τον τύπο, τις διαστάσεις του συστήματος τις συνθήκες του περιβάλλοντος καθώς και την επιθυμητή ακρίβεια.

Για να γίνει μια ακριβής μέτρηση πρέπει να τηρηθούν ορισμένες διαδικασίες κατά τη διάρκεια των μετρήσεων. Πρέπει να αποφεύγονται διάφοροι παράγοντες που προκαλούν σφάλματα στις μετρήσεις όπως εξωτερικοί παράγοντες (θόρυβοι, παρεμβολές από άλλα όργανα μέτρησης), λανθασμένη ανάγνωση των οργάνων μέτρησης. Επίσης τα όργανα θα πρέπει να είναι κατάλληλα και ευαίσθητα για τις περιοχές θερμοκρασίας που θα μετρηθούν.

Αν έχουμε τα κατάλληλα όργανα μέτρησης θερμοκρασίας και τις κατάλληλες συνθήκες, η ανάγνωση της ένδειξης του οργάνου αποτελεί το μέγεθος της μέτρησης εκφρασμένο σε μονάδες μέτρησης.

Συνήθως κατά την διάρκεια μιας μέτρησης προκύπτει σφάλμα. Ορίζεται σαν **απόλυτο σφάλμα** η διαφορά της πραγματικής τιμής (μέγεθος) από τη μετρούμενη. Το **σχετικό σφάλμα** είναι ο λόγος του απόλυτου σφάλματος προς τη πραγματική τιμή. Αν A_{π} είναι η πραγματική τιμή ενός μεγέθους και A_{μ} είναι η μετρούμενη τιμή του, τότε:

$$\text{Απόλυτο σφάλμα} = \Delta A = A_{\pi} - A_{\mu}$$

$$\text{Σχετικό σφάλμα} = \frac{\Delta A}{A_{\pi}}$$

Η ακρίβεια μέτρησης ενός οργάνου καταστρέφεται με την πάροδο του χρόνου. Γι' αυτό κατά διαστήματα τα όργανα ελέγχονται μέσω ειδικών οργάνων και διορθώνονται οι ενδείξεις του. Η εργασία αυτή ονομάζεται καλιμπράρισμα των οργάνων μέτρησης.

4.17 Μηχανισμοί ελέγχου πίεσης

Πίεση ορίζεται η δύναμη F που ασκείται στην επιφάνεια S ενός υγρού και συμβολίζεται με το γράμμα P :

$$p = \frac{F}{A}$$

Η μονάδα μέτρησης της πίεσης στο σύστημα SI είναι το **Pascal** που συμβολίζεται με Pa. Ισχύει **1 Pa = 1 Newton/m²**.

Στην επιφάνεια της γης υπάρχει ατμοσφαιρική πίεση **1,013 Bar = 1013 kPa**. Παλαιότερα χρησιμοποιούμενες μονάδες ήταν το **1 mmHg**, δηλαδή η πίεση που εξασκεί μια στήλη υδραργύρου ύψους 1 mm, ή το **1mm H₂O** δηλαδή η πίεση που εξασκεί μια στήλη ύδατος ύψους 1 mm. Επίσης χρησιμοποιείται στο σύστημα μονάδων I-P και η μονάδα **psi**⁽⁶⁾. Η μετατροπή των μονάδων πίεσης φαίνεται στον Πίνακα 4.3. Μέχρι την πλήρη επικράτηση του συστήματος SI ο πίνακας αυτός θα μας είναι χρήσιμος.

Η πίεση μετράται σαν **απόλυτη πίεση**, η οποία είναι η πίεση σε σχέση με το κενό (μηδενική πίεση) και σαν **διαφορική πίεση ή σχετική πίεση** η οποία είναι η πίεση σε σχέση με μία πίεση αναφοράς.

Πίνακας 4.3

Για να μετατρέψουμε	σε	πολλαπλασιάζουμε με
psi	kPa	6,9 (≈ 7)
mbar ή cm H ₂ O	Pa	102 (≈ 100)
mm H ₂ O	Pa	10,2 (≈ 10)
bar	kPa	100 (ακριβής σχέση)
mbar	Pa	10 (ακριβής σχέση)
bar	psi	14,5 (≈ 15)

Οι πλέον συνηθισμένοι μηχανισμοί ελέγχου πίεσης είναι οι πρεσοστάτες (ή πιεζοστάτες). Αυτοί δέχονται την πίεση και ενεργοποιούν την αντίστοιχη εντολή.

Τα αισθητήρια πίεσης μπορούν να προσδιορίσουν, χρησιμοποιώντας την αρχή του **Bernoulli**, εκτός από το μέγεθος της πίεσης, και την ταχύτητα ροής ενός ρευστού ή την στάθμη ενός υγρού.

(6) Τα εν χρήση σήμερα συστήματα μονάδων είναι δύο. Το SI (System International) που ισχύει και στη χώρα μας και το I-P (inch-pound) που ισχύει κυρίως στις ΗΠΑ και την Αγγλία, αλλά και αυτό με σαφείς τάσεις αντικατάστασής του από το SI.

Τα αισθητήρια πίεσης διακρίνονται σε μανόμετρα απλά ή σύνθετα, με διαφράγματα, ή μεμβράνες, με σωλήνες *Bourdon* ή πιεζοηλεκτρικά.

Τα όργανα που μετρούν την πίεση λέγονται **μανόμετρα** ή **πιεσόμετρα**.

Στη συνέχεια θα εξετάσουμε τα αισθητήρια που χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο της πίεσης.

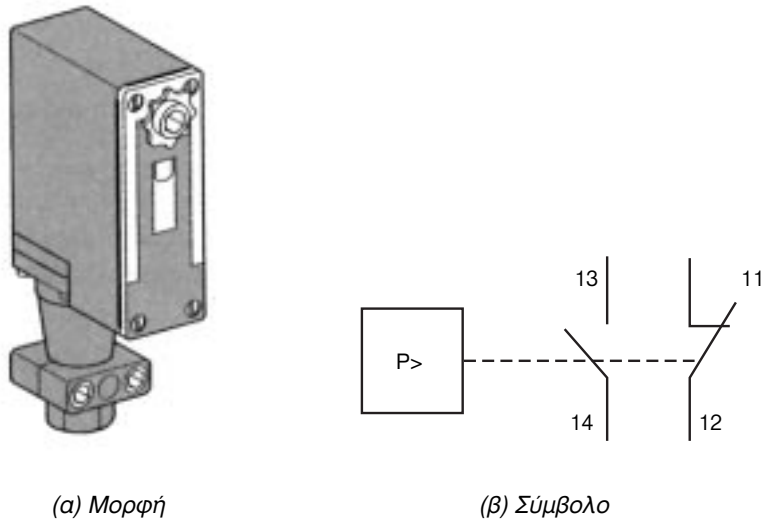
4.18 Πρεσοστάτες ή (πιεζοστάτες)

Οι πρεσοστάτες ή πιεζοστάτες είναι συσκευές οι οποίες μετρούν την πίεση ενός ρευστού είτε αυτό είναι υγρό ή αέριο.

Κάθε πιεζοστάτης αποτελείται από τέσσερα μέρη:

- **Το αισθητήριο πίεσης**, το οποίο ανιχνεύει την μεταβολή της πίεσης και ανοίγει ή κλείνει τον διακόπτη.
- **Το διακόπτη**, ο οποίος αποτελείται από δύο επαφές (μία κλειστή και μία ανοικτή),
- **Το ρυθμιστή πίεσης**, ο οποίος καθορίζει την ανώτερη και κατώτερη στάθμη πίεσης, ρυθμίζοντας τα όρια με ρυθμιστικές βίδες, και
- **Τη βάση** πάνω στην οποία είναι τοποθετημένα το αισθητήριο, ο διακόπτης και ο ρυθμιστής πίεσης και η οποία έχει κατάλληλες υποδοχές για στήριξη πάνω σε σωλήνες μέτρησης της πίεσης.

Η λειτουργία του πρεσοστάτη είναι η ακόλουθη: το αισθητήριο πίεσης μετράει την απόλυτη ή τη διαφορική (σχετική) πίεση σε ένα υγρό ή αέριο και ανοίγει ή κλείνει τις επαφές του διακόπτη ανάλογα με την ανώτερη ή κατώτερη τιμή που έχουμε προδιαγράψει στον ρυθμιστή πίεσης. Ο διακόπτης με την σειρά του ανοίγει ή κλείνει το κύκλωμα λειτουργίας του συμπεστού. Ο πρεσοστάτης ή πιεζοστάτης φαίνεται στο σχήμα 4.18.

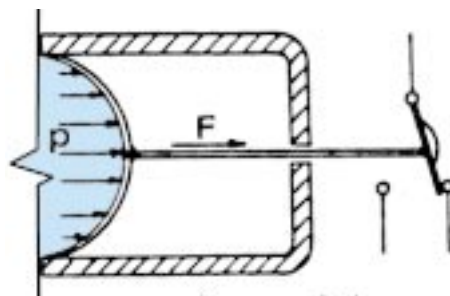


Σχήμα 4.20 Πρεσοστάτης

4.19 Ο έλεγχος της πίεσης μέσω μεμβρανών και διαφραγμάτων

Η πίεση ενός ρευστού μπορεί να μετρηθεί χρησιμοποιώντας μια **μεμβράνη**, η οποία μετατοπίζεται εξαιτίας της πίεσης που ασκείται στην επιφάνειά της. Μέσω ενός ελατηρίου και συστήματος μοχλών, η μετατόπιση αυτή μεταφέρεται στον δείκτη μέτρησης ο οποίος αποκλίνει από την θέση ισορροπίας και δείχνει πάνω σε βαθμονομημένη κλίμακα το μέτρο της πίεσης.

Το όργανο με την μεμβράνη μετράει **απόλυτη πίεση**. Ένα τέτοιο σύστημα φαίνεται στο σχήμα 4.21.



Σχήμα 4.21 Πρεσοστάτης μεμβράνης

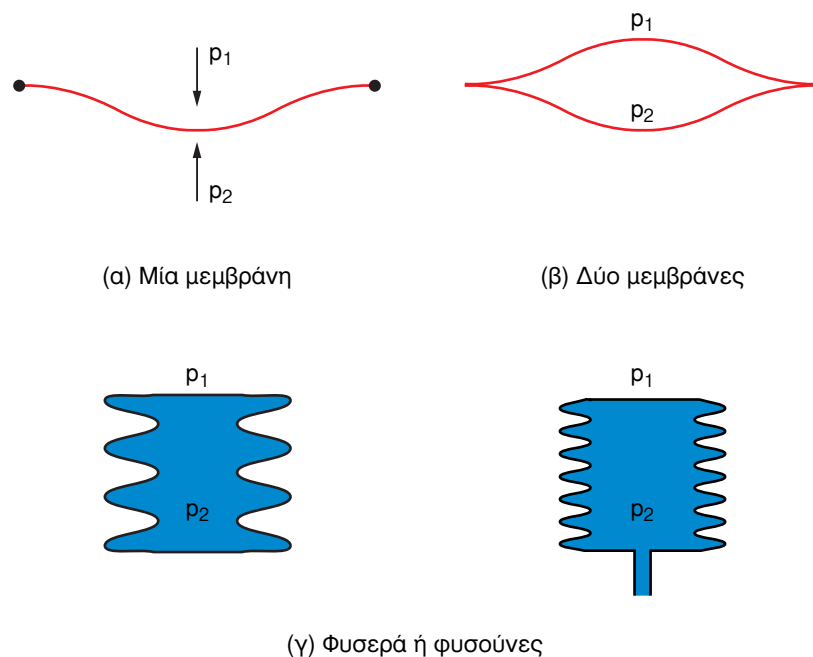
Εάν επάνω στη μεμβράνη ασκηθεί μια πίεση p , τότε αυτή η μεμβράνη συμπιέζει το ελατήριο μέχρι να επικρατήσει ισορροπία οπότε ισχύει ότι:

$$F = A \cdot p$$

όπου F είναι η δύναμη του ελατηρίου και A είναι η επιφάνεια της μεμβράνης.

Μία παραλλαγή του παραπάνω μανομέτρου μεμβράνης είναι να χρησιμοποιηθεί αντί ενδείκτη τιμών, ένα ποτενσιόμετρο το οποίο θα μετατρέπει τις κινήσεις της μεμβράνης σε αλλαγή της αντίστασης και, κατά συνέπεια, σε αλλαγή της ηλεκτρικής τάσης.

Τα **διαφράγματα** είναι μεμβράνες που παρεμβάλλονται μεταξύ δύο ρευστών (υγρών ή αερίων) υπό διαφορετική πίεση και η μετατόπιση του διαφράγματος μας δείχνει τη διαφορά της πίεσης των δύο ρευστών, δηλαδή την **διαφορική πίεση**. Αν η πίεση που εξασκείται στη μία πλευρά του διαφράγματος είναι γνωστή, τότε η μετατόπιση του διαφράγματος μας δείχνει το μέτρο της πίεσης στην άλλη πλευρά και έτσι έχουμε μέτρηση της **απόλυτης πίεσης**. Τα διαφράγματα συνήθως αποτελούνται από ένα επίπεδο φύλλο μετάλλου ή δύο φύλλα ενωμένα στα άκρα ή περισσότερα σχηματίζοντας ένα είδος φουσερού, όπως φαίνεται στο σχήμα 4.22.



Σχήμα 4.22 Διαφράγματα

4.20 Μανόμετρα για διαφορική πίεση

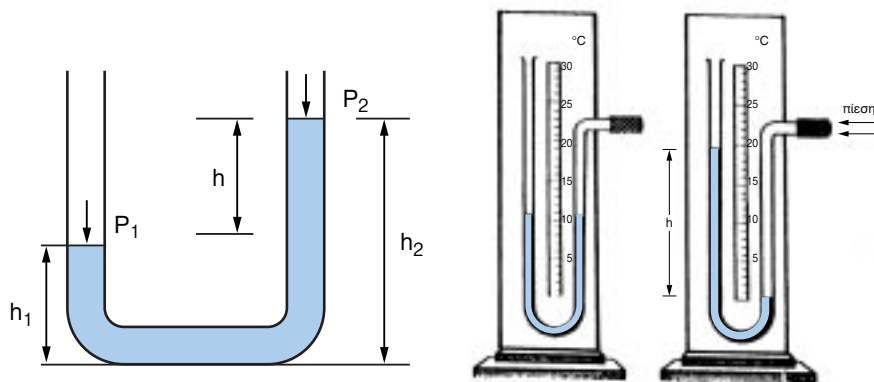
Ένα απλό όργανο για τη μέτρηση της πίεσης είναι το μανόμετρο υδραργύρου. Αποτελείται από ένα γυάλινο σωλήνα σχήματος U που στο εσωτερικό του βρίσκεται ένα υγρό (συνήθως υδράργυρος). Στηρίζεται σε μια βάση όπου υπάρχει και μια βαθμονομημένη κλίμακα στα σκέλη του σωλήνα. Το υγρό ή ο υδράργυρος βρίσκεται στο ίδιο ύψος και στα δύο σκέλη, όταν η πίεση του αέρα είναι η ίδια.

Όταν οι πιέσεις στα σκέλη του σωλήνα είναι διαφορετικές, π.χ. p_1 , p_2 , οι στάθμες του υγρού δεν είναι οι ίδιες και ισχύει :

$$\Delta p = p_1 - p_2 = h \cdot \rho \cdot g$$

όπου h είναι η διαφορά ύψους, $h = h_1 - h_2$, ρ είναι η πυκνότητα του υγρού και g είναι η επιτάχυνση της βαρύτητας ($g=9,81 \text{ m / s}^2$). Στο σχήμα 4.23 φαίνεται ένα απλό μανόμετρο.

Το μανόμετρο σωλήνα μετράει τη διαφορική πίεση. Το μανόμετρο υδραργύρου μπορεί να μετρήσει πιέσεις μέχρι 140 KPa με μια ακρίβεια 100 Pa. Το μανόμετρο που περιέχει νερό αντί για υδράργυρο, μπορεί να μετρήσει πιέσεις μέχρι 10 KPa, με ακρίβεια 20 Pa. Γενικά, το μανόμετρο δεν είναι όργανο μεγάλης ακριβείας αλλά όμως είναι φθηνό.



(α) Αρχή λειτουργίας

(β) Μορφή

Σχήμα 4.23 Μανόμετρο υδραργύρου

Π. Χ. ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ

Ένα απλό μανόμετρο με νερό δείχνει μία διαφορά στις στάθμες στα δύο σκέλη του $h = 100 \text{ mm}$. Ποιά είναι η διαφορά πίεσης όταν η πυκνότητα του νερού είναι 1000 kg/m^3 και η επιτάχυνση της βαρύτητας $g = 9,81 \text{ m/s}^2$;

Λύση

Η διαφορά πίεσης υπολογίζεται :

$$\Delta P = h \cdot \rho \cdot g = 0,10 \text{ m} \cdot 1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 = 981 \text{ kg/m s}^2 = 981 \text{ N/m}^2 = 981 \text{ Pa} = 0,981 \text{ kPa}$$

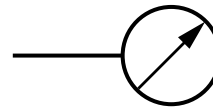
4.21 Μανόμετρο για απόλυτη πίεση

Τα μανόμετρα που μετρούν απόλυτη πίεση βασίζονται στο σωλήνα Bourdon. Ο σωλήνας *Bourdon* είναι ένα εύκαμπτος σωλήνας κυκλικού σχήματος. Από το ένα άκρο του που είναι ανοικτό, διοχετεύεται το ρευστό του οποίου θέλουμε να μετρήσουμε την πίεση. Το άλλο άκρο του είναι κλειστό και συνδέεται με ένα σύστημα μοχλών και οδοντωτών τροχών που καταλήγει σε βελόνα η οποία μετακινείται επάνω σε βαθμονομημένη κλίμακα πίεσης. Έτσι κάθε αυξομείωση της πίεσης του αερίου έχει σαν αποτέλεσμα την παραμόρφωση του σωλήνα και κατά συνέπεια τη μετακίνηση της βελόνας από την αρχική θέση ηρεμίας πάνω στη βαθμονομημένη κλίμακα. Με αυτόν τον τρόπο το όργανο μας δείχνει την **απόλυτη πίεση του αερίου**.

Με το σωλήνα Bourdon μπορούν να μετρηθούν πιέσεις από 35 kPa μέχρι και 700 MPa ανάλογα με τη διάμετρο, το πάχος και το υλικό του σωλήνα. Συνήθως είναι λιγότερο ακριβής από ότι τα διαφράγματα αλλά είναι ένας φθηνός αισθητήρας πίεσης. Η ευαισθησία του κυμαίνεται από 0,1-10% και εξαρτάται από το μήκος του σωλήνα, το πάχος του καθώς και το σχήμα της διατομής του σωλήνα. Στο σχήμα 4.24(α) φαίνεται ένα όργανο μέτρησης πίεσης με σωλήνα *Bourdon*, ενώ στο σχήμα 4.4.5(β) το σύμβολό του. Τα κύρια χαρακτηριστικά της μεθόδου μέτρησης με σωλήνα *Bourdon*, είναι η μεγάλη διάρκεια του οργάνου και η ακρίβεια των μετρήσεων.



(α) Όργανο



(β) Σύμβολο

Σχήμα 4.24 Μανόμετρο με σωλήνα Bourdon.

4.22 Πιεζοστάτης με ηλεκτρονικό αισθητήριο (πιεζοκρύσταλλος)

Η μέτρηση πιέσεων κάτω των 10 kPa, με μηχανικά μέσα, είναι πρακτικά πολύ δύσκολη, εφ' όσον φυσικά ζητάμε ικανοποιητική ακρίβεια.

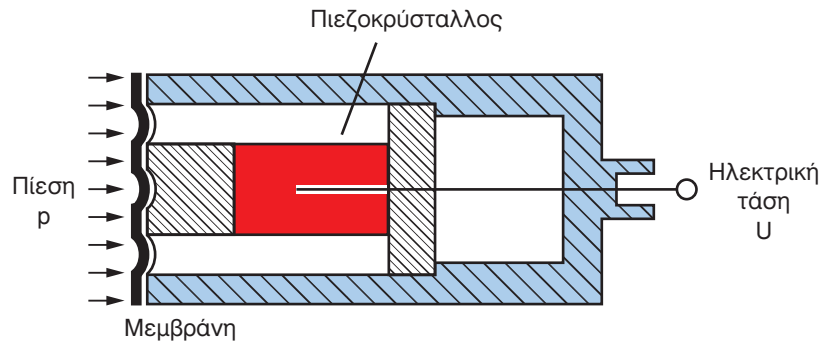
Ένας ακριβής τρόπος μέτρησης της πίεσης είναι αυτός που κάνει χρήση του *πιεζοηλεκτρικού φαινομένου*, δηλαδή της ιδιότητας που έχουν μερικοί τύποι κρυστάλλων να παρουσιάζουν στα άκρα τους διαφορά δυναμικού όταν στην επιφάνεια τους εξασκηθεί πίεση. Με αυτόν μετριοούνται πιέσεις μέχρι και 0,1 Pa. Η διαφορά δυναμικού U είναι πολύ μικρή (της τάξης mV) και συνήθως χρησιμοποιούνται ενισχυτές προκειμένου να γίνει δυνατή η επεξεργασία και η μέτρηση του σήματος. Επίσης είναι ανάλογη της δύναμης ή της πίεσης p , που εξασκείται στον κρύσταλλο.

$$U = C \cdot p$$

όπου C είναι μια σταθερά αναλογίας και μετριέται σε V/Pa.

Στην περίπτωση αυτή έχουμε μετατροπή μηχανικής ενέργειας (πίεση) σε ηλεκτρική (ηλεκτρική τάση).

Οι κρύσταλλοι συνήθως έχουν σχήμα εξαγωνικό. Στο σχήμα 4.25 φαίνεται ο πιεζοκρύσταλλος.



(α) Λειτουργία



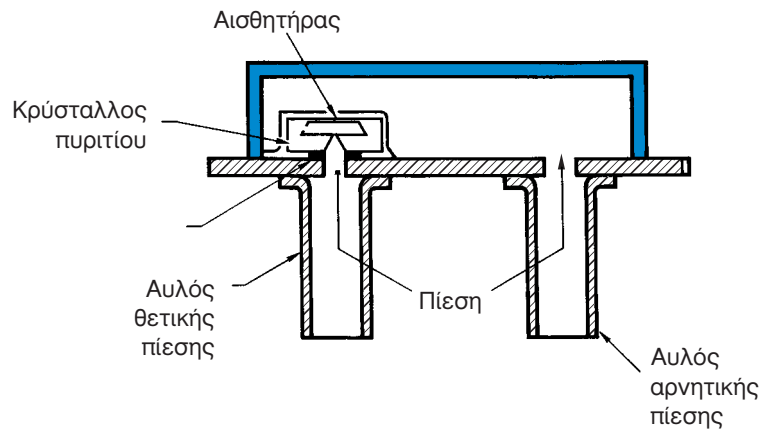
(β) Μορφή

Σχήμα 4.25 Πιεζοκρύσταλλος

Τα **χαρακτηριστικά** των κρυστάλλων είναι:

- περιοχή μέτρησης πίεσης (Pa),
- τάση εξόδου (mV),
- ευαισθησία (mV /Pa),
- ακρίβεια (%),
- απόκριση συχνότητας (Hz),
- αντίσταση μόνωσης (Ω),
- συχνότητα μέτρησης (KHz),
- βάρος (gr),
- μέγεθος.

Στο Σχήμα 4.26 φαίνεται ένας πιεζοστάτης με κρύσταλλο.



(α) Με δύο αυλούς

Σχήμα 4.26 Πιεζοστάτης με κρύσταλλο

Οι σύγχρονοι πιεζοστάτες έχουν τεχνικά χαρακτηριστικά υψηλής τεχνολογίας και προδιαγραφών όπως:

- ✓ Έξοδος ηλεκτρικό ρεύμα 4 –20 mA
- ✓ Η βαθμονόμηση γίνεται μέσω λογισμικού και επιτρέπει στους χρήστες να βαθμονομήσουν γρήγορα και με ακρίβεια τον αισθητήρα εξοικονομώντας χρόνο.
- ✓ Ενδείξεις βάθους ανεξάρτητα από τις αλλαγές της ατμοσφαιρικής πίεσης.
- ✓ Εύκολη προσαρμογή σε πλήθος εφαρμογών όπως επιτήρηση δικτύων σωληνώσεων, δεξαμενές με ταραχώδη ροή, φυσαλίδες κτλ.
- ✓ Μέτρηση για διαφορετικά βάθη με επαναρίθμυση της αρχικής κλίμακα μετρήσεων.

4.23 Πρεσοστάτης ελέγχου πίεσης λαδιού

Ο συμπιεστής για να λειτουργήσει σωστά χρειάζεται τη σωστή πίεση λαδιού. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιείται ο πρεσοστάτης λαδιού. Η λειτουργία του είναι διαφορετική από ότι στους άλλους πρεσοστάτες με την έννοια ότι μετράει τη διαφορική πίεση. Συγκρίνει τις πιέσεις που υπάρχουν σε 2

διαφράγματα ή τα φουσερά και ελέγχει αν υπάρχει μια θετική πίεση λαδιού.

Η καθαρή πίεση του λαδιού είναι η πίεση της αντλίας μείον την πίεση του συμπιεστή. Δηλαδή η αντλία για να υπερνικήσει την πίεση του συμπιεστή για να στείλει λάδι και να λιπάνει τα κινούμενα μέρη.

Η καθαρή πίεση του λαδιού σε ένα ψυκτικό κύκλωμα ποικίλει από 900 kPa στην περίπτωση μη λειτουργίας του συμπιεστή μέχρι περίπου 500 kPa σε περίπτωση κανονικής λειτουργίας.

Συνήθως η πίεση του λαδιού στο συμπιεστή είναι τουλάχιστον 30 psi μεγαλύτερη από την πίεση στην αντλία λαδιού.

Π. Χ. ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ

Πόση είναι η καθαρή πίεση λαδιού σε ένα συμπιεστή, όταν η πίεση της αντλίας του λαδιού είναι 900 kPa και η πίεση του συμπιεστή είναι 600 kPa.

Λύση

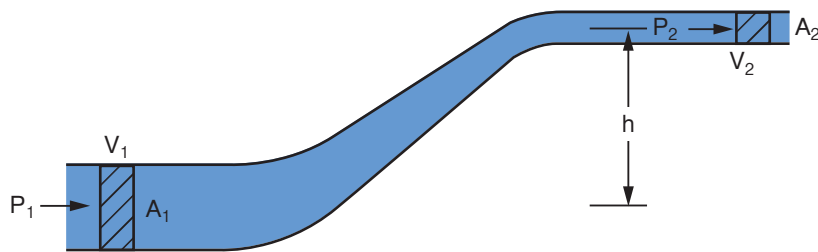
Η καθαρή πίεση του λαδιού που εκφορτίζεται πάνω στα κινούμενα μέρη του κινητήρα του συμπιεστή είναι :

4.24 Μέτρηση και έλεγχος πίεσης και της παροχής με την αρχή του Bernoulli

Η μέτρηση και ο έλεγχος της πίεσης ενός υγρού μπορεί να γίνει είτε άμεσα με τις συσκευές που προαναφέρθηκαν είτε έμμεσα με την μέτρηση της ταχύτητας βάσει της εξίσωσης του **Bernoulli**, η οποία δίνει τη σχέση που υπάρχει ανάμεσα στην ταχύτητα και στην πίεση, σε ιδανικό υγρό, κατά μήκος της ροής. Έτσι στον σωλήνα του σχήματος 4.27 αν p_1 και p_2 είναι οι πιέσεις σε δύο σημεία του σωλήνα με διαφορετικές διατομές A_1 και A_2 αντίστοιχα, και u_1 και u_2 είναι οι ταχύτητες του υγρού σύμφωνα με το νόμο του **Bernoulli** θα έχουμε :

$$p_1 \cdot u_1 = p_2 \cdot u_2$$

Δηλαδή σε σημεία όπου η ταχύτητα του υγρού είναι υψηλή, η στατική πίεση είναι ελαττωμένη και αντίστροφα.

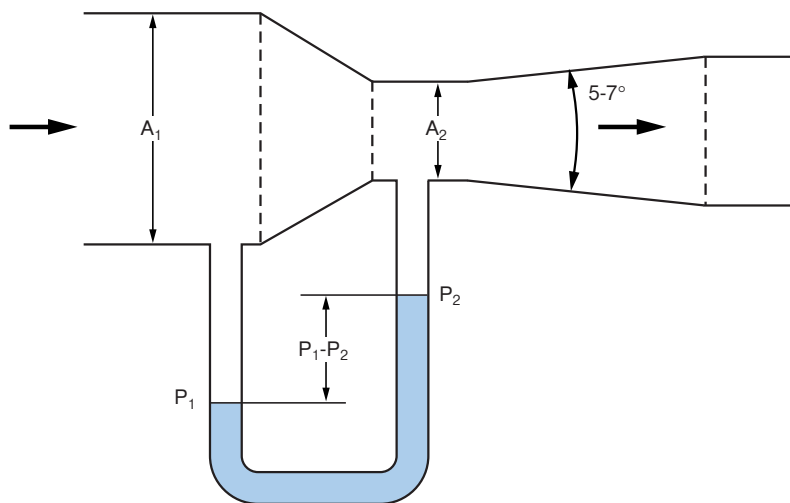


Σχήμα 4.27 Στένωση σωλήνα και εξίσωση Bernoulli

Η μέτρηση της διαφορικής πίεσης μπορεί να γίνει με τον κλασικό σωλήνα *Venturi*. Οι πιέσεις κατά μήκος της ροής θα διαφέρουν κατά τρόπο ανάλογο των διατομών του σύμφωνα με την **εξίσωση της συνέχειας** και την εξίσωση Bernoulli:

$$\frac{p_2}{p_1} = \frac{V_1}{V_2} = \frac{A_2}{A_1}$$

Με βάση την εξίσωση της συνέχειας λειτουργεί ο σωλήνας *Ventouri* όπου φαίνεται στο σχήμα 4.28



Σχήμα 4.28 Σωλήνας Ventouri

Από τη διαφορά της πίεσης $\Delta p = p_1 - p_2$ μπορούμε να υπολογίσουμε την παροχή του ρευστού. Συγκεκριμένα αυτή δίδεται από τη σχέση

$$Q = C \cdot A_2 \sqrt{\frac{2 \cdot \Delta p}{\rho}}$$

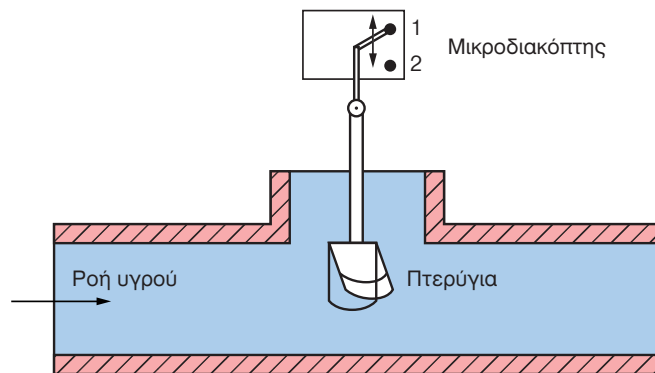
όπου C είναι ένας συντελεστής που δίνεται σε πίνακες.

Η μέτρηση της παροχής αέρα με το σύστημα Venturi είναι ένας από τους πλέον αξιόπιστους τρόπους. Η παροχή αέρα είναι γενικά πολύ δύσκολο να υπολογιστεί σωστά, σε αντίθεση με την παροχή των ρευστών που η μέτρηση είναι σχετικά εύκολη.

4.25 Διακόπτης ροής υγρού (flow switch)

Ο διακόπτης ροής έχει ένα στέλεχος, στο άκρο του οποίου υπάρχουν έξι πτερύγια με μεταβαλλόμενη κλίση. Επίσης υπάρχει ειδική συνδεσμολογία τοποθέτησης ώστε να είναι δυνατή η εισαγωγή και η εξαγωγή του αισθητήρα από τον αγωγό χωρίς να διακοπεί ή μεταβληθεί η ροή του υγρού το οποίο μπορεί να βρίσκεται υπό πίεση όπως φαίνεται στο σχήμα 4.27.

Μπορούν να ελέγξουν αν υπάρχει ροή στα περισσότερα υγρά χαμηλού ιξώδους ακόμη σε μικρές ταχύτητες ($<0,3$ m/sec). Τα τμήματα της φτερωτής τα οποία έρχονται σε επαφή με το υγρό πρέπει να είναι από ανθεκτικά υλικά ώστε να είναι χημικώς συμβατά με τις περισσότερες διεργασίες.



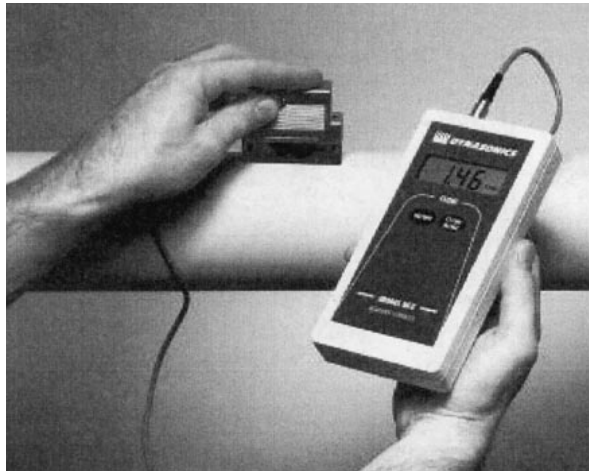
Σχήμα 4.29 Διακόπτης ροής με πτερύγια

4.26 Διακόπτης ροής με υπερήχους

Οι διακόπτες με υπερήχους βασίζονται στο φαινόμενο **Doppler**. Η συχνότητα εκπομπής των ηχητικών σημάτων είναι περίπου 640 kHz και η ανάκλαση του ήχου γίνεται από τα μικροσωματίδια που υπάρχουν στην επιφά-

νεια του υγρού. Η συχνότητα της ήχους είναι διαφορετική της συχνότητας εκπομπής και εξαρτάται από την ταχύτητα ροής. Οι μεταβολές αυτές της συχνότητας μπορούν να προσδιορίσουν και το μέγεθος της ροής.

Ο αισθητήρας ροής υπερήχων μπορεί να προσδεθεί στο τοίχωμα της σωλήνωσης και σε επιλεγμένα σημεία ώστε να μην υπάρχει επιτάχυνση της ροής (βαλβίδες ελέγχου ή αντλίες) ή διαταραχή της ροής (καμπύλες ή γωνίες), σχήμα 4.30.



Σχήμα 4.30 Μέτρηση ροής με υπερήχους

Το πρόβλημα αυτών των οργάνων είναι ότι δεν μπορούν να ελέγξουν τη ροή, αν δεν υπάρχουν μικροσωματίδια για να προκαλέσουν την αντανάκλαση του ήχου. Αν το ρευστό είναι καθαρό, αδυνατούν να κάνουν τη μέτρηση.

4.27 Συσκευές ελέγχου στάθμης

Αρκετές φορές είναι αναγκαίο να μετρηθεί η στάθμη ενός υγρού είτε είναι αυτό νερό ή λάδι ή χημικό διάλυμα το οποίο μπορεί να βρίσκεται σε ανοικτό δοχείο ή σε δεξαμενή ή σε κλειστό δοχείο υπό πίεση. Η μέτρηση της στάθμης οδηγεί στο να κλείσει μια βαλβίδα εισαγωγής ή εξαγωγής.

Η στάθμη υγρού μπορεί να μετρηθεί χρησιμοποιώντας διάφορες μεθόδους, που εξαρτώνται από τις συνθήκες λειτουργίας, τις ιδιότητες του υγρού, καθώς και από την κατάσταση στην οποία βρίσκεται (θερμοκρασία, πίεση, λεπτόρρευστο, παχύρρευστο, αγωγίμο κτλ.). Οι συσκευές ελέγχου

στάθμης περιέχουν **αισθητήρες για μέτρηση της στάθμης ενός ή περισσότερων σημείων και αισθητήρες συνεχούς μέτρησης**. Οι αισθητήρες στάθμης σημείων χρησιμοποιούνται για την ανίχνευση υψηλής ή χαμηλής στάθμης, μέγιστου ή ελάχιστου ύψους στάθμης ή για την ενεργοποίηση συναγερμού.

Οι αισθητήρες στάθμης συνεχούς μέτρησης χρησιμοποιούνται για την μέτρηση της στάθμης εντός ορισμένων ορίων και έτσι εξασφαλίζεται η συνεχής επιτήρηση της στάθμης.

Οι συσκευές ελέγχου στάθμης έχουν ως έξοδο ένα σήμα το οποίο συνήθως είναι ηλεκτρικό ρεύμα μεγέθους 4-20mA ή ηλεκτρική τάση 0-5 V dc.

Οι συσκευές τελευταίας τεχνολογίας έχουν αρκετά **χαρακτηριστικά** όπως:

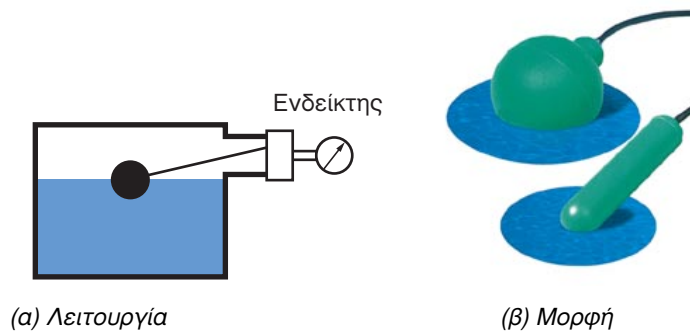
- ✓ δυνατότητα μέτρησης για χημικά, τοξικά, αγωγίμα, ή κοκκώδη υλικά,
- ✓ δυνατότητα ελέγχου από μακριά,
- ✓ ανίχνευση ενός, ή πολλών σημείων,
- ✓ ασφαλή λειτουργία,
- ✓ ρυθμιζόμενη χρονοκαυστέρηση,
- ✓ ένδειξη με LED ή οθόνη,
- ✓ αλουμινένιο περίβλημα για στεγανότητα ή pvc για διαβρωτικό περιβάλλον,
- ✓ προστασία από εκπεμπόμενες ακτινοβολίες,
- ✓ ενσωματωμένο αισθητήρα θερμοκρασίας για αντιστάθμιση των μεταβολών της θερμοκρασίας.

(α) Διακόπτης στάθμης τύπου πλωτήρα (αχλάδι)

Ο διακόπτης πλωτήρα χρησιμοποιείται συχνά για την άμεση μέτρηση της στάθμης ενός υγρού ή της πλήρωσης ενός δοχείου. Αποτελείται από ένα πλωτήρα από πλαστικό (φούσκα) σε σχήμα σφαίρας ή αχλαδιού ή δίσκου, ο οποίος περιέχει αέρα και επιπλέει πάνω στην επιφάνεια του υγρού. Ο πλωτήρας συνδέεται με ένα σύστημα μοχλών οι οποίοι δίνουν εντολή και κλείνουν ή ανοίγουν οι βαλβίδες εισαγωγής και εξαγωγής του υγρού στο δοχείο. Όταν το υγρό φθάσει στην επάνω στάθμη, ανοίγει η βαλβίδα εξαγωγής και αδειάζει το δοχείο, ενώ κλείνει η βαλβίδα εισαγωγής. Αντίθετα, όταν το υγρό φθάσει στην κάτω στάθμη, ανοίγει η βαλβίδα εισαγωγής του νερού και κλείνει η βαλβίδα εξαγωγής.

Στο παράδειγμα 6 του 1ου κεφαλαίου περιγράφεται η πλήρωση δεξαμενής με πλωτήρα (Σχήμα 1.13).

Για την μετάδοση των πληροφοριών για την θέση του πλωτήρα υπάρχουν μηχανικά ή μαγνητικά συστήματα. Η μετάδοση με μηχανικούς μοχλούς είναι κατάλληλη για δοχεία που δεν βρίσκονται υπό πίεση. Τα μαγνητικά συστήματα, που αποτελούνται από κατάλληλους μαγνήτες, είναι απαραίτητα για την μέτρηση σε κλειστά δοχεία στα οποία το υγρό βρίσκεται υπό πίεση. Το σχήμα 4.6.1(α) δείχνει τον διακόπτη στάθμης τύπου πλωτήρα, ενώ στο σχήμα 4.6.1(β) φαίνονται μορφές διακοπτών.

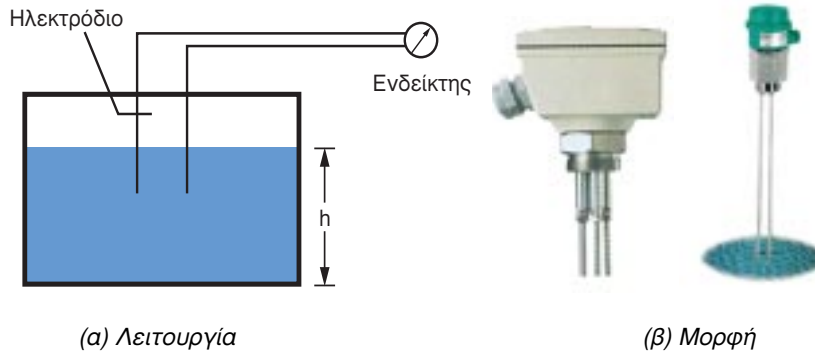


Σχήμα 4.31 Διακόπτης πλωτήρα

(β) Διακόπτης στάθμης με ηλεκτρόδια (χωρητική μέθοδος)

Η μέθοδος της χωρητικής μέτρησης της στάθμης, βασίζεται σε ένα πυκνωτή που σχηματίζεται μεταξύ δύο ηλεκτροδίων τα οποία εμβαπτίζονται μέσα στο υπό μέτρηση υγρό και αποτελούν τους οπλισμούς του. Το υγρό αποτελεί το διηλεκτρικό του πυκνωτή. Καθώς μεταβάλλεται το ύψος της στάθμης του υγρού, αλλάζει ο όγκος του διηλεκτρικού, η επιφάνεια των ηλεκτροδίων και συνεπώς μεταβάλλεται και η χωρητικότητα του πυκνωτή ανάλογα με το ύψος της στάθμης ($C \propto h$).

Επομένως όταν στην έξοδο του κυκλώματος τοποθετηθεί μια εναλλασσόμενη τάση υψηλής συχνότητας, το ηλεκτρικό ρεύμα που διαρρέει το υγρό μεταβάλλεται αντιστρόφως ανάλογα και παρέχει την ένδειξη της στάθμης του υγρού. Στο σχήμα 4.6.2 φαίνεται ο διακόπτης.

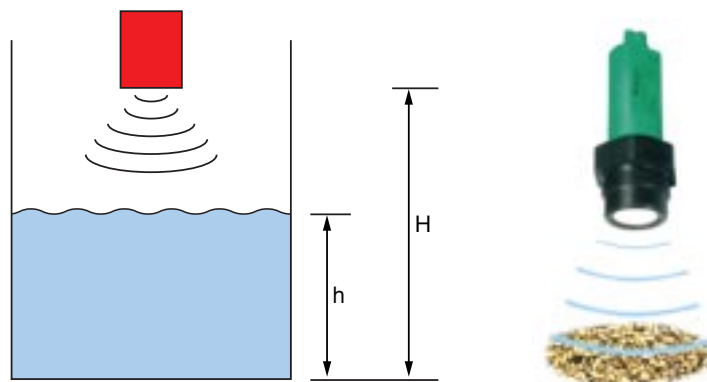


Σχήμα 4.32. Μέτρηση με ηλεκτρόδια

(γ) Διακόπτης στάθμης με τη μέθοδο των υπερήχων

Ένας πομποδέκτης υπερήχων εκπέμπει και λαμβάνει ηχητικούς παλμούς πάνω από την επιφάνεια ενός υγρού. Τα υπερηχητικά σήματα ανακλώνται στην επιφάνεια του υγρού και λαμβάνονται από τον δέκτη. Ο αισθητήρας μεταδίδει συνεχώς ηχητικούς παλμούς υψηλής συχνότητας, γύρω στους 42 KHz. Η ακριβής απόσταση της επιφάνειας του υγρού από τον αισθητήρα μπορεί να μετρηθεί με μεγάλη ακρίβεια (± 0.5 της μέγιστης κλίμακας). Το χρονικό διάστημα που μεσολαβεί από την εκπομπή του ηχητικού παλμού μέχρι την λήψη του, είναι ανάλογο της στάθμης του υγρού μέσα στο δοχείο. Γενικά μπορούν να μετρήσουν στάθμες υγρού μέχρι και 10 m.

Συγκεκριμένα, αν H είναι η απόσταση του πομποδέκτη από τον πυθμένα του δοχείου και h είναι το ύψος της στήλης του υγρού, τότε ο χρόνος μεταξύ εκπομπής και λήψης του ήχου θα είναι ανάλογος της απόστασης του πομποδέκτη από την επιφάνεια του υγρού ή $t \propto (H - h)$ (Σχήμα 4.6.3).



Στάθμη 4.33. Διακόπτης στάθμης με υπερήχους

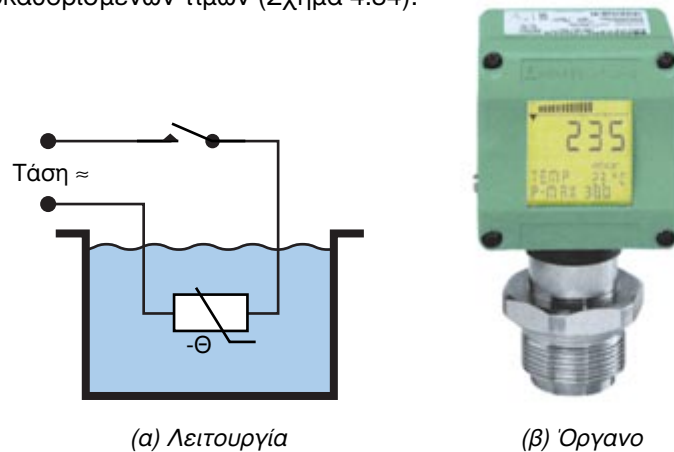
(δ) Διακόπτης στάθμης με βραχίονα

Ο διακόπτης στάθμης με βραχίοντα ομοιάζει με το διακόπτη στάθμης με πτερύγια του σχήματος 4.5.1 με τη διαφορά ότι αντι για φτερωτή έχει ένα μακρύ βραχίονα, ο οποίος τοποθετείται στο σωλήνα ροής του υγρού και ανάλογα της ροής μετακινείται προς δύο διευθύνσεις (πάνω-κάτω), και μέσω ενός ευαίσθητου μοχλικού συστήματος ενεργοποιεί ένα μικροδιακόπτη.

Έλεγχος στάθμης υγρού

Ο έλεγχος της στάθμης ενός υγρού που περιέχεται σε μια δεξαμενή, γίνεται με κατάλληλες διατάξεις που περιέχουν αισθητήριο στάθμης, ελεγκτή και βαλβίδες ελέγχου ροής εισόδου και εξόδου. Η συσκευή ελέγχου στάθμης μπορεί να περιέχει αισθητήρια, όπως αναφέρθηκε προηγούμενα, με ηλεκτρόδια, με πλωτήρα, με βραχίονα ή με υπερήχους.

Ο ελεγκτής λαμβάνει το σήμα από το αισθητήριο, το ενισχύει και δίνει εντολή στη βαλβίδα ελέγχου ροής εξόδου ώστε να ανοίξει ή να κλείσει, και η στάθμη του υγρού να παραμείνει πάνω από μια ορισμένη τιμή ή μεταξύ δύο προκαθορισμένων τιμών (Σχήμα 4.34).



Σχήμα 4.34 Έλεγχος στάθμης υγρού

4.28 Μέτρηση και έλεγχος σχετικής υγρασίας

Τα όργανα που μετρούν την σχετική υγρασία ονομάζονται **υγροστάτες**. Οι υγροστάτες περιέχουν διάφορα αισθητήρια ανίχνευσης της υγρασίας και

η μέτρηση γίνεται με διάφορους τρόπους.

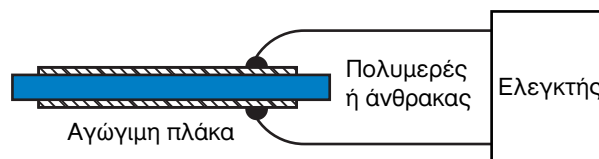
(α) Αισθητήριο με υγροσκοπικές ίνες

Σαν υγροσκοπικές ίνες μπορεί να χρησιμοποιηθούν ανθρώπινη τρίχα, μαλλί, μεμβράνη, νάilon κλωστή κτλ. Όταν οι ίνες απορροφήσουν υγρασία, επιμηκύνονται γιατί η μοριακή δομή τους είναι κατά μήκος, και με την απορρόφηση νερού αλλάζουν οι μοριακές αλυσίδες. Αντίθετα αν οι ίνες αποβάλλουν νερό, συστέλλονται.

Το **μήκος** στο οποίο φθάνει η ίνα αποτελεί τη μονάδα μέτρησης της σχετικής υγρασίας (relative humidity, rh). Όταν οι ίνες έχουν πλήρως εμποτιστεί με νερό, η υγρασία είναι 100% rh. Η ίνα βρίσκεται σε πλήρη κορεσμό και το στοιχείο αυτό αποτελεί σημείο αναφοράς για τη σωστή ρύθμιση των οργάνων.

(β) Αισθητήριο με ηλεκτρική αντίσταση

Υπάρχουν ορισμένα υλικά, όπως ο άνθρακας ή διάφορα πολυμερή ελαστικά των οποίων η ηλεκτρική αντίσταση μειώνεται όταν απορροφήσουν υγρασία. Αυτά τα υλικά αποτελούν αισθητήρια για τους ηλεκτρονικούς υγροστάτες. Τα υγροσκοπικά αυτά υλικά τοποθετούνται μεταξύ δύο αγωγικών πλακών οι οποίες συνδέονται σε ηλεκτρικό κύκλωμα. Με την απορρόφηση υγρασίας, η αντίσταση του υλικού, ελαττώνεται και το κύκλωμα διαρρέεται από μεγαλύτερο ρεύμα. Η ειδική αντίσταση μειώνεται, συνεπώς η ηλεκτρική αγωγιμότητα αυξάνεται. Επίσης το χρώμα του πολυμερούς αλλάζει και από μπλε γίνεται κόκκινο. Με τον τρόπο αυτό, η έξοδος του κυκλώματος μπορεί να κυμανθεί από 0 έως 20mA ή αν μετατραπεί σε ηλεκτρική τάση, από 0 έως 10 V, σχήμα 4.35.



Σχήμα 4.35 Αισθητήριο ηλεκτρονικού υγροστάτη

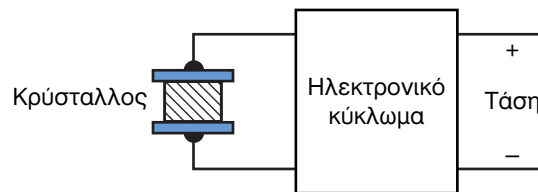
Σε αρκετούς υγροστάτες μαζί με τον αισθητήρα υγρασίας υπάρχει και αισθητήρας θερμοκρασίας, έτσι ώστε η μέτρηση της σχετικής υγρασίας να γίνεται με αναφορά στη συγκεκριμένη θερμοκρασία.

Οι αισθητήρες υγρασίας και θερμοκρασίας βρίσκονται προφυλαγμένοι

μέσα σε μεταλλικό κυλινδρικό κάλυμμα (probe) μήκους από 100 έως 200 mm, που έχει μικρές κυκλικές οπές για την είσοδο της υγρασίας.

(γ) Αισθητήριο με κρύσταλλο

Ένας άλλος τύπος αισθητηρίου περιλαμβάνει ένα κρύσταλλο χαλαζία γύρω από τον οποίο υπάρχει υγροσκοπικό υλικό. Όταν το υγροσκοπικό υλικό απορροφά υγρασία, αλλάζει η μάζα του κρυστάλλου και, συνεπώς, η συχνότητα ταλάντωσης του κρυστάλλου μεταβάλλεται. Η μεταβολή αυτή της συχνότητας μετριέται από ένα ηλεκτρονικό κύκλωμα, μετατρέπεται σε τάση ή ρεύμα και οδηγείται στον ηλεκτρονικό ελεγκτή. Το σχήμα 4.36 δείχνει το διάγραμμα λειτουργίας ενός αισθητηρίου κρυστάλλων.



Σχήμα 4.7.2 Αισθητήριο με κρύσταλλο

4.29 Ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες ON-OFF

Οι ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες μετατρέπουν την ηλεκτρική ενέργεια σε μηχανική. Αποτελούνται από ένα πηνίο με τον οπλισμό του, από το έμβολο της βαλβίδας, το ελατήριο και το κυρίως σώμα της. Συνδέονται σε σειρά στο ηλεκτρικό κύκλωμα του θερμοστάτη ή πρεσοστάτη και όταν κλείσουν οι επαφές τους (ο συμπιεστής αρχίσει να λειτουργεί), το πηνίο της βαλβίδας διαρρέεται από ρεύμα.

Στο σχήμα 4.34 φαίνεται η μορφή της ηλεκτρομαγνητικής βαλβίδας καθώς και το σύμβολο της.

Οι ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες, ανάλογα με την εφαρμογή, μπορούν να συνδεθούν στη γραμμή του ψυκτικού υγρού ή στη γραμμή αναρρόφησης ή στη γραμμή κατάθλιψης. Υπάρχουν γραμμικές και περιστροφικές.

Διακρίνονται σε **βαλβίδες κανονικά κλειστές (Normally closed, NC)** και **βαλβίδες κανονικά ανοικτές (Normally open, NO)**. Οι NC είναι αρχικά κλειστές και μόλις ενεργοποιηθούν από τον θερμοστάτη ή πρεσοστάτη ανοίγουν. Αντίθετα οι NO είναι αρχικά ανοικτές και μόλις ενεργοποιηθούν

από τον θερμοστάτη, ή πρεσοστάτη κλείνουν.



(α) Μορφή



(β) Σύμβολο

Σχήμα 4.34 Ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα

Διακρίνονται σε **βαλβίδες κανονικά κλειστές (Normally closed, NC)** και **βαλβίδες κανονικά ανοικτές (Normally open, NO)**. Οι NC είναι αρχικά κλειστές και μόλις ενεργοποιηθούν από τον θερμοστάτη ή πρεσοστάτη ανοίγουν. Αντίθετα οι NO είναι αρχικά ανοικτές και μόλις ενεργοποιηθούν από τον θερμοστάτη, ή πρεσοστάτη κλείνουν.

Υπάρχουν βαλβίδες οι οποίες οδηγούνται (ανοίγουν ή κλείνουν) με σερβοκινητήρα.

4.30 Οι σερβοκινητήρες

Οι σερβοκινητήρες γενικά χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές συστημάτων αυτόματου ελέγχου και τηλεχειρισμού κυρίως για τον καθορισμό μιας θέσης ή κάποιας ταχύτητας.

Ένας σερβοκινητήρας πρέπει να έχει τα ακόλουθα χαρακτηριστικά :

- Να περιστρέφεται σταθερά σε μεγάλη περιοχή ταχυτήτων.
- Να αναπτύσσει υψηλή ροπή ώστε να αλλάζει γρήγορα η ταχύτητα του.
- Να έχει υψηλή ταχύτητα απόκρισης στις εντολές του συστήματος ελέγχου

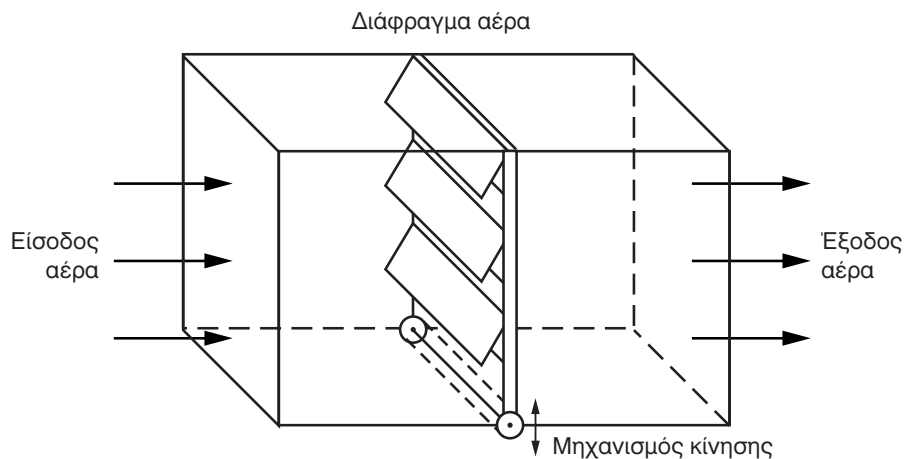
Υπάρχουν σερβοκινητήρες συνεχούς ρεύματος (*DC servomotors*) και ε-

ναλλασσομένου ρεύματος τριφασικοί και μονοφασικοί (*AC three phase or single phase servomotors*).

Ο σερβοκινητήρας εναλλασσομένου ρεύματος έχει δύο τυλίγματα. Το πρώτο τύλιγμα ονομάζεται *σταθερό τύλιγμα*, ή *τύλιγμα διέγερσης*, και τροφοδοτείται με σταθερή τάση π.χ., την ονομαστική τάση του δικτύου. Το δεύτερο τύλιγμα τροφοδοτείται με μεταβλητή τάση και ονομάζεται *τύλιγμα ελέγχου*.

Όταν το τύλιγμα διέγερσης τροφοδοτείται από μονοφασική τάση, πρέπει να συνδεθεί σε σειρά με αυτό ένας πυκνωτής, για να μπορεί ο κινητήρας να αναπτύξει ροπή εκκίνησης.

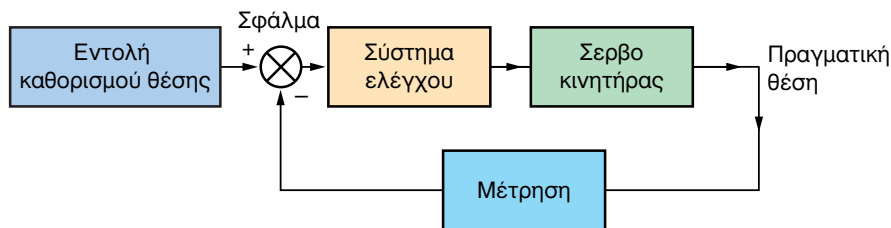
Ο δρομέας (*rotor*) έχει μικρή διάμετρο ώστε να παρουσιάζει χαμηλή αδράνεια κατά την εκκίνηση και κατά το σταμάτημα του κινητήρα.



Σχήμα 4.31 Διακόπτης ροής αέρα

Οι σερβοκινητήρες χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο της ροής σε διάφορα ρευστά. Στο σχήμα 4.35 βλέπουμε τον τρόπο αλλαγής της παροχής του αέρα σε ένα αεραγωγό με τη αλλαγή της θέσης του *dampers*. Με ανάλογο τρόπο χρησιμοποιείται και στις βάνες. Το διάγραμμα του σχήματος 4.36 δείχνει ένα σύστημα ελέγχου της θέσης ενός αντικειμένου. Όταν ο χειριστής δίνει εντολή για τον καθορισμό της θέσης, η εντολή αυτή διαβιβάζεται στην μονάδα ηλεκτρονικού ελέγχου. Ταυτόχρονα η μονάδα ελέγχου λαμβάνει σήμα ανάδρασης από την πραγματική θέση. Το σφάλμα θέσης (η διαφορά μεταξύ επιθυμητής και πραγματικής θέσης) ενεργοποιεί το σύστημα ελέγχου το οποίο οδηγεί τον κινητήρα.

Κάθε σερβοκινητήρας έχει το δικό του σύστημα ελέγχου. Υπάρχει ταχογεννήτρια, αναλογικός/ψηφιακός μετατροπέας, κωδικοποιητής κτλ. συνδεδεμένοι σ' ένα κλειστό κύκλωμα.



Σχήμα 4.9.2 Σύστημα ελέγχου σερβοκινητήρα



ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ

- Οι θερμοστάτες είναι συσκευές μέτρησης ή ανίχνευσης θερμοκρασίας.
- Οι θερμοστάτες έχουν διάφορους τύπων αισθητήρια όπως θερμίστορ, θερμοζεύγη, διμεταλλικά ελάσματα, θερμόμετρα με βολβό και ηλεκτρονικά αισθητήρια.
- Τα αισθητήρια θερμοκρασίας αλλάζουν μορφή, διάσταση ή κατάσταση με την αύξηση της θερμοκρασίας. Το θερμοηλεκτρικό στοιχείο αλλάζει τάση, το θερμίστορ αλλάζει αντίσταση, το διμεταλλικό έλασμα αλλάζει διάσταση (λυγίζει) κτλ.
- Τα θερμίστορ είναι στοιχεία μεταβλητής ηλεκτρικής αντίστασης και διακρίνονται σε θερμίστορ με αρνητικό θερμικό συντελεστή (N.T.C.) που η αντίσταση τους μειώνεται όταν αυξάνεται η θερμοκρασία, και στα θερμίστορ με θετικό θερμικό συντελεστή (P.T.C) των οποίων η αντίσταση τους αυξάνεται όταν αυξάνεται η θερμοκρασία.
- Οι πρεσοστάτες είναι συσκευές μέτρησης της πίεσης.
- Το κυριότερο στοιχείο ενός πρεσοστάτη είναι το αισθητήριο πίεσης το οποίο μετατρέπει την πίεση σε μηχανική κίνηση ή σε ηλεκτρική τάση. Έτσι διακρίνεται το μανόμετρο στο οποίο η διαφορά της πίεσης προκαλεί ανύψωση της στάθμης του υγρού, και το διάφραγμα ή την μεμβράνη στην οποία η πίεση στην επιφάνεια της προκαλεί την κίνηση ενός άξονα.

- Στα αισθητήρια με ηλεκτρική τάση κατατάσσονται οι πιεζοκρύσταλλοι, στους οποίους η άσκηση της πίεσης δημιουργεί ηλεκτρική τάση στα άκρα του κρυστάλλου.
- Οι συσκευές ελέγχου ροής ενός υγρού ή αερίου περιέχουν διακόπτες ροής διαφόρων τύπων όπως με πτερύγια ή υπερήχων και ελέγχουν επιλεκτικά τη ροή ανάλογα με τις ανάγκες του συστήματος.
- Οι συσκευές ελέγχου της σχετικής υγρασίας έχουν αισθητήρια με υγροσκοπικές ίνες, με ηλεκτρική αντίσταση ή με κρύσταλλο.
- Οι συσκευές ελέγχου παροχής υγρού ή βαλβίδες διακρίνονται σε ηλεκτρομαγνητικές και με σερβοκινητήρα.
- Οι συσκευές ελέγχου κίνησης ανιχνεύουν την κίνηση αντικειμένων και μέσω των σερβοκινητήρων καθορίζουν τη θέση των αντικειμένων.

**ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ – ΑΣΚΗΣΕΙΣ-ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ**

1. Περιγράψτε την λειτουργία του διμεταλλικού στοιχείου.
2. Τί είδους αισθητήρας θερμοκρασίας χρησιμοποιείται για τη μέτρηση θερμοκρασίας $+200^{\circ}\text{C}$;
3. Τι είναι ο θερμοστάτης και ποια είναι τα κύρια μέρη του ;
4. Ποια είναι η σχέση μεταξύ των μονάδων bar και psi ;
5. Περιγράψτε τον πρεσοστάτη
6. Πόσα είδη αισθητηρίων πίεσης γνωρίζετε ;
7. Πού βασίζονται τα ηλεκτρονικά αισθητήρια πίεσης;
8. Σε τι χρησιμεύουν τα μανόμετρα;
9. Αναφέρετε μεθόδους ελέγχου στάθμης υγρού.
10. Πώς μπορούμε να μετρήσουμε την ροή ενός υγρού ;
11. Πώς μπορούμε να μετρήσουμε την υγρασία ενός θαλάμου ;
12. Περιγράψτε τον διακόπτη ροής (flow switch).
13. Τι γνωρίζετε για τα συστήματα ελέγχου κίνησης και τους σερβοκι-

νητήρες;

14. Τι γνωρίζετε για τις βαλβίδες ροής; Επιλέξτε την σωστή απάντηση.
15. Διατάξεις που μετατρέπουν την μορφή ενέργειας σε άλλη ονομάζονται:
 - A. αισθητήρια (sensors)
 - B. μετατροπείς (transducers)
16. Σε ένα αισθητήριο RTD μεταβάλλεται :
 - A. Η αντίσταση
 - B. Η χωρητικότητα
 - Γ. Η επαγωγή
17. Οι θερμοστάτες χρησιμοποιούνται:
 - A. Για τον έλεγχο on/off θερμοκρασίας
 - B. Για τη μέτρηση της θερμοκρασίας
 - Γ. Για την μετατροπή αναλογικού σήματος σε ψηφιακό
18. Δίνονται στους μαθητές από τον καθηγητή διάφοροι τύποι θερμοστατών. Κάθε μαθητής συντάσσει έκθεση με την οποία αναλύει τα επί μέρους στοιχεία που περιέχει ο κάθε θερμοστάτης. Κατόπιν γίνεται συζήτηση στην τάξη.
19. Ανάλογη εργασία γίνεται με πρεσοστάτες.