



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗΣ
ΤΟΜΕΑΣ ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΩΝ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΑΥΤΟΜΑΤΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΕΛΕΓΧΟΥ



ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΑΙΣΘΗΤΗΡΙΑ-ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΙΣ-ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΛΕΓΧΟΥ
ΕΛΕΓΧΟΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΥΓΡΟΥ

Επιβλέπων: Δρ. Φραγκιαδάκης Νικόλαος
καθηγητής

Σπουδαστές: Καλτέκης Δημήτριος
Παπαδάκης Εμμανουήλ

Επιτροπή αξιολογήσεως:

Ημερομηνία παρουσίασης:

Αύξων αριθμός πτυχιακής εργασίας:

Χανιά 2007

Πρόλογος

Η πτυχιακή αυτή εργασία την οποία αναλάβαμε και την ολοκληρώσαμε τελικά, έχει να κάνει με τα συστήματα αυτομάτου ελέγχου και πώς αυτά υλοποιούνται, με την βοήθεια των κατάλληλων υλικών είτε αυτά είναι αισθητήρια είτε με την χρήση του υπολογιστή είχε ως σκοπό την κατανόηση κάποιας θεωρητικής ύλης της κατάλληλης και της εφαρμογής της στην πράξη. Έτσι η σειρά με την οποία εκτελέστηκε δεν ήταν άλλη από την εξής: Διάγνωση προβλήματος (Έλεγχος μίας φυσικής μεταβολής, εδώ η στάθμη του υγρού στην δεξαμενή, με χρήση των πλεονεκτημάτων και της αυτοματοποίησης που προσφέρει η ηλεκτρονική), επιλογή των κατάλληλων υλικών για την αντιμετώπιση αυτού το προβλήματος με βάση την λογική (αισθητήρια για την ανάγνωση της φυσικής μεταβολής, μετατροπείς για την αποτύπωση αυτής σε ηλεκτρονική μορφή δηλαδή τάση), μεταφορά της εκάστοτε ένδειξης στον υπολογιστή (μέσω κάρτας ηλεκτρονικού υπολογιστή), καλωδιώσεις για μεταφορά από σημείο σε σημείο και τέλος μετρήσεις και έλεγχος στον ηλεκτρονικό υπολογιστή μέσω του κατάλληλου προγράμματος για την δουλειά αυτή της αυτοματοποίησης ενός συστήματος του Labview το οποίο δίνει την δυνατότητα να δημιουργήσουμε εικονικά όργανα ηλεκτρονικά τα οποία μπορούν να επιτελούν διάφορες εργασίες, μειώνοντας το κόστος και εστιάζοντας στην ταχεία αντίληψη των διαφορετικών μεταβολών και λήψη κατάλληλων αποφάσεων. Στην όλη αυτή την σειρά που ακολουθήθηκε σε τελικό στάδιο έλαβε χώρα η ομαλή διασύνδεση τους και η αποτύπωση του ορθού αποτελέσματος. Σκοπός μας απώτερος είναι να δημιουργήσουμε ασκήσεις στο εργαστήριο των συστημάτων αυτομάτου ελέγχου έτσι όλοι οι σπουδαστές να έχουν την ευκαιρία να κατανοήσουν τα συστήματα αυτομάτου ελέγχου στην πράξη και να πάρουν μετρήσεις και συγκεκριμένα στον έλεγχο παραμέτρων υγρού.

Εδώ θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε με τον Μανώλη, τον κ. Ν. Φραγκιαδάκη για την εμπιστοσύνη που μας έδειξε στην επιλογή αυτής της πτυχιακής εργασίας και στην τυχόν βοήθεια που χρειαστήκαμε, όπως επίσης τον Ι. Καπνισάκη για την επίσης σημαντική συνεισφορά του, μιας και αυτός έκανε το κύριο βήμα, καθώς επίσης και στον συνάδελφο μου στον Οτε, Δημήτρη Ρούντο.

Καλτέκης Δ,
Παπαδάκης Ε.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

Εισαγωγή

Αντικείμενο αυτής της πτυχιακής εργασίας είναι η μέτρηση διαφόρων φυσικών μεγεθών όπως στάθμη, θερμοκρασία, ροή και πίεση μέσω συστήματος LAB-VIEW, καθώς και η απεικόνιση τους μέσω του υπολογιστικού συστήματος. Έχει γίνει μία μελέτη και ανάλυση του τρόπου μέτρησης και καταγραφής αυτών των τεσσάρων θεμελιωδών φυσικών μεγεθών.

Σκοπός μας ήταν η εργασία αυτή να περιλαμβάνει στοιχεία από όλα τα αντικείμενα που συμβάλουν στον σχεδιασμό ενός συστήματος αυτομάτου ελέγχου.

Επίσης αντικείμενο της εργασίας αυτής είναι να κατανοήσουμε διαφορές των ειδών μέτρησης των ίδιων φυσικών μεγεθών. Βασικό κομμάτι της εργασίας αυτής έχει αφιερωθεί στην ανάλυση των διαφόρων οργάνων μέτρησης καθώς και στις διαφορές που υπάρχουν ανάμεσα τους όπως επίσης και στην ανάλυση όλων εκείνων των παραμέτρων των οποίων συντελούν στην αποπεράτωση αυτής.

Πραγματοποιώντας αυτή τη πτυχιακή εργασία, βασικός στόχος μας ήταν να μπορέσουμε να συντάξουμε έναν οδηγό τον οποίο διαβάζοντας τον κάποιος να μπορέσει να κατανοήσει τους βασικούς τρόπους μέτρησης των φυσικών μεγεθών, πως μπορούν να υποστούν μετρήσεις ποιες οι διαφορές κάθε τεχνικής μέτρησης καθώς και που στηρίζεται η αρχή λειτουργία των οργάνων. Επίσης βασικός στόχος αυτής της εργασίας είναι να δώσει τις πρώτες γενικές πληροφορίες στο υπολογιστικό πρόγραμμα LAB-VIEW. Τέλος ο έλεγχος ο οποίος μπορούμε να πραγματοποιήσουμε στο περιβάλλον του υπολογιστή στις διάφορες παραμέτρους των ελεγκτών συντελούν στο να μας δώσουν μια ολοκληρωμένη εικόνα των συστημάτων αυτομάτου ελέγχου στην πράξη.

Θεωρούμε ότι τα αντικείμενα που επιλέξαμε να ασχοληθούμε και να αναπτύξουμε ικανοποιούν εξ' ολοκλήρου τους στόχους που είχαμε θέσει τόσο εμείς όσο και ο επιβλέπων καθηγητής μας για αυτή τη πτυχιακή εργασία.

Γενικά

Σκοπός όπως προαναφέρθηκε στην πτυχιακή αυτή εργασία είναι να ελέξουμε όλες εκείνες τις παραμέτρους που μπορούν να επηρεάσουν την σωστή αποτύπωση κάθε μεταβολής μιάς φυσικής μεταβολής του υγρού είτε αυτή είναι η στάθμη, πίεση, θερμοκρασία, ροή. Στην παρούσα λοιπόν στιγμή θα πρέπει να γίνει μια αναφορά σε όλα εκείνα τα μέρη τα οποία λαβάνουν χώρα για την εκτέλεση του ελέγχου. Αυτά τα μέρη δεν είναι άλλα από τα εξής: α) αισθητήρια για να μετρήσουν τις διάφορες φυσικές μεταβολές β) μετατροπείς για την μετατροπή των σημάτων σε ηλεκτρονικά σήματα, τάση δηλαδή, μετατροπείς επίσης για την μετατροπή αυτής της τάσης σε ακολουθία Bit και να περαστεί στον υπολογιστή στον αυτόματο έλεγχο γ) Software κατάλληλο έτσι ώστε να λαβάνει αυτή την ακολουθία των bit να την αποτυπώνει σε γραφικό περιβάλλον να την επεξεργάζεται ή και να την διορθώνει μέσω συστημάτων αυτομάτου ελέγχου. Οπότε θα πρέπει αρχικά να γίνει μια αναφορά όλων των παραπάνω που συμμετέχουν στο όλο σύστημα για να καταλάβουμε την περαιτέρω λειτουργία τους.

Αισθητήρια

Ο έλεγχος και η σταθεροποίηση των βιομηχανικών συστημάτων και επεξεργασιών, εξαρτώνται από την ακριβή μέτρηση. Μία μεταβλητή πρέπει να μετριέται με ακρίβεια για να ελέγχεται.

Στα βιομηχανικά συστήματα οι συσκευές που κάνουν αυτές τις μετρήσεις λέγονται μετατροπείς ενέργειας ή αισθητήρες.

"Μετατροπή ενέργειας" ονομάζεται η διαδικασία της μετατροπής της ενέργειας από την μία μορφή στην άλλη.

Οι αισθητήρες μπορεί να είναι ξεχωριστές συσκευές ή περίπλοκες κατασκευές αλλά όποια και αν είναι η μορφή τους επιτελούν όλη την βασική λειτουργία που είναι η ανίχνευση ενός σήματος ή μιας διέγερσης και η παραγωγή μιας μετρήσιμης εξόδου. Η ακριβής επιλογή ενός αισθητήρα εξαρτάται από την φύση των παραμέτρων που πρέπει να μετρηθούν και άλλους παράγοντες, όπως το κόστος, η αξιοπιστία και η ποιότητα της λαμβανόμενης πληροφορίας. Άλλοι παράγοντες μπορούν να περιλαμβάνουν την καταλληλότητα της μορφής του αισθητήρα, ώστε να χρησιμοποιηθούν σε κάποιο περιβάλλον και την ανάγκη αξιοποίησης της παρεχόμενης πληροφορίας άμεσα, μετά από κάποιο χρονικό διάστημα ή σε κάποια άλλη θέση.

Οι αισθητήρες ανιχνεύουν διάφορες φυσικές παραμέτρους και η αξιοποίηση αυτών των παραμέτρων από εμάς καθιστά τους αισθητήρες πολύτιμους. Εν γένει υπάρχουν δύο ξεχωριστές περιοχές που χρησιμοποιείται η τεχνολογία αισθητήρων η συλλογή πληροφορίας και ο έλεγχος συστημάτων.

Οι ανιχνευτές που χρησιμοποιούνται για την συλλογή της πληροφορίας παρέχουν δεδομένα με σκοπό την παρουσίαση τους, έτσι ώστε να είναι διαρκώς κατανοητή η τρέχουσα κατάσταση των παραμέτρων του συστήματος. Επίσης χρησιμοποιούνται για να καταγράφουν και να παρέχουν μια εικόνα της εξέλιξης των παραμέτρων του συστήματος.

Οι αισθητήρες που χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο του συστήματος δε διαφέρουν και πολύ από αυτούς που χρησιμοποιούνται για την συλλογή της πληροφορίας , αλλά αυτό που διαφέρει είναι ο τρόπος αξιοποίησης της πληροφορίας. Σε ένα τέτοιο σύστημα ελέγχου το σήμα από τον αισθητήρα τροφοδοτεί έναν ελεγκτή , ο οποίος παράγει μία έξοδο που ρυθμίζει την τιμή της μετρούμενης παραμέτρου

Η τεχνολογία έχει προοδεύσει ραγδαία κατά τα τελευταία χρόνια , πέρα από τις προσδοκίες των περισσότερων μηχανικοί και επιστημόνων.

Το κύριο αίτιο για την ύπαρξη και διαθεσιμότητα αυτού του εξοπλισμού είναι η εξέλιξη των υπολογιστών και μικροεπεξεργαστών , οι οποίοι χρησιμοποιούνται ως ευέλικτοι, ειδικευμένοι, περίπλοκοι και παρόλα αυτά χαμηλού κόστος ελεγκτές.

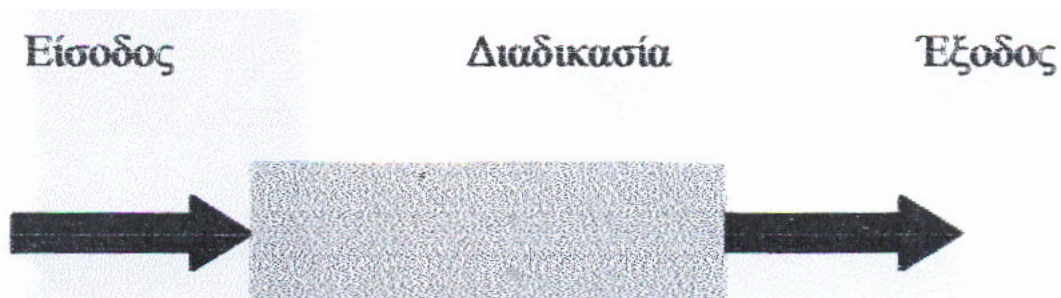
Εν τούτοις η λειτουργία τέτοιων συστημάτων θα ήταν πολύ πτωχή και πιθανόν αδύνατη, εάν τα προγράμματα υπολογιστή που λαμβάνουν αποφάσεις δεν τροφοδοτούνταν από κατάλληλη , σύγχρονη και υψηλού επίπεδου πληροφορία για την κατάσταση του εξωτερικού συστήματος.

Εφόσον η πληροφορία αυτή συλλέγεται από τους αισθητήρες, ρυθμίζεται να έχει την κατάλληλη μορφή και στην συνέχεια παρέχεται στο σύστημα υπολογιστή ,όπου εκεί αξιοποιείται και δημιουργεί μία κατάλληλη απόκριση. Όλα τα στοιχεία μίας διάταξης αισθητήρα θα πρέπει να παρέχουν το απαιτούμενο επίπεδο απόδοσης , που να ταιριάζει με την ποιότητα που απαιτείται από την εκάστοτε εφαρμογή. Οι έξοδοι τσίν αισθητήρων έχουν πολλές και διαφορετικές μορφές Οι έξοδοι θα πρέπει να είναι σε μία μορφή κατάλληλη για να παρουσιαστούν από το σύστημα.

Αισθητήρες:Συστήματα

Υπάρχουν πολλές μορφές και ορισμοί των συστημάτων , αλλά θα θεωρήσουμε για λόγους πρακτικούς ότι ένα βασικό σύστημα αισθητήρα είναι μία διάταξη που παράγει μια ποσοτική έξοδο από μια είσοδο διαφορετικής μορφής με την βοήθεια κάποιας διαδικασίας

Συνήθως απεικονίζονται με την κάτωθι μορφή :



Μπορούμε να κατατάξουμε τις εφαρμογές των αισθητήρων σε τρεις μπάλες κατηγορίες συστημάτων. Αυτές είναι τα συστήματα μέτρησης , τα συστήματα ελέγχου ανοικτού βρόγχου και τα συστήματα ελέγχου κλειστού βρόγχου.

Αισθητήρες: Ορολογία

Μερικοί από τους όρους που χρησιμοποιούνται στα συστήματα μέτρησης και ελέγχου με αισθητήρες μπορεί να είναι δύσκολα κατανοητοί. Κάποιοι από τους ορισμούς μπορεί να έχουν διαφορετικές σημασίες σε άλλα πεδία. Για τον λόγο αυτό θα πρέπει να γίνουν κατανοητοί οι όροι που χρησιμοποιούνται στους αισθητήρες.

Ηλεκτρικός θόρυβος

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

Ρευστό

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 η άμμος. Δεν έχουν συγκεκριμένο σχήμα και εμφανίζουν μικρή αντίσταση στην μηχανική τάση.

Ηλεκτρεγερτική δύναμη

Ηλεκτρεγερτική δύναμη ονομάζεται η πηγή ενέργειας που προκαλεί την ροή ρεύματος σε μια ηλεκτρική συσκευή ή σε ένα ηλεκτρικό κύκλωμα. Αποτελεί τον ρυθμό με τον οποίο λαμβάνεται η ενέργεια από αυτήν την συσκευή όταν ρέει ρεύμα. Μονάδα μέτρησης της Η. Ε. Δ. είναι το Volt.

Απόλυτες Μετρήσεις

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 βρίσκεται σε αντίθεση με την έννοια των αυθαίρετων κλιμάκων στις οποίες οι τιμές αναφέρονται σε μία προκαθορισμένη αριθμητική τιμή.

Ρυθμισμένο Σήμα

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

Αισθητήρες:Χαρακτηριστικά

Η επιλογή ενός αισθητήρα για ένα σύστημα μέτρησης ή ελέγχου, εξαρτάται από πολλούς παράγοντες , όπως το κόστος , η διαθεσιμότητα και οι περιβαλλοντικοί παράγοντες. Όταν επιλέγεται ένας αισθητήρας, είναι σημαντικό να προσαρμόζονται τα χαρακτηριστικά του στην ποιότητα της εξόδου που απαιτείται.

Ευαισθησία

Η ευαισθησία εκφράζει την σχέση ανάμεσα στην αλλαγή της τιμής της εξόδου και την αντίστοιχη αλλαγή της εισόδου , κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες. Η ευαισθησία ενός αισθητήρα είναι ίση με την διαφορά των τιμών εξόδου προς την διαφορά των αντίστοιχων τιμών της εισόδου, δηλαδή της μετρούμενης ποσότητας. Οι μονάδες στις οποίες μετριέται η ευαισθησία ορίζονται από την παραπάνω εξίσωση και επομένως διαφέρουν ανάλογα με την φύση του αισθητήρα και την μετρούμενη ποσότητα.

Ευστάθεια

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

Στατικό Σφάλμα

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

Χρόνος Λειτουργίας

Ο ωφέλιμος χρόνος λειτουργίας ενός αισθητήρα αποτελεί την 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.

Σφάλμα

Η επαναληψιμότητα μιας συσκευής είναι ο βαθμός στον οποίο αυτή παράγει το ίδιο αποτέλεσμα όταν σε διαφορετικές χρονικές στιγμές τροφοδοτείται με ακριβώς την ίδια είσοδο. Η επαναληψιμότητα εκφράζεται ως ένα μέγιστο ποσοστό επί της ένδειξης ή ως τα όρια ακρίβειας κάθε ένδειξης.

Εύρος

Το εύρος λειτουργίας μιας συσκευής ισούται με τα όρια στα οποία μπορεί η συσκευή να λειτουργεί αξιόπιστα. Το εύρος λειτουργίας ενός αισθητήρα εκφράζεται συνήθως με την ελάχιστη και μέγιστη τιμή που είναι ικανός να μετρά. Άλλες έννοιες του εύρους λειτουργίας που αναγράφονται στις προδιαγραφές είναι το θερμοκρασιακό εύρος, δηλαδή η περιοχή θερμοκρασιών που μπορεί και λειτουργεί ο αισθητήρας.

Ολίσθηση

Ολίσθηση ονομάζεται η φυσική τάση μιας συσκευής ή ενός συστήματος να μεταβάλλει τα χαρακτηριστικά του με τον χρόνο και λόγω περιβαλλοντικών μεταβολών . Εμφανίζεται τότε μεταβολή στην έξοδο που παράγει το σύστημα, ενώ η είσοδος παραμένει αμετάβλητη και έτσι επηρεάζεται η ακρίβεια. Η ολίσθηση λαμβάνει χώρα σε διάφορες κλίμακες και για διάφορους λόγους. Κύριο αίτιο αυτού του φαινομένου είναι η αλλαγή της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος. Για τον λόγο αυτό στις προδιαγραφές των αισθητήρων αναφέρεται η επίδραση της θερμοκρασίας στα διάφορα τεχνικά χαρακτηριστικά. Ολίσθηση επίσης συμβαίνει λόγω μηχανικής διάβρωσης ή ιδιοθέρμανση κάποιων τμημάτων της συσκευής ή λόγω οξειδωσης και γήρανσης των υλικών κατασκευής του αισθητήρα.

Νεκρή ζώνη

Όταν οι προδιαγραφές αναφέρονται σε μια νεκρή ζώνη , αυτή δηλώνει το μέγιστο ποσό αλλαγής της μετρούμενης ποσότητας που δεν προκαλεί αλλαγή στην έξοδο ή αλλιώς το εύρος των τιμών εισόδου που δεν προκαλεί εμφάνιση κάποιας εξόδου. Οι νεκρές ζώνες προκύπτουν λόγω στατικής τριβής ή υστέρησης . Δεν είναι απαραίτητο να υπάρχει νεκρή ζώνη καθ'όλο το εύρος ενός οργάνου και συχνά οι υπολογίσιμες νεκρές ζώνες εμφανίζονται κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες

Υστέρηση

Η υστέρηση προκαλεί διαφορές στην έξοδο που δίνει ένας αισθητήρας, όταν η κατεύθυνση μεταβολής της εισόδου αντιστραφεί Με τον τρόπο αυτό παράγεται σφάλμα και επηρεάζει την ακρίβεια της συσκευής. Η είσοδος του αισθητήρα, δηλαδή η μετρούμενη ποσότητα αυξάνει με σταθερό βήμα Όταν φθάσει την μέγιστη τιμή, μειώνεται με το ίδιο σταθερό βήμα ώστε να πάρει την τιμή μηδέν και πάλι. Το φαινόμενο της διαφοράς στην έξοδο ενός αισθητήρα όταν η μετρούμενη ποσότητα αυξάνεται ή και μειώνεται ονομάζεται υστέρηση.

Το φαινόμενο αυτό δεν εμφανίζεται σε όλους τους αισθητήρες και στα συστήματα μέτρησης. Η υστέρηση προκαλείται κυρίως λόγω μηχανικής τάσης και τριβής

Καθυστέρηση

Καθυστέρηση, ονομάζεται η χρονική μετατόπιση της αλλαγής της τιμής εξόδου ενός αισθητήρα »ς προς την αλλαγή της εισόδου του. Μετράται σε δευτερόλεπτα και επηρεάζει καθοριστικά την απόδοση ενός αισθητήρα.

Απόκριση

Η απόκριση μιας συσκευής ισούται με τον χρόνο που απαιτεί για να λάβει την τελική τιμή της εξόδου της για μια δεδομένη είσοδο. Μπορεί να εκφραστεί σε δευτερόλεπτα ή κλάσματα δευτερολέπτου ή κάποιες στιγμές ως ποσοστό επί της τελικής τιμής εξόδου.

Διακριτική Ικανότητα

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

Ακρίβεια

Η ακρίβεια μιας συσκευής ή ενός συστήματος, είναι ο βαθμός στον οποίο η τιμή την οποία δημιουργεί μπορεί να είναι εσφαλμένη ή αλλιώς το μέγιστο σφάλμα που πόρα να παράγει. Στην περίπτωση ενός αισθητήρα είναι η εγγύτητα της τιμής εξόδου προς την μετρούμενη τιμή. Στην πράξη, κάθε συσκευή παράγει κάποιο σφάλμα οσοδήποτε μικρό και έχει κάποιον βαθμό πεπερασμένο βαθμό ακρίβειας.

Βαθμονόμηση Η έννοια της βαθμονόμησης μιας συσκευής αναφέρεται στις μονάδες στις οποίες βαθμολογείται η κλίμακα εμφάνισης ή καταγραφής ενός οργάνου.

Γραμμικότητα

Η γραμμικότητα ενός αισθητήρα, αποτελεί τον βαθμό στον οποίο η γραφική παράσταση της εξόδου ως προς την είσοδο προσεγγίζει την ευθεία γραμμή. Επίσης η γραμμικότητα μπορεί να εκφράζεται ως προς τον μέγιστο βαθμό απόκλισης από την ευθεία γραμμή σε όλο το εύρος τιμών εισόδου και τότε αναφέρεται σε ποσοστό επί του εύρους λειτουργίας

Ονομαστική τιμή

Η ονομαστική τιμή μιας συσκευής αποτελεί το σύνολο των βέλτιστων συνθηκών ηλεκτρικών, μηχανικών κ.ά., υπό τις οποίες αυτή Θα λειτουργεί με επιτυχία και ασφάλεια

Αξιοπιστία

Η αξιοπιστία μιας συσκευής είναι συγγενής έννοια με τον χρόνο λειτουργίας της και συχνά μπορεί να αναφέρεται αντί για αυτόν ανάλογα με τις επικρατούσες συνθήκες. Η αξιοπιστία είναι η ικανότητα μιας συσκευής να λειτουργεί κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες για μια δεδομένη χρονική στιγμή ή ένα δεδομένο αριθμό κύκλων λειτουργίας παραμένοντας πάντα μέσα στο πλαίσιο των προδιαγραφών.

Μέθοδοι μέτρησης παραμέτρων υγρού:

Παράμετρος: θερμοκρασία

Ο έλεγχος και η σταθεροποίηση των βιομηχανικών συστημάτων και επεξεργασιών εξαρτώνται από την ακριβή μέτρηση.

Μία μεταβλητή δηλ. ένα φυσικό μέγεθος πρέπει κι μετριέται με ακρίβεια για να ελέγχεται. Η θερμοκρασία αναμφίβολα είναι η πιο πολυμετρημένη δυναμική μεταβλητή στην βιομηχανία σήμερα. Πολλές βιομηχανικές διεργασίες ζητούν ακριβή μέτρηση της θερμοκρασίας, γιατί αλλιώς αυτή δε μπορεί να μετρηθεί σωστά, «Θερμοκρασία» είναι η ικανότητα ενός σώματος να μεταδίδει ή να μεταφέρει ενέργεια θερμότητας. Εναλλακτικό ορίζεται ως ο βαθμός κατά τον οποίο ένα σώμα, ουσία ή μέσο είναι θερμό σε σύγκριση με κάποιο άλλο. Όταν μετρούμε την θερμοκρασία συγκρίνουμε τον βαθμό θερμότητας ενός σώματος με ένα άλλο με βάση κάποιες θερμοκρασιακές κλίμακες.

Η μέτρηση της θερμοκρασίας είναι σημαντική επειδή σε διαφορετικές θερμοκρασίες οι φυσικές ιδιότητες των ουσιών είναι διαφορετικές και έτσι αυτές εμφανίζουν διαφορετική συμπεριφορά. Υπάρχουν ωστόσο αρκετές μέθοδοι μέτρησης της θερμοκρασίας. Δύο όμως είναι οι επικρατέστερες: η μηχανική αίσθηση και η ηλεκτρική αίσθηση της θερμοκρασίας. Και οι δύο μέθοδοι μέτρησης στηρίζονται στα όργανα μέτρησης της θερμοκρασίας που είναι τα θερμόμετρα ή τα πυρόμετρα για μέτρηση υψηλών θερμοκρασιών.

Τα κύρια είδη είναι αυτά που μετρούν την θερμοκρασία στηριζόμενα:

- Στην διαστολή ενός υγρού ή μετάλλου
- Στην ηλεκτρική αντίσταση
- Στην ακτινοβολία θερμότητας
- Στο φαινόμενο του θερμοηλεκτρισμού

Ας επιχειρήσουμε να αναλύσουμε κάθε μέθοδο ξεχωριστά και να περιγράψουμε τα διάφορα όργανα μέτρησης της θερμοκρασίας.

Μηχανικοί αισθητήρες

Η μηχανική αίσθηση της θερμοκρασίας εξαρτάται από την φυσική αρχή ότι τα αέρια, τα υγρά ή τα στερεά αλλάζουν τον όγκο τους όταν θερμαίνονται- Για παράδειγμα ο υγρός υδράργυρος διαστέλλεται κατά 0,01%/F.

Το ποσό επομένως της διαστολής ενός υγρού μπορεί να βαθμονομηθεί σε μονάδες θερμοκρασίας.

ΘΕΡΜΟΜΕΤΡΑ ΥΓΡΟΥ

Τα θερμόμετρα υγρού (liquid-in-glass thermometer) επιδεικνύουν χαρακτηριστικά την παραπάνω αρχή, καθώς το γυαλί διαστέλλεται λόγο συγκριτικά με τα περισσότερα υγρά, για την ίδια αύξηση της θερμοκρασίας. Ένα τέτοιο θερμόμετρο απεικονίζεται στο παρακάτω σχήμα:



Αποτελείται από ένα γυάλινο σωλήνα σφραγισμένος και στα δύο άκρα του με μία λεπτή στήλη στο κέντρο του, η οποία περιέχει το υγρό. Στην βάση της στήλης σχηματίζεται μία κοιλότητα που αποτελεί μία μικρή δεξαμενή και ονομάζεται μπίλια. Η στήλη στο πάνω μέρος της εμφανίζει μια κοιλότητα προκειμένου να επιτρέπει την διαστολή του υγρού. Όταν το θερμόμετρο θερμαίνεται το υγρό διαστέλλεται και αυξάνει το ύψος του μέσα στην γυάλινη στήλη. Επάνω από το υγρό, ο χώρος είναι κενός ή υπάρχει κάποιο αέριο που συμπιέζεται όταν το υγρό διαστέλλεται.

Στην μία άκρη του υπάρχει βαθμονομημένη κλίμακα ώστε το ύψος του υγρού να είναι ανάλογο της θερμοκρασίας του θερμομέτρου.

Τα υγρά που χρησιμοποιούνται σε τέτοια θερμόμετρα είναι ο υδράργυρος, η αλκοόλη και κάποια συνθετικά έλαια. Υπάρχουν ωστόσο και άλλα υγρά για μετρήσεις σε ακραίες θερμοκρασίες ή για περιπτώσεις όπου απαιτείται υψηλή ασφάλεια, Η στάθμη του υγρού μεταβάλλεται γραμμικά πάντα με την θερμοκρασία Δεν παγώνει, ούτε βράζει στην περιοχή μέτρησης.

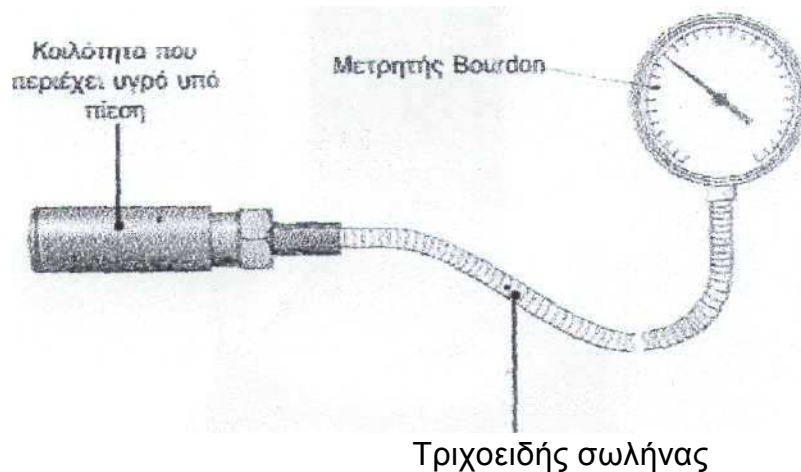
Τα θερμόμετρα υγρού είναι φθηνά εύκολα και αξιόπιστα. Είναι όμως εύθραυστα και απαιτούν προσεκτικούς χειρισμούς καθώς και περιβάλλοντα απαλλαγμένα από δονήσεις και κρούσεις.

Η απόκριση τους όταν η θερμοκρασία μεταβάλλεται ταχέως είναι πτωχή και οι ενδείξεις τους μπορούν να διαβάζονται μόνο τοπικά. Η ακρίβεια είναι καλή ,όμως εξαρτάται ισχυρά από την ικανότητα του αναγνώστη. Δεν χρησιμοποιούνται για μετρήσεις επιφανειακής θερμοκρασίας σωμάτων, άρα έχουν ελάχιστες βιομηχανικές εφαρμογές.

ΜΕΤΑΛΛΙΚΑ ΘΕΡΜΟΜΕΤΡΑ

Στην κατηγορία της μηχανικής μέτρησης της θερμοκρασίας ανήκουν και τα μεταλλικά θερμόμετρα, Η αρχή λειτουργίας τους είναι όμοια με αυτήν των θερμομέτρων υγρού.

Ένα τέτοιο θερμόμετρο απεικονίζεται στο κάτωθι σχήμα:



Αποτελείται από μια ανοξείδωτη χαλύβδινη κοιλότητα που περιέχει υγρό υπό όπως υδράργυρο ή αλκοόλη. Η κοιλότητα αυτή συνδέεται με έναν εύκαμπτο τριχοειδή σωλήνα. Χε αντίθεση με τα θερμόμετρα υγρού ,η θερμοκρασία δε γνωστοποιείται κοιτάζοντας το υγρό μέσα στον σωλήνα, αλλά αυτός συνδέεται με σωλήνα Bourdon οποίος είναι βαθμονομημένος σε μονάδες θερμοκρασίας. Όταν διαστέλλεται το υγρό εξαιτίας της θερμοκρασίας ,ο σωλήνας ευθυγραμμίζεται αλαφρά Η κίνηση αυτή ενισχύεται μηχανικά με την βοήθεια γραναζιών και μοχλών και αναγκάζει μία ενδεικτική βελόνα να κινηθεί παρέχοντας μια άμεση ανάγνωση της θερμοκρασίας.

Τα κυρία πλεονεκτήματα αυτών είναι η μεγαλύτερη τους ευκινησία και το γεγονός ότι οι ενδείξεις είναι αναγνώσιμες από απόσταση έως και 35 μέτρα

Σφάλματα παρουσιάζονται λόγω αλλαγής της θερμοκρασίας στο εσωτερικό του σωλήνα και του τριχοειδούς σωλήνα. Εν γένει είναι πιο ακριβά από τα θερμόμετρα υγρού.

Εφαρμογές βρίσκουν σε χημικά εργοστάσια , σε μηχανές οχημάτων και για την μέτρηση θερμοκρασίας κάποιων υγρών μετάλλων.

ΔΙΑΣΤΟΛΗ ΜΕΤΑΛΛΩΝ-ΔΙΜΕΤΑΛΛΙΚΟ ΕΛΑΣΜΑ

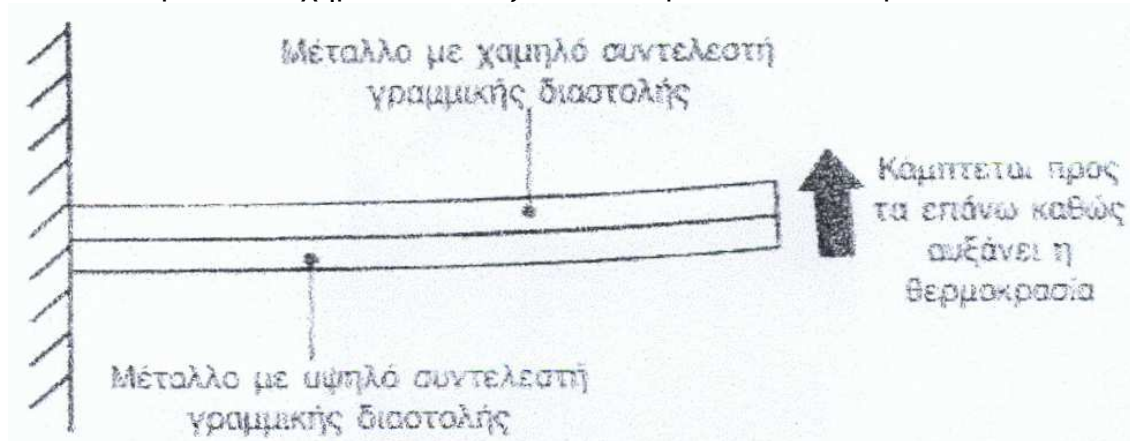
Το διμεταλλικό έλασμα (bimetallic strip) είναι μία κατασκευή που αποτελείται από δύο ανόμοια μεταλλικά ελάσματα ίδιου μήκους ,ακλόνητα στερεωμένα μεταξύ τους με διαφορετικούς συντελεστές γραμμικής διαστολής.

Ο συντελεστής γραμμικής διαστολής ενός μετάλλου είναι το κλάσμα του αρχικού μήκους το οποίο διαστέλλεται το μέταλλο όταν η θερμοκρασία του αυξηθεί κατά 1 βαθμό.

Τα δύο μέταλλα που σχηματίζουν το έλασμα είναι συνήθως από κράμα Fe-Ni με μικρό συντελεστή διαστολής και ένα μέταλλο με υψηλό συντελεστή όπως ο ορείχαλκος.

Το διμεταλλικό έλασμα είναι το κύριο εξάρτημα των διμεταλλικών θερμομέτρων .Το τελευταίο λειτουργεί πάντα στην αρχή της διαφορετικής διαστολής των μετάλλων, δηλαδή τα μέταλλα αυξάνουν τον όγκο τους όταν θερμαίνονται και η αύξηση αυτή είναι διαφορετική για κάθε μέταλλο. Το πόσο θα διαστέλλονται εξαρτάται από τον συντελεστή γραμμικής διαστολής και μετράται σε εκατομμυριοστά/°C

Στο παρακάτω σχήμα απεικονίζεται ένα διμεταλλικό έλασμα:

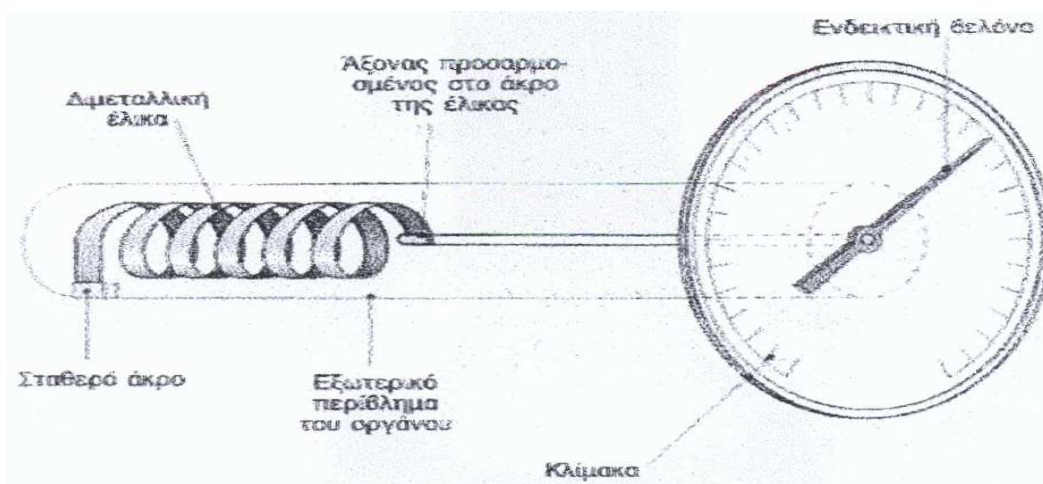


ΔΙΜΕΤΑΛΛΙΚΟ ΘΕΡΜΟΜΕΤΡΟ

Σε αυτό το θερμόμετρο ένα διμεταλλικό έλασμα κάμπτεται σε ελικοειδή μορφή για να υπάρχει αυξημένη ευαισθησία. Η μεταβολή της θερμοκρασίας προκαλεί συστροφή του ενός άκρου του ελάσματος ως προς το άλλο άκρο.

Στο ελεύθερο άκρο του ελάσματος συνδέεται ένας άξονας και έτσι η περιστροφή του άκρου μεταφέρεται σε μια ενδεικτική βελόνα η οποία μετακινείται σε βαθμονομημένη κλίμακα. Αυτή η διάταξη επιτρέπει την άμεση ανάγνωση της θερμοκρασίας.

Το διμεταλλικό θερμόμετρο είναι σχετικά από τα πιο δημοφιλή στην βιομηχανία. Παρακάτω απεικονίζεται ένα τυπικό διμεταλλικό θερμόμετρο:



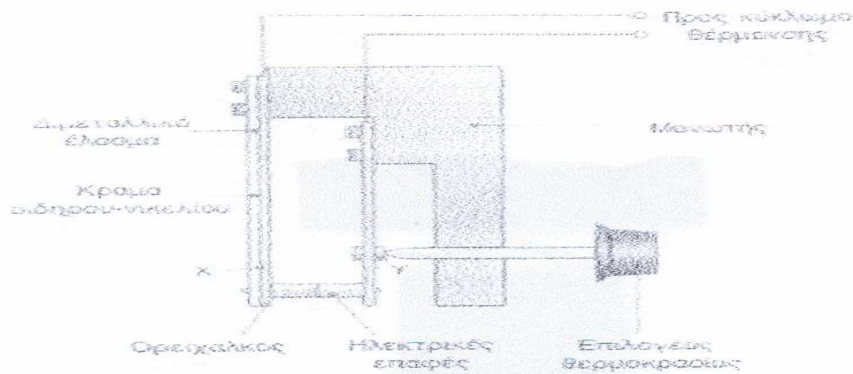
Είναι φθινό, συμπαγές, ευκίνητο και έχει ωφέλιμο θερμοκρασιακό εύρος από 238K έως 873K. με γενικά καλή ακρίβεια. Χρησιμοποιείται για μέτρηση σε φούρνους, σωληνώσεις ζεστού νερού και θαλάμους ατμού. Απαιτείται συχνή βαθμονόμηση επειδή το διμεταλλικό έλασμα εμφανίζει γήρανση. Επιπλέον δεν προσφέρονται για χρήση εξ' αποστάσεως, ενώ αποκρίνονται αργά στις μεταβολές θερμοκρασίας. Παράλληλα δεν χρησιμοποιείται σε αναλογικές διαδικασίες ελέγχου. Οι διμεταλλικοί αισθητήρες χρησιμοποιούνται σε απλά ON-OFF συστήματα.

ΔΙΜΕΤΑΛΛΙΚΟΣ ΘΕΡΜΟΣΤΑΤΗΣ Το διμεταλλικό έλασμα μπορεί να τοποθετηθεί με τέτοιο τρόπο ώστε τις στιγμές που θερμαίνεται και επομένως κάμπτεται ή τις στιγμές που ψύχεται και επομένως ευθυγραμμίζεται να συνδέει ή να αποσυνδέει κάποιους ακροδέκτες ενός ηλεκτρικού κυκλώματος. Αποτέλεσμα αυτού είναι να ανοίγει ή να κλείνει ένα κύκλωμα

Οι θερμοστάτες εκμεταλλεύονται το φαινόμενο αυτό για να ελέγχουν την θερμότητα που παράγει ένα σύστημα θέρμανσης

Ο θερμοστάτης είναι μια διάταξη που διατηρεί ένα σύστημα ή μια ουσία σε σταθερή θερμοκρασία.

Ένας τυπικός διμεταλλικός θερμοστάτης απεικονίζεται στο παρακάτω σχήμα:



Το κύκλωμα θέρμανσης συνδέεται με το διμεταλλικό έλασμα (X) και ένα μεταλλικό έλασμα (Y). Στην θέση που εικονίζεται οι επαφές είναι κλειστές και το ηλεκτρικό κύκλωμα ενεργοποιεί το σύστημα θέρμανσης. Καθώς αυξάνει η θερμοκρασία και ξεπερνά την επιθυμητή τιμή το διμεταλλικό έλασμα κάμπτεται και έτσι οι επαφές ανοίγουν , οπότε το σύστημα θέρμανσης απενεργοποιείται. Όταν πέσει η θερμοκρασία και οι επαφές ξανακλείσουν τότε κλείνει το κύκλωμα που ενεργοποιεί το σύστημα θέρμανσης και ο κύκλος επαναλαμβάνεται.

Η ρύθμιση μιας βίδας με την βοήθεια ενός περιστροφικού επιλογέα θερμοκρασίας ελέγχει το σημείο άρα και την θερμοκρασία στην οποία ανοίγουν οι επαφές. Η βίδα πιέζει ένα μονωτικό στρώμα που βρίσκεται σε επαφή με το μεταλλικό έλασμα (Y). Εάν αυτό κινηθεί προς τα αριστερό περιστρέφοντας τον επιλογέα θερμοκρασίας τότε το έλασμα X θα πρέπει να καμφθεί περισσότερο από όσο προηγουμένως για να ανοίξει η επαφή. Αυτό σημαίνει ότι θα πρέπει να επιτευχθεί υψηλότερη θερμοκρασία και έτσι αυξάνουμε την τιμή της θερμοκρασίας που θέλουμε να διατηρηθεί στο δωμάτιο. Εάν το έλασμα Y κινηθεί προς τα δεξιά τότε θα έχουμε μείωση της θερμοκρασίας στο δωμάτιο. Πέρα από τον έλεγχο της οικιακής θερμοκρασίας άλλες τυπικές εφαρμογές του διμεταλλικού θερμοστάτη είναι στα ηλεκτρικά σίδερα , στους θερμοσίφωνες, τα ενυδρεία, τους φούρνους και τα ηλεκτρικά τζάκια.

Παράμετρος:Ροή υγρού

Ροή ονομάζεται η συνεχής κίνηση ενός ρευστού. Η ροή μετρά ποσοτικά τα χρησιμοποιημένα ρευστά (καύσιμο, αέρα, νερό, άμμο) καταγράφει και ελέγχει τις ποσότητες.

Η μέτρηση της ροής βασίζεται σε τρεις κύριους τομείς:

- 1) Μέτρηση όγκου
- 2) Μέτρηση μάζας ή βάρους
- 3) Μέτρηση ταχύτητας

και εφαρμόζεται σε υγρά, αέρια και μερικές φορές σε κάποια στερεά όταν αυτά κινούνται έχοντας τα βασικά χαρακτηριστικά των ρευστών όπως πχ. μορφές αμμόσκονης.

Η μέτρηση της ροής πραγματοποιείται σε ευρύ επίπεδο διαφορετικών εφαρμογών και για όλες τις σοβαρές μετρήσεις ροής απαιτείται η ταυτόχρονη μέτρηση πίεσης και θερμοκρασίας για λόγους αντιστάθμισης. Είναι σημαντικό να επιλέγουμε τη σωστή μορφή μέτρησης ώστε αυτή να ταιριάζει με την εφαρμογή. Δύο παράμετροι που συναντώνται στην βιβλιογραφία ή σε πληροφοριακά έντυπα μετρητών ροής είναι η ακρίβεια και η επαναληπτικότητα. Ένας μετρητής ροής που συστηματικά δίνει μέτρηση μικρότερη ή μεγαλύτερη από την πραγματική δεν είναι ακριβής αλλά ωστόσο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για ακριβή μέτρηση ροής υπό τη προϋπόθεση ότι το σφάλμα δεν είναι γνωστό, συστηματικό και όχι τυχαίο.

Κάθε μέτρηση ροής συνοδεύεται από οδηγίες εγκατάστασης χρήσης Η πιο σημαντική πληροφορία χρήσης είναι η καμπύλη ζύγισης, καλιμπράρισμα, του μετρητή ροής που αντιστοιχεί τις μετρήσεις του μετρητή πχ. συχνότητα, τάση εξόδου, σε δεδομένη ταχύτητα ροής. Καλιμπράρισμα του μετρητή ροής σε αριθμούς Reynolds συνήθως επιτρέπει αξιόπιστη μεταφορά και χρήση σε άλλα ρευστά όσον οι αριθμοί Reynolds διατηρούνται.

Όργανα μέτρησης ροής

Για μια πρώτη προσπάθεια να εξεταστούν γενικά, οι μετρητές ροής χωρίζονται σε δύο κατηγορίες:

- 1) Τους διαφορικούς, με μέτρηση ροής ανάλογη του τετραγώνου της ροής.
- 2) Τους γραμμικούς με μέτρηση ροής ευθέως ανάλογη της ροής.

Όλοι οι διαφορικοί μετρητές ροής δίνουν μια ροή Q ανάλογη της τετραγωνικής

ρίζας της διαφορικής πίεσης ΔP κατά μήκος του εμποδίου $Q = k \sqrt{\Delta P}$ όπου k είναι

η μία σταθερά του μετρητή που συμπεριλαμβάνει μετατροπή σε επιθυμητές μονάδες μέτρησης, γεωμετρία εμποδίου, τοποθέτηση μετρητού διαφορικής πίεσης, μέτωπο ταχυτήτων, διόρθωση λόγω θερμοκρασίας σε περίπτωση αερίων και ρ είναι η πυκνότητα ροής.

Οι πιο γνωστοί διαφορικοί μετρητές ροής ο σωλήνας Venturi, μετρητής με κάθετο στόμιο εκροής, διαμορφωμένου στομίου χοάνης, σωλήνας Pitot ανεμόμετρο θερμού σύρματος, μετρητή ροής μεταβλητής διατομής, μέθοδος ακροφυσίου, ακροφύσιο Venturi.

Οι πιο γνωστοί γραμμικοί μετρητές ροής είναι: μετρητής τύπου προπέλας, μετρητής τύπου γωνιακής ροπής, περιστρεφόμενων λοβών, μετρητής στροβίλου, μετρητής ελικοειδούς κοχλία, μετρητής υδροτροχού.

Αξίζει να σημειώσουμε ότι υπάρχουν και συσκευές μέτρησης που δεν επηρεάζουν την ροή όπως ο ηλεκτρομαγνητικός μετρητής ροής, μετρητής ροής υπερήχων.

Την μέτρηση της ροής μπορούμε επίσης να την χωρίσουμε σε τρεις κατηγορίες όπως:

- 1) Μέτρηση όγκου.
- 2) Μέτρηση όγκου μάζας ή βάρους
- 3) Μέτρηση ταχύτητας

Σύμφωνα με τα παραπάνω ο ογκομετρικός ρυθμός ροής ισούται με το ποσό του ρευστού που περνά από ένα σημείο σε κάποιο καθορισμένο χρόνο και εκφράζεται σε (l³/sec) λίτρα / δευτερόλεπτο, η ταχύτητα ρευστού ισούται με την απόσταση που διανύει το ρευστό σε κάποιο προκαθορισμένο χρόνο και μετριέται σε (m/sec) μέτρα / δευτερόλεπτο.

Παρακάτω αναπτύσσονται αναλυτικά όλα τα όργανα μέτρησης ροής που αναφέρθηκαν παραπάνω καταταγμένα στις τρεις μεγάλες κατηγορίες που αναφέρθηκαν τελευταία.

Ογκομετρικός ρυθμός ροής

Παρότι υπάρχουν και άλλες μέθοδοι, υπάρχουν τέσσερις βασικές τεχνικές για τη μέτρηση του ογκομετρικού ρυθμού ροής. Αυτές είναι:

- ο μετρητής ελικοειδούς κοχλίας
- ο μετρητής περιστρεφόμενων λοβών
- ο μετρητής στροβίλου
- ο μετρητής υδροτροχού

Οι τεχνικές αυτές μπορούν με κατάλληλη παραλλαγή να καταγράφουν την ταχύτητα ,καθώς και την ποσότητα ρευστού. Επειδή ευρίσκονται σε συνεχή επαφή με το ρευστό, εμποδίζουν τη ροή- Η ακρίβεια τους εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την ελαχιστοποίηση αυτής της επίδρασης, η οποία συνήθως επιτυγχάνεται διατηρώντας τις τριβές σε χαμηλό επίπεδο και κατασκευάζοντας τις συσκευές από ελαφρά υλικά, ώστε να περιστρέφονται ελεύθερα.

Ο μετρητής ελικοειδούς κοχλίας και ο μετρητής περιστρεφόμενων λοβών αποτελούν μετρητές θετικής "μετατόπισης", που σημαίνει ότι το ρευστό ρέει σε θαλάμους γνωστού όγκου και αναγκάζει τον κοχλία και τους λοβούς, αντίστοιχα, να κινηθούν. Η αρχή λειτουργίας των μετρητών θετικής μετατόπισης είναι η διαίρεση της ροής του ρευστού σε γνωστές ποσότητες (ίσα με τον όγκο ενός θαλάμου) και στη συνέχεια η πρόσθεση αυτών των ποσοτήτων για τον προσδιορισμό της συνολικής ποσότητας που έχει περάσει στη μονάδα του χρόνου. Στην πράξη, ο κατασκευαστής παρέχει μαζί με την συσκευή και πληροφορίες για την βαθμονόμηση της, έτσι ώστε αυτή να μετρά τη ροή με όσο μεγαλύτερη ακρίβεια.

Οι μετρητές θετικής μετατόπισης έχουν τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

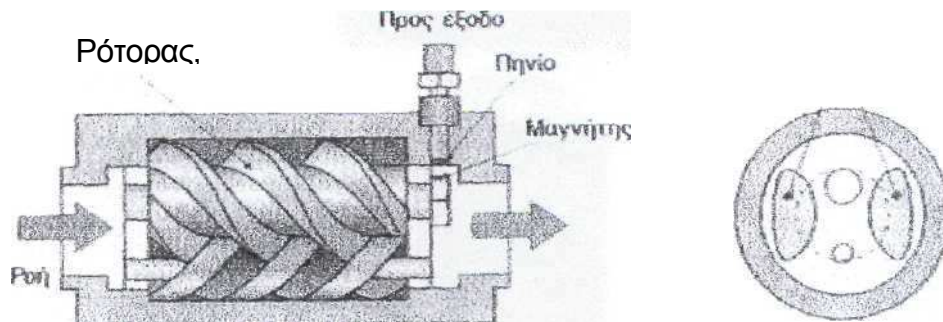
- Είναι ακριβείς και μπορούν να χρησιμοποιηθούν για υγρά και αέρια
- Χρειάζονται μικρή ή καθόλου συντήρηση και επαναβαθμονόμηση
- Έχουν σχετικά υψηλό κόστος προκαλούν συχνά σημαντική πτώση της πίεσης και δεν μπορούν να μετρήσουν γρήγορα μεταβαλλόμενους ρυθμούς

ροής

Συνήθεις εφαρμογές των μετρητών θετικής μετατόπισης είναι σε αντλίες βενζίνης, σε μετρητές νερού και μετρητές αερίου.

Μετρητής ελικοειδούς κοχλίας

Οι μετρητές ελικοειδούς κοχλίας (helical screw meters) είναι μετρητές θετικής μετατόπισης που μετρούν τη ροή υγρών με υψηλή ακρίβεια. Η τυπική μορφή των μετρητών ελικοειδούς κοχλίας εικονίζεται στο κάτωθι σχήμα:



Ο μετρητής ελικοειδούς κοχλία συνδέεται στο εσωτερικό ενός σωλήνα και η ροή του υγρού μέσα στο σωλήνα αναγκάζει το ειδικά σχεδιασμένο περιστρεφόμενο μέρος του κοχλία (το ρότορα) να περιστραφεί. Καθώς το υγρό ρέει μέσα από το μετρητή, χωρίζεται σε διακριτές ποσότητες από αυτόν, καθώς γεμίζει τις ειδικές θήκες που σχηματίζονται από το ελικοειδές του σχήμα.

Στον άξονα του ρότορα έχει προσαρμοστεί ένας μαγνήτης και ακριβώς δίπλα του έχει στερεωθεί στο τοίχωμα του σωλήνα ένα μικρό πηνίο. Καθώς ο ρότορας περιστρέφεται, περιστρέφεται και ο μαγνήτης και περνά περιοδικά δίπλα από το ακίνητο πηνίο, οπότε επάγει περιοδικά σε αυτό παλμούς τάσης. Οι επαγόμενοι παλμοί απαριθμούνται και, καθώς η ποσότητα του υγρού προκαλεί μια πλήρη περιστροφή είναι γνωστή, ο συνολικός αριθμός των παλμών επιτρέπει τον υπολογισμό της συνολικής ποσότητας υγρού που έχει περάσει από τον μετρητή.

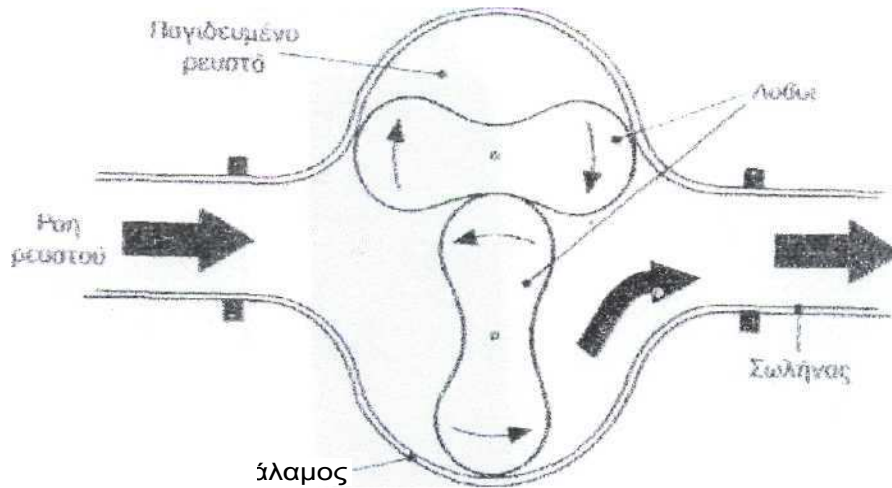
Με όμοιο τρόπο, μπορούν να χρησιμοποιηθούν οπτικές, αντί για ηλεκτρομαγνητικές, τεχνικές για την ανίχνευση της ταχύτητας περιστροφής του ρότορα και την παραγωγή παλμικής εξόδου. Αυτό γίνεται με τη χρήση φωτός. Το φως ανακλάται περιοδικά, ή διακόπτεται περιοδικά, από τον περιστρεφόμενο άξονα του ρότορα, και έτσι υπολογίζεται η ταχύτητα περιστροφής (συνήθως, όταν χρησιμοποιείται η τεχνική της ανάκλασης, επικολλάται μια ειδική ανακλαστική λωρίδα στον άξονα για να υπάρχει υψηλός βαθμός ανάκλασης).

Ο ρυθμός των παλμών φωτός που ανακλώνται ή διακόπτονται μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον υπολογισμό της ταχύτητας περιστροφής και επομένως για την μέτρηση του όγκου και της ταχύτητας του υγρού που περνά από τον μετρητή.

Οι μετρητές ελικοειδούς κοχλία προκαλούν πτώση της πίεσης του υγρού και είναι σχετικά ακριβοί, αλλά μπορούν να χρησιμοποιηθούν με διάφορα υγρά και διαφορετικούς ρυθμούς ροής. Μερικοί μετρητές ελικοειδούς κοχλία μπορούν να και προς τις δύο κατευθύνσεις.

Μετρητής περιστρεφόμενων λοβών

Ο μετρητής περιστρεφόμενων λοβών (rotating lobe meter) αποτελεί έναν άλλο τύπο μετρητή θετικής μετατόπισης.



Στο παραπάνω σχήμα απεικονίζεται η μορφή του μετρητή περιστρεφόμενων λοβών. Οι λοβοί είναι τοποθετημένοι κάθετα ο ένας ως προς τον άλλο μέσα στο θάλαμο και περιστρέφονται με συγχρονισμό όταν το υγρό ρέει με τον τρόπο που φαίνεται στο σχήμα. Κάθε λοβός παγιδεύει μια ποσότητα υγρού κατά την διάρκεια ενός τμήματος της περιστροφής του,

Σε κάθε πλήρη περιστροφή των λοβών περνά μέσα στο θάλαμο μία συγκεκριμένη ποσότητα υγρού. Στο τέλος κάθε περιστροφής αυξάνει η ένδειξη ενός μετρητή και, επειδή η ποσότητα που περνά από τον θάλαμο είναι γνωστή, υπολογίζεται η συνολική ποσότητα του υγρού που έχει παρασχεθεί από το μετρητή.

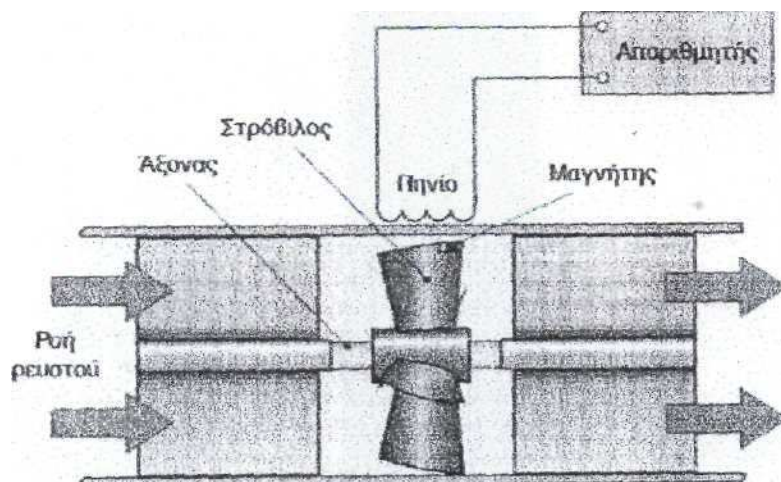
Μπορούν να επιτευχθούν ακριβή αποτελέσματα με τον μετρητή περιστρεφόμενων λοβών και μπορούν στη συνέχεια να χρησιμοποιηθούν, για παράδειγμα, για τον υπολογισμό του όγκου του μεταφερόμενου πετρελαίου από τον προμηθευτή στον καταναλωτή.

Εάν τροφοδοτείται με ενέργεια, ο μετρητής περιστρεφόμενων λοβών μπορεί να λειτουργήσει και ως αντλία, παρέχοντας ρυστό και σημειώνοντας ταυτόχρονα τον παρεχόμενο όγκο. Αυτό είναι ένα παράδειγμα αντλίας θετικής μετατόπισης. Τέτοιες αντλίες χρησιμοποιούνται όταν απαιτείται ακριβής έλεγχος της παρεχόμενης ποσότητας ρυστού, όπως για παράδειγμα σε ένα χημικό εργοστάσιο για τον καθορισμό των ποσοτήτων των χημικών ουσιών σε μια αντίδραση.

Μετρητής στροβίλου

Οι μετρητές στροβίλου (turbine meters) χρησιμοποιούνται για να μετρούν τον ογκομετρικό ρυθμό ροής και την ταχύτητα της ροής του ρευστού.

Σε ένα μετρητή στροβίλου, όπως το τυπικό παράδειγμα που εικονίζεται στο κάτωθι σχήμα, η ροή του ρευστού αναγκάζει ένα στρόβιλο (δηλαδή ένα σύνολο πτερυγίων) να περιστραφεί. Η ταχύτητα της περιστροφής είναι ανάλογη της ταχύτητας του ρευστού.

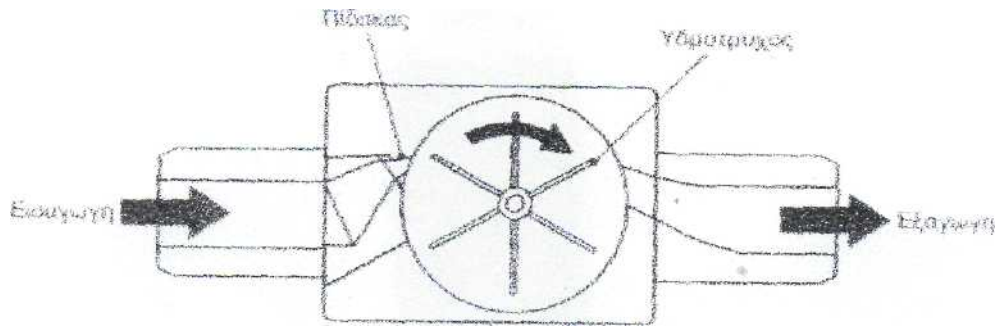


Αυτή μπορεί να υπολογιστεί εάν προσαρμόσουμε ένα μικρό μόνιμο μαγνήτη στην άκρη ενός ή περισσοτέρων πτερυγίων ή στον άξονα του στροβίλου και τοποθετήσουμε ένα μικρό πηνίο στο τοίχωμα του σωλήνα ροής. Με όμοιο τρόπο, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε οπτικές τεχνικές για να απαριθμούμε τις περιστροφές του στροβίλου, όπως περιγράφηκε προηγουμένως, στους μετρητές ελικοειδούς κοχλίας.

Οι μετρητές στροβίλου προκαλούν κάποια πτώση πίεσης και είναι ακριβοί, αλλά επίσης είναι ευαίσθητοι και πολύ ακριβείς. Μπορούν αν έχουν πολύ διαφορετικά μεγέθη, ώστε να μετρούν από μικρές ροές, της τάξης των κλασμάτων του λίτρου ανά δευτερόλεπτο, έως μεγάλες ροές, της τάξης των εκατοντάδων λίτρων ανά δευτερόλεπτο. Η ακρίβεια και η ευαισθησία τους εξαρτάται από το πόσο εύκολα περιστρέφονται τα πτερύγια (η ευκολία αυτή μπορεί να ελαττωθεί εάν υπάρχουν τριβές ανάμεσα στα πτερύγια και το ρευστό, τον άξονα ή τα ρουλεμάν του στροβίλου) καθώς και από τη φύση του ρευστού και το είδος της ροής (εάν είναι στρωτή ή όχι). Όταν ο ρυθμός ροής είναι πολύ μικρός, ο μετρητής στροβίλου ενδέχεται να μην αποκρίνεται σωστά και στις πληροφορίες βαθμονόμησης αναφέρεται η ελάχιστη ροή που απαιτείται για να υπάρχει σωστή λειτουργία.

Μετρητής υδροτροχού

Οι μετρητές υδροτροχού (paddle wheel meters) όπως αυτός που εικονίζεται στο παρακάτω σχήμα, μπορούν να μετρούν με ακρίβεια την ροή ενός υγρού.



Το υγρό που ρέει περνά από ένα ακροφόσιο και σχηματίζει έναν πίδακα, ο οποίος αναγκάζει τον υδροτροχό να περιστραφεί. Από την είσοδο προς την έξοδο περνά μία γνωστή ποσότητα υγρού σε κάθε περιστροφή του τροχού και έτσι μπορεί να προσδιοριστεί ο ρυθμός ροής.

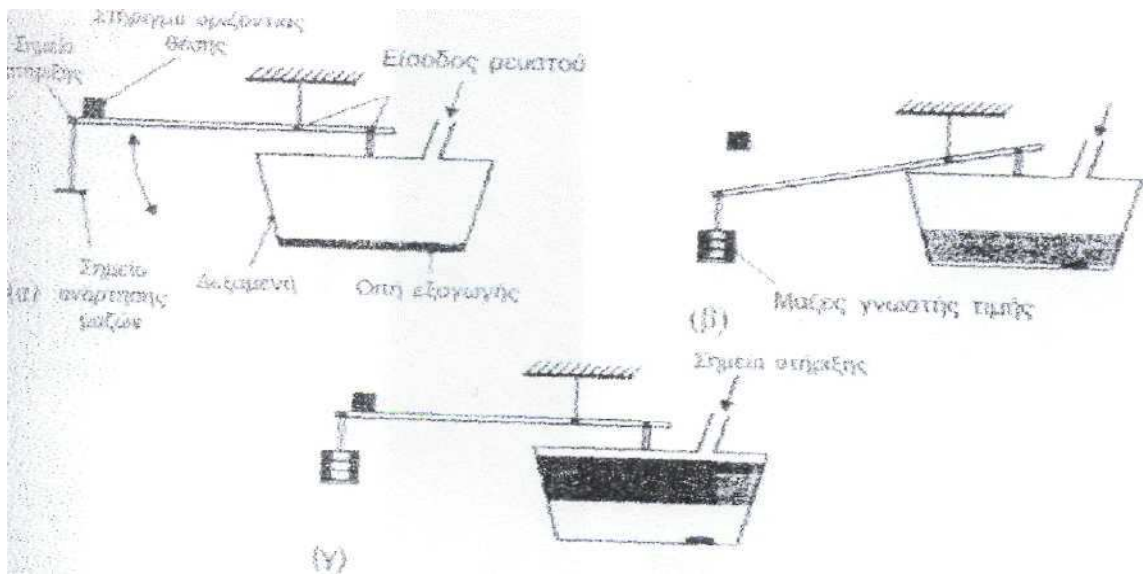
Ο υδροτροχός μπορεί να ενεργοποιεί έναν μηχανικό απαριθμητή (άμεσα ή με κάποιο τρόπο συνδεσης), ή μπορεί να παράγεται μία παλιακή έξοδος με την βοήθεια μαγνητικών ή οπτικών μεθόδων, όπως έχει περιγραφεί στα προηγούμενα.

Οι μετρητές υδροτροχού προκαλούν κάποια πτώση πίεσης και συνήθως είναι κατάλληλοι για μέτρηση μόνο υγρών, αλλά είναι λιγότερο ακριβοί από τους μετρητές στροβίλου. Μερικές μορφές μετρητών υδροτροχού απλά δείχνουν ότι υπάρχει ροή και δεν την μετρούν.

Ρυθμός ροής μάζας

Μια απλή μέθοδος για την άμεση μέτρηση της μάζας ενός ρέοντος υγρού και επομένως τον προσδιορισμό του ρυθμού ροής της μάζας είναι με τη χρήση μίας βαρυμετρικής δεξαμενής (gravimetric tank).

Η βαρυμετρική δεξαμενή προσδιορίζει το ποσό της μάζας ενός υγρού που εισέρχεται σε αυτή σε κάποιο χρονικό διάστημα- Η αρχή λειτουργίας της εικονίζεται στα παρακάτω σχήματα:



Με βάση το σχήμα, παρατηρούμε ότι εισάγεται ρευστό στην δεξαμενή. Όταν η ράβδος φτάσει σε οριζόντια θέση όπως φαίνεται στο σχήμα (α), προσκρούει στο στήριγμα οριζόντιας θέσης και σταματά. Στο σημείο αυτό το ρευστό και η δεξαμενή έχουν την ίδια μάζα μα το αριστερό τμήμα της ράβδου και ξεκινούμε τη χρονομέτρηση, χρησιμοποιώντας ένα ρολόι ή ένα χρονομετρητή.

Η δεξαμενή συνεχίζει να γεμίζει με ρευστό και στο αριστερό τμήμα της ράβδου αναρτώνται μάζες γνωστής τιμής. Η επιτάχυνση της βαρύτητας δημιουργεί μια δύναμη που έλκει το αριστερό τμήμα της ράβδου προς τα κάτω . όπως φαίνεται στο σχήμα (β). Η χρονομέτρηση συνεχίζεται έως ότου η δεξαμενή επανέλθει ξανά στην οριζόντια θέση, στο σχήμα (γ). Στο σημείο αυτό το βάρος της μάζας του υγρού στην δεξαμενή είναι ίσο με τη δύναμη που παράγεται από τις γνωστές μάζες. Ο ρυθμός ροής μάζας επομένως ισούται με τη μάζα του υγρού που έχει εισέλθει στη δεξαμενή (και είναι ίση με τη μάζα των γνωστών μαζών) δια το χρόνο που χρειάστηκε.

Η ράβδος συνήθως δεν αναρτάται από το κέντρο της και μία τυπική τιμή της αναλογίας μηκών του αριστερού προς το δεξιό τμήμα είναι 3:1. Αυτό σημαίνει ότι η μάζα του ρευστού στην δεξαμενή θα είναι τρεις φορές μεγαλύτερη από την μάζα των γνωστών μαζών.

Εάν είναι γνωστή η πυκνότητα του υγρού, τότε μπορεί να προσδιοριστεί και ο ογκομετρικός ρυθμός ροής. Είναι σημαντικό να συνυπολογίζεται η παράμετρος της θερμοκρασίας, επειδή επηρεάζει την πυκνότητα του υγρού.

Οι βαρυμετρικές δεξαμενές δεν είναι εύχρηστες, όπως άλλοι αισθητήρες ρυθμού ροής. Εντούτοις, η μέθοδος αυτή αποτελεί μία από τις πλέον ακριβείς μεθόδους που υπάρχουν για τον προσδιορισμό του ρυθμού ροής μάζας. Συχνά διάφοροι τύποι αισθητήρων ροής βαθμονομούνται με βάση τις βαρυμετρικές δεξαμενές. Επίσης χρησιμοποιούνται για εργαστηριακές και πειραματικές εργασίες.

Οι άλλες συσκευές που υπάρχουν για την άμεση μέτρηση του ρυθμού ροής μάζας τείνουν να στηρίζονται σε περίπλοκες αρχές της ρευστομηχανικής και είναι συνηθέστερο να χρησιμοποιούμε μια συσκευή μέτρησης ογκομετρικού ρυθμού ροής και να υπολογίζουμε από αυτό το ρυθμό ροής της μάζας. Μερικά όργανα που δείχνουν το ρυθμό ροής της μάζας μετρούν ταυτόχρονα τον ογκομετρικό ρυθμό ροής και την πυκνότητα του υγρού ή αερίου. Αυτές στη συνέχεια υπολογίζουν το γινόμενο των παραπάνω μετρήσεων, που είναι ο ρυθμός ροής μάζας, χρησιμοποιώντας ένα μικροεπεξεργαστή.

Μετρητής ταχύτητας

Η μέτρηση της ταχύτητας ροής χωρίζεται σε δύο μεγάλες κατηγορίες

1) Μετρητές που επιτρέπουν την μέτρηση της ταχύτητας ροής ενός ρευστού σε κάποιο συγκεκριμένο σημείο ενός σωλήνα ή αγωγού όπως:

- Σωλήνας Venturi
- Ανεμόμετρο θερμού σύρματος
- Μετρητής ροής μεταβλητής διατομής

2) Μετρητές που για την μέτρηση της ταχύτητας ροής ενός ρευστού στηρίζονται στο φαινόμενο στένωση όπως:

- Σωλήνας Venturi
- Μετρητής με κάθετο στόμιο εκροής
- Μέθοδος ακροφυσίου
- Ακροφύσιο Venturi

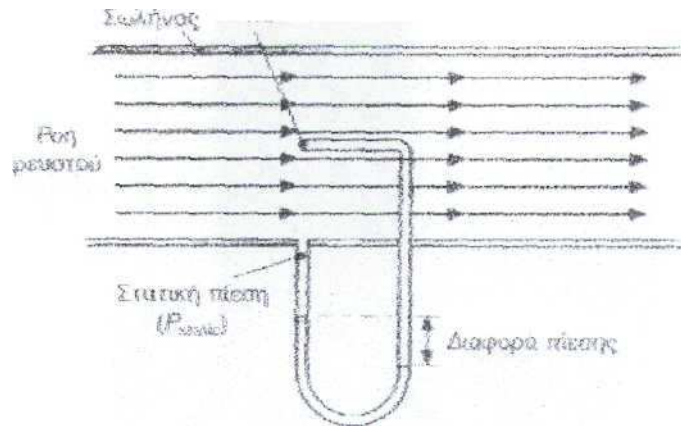
Σωλήνας PITOT

Ο σωλήνας Pitot (Pitot static tube) ονομάστηκε έτσι προς τιμήν του εφευρέτη του, Henri Pitot και αποτελείται από ένα σωλήνα που τοποθετείται στο εσωτερικό ενός σωλήνα ροής, όπου ρέει ένα ρευστό. Χρησιμοποιεί μετρητές πίεσης, οι οποίοι αναγράφουν τη συνολική πίεση και τη στατική πίεση, και μετρά αϊεό αυτές την ταχύτητα του ρευστού. Η στατική πίεση είναι η πίεση σε ένα κινούμενο ρευστό που δεν επηρεάζεται από την κίνηση του ρευστού.

Στο παρακάτω σχήμα εικονίζεται η μορφή του σωλήνα Pitot που χρησιμοποιείται για τη μέτρηση της ταχύτητας ενός υγρού που ρέει μέσα σε

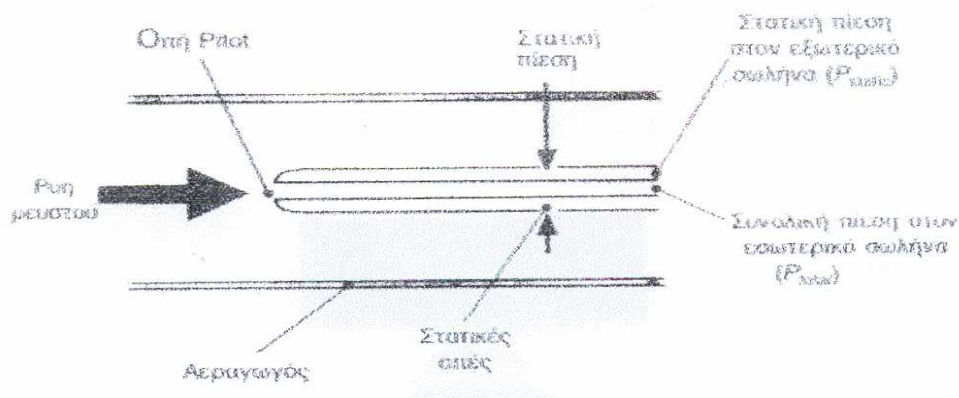
ένα σωλήνα Ο μετρητής της συνολικής πίεσης του σωλήνα Pitot τίθεται απέναντι στη ροή και μετρά τη συνολική πίεση που ασκεί αυτή. Στο παρακάτω βχήμα ο ακροδέκτης αυτός ευρίσκεται μέσα σε ένα σωλήνα που τοποθετείται στο κέντρο του σωλήνα ροής και έχει καμφθεί, έτσι ώστε το άκρο του να ευρίσκεται " κόντρα " στη ροή.

Ο ακροδέκτης στατικής πίεσης τοποθετείται στο τοίχωμα του σωλήνα ροής και το ανοικτό του άκρο ενώνεται με απόλυτα λείο τρόπο με το τοίχωμα, έτσι ώστε να μη διαταράσσει τη ροή.



Στο πιο κάτω σχήμα εικονίζεται η μορφή που έχει ο σωλήνας Pitot όταν μετρά την ταχύτητα του αέρα που ρέει σε έναν αγωγό. Η αρχή λειτουργίας του είναι ίδια με αυτήν του σωλήνα Pitot που εικονίζεται στο άνωθεν σχήμα

Στο πιο κάτω σχήμα ο αγωγός αποτελείται από δύο ομόκεντρους σωλήνες και ο ακροδέκτης της συνολικής πίεσης του σωλήνα Pitot είναι τοποθετημένος μπροστά στον εσωτερικό σωλήνα Ο ακροδέκτης στατικής πίεσης συγκροτείται από ένα σύνολο οπών που ανοίγονται στα εξωτερικά τοιχώματα του εσωτερικού σωλήνα, σε διεύθυνση κάθετη στη ροή. Εφόσον αυτές οι οπές έχουν ανοιχθεί μακριά από το άκρο εσωτερικού σωλήνα, δε διαταράσσουν τη ροή.



Η διαφορά πίεσης ανάμεσα στη συνολική πίεση και τη στατική πίεση μπορεί να μετρηθεί με τη βοήθεια ενός απλού υοειδούς μανομέτρου αλλά μπορούν να χρησιμοποιηθούν και άλλες τεχνικές, όπως τα πιεζόμετρα (piezometer). Μετρίεται η διαφορά των δύο πιέσεων και η ταχύτητα του ρευστού εξάγεται από τη σχέση:

όπου:

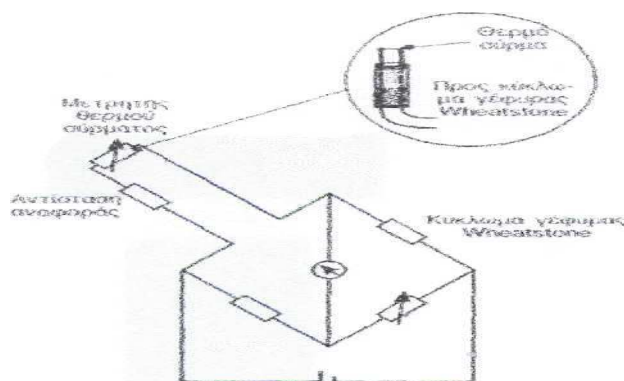
- P_{total} είναι η συνολική πίεση
- P_{static} είναι η στατική πίεση
- ρ είναι η πυκνότητα του ρευστού

Ο σωλήνας Pitot μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη μέτρηση της ταχύτητας ροής υγρών και αερίων και παρέχει καλή ακρίβεια. Μπορεί να μετρά χαμηλές αλλά και υπερηχητικές ταχύτητες. Μία γνωστή εφαρμογή του σωλήνα Pitot είναι ο υπολογισμός της ταχύτητας στα αεροσκάφη, όπου διαβιβάζει την διαφορά πίεσης σε ένα σωλήνα Bourdon, ο οποίος είναι βαθμονομημένος σε μονάδες ταχύτητας.

Ανεμόμετρο θερμού σύρματος

Σε αντίθεση με τις άλλες συσκευές που έχουμε περιγράψει στο παρόν κεφάλαιο, που χρησιμοποιούνται σε υγρά και αέρια, το ανεμόμετρο θερμού σύρματος (hot wire anemometer) χρησιμοποιείται για τη μέτρηση της ταχύτητας αερίων μόνο.

Ενας μετρητής που θερμαίνεται με τη βοήθεια ηλεκτρικού ρεύματος αποτελεί τμήμα μίας γέφυρας Wheatstone, όπως εικονίζεται στο παρακάτω σχήμα. Το ανεμόμετρο θερμού σύρματος στηρίζεται στην αρχή ότι, όταν γύρω από ένα θερμό σώμα ρέει ένα αέριο, το θερμό σώμα θα ψυχθεί, και επομένως ο ρυθμός ψύξης σχετίζεται με την ταχύτητα του αερίου. Με αυτή τη βάση, εάν εφαρμοστεί ένα σταθερό ρεύμα στο σύρμα, τότε η ψύξη θα προκαλέσει αλλαγή της αντίστασης του και επομένως αλλαγή της τάσης με ένα κύκλωμα γέφυρας Wheatstone μπορούμε να υπολογίσουμε την ταχύτητα του αερίου.

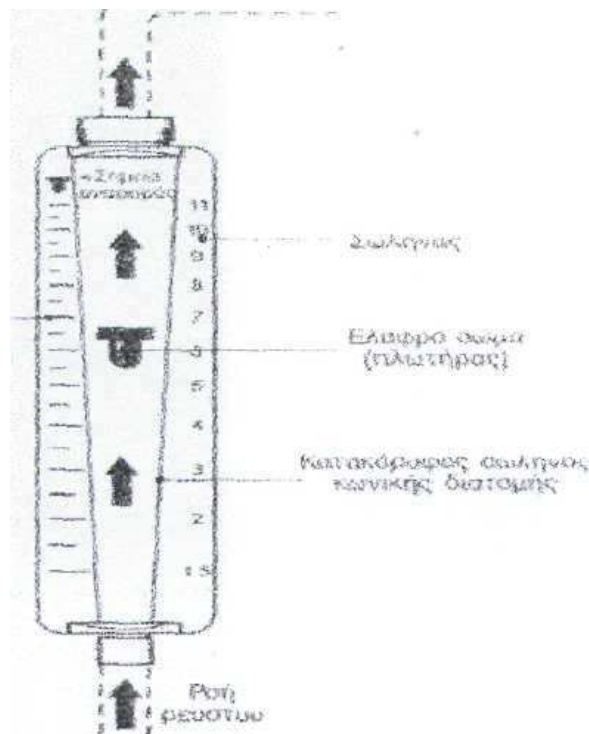


Με άλλο τρόπο, εάν ρυθμίσουμε το ρεύμα ώστε να διατηρείται σταθερή η θερμοκρασία του σύρματος, τότε η τιμή του ρεύματος θα σχετίζεται με την ταχύτητα του αερίου.

Τα ανεμόμετρα θερμού σύρματος περιέχουν όλες τις απαιτούμενες πληροφορίες για τη βαθμονόμηση τους με τη μορφή γραφικών παραστάσεων, έτσι ώστε η ταχύτητα του αερίου να μπορεί να υπολογιστεί εύκολα από τις τιμές τάσης ή ρεύματος. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να μετρήσουν μεγάλο εύρος ταχυτήτων, από πολύ μικρές (για παράδειγμα 0.03 ms^{-1}) έως υπερηχητικές. Τείνουν να είναι πιο ακριβά από τους σωλήνες Pitot αλλά μπορούν να μετρούν ροές που δεν είναι τόσο σταθερές.

Μετρητής ροής μεταβλητής διατομής

Η τυπική μορφή ενός μετρητή ροής μεταβλητής διατομής (Variable area flow meter) εικονίζεται στο κάτωθι σχήμα, αποτελείται από ένα σωλήνα κωνικής διατομής που στο εσωτερικό του περιέχει ένα ελαφρό σώμα (που ενεργεί ως πλωτήρας). Ο μετρητής συνδέεται σε κατακόρυφη θέση στο σωλήνα ροής που περιέχει το ρευστό προς μέτρηση (εν γένει ο προσανατολισμός του σωλήνα ροής δεν πρέπει να είναι κατακόρυφος αλλά μόνο του μετρητή) Το ρευστό ρέει από κάτω προς τα επάνω στο μετρητή και έτσι δημιουργεί μία διαφορά πίεσης που ασκεί μία δύναμη προς τα επάνω στο πλωτήρα και τον αναγκάζει να αιωρηθεί.

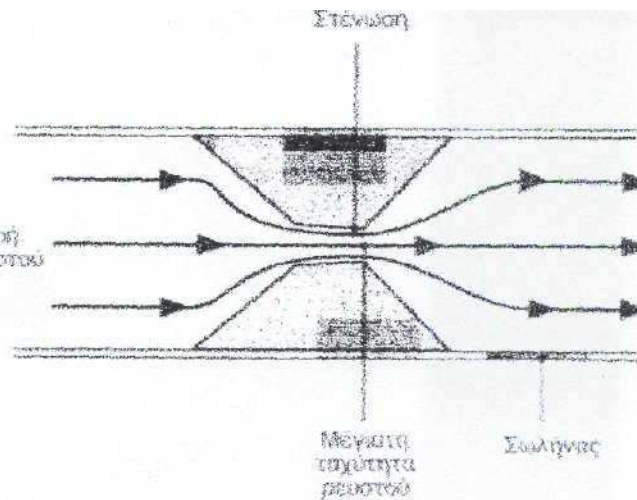


Το ύψος του πλωτήρα στον κωνικό σωλήνα είναι ανάλογο του ρυθμού της ροής και έτσι ο τελευταίος διαβάζεται από μία κατάλληλα βαθμονομημένη κλίμακα στο τοίχωμα του κωνικού σωλήνα. Για να διατηρείται ο πλωτήρας στο κέντρο του κωνικού σωλήνα, μπορεί να έχει πτερύγια ώστε να περιστρέφεται ή να τον διαπερνά μία κατακόρυφη ράβδος, στερεωμένη στον άξονα συμμετρίας του κωνικού σωλήνα. Όταν η ροή είναι σταθερή, ο πλωτήρας παραμένει σε κάποιο σταθερό ύψος όταν η δύναμη προς τα επάνω ισούται με το βάρος του (δηλαδή όταν η δύναμη προς τα επάνω και το βάρος του ευρίσκονται σε ισορροπία).

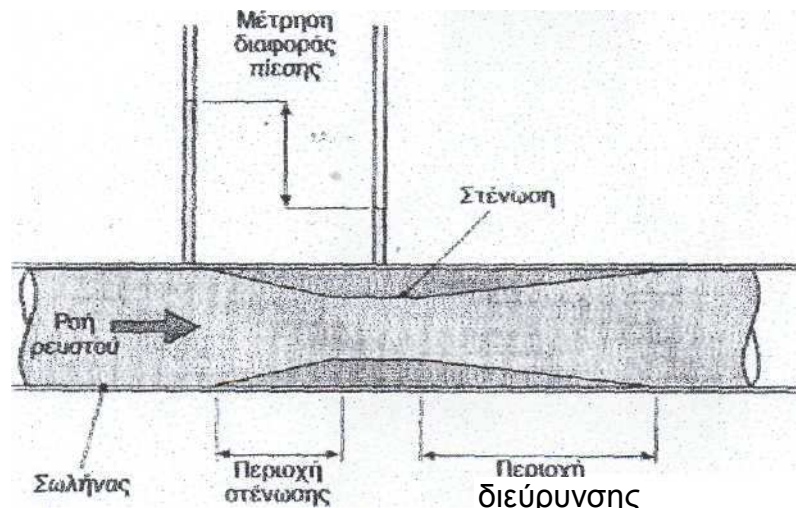
Οι μετρητές ροής μεταβλητής διατομής χρησιμοποιούνται για να μετρούν τη ροή υγρών και αερίων. Υπάρχουν αρκετές μορφές κωνικών σωλήνων και πλωτήρων, ανάλογα με το είδος του ρευστού και την περιοχή ταχυτήτων που πρέπει να μετρηθεί.

ΣΥΣΚΕΥΕΣ

Πολλά είδη ογκομετρικών Αναμετρητών υπάρχουν με ταχύτητα μικρότερη



ση της ταχύτητας ή του φαινόμενο στένωσης λήνα ροής μία Η μέγιστη αδή της



Η ταχύτητα της ροής είναι ευθέως ανάλογη της τετραγωνικής ρίζας της διαφοράς πίεσης και επομένως ένας ενδεικτής μπορεί να βαθμονομηθεί κατευθείαν σε μονάδες ταχύτητας, ογκομετρικού ρυθμού ροής ή ρυθμού ροής μάζας.

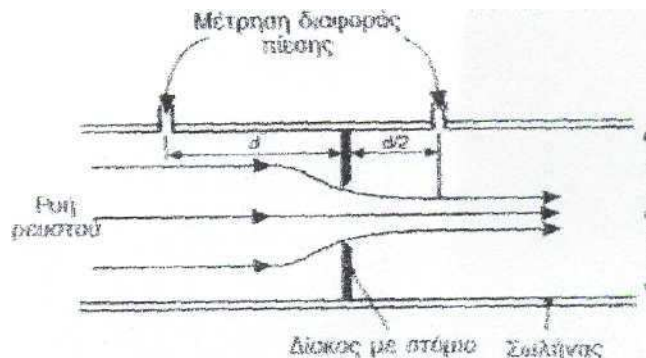
Μπορεί να επιτευχθεί ανάγνωση των ενδείξεων από απόσταση, εάν χρησιμοποιηθούν αισθητήρες πίεσης που παρέχουν ηλεκτρική έξοδο. Τα δύο σήματα αφαιρούνται και προσδιορίζεται η τετραγωνική ρίζα του σήματος διαφοράς, προτού

το αποτέλεσμα διαβιβαστεί σε ένα καταγραφικό μηχάνημα ή έναν ενδείκτη, ή δημιουργήσει ένα σήμα ελέγχου.

Σε σύγκριση με τις μεθόδους με ακροφύσια και στόμια, οι σωλήνες Venturi είναι ακριβοί και απαιτούν περισσότερο χώρο στον αγωγό ροής. Εντούτοις, προκαλούν μικρότερη πτώση της πίεσης και μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε διάφορα είδη ρευστών, οτα οποία τα ακροφύσια και στόμια δε μπορούν.

Μετρητής με κάθετο στόμιο ροής

Η μορφή ενός μετρητή με κάθετο στόμιο εκροής (orifice plate meter) εικονίζεται παρακάτω σχήμα και τυπικά αποτελείται από ένα δίσκο που έχει ένα στόμιο στο κέντρο του και τοποθετείται κάθετα στη ροή. Το ρευστό εκρέει από το στόμιο ως ένα συγκλίνων ρεύμα, το οποίο εκτοξεύεται με μορφή πίδακα προς το άλλο άκρο σωλήνα. Η διαφορά πίεσης μετριέται σε ένα σημείο σε απόσταση a πριν από το δίσκο και σε ένα σημείο σε απόσταση $d/2$ μετά από το δίσκο, όπου d είναι η διάμετρος του σωλήνα. Απαιτείται απόσταση $d/2$ μετά το δίσκο, επειδή εκεί εμφανίζεται η μεγαλύτερη πίεση. Το σημείο αυτό ονομάζεται vena contracta (συμπιεσμένη φλέβα) και εκεί ο γραμμές ροής είναι παράλληλες.

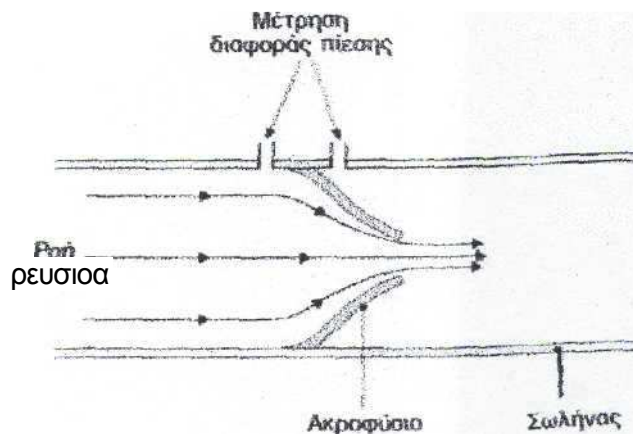


Ο ρυθμός ροής μπορεί στη συνέχεια να υπολογιστεί από τη διαφορά πίεσης μεταξύ των δύο σημείων μέτρησης. Μπορούν να λαμβάνονται άμεσες μετρήσεις και μετρήσεις από απόσταση, με τον ίδιο τρόπο όπως στο σωλήνα Venturi. Και οι δύο μέθοδοι μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη μέτρηση της ροής σε υγρά και αέρια, αλλά η μέθοδος του κάθετου στομίου εκροής προκαλεί πολύ μεγαλύτερη πτώση πίεσης, επειδή ο δίσκος προκαλεί δίνες. Επίσης χρειάζεται μεγαλύτερο τμήμα σωλήνα πριν από το δίσκο, από ότι ο σωλήνας Venturi.

Μεταξύ των μεθόδων μέτρησης με σωλήνα Venturi, κάθετο στόμιο εκροής και ακροφύσιο, η μέθοδος του κάθετου στομίου εκροής είναι η πλέον χρησιμοποιούμενη, επειδή έχει χαμηλό κόστος, κατασκευάζεται απλά και παρεμβάλλεται εύκολα στους υπάρχοντες σωλήνες ροής.

Μέθοδος του ακροφυσίου

Η μέθοδος του ακροφυσίου (nozzle) περιλαμβάνει ένα ακροφύσιο και εικονίζεται στο κάτω σχήμα. Είναι παρόμοια με τη μέθοδο κάθετου στομίου εκροής, επειδή και εδώ υπάρχει ένα συγκλίνων ρεύμα ρευστού μετά από το ακροφύσιο, το οποίο εκτοξεύεται με μορφή πίδακα προς το άλλο άκρο του σωλήνα ροής. Σημειώστε ότι οι ακροδέκτες μέτρησης της πίεσης είναι ακριβώς πριν και ακριβώς μετά το ακροφύσιο, στο σημείο που σογκολλάται με το σωλήνα ροής. Η διαφορά της πίεσης στα σημεία αυτά επιτρέπει τον υπολογισμό του ρυθμού ροής και η βαθμονόμηση γίνεται συνήθως σε μονάδες ογκομετρικού ρυθμού ροής.

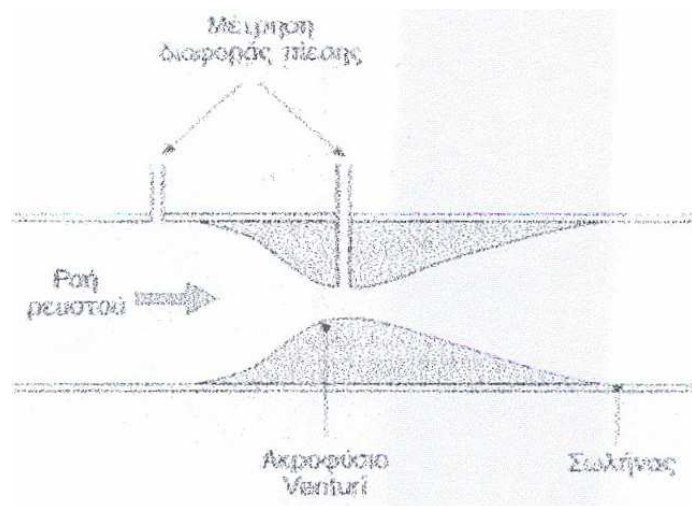


Οι διατάξεις με ακροφύσια τείνουν να απαιτούν μικρότερο ευθύγραμμο μήκος αγωγού από ότι τα κάθετα στόμια εκροής και έχουν μικρότερο φυσικό μήκος, οπότε απαιτούν μικρότερο χώρο για να εγκατασταθούν σε ένα σωλήνα ροής από ότι οι σωλήνες Venturi. Η πτώση πίεσης που προκαλείται από ένα ακροφύσιο είναι μικρότερη από αυτή που προκαλεί ένα κάθετο στόμιο εκροής, αλλά σημαντικής σε σύγκριση με αυτή που προκαλεί ένας σωλήνας Venturi.

Ακροφύσια μπορούν να χρησιμοποιούνται σε περιπτώσεις υγρών και αέριων ρευστών και παρέχουν καλή ακρίβεια. Μπορούν να λαμβάνονται άμεσες μετρήσεις ή μετρήσεις από απόσταση, με τον ίδιο τρόπο όπως σε ένα σωλήνα Venturi ή ένα μετρητή με κάθετο στόμιο εκροής.

Ακροφύσιο Venturi

Για να περιορίσουμε την πτώση πίεσης που προκαλείται από ένα μετρητή με ακροφύσιο, διατηρώντας παρ' όλα αυτά κάποιο βαθμό απλότητας και ευκολίας, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε μία παραλλαγή ακροφυσίου που ονομάζεται ακροφύσιο Venturi (Venturi nozzle). Η μορφή ενός ακροφυσίου Venturi εικονίζεται στο παρακάτω σχήμα. Αποτελεί ένα συνδυασμό του σχήματος του σωλήνα Venturi και του μετρητή ακροφυσίου, καθώς υπάρχει ακροφύσιο αλλά η διαδρομή που ακολουθείται μετά είναι σύμφωνη με τη διεύρυνση που υπάρχει στους σωλήνες



Όπως οι μετρητές ακροφυσίου και οι σωλήνες Venturi, έτσι και τα ακροφύσια μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την μέτρηση της ροής υγρών και αερίων και παρέχουν καλή ακρίβεια. Μπορούν να λαμβάνονται άμεσες μετρήσεις ή μετρήσεις από απόσταση, με τον ίδιο τρόπο όπως στους σωλήνες Venturi, τους δίσκους με κάθετο στόμιο εκροής και τους μετρητές ακροφυσίου. Τα ακροφύσια Venturi είναι συνήθως πιο ακριβά από τους απλούς μετρητές ακροφυσίου αλλά προκαλούν σημαντικά μικρότερη πτώση πίεσης. Επίσης εγκαθίστανται ευκολότερα και είναι ταφθηνά από τους σωλήνες Venturi.

Μετρητές ροής υπέρηχων

Στο παρακάτω σχήμα εικονίζεται η τυπική μορφή ενός μετρητή ροής, ο οποίος είναι προσαρμοσμένος σε ένα σωλήνα. Ο μετρητής αποτελείται από έναν πομπό υπερηχητικών σημάτων (υπερήχων), έναν ανακλαστήρα και

έναν ανιχνευτή (δέκτη) είναι τοποθετημένος σε κάποια συγκεκριμένη απόσταση από τον εκπομπό, κατά μήκος του σωλήνα. Παρότι είναι ακριβοί, οι μετρητές ροής που χρησιμοποιούν υπέρηχους είναι ακριβείς και σταθεροί. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε πολλές περιπτώσεις υγρών, αγωγίμων και μη αγωγίμων και μπορούν να μετρούν τη ροή με συνεχή τρόπο και προς τις δύο κατευθύνσεις. Δεν εμποδίζουν τη ροή και είναι συχνά φορητοί. Εντούτοις απαιτείται η ύπαρξη σωματιδίων συμπυκνωμένης ύλης στο ρευστό για να μπορούν οι τεχνικές να λειτουργούν με επιτυχία. Οι μετρητές ροής υπερήχων δε μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην περίπτωση αερίων.

ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΙ ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ

Είδαμε αρκετές μεθόδους μηχανικής μέτρησης της θερμοκρασίας. Λόγω του ότι χρησιμοποιούνται μηχανικές αρχές λειτουργίας και όχι τόσο πολύ ηλεκτρικές, αυτοί οι αισθητήρες δεν είναι ταιριαστοί σε συστήματα αυτομάτου ελέγχου αναλογικής διαδικασίας.

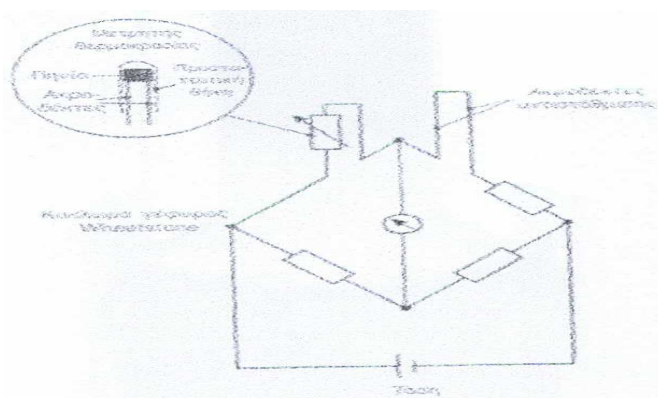
Σε αυτόν τον τομέα χρησιμοποιούνται τρεις ηλεκτρικοί αισθητήρες:

- Το θερμίστορ
- Το θερμοζεύγος
- Ο φωρατής θερμοκρασίας αντίστασης

ΦΩΡΑΤΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ

Ο φωρατής θερμοκρασίας αντίστασης ή θερμόμετρο ηλεκτρικής αντίστασης

(Electrical resistance thermometers) χρησιμοποιεί την σχέση που υπάρχει ανάμεσα στην ηλεκτρική αντίσταση ενός μετάλλου με την θερμοκρασία του. Η τυπική του μορφή του είναι:



Σχηματίζουμε ένα πηνίο τυλίγοντας μεταλλικό σύρμα γύρω από ένα κεραμικό σωλήνα ,το καλύπτουμε με κεραμικό και το βάζουμε σε μια προστατευτική θήκη. Αυτή η διάταξη είναι ένας μετρητής θερμοκρασίας (temperature resistance thermometers).Τα άκρα του Πνίου συνδέονται στον ένα βραχίονα μιας γέφυρας WHEATSTONE και στην συνέχεια τοποθετείται ο μετρητής στον χώρο όπου θέλουμε να μετρήσουμε την θερμοκρασία. Μετά από λίγο χρόνο απόκρισης (της τάξης του sec), η θερμοκρασία του χώρου εμφανίζεται στο αμπερόμετρο. Η αντίσταση των ακροδεκτών που συνδέουν το πηνίο με την γέφυρα WHEATSTONE επηρεάζεται από την θερμοκρασία με αποτέλεσμα να εμφανίζονται σφάλματα στην διαδικασία μέτρησης. Για τον λόγο αυτό οι ακροδέκτες αντιστάθμισης συνδέονται σε άλλους βραχίονες. Τα μέταλλα που χρησιμοποιούνται είναι νικέλιο ,χαλκός, αλλά κυρίως ο λευκόχρυσος.

Αν και ακριβός ο λευκόχρυσος , έχει το πλεονέκτημα ότι συχνά αποτελεί υλικό αναφοράς για την θέσπιση διεθνών προτύπων. Η πλατίνα έχει την μεγαλύτερη ακτίνα θερμοκρασίας και σταθερότητας με μέτρια γραμμικότητα στους $\pm 0.4^{\circ}\text{C}$ στην ακτίνα $0-100^{\circ}\text{C}$.

Ο χαλκός δίνει σχεδόν τέλεια γραμμικότητα και το νικέλιο προσφέρει χαμηλό κόστος υψηλή αντίσταση και ευαισθησία.

Ωστόσο μια νεότερη κατασκευαστική τεχνική είναι αυτή όπου χρησιμοποιείται μεταλλικό φιλμ. Συνήθως τοποθετείται πλατίνα σε μικρό κεραμικό υπόστρωμα. Έπειτα χαράσσεται με laser και σφραγίζεται Το φιλμ είναι κατά πολύ φθηνότερο από τους άλλους φωρατές θερμοκρασίας και αντιδρά πιο γρήγορα σε αλλαγή θερμοκρασίας.

Τα θερμόμετρα ηλεκτρικής αντίστασης (R.T.D.) διατίθεται σε πολλές μορφές και έχουν πολλά πεδία εφαρμογής. Μετρούν την θερμοκρασία αερίων και υγρών, την επιφανειακή θερμοκρασία των περισσοτέρων αερίων και την εσωτερική θερμοκρασία μερικών μαλακών στερεών.

Παρουσιάζουν σταθερότητα και αντιμετωπίζουν τα εχθρικά περιβάλλοντα για αυτό και χρησιμοποιούνται στην χημική βιομηχανία για την μέτρηση θερμοκρασίας διαβρωτικών υγρών και λυμάτων.

Τα μειονεκτήματα του είναι η βραδύτητα στην ανταπόκριση ,οι μικρές αλλαγές στην αντίσταση και το υψηλό κόστος. Παράλληλα έχουν μεγάλο σχήμα και είναι εύθραυστα.

ΘΕΡΜΙΣΤΟΡ

Ένα άλλο όργανο ηλεκτρικής μέτρησης της θερμοκρασίας είναι το θερμίστορ. Το θερμίστορ είναι μια θερμικά ευαίσθητη αντίσταση που συνήθως έχει έναν αρνητικό συντελεστή θερμοκρασίας.

Είδαμε ότι το μεταλλικό σύρμα που τυλίγεται και σχηματίζει πηνίο στα θερμόμετρα ηλεκτρικής αντίστασης έχει το μειονέκτημα ότι οι μεταβολές της αντίστασης που δημιουργεί είναι μικρές της τάξης $5\text{million}/^{\circ}\text{C}$.

Για να ξεπεραστεί αυτό χρησιμοποιούμε τα θερμίστορ. Τα θερμίστορ βασίζονται στην ίδια αρχή λειτουργίας με τα θερμόμετρα ηλεκτρικής αντίστασης. ,δηλ την αλλαγή της αντίστασης με την θερμοκρασία. Αντί όμως για μέταλλα τα θερμίστορ είναι ημιαγωγοί.

ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ SEEBECK

Το 1821 ο Γερμανός φυσικός THOMAS SEEBECK ανακάλυψε ότι όταν ενώσει δυο καλώδια από διαφορετικά μέταλλα και θερμάνει την μία άκρη ρέει ρεύμα στον βρόγχο που σχηματίζουν τα δύο καλώδια.

Όταν το κύκλωμα κόπηκε ο SEEBECK ανακάλυψε ότι μεταξύ των δύο τερματικών υπάρχει τάση το μέγεθος της οποίας μεταβάλλεται ανάλογα με την θερμότητα Βρήκε επίσης ότι διαφορετικοί συνδυασμοί μετάλλων παράγαν διαφορετικές τάσεις



Η μαθηματική σχέση που διέπει το φαινόμενο SEEBECK. είναι

, όπου

U_0 = τάση δημιουργούμενη από το θερμοηλεκτρικό φαινόμενο

T_m = μετρούμενη θερμοκρασία

T_c = θερμοκρασία ακροδέκτη σύνδεσης

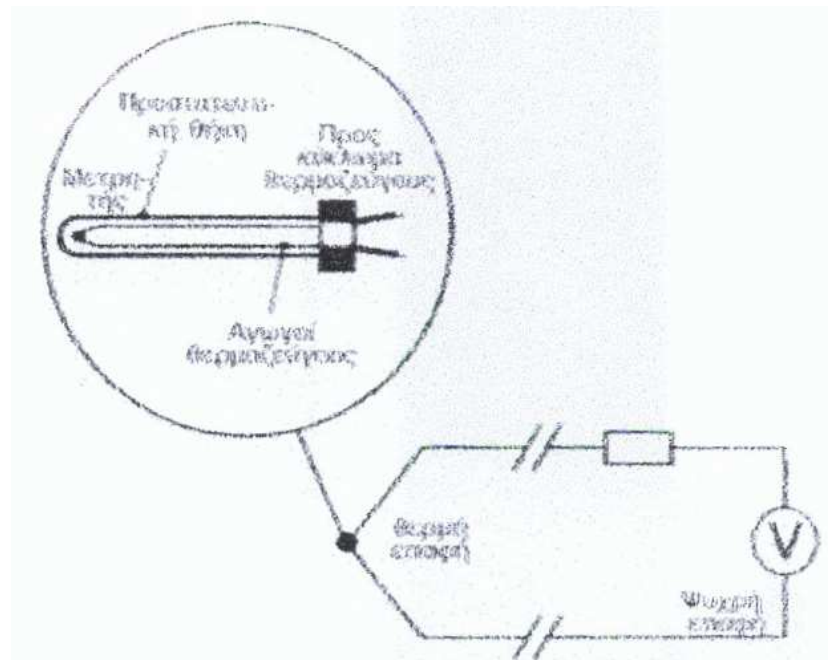
T_r = θερμοκρασία αναφοράς

Η παράπάνω) σχέση δείχνει ότι αυτό που επιτυγχάνει το θερμοζεύγος αναφοράς είναι η απάλειψη του όρου της θερμοκρασίας συνδέσμου, δηλ. η ανεξαρτητοποίηση της μέτρησης και η αποκλειστική της εξάρτηση από την μετρούμενη θερμοκρασία

ΘΕΡΜΟΖΕΥΓΟΣ

Η αρχή λειτουργίας του θερμοζεύγους στηρίζεται στο φαινόμενο του SEEBECK. Αποτελείται από δύο ανόμοια μέταλλα που συνδέονται μεταξύ τους σε δύο σημεία σχηματίζοντας έτσι κλειστό κύκλωμα. Η μία επαφή βρίσκεται σε μία προστατευτική θήκη και αποτελεί τον μετρητή του οργάνου γιατί έρχεται σε επαφή με το σώμα άγνωστης θερμοκρασίας. Εάν η επαφή διατηρείται σε διαφορετική θερμοκρασία από την άλλη τότε θα υπάρξει ροή ρεύματος στο κύκλωμα. Το μέγεθος και η κατεύθυνση αυτού εξαρτώνται από τα χρησιμοποιούμενα μέταλλα και την διαφορά θερμοκρασίας των επαφών. Το μέγεθος της Η.Ε.Δ. που προκύπτει είναι μικρό της τάξης μερικών mV. Στο ψυχρό άκρο του κυκλώματος μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε ένα καταγραφικό- ενδεικτικό. Κάτι που υποτιμάται σημαντικά στην θεωρία είναι το μήκος των καλωδίων δηλ. η απόσταση του αισθητηρίου και του καταγραφικού. Τα καλώδια του θερμοζεύγους δεν πρέπει να διακόπτονται παρά μόνο με ειδικούς συνδέσμους-

Η τυπική μορφή ενός θερμοζεύγους απεικονίζεται στο κάτωθι σχήμα:



Σε αυτό το σημείο θα πρέπει να σημειωθεί ότι η θερμοκρασία ενός θερμοζεύγους χρειάζεται μια περίοδο χρόνου για να αντιδράσει στην αλλαγή της θερμοκρασίας. Ο χρόνος ανταπόκρισης εξαρτάται από την μάζα του θερμοζεύγους, τη συγκεκριμένη θερμότητα του, το συντελεστή της μεταφοράς θερμότητας από το ένα σημείο στο άλλο και την περιοχή της επαφής ανάμεσα στο θερμοζεύγος και το υλικό που θα μετρηθεί.

Παράμετρος: Στάθμη

Για να μετρήσουμε την ποσότητα ενός υλικού, λαμβάνουμε υπόψιν την στάθμη του, το ύψος του, τον όγκο του, το βάρος του και την δύναμη του. Παρά το γεγονός ότι πρόκειται για διαφορετικές φυσικές παράμετροι, εν τούτοις συσχετίζονται μεταξύ τους.

Οι μέθοδοι μέτρησης επιπέδου υγρών είναι πολλές και ποικίλες. Επίσης υπάρχουν πολλοί λόγοι για να μάθουμε το ύψος ενός υλικού είτε υγρό, είτε στερεό όπως και πολλοί λόγοι για να θέλουμε να μάθουμε την τιμή της ροής ενός υγρού. Το επίπεδο του υγρού σε μία μέτρηση είναι ένα σημαντικό μέρος της διαδικασίας ελέγχου. Η μέτρηση του επιπέδου των υγρών χωρίζεται σε δύο βασικούς τύπους: στην συνεχή μέτρηση και στην μέτρηση σημείου.

Η μέτρηση συνεχούς επιπέδου είναι αναλογική. Η έξοδος του οργάνου αίσθησης του συνεχούς επιπέδου, είναι ανάλογη του επιπέδου του υγρού. Μερικοί αισθητήρες ταιριάζουν περισσότερο σε έναν ή άλλους από αυτούς τους τύπους των οργάνων. Οι πιο κοινοί αισθητήρες είναι: οι οπτικοί αισθητήρες επιπέδου υγρών, οι αισθητήρες δύναμης, οι αισθητήρες πίεσης, οι ηλεκτρικοί αισθητήρες και οι αισθητήρες ακτινοβολίας.

Προτού αναλύσουμε κάθε αισθητήρα διεξοδικά, θα πρέπει να επισημάνουμε ότι τα χαρακτηριστικά του ελέγχου στάθμης είναι για μεγάλες δεξαμενές σε σχέση με την ροή (εισόδου ή εξόδου) να παρουσιάζεται αδράνεια πλήρωσης /εκκένωσης της. Αντίθετα για μικρές δεξαμενές σε σχέση με την ροή, η απόκριση είναι ταχύτερη και υπάρχουν προβλήματα υπερακόντισης, αλλά με επιπτώσεις στις αντλίες, στις σωληνώσεις και στην ασφάλεια της διεργασίας.

Ο έλεγχος της στάθμης διακρίνει τις περτυτώσεις δεξαμενής υπό πίεση ή δεξαμενής σε ατμοσφαιρική πίεση. Η δεξαμενή υπό πίεση είναι πιο ευαίσθητη σε αστάθεια.

Ο έλεγχος της στάθμης των ρευστών πραγματοποιείται με μέτρηση του βαθμού πληρότητας της δεξαμενής. Η μέτρηση της στάθμης γίνεται με διάφορα σταθμίμετρα (φλοτερ, διαφορικής πίεσης κ.ά.).

Οι διακόπτες στάθμης υγρών ή φλοτεροδιακόπτες: χρησιμοποιούνται για αναλογικό έλεγχο στάθμης δεξαμενών μεταξύ συγκεκριμένων ορίων. Η κύρια χρήση τους είναι ασφαλώς η προστασία των δεξαμενών από υπερχείλιση ή πλήρες άδειασμα

Υπερχειλισμένες δεξαμενές σπαταλούν το αποθηκευμένο υγρό ρυπαίνουν το περιβάλλοντα χώρο και αποτελούν ένδειξη κακού ελέγχου.

Οι πλήρως κενές δεξαμενές αδυνατούν να τροφοδοτήσουν με υγρό τις σωληνώσεις δημιουργώντας ασυνέχεια στην ροή, απότομες μεταβολές πίεσης,

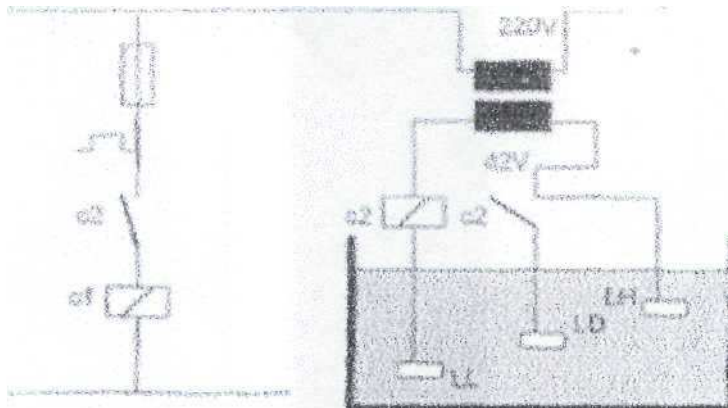
καταπονούν τις αντλίες, τροφοδοτούν τις γραμμές με ιζήματα και αποφράσσουν λήψεις.

Οι φλοτεροδιακόπτες διακρίνονται σε:

- Μηχανικούς
- Υδραργυρικούς
- Ηλεκτρικούς
- Άλλους (σταθμίμετρα που δίνουν οριακές τιμές LH, LHH, LL, LLL)

Σε δεξαμενή με αγωγή υγρά είναι συνήθης η χρήση τριών φλοτεροδιακοπών LH, LD, LL. Το κύκλωμα κλείνει μέσω αγωγίμου υγρού. Οι

διακόπτες LH,LL προειδοποιούν για υπερχειλίση και άδειασμα της δεξαμενής ,ενώ ο ενδιάμεσος LD χρησιμοποιείται για την αποδιέγερση των αυχοσυγκρατούμενων επαφών των ηλεκτρονόμων που αντιστοιχούν στους LH,LL.Ο διακόπτης LL. (συνήθως off) αποδιεγείρει την επαφή αποδιέγερσης.Η χάση τροφοδοσίας είναι συνήθως χαμηλή περίπου 42V για λόγους ασφαλείας .



Σχήμα : Έλεγχος στάθμης με φλοτεροδιακόπτες για αγώγιμα υγρά

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω οι φυσικές παράμετροι της στάθμης, του όγκου, του βάρους ,της δύναμης και του ύψους σχετίζονται μεταξύ τους. Έτσι μπορούμε μετρώντας μία από αυτές να υπολογίσουμε την στάθμη ενός υγρού. Οι παρακάτω συσκευές μετρούν την στάθμη ενός υγρού αλλά μπορούν να βαθμονομηθούν με βάση κάποια από τις παραπάνω παραμέτρους.

ΔΟΧΕΙΟ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗΣ

Το δοχείο παρατήρησης είναι μια απλή και ανέξοδη μέθοδος μέτρησης της στάθμης του υγρού σε ένα δοχείο. Έχει παρόμοια αρχή με τον ογκομετρικό κύλινδρο αλλά επιτρέπει την χρήση αδιαφανών υλικών για την κατασκευή του δοχείου και επομένως την δημιουργία ανθεκτικότερων και φθηνότερων συσκευών.

Η ακρίβεια του αποτελέσματος εξαρτάται από την ικανότητα του αναγνώστη και τον βαθμό ακρίβειας της χαραγμένης κλίμακας στην γυάλινη στήλη παρατήρησης. Το είδος του υγρού στο δοχείο και η διάμετρος της στήλης παρατήρησης επηρεάζουν την ακρίβεια της μεθόδου. Επομένως τα δοχεία παρατήρησης μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε εφαρμογές όπου δεν είναι απαραίτητη η υψηλή ακρίβεια.

ΡΑΒΔΟΣ ΒΥΘΟΜΕΤΡΗΣΗΣ

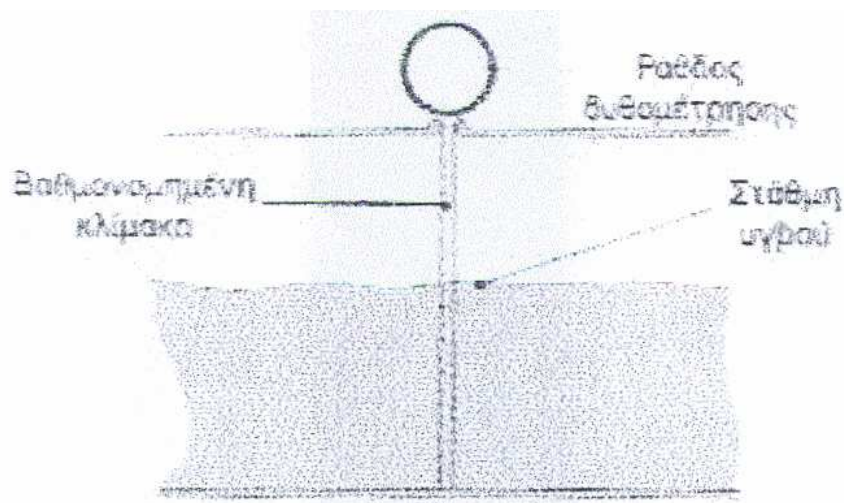
Η ράβδος βυθομέτρησης είναι μία απλή και φθηνή μέθοδος για τον προσδιορισμό της στάθμης ενός υγρού. Η ράβδος βυθομέτρησης αποτελείται από μια ράβδο που έχει χαραγμένη επάνω της μια κλίμακα και βυθίζεται

κάθετα μέσα στη δεξαμενή, μέσα στο υγρό, μέχρις ότου συναντήσει την βάση της δεξαμενής. Στην συνέχεια αποσύρεται η ράβδος από την δεξαμενή και τότε επικάθεται ένα λεπτό στρώμα από το υγρό επάνω της, οπότε ελέγχοντας μέχρι πού έχει φθάσει το υγρό προσδιορίζουμε το ύψος της στάθμης με την βοήθεια της κλίμακας.

Αυτό το όργανο μέτρησης λειτουργεί ουσιαστικά όπως ο ογκομετρικός κύλινδρος που έχει στην πλευρά του μια κλίμακα βαθμονόμησης. Αντί να είναι μόνιμα στερεωμένη στην πλευρά της δεξαμενής ή του δοχείου η κλίμακα εδώ έχει τοποθετηθεί σε μια μη-μόνιμη ράβδο, βελόνα ή βραχίονα.

Για μερικές εφαρμογές όπως τις ράβδους που χρησιμοποιούνται για την μέτρηση της στάθμης πετρελαίου η κλίμακα είναι βαθμονομημένη σε μονάδες όγκου για να δείχνει το ποσό που υπάρχει. Στην περίπτωση των ράβδων βυθομέτρησης που υπάρχουν στις μηχανές των αυτοκινήτων, η κλίμακα έχει συνήθως δυο χαραγές : τη χαραγή max και τη χαραγή min.

Η ράβδος βυθομέτρησης χρησιμοποιείται μόνο για τοπικές μετρήσεις καθώς θα πρέπει κάποιος να αποσύρει την ράβδο και να διαβάσει την ένδειξη που σημειώνεται στην κλίμακα

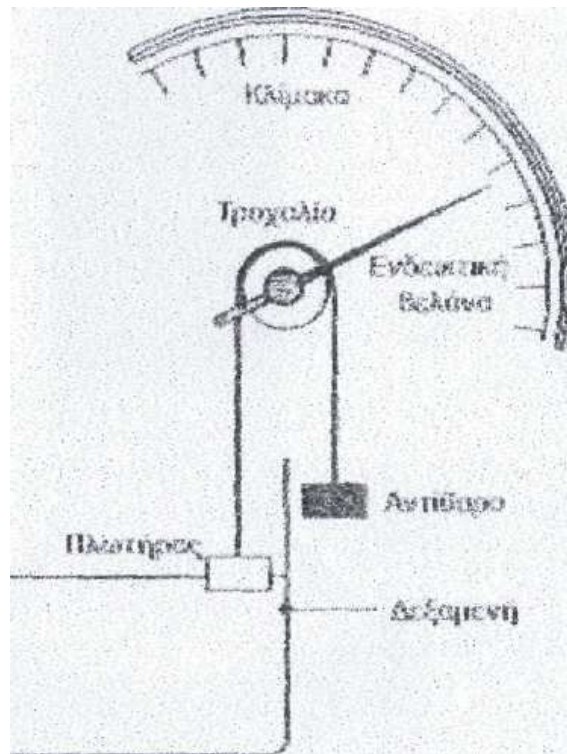


ΜΕΤΡΗΤΕΣ ΜΕ ΠΛΩΤΗΡΑ

Υπάρχουν δυο είδη μετρητών με πλωτήρα, ο μετρητής με αντίβαρο και ο ηλεκτρικός μετρητής.

ΜΕΤΡΗΤΕΣ ΜΕ ΠΛΩΤΗΡΑ ΚΑΙ ΑΝΤΙΒΑΡΟ

Ένας τυπικός μετρητής με πλωτήρα και αντίβαρο εικονίζεται στο παρακάτω

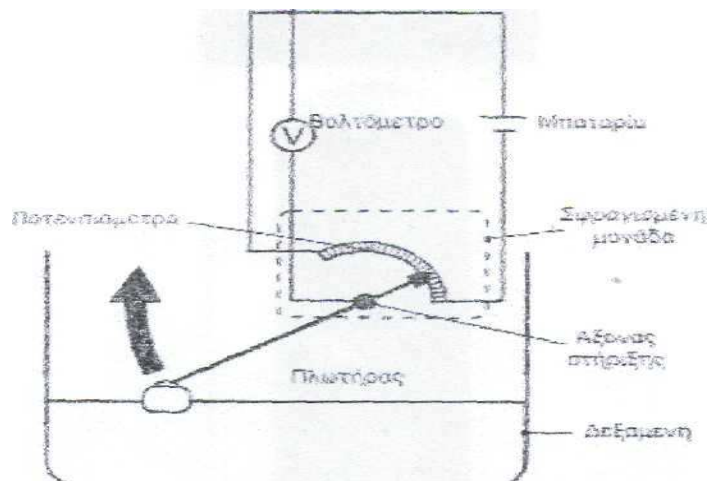


Εδώ η κίνηση του πλωτήρα ακολουθεί την μεταβαλλόμενη στάθμη του υγρού και επομένως κινεί την ενδεικτική βελόνα. Η κλίμακα μπορεί να βαθμονομηθεί σε μονάδες όγκου ή μάζας.

Μπορούν να ληφθούν ακριβείς ενδείξεις αλλά αυτό εξαρτάται από το μήκος της κλίμακας και το πλήθος των χαραγών που υπάρχουν σε αυτή.

ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΣ ΠΛΩΤΗΡΑΣ ΜΕ ΑΝΤΙΒΑΡΟ

Ενας τυπικός ηλεκτρικός μετρητής με πλωτήρα εικονίζεται στο κάτωθι σχήμα:



Ο πλωτήρας είναι έτσι σχεδιασμένος ώστε να ακολουθεί την μεταβαλλόμενη στάθμη του υγρού. Όταν αυτή αλλάζει η κίνηση του πλωτήρα προκαλεί μια γωνιακή μετατόπιση της κινητής επαφής που συνδέεται στο κέντρο του ποτενσιόμετρου. Αυτό αλλάζει την διαφορά δυναμικού και δημιουργεί μια ένδειξη τάσης που είναι ανάλογη της στάθμης του υγρού. Η κλίμακα του βολτομέτρου μπορεί να βαθμονομηθεί σε μονάδες όγκου, μάζας ή ύψους.

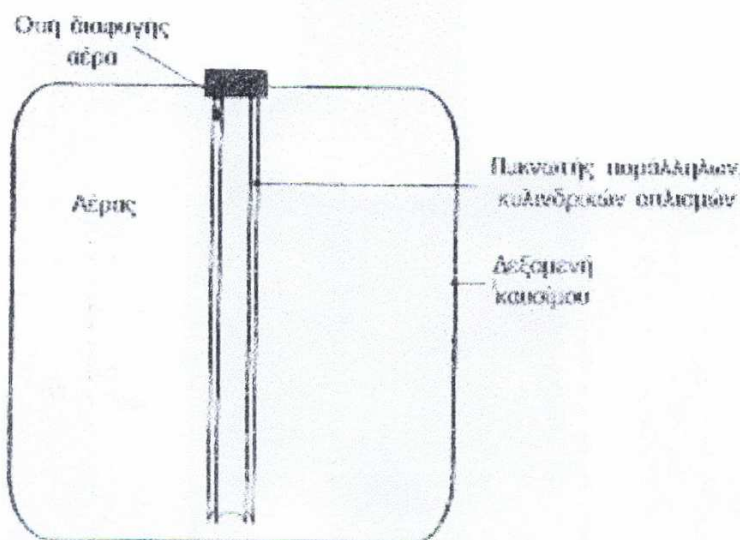
Επειδή το σήμα που δημιουργείται είναι ηλεκτρικό μπορεί να ρυθμιστεί για την λήψη ενδείξεων καταγραφών και απεικόνισης από απόσταση καθώς και να χρησιμοποιηθεί ως σήμα ανάδρασης από ένα σύστημα ελέγχου.

ΒΕΛΟΝΕΣ ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑΣ

Η χρήση των βελονών χωρητικότητας που λέγονται επίσης και μετρητές χωρητικότητας, είναι εκ φύσεως ασφαλής και έτσι αυτές χρησιμοποιούνται για να καταγράφουν την στάθμη των καυσίμων στα αεροπλάνα. Ο αισθητήρας αυτός αποτελείται από δυο κυλινδρικούς σωλήνες που βρίσκονται ο ένας μέσα στον άλλον και σχηματίζουν έναν πυκνωτή στο εσωτερικό της δεξαμενής καυσίμου. Το κενό μεταξύ του εσωτερικού και εξωτερικού οπλισμού είναι κανονικά αέρας, αλλά όσο ανεβαίνει η στάθμη του υγρού γεμίζει με το υγρό. Εάν γεμίσει η δεξαμενή η χωρητικότητα θα αλλάξει καθώς το καύσιμο έχει υψηλότερη διηλεκτρική σταθερά από τον αέρα. Εάν η δεξαμενή είναι μερικώς γεμάτη η χωρητικότητα θα αλλάξει ανάλογα με το ύψος της στάθμης του καυσίμου στην δεξαμενή.

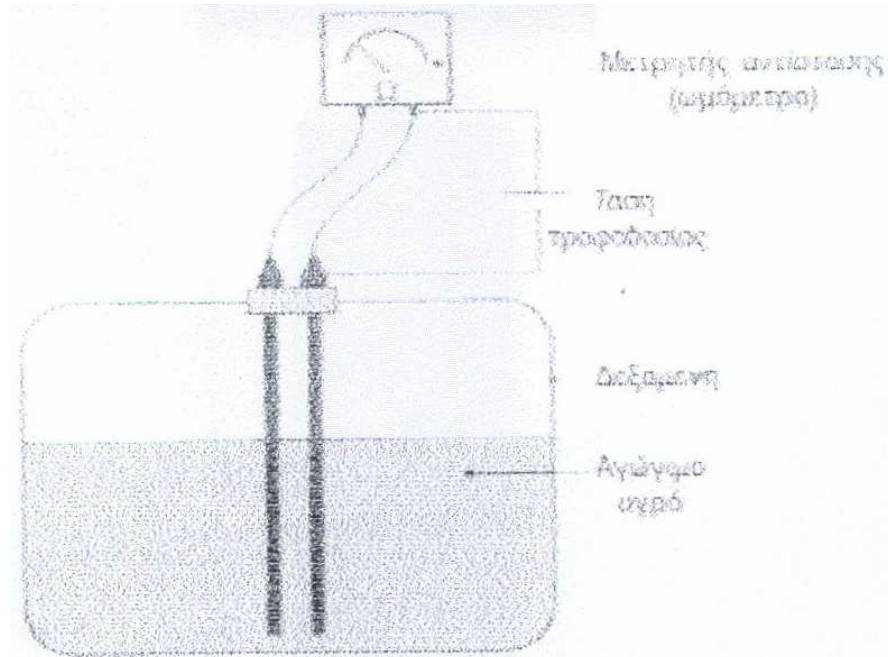
Καθώς η στάθμη του καυσίμου αυξομειώνεται η πρόσθετη χωρητικότητα λόγω της ύπαρξης του καυσίμου μεταβάλλεται κατά τον ίδιο τρόπο. Έτσι οποιαδήποτε αλλαγή της χωρητικότητας μπορεί να προκαλέσει μια αλλαγή της τάσης εξόδου η οποία μπορεί στην συνέχεια να χρησιμοποιηθεί για να ενεργοποιήσει μια οθόνη ή έναν μετρητή καθώς και να καθοδηγήσει μια συσκευή ελέγχου.

Επειδή ο περιβάλλον χώρος περιέχει καύσιμο κατά την σχεδίαση μιας τέτοιας βελόνης χωρητικότητας θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψιν παράγοντες διάβρωσης και πιθανής διαρροής.



ΒΕΛΟΝΑ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑΣ

Μια άλλη μέθοδος για την μέτρηση της στάθμης ενός υγρού με αρχή παρόμοια με αυτή των βελονών χωρητικότητας είναι η βελόνη αγωγιμότητας. Μια τυπική βελόνη αγωγιμότητας απεικονίζεται στο παρακάτω σχήμα :



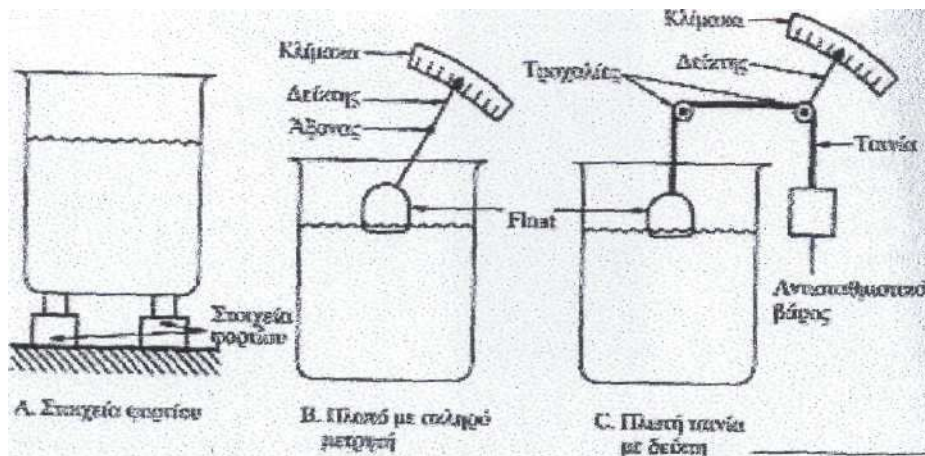
Αυτή αντιλαμβάνεται την αλλαγή της αντίστασης μεταξύ δυο ηλεκτροδίων καθώς μεταβάλλεται η στάθμη του υγρού. Το όργανο μετρά την αλλαγή της αντίστασης και μπορεί να βαθμονομηθεί σε κατάλληλες μονάδες για να λειτουργεί ως δείκτης της στάθμης ή της ποσότητας καθώς και να συνδέεται με μια συσκευή ελέγχου. Όταν χρησιμοποιείται μια βελόνη αγωγιμότητας πρέπει να λαμβάνονται υπόψη παράγοντες όπως διάβρωση, διαρροή και αγωγιμότητα του υγρού που μετριέται. Οι περιβαλλοντικές αλλαγές όπως η θερμοκρασία επηρεάζουν την αγωγιμότητα του υγρού και επομένως το σύστημα μέτρησης, όπως μπορεί και η ύπαρξη προσμίξεων και η αλλαγή της χημικής σύνθεσης του υγρού. Επειδή υπάρχει μια διαφορά δυναμικού σε μερικές περιπτώσεις μπορεί να σημειωθεί εκκένωση τόξου μεταξύ των δυο άκρων των βελονών εάν αυτές παραμείνουν ακάλυπτες. Αυτό αποτελεί ένα σημαντικό περιοριστικό παράγοντα όταν θέλουμε να μετρήσουμε την στάθμη εύφλεκτων υγρών.

ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ ΔΥΝΑΜΗΣ

Το βάρος ενός δοχείου (δύναμη) χρησιμοποιείται συχνά για να δείξει επίπεδα υγρών. Όταν περισσότερο υγρό ή στερεό μπαίνει στο δοχείο αυτό ζυγίζει περισσότερο. Το βάρος ανιχνεύεται από αισθητήρες δύναμης ή έντασης

Εναλλακτικά η επιπλέον δύναμη του πλωτήρα μπορεί να κινήσει μια σκληρή ράβδο ή μια μεταβλητή ταινία, ένα καλώδιο ή μια αλυσίδα.

Όλες αυτές οι μέθοδοι είναι ταιριαστές στην συνεχόμενη μέτρηση του επιπέδου του υγρού. Οι πλωτές μέθοδοι μπορούν να μετατραπούν σε ηλεκτρική έξοδο με την τοποθέτηση ενός ποτενσιόμετρου στο σημείο του άξονα του μετρητή. Οι αλλαγές στην γραμμική μετατόπιση του πλωτήρα αλλάζουν έτσι σε γωνιακή μετατόπιση από τον άξονα ή την τροχαλία. Το ποτενσιόμετρο αλλάζει την γωνιακή μετατόπιση σε ηλεκτρική αντίσταση.



ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ ΠΙΕΣΗΣ

Η πίεση είναι μια άλλη μεταβλητή που επηρεάζεται από το επίπεδο του υγρού. Είναι γνωστό ότι η πίεση σε ένα υγρό αυξάνει με το βάθος του. Για παράδειγμα, αν προστεθεί νερό σε ένα δοχείο θα υπάρχει περισσότερο νερό πάνω από το σημείο στο οποίο μετράται η πίεση. Το αυξανόμενο βάρος του νερού θα δημιουργήσει την μεγαλύτερη πίεση.

Η πίεση στον πάτο του δοχείου σχετίζεται με το ύψος του υγρού και την του βάρους του με τον ακόλουθο τύπο:

$$P_b = h \cdot \rho \cdot g$$

Όπου :

P_b = πίεση στον πάτο του δοχείου

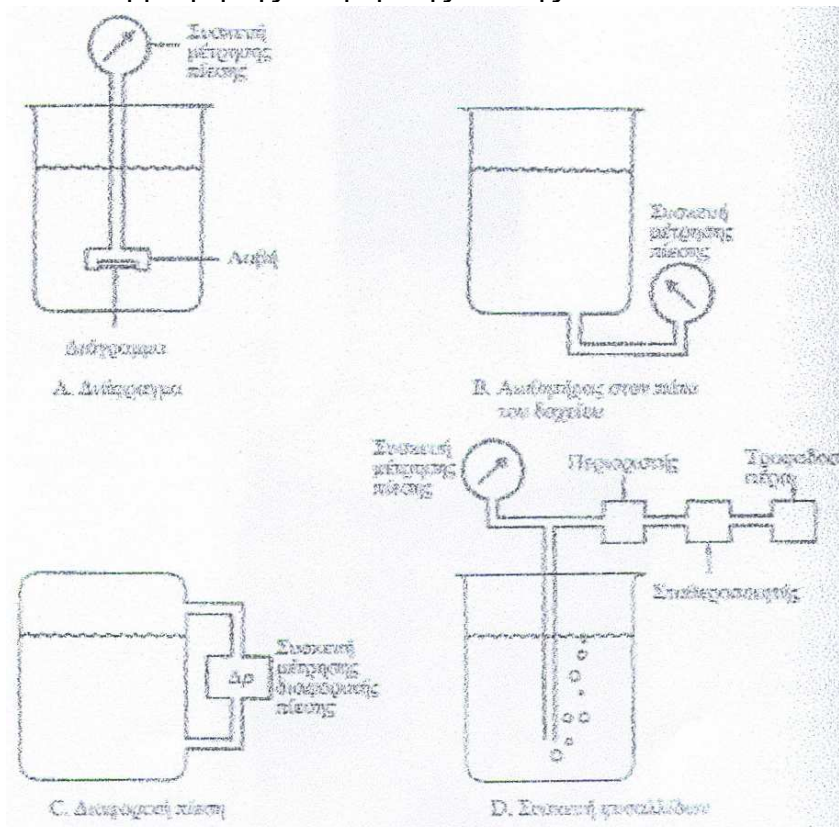
h = το ύψος του υγρού

w = η πυκνότητα

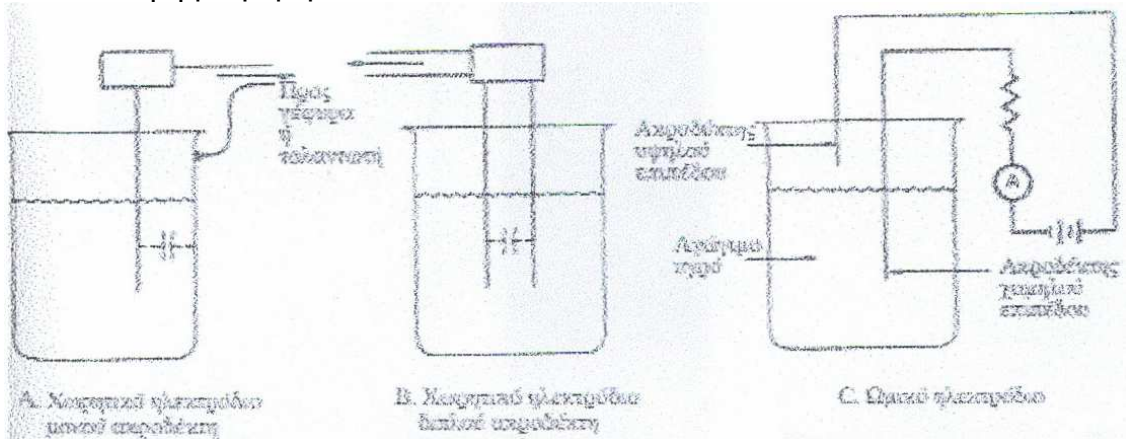
Η πίεση που ασκείται στον πάτο του δοχείου ονομάζεται υδροστατική κεφαλή και ορίζεται ως η πίεση που ασκεί μια στήλη υγρού στον πάτο του δοχείου. Όσο αυξάνεται το επίπεδο του υγρού τόσο περισσότερη πίεση ασκείται στον πάτο. Οι συσκευές που χρησιμοποιούν αυτή την μέθοδο ονομάζονται συσκευές υδροστατικής

Στον τύπο διαφράγματος ασκείται περισσότερη πίεση στο διάφραγμα καθώς το επίπεδο αυξάνει. Η πίεση του αέρα μέσα στο σωλήνα αυξάνει και καταγράφει μια πίεση στο μετρητή.

Άλλες συσκευές υδροστατικής κεφαλής χρησιμοποιούν διαφορική πίεση. Η διαφορά πίεσης ανάμεσα στην πυθμένα του δοχείου και την κορυφή του εξαρτάται από το επίπεδο το υγρού». Η διαφορά γίνεται αισθητή από μια συσκευή μέτρησης διαφορικής πίεσης.



ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΙ ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ Πέρα από τις μηχανικές σε ηλεκτρικές μετατροπές, πολλοί αισθητήρες δίνουν ηλεκτρικές εξόδους με αλλαγές στα επίπεδα των υγρών. Μια ενδιαφέρουσα συσκευή αλλάζει την αντίσταση ενός καλωδίου σε σχήμα έλικα καθώς εφαρμόζεται πίεση. Αυτή η συσκευή ταιριάζει στην μέτρηση συνεχούς επιπέδου. Τα ηλεκτρόδια επίσης χρησιμοποιούνται για την αλλαγή ηλεκτρικών αλλαγών. Στις συσκευές αυτές η χωρητικότητα αλλάζει καθώς το επίπεδο του υγρού αυξομειώνεται. Η αλλαγή αυτή προκαλείται από την αλλαγή της διηλεκτρικής σταθεράς ανάμεσα στο υγρό και στον αέρα. Γίνεται δε αισθητή συνήθως με έναν ταλαντωτή ή με γέφυρα AC.



ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ

Οι περισσότερες συσκευές που αναφέραμε προηγουμένως περιέχουν στοιχεία που έρχονται σε επαφή με το υγρό. Σε μερικές βιομηχανικές μετρήσεις η συσκευή μέτρησης επιπέδου πρέπει να χρησιμοποιηθεί με διαβρωτικά υγρά ή υγρά κάτω από υψηλές πιέσεις με αποτέλεσμα η επαφή αυτή να προκαλεί μερικές φορές καταστροφή της. Σε αυτόν τον τομέα περιέχονται δύο ειδών αισθητήρων ακτινοβολίας: οι ηχητικοί που περιλαμβάνουν και τους υπερηχητικούς και οι αισθητήρες πυρηνικής ακτινοβολίας.

ΗΧΗΤΙΚΟΙ ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ

Οι ηχητικές και υπερηχητικές ακτίνες (7,5-600KHz) χρησιμοποιούν την αρχή λειτουργίας της ηχούς για να μετρήσουν το επίπεδο της στάθμης των υγρών. Η ηχητική ακτίνα εκπέμπεται από τον μετατροπέα ενέργειας προς την επιφάνεια του υγρού. Μετά αυτή η ακτίνα αντανάκλαται πίσω στον μετατροπέα. Ο χρόνος που χρειάζεται για να εκπνευθεί και να επιστρέψει πίσω εξαρτάται από το επίπεδο του υγρού. Όσο χαμηλότερο το επίπεδο του υγρού τόσο μεγαλύτερος ο χρόνος διαδρομής της ακτίνας. Δηλαδή το χρονικό διάστημα είναι αντιστρόφως ανάλογο προς το επίπεδο.

Παρότι η τεχνική αυτή είναι εν γένει ακριβή παρέχει μεγάλη ακρίβεια και μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε ένα μεγάλο εύρος τιμών βάθους. Επακόλουθα έχει εφαρμογές σε πολλούς τομείς από τις βυθομετρήσεις σε θαλάσσιο περιβάλλον έως τον ιατρικό εξοπλισμό και δεν περιορίζεται μόνο στην μέτρηση της στάθμης υγρών.

Αφού έγινε κατανοητό το τί συμβαίνει στην δεξαμενή και στο αισθητήριο όσων αφορά τις διάφορες παραμέτρους οι οποίες μεταβάλλονται και το αντιλαμβάνεται το κατάλληλο αισθητήριο, το επόμενο βήμα είναι αυτή η αντίληψη του αισθητηρίου να μεταφερθεί στον υπολογιστή ώστε ή να αποτυπωθεί ή να υποστεί έλεγχο με όλους τους δυνατούς τρόπους ελέγχου.

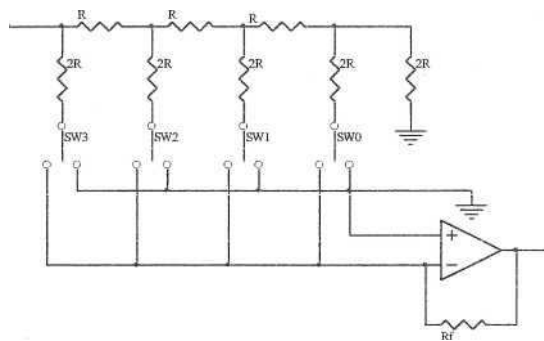
Αυτο για να γίνει όμως πρέπει το σήμα του αισθητηρίου να υποστεί αρχικά μετατροπή σε τάση για να το διαβάσει το σήμα και να το μετατρέψει σε ηλεκτρονική μορφή μιας και το επόμενο βήμα είναι να μετατραπεί σε ψηφιακή μορφή για να το αντιληφτεί ο υπολογιστής αυτή η διαδικασία είναι αμφίδρομη και γίνεται μέσω μετατροπών.

Μετατροπείς

Δύο κατηγορίες μετατροπών: α) από ψηφιακό σε αναλογικό
β) από αναλογικό σε ψηφιακό σήμα

Μετατροπείς από ψηφιακό σε αναλογικό (DAC)

Ο ρόλος του DAC είναι να κάνει την μετατροπή από ένα n-bit ψηφιακό σήμα σε μια ισοδύναμη αναλογική τάση. Αυτό επιτυγχάνεται με την πρόσθεση τάσεων κατάλληλων βαρών. Η μετατροπή αυτή είναι αρκετά απλή και γίνεται πολύ γρήγορα, η μόνη καθυστέρηση οφείλεται στην καθυστέρηση που παρουσιάζουν τα



ηλεκτρονικά στοιχεία . Το βασικότερο τμήμα ενός DAC είναι το δικτύωμα αντιστάσεων το οποίο

συνδέεται σε ένα τελεστικό ενισχυτή.

Το πιο συνηθισμένο δίκτυωμα είναι το R-2R.

Το δίκτυωμα αυτό χρησιμοποιεί μόνο δυο τιμές αντιστάσεων ακριβείας και εκτός των άλλων έχει το πλεονέκτημα ότι 'τραβάει' σταθερό ρεύμα από την πηγή αναφοράς ανεξαρτήτως της κατάστασης των διακοπών.

Όπως φαίνεται και από την παραπάνω σχέση η έξοδος ενός n-bit DAC δεν είναι συνεχής αλλά διαιρείται σε 2^n διακριτές στάθμες. Η ποιότητα όπως και η τιμή ενός DAC καθορίζεται από ορισμένα χαρακτηριστικά. Αυτά είναι η ανάλυση (Resolution), η ακρίβεια, το σφάλμα offset, η γραμμικότητα και η μονοτονικότητα. Πιο συγκεκριμένα η ανάλυση ενός μετατροπέα είναι η μικρότερη αλλαγή της τάσης εξόδου του. Η διαφορά της πραγματικής από την θεωρητική τιμή της αναλογικής τάσης δείχνει την ακρίβεια του DAC. Όταν όλοι οι διακόπτες είναι σε κατάσταση '0' και η έξοδος έχει κάποια τάση ενώ θα έπρεπε να έχει μηδέν, η διαφορά αυτή ονομάζεται offset error. Τέλος αν ένας DAC δεν είναι μονοτονικός τότε σε κάποια σημεία ενώ η είσοδος αυξάνεται η τάση εξόδου μειώνεται.

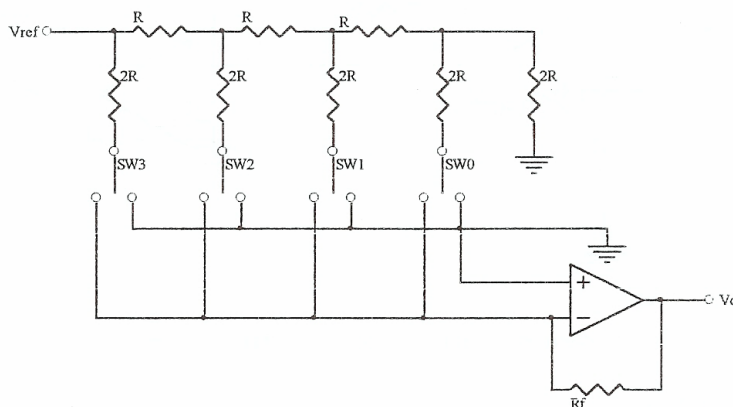
Μετατροπέας αναλογικό σε ψηφιακό (ADC)

Ο ADC είναι η διάταξη που μετατρέπει μια αναλογική τάση εισόδου σε μια ακολουθία bit. Η διαδικασία αυτή δεν είναι ταυτόχρονη αλλά χρειάζεται κάποιο χρόνο για να πραγματοποιηθεί. Υπάρχουν πολλοί διαφορετικοί τύποι ADC. Οι πιο συνηθισμένοι είναι:

Ο ταυτόχρονος ADC.

Στον ταυτόχρονο μετατροπέα, η αναλογική είσοδος εφαρμόζεται στην μη αναστρέφουσα είσοδο των συγκριτών, ενώ η αναστρέφουσα είσοδος έχει μια τάση αναφοράς που καθορίζεται από τον αριθμό των bit εξόδου που θέλουμε να έχουμε. Αν η τάση εισόδου έχει μεγαλύτερη ή μικρότερη τιμή από την αντίστοιχη τάση αναφοράς η έξοδος του συγκριτή οδηγείται σε λογικό '1' ή λογικό '0'. Έπειτα ένα κύκλωμα κωδικοποίησης αναλαμβάνει την μετατροπή των καταστάσεων των συγκριτών στην επιθυμητή δυαδική λέξη. Από τα παραπάνω γίνεται φανερό ότι ο

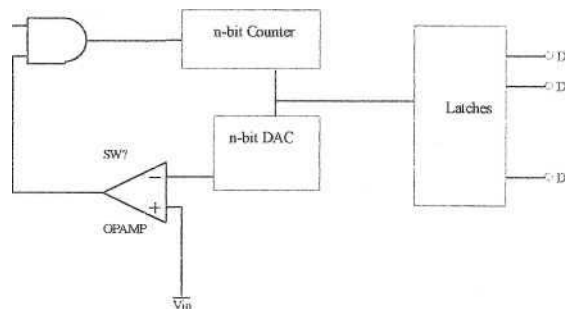
ταυτόχρονος ADC είναι πολύ γρήγορος όμως είναι και πολύ περίπλοκος στην κατασκευή. Ένας τυπικός 12 bit ADC θα απαιτούσε $2^{12} - 1$ συγκριτές και ένα μεγάλο κύκλωμα κωδικοποίησης. Ο ταυτόχρονος ADC χρησιμοποιείται σίιάνια και μόνο σε περιπτώσεις όπου απαιτείται πολύ μικρός χρόνος μετατροπής.



Μονότονος ADC

Τα βασικά στοιχεία ενός μονότονου ADC όπως φαίνεται και στο παρακάτω σχήμα (Εικόνα 4-3) είναι ένας συγκριτής, ένας DAC και ένας counter. Όσο η τάση εισόδου είναι μεγαλύτερη από την τάση εξόδου του DAC η έξοδος του συγκριτή βρίσκεται σε λογικό '1' και οι παλμοί του ρολογιού εφαρμόζονται στην είσοδο του counter αυξάνοντας το περιεχόμενό του, με αποτέλεσμα να αυξάνεται και η τάση εξόδου του DAC. Όταν η τάση αυτή γίνει μεγαλύτερη ή ίση με την τάση εισόδου ο συγκριτής οδηγείται σε λογικό 0' και ο counter σταματάει να μετράει, η τιμή του counter αντιπροσωπεύει την ψηφιακή τιμή της εισόδου. Έπειτα γίνεται αρχικοποίηση στον απαριθμητή και η διαδικασία αρχίζει από την αρχή. Η αρχή λειτουργίας του μονότονου ADC μας δείχνει ότι ο χρόνος μετατροπής δεν είναι σταθερός, ενώ η διαδικασία αρχικοποίησης και ο χρόνος που απαιτείται για να ξαναφθάσει η (μετατροπέας την τιμή της τάσης τον καθιστούν αρκετά αργό.

Το τελευταίο μειονέκτημα του μονότονου ADC έρχεται να εξαλείψει ο Tracking ADC, ο οποίος είναι παρόμοιος με τον μονότονο μόνο που έχει ένα up-down counter στην θέση του απλού απαριθμητή. Σε αυτόν τον μετατροπέα όταν η είσοδος είναι μεγαλύτερη από την έξοδο του DAC ο counter μετράει προς τα πάνω

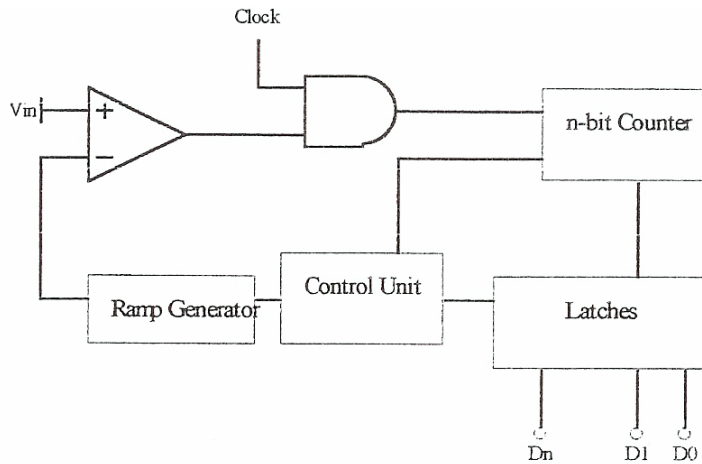


και όταν την ξεπεράσει παίρνουμε την τιμή του απαριθμητή και την βγάζουμε στα latch εξόδου. Στην συνέχεια δεν γίνεται αρχικοποίηση αλλά ο counter αρχίζει να μετράει προς τα κάτω. έτσι ο μετατροπέας αυτός ακολουθεί το σήμα εισόδου, εξ' ου και το όνομα Tracking.

Single-Slope ADC

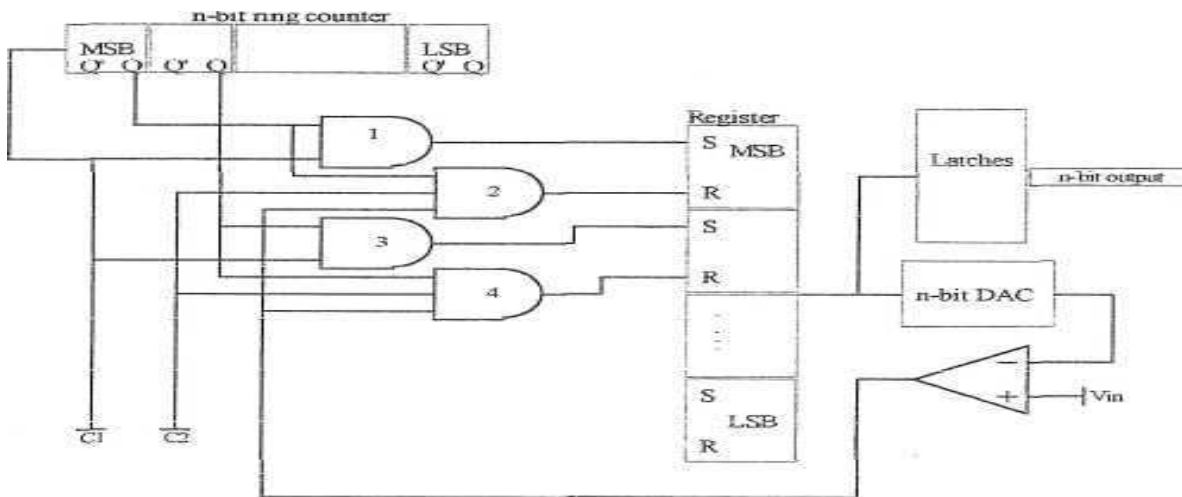
Αυτού του είδους ο μετατροπέας βασίζεται στην ίδια αρχή λειτουργίας με τον μονότονο, με την διαφορά ότι αντί για DAC έχει μια γεννήτρια ράμπας. Ο Single-Slope ADC έχει τα μειονεκτήματα το « μονότονου ADC και επιπλέον η κλίση της.

γεννήτριας εξαρτάται από τα ηλεκτρονικά στοιχεία, των οποίων η τιμή αλλάζει με την θερμοκρασία την γήρανση κτλ.



Μετατροπέας διαδοχικών προσεγγίσεων

Ένας άλλος αρκετά δημοφιλής ADC είναι ο μετατροπέας διαδοχικών προσεγγίσεων. Τα δομικά στοιχεία του είναι ένας n-bit ring counter και ένας καταχωρητής επίσης n-bit με δυνατότητα παράλληλης εισόδου, εξόδου. Αυτού του τύπου ο μετατροπέας λειτουργεί ως εξής: Στην αρχή της διαδικασίας μετατροπής ο ring-counter έχει '1' στην λιγότερο σημαντική θέση και '0' στις υπόλοιπες θέσεις ενώ ο καταχωρητής έχει '0' σε όλες τις θέσεις. Στον επόμενο παλμό του ρολογιού ο απαριθμητής ολισθαίνει κατά μια θέση δεξιά, το '1' τώρα βρίσκεται στην περισσότερο σημαντική θέση και ταυτόχρονα στην περισσότερο σημαντική θέση του καταχωρητή αποθηκεύεται '1'. Η έξοδος του καταχωρητή μετατρέπεται σε μια αναλογική τάση από τον DAC η οποία συγκρίνεται με την τάση εισόδου. Αν η τάση του DAC είναι μεγαλύτερη από την είσοδο, το περισσότερο σημαντικό ψηφίο του καταχωρητή γίνεται '0' και το επόμενο περισσότερο σημαντικό ψηφίο γίνεται '1'. Η διαδικασία αυτή γίνεται για όλα τα bit και όταν ολοκληρωθεί η τιμή του καταχωρητή αντιπροσωπεύει την αντίστοιχη ψηφιακή λέξη. Το σημαντικότερο πλεονέκτημα του μετατροπέα αυτού είναι ότι απαιτεί σταθερό χρόνο μετατροπής ανεξάρτητα από την είσοδο γι' αυτό και χρησιμοποιείται και ευρέως. Η κάρτα AT-MIO-16E-IO που διαθέτει το εργαστήριο των ΣΑΕ έχει αυτού του είδους τους μετατροπείς.



Αφού λοιπόν το σήμα του αισθητηρίου υπόκειται τις κατάλληλες μετατροπές, μέσα στην κάρτα του υπολογιστή όπου και βρίσκονται οι κατάλληλοι μετατροπείς συνεχίζει την διαδρομή του μέσα στον υπολογιστή ως πλέον ψηφιακό σήμα, όπου οι δυνατότητες που έχει πλέον αυτό το σήμα είτε ως προς την αποτύπωση του είτε προς έλεγχο δίνονται από software πλέον που δεν είναι άλλο από το Labview της National instruments. Εδώ λοιπόν μπαίνουν τα συστήματα αυτομάτου ελέγχου ως όρος και ως πράξη, το σήμα που έρχεται μπορεί να αποτυπωθεί απλώς ή και να ελεγχθεί με διάφορους τρόπους εφαρμόζοντας μέσω του Labview διάφορες επεξεργασίες δημιουργώντας ένα σύστημα αυτομάτου ελέγχου. Παρακάτω αναλύονται όλα τα σχετικά με τα συστήματα αυτομάτου ελέγχου.

Συστήματα Αυτομάτου Ελέγχου

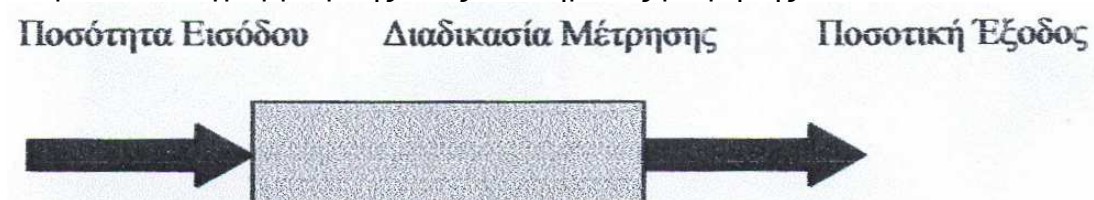
Ένα σύστημα αυτομάτου ελέγχου είναι ένας συνδυασμός από μετατροπείς, ηλεκτρικά κυκλώματα που έχουν σκοπό να διατηρήσουν μια φυσική ποσότητα σε μια επιθυμητή τιμή. Ένα πολύ συνηθισμένο σύστημα ελέγχου είναι ο έλεγχος θερμοκρασίας σε ένα χώρο. Τα αναλογικά συστήματα ελέγχου χωρίζονται σε 3 μεγάλες κατηγορίες, τα ανοικτά και τα κλειστά συστήματα και στα συστήματα μετρήσεων.

Στην πράξη συναντάμε κυρίως κλειστά συστήματα με αρνητική ανάδραση λόγω των πολλών πλεονεκτημάτων που παρουσιάζουν.

Συστήματα μέτρησης

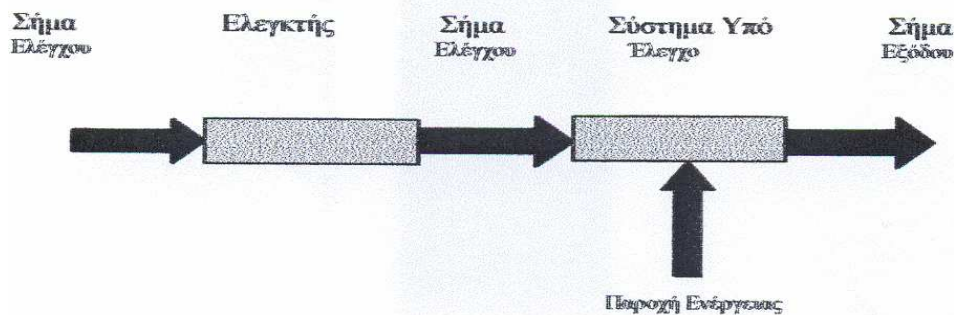
Ένα σύστημα μέτρησης εμφανίζει ή καταγράφει μία ποσοτική έξοδο που αντιστοιχεί στην μεταβλητή που μετρά η οποία αποτελεί την ποσότητα εισόδου. Τα συστήματα μέτρησης δεν αντιδρούν στην τιμή της ποσότητας εισόδου, παρά μόνο την εμφανίζουν με έναν τρόπο που είναι κατανοητός από τον χρήστη.

Το βασικό διάγραμμα ροής ενός συστήματος μέτρησης είναι το ακόλουθο:



Συστήματα ελέγχου ανοικτού βρόγχου

Τα συστήματα ελέγχου ανοικτού βρόγχου και κλειστού βρόγχου έχουν την διατήρηση μιας μεταβλητής σε κάποια προκαθορισμένη τιμή. Τα συστήματα ελέγχου περιλαμβάνουν συστήματα μέτρησης αλλά σε αντίθεση με ένα σύστημα μέτρησης, η έξοδος ενός συστήματος ελέγχου ρυθμίζει κάποια παράμετρο η τιμή της οποίας δεν εμφανίζεται οπωσδήποτε στον χρήστη. Το παρακάτω σχήμα απεικονίζει το διάγραμμα ροής ενός συστήματος ελέγχου ανοικτού βρόγχου. Η βάση ενός συστήματος είναι ότι αυτό ελέγχεται από ένα σήμα που έχει προκαθορισμένη τιμή. Αυτή η προκαθορισμένη τιμή, θεωρεί ότι ο απαιτούμενος έλεγχος μπορεί να πραγματοποιηθεί χωρίς να μετρείται η επίδραση της εξόδου του συστήματος στην παράμετρο που πρέπει να ελέγχεται. Η προκαθορισμένη τιμή δεν θα αλλάξει ακόμα και αν άλλοι παράγοντες αλλάξουν και επομένως καταστήσουν την έξοδο του συστήματος ακριβή.



Τα συστήματα ελέγχου ανοικτού βρόγχου είναι γενικά απλά στην σχεδίαση και οικονομικά στην κατασκευή. Εν τούτοις, μπορούν να είναι μη αποδοτικά και να απαιτούν την συχνή παρέμβαση του χειριστή. Κάτω από διάφορες συνθήκες οι προκαθορισμένες τιμές αποδεικνύονται ανεπαρκείς, επειδή η παράμετρος που ελέγχουν κατά κάποιο τρόπο αλλάζει και τότε πρέπει να ρυθμίζονται εκ νέου. Η προκαθορισμένη τιμή απαιτεί υψηλό επίπεδο ικανότητας και κρίσης για να έχει κάθε φορά την ενδεδειγμένη τιμή. Στις περιπτώσεις όπου οι συνέπειες από τον μη σωστό έλεγχο της παραμέτρου είναι σημαντικές, όπως η στάθμη ενός τοξικού υγρού σε μια δεξαμενή τα συστήματα ανοικτού βρόγχου θα πρέπει να αποφεύγονται.

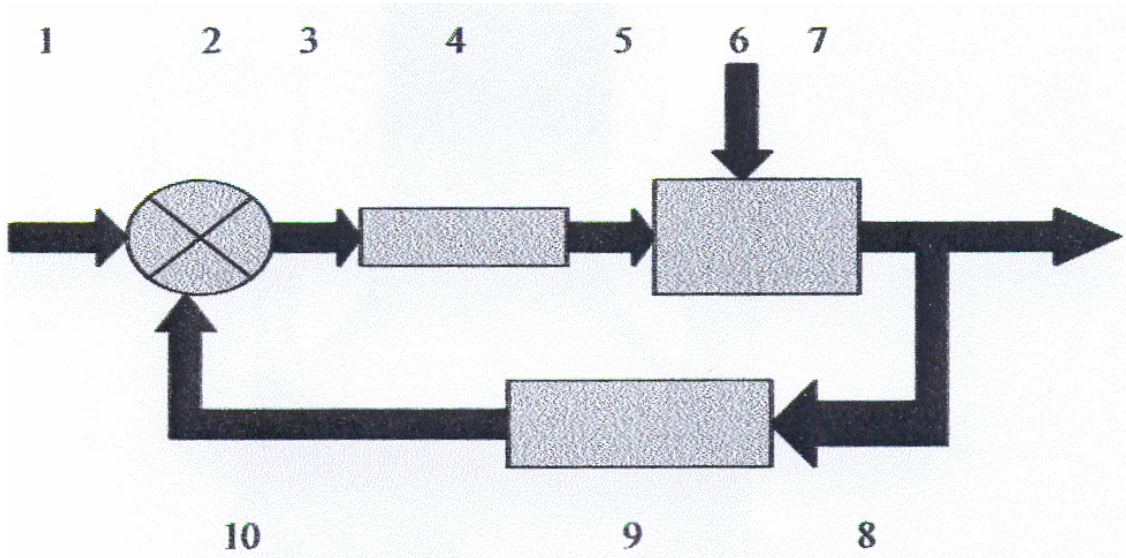
Συστήματα ελέγχου κλειστού βρόγχου

Σε ένα σύστημα ελέγχου κλειστού βρόγχου η κατάσταση της 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.

Σε ένα τέτοιο σύστημα η πραγματική τιμή της παραμέτρου που ελέγχεται συγκρίνεται με την επιθυμητή τιμή. Η διαφορά αυτών των τιμών ονομάζεται σφάλμα.

Το παρακάτω σχήμα απεικονίζει το διάγραμμα ροής ενός συστήματος κλειστού βρόγχου, Η επιθυμητή τιμή ονομάζεται σήμα αναφοράς ή σημείο έναρξης. Αυτή συγκρίνεται με το σήμα από την συσκευή μέτρησης που ονομάζεται σήμα ανάδρασης. Η διαφορά ανάμεσα στο σήμα ανάδρασης και το σήμα αναφοράς ονομάζεται σήμα σφάλματος. Το σήμα σφάλματος, στην συνέχεια, τροποποιείται έτσι ώστε να ρυθμίζεται η απόδοση του συστήματος. Το τροποποιημένο σήμα σφάλματος ονομάζεται σήμα ελέγχου.

Το σήμα ελέγχου στην συνέχεια ρυθμίζει την έξοδο του σήματος έτσι ώστε το σήμα ανάδρασης να πλησιάζει την τιμή του σήματος αναφοράς. Τότε το σήμα σφάλματος θα μειωθεί στο μηδέν και έτσι θα επιτευχθεί η επιθυμητή τιμή.



όπου:

- 1 Το σήμα αναφοράς ή το σήμα έναρξης
2. Ο συγκριτής
3. Το σήμα σφάλματος
4. Ο ελεγκτής
5. Το σήμα ελέγχου
6. Παροχή ενέργειας
7. Σύστημα υπό έλεγχο
8. Βρόγχος ανάδρασης
9. Σύστημα μέτρησης-έξοδος συστήματος
10. Το σήμα ανάδρασης

Τα συστήματα ελέγχου κλειστού βρόγχου ρυθμίζονται από μόνα τους και είναι λιγότερο επιρρεπή σε σφάλματα από τα συστήματα ανοικτού βρόγχου. Είναι γενικά πιο αποδοτικά και απαιτούν λιγότερη εξωτερική παρέμβαση από κάποιο χειριστή. Εν τούτοις το κόστος εγκατάστασης μπορεί να είναι υψηλό και είναι εν γένει πολύπλοκα συστήματα.

Το σημαντικότερο ίσως κομμάτι στα συστήματα αυτομάτου ελέγχου είναι ο ελεγκτής, η αρχή λειτουργίας του στηρίζεται στον αλγόριθμο ελέγχου που χρησιμοποιεί αυτός.

Αλγόριθμοι ελέγχου

Όπως προαναφέραμε οι ελεγκτές ενεργούν στο σήμα σφάλματος και εφαρμόζοντας ένα αλγόριθμο παράγουν ένα σήμα που ενεργεί στην τελική βαθμίδα οδήγησης. Οι αλγόριθμοι ελέγχου χρησιμοποιούνται, για να ελαχιστοποιήσουν το τελικό σφάλμα μόνιμης κατάστασης, για να ελαχιστοποιήσουν το χρόνο αποκατάστασης, δηλαδή πόσο γρήγορα θα αποκριθεί το σύστημα σε μια ενδεχόμενη αλλαγή της εντολής εισόδου ή της εμφάνισης μιας ανεπιθύμητης διαταραχής, τέλος στον έλεγχο των μεταβατικών φαινομένων που μπορούν να μας οδηγήσουν σε ανεπιθύμητες καταστάσεις, όπως για παράδειγμα καταστροφή εξαρτημάτων, κάψιμο μοτέρ κτλ.

Οι τέσσερις βασικοί αλγόριθμοι ελέγχου είναι:

Έλεγχος δυο θέσεων (ON-OFF Control)

Αναλογικός Έλεγχος (Proportional Control)

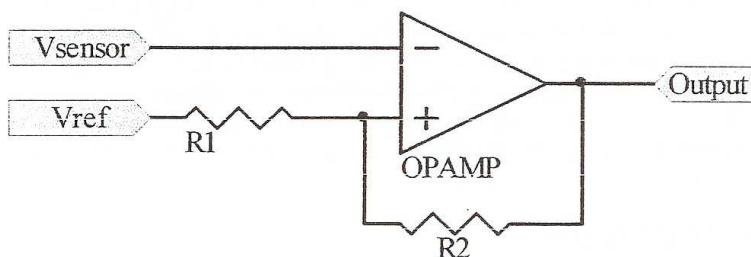
Ολοκληρωτικός Έλεγχος (Integral Control)

Διαφορικός Έλεγχος (Derivative Control).

Στην κοινή πρακτική οι τρεις τελευταίοι, αλγόριθμοι δεν χρησιμοποιούνται από μόνοι τους αλλά σε συνδυασμό μεταξύ τους για την επίτευξη καλύτερων αποτελεσμάτων.

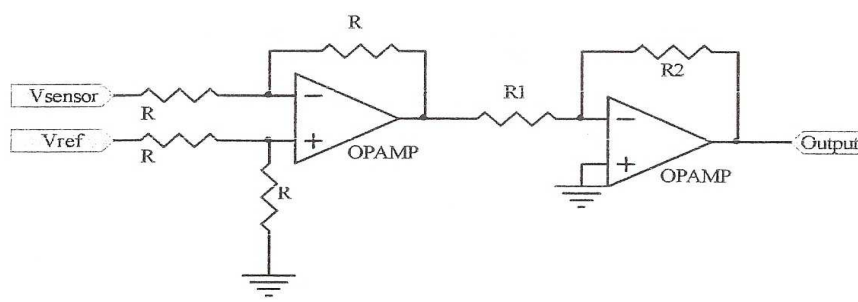
Έλεγχος δυο θέσεων.

Ο έλεγχος δυο θέσεων είναι ο πιο συνηθισμένος, τον συναντάμε σε πολλές οικιακές συσκευές, φούρνους, καλοριφέρ, κ.τ.λ. Η έξοδος του ελεγκτή μπορεί να έχει δυο τιμές, να είναι είτε on είτε off. Από την χαρακτηριστική μεταφοράς παρατηρούμε ότι ο ελεγκτής παρουσιάζει υστέρηση. Η υστέρηση είναι απαραίτητη διότι αν δεν υπάρχει η έξοδος το ελεγκτή θα ανοιγοκλείνει πολύ γρήγορα με κίνδυνο να καταστραφούν για παράδειγμα μοτέρ. Από τα παραπάνω προκύπτει ότι ο έλεγχος δυο θέσεων χρησιμοποιείται σε εφαρμογές που δεν απαιτούν μεγάλη ακρίβεια. Στην εικόνα βλέπουμε ένα τυπικό κύκλωμα ενός ελεγκτή δυο θέσεων.



Αναλογικός Έλεγχος

Όπως προαναφέραμε ο ON-OFF έλεγχος είναι μια φθηνή λύση αλλά όχι με πολύ μεγάλη ακρίβεια. Έτσι σε εφαρμογές με πιο αυστηρές απαιτήσεις δεν χρησιμοποιούμε αυτόν τον τύπο ελέγχου αλλά ένα αλγόριθμο του οποίου η έξοδος αλλάζει συνεχώς με την μεταβολή του σφάλματος. Ένας τέτοιος αλγόριθμος είναι ο αναλογικός έλεγχος (Proportional Control). Η έξοδος ενός P- ελεγκτή είναι ανάλογη του σφάλματος εισόδου. Δηλαδή ο P-ελεγκτής, κυκλωματικά είναι ένας ενισχυτής. Αυτός ο αλγόριθμος ελέγχου έχει ορισμένα πολύ σημαντικά πλεονεκτήματα αλλά και μειονεκτήματα. Α) Πρώτα απ' όλα, η έξοδος δεν μπορεί να φτάσει ποτέ στην επιθυμητή τιμή διότι όσο η έξοδος θα πλησιάζει την επιθυμητή τιμή το σφάλμα θα μειώνεται με αποτέλεσμα να μειώνεται και η έξοδος του ελεγκτή. Μετά από κάποιο χρόνο το σφάλμα θα έχει μειωθεί τόσο που η έξοδος του ελεγκτή,



δεν θα μπορεί να οδηγήσει την τελική βαθμίδα εξόδου. Το σφάλμα offset είναι αντιστρόφως ανάλογο της απολαβής του ενισχυτή. Έτσι ένας τρόπος να μειώσουμε το σφάλμα είναι να αυξήσουμε κατά πολύ ίσο κέρδος ίσου ενισχυτή αλλά αυτό δεν είναι πάντα δυνατό. Β) Όσο πιο μεγάλη είναι η απολαβή τόσο πιο γρήγορα θα φτάσει το σύστημα στην μόνιμη κατάσταση.

Από τα παραπάνω εξάγουμε το συμπέρασμα ότι ο αναλογικός έλεγχος μπορεί να χρησιμοποιηθεί αποδοτικά σε περιπτώσεις, α) που μπορούμε να έχουμε αρκετά μεγάλη απολαβή ώστε να έχουμε μικρό σφάλμα οίδη και β) Σε συστήματα που απαιτούν γρήγορη απόκριση μια που ο P-έλεγχος ανταποκρίνεται ακαριαία σε ένα σφάλμα. Στην εικόνα 3-3 βλέπουμε ένα τυπικό κύκλωμα ενός αναλογικού ελεγκτή. Η πρώτη βαθμίδα είναι ένας αφαιρέτης υλοποιημένος με ένα τελεστικό ενισχυτή. Στην έξοδο της βαθμίδας αυτής έχουμε το σφάλμα το οποίο οδηγείται στον ενισχυτή της δεύτερης βαθμίδας.

Ολοκληρωτικός έλεγχος

Ο αναλογικός έλεγχος όπως είδαμε και προηγουμένως έχει πολύ καλή συμπεριφορά κατά την μεταβατική κατάσταση αλλά στην μόνιμη παρουσιάζει ένα σφάλμα οίδη Αυτό το σφάλμα για το εξαλείψουμε χρησιμοποιούμε τον ολοκληρωτικό έλεγχο. Η έξοδος ενός ελεγκτή ολοκλήρωσης είναι το ολοκλήρωμα του σφάλματος εισόδου. Δηλαδή όσο το σφάλμα δεν είναι μηδέν η έξοδος του ελεγκτή συνεχώς αυξάνει. Αν και ο έλεγχος μπορεί να βελτιώσει την συμπεριφορά ενός συστήματος αυτομάτου ελέγχου στην μόνιμη κατάσταση, κατά την μεταβατική μπορεί να ρίξει το σύστημα σε αστάθεια. Γι' αυτό το λόγο ο ολοκληρωτικός έλεγχος χρησιμοποιείται σχεδόν πάντα με τον

αναλογικό έλεγχο, έτσι ώστε να έχουμε την ταχεία και χωρίς ταλάντωση μεταβατική κατάσταση του Ρ-ελέγχου και το μηδενικό σφάλμα offset που παρέχει ο Ι-έλεγχος κατά την μόνιμη κατάσταση.

Έλεγχος παραγώγου

Για να μπορέσουμε να αποσβέσουμε τις ταλαντώσεις που δημιουργεί ο ολοκληρωτικός έλεγχος χρησιμοποιούμε τον έλεγχο παραγώγου. Αυτός ο αλγόριθμος αντιδρά στην μεταβολή του σφάλματος και γι' αυτό δεν χρησιμοποιείται ποτέ μόνος του αλλά πάντα με άλλους αλγόριθμους ελέγχου.

Τα παραπάνω συστήματα αυτομάτου ελέγχου υλοποιούνται στο περιβάλλον του υπολογιστή

Με το πρόγραμμα Labview. Εδώ θα πρέπει να αναφερθεί σχετικά με το περιβάλλον του υπολογιστή ότι και όσον αφορά την κάρτα του υπολογιστή η οποία κουβαλάει τους μετατροπείς και αυτή ρυθμίζεται στο περιβάλλον του υπολογιστή.

Εισαγωγή LAB-VIEW

Το LAB-VIEW είναι ένα πρόγραμμα ανάπτυξης εφαρμογών περίπου όπως τα συστήματα ανάπτυξης της C ή της Basic. Ωστόσο, το LAB-VIEW έχει μία σημαντική διαφορά από αυτές τις εφαρμογές. Ενώ τα άλλα συστήματα προγραμματισμού χρησιμοποιούν γλώσσες που βασίζονται σε κείμενο για να δημιουργήσουν κώδικα, το LAB-VIEW χρησιμοποιεί μια γραφική γλώσσα προγραμματισμού, την <G>, για να δημιουργήσει προγράμματα που μοιάζουν με διαγράμματα ροής και λέγονται block διαγράμματα, εξαλείφοντας πολλές λεπτομέρειες σύνταξης.

Το LAB-VIEW (L.V) αποτελεί δημιούργημα της εταιρείας National Instruments. Σχετίζεται με εφαρμογές και σχεδιαγράμματα σε βιομηχανικό επίπεδο. Αποτελεί ένα ιδιαίτερα εύχρηστο και σύγχρονο τρόπο απεικόνισης και σχεδιασμού κάποιας εφαρμογής. Μέσω του προγράμματος δίδεται η δυνατότητα επέμβασης, τροποποίησης του πειράματος καθώς και αποθήκευσης τιμών καταγραφής. Η εξομοίωση που πραγματοποιείται, γίνεται σε πραγματικό χρόνο (Real time) ενώ υπάρχει η δυνατότητα παρακολούθησης του πειράματος ενεργοποιώντας κατάλληλες εντολές. Οι απαιτήσεις του προγράμματος είναι οι ελάχιστες που απαιτούνται και ικανοποιούνται από κάθε σύγχρονο Η/Υ που διαθέτει Windows 3.0 ή Ν.Τ'95 που καλύπτουν τις απαιτήσεις του προγράμματος.

Λειτουργία LAB-VIEW

Τα προγράμματα του L.V λέγονται VI's (Visual Instruments) γιατί η εμφάνιση και η λειτουργία τους παριστάνει πραγματικά όργανα. Ωστόσο, πίσω από τις εικόνες έχουμε αναλογίες με κύρια προγράμματα, συναρτήσεις και υπορουτίνες από γνωστές γλώσσες προγραμματισμού όπως C ή Basic. Το πρόγραμμα αυτό, όπως είδαμε και παραπάνω, μας δίνει την δυνατότητα δημιουργίας κάποιων πειραμάτων με σκοπό την παρατήρηση της μεταβολής ή της μέτρησης κάποιας φυσικής παραμέτρου. Τούτο συνεπάγεται την χρησιμοποίηση από τον χρήστη κάποια εργαλεία που του παρέχονται μέσα από το πρόγραμμα δημιουργώντας έτσι ένα περιβάλλον εικονικών οργάνων.

Συγκεκριμένα στο μενού του προγράμματος περιέχονται μετρητές, μετρητές κέρδους θερμομέτρα, δεξαμενές, ενδεικτικές λυχνίες, γραφικές απεικονίσεις καθώς και πολλά άλλα. Όλα τα παραπάνω ενεργοποιούνται από την επιλογή Control Palette.

Μετά την τοποθέτηση τους ο χρήστης μπορεί να εκτυπώσει, αποθηκεύσει ακόμα και να μεταβάλλει την διάταξη των οργάνων του.

Χρησιμοποιώντας το Front Panel, ο χρήστης μπορεί να ελέγχει το σύστημα του καθώς το περιβάλλον των εικονικών του οργάνων εξελίσσεται ενεργοποιώντας

με το πάτημα του «ποντικιού» έναν διακόπτη ή κάνοντας zoom στην γραφική απεικόνιση του πειράματος. Στην ουσία το Front Panel, είναι το Interactive User Interface ενός VI και ονομάζεται έτσι γιατί προσομοιάζει την εικόνα ενός φυσικού οργάνου.

Παράλληλα επειδή η εξέλιξη του πειράματος γίνεται σε πραγματικό χρόνο , ο χρήστης μπορεί να εκτυπώσει όποια πληροφορία θέλει ακόμα να στείλει δεδομένα σε ένα φάκελο ή σε μία άλλη εφαρμογή.

Προκειμένου να προγραμματιστεί το περιβάλλον των εικονικών οργάνων, θα πρέπει να δημιουργηθεί ένα block διάγραμμα αδιαφορώντας για τις λεπτομέρειες του συμβατικού πειράματος. Η πιο πάνω εντολή πραγματοποιείται ενεργοποιώντας την εντολή Functions Palette.

Τα block διαγράμματα αποτελούν τον κώδικα του VI που γίνεται γραφική γλώσσα προγραμματισμού G του LAB-VIEW. Τα στοιχεία ενός block διαγράμματος τα εικονίδια, αντιπροσωπεύουν χαμηλότερου επιπέδου VI συναρτήσεις και δομές ελέγχου προγράμματος.

Controls και Indicators

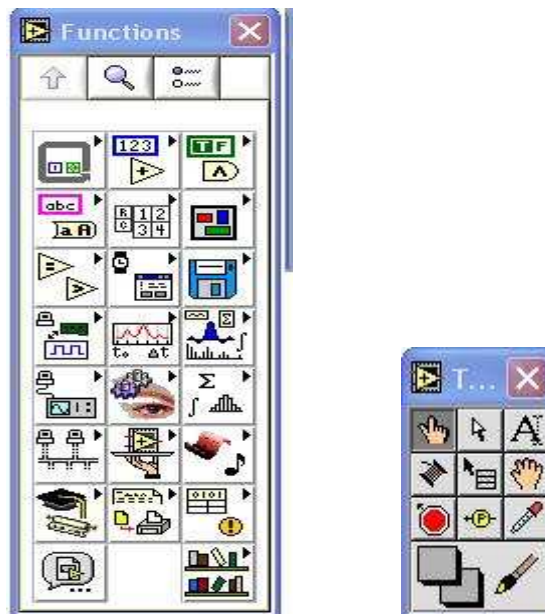
Το Front pannel είναι κυρίως ένας συνδυασμός από Controls και Indicators.

Τα Controls αντιπροσωπεύουν τυπικές συσκευές εισόδου που μπορούμε να βρούμε σε ένα συμβατικό όργανο, όπως διακόπτες και κουμπιά.

Τα Indicators αντιπροσωπεύουν απεικονίσεις εξόδου που δείχνουν τα δεδομένα που αποκτά ή παράγει το πρόγραμμα. Ένας απλός τρόπος για να ξεχωρίζουμε τα Controls και Indicators είναι ο εξής:

Controls = είσοδοι

Indicators = έξοδοι



Τοποθετούμε Controls και Indicators στο Front pannel επιλέγοντας τα από το Menu Menu Controls στην κορυφή του παραθύρου του Front panel. Όταν ένα αντικείμενο βρίσκεται στο Front panel, μπορούμε εύκολα να προσαρμόσουμε το μέγεθος, το σχήμα και την θέση του.

Όταν τοποθετήσουμε ένα Controls ή ένα Indicators στο Front pannel, το I.-V δημιουργεί ταυτόχρονα ένα αντίστοιχο στοιχείο (terminal) στο block διάγραμμα. Μπορούμε να σβήσουμε ένα terminal στο block διάγραμμα που ανήκει σε ένα Control ή Indicator στο Front pannel

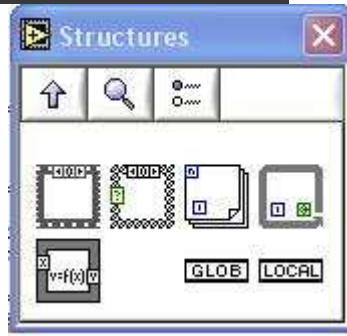
Συνδέσεις (Wires)

Οι συνδέσεις είναι οι οδοί δεδομένων ανάμεσα στα Terminals πηγής και προορισμού. Δεν μπορούμε να συνδέσουμε ένα Control Terminal (πηγή) με ένα άλλο Control Terminal (κηγή) ή ένα Indicator Terminal (προορισμού) με ένα άλλο iü (προορισμό), αλλά μπορούμε να συνδέσουμε ένα Control με πολλά Indicators.

Κάθε σύνδεση έχει διαφορετικό στυλ ή χρώμα , ανάλογα με τον τύπο δεδομένων που ρέει μέσω σύνδεσης.

Το πορτοκαλί χρώμα στην σύνδεση είναι ένα Number, το πράσινο είναι Boolean και το μωβ είναι string.

Δομές(Structures)



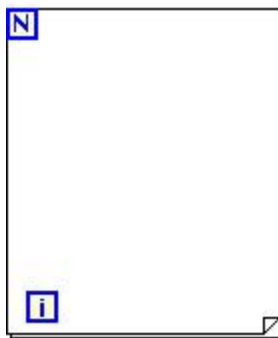
Οι δομές (Structures) είναι ένας σημαντικός τύπος εκτέλεσης ροής σε ένα VI κάνουν οι δομές ελέγχου σε μία κοινή γλώσσα προγραμματισμού.

Υπάρχουν τέσσερις δομές στο L-V, το While-loop, το For-loop η δομή Case και τέλος η δομή Sequence.

Loop

Χρησιμοποιούμε το For-loop και το While-loop για να ελέγχουμε επαναλαμβανόμενες λειτουργίες σε ένα VI.. Ένα For-loop εκτελεί ένα συγκεκριμένο αριθμό επαναλήψεων , ενώ το While-loop εκτελεί μέχρις ότου μια συγκεκριμένη συνθήκη να μην είναι πλέον αληθής.

For-Loop



Ένα For-Loop εκτελεί τον κώδικα που βρίσκεται μέσα στα όρια του , το οποίο ονομάζεται υποδιάγραμμα, για έναν ορισμένο αριθμό επαναλήψεων, όπου ο αριθμός αυτός ισούται με την τιμή που περιέχεται στο Count Terminal.

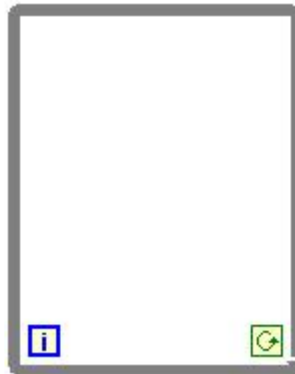
Μπορούμε να ορίσουμε την τιμή αυτή συνδέοντας την έξω από το Loop με το Count Terminal.

Το Iteration Terminal περιέχει τον παρόντα αριθμό των επαναλήψεων που έχουν γίνει 0 κατά την διάρκεια της πρώτης επανάληψης, 1 κατά την διάρκεια του πρώτου sec κτλ μέχρι N-1.

Το For-Loop ισοδυναμεί με τον ακόλουθο ψευδοκώδικα:

For l=0 t

While-Loop



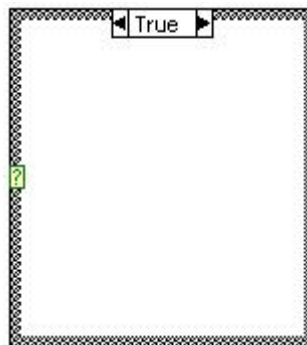
Το While-Loop εκτελεί το υποδιάγραμμα μέσα στα όρια του μέχρις ότου η τιμή που είναι συνδεδεμένη στο Conditional Terminal να είναι False. Το L-V ελέγχει την τιμή του Conditional Terminal στο τέλος κάθε επανάληψης. Αν η είναι True ακολουθεί και άλλη επανάληψη. Η Default τιμή του Conditional Terminal είναι False, έτσι ώστε αν το αφήσουμε ελεύθερο, το Loop εκτελεί μία μόνο φορά. Το Iteration Terminal του While-Loop είναι όμοιο με του For-Loop. Το While-Loop αντιστοιχεί στον ακόλουθο ψευδοκώδικα.

Do

Εκτέλεση του υποδιαγράμματος

While condition is True

Δομή Case

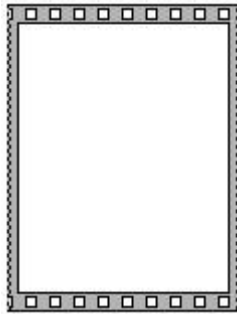


Μία δομή Case στο L-V είναι μία μέθοδος εκτέλεσης μίας συνθήκης, όπως ένα «if-else». Μπορούμε να την βρούμε στην παλέτα Structs and Constants του Function Menu.

Η δομή Case έχει δύο ή περισσότερα υποδιαγράμματα ή Case τα οποία εκτελεί ανάλογα με την τιμή Boolean ή του Numeric που συνδέεται στο Selector Terminal. Αν έχουμε συνδέσει μία Boolean τιμή η δομή έχει Case True & False. Αν είναι συνδεδεμένο ένα Numeric η δομή έχει 0-215 Case.

Αρχικά υπάρχουν μόνο οι συνθήκες 0 και 1, αλλά μπορούμε να προσθέσουμε και άλλες. Όταν την τοποθετήσουμε αρχικά, η δομή Case εμφανίζεται με την Boolean τιμή της, αποκτά Numeric τιμές μόλις συνδέσουμε Numeric Data στο Selector Terminal.

Δομή Sequence



Μία δομή Sequence εκτελεί το Πλαίσιο 0,1,2 κτλ. μέχρι να εκτελεστεί και το τελευταίο πλαίσιο. Μόνο όταν εκτελεστεί και το τελευταίο πλαίσιο φεύγουν τα δεδομένα από την δομή.

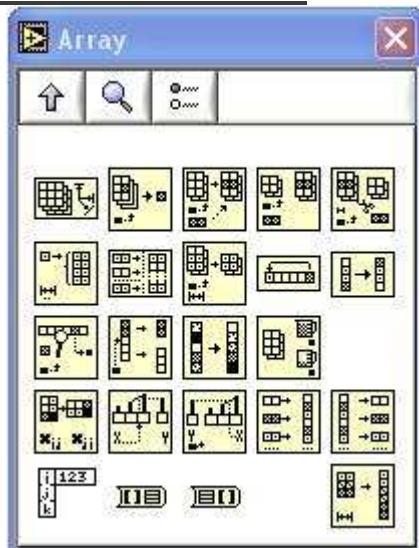
Πίνακες και Clusters



Ένας πίνακας είναι μία συλλογή από στοιχεία που όλα τα στοιχεία του είναι του ίδιου τύπου. Ένας πίνακας μπορεί να έχει μία ή και περισσότερες διαστάσεις και μέχρι δύο στοιχεία ανά διάσταση. Έχουμε πρόσβαση στο κάθε στοιχείο του πίνακα με index.

Το index είναι μεταξύ 0 και N-1, όπου N είναι ο αριθμός των στοιχείων στον πίνακα.

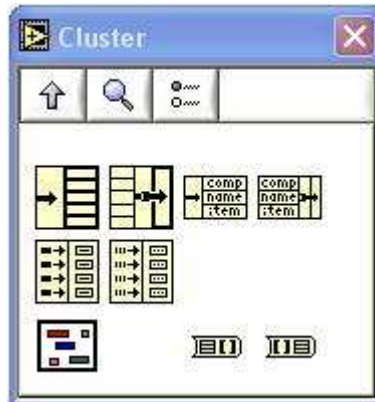
Δημιουργία Array Controls & Indicators



Χρειάζονται δύο βήματα για να κάνουμε πιο πολύπλοκους τύπους δεδομένων όπως είναι οι πίνακες και τα Clusters. Δημιουργούμε το Array Control ή Indicator φτιάχνοντας ένα Array Shell με ένα αντικείμενο δεδομένων που μπορεί να είναι Numeric, Boolean ή String. Το αντικείμενο δεδομένων δεν μπορεί να είναι άλλος πίνακας ή γράφημα. Θα βρούμε το Array Shell στο Array & Graph στο Controls Menu. Για να δημιουργήσουμε έναν πίνακα τραβάμε ένα αντικείμενο δεδομένων στο παράθυρο ένδειξης του στοιχείου ή τοποθετούμε το αντικείμενο απευθείας στο παράθυρο

χρησιμοποιώντας το pop-up menu. Το παράθυρο του στοιχείου αλλάζει μέγεθος για να συμπεριλάβει το νέο τύπο του.

Τι είναι Clusters



Ένα Cluster όπως άλλωστε και ένας πίνακας είναι μία δομή δεδομένων που συγκεντρώνει δεδομένα. Ωστόσο μπορεί να συγκεντρώσει δεδομένα διαφορετικών τύπων. Ένα Cluster μπορεί να θεωρηθεί ως άθροισμα καλωδίων όπου κάθε καλώδιο αντυπροσωπεύει ένα διαφορετικό στοιχείο του Cluster. Μπορούμε να συνδέσουμε τα Terminals των Clusters μόνο αν έχουν τον ίδιο τύπο, δηλ. και τα δύο Cluster πρέπει να έχουν τον ίδιο αριθμό στοιχείων και να συνδυάζουν τα αντίστοιχα στοιχεία.

Δημιουργία Clusters Controls & Indicators

Ένα Cluster δημιουργείται τοποθετώντας το από το Front Panel. Μπορούμε να τοποθετήσουμε και άλλα αντικείμενα μετά μέσα στο Cluster. Τα αντικείμενα μέσα σε ένα Cluster πρέπει να είναι όλα Controls ή Indicators. Δεν μπορούμε να συνδυάσουμε και Controls και Indicators μέσα στο ίδιο Cluster. Το Cluster αποκτά τον τύπο του πρώτου αντικειμένου που τοποθετούμε μέσα σε αυτό.

Διαγράμματα και γραφήματα

Το L-V έχει ένα είδος διαγράμματος κυματομορφών με τρεις διαφορετικούς τρόπους ένδειξης των δεδομένων. Τα διαγράμματα κυματομορφής βρίσκεται στην παλέτα Array & Graph στο Controls Menu, είναι ένα ειδικός αριθμητικός δείκτης που μπορεί να δείξει ένα ή περισσότερα γραφήματα.

Οι κυματομορφές που μπορούμε να πάρουμε από το L-V ποικίλουν και μπορούν να προκύψουν είτε με απευθείας σύνδεση της εξόδου ενός διαγράμματος, είτε με τα να πάρουμε από ένα διάγραμμα περισσότερες από μία κυματομορφές.

Για να καθαρίσουμε το διάγραμμα, ενώ είμαστε σε κατάσταση edit, επιλέγουμε το Clear Chart από το Data Operation του pop-up menu του διαγράμματος.

Stacked και Overlaid κυματομορφές

Εάν έχουμε μία πολλαπλή κυματομορφή, μπορούμε να επιλέξουμε αν θα εμφανίζονται όλες στο ίδιο σύστημα αξόνων, που καλούνται Overlaid κυματομορφές ή σε διαφορετικά συστήματα αξόνων που καλούνται Stacked κυματομορφές. Μπορούμε να επιλέξουμε Stacked Plots ή Overlaid Plots από το pop-up menu.

Γραφήματα

Αντίθετα από τα διαγράμματα στα οποία οι κυματομορφές σχεδιάζονται εκείνη την στιγμή, στα γραφήματα η κυματομορφή εμφανίζεται έτοιμη. Το L-V παρέχει δύο τύπους γραφημάτων , τα waveform graphs και τα XY graphs. Και οι δύο τύποι φαίνονται ίδιοι στο Front Panel του V-I, αλλά έχουν διαφορετική λειτουργία.

Το Waveform Graph είναι ιδανικό για την παρουσίαση στοιχείων πίνακα στα οποία τα σημεία είναι κατανοητά ομοιόμορφα. Αντίθετα το XY graph είναι γενικότερο , είναι ένα καρτεσιανό γράφημα ιδανικό για την παρουσίαση λειτουργιών με πολλές τιμές όπως κυκλικά σχήματα ή κυματομορφές με διαφορετικές βάσεις.

Οι δύο τύποι γραφημάτων έχουν διαφορετικούς τύπους εισόδου, για αυτό και θα πρέπει να είμαστε προσεκτικοί

Strings & Files I/O



Ένα string είναι απλά μια συλλογή ASCII χαρακτήρων. Συχνά μπορούμε να χρησιμοποιούμε Strings για περισσότερα από ένα απλά μηνύματα. Για παράδειγμα στον έλεγχο οργάνων περνάμε αριθμητικά δεδομένα σαν String χαρακτήρες. Μετά αλλάζουμε αυτά τα String σε αριθμούς προκειμένου να πάρουμε τα δεδομένα. Η αποθήκευση αριθμητικών δεδομένων στο δίσκο απαιτεί επίσης Strings στο αρχείο LO Vis, το L-V πρώτα αλλάζει τις αριθμητικές τιμές σε Strings δεδομένα πριν τις αποθηκεύσει σε ένα αρχείο.

Αρχεία I/O

Οι λειτουργίες αρχείων εισόδου/εξόδου αποθηκεύουν και παίρνουν πληροφορίες από ένα αρχείο του δίσκου. Το L-V παρέχει απλές λειτουργίες που αφορούν το αρχείο I/O. Οι λειτουργίες αυτές βρίσκονται στην παλέτα File & Error στο menu Functions.

Η λειτουργία File περιμένει μία είσοδο αρχείου. Εάν δεν έχουμε συνδέσει ένα δρόμο αρχείου, η λειτουργία θα εμφανίσει ένα κουτί διαλόγου που θα μας ζητά να επιλέξουμε ή να δώσουμε ένα όνομα αρχείου. Όταν καλείται η λειτουργία File ανοίγει ή δημιουργεί ένα αρχείο , διαβάζει ή γράφει δεδομένα και μετά κλείνει το αρχείο. Τα δημιουργούμενα αρχεία είναι απλά συνηθισμένα αρχεία κειμένων. Όταν έχουμε γράψει δεδομένα σε ένα αρχείο μπορούμε να ανοίξουμε το αρχείο χρησιμοποιώντας το πρόγραμμα διαδικασίας λέξεων για να δούμε τα δεδομένα μας.

Μια πολύ συνηθισμένη λειτουργία για την αποθήκευση δεδομένων σε ένα αρχείο είναι να φτιάξουμε ένα αρχείο κειμένου έτσι ώστε να μπορούμε να το ανοίξουμε σε ένα πρόγραμμα σε μορφή κειμένου. Στα περισσότερα κείμενα τα Tabs χωρίζουν τις στήλες και το EOL (End of Line) χωρίζουν τις γραμμές. Το Write to Spreadsheer File και Read From Spreadsheet File έχουν να κάνουν με αρχεία κειμένου.

software :Έλεγχος στάθμης υγρού(Δημιουργία προγράμματος)

Πριν από κάθε σχεδιασμό και υλοποίηση οποιασδήποτε εφαρμογής θα πρέπει πρώτα από όλα να καθοριστούν οι προδιαγραφές αυτής. Στην παρουσία εργασία όπως και στην πλειοψηφία των εφαρμογών που έχουν απαιτήσεις και από hardware και software θα πρέπει να προσδιορίσουμε τις απαιτήσεις για τα δυο αυτά σκέλη. Η εφαρμογή που πρέπει να σχεδιαστεί, θα υλοποιεί μια εργαστηριακή άσκηση για το μάθημα των ΣΑΕ του τμήματος, πιο συγκεκριμένα η άσκηση αυτή έχει τίτλο "Έλεγχος στάθμης υγρού". Η άσκηση αυτή έχει σκοπό την διεξαγωγή πειραμάτων των σπουδαστών ώστε να εξοικειωθούν με τα σύστημα αυτόματου ελέγχου. Η εργαστηριακή άσκηση έχει τρία σκέλη.

Βαθμονόμηση Μετατροπέα

Ανοικτό σύστημα ελέγχου

Κλειστό σύστημα ελέγχου

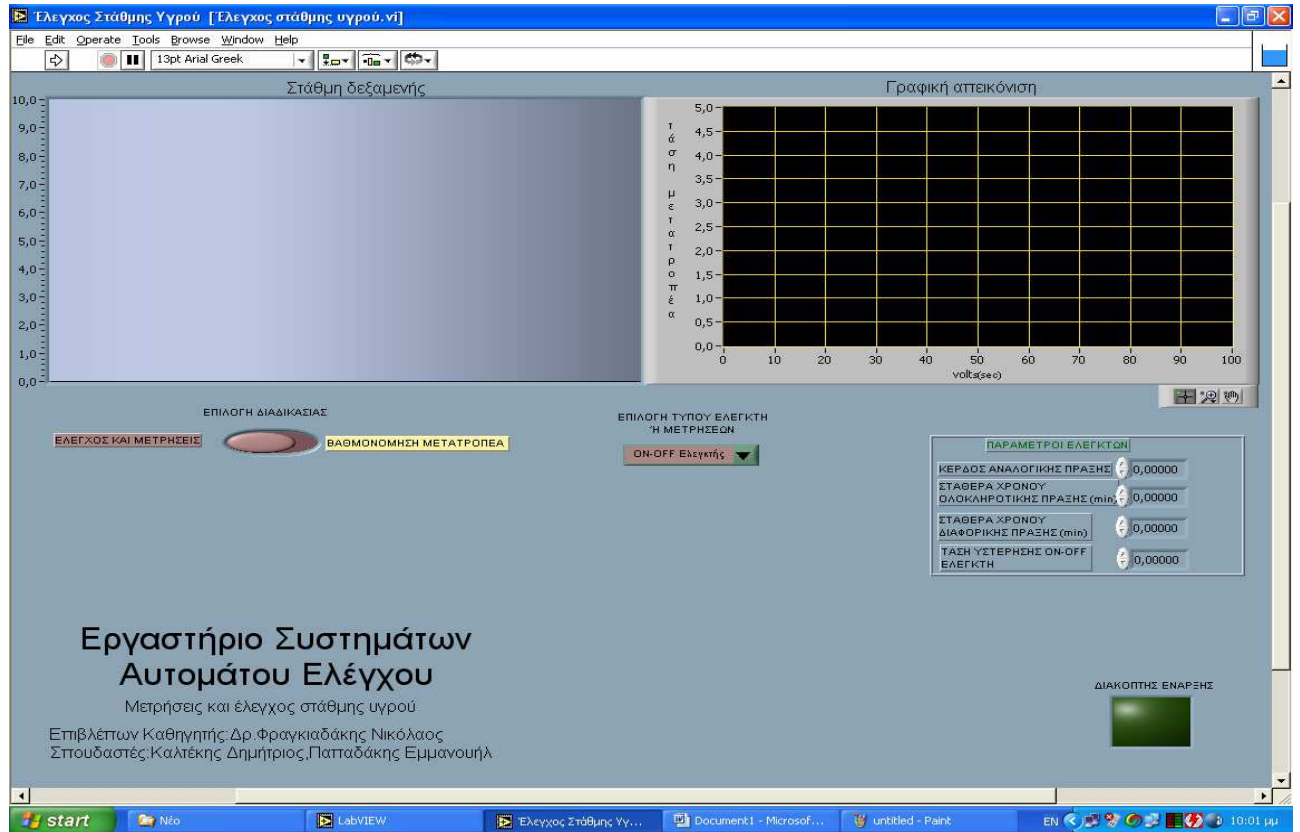
Στα δυο πρώτα μέρη από το πρόγραμμα απαιτείται μόνο η λήψη μετρήσεων και η καταγραφή τους στην οθόνη του υπολογιστή και σε ένα αρχείο για περαιτέρω επεξεργασία. Ενώ στο τρίτο μέρος εκτός από τα παραπάνω θα πρέπει να υλοποιηθούν οι πιο κοινοί αλγόριθμοι ελέγχου (on-off,P,PI,PID) ώστε να ρυθμίζουμε την στάθμη της δεξαμενής σε ένα επιθυμητό επίπεδο και να έχουν οι σπουδαστές την ευκαιρία στην πράξη να δουν πως συμπεριφέρεται ένα κλειστό σύστημα όταν μεταβάλλονται οι παράμετροι του.

Στην εργαστηριακή άσκηση υπάρχουν δυο σήματα προς μέτρηση και ένα σήμα εξόδου το οποίο θα οδηγεί τον ενισχυτή ισχύος της διάταξης. Τα σήματα εισόδου είναι μια τάση η οποία αναπαριστά την επιθυμητή στάθμη του υγρού, από εδώ και στο εξής θα αναφέρεται ως setpoint, η τάση αυτή είναι συνεχής και μπορεί να ρυθμιστεί μέσω ενός ποτενσιόμετρου από 0 έως +10 volt, η δεύτερη τάση προς μέτρηση είναι η έξοδος του αισθητήριου η οποία μεταβάλλεται αρκετά αργά και μπορεί να πάρει τιμές από 0 έως +5 volt. Η τάση εισόδου του ενισχυτή ισχύος που οδηγεί την αντλία πρέπει να είναι συνεχής από 0 έως +10 volt ενώ το ρεύμα δεν ξεπερνά το 1mA πράγμα που σημαίνει ότι η έξοδος του DAQ μπορεί να συνδεθεί στον ενισχυτή απ' ευθείας. Το πρόγραμμα θα πρέπει πληροί τις εξής προϋποθέσεις: Πρώτον, να είναι αρκετά απλό στην εμφάνιση και εύκολο στην χρήση (User friendly). Στο πρόγραμμα να εμφανίζονται σε πραγματικό χρόνο το setpoint και η πραγματική στάθμη του υγρού σε διάγραμμα τάσης χρόνου και η στάθμη του υγρού σε μια εικονική δείξαμενή. Ο χρήστης να μπορεί να επιλέγει πείρα από μενού το είδος της εργασίας που θέλει να πραγματοποιήσει και να μπορεί να μεταβάλλει τις παραμέτρους των αλγόριθμων ελέγχου. Τέλος, να αποθηκεύονται οι μετρήσεις σε αρχεία.

Πρόγραμμα(Έλεγχος στάθμης υγρού)

Αποτελείται απο δύο τμήματα:1.*Front Panel*(οπού αποτελεί το interface του χρήστη)
2.*Block Diagram*(οπού αποτελεί το λειτουργικό μέρος του προγράμματος)

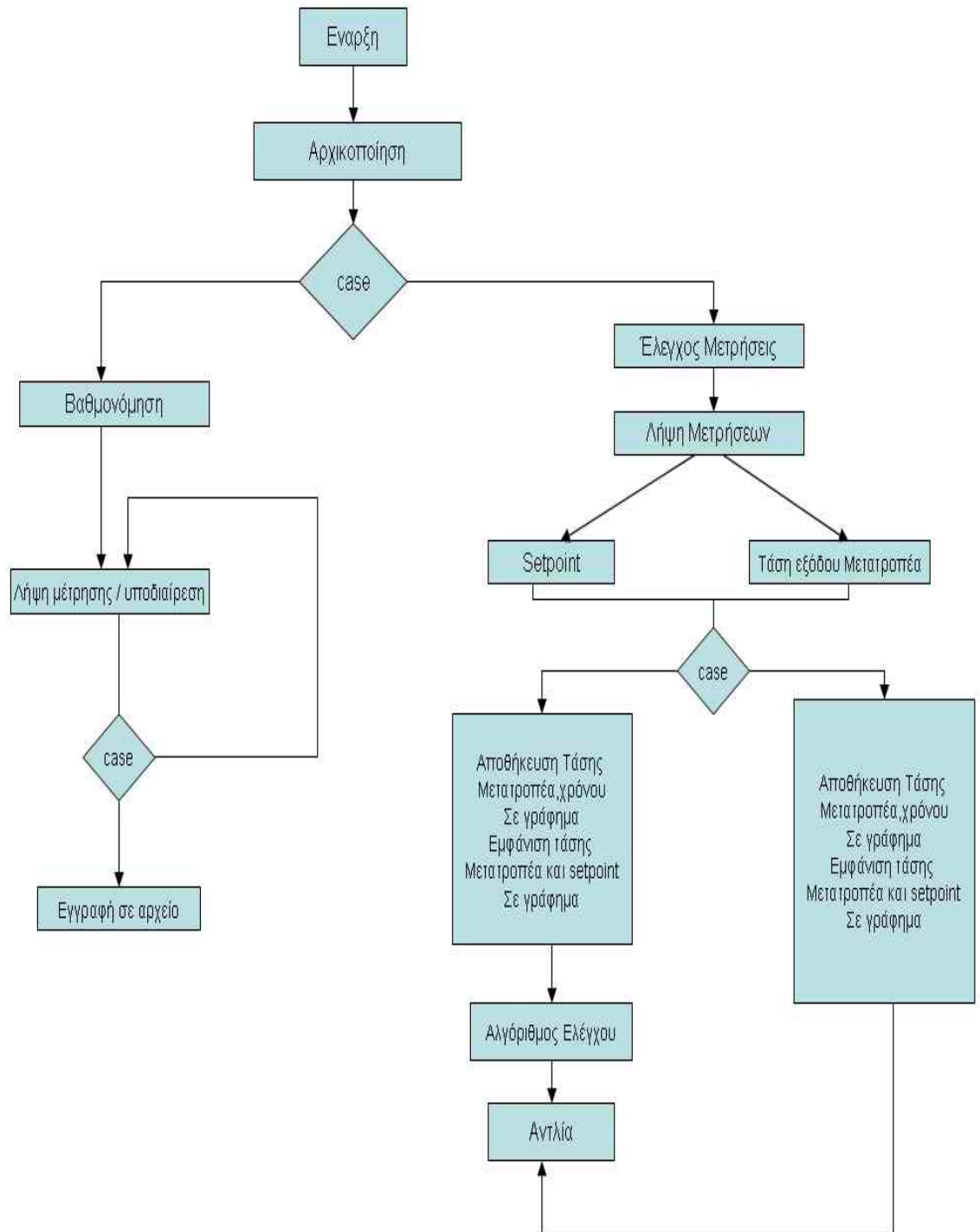
Front Panel



Στην εικόνα βλέπουμε το Front panel της εφαρμογής. Διακρίνουμε καθαρά το κουμπί έναρξης της εφαρμογής. Ένα διάγραμμα XY με την τάση του αισθητήριου συναρτήσει του χρόνου. Δεξιά του διαγράμματος υπάρχει μια εικονική δεξαμενή η οποία δείχνει την στάθμη της δεξαμενής και ακριβώς από κάτω υπάρχει το μενού στο οποίο καθορίζουμε τις παραμέτρους των αλγορίθμων ελέγχου. Ακριβώς δίπλα υπάρχει μια αναδιπλούμενη λίστα από την οποία επιλέγουμε το είδος του ελεγκτή που θέλουμε να χρησιμοποιήσουμε ή αν θα διεξάγουμε μόνο μετρήσεις. Τέλος υπάρχει και ένας διακόπτης από τον οποίο επιλέγουμε την διαδικασία που θα εκτελέσουμε (Βαθμονόμηση μετατροπέα ή έλεγχο και μετρήσεις).

Block Diagram

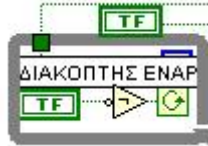
Πρίν αναφερθεί η γενική λειτουργία αυτού του διαγράμματος θα πρέπει να αναφερθεί ο σκελετός όλου του προγράμματος πάνω στον οποίο στηρίχτηκε ο σχεδιασμός του όλου προγράμματος, η μορφή αυτού είναι αυτή του αρθρωτού προγραμματισμού και το σχηματικό αυτού αναφέρεται παρακάτω:



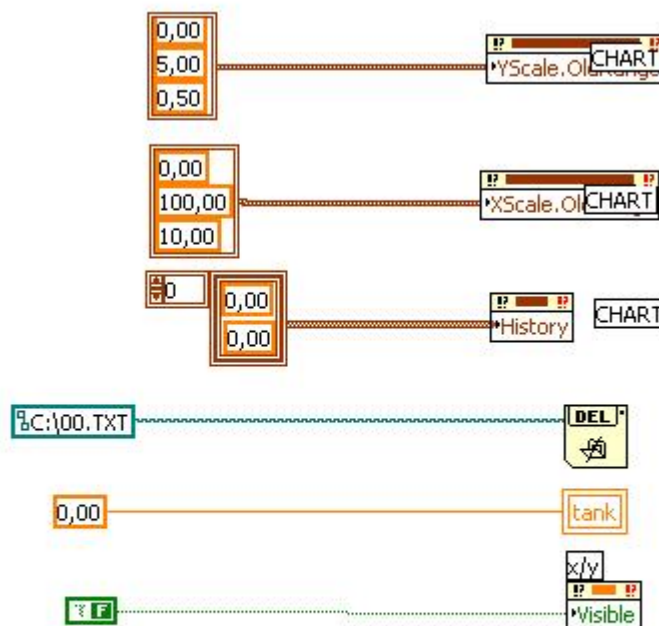
Αρθρωτός προγραμματισμός: Έλεγχος στάθμης υγρού

Εδώ θα αναφερθούν όλα τα τμήματα του παραπάνω πίνακα ενώ επιπλέον θα αναλυθεί και ο τρόπος που τον αναπαριστά μέσα στο διάγραμμα.

Στο πρώτο τμήμα το οποίο έχει να κάνει με την έναρξη του προγράμματος υλοποιείται με το πάτημα του διακόπτη. Εδώ ξεκινάει το πρόγραμμα.

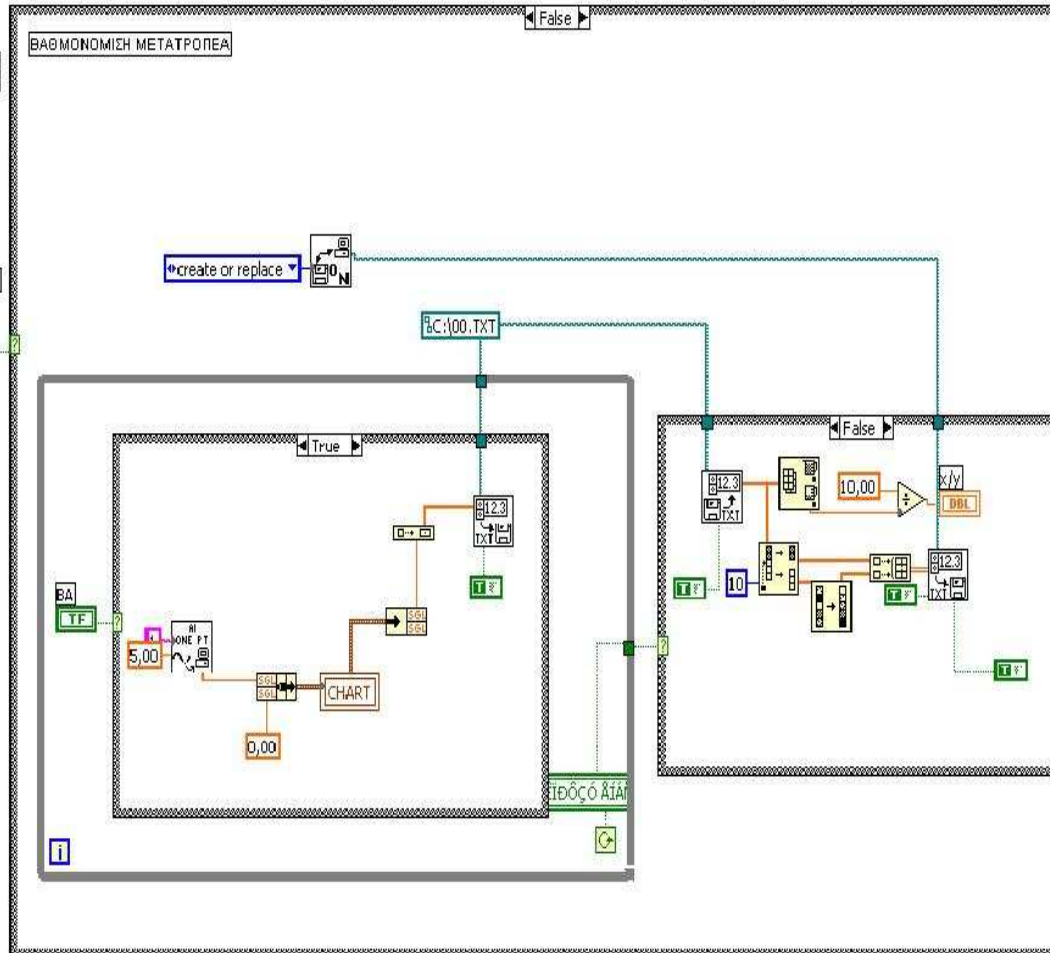


Στο δεύτερο τμήμα όπου είναι η αρχικοποίηση του προγράμματος και αποτελεί το παρακάτω τμήμα κώδικα:



Εδώ συμβαίνουν τα εξής: Τα τρία πρώτα μέρη όπως φαίνεται καθαρίζουν το γράφημα από προηγούμενες μετρήσεις για να μπορέσουμε να εμφανίσουμε αυτές τις εντολές όταν τοποθετήσουμε το γράφημα στο front panel κάνουμε δεξί κλικ σε αυτό και στην συνέχεια από την επιλογή Create κάνουμε κλικ στη εντολή Attribute Node. Η επιλογή αυτή υπάρχει σε όλα αντικείμενα του Front panel και καθορίζει ένα πλήθος γραφικών χαρακτηριστικών των αντικειμένων. Η επόμενη εντολή διαγράφει το αρχείο 00.txt, ο σκοπός του οποίου θα εξηγηθεί όταν αναλυθεί ο κώδικας για την βαθμονόμηση του μετατροπέα. Τέλος, θέτουμε την στάθμη της δεξαμενής στο μηδέν.

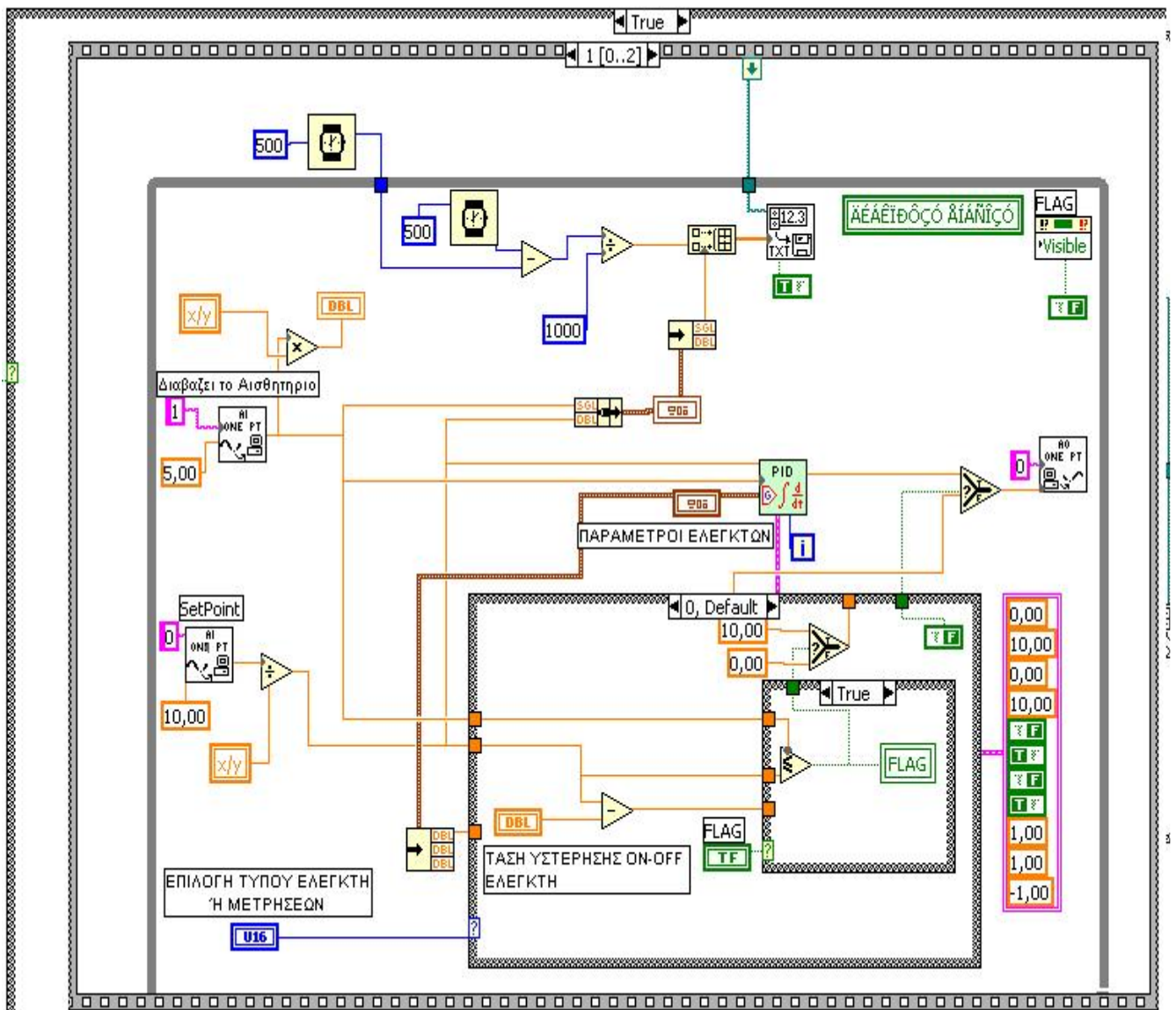
Στο τρίτο κομμάτι του προγράμματος όπου έχει να κάνει με την βαθμονόμηση του μετατροπέα και την διαδικασία που ακολουθείται αποτελεί το παρακάτω τμήμα στο πρόγραμμα:



Το σενάριο της άσκησης (Βλέπε παράρτημα) προβλέπει ότι πριν ξεκινήσει η οποιαδήποτε διαδικασία ελέγχου θα πρέπει πρώτα να γίνει η βαθμονόμηση του μετατροπέα ώστε οι σπουδαστές να δουν την συμπεριφορά αυτού, να δουν αν υπάρχουν μη γραμμικές περιοχές, αν ο μετατροπέας έχει κάποια υστέρηση και φυσικά να αντιστοιχήσουν σε κάθε υποδιαίρεση της δεξαμενής την τάση εξόδου του μετατροπέα. Για να γίνει αυτό θα πρέπει καθώς γεμίζει η δεξαμενή να παίρνουμε μια μέτρηση όταν η στάθμη του υγρού φτάνει σε μια υποδιαίρεση αυτής. Όταν ολοκληρωθεί η διαδικασία γεμίσματος επαναλαμβάνουμε τα ίδια βήματα κατά το άδειασμα της δεξαμενής. όπως φαίνεται και από το παραπάνω διάγραμμα ο κώδικας αυτού του τμήματος χωρίζεται σε δυο τμήματα. Το πρώτο διαβάζει την τάση εξόδου του μετατροπέα και το δεύτερο μετά το τέλος της διαδικασίας λήψης μετρήσεων γράφει τις μετρήσεις σε ένα αρχείο. Πιο συγκεκριμένα , στην αρχή της διαδικασίας εμφανίζεται ένα πλαίσιο διαλόγου όπου ο χρήστης γράφει το όνομα του αρχείου στο οποίο θα αποθηκευτούν οι μετρήσεις. Έπειτα, η δεξαμενή αρχίζει να γεμίζει όταν η στάθμη φτάνει σε κάθε υποδιαίρεση ο χρήστης πατά το πλήκτρο F12 αυτό ουσιαστικά ανοιγοκλείνει τον διακόπτη 'Λήψη Μετρήσεων', δηλαδή έχουμε δημιουργήσει μια συντόμευση. Όταν πατηθεί, ο διακόπτης αυτός το πρόγραμμα διαβάζει την τιμή εξόδου του

μετατροπέα την εμφανίζει στο γράφημα και την αποθηκεύει προσωρινά στο αρχείο 00.txt Μετά την ολοκλήρωση της διαδικασίας όταν πατηθεί το μπουτόν 'ΕΝΑΡΞΗ' , το αρχείο 00.txt διαβάζεται, βρίσκεται η μέγιστη τάση του μετατροπέα και αφού η δεξαμενή έχει 10 υποδιαιρέσεις υπολογίζουμε ένα συντελεστή κλίμακας ο οποίος χρησιμοποιείται για την ρύθμιση αυτής. Το βοηθητικό αρχείο 00.txt όπως προαναφέραμε περιέχει τις τάσεις εξόδου του μετατροπέα κατά την φάση του γεμίσματος και κατά την φάση του αδειάσματος σε μια στήλη. Στο κεφάλαιο όπου αναφέρουμε τις προδιαγραφές του προγράμματος, μια από τις πιο σημαντικές απαιτήσεις είναι, το πρόγραμμα να είναι φιλικό προς το χρήστη. Για να είναι οι μετρήσεις πιο εύκολα επεξεργάσιμες τις χωρίζουμε σε δυο στήλες μια κατά το γέμισμα και μια κατά το άδειασμα. Το νέο αρχείο σώζεται με το όνομα που έχουμε δώσει στο πλαίσιο διαλόγου στην αρχή της διαδικασίας.

Στο τέταρτο ουσιαστικά κομμάτι γίνονται τα εξής:Ελεγχος και μετρήσεις το οποίο εικονίζεται παρακάτω:



Σε αυτό το τμήμα:

Το κύριο μέρος της άσκησης είναι οι σπουδαστές να διεξάγουν πειράματα για ανοικτό και κλειστό σύστημα ελέγχου. Στο ανοικτό σύστημα ελέγχου, το μόνο που απαιτείται από το πρόγραμμα είναι διαβάζονται μετρήσεις ανά ένα σταθερό χρονικό διάστημα και στην συνέχεια οι μετρήσεις αποθηκεύονται σε ένα αρχείο όπου περιέχει στην μια στήλη τον χρόνο και στην άλλη στήλη την τάση. Στο κλειστό σύστημα ελέγχου συμβαίνουν τα ίδια με το ανοικτό και επιπλέον οι μετρήσεις επεξεργάζονται, εφαρμόζεται ένας από τους αλγόριθμους ελέγχου και παράγεται μια τάση η οποία οδηγεί τον ενισχυτή ισχύος Από την λίστα 'Επιλογή Τύπου Ελεγκτή ή Μετρήσεων' αν επιλέξουμε μόνο μετρήσεις τότε διαβάζεται η έξοδος του μετατροπέα και το setpoint οι δυο αυτές τάσεις εμφανίζονται σε κοινό γράφημα συναρτήσεως του χρόνου- Ο χρόνος και η τάση εξόδου του μετατροπέα αποθηκεύονται σε αρχείο Για την σωστή απεικόνιση της στάθμης της δεξαμενής θα πρέπει να πολλαπλασιάσουμε την τάση του μετατροπέα με την σταθερά κλίμακας που έχει υπολογιστεί από την διαδικασία 'Βαθμονόμηση του Μετατροπέα', Αν θέλουμε να εκτελέσουμε ένα πείραμα σε κλειστό σύστημα αυτομάτου ελέγχου θα πρέπει πρώτα να επιλέξουμε το είδος του ελεγκτή, όπως έχουμε προαναφέρει και στην συνέχεια να καθορίσουμε τις τιμές των παραμέτρων του ελεγκτή, πχ την υστέρηση για ελεγκτή τύπου on-off.

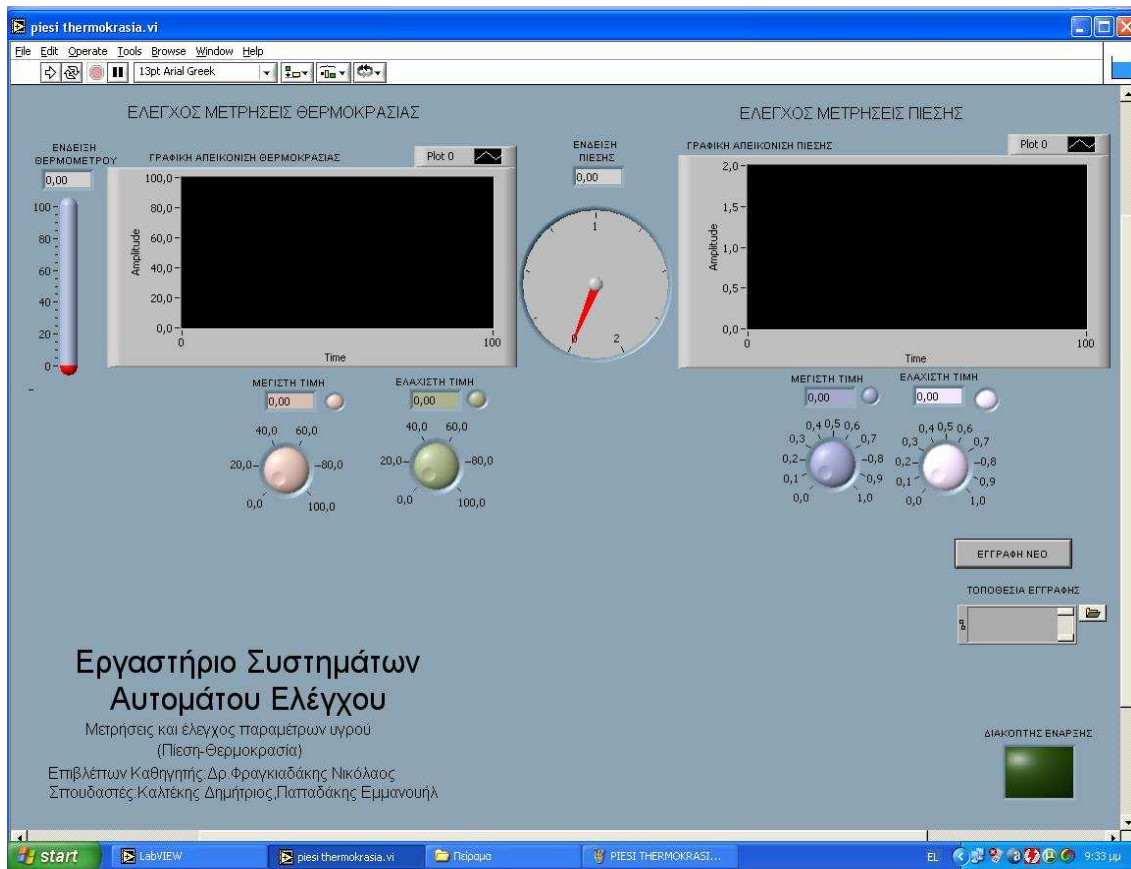
Προσοχή!: Όταν επιλέγουμε ένα τύπο ελεγκτή βάζουμε τιμές μόνο στις παραμέτρους αυτού. Για παράδειγμα αν επιλέξουμε P έλεγχο καθορίζουμε μόνο το αναλογικό κέρδος, τις υπόλοιπες παραμέτρους τις θέτουμε μηδέν.

Αφού επιλέξουμε το είδος και καθορίσουμε τις παραμέτρους του ελεγκτή τότε τρέχουμε το πρόγραμμα. Στην αρχή εμφανίζεται ένα πλαίσιο διαλόγου όπου γράφουμε το όνομα του αρχείου όπου επιθυμούμε να αποθηκευτούν οι μετρήσεις. Έπειτα, αρχίζει το κύριο πρόγραμμα, στην αρχή διαβάζονται η έξοδος του μετατροπέα και το setpoint τις τιμές αυτές μαζί με το είδος του μετατροπέα και τις παραμέτρους των ελεγκτών, τις περνάμε σε ένα subvi (υπορουτίνα) το οποίο εκτελεί ένα από τους αλγόριθμους ελέγχου το αποτέλεσμα το βγάζουμε σε μια αναλογική έξοδο η οποία οδηγεί την αντλία. Η καρδιά του προγράμματος είναι η υπορουτίνα που εκτελεί τους αλγόριθμους ελέγχου. Η ρουτίνα αυτή περιέχει το subvi PID.vi το οποίο είναι μέρος μιας επιπλέον βιβλιοθήκης 'PID' το PID.vi όπως κάποιος μπορεί να φανταστεί από το όνομα εκτελεί τους ελέγχους P - PI - PID. Επειδή η υπορουτίνα αυτή έχει στην είσοδο της κάποια φίλτρα, τα οποία έχουν ως αποτέλεσμα να μειώνεται η πραγματική τάση εισόδου, έτσι κατά τον P έλεγχο η τάση εξόδου είναι κατά πολύ μικρότερη από την αναμενόμενη και ο ελεγκτής δεν λειτουργεί σωστά. Η λύση που επιλέξαμε είναι να δημιουργήσουμε ένα δικό μας P ελεγκτή ο οποίος παρακάμπτει το PID.vi κατά τον P έλεγχο.

Παράμετρος: θερμοκρασία, πίεση

Όπως παραπάνω σαν ένα δεύτερο μέρος της άσκησης φτιάξαμε ένα πρόγραμμα με το οποίο να ελέγχεται η θερμοκρασία, στο πρόγραμμα αυτοσκοπός μας δεν ήταν να δούμε την εξομοίωση του παραπάνω πειράματος στην δεξαμενή με τα κατάλληλα αισθητήρια αλλά να δούμε και πώς αλλιώς μπορούμε να ελέξουμε ένα σύστημα με βάση τις άλλες δυνατές παραμέτρους ενός υγρού που δεν είναι άλλες από την πίεση υγρού και τη θερμοκρασία αυτού. Ο σκοπός αυτής της πτυχιακής όπως προαναφέρθηκε είναι να δημιουργήσουμε ασκήσεις πάνω στις μεταβολές των παραμέτρων του υγρού πάνω στις οποίες να γίνεται κατανοητό πώς μπορούμε να ελέξουμε αυτές έτσι ενώ στην πρώτη περίπτωση επεμβαίναμε πάνω στον αλγόριθμο ελέγχου στην περίπτωση αυτή επεμβαίνουμε πιο πρακτικά πλέον δίνοντας του προγράμματος την μέγιστη δυνατή τιμή και την ελάχιστη που μπορεί να πάρει, είτε στην πίεση είτε στην θερμοκρασία με ενδείκτες και ειδικά διακοπτάκια, έτσι και παίρνουμε τις μετρήσεις που θέλουμε και οι τιμές αυτές ελέγχονται να είναι μέσα στα προκαθορισμένα όρια. Το πείραμα αυτό δεν το εντάξαμε στο άλλο πρόγραμμα σαν ενιαίο γιατί α) δεν αποτελεί εξομοίωση, όπως στη στάθμη μιας και δεν έχουμε βάλει τα κατάλληλα αισθητήρια στην δεξαμενή αλλά δουλεύει απλώς μέσα στο πρόγραμμα εδώ δηλαδή οι τιμές του αισθητηρίου κάθε φορά που μεταρέπονται σε ταση στην κάρτα και στην συνέχεια σε ακολουθία bit πάλι στους μετατροπείς εξόδου στην κάρτα του υπολογιστή για να τα διαβάσει ο υπολογιστής όπως συμβαίνει στην στάθμη του υγρού αλλά θεωρείται ότι οι τιμές αυτές είναι τυχαίες και δίνονται αυτοματα στο πρόγραμμα εκφράζοντας κάθε φορά τις τιμές που παίρνει από το κάθε αισθητήριο πίεσης ή θερμοκρασίας, β) δεν υπήρχε ο κατάλληλος χώρος στο front panel του πρώτου προγράμματος.

Έτσι το **front panel**: Αποτελείται απο το παρακάτω σχηματικό όπου:

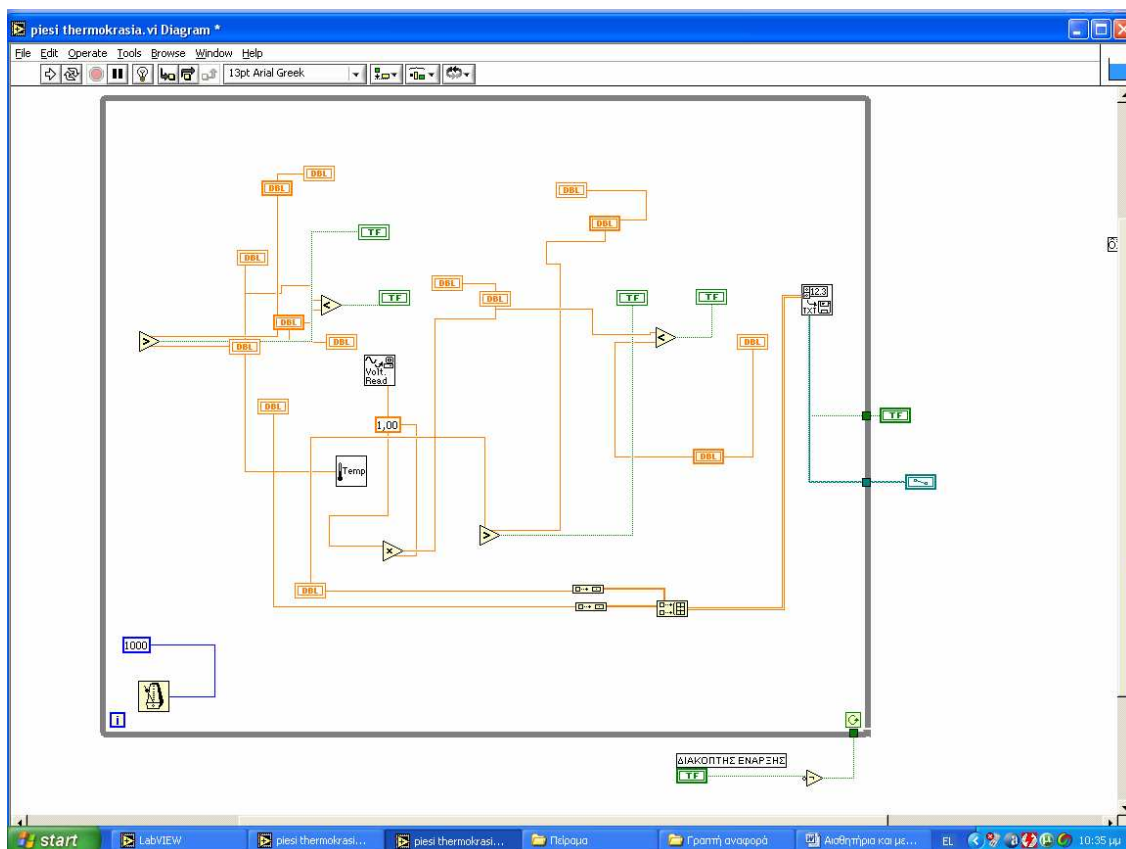


Το θερμόμετρο είναι βαθμονομημένο σε κλίμακα μέτρησης θερμοκρασίας, όπως στην δεξαμενή. Έδω υπάρχουν δυο ποτενσιόμετρα, τα οποία ρυθμίζουν την ελάχιστη και την μέγιστη θερμοκρασία. Έτσι σε περίπτωση που θεωρήσουμε ότι το υγρό είναι το νερό η ελάχιστη δυνατή θερμοκρασία δεν μπορεί να είναι χαμηλότερη από 0°C και η υψηλότερη όχι μεγαλύτερη από 100°C για λόγους ευνόητους ή μεγαλύτερη των 100°C. Τα δυο ενδεικτικά led προειδοποιούν για τυχόν πτώση της θερμοκρασίας κάτω από το ελάχιστη θερμοκρασία ή αντίστοιχα για αύξηση πάνω από το μέγιστη θερμοκρασία. Επίσης μπορούμε να μεταβάλλουμε κατά τέτοιο τρόπο τα δυο ποτενσιόμετρα ώστε αυτά να μην μεταβάλλονται από 0°C έως 100°C αλλά από κάποιους βαθμούς θερμοκρασίας που θα καθορίσει ο παρατηρητής ανάλογα με το είδος του υγρού που θέλει να μετρήσει.

Η μέτρηση της πίεσης του υπό εξέταση υγρού γίνεται με τρόπο παρόμοιο . Χρησιμοποιούμε έναν μετρητή πίεσης βαθμονομημένος σε μονάδες μέτρησης πίεσης δηλ. Bar και ποτενσιόμετρα για την ρύθμιση της ελάχιστης και της ανώτερης πίεσης και τα αντίστοιχα led ασφάλειας.

Στις αντίστοιχες γραφικές παραστάσεις γίνεται αποτύπωση της εκάστοτε πίεσης και θερμοκρασίας σε συνάρτηση τού χρόνου.Με το πάτημα του διακόπτη και αφού ορίσουμε αρχικά τις μέγιστες και ελάχιστες τιμές του κάθε στοιχείου στην ένδειξη τοποθεσία εγγραφής τοποθετούμε ένα αρχείο excell με συνεχή προσθήκη και το πρόγραμμα αρχίζει και λειτουργεί και παίρνει σε διάφορες χρονικές στιγμές πίεση και θερμοκρασία και τις καταγράφει σε αρχείο για την περαιτέρω επεξεργασία τους απο τους φοιτητές.

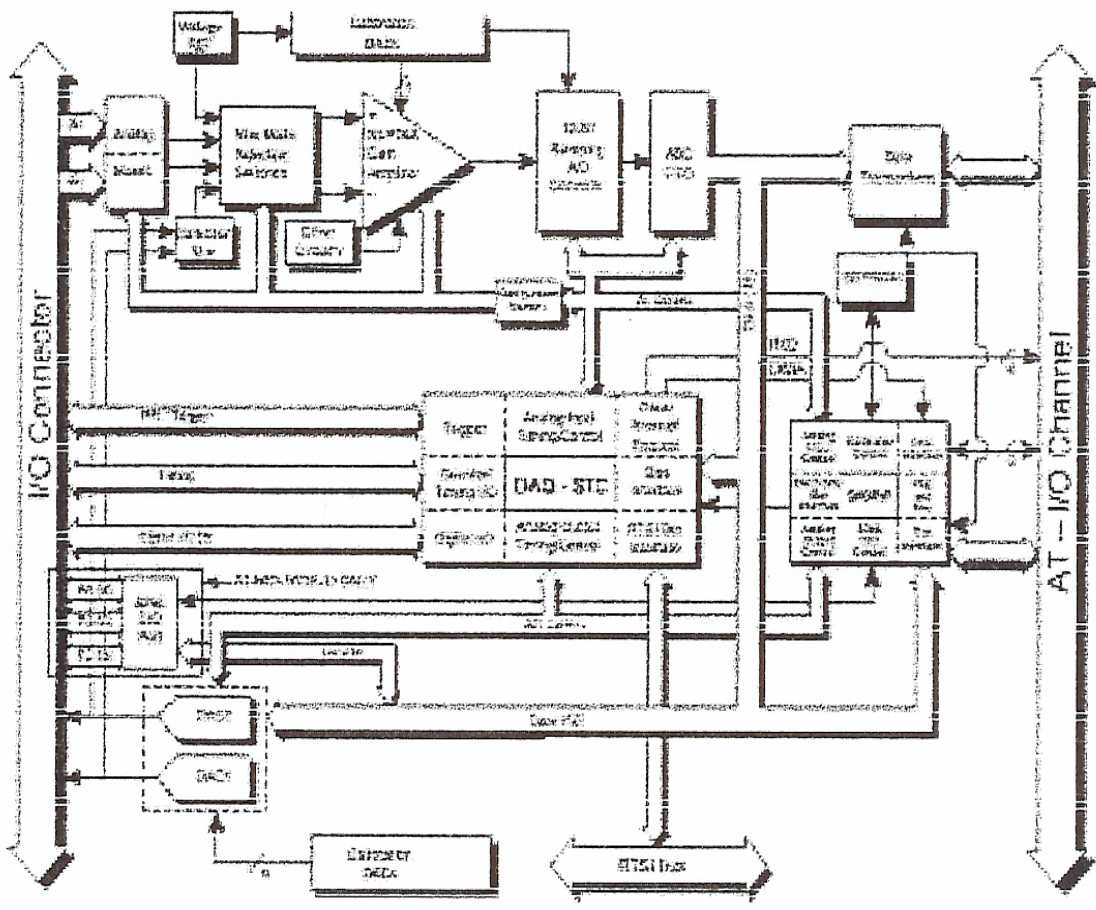
Block Diagram



Και αποτελεί τον κώδικα του προγράμματος ο οποίος έχει στηριχτεί πάνω σε ένα while loop το οποίο έχει αναλυθεί προηγουμένως και αποτελείται κυρίως από συγκριτές πύλες λογικές μία τροφοδοσία για την πίεση και ένα θερμόμετρο για την τάση που εκφράζει την πίεση το χρονικό καθορίζει τον χρόνο και οι μετρήσεις καταγράφονται όπως αναφέρθηκε και παραπάνω σε ένα αρχείο excel.

Αφού ολοκληρώθηκε το software της άσκησης το επόμενο βήμα είναι να δούμε τις απαιτήσεις στο **Hardware**.

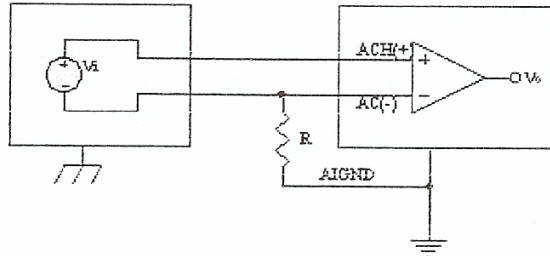
Η κάρτα που χρησιμοποιούμε είναι η AT-MIO-16E-I0 της National Instruments, Όπως όλες οι κάρτες που χρησιμοποιούνται για αυτό το σκοπό διαθέτει αναλογικές και ψηφιακές εισόδους, εξόδους. Καθώς επίσης και τα απαραίτητα κυκλώματα που υλοποιούν τα παραπάνω (Analog to digital Converter, Digital to Analog Converter) ώστε να είναι δυνατή η επεξεργασία των ηλεκτρικών σημάτων από τον Η/Υ. Ακόμα η κάρτα διαθέτει ένα πλήθος βοηθητικών εισόδων και κυκλωμάτων, όπως για παράδειγμα μετρητές (Counters), εισόδους για την ακριβέστερη ρύθμιση των DAC και άλλα στα οποία θα αναφερθούμε εκτενέστερα παρακάτω. Η συγκεκριμένη κάρτα όπως και οι υπόλοιπες τις σειρές είναι plug and play', επιπροσθέτως όλες οι λειτουργίες της ελέγχονται από λογισμικό, είναι δηλαδή Jumpregisterless κάρτες. Οι κάρτες αυτές χρησιμοποιούνται για να εισάγουμε το ηλεκτρικό σήμα που παράγεται από κάποιο αισθητήριο ή κάποια, διαδικασία, στον Η/Υ να το επεξεργαστούμε και το αποτέλεσμα είτε να το αποθηκεύσουμε στο δίσκο για περαιτέρω επεξεργασία είτε να το χρησιμοποιήσουμε ώστε να πραγματοποιήσουμε κάποιο έλεγχο.



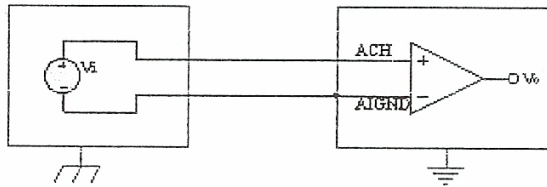
Συνδέσεις σημάτων

Αναλογικές Είσοδοι

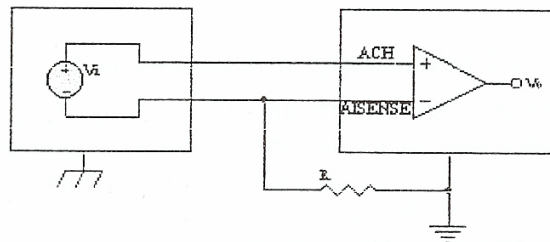
Διαφορική
Είσοδος
(DIFF)



Είσοδος με
κόμβο
Αναφοράς
(RSE)

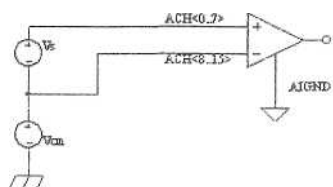


Είσοδος
χωρίς κοινό
κόμβο
αναφοράς
(NRSE)



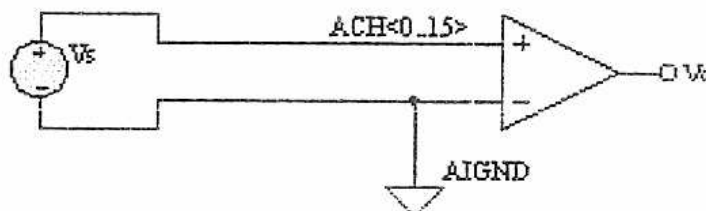
Οι αναλογικές εισόδους της κάρτας AT-MIO-16E-10 είναι πλήρως ελεγχόμενες από λογισμικό. Υπάρχουν τρεις τρόποι να συνδέσουμε ένα εξωτερικό σήμα σε μια είσοδο. Μπορούμε να έχουμε διαφορική είσοδο (RSE), είσοδο με κόμβο αναφοράς (DIFF) και είσοδο χωρίς κόμβο αναφοράς. Στην διαφορική είσοδο για κάθε κανάλι χρησιμοποιούμε δυο εισόδους, η μια συνδέεται στην μη αναστρέφουσα είσοδο του ενισχυτή και η άλλη είσοδος στην αναστρέφουσα είσοδο του. Ο διαφορικός τρόπος εισόδου παρέχει αυξημένο CMRR και μειωμένο θόρυβο. Θα πρέπει να χρησιμοποιούμε διαφορική είσοδο όταν το σήμα έχει εύρος μικρότερο του 1 volt είτε όταν υπάρχουν μεγάλης μήκους καλώδια είτε το περιβάλλον είναι πολύ θορυβώδες είτε τέλος αν απαιτεί ξεχωριστό κόμβο αναφοράς.

Στον διαφορικό τρόπο σύνδεσης μπορούμε να συνδέσουμε μια πηγή σήματος η οποία είναι γειωμένη όπως φαίνεται στην εικόνα .



Διαφορική σύνδεση πηγής που απαιτεί γείωση

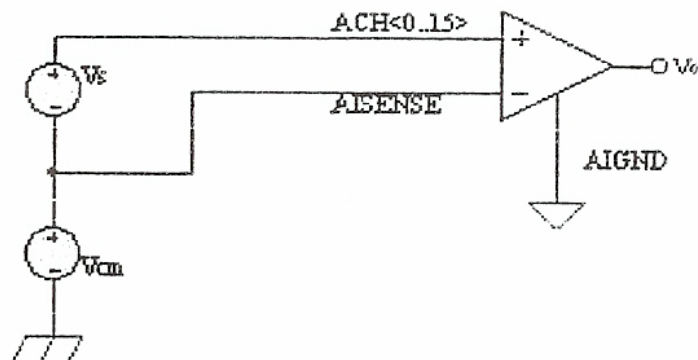
Αν όμως η πηγή του σήματος επιπλέει τότε θα πρέπει να την συνδέσουμε άποχ φαίνεται παρακάτω. Για πηγές με χαμηλή αντίσταση εξόδου και $\Delta\Psi$ σύζευξη δεν είναι απαραίτητες οι αντιστάσεις πόλωσης. Αντίθετα για πηγές με αντίσταση εξόδου μεγαλύτερη από $100\ \Omega$ θα πρέπει να τοποθετήσουμε από το (-) της πηγής και προς την γείωση αντίσταση της οποίας η τιμή θα πρέπει είναι περίπου 100 φορές μεγαλύτερη της αντίστασης της πηγής. Με αυτό τον τρόπο το κύκλωμα έρχεται σε ισορροπία και απορρίπτεται ο θόρυβος από τον ενισχυτή εισόδου. Για ακόμη μεγαλύτερη απόρριψη θορύβου μπορούμε να προσθέσουμε μια αντίσταση από το (+) της πηγής και προς την γείωση. Οι αντιστάσεις αυτές όμως έχουν ως αποτέλεσμα να φορτώνουν την πηγή. Τέλος, αν η πηγή έχει AC σύζευξη θα πρέπει να τοποθετήσουμε μια αντίσταση από το (+) της και προς την γείωση, ενώ αν έχει και υψηλή αντίσταση εξόδου θα πρέπει να χρησιμοποιήσουμε τον τρόπο με τις δυο αντιστάσεις.



Σύνδεση σημάτων εισόδου με κοινό κόμβο

Ο διαφορικός τρόπος σύνδεσης μας προσφέρει καλύτερο αποτέλεσμα από πλευράς απόρριψης θορύβου. Όμως υπάρχουν περιπτώσεις που οι απαιτήσεις δεν είναι τόσο αυξημένες ή το σήμα παρουσιάζει αναισθησία στο θόρυβο, τέτοια σήματα είναι όσα έχουν εύρος μεγαλύτερο του 1 volt και τα σήματα των οποίων οι πηγές βρίσκονται κοντά στον υπολογιστή. Αν οι πηγές αυτές μπορούν να συνδεθούν σε κοινό κόμβο μαζί με άλλα κυκλώματα τότε χρησιμοποιούμε τον τρόπο σύνδεσης με κοινό κόμβο αναφοράς (RSE). Σε αυτό τον τρόπο σύνδεσης απλώς συνδέουμε το (+) της πηγής σε μια είσοδο και το (-) στην γείωση (AIGND).

Για να μπορέσουμε να μετρήσουμε ένα σήμα του οποίου η πηγή επιπλέει (έχει δικό του κόμβο αναφοράς) θα πρέπει να χρησιμοποιήσουμε τον τρόπο σύνδεσης χωρίς κοινό κόμβο αναφοράς (NRSE). Η σύνδεση των σημάτων στην κάρτα φαίνεται στο παρακάτω σχήμα



Σύνδεση πηγών σε NRSE mode

Οποίο και να είναι το mode ελέγχου θα πρέπει να έχουμε υπόψη μερικούς κανόνες ώστε να έχουμε αξιόπιστες μετρήσεις και να προστατεύσουμε την

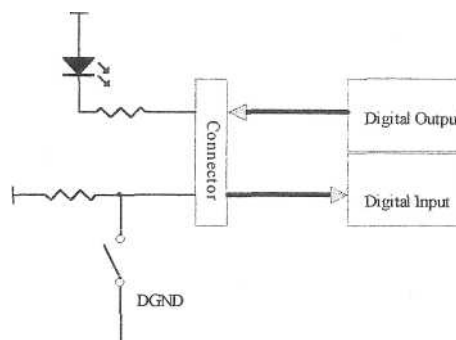
κάρτα. Πρωτα απ' όλα θα πρέπει να γνωρίζουμε σε πια όρια κυμαίνεται το εύρος ίου σήματος εισόδου έτσι ώστε να ρυθμίσουμε το εύρος του ADC όσο πιο κοντά γίνεται στο εύρος του σήματος ώστε να εκμεταλλευτούμε όλη την περιοχή του μετατροπέα και να έχουμε την βέλτιστη ανάλυση αυτού. Τέλος, αν είναι δυνατό να χρησιμοποιήσουμε θωρακισμένα καλώδια συνεστραμμένων ζευγών.

Αναλογικές Έξοδοι

Η κάρτα AT-MIO-16E-10 μας παρέχει δυο αναλογικές εξόδους. Στις οποίες μπορούμε να ρυθμίσουμε την τάση αναφοράς (με την τάση αναφοράς ρυθμίζουμε το εύρος της τάσης εξόδου) και αν η έξοδος θα είναι μονοπολική ή διπολική. Μπορούμε να επιλέξουμε ή την εσωτερική τάση αναφοράς η οποία είναι 10 volt ή μια εξωτερική τάση την οποία συνδέουμε στον ακροδέκτη EXTREF της κάρτας, η τάση αυτή όμως θα πρέπει να έχει εύρος από -10 έως +10 volt . Από το Labview μπορούμε να επιλέξουμε αν η έξοδος θα είναι μονοπολική ή διπολική. Στην μονοπολική έξοδο η τάση έχει εύρος από 0 volt έως Vref. Στην διπολική έξοδο η τάση έχει εύρος από -Vref έως +Vref. Όπως συμβαίνει και στις αναλογικές εισόδους έτσι και εδώ θα πρέπει να ρυθμίζουμε προσεκτικά την τάση αναφοράς ώστε το εύρος του σήματος εξόδου που θέλουμε να παράγουμε να καταλαμβάνει όλο το εύρος των DAC και έτσι να επιτύχουμε καλύτερα αποτελέσματα.

Ψηφιακές εισοδοι έξοδοι

Η κάρτα που έχουμε στο εργαστήριο τοιν ΣΑΕ, έχει 8 ακροδέκτες για ψηφιακά σήματα. Αυτοί μπορεί να λειτουργήσουν όλοι μαζί σαν 1 port ή το κάθε ένα χωριστά. Μπορούμε με την βοήθεια του λογισμικού να επιλέξουμε αν οι ακροδέκτες θα είναι εισοδοι ή έξοδοι και να θέσουμε το κάθε ένα σε κάποια προεπιλεγμένη κατάσταση. Στο παρακάτω σχήμα (Εικόνα 5-7) βλέπουμε πως μπορούμε να συνδέσουμε στην κάοτα για παράδειγμα ένα LED και ένα διακόπτη.



Τρόποι σύνδεσης σημάτων σε ψηφιακέςεισόδους

Τρόποι ρύθμισης της AT-MIO-16E-10 – NI-DAQ SOFTWARE

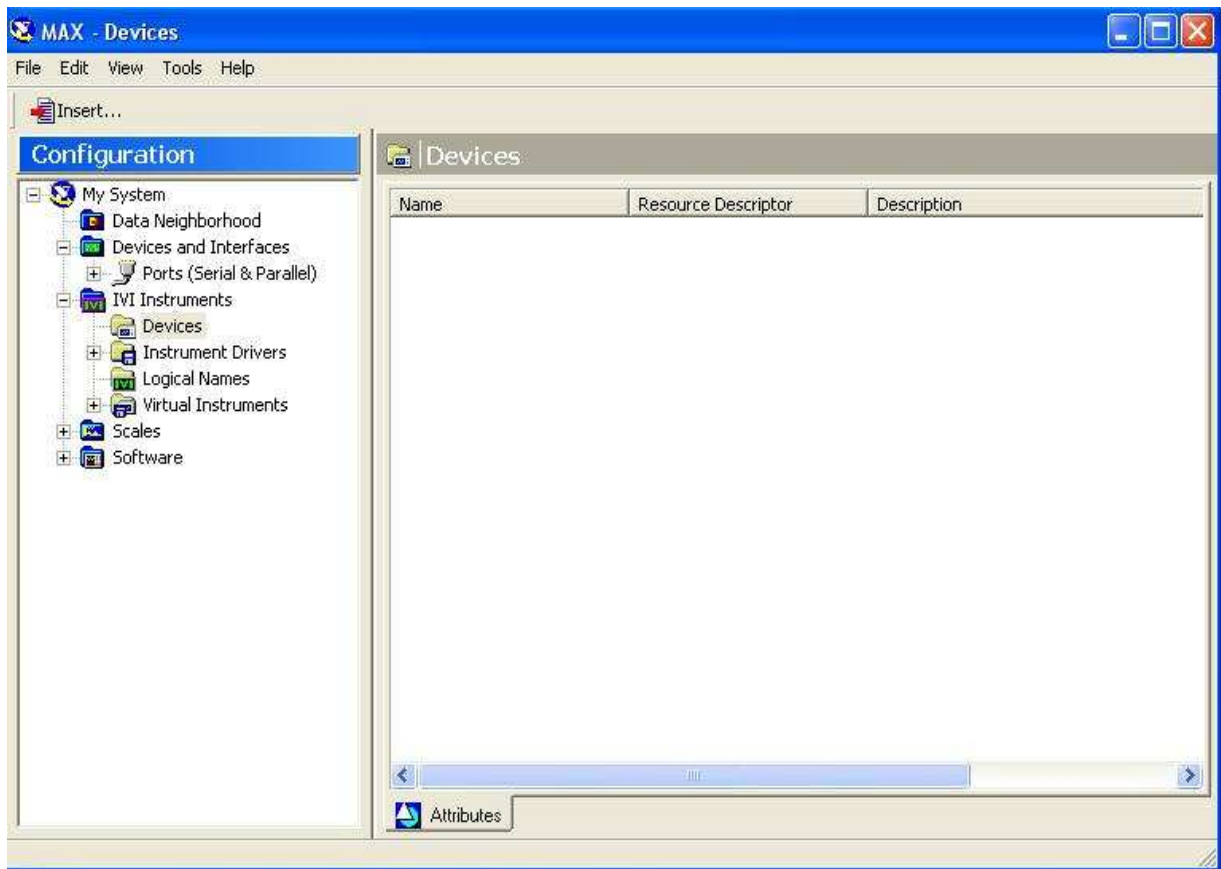
Στα προηγούμενα κεφάλαια είδαμε την περιγραφή της κάρτας. Τα σήματα εισόδου και εξόδου και πως μπορούμε να συνδέσουμε σε αυτήν πηγές και γενικά εξωτερικές συσκευές. Όπως γίνεται φανερό η κάρτα AT-MIO-16E-10 ρυθμίζεται πλήρως από λογισμικό. Είναι δηλαδή αναγκαίο να γράφουν για την κάρτα οδηγούς (drivers). Οι οδηγοί αυτοί μπορούν να γραφούν σε οποιαδήποτε συμβατική γλώσσα προγραμματισμού, όπως η C. Αυτό βέβαια σημαίνει πολύ κόπο και αρκετά μεγάλη εμπειρία σε προγραμματισμό *Hardware*. Την λύση σε αυτό το πρόβλημα έρχεται να δώσει ένα επιπλέον λογισμικό που παρέχει η National Instruments μαζί με τις κάρτες. Αυτό το λογισμικό ονομάζεται NI-DAQ και προσφέρει εύκολο και γραφικό περιβάλλον στην ρύθμιση των παραμέτρων της κάρτας. Το πακέτο αυτό περιέχει τέσσερις μικρότερες εφαρμογές που η κάθε μια εξυπηρετεί διαφορετικές εργασίες. Οι εφαρμογές αυτές είναι:

DAQ Channel Wizard
NI-DAQ Configuration Utility
NI-DAQ Test Panels
Remote Device Access Server

Η πρώτη εφαρμογή είναι ένα πρόγραμμα που οδηγεί βήμα τον χρήστη στην ρύθμιση των αναλογικών και ψηφιακών εισόδων εξόδων. Το NI-DAQ Configuration Utility προσφέρει ρύθμιση της κάρτας αλλά σε χαμηλότερο επίπεδο. Το NI-DAQ Test Panels είναι για τον έλεγχο της σωστής λειτουργίας της κάρτας. Τέλος, η εφαρμογή Remote Device Access Server, είναι για τον έλεγχο και την ρύθμιση καρτών που βρίσκονται σε απομακρυσμένους υπολογιστές μέσω δικτύου. Οι τρεις πρώτες εφαρμογές θα επεξηγηθούν, ενώ η τέταρτη δεν θα αναλυθεί διότι δεν χρησιμοποιήθηκε από την παρούσα πτυχιακή εργασία και επιπλέον δεν υπήρχε η δυνατότητα να γίνει αυτό για τεχνικούς λόγους.

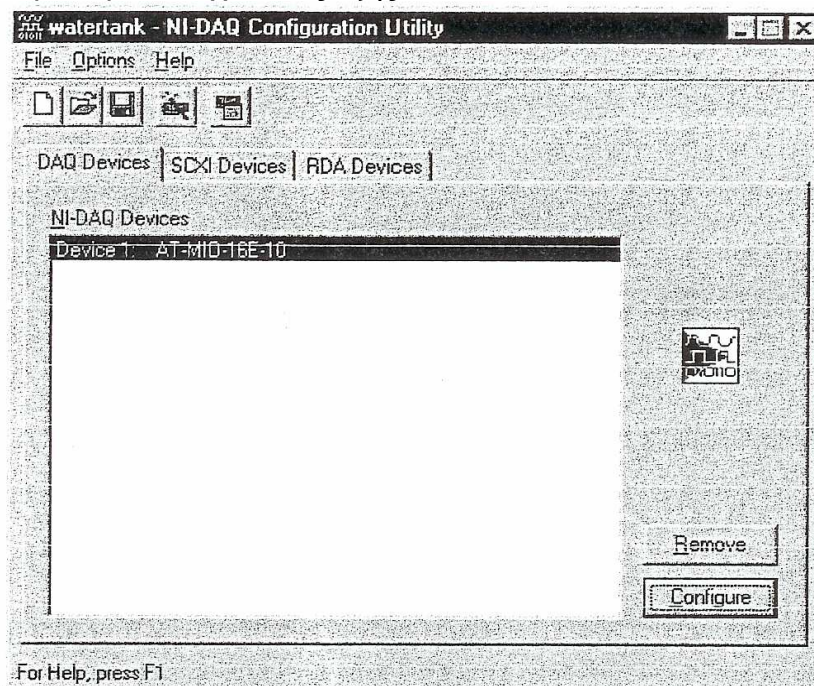
NI-DAQ Configuration Utility

Η εφαρμογή αυτή όπως προαναφέραμε χρησιμοποιείται για την ρύθμιση των χαμηλού επιπέδου παραμέτρων. Ποιο συγκεκριμένα με το πρόγραμμα αυτό μπορούμε να καθορίσουμε το IRQ και το DMA της κάρτας καθώς επίσης και ελέγξουμε αν υπάρχει διένεξη με άλλες συσκευές του υπολογιστή. Ακόμα μπορούμε να ρυθμίσουμε τον τρόπο σύνδεσης των αναλογικών εισόδων, το εύρος και την πολικότητα της τάσης εισόδου. Την πολικότητα της τάσης εξόδου και αν οι DAC θα έχουν εσωτερική ή εξωτερική τάση αναφοράς. Τέλος μπορούμε να καθορίσουμε τις επιπλέον συσκευές που τυχόν υπάρχουν συνδεδεμένες στην κάρτα καθώς και την περίοδο επαναρχικοποίησης της κάρτας. Στην εικόνα βλέπουμε την πρώτη οθόνη όταν ανοίξουμε το NI-DAQ Configuration Utility, παρατηρούμε ότι υπάρχουν τρεις καρτέλες. Στην πρώτη καρτέλα βλέπουμε τις DAQ κάρτες οι οποίες υπάρχουν και λειτουργούν στον υπολογιστή. Στην δεύτερη καρτέλα υπάρχουν οι συσκευές τύπου SCXI και στην τρίτη οι συσκευές οι οποίες είναι εγκατεστημένες σε απομακρυσμένους υπολογιστές. Αν κάνουμε κλικ στο κουμπί Configure περνάμε στο επόμενο μενού που όπως βλέπουμε παρακάτω (Εικόνα 5-9) έχει πέντε καρτέλες στην πρώτη από τις οποίες παρατηρούμε υπάρχουν οι ρυθμίσεις συστήματος της κάρτας (IRQ, DMA κτλ). Επειδή η κάρτα είναι τοποθέτησης και άμεσης λειτουργίας οι ρυθμίσεις αυτές γίνονται αυτόματα και δεν θα πρέπει να αλλάζονται από μη πεπειραμένους χρήστες.

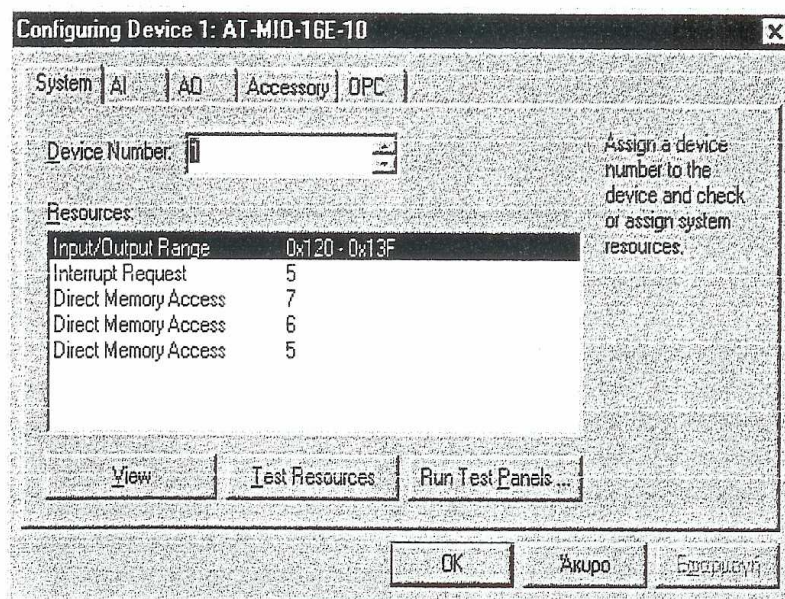


Σε Labview 6i.

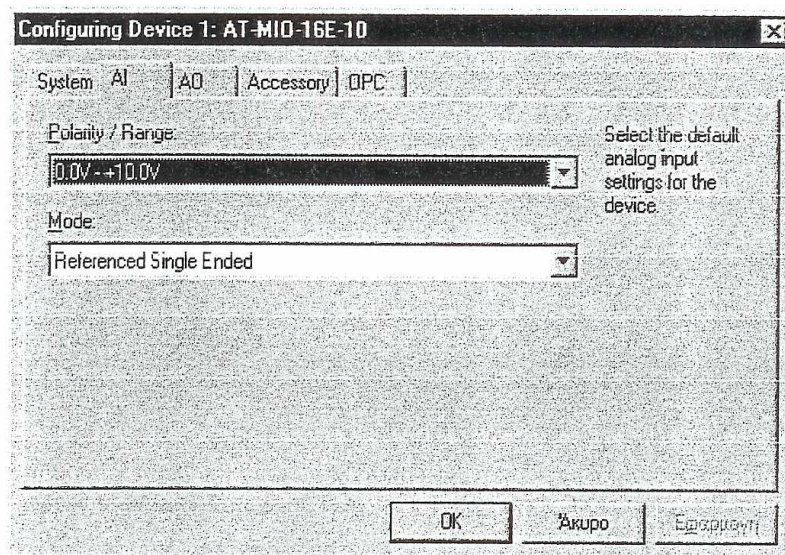
Επειδή στο εργαστήριο όμως χρησιμοποιούμε την πεμπτη έκδοση τα παράθυρα θα έχουν ως εξής:



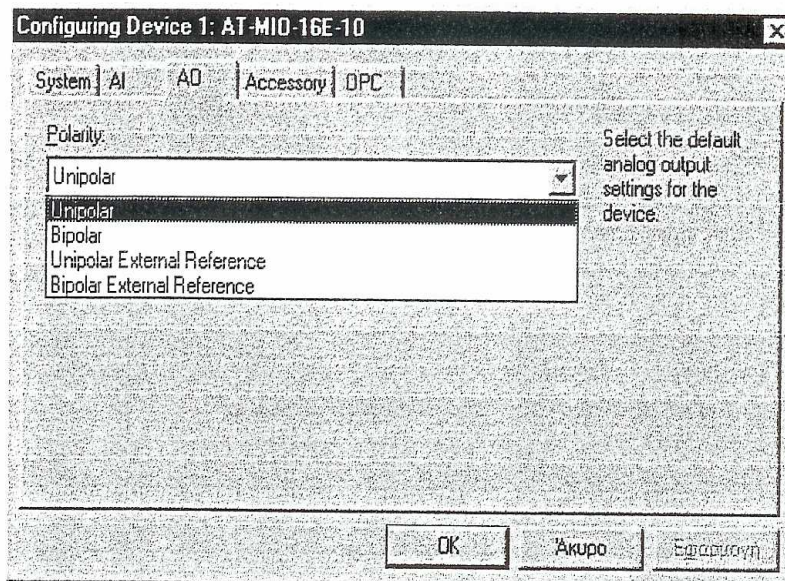
Στην εικόνα παρακάτω βλέπουμε τις ρυθμίσεις για τις αναλογικές εισόδους. Από το πρώτο μενού μπορούμε να επιλέξουμε την πολικότητα και το εύρος της τάσης εισόδου ενώ από το αμέσως παρακάτω μενού μπορούμε να ρυθμίσουμε τον τρόπο σύνδεσης των σημάτων (RSE,NRSE,DIFF).



Στην εικόνα 5-10 βλέπουμε τις ρυθμίσεις για τις αναλογικές εισόδους. Από το πρώτο μενού μπορούμε να επιλέξουμε την πολικότητα και το εύρος της τάσης εισόδου ενώ από το αμέσως παρακάτω μενού μπορούμε να ρυθμίσουμε τον τρόπο σύνδεσης των σημάτων (RSE, NRSE, DIFF)



Αφού ρυθμίσαμε τις εισόδους προχωράμε στην ρύθμιση των αναλογικών εξόδων στην παρακάτω εικόνα βλέπουμε ότι μπορούμε να καθορίσουμε αν η έξοδος θα είναι μονοπολική ή διπολική και αν η τάση αναφοράς είναι εσωτερική ή εξωτερική.



Στην καρτέλα Αψφεισορου βλέπε εικόνα 5-8 υπάρχουν οι επιπλέον συσκευές που μπορεί να είναι συνδεδεμένες στην κάρτα ενώ η καρτέλα OPC καθορίζει τον χρόνο αυτόματης επαναρχικοποίησης της κάρτας.

DAQ Channel Wizard

Για την πιο λεπτομερή και γρήγορη ρύθμιση των παραμέτρων της κάρτας χρησιμοποιούμε την εφαρμογή DAC Channel Wizard , εφαρμογή αυτή είναι ένας οδηγός προς βήμα που με τον οποίο μπορούμε να καθορίσουμε τα χαρακτηριστικά του κάθε καναλιού της κάρτας. Απλώς, τρέχουμε την εφαρμογή και τα υπόλοιπα είναι μια απλή διαδικασία.

NI-DAQ Test Panels

Αφού έχουμε ρυθμίσει την κάρτα σύμφωνα με τις απαιτήσεις της εφαρμογής, είναι συνετό να ελέγξουμε τις ρυθμίσεις αυτές. Αυτό μπορεί να γίνει είτε γράφοντας μικρές εφαρμογές είτε πολύ πιο εύκολα χρησιμοποιώντας το πρόγραμμα NI-DAQ Test Panels. Με αυτή την εφαρμογή μπορούμε να ελέγξουμε τις αναλογικές εισόδους και εξόδους τους μετρητές και τις ψηφιακές εισόδους-εξόδου.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ:MANUAL

AT-MIO-16E-10

Αναλογικές Είσοδοι

Χαρακτηριστικά εισόδου.

Αριθμός Καναλιών 16 μονών εισόδων ή 8 διαφορικοί εισόδων.

Τύπος ADC Διαδοχικής Προσέγγισης

Ανάλυση 12 bit, 1 προς 4096

Μέγιστος ρυθμός δειγματοληψίας... 100kS/sec εγγυημένα

Απολαβή	Εύρος Σήματος	
	Διπολικό	Μονοπολικό
0,5	-10 έως +10 V	
1	-5 έως +5 V	0 έως 10V
2	-2,5 έως +2,5 V	0 έως 5 V
5	-1 έως +1 V	0 έως 2 V
10	-500 έως +500	0 έως 1 V
20	-250 έως +250	0 έως 500 mV
50	-100 έως +100	0 έως 200 mV
100	-50 έως +50 mV	0 έως 100 mV

Σύζευξη εισόδου DC

Μέγιστη τάση λειτουργίας -11 έως +11 V από την γείωση.

Προστασία, από υπερτάσεις -35 έως +35 V όταν είναι ανοικτή.
-25 έως +25 V όταν είναι κλειστή.

Χαρακτηριστικά Μεταφοράς

Σχετική ακρίβεια +0,21 LSB τυπικά

+ 1,5 LSB μέγιστο

DNL +0,2 LSB τυπικά, +-1,0 LSB μέγιστο

Χαρακτηριστικά Ενισχυτή Αντίσταση εισόδου

Σε κανονική λειτουργία 100 GΩ παράλληλα με 50pF

Όταν είναι κλειστή 3 KΩ ελάχιστη

Όταν είναι υπερφορτωμένη. 3 KΩ ελάχιστη

Ρεύμα πόλωσης εισόδου ... +200 pA

Ρεύμα διαρροής εισόδου +100 pA

CMRR 90dB, Απο 0 εως 60 Hz\

Δυναμικά Χαρακτηριστικά

Εύρος ζώνης

Ασθενή σήματα (-3dB)150KHz

Δυνατά σήματα (1 % THD).... 120KHz

Χρόνος καθόδου για

βήμα πλήρους κλίμακας 10μs μέγιστο για ακρίβεια +-0,5 LSB

Απολαβή	θόρυβος,Dither Off	θόρυβος,Dither
0,5 έως 10	0,07 LSB Rms.	0,5
20	0,12 LSB Rms	0,5
50	0,25 LSB Rms	0,6
100	0,5 ILSB Rms	0,7

Διαφωνία (Crosstalk)-70dB, από 0 έως 100KHz
 Σταθερότητα
 Προτεινόμενος
 χρόνος προθέρμανσης 15 λεπτά
 Θερμοκρασιακός
 συντελεστής απολαβής +20 ppm/ C
 Σήματα αναφοράς πάνω στην κάρτα
 Στάθμη τάσης 5,000v(±2,5mV)
 Θερμοκρασιακός συντελεστής...+5 ppm/C
 Μακροχρόνια σταθερότητα +15 ppm/ (1000h)^{1/2}

Αναλογικές Έξοδοι

Χαρακτηριστικά εξόδου
 Αριθμός καναλιών 2 τάσης
 Ανάλυση 12 bits, 1 προς 4096
 Μέγιστος ρυθμός ανανέωσης 100kS/s

Χαρακτηριστικά Μεταφοράς

Σχετική ακρίβεια
 Μετά από ρύθμιση +0,3 LSB τυπικά, +0,5 LSB μέγιστο
 Πριν από ρύθμιση +4 LSB μέγιστο

DNL

Μετά από ρύθμιση +0,3 LSB τυπικά, +1,0 LSB μέγιστο
 Πριν από ρύθμιση +3 LSB μέγιστο

Μονοτονικότητα 12 bit
 Σφάλμα μετατόπισης
 Μετά από ρύθμιση + 1mV μέγιστο
 Πριν από ρύθμιση +200mV μέγιστο

Σφάλμα απολαβής

Μετά από ρύθμιση +0,01% της εξόδου, μέγιστο
 Πριν από ρύθμιση +0.5% τις εξόδου. μέγιστο

Σφάλμα απολαβής

από 0% έως +0,5% της εξόδου

Έξοδος Τάσης

Εύρος + 10V, από 0 έως 10V,+-

Σύζευξη εξόδου DC
Αντίσταση εξόδου 0,1Ω μέγιστο
Ρεύμα εξόδου +5 mA μέγιστο
Προστασία Βραχυκύκλωμα προς την γείωση
Τάση κατά την εκκίνηση 0V
Είσοδος Εξωτερικής τάσης αναφοράς.

Εύρος+ 11V
Προστασία από υπερτάσεις -35 έως +35 V όταν είναι ανοικτή.
-25 έως +25 V όταν είναι κλειστή.
Αντίσταση εισόδου 10KΩ
Εύρος ζώνης 300KHz

Δυναμικά Χαρακτηριστικά Χρόνος καθόδου για
βήμα πλήρους κλίμακας 10μs μέγιστο για ακρίβεια +0,5 LSB
Ρυθμός ολίσθησης 10V/μs
Θόρυβος 200μVrms ,από 0 έως 1 MHz

Σταθερότητα
Θερμοκρασιακός συντελεστής
Μετατόπισης +50 μV/C
Θερμοκρασιακός συντελεστής απολαβής
Με εσωτερική τάση αναφοράς +25 PPM/C
Με εξωτερική τάση αναφοράς +25 PPM/C

Σήματα αναφοράς πάνω στην κάρτα
Στάθμη τάσης 5,000V(+2,5mV)
Θερμοκρασιακός συντελεστής +5ppm/C
Μακροχρόνια σταθερότητα+ 15 ppm/ (1000hi)^{1/2}

Ψηφιακές είσοδοι έξοδοι

Αριθμός καναλιών 8 εισόδου /εξόδου
Συμβατότητα TTL/CMOS

Επίπεδο	Ελάχιστο	Μέγιστο
Τάσης εισόδου χαμηλό	0V	0,8V
Τάσης εισόδου υψηλό	2V	5V
Ρεύματος εισόδου		-320μA
Ρεύματος εισόδου		10μA
Τάσης εξόδου χαμηλό		0,4V
Τάσης εξόδου υψηλό	4.35V	

Κυκλώματα χρονισμού
Αριθμός καναλιών 2 πάνω/κατω μετρητές /χρονιστές
1 Διαιρετή Συχνότητας Συχνότητας

Ανάλυση

Μετρητές/ Χρονιστές	24 bit
Διαιρετή Συχνότητας	4 bit

Συμβατότητα TTL/CMOS

Συχνότητα βασικού ρολογιού

Μετρητές/Χρονιστές	20 MHz, 100KHz
Διαιρετή Συχνότητας	10 MHz, 100KHz
Ακρίβεια βασικού ρολογιού	+0,01%

Μέγιστη συχνότητα πηγής 20 MHz

Ελάχιστη διάρκεια παλμού πηγής	10 ns σε λειτουργία ανίχνευσης ακμής
Ελάχιστη διάρκεια παλμού πύλης	10 ns σε λειτουργία ανίχνευσης ακμής

Κυκλώματα σκανδαλισμού

Ψηφιακός Σκανδαλισμός

Συμβατότητα TTX

Αντίδραση κατά την ανοδική ή καθοδική ακμή

Εύρος παλμού 10ns ελάχιστα

RTSI

Γραμμές σκανδαλισμού

ΣΥΝΔΕΣΕΙΣ ΑΚΡΟΔΕΚΤΩΝ ΤΗΣ ΚΑΡΤΑΣ ΤΟΥ Η/Υ ΜΕ ΤΗΝ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΑΣΚΗΣΗ

1. Βαθμονόμηση Του Μετατροπέα.

- A) Ακροδέκτης 68 → Συνδέεται στην Γείωση
- B) Ακροδέκτης 33 → >> στην Έξοδο του μετατροπέα
- Γ) Ακροδέκτης 32 → >> στην Γείωση
- Δ) Ακροδέκτης 22 → Παραμένει Ασύνδετος

2. Το Ανοικτό Σύστημα

- A) Ακροδέκτης 68 → Συνδέεται στην Γείωση
- B) Ακροδέκτης 33 → >> στην Έξοδο του μετατροπέα
- Γ) Ακροδέκτης 32 → >> στην Γείωση
- Δ) Ακροδέκτης 22 → Παραμένει Ασύνδετος

3. Το Κλειστό Σύστημα

- A) Ακροδέκτης 68 → Συνδέεται στο Setpoint (0.. V_{ref})
- B) Ακροδέκτης 33 → >> στην Έξοδο του μετατροπέα
- Γ) Ακροδέκτης 32 → >> στην Γείωση
- Δ) Ακροδέκτης 22 → >> στην Είσοδο του Ενισχυτή Ισχύος

ΟΝΟΜΑ PIN	ΤΥΠΟΣ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ
AIGND	Γείωση	Ακροδέκτης γείωσης των αναλογικών εισόδων
ACH<0..15>	Είσοδος	Αναλογικές εισοδοί
AISENSE	Είσοδος	Κόμβος αναφοράς όταν μια είσοδος είναι ρυθμισμένη σε mode NRSE
DAC*OUT	Έξοδοι	Αναλογικές έξοδοι
EXTREF	Είσοδος	Ακροδέκτης που συνδέουμε την εξωτερική τάση αναφοράς για τους DAC
AOGND	Γείωση	Ακροδέκτης γείωσης αναλογικών εξόδων
DGND	Γείωση	Ακροδέκτης γείωσης ψηφιακών εισόδων εξόδων
DIO<0..7>	Είσοδος-έξοδος	Ψηφιακές εισοδοί έξοδοι
+5v	Έξοδος	Βοηθητική τάση εξόδου +5 volt
SCANCLK	Έξοδος	Η έξοδος αυτή δίνει παλμό όταν αρχίσει η διαδικασία μετατροπής A/D
EXTSTROBE	Έξοδος	Από τον ακροδέκτη αυτόν μπορούμε να πάρουμε παλμό ή μια παλμοσειρά με την οποία να ελέγξουμε μια εξωτερική συσκευή
PFI0/TR1G1	Είσοδος-έξοδος	Όταν ρυθμίσουμε τον ακροδέκτη αυτό σαν είσοδο με την εφαρμογή ενός παλμού ξεκινάμε την διαδικασία λήψης μετρήσεων. Σαν έξοδος
PFI2/CONVERT*	Είσοδος-έξοδος	Με τον ακροδέκτη αυτό μπορούμε να ελέγξουμε την διαδικασία μετατροπής από αναλογικό σε ψηφιακό. Σαν έξοδος παίρνουμε
PFI3/GPCTR1_SOURCE	Είσοδος-έξοδος	Ο ακροδέκτης αυτός δείχνει το πραγματικό σήμα πηγής του απαριθμητή 1
PFI4/GPCTR1_GATE	Είσοδος-έξοδος	Ο ακροδέκτης αυτός δείχνει το πραγματικό σήμα πύλης του απαριθμητή 1
GRCTR1_OUT	Έξοδος	Έξοδος του απαριθμητή 1
PFI5/UPDATE*	Είσοδος-έξοδος	Σαν είσοδος με την εφαρμογή ενός παλμού ανανεώνεται η έξοδος των DAC. Σαν έξοδος από τον ακροδέκτη αυτό παίρνουμε τον παλμό
PFI6/WFTRIG	Είσοδος-έξοδος	Όταν ο ακροδέκτης αυτός είναι είσοδος με ένα παλμό αρχίζει η διαδικασία παραγωγής κυματομορφών από τους DAC. Όταν είναι

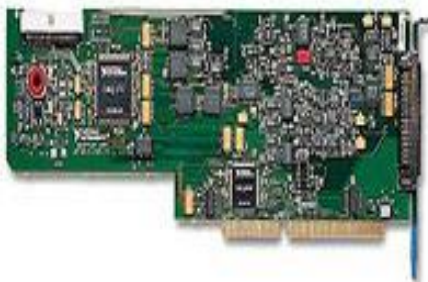
PFI7/STARTSCAN	Είσοδος-έξοδος	Όταν λειτουργεί σαν είσοδος τότε με την εφαρμογή παλμού μπορούμε να ελέγξουμε την διαδικασία διαβάσματος της τάσης από μια
PFI8/GPCTRO_SOURCE	Είσοδος-έξοδος	Ο ακροδέκτης αυτός δείχνει το πραγματικό σήμα πηγής του απαριθμητή 0
PFI9/GPCTRO_GATE	Είσοδος-έξοδος	0 ακροδέκτης αυτός δείχνει το

Pin out AT-MIO-16E-10

		Πραγματικό σήμα πύλης του απαριθμητή 0
GPCTRO_OUT	Εξοδος	Έξοδος του απαριθμητή 0
FREQ_OUT	Έξοδος	Έξοδος της γεννήτριας συχνότητας

NI AT-MIO-16E-10

100 kS/s, 12-Bit, 16 Analog Input Multifunction DAQ



[+] Enlarge Picture

- Two 12-bit analog outputs, 8 digital I/O lines, two 24-bit counters
- **Consider M Series PCI-6281 for 18-bit resolution, 625 kS/s, and similar costs.**
- Superior LabVIEW, LabWindows/CVI, and Measurement Studio integration for VB and VS .NET
- NIST-traceable calibration certificate and more than 70 signal conditioning options
- Included Traditional NI-DAQ (Legacy) driver software
- FREE award-winning global services and support -- ni.com/support

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Βιβλία

1. Labview tutorial manual
2. Advantech-automation: E-automation (solution guide)
3. Lisa K. Wells-Jeffrey Travis: Labview for everyone
4. Peter Elgar: Αισθητήρες μέτρησης και Ελέγχου.
5. Automatic control systems: Kuo, Benjamin C
6. PID control toolkit for G reference manual
7. Sensors, Transducers and LabVIEW: Paton
8. LabVIEW 6i: Student Edition: Pearson Higher Education
9. Σύγχρονα συστήματα αυτόματου ελέγχου: Dorf, Richard C., Bishop, Robert H.
10. συστήματα αυτόματου ελέγχου ΜΕ Η/Υ: XANDER

Web sites:

1. www.isa.org/.../Ecommerce/ProductDisplay.cfm&ProductID=6263
2. www.ni.com/pdf/manuals/371001b.pdf
3. www.ceesi.com/techlib_readlist.aspx?yr=2002&orgid=7&eid=43
4. http://sensors-transducers.globalspec.com/Industrial-Directory/tank_level_control
5. www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&list_uids=12160346&dopt=Abstract
6. www.mech.uwa.edu.au/jpt/mecha/MD/handouts/control-devices.pdf
7. www.fst.umac.mo/en/lab/hydra/index.html
8. www.ensys.net/LINKS/Engineering-General-Engineering--Education.htm
9. www.i-joe.org/ojs/include/getdoc.php?id=115&article=28&mode=pdf
10. www.ni.com/pdf/manuals/371001b.pdf

Άρθρα:

1. Electronic Design: LabVIEW manages real-time control design and simulation
2. *Solid State Technology*: LabVIEW software drivers
3. IAN: Allows Engineers And Scientists To Control Their Measurement And Automation Applications
4. Allen C. Smith: Published author of articles on LabVIEW techniques
5. Data acquisition: one step at a time: Tony Taylor

Πτυχιακές εργασίες:

1. Καπνισάκης, Ι (1999) Έλεγχος στάθμης υγρού. Πτυχιακή διατριβή, Στεφ, Τει Χανίων (αρ. πρωτ. 11Τ-295)

2. Ρούντος, Δ-Τσιαούση Μ (2003) Μέθοδοι ελέγχου, ροής, στάθμης, θερμοκρασίας. Πτυχιακή διατριβή, Στεφ Τει Λαμίας (α/α 2)

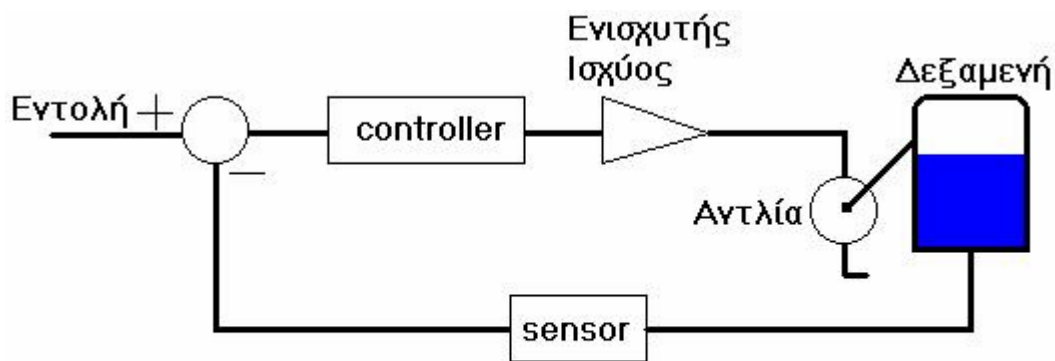
ΑΣΚΗΣΕΙΣ

Μέτρηση και Έλεγχος Στάθμης Υγρού

Εισαγωγή

Ο σκοπός αυτής της άσκησης είναι να μελετήσουμε τη διαδικασία ελέγχου στάθμης υγρού, που στη συγκεκριμένη περίπτωση είναι μια δεξαμενή νερού. Όπως σε όλα τα συστήματα ελέγχου, για να γίνει έλεγχος στάθμης υγρού θα πρέπει να υπάρχει η δυνατότητα μέτρησης της στάθμης του υγρού με κάποιο αισθητήριο (μετατροπή της στάθμης σε ηλεκτρικό σήμα) και στην συνέχεια εκμετάλλευση αυτού του σήματος (σήμα ανάδρασης). Το σφάλμα που θα προκύψει από την αφαίρεση του σήματος εντολής με το σήμα ανάδρασης θα οδηγήσει τον controller ο οποίος θα δώσει το κατάλληλο σήμα για την οδήγηση της αντλίας.

Το μπλοκ διάγραμμα ενός τέτοιου συστήματος φαίνεται στο σχήμα 1.



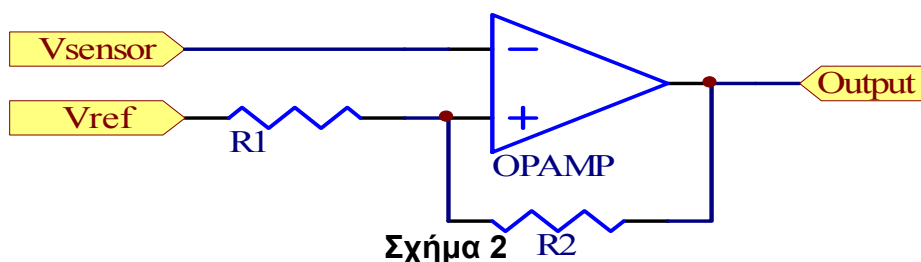
Σχήμα 1

Τα κυκλώματα των ελεγκτών ενεργούν στο σήμα σφάλματος και δημιουργούν ένα σήμα έλεγχου. Οι πιο συνηθισμένοι αλγόριθμοι που παράγουν αυτό το σήμα είναι:

A) Έλεγχος Δυο Θέσεων (ON-OFF Controller)

Ο έλεγχος δυο θέσεων είναι ο πιο συνηθισμένος. Η έξοδος του είναι είτε ανοικτή είτε κλειστή, ανάλογα με την τιμή του σφάλματος. Για την αποφυγή της καταστροφής του ελεγκτή από τις συνεχείς εναλλαγές ανάμεσα στις δυο καταστάσεις οι ελεγκτές έχουν μια νεκρή ζώνη που ονομάζεται υστέρηση. Λόγω της εμφάνισης ταλαντώσεων ο on-off ελεγκτής χρησιμοποιείται σε διαδικασίες με αρκετά μεγάλη χωρητικότητα έτσι ώστε η ταλάντωση να ελαττώνεται σε ένα αποδεκτό επίπεδο.

Ένα τυπικό κύκλωμα ενός τέτοιου ελεγκτή είναι το παρακάτω.

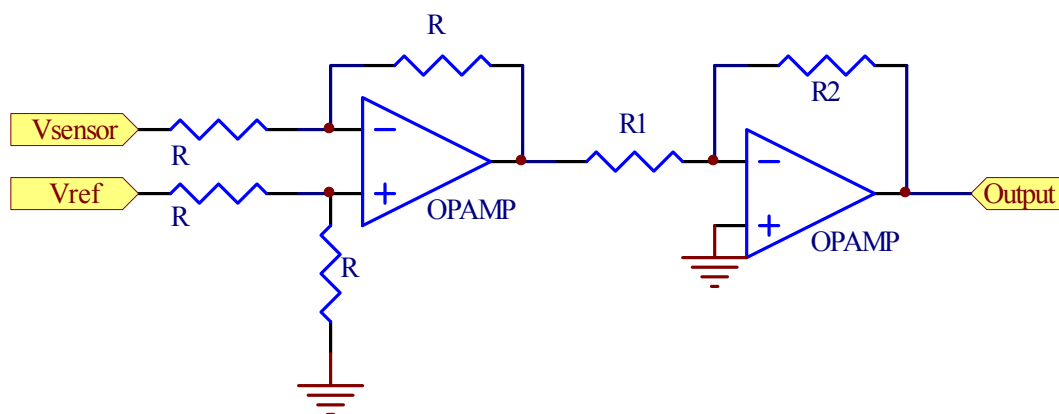


Σχήμα 2

B) Αναλογικός Έλεγχος (P-Controller)

Αντίθετα με τον έλεγχο δυο θέσεων όπου η έξοδος του ελεγκτή έχει μόνο δυο τιμές στον αναλογικό η έξοδος μπορεί να πάρει οποιαδήποτε τιμή ανάμεσα σε κάποια όρια . Ο έλεγχος αυτός δεν κάνει τίποτα παραπάνω παρά να ενισχύει το σφάλμα και με αυτό να ελέγχει μια διαδικασία.. Λόγω του ότι το σφάλμα συνεχώς ελαττώνεται όσο και να αυξάνουμε την ενίσχυση το γινόμενο τους παραμένει μικρό, έτσι αν για παράδειγμα θέλουμε να οδηγήσουμε ένα κινητήρα η τάση εξόδου του ελεγκτή θα μειώνεται συνεχώς ώσπου η τάση θα είναι τόσο μικρή που δεν θα μπορέσει να περιστρέψει το μοτέρ. Για αυτό το λόγο στον αναλογικό έλεγχο έχουμε πάντα ένα σφάλμα offset . Το σφάλμα αυτό μπορούμε να το μειώσουμε χρησιμοποιώντας διάφορους τρόπους αντιστάθμισης. Από τα παραπάνω εξάγουμε το συμπέρασμα ότι ο αναλογικός έλεγχος μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε διαδικασίες με μικρή χωρητικότητα και απότομες αλλαγές φορτίου όταν το αναλογικό κέρδος μπορεί να γίνει τέτοιο που να ελαττώσει το offset σε ένα αποδεκτό επίπεδο ή να μπορούν να χρησιμοποιηθούν διαδικασίες αντιστάθμισης.

Ένα τυπικό κύκλωμα ενός τέτοιου ελεγκτή είναι το παρακάτω.

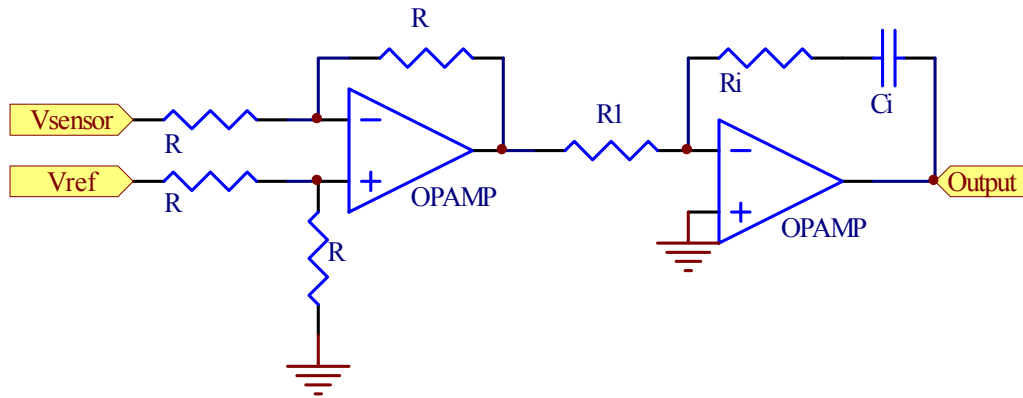


Σχήμα 3

Γ) Αναλογικός Ολοκληρωτικός Έλεγχος (PI-Controller)

Στον αναλογικό έλεγχο υπάρχει πάντα ένα σφάλμα μόνιμης κατάστασης , αν τροποποιήσουμε τον ελεγκτή έτσι ώστε να παράγει ένα σήμα συνεχώς αυξανόμενο όσο το σφάλμα δεν είναι μηδέν τότε το σφάλμα offset μπορεί να ελαχιστοποιηθεί. Αυτή είναι η αρχή του ολοκληρωτικού ελέγχου , δηλαδή η αλλαγή στο σήμα ελέγχου είναι ανάλογη του ολοκληρώματος του σφάλματος. Επειδή ο ολοκληρωτικός έλεγχος δεν δίνει ικανοποιητικά αποτελέσματα κατά την μεταβατική κατάσταση χρησιμοποιούμε και αναλογικό έλεγχο μαζί. Έτσι έχουμε τα επιθυμητά αποτελέσματα και κατά την μεταβατική και κατά την μόνιμη κατάσταση. Ο PI έλεγχος χρησιμοποιείται σε διαδικασίες με μεγάλες αλλαγές φορτίου όταν ο αναλογικός έλεγχος από μόνος του δεν είναι δυνατό να ελαττώσει το σφάλμα offset σε ένα αποδεκτό επίπεδο.

Ένα τυπικό κύκλωμα ενός PI-Controller είναι το παρακάτω.

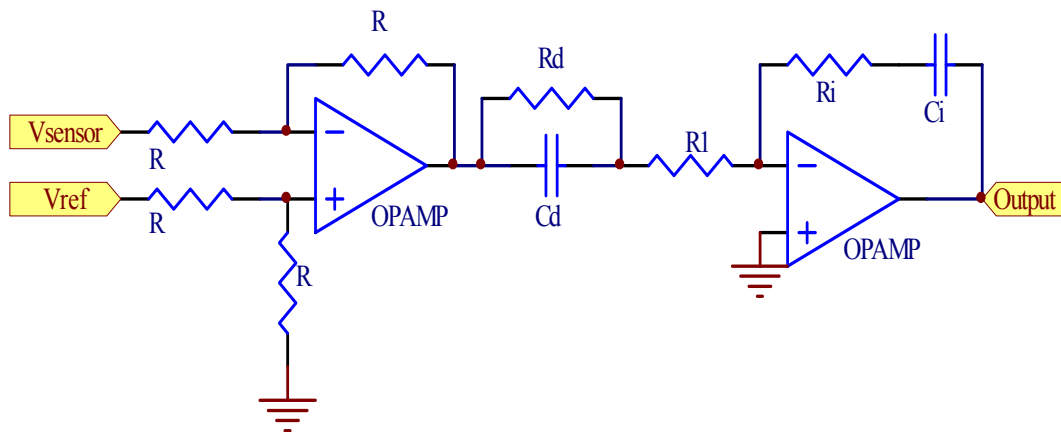


Σχήμα 4

Δ) Αναλογικός Ολοκληρωτικός Διαφορικός Έλεγχος (PID-Controller)

Ένα μειονέκτημα της ολοκληρωτικής πράξης είναι ότι τείνει να παράγει ένα σήμα ελέγχου ακόμα και όταν το σφάλμα έχει μηδενιστεί με αποτέλεσμα να παράγονται κάποιες ταλαντώσεις, για την απόσβεση αυτών χρησιμοποιούμε ελεγκτές που επιδρούν στην παράγωγο του σφάλματος. Ο έλεγχος παραγωγού δεν χρησιμοποιείται πότε μόνος του. Έτσι ο ποιος συνηθισμένος τύπος ελεγκτή είναι ο PID όπου χρησιμοποιεί και τις τρεις πράξεις και χρησιμοποιείται σε διαδικασίες με απότομες και μεγάλες αλλαγές φορτίου, όταν οι προηγούμενοι τρόποι ελέγχου δεν έχουν την δυνατότητα να διατηρήσουν το σφάλμα σε αποδεκτό επίπεδο. Ο έλεγχος παραγωγού προκαλεί την αντισταθμιστική διαδικασία η οποία ελαττώνει το μέγιστο σφάλμα που παράγεται από απότομες αλλαγές φορτίου.

Ένα τυπικό κύκλωμα ενός τέτοιου ελεγκτή είναι το παρακάτω.



Σχήμα 5

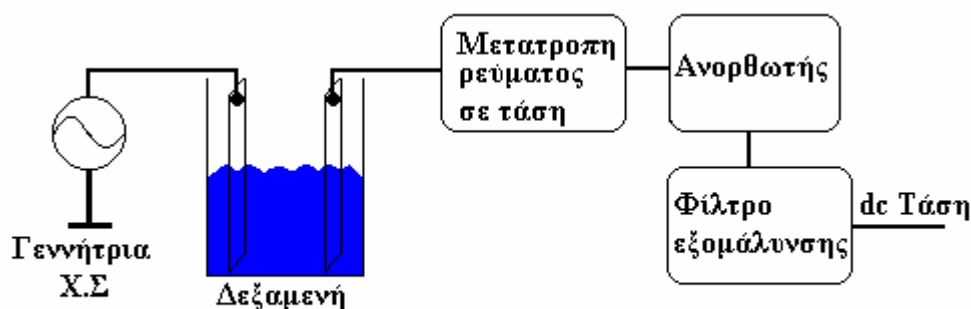
Οι παραπάνω ελεγκτές όπως είδαμε μπορούν να πραγματοποιηθούν με ηλεκτρονικά κυκλώματα όπου η συνάρτηση μεταφοράς τους υλοποιεί του απαιτούμενο αλγόριθμο ελέγχου. Η εξέλιξη όμως της τεχνολογίας και η μεγάλη ανάπτυξη των ηλεκτρονικών υπολογιστών μας δίνει την δυνατότητα της πραγματοποίησης ελέγχων με την βοήθεια κατάλληλων καρτών Η/Υ και λογισμικού.

Οι κάρτες παρέχουν το κατάλληλο hardware ώστε να επιτυγχάνεται η επικοινωνία με το περιβάλλον. Οι κάρτες αυτές έχουν συνήθως αναλογικές, ψηφιακές εισόδους και εξόδους, καθώς επίσης σήματα χρονισμού, μετρητές και άλλες βοηθητικές εξόδους. Με την βοήθεια των καρτών μπορούμε να παίρνουμε μετρήσεις από διάφορα ηλεκτρικά μεγέθη να τα επεξεργαζόμαστε

με το software και το αποτέλεσμα να το βγάζουμε σε μια έξοδο η οποία ελέγχει μια διαδικασία.. Αυτό συμβαίνει και στην παρούσα εργαστηριακή άσκηση. Με την βοήθεια της κάρτας μετράμε την τάση του μετατροπέα και την τάση αναφοράς στη συνέχεια το πρόγραμμα εκτελεί τον αλγόριθμο έλεγχου που έχουμε επιλέξει και το αποτέλεσμα το βγάζει από μια αναλογική έξοδο σαν τάση, η οποία οδηγεί την αντλία.

Η μέθοδος μετρήσεων και ελέγχου μέσω Η/Υ έχει πολλά και σημαντικά πλεονεκτήματα.. Δεν απαιτούνται πλέον πολλά και περίπλοκα ηλεκτρονικά κυκλώματα για την πραγματοποίηση του αλγόριθμου ελέγχου, αυτό γίνεται μέσω προγράμματος. Μπορούμε να αλλάξουμε εύκολα τις παραμέτρους του ελεγκτή χωρίς να επεμβαίνουμε σε ηλεκτρονικά εξαρτήματα. Ακόμα έχουμε την δυνατότητα να παρακολουθούμε την εξέλιξη της διαδικασίας μέσω γραφήματος από την οθόνη του υπολογιστή μας. Επίσης μας δίνεται η δυνατότητα να αποθηκεύσουμε τα δεδομένα των μετρήσεων σε κάποιο αρχείο για περαιτέρω επεξεργασία. Τέλος, ένα άλλο σημαντικό πλεονέκτημα είναι ότι μπορούμε να έχουμε πλήρη έλεγχο της διαδικασίας μέσω internet.

Μετατροπείς για την μέτρηση της στάθμης υγρού υπάρχουν διάφοροι, καθένας από τους οποίους στηρίζεται σε μια διαφορετική αρχή λειτουργίας. Στο παρακάτω σχήμα δίνεται ένα γενικό διάγραμμα με βάση το οποίο θα περιγράψουμε τη λειτουργία του μετατροπέα μας.



Σχήμα 6

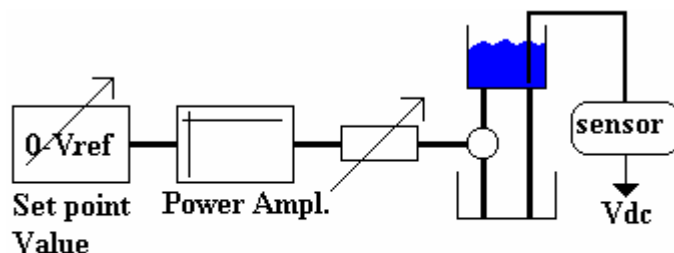
Μέσα στη δεξαμενή βυθίζονται δυο ηλεκτρόδια που αποτελούν τις πλάκες ενός πυκνωτή. Μέσα από τον πυκνωτή διοχετεύουμε ac ρεύμα από μια γεννήτρια χαμηλής συχνότητας . Όπως μεταβάλλεται η στάθμη του υγρού μέσα στη δεξαμενή , μεταβάλλεται και η διηλεκτρική σταθερά του πυκνωτή άρα και το ρεύμα που τον διαρρέει. Οι μεταβολές ρεύματος μετατρέπονται σε μεταβολές τάσης . Οι επόμενες δυο βαθμίδες (Ανορθωτής –Φίλτρο Εξομάλυνσης) θα δώσουν ένα dc σήμα ανάλογο του ac ρεύματος που διαρρέει τον πυκνωτή, το ac ρεύμα εξαρτάτε από τον πυκνωτή, δηλαδή από την διηλεκτρική σταθερά του, δηλαδή από την στάθμη του υγρού.

Πειραματική Διαδικασία.

1. Βαθμονόμηση του Μετατροπέα

Σκοπός αυτής της άσκησης είναι να υπάρξει μια αντιστοιχία μεταξύ της στάθμης του υγρού και των τάσεων που δίνει το αισθητήριο στην έξοδο του.

- Κατασκευάστε τη διάταξη του σχήματος. Συνδέστε την έξοδο του αισθητηρίου στην είσοδο "SENSOR" (Pin 33) της κάρτας του H/Y



Σχήμα 7

- Τοποθετήστε το U_{ref} στο μέγιστο της τιμής.
- Κλείστε την εκροή της δεξαμενής.
- Τροφοδοτήστε τον μετατροπέα με τις τάσεις που αναγράφονται στο σασί.
- Τρέξτε το αρχείο WATERTANK.vi
- Τοποθετήστε το διακόπτη στη θέση «ΒΑΘΜΟΝΟΜΗΣΗ ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΑ»
- Πατήστε το κουμπί Run του προγράμματος
- Πατήστε το κουμπί «ΕΝΑΡΞΗ» και στο πλαίσιο διαλόγου που θα εμφανιστεί γράψτε το όνομα του αρχείου όπου θα καταγράφουν οι μετρήσεις
- Ανοίξτε το γενικό διακόπτη
- Με την έναρξη λειτουργίας του μοτέρ θα αρχίσει να αυξάνει η στάθμη του υγρού στη δεξαμενή και παράλληλα ο μετατροπέας να δίνει μια dc τάση στην έξοδο του. Κάθε φορά που το νερό φτάνει κάποια στάθμη πατήστε το πλήκτρο F12 του H/Y. Όταν η δεξαμενή γεμίσει τοποθετήστε το U_{ref} στο μηδέν και ανοίξτε την εκροή, καθώς αδειάζει η δεξαμενή ακολουθήστε την παραπάνω διαδικασία, όταν αδειάσει η δεξαμενή τότε πατήστε πάλι το κουμπί «ΕΝΑΡΞΗ» ώστε να σταματήσει το πρόγραμμα.
- Το αρχείο που πήρατε περιέχει στην πρώτη στήλη την τάση του μετατροπέα κατά την φάση του γεμίσματος και η δεύτερη στήλη κατά την φάση του αδειάσματος.
- Με βάση τις μετρήσεις του αρχείου κάντε την γραφική παράσταση του ύψους της στάθμης του υγρού σε σχέση με την τάση στην έξοδο του μετατροπέα τόσο κατά την φάση του γεμίσματος όσο και κατά την φάση αδειάσματος, στο ίδιο γράφημα.

Διατυπώστε τα συμπεράσματά σας όσον αφορά την γραμμικότητα και την υστέρηση του μετατροπέα.

Περισσότερες λεπτομέρειες για την ακριβείς διεξαγωγή αυτού του πειράματος καθώς και την επεξεργασία των μετρήσεων στο παράρτημα της άσκησης.

2. Το Ανοικτό Σύστημα

Σκοπός της άσκησης είναι να καταγράψουμε την απόκριση της εξόδου σε μια βηματική εντολή (V_{ref}) στην είσοδο του ανοικτού συστήματος.

- Κατασκευάστε τη διάταξη του σχήματος 7. Συνδέστε την έξοδο του αισθητηρίου στην είσοδο "SENSOR" (Pin 33) της κάρτας του Η/Υ
- Τροφοδοτήστε τον μετατροπέα.
- Τοποθετήστε την αντλία στο μέγιστο της
- Ρυθμίστε την εκροή ώστε να είναι κλειστή
- Τοποθετήστε το setpoint στο 100%
- Τοποθετήστε το διακόπτη στην θέση «ΕΛΕΓΧΟΣ ΚΑΙ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ»
- Από το μενού «ΕΠΙΛΟΓΗ ΤΥΠΟΥ ΕΛΕΓΚΤΗ Ή ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ» επιλέξτε «ΜΟΝΟ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ»
- Πατήστε το κουμπί Run του προγράμματος
- Πατήστε το κουμπί «ΕΝΑΡΞΗ» και στο πλαίσιο διαλόγου που θα εμφανιστεί γράψτε το όνομα του αρχείου όπου θα καταγράφουν οι μετρήσεις
- Ανοίξτε το γενικό διακόπτη και περιμένετε μέχρι το σύστημα να φτάσει στην μόνιμη κατάσταση έπειτα πατήστε το κουμπί «ΕΝΑΡΞΗ» για να σταματήσει η διαδικασία των μετρήσεων.
- Κλείστε το γενικό διακόπτη
- Επαναλάβετε την διαδικασία για setpoint 90%

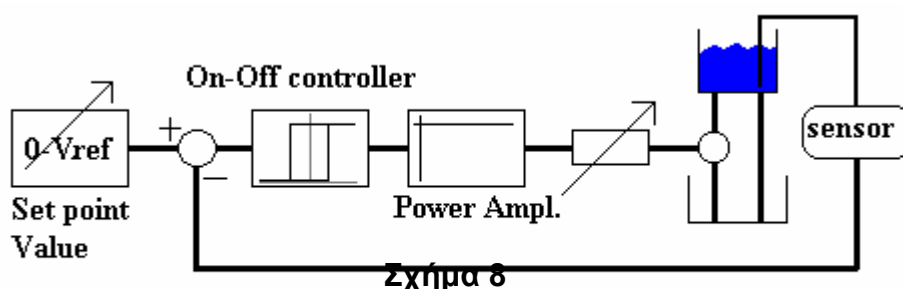
Με βάση τα στοιχεία των μετρήσεων κάντε γραφική παράσταση που να δίνει την μεταβολή της εξόδου με τον χρόνο.

Επαναλάβετε την διαδικασία με την εκροή ανοικτή.
Διατυπώστε τα συμπεράσματά σας.

3. Το κλειστό Σύστημα


i) ON-OFF Έλεγχος

Σκοπός της άσκησης είναι να συνδέσουμε ένα ελεγκτή δυο θέσεων στο σύστημα ελέγχου και να καταγράψουμε τα χαρακτηριστικά της σταθεροποίησης σε μια συγκεκριμένη στάθμη. Ως εκ τούτου θα είναι δυνατόν να συνάγουμε συμπεράσματα σχετικά με το πλάτος και την περίοδο των ταλαντώσεων, την υστέρηση κ.τ.λ.
Η πειραματική μας διάταξη φαίνεται στο σχήμα 8.



Οι ελεγκτές δυο θέσεων είναι διατάξεις που η μεταβλητή εξόδου τους μπορεί να κυμανθεί μόνο μεταξύ δυο τιμών . Έχουν πολλές εφαρμογές σε περιπτώσεις που δεν απαιτείται ιδιαίτερη ακρίβεια.
(Λεπτομέρειες για την λειτουργία και τα χαρακτηριστικά ενός τέτοιου ελεγκτή στη θεωρία του μαθήματος.)

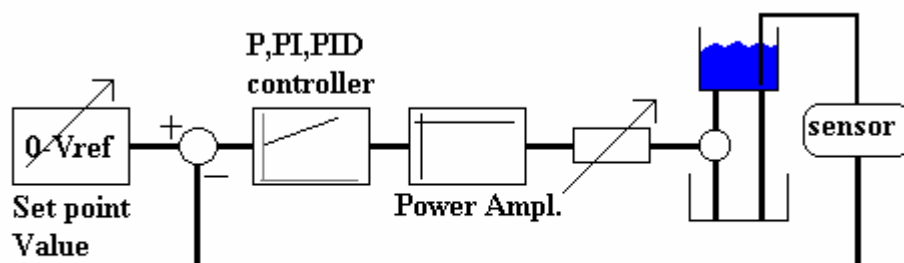
Πειραματική Διαδικασία

- Συνδέστε το σύστημα όπως φαίνεται στο γενικό διάγραμμα (σχήμα 8) με εισροή από κάτω και εκροή κλειστή.
 - Τοποθετήστε το setpoint σε μια τιμή που να αναφέρεται σε ύψος στάθμης στο μέσο περίπου της δεξαμενής .
 - Ανοίξτε το γενικό διακόπτη.
 - Καθορίστε την υστέρηση του ελεγκτή (από 1-2 Volt περίπου)
 - Τοποθετήστε το διακόπτη στην θέση «ΕΛΕΓΧΟΣ ΚΑΙ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ»
 - Από το μενού «ΕΠΙΛΟΓΗ ΤΥΠΟΥ ΕΛΕΓΚΤΗ Ή ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ» επιλέξτε «ON-OFF Ελεγκτής»
 - Πατήστε το κουμπί Run του  προγράμματος
 - Θέστε το κουμπί «ΕΝΑΡΞΗ» στη θέση ON. Στο πλαίσιο διαλόγου που θα εμφανιστεί πληκτρολογήστε το όνομα του αρχείου όπου θα αποθηκευτούν οι μετρήσεις.
 - Παρατηρήστε την εξέλιξη του φαινομένου. Όταν συμπληρωθούν ένα έως δυο περίοδοι ταλαντώσεων θέστε το κουμπί «ΕΝΑΡΞΗ» στη θέση off .
- Με την βοήθεια των μετρήσεων κάντε το γράφημα της μεταβολής της στάθμης σε σχέση με το χρόνο, έπειτα υπολογίστε το πλάτος της ταλάντωσης, την περίοδο και μετρήστε την υστέρηση.
- Με βάση τα παραπάνω πια είναι η χαρακτηριστική μεταφοράς;
- Επαναλάβετε τα προηγούμενα βήματα με διαφορετική υστέρηση.

ii) Έλεγχος P,PI,PID

Σκοπός της άσκησης είναι να μελετήσουμε τα χαρακτηριστικά ενός συστήματος που χρησιμοποιεί τους παραπάνω ελεγκτές για την διαδικασία ελέγχου.

Η πειραματική διάταξη φαίνεται στο σχήμα 9 .




Σχήμα 9

Οι ελεγκτές P,PI και PID αναφέρονται σαν συνεχώς λειτουργούντες ελεγκτές αφού η μεταβλητή εξόδου τους μπορεί να πάρει μια οποιαδήποτε τιμή μέσα σε μια ορισμένη περιοχή και να διατηρήσει αυτήν την τιμή. Αυτή

η ιδιότητα, της συνεχόμενης μεταβλητής εξόδου, είναι το κύριο πλεονέκτημα σε σύγκριση με τον ελεγκτή δυο θέσεων .
(Περισσότερα πάνω στους ελεγκτές στην θεωρία του μαθήματος.)

Πειραματική Διαδικασία

- Συνδέστε το σύστημα όπως φαίνεται στο γενικό διάγραμμα (σχήμα 9) με εισροή από κάτω και εκροή κλειστή.
- Τοποθετήστε το setpoint σε μια τιμή που να αναφέρεται σε ύψος στάθμης στο μέσο περίπου της δεξαμενής .
- Ανοίξτε το γενικό διακόπτη.
- Καθορίστε το κέρδος του P ελεγκτή
- Τοποθετήστε το διακόπτη στην θέση «ΕΛΕΓΧΟΣ ΚΑΙ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ»
- Από το μενού «ΕΠΙΛΟΓΗ ΤΥΠΟΥ ΕΛΕΓΚΤΗ Ή ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ» επιλέξτε «P Ελεγκτής»
- Πατήστε το κουμπί Run του  προγράμματος
- Θέστε το κουμπί «ΕΝΑΡΞΗ» στη θέση ON. Στο πλαίσιο διαλόγου που θα εμφανιστεί πληκτρολογήστε το όνομα του αρχείου όπου θα αποθηκευτούν οι μετρήσεις.
- Παρατηρήστε την εξέλιξη του φαινομένου. Όταν το σύστημα φτάσει στην μόνιμη κατάσταση θέστε το κουμπί «ΕΝΑΡΞΗ» στη θέση off .Με την βοήθεια των μετρήσεων κάντε το γράφημα της μεταβολής της στάθμης σε σχέση με το χρόνο.
- Επαναλάβετε τα προηγούμενα βήματα με διαφορετική ενίσχυση .
Το setpoint αναφέρεται σε μια επιθυμητή στάθμη ενώ η έξοδος αντιπροσωπεύει την πραγματική στάθμη. Υπάρχει σφάλμα μόνιμης κατάστασης;
Η σταθερά ενίσχυσης επιδρά στη μείωση του σφάλματος και γιατί;
Μετρείστε το μεταβατικό στάδιο.
Αδειάστε τώρα τη δεξαμενή και επαναλάβετε τα παραπάνω βήματα αφού πρώτα επιλέξετε PI έλεγχο και καθορίσετε τις παραμέτρους του ελεγκτή.
Το σύστημα τώρα συμπεριφέρεται καλύτερα;
Επαναλάβετε τα ίδια για τον PID controller.

Σχεδιάστε ξανά σε ένα γράφημα τις καμπύλες που αναφέρονται σε σταθεροποίηση της στάθμης της δεξαμενής με P,PI,PID ελεγκτή και διατυπώστε τα συμπεράσματά σας.

ΠΙΕΣΗ

Ο σκοπός αυτής της άσκησης είναι να μελετήσουμε τη διαδικασία ελέγχου πίεσης υγρού , που στη συγκεκριμένη περίπτωση είναι μια δεξαμενή νερού. Όπως σε όλα τα συστήματα ελέγχου , για να γίνει έλεγχος πίεσης υγρού θα πρέπει να υπάρχει η δυνατότητα μέτρησης της πίεσης του υγρού με κάποιο αισθητήριο και κατα συνέχεια μετατροπή αυτής σε τάση καταρχήν και κατα συνέχεια σε ακολουθία bit.Στο συγκεκριμένο πείραμα δεν μας νοιάζει τόσο να δείξουμε πώς το αισθητήριο λειτουργει και ποιά είναι η διαδικασία πριν το λειτουργικό του υπολογιστή.Εδώ θεωρούμε οτι αυτά τα είδαμε στην προηγούμενη μέτρηση του υγρού στην στάθμη αυτού,σκοπός μας είναι να δούμε εναλλακτικές μετρήσεις και έλεγχο της παραμέτρου της πίεσης με ποιό απλό τρόπο.Εδώ θεωρούμε οτι έλεγχος γίνεται απο τους διακόπτες ρύθμισης μέγιστης και ελάχιστης τιμής και όχι πάνω στον αλγόριθμο ελέγχου.

Πειραματική διαδικασία

- Ανοίξτε το αρχείο πίεση-θερμοκρασία.
- Παρατηρήστε το περιβάλλον του υπολογιστή μπαρόμετρα ,θερμόμετρο ενδείκτες κτλ
- Δουλεύουμε στο κομμάτι του μπαρόμετρου αφού μιλάμε για πίεση.
- Πάνω απο το μπαρόμετρο βρίσκεται η ψηφιακή ένδειξη αυτού.
- Κάτω ακριβώς απο αυτό υπάρχουν οι διακόπτες οι οποίοι ρυθμίζουν την μέγιστη και ελάχιστη τιμή της πίεσης που μπορεί να έχει το υγρο και δίπλα απο αυτά υπάρχουν οι ψηφιακές ενδείξεις αυτών, ενώ υπάρχουν και δύο ενδεικτικοί διακόπτες οι οποίοι ανάβουν οτάν έχουμε διαφορετικές τιμές και εκτός ορίων απο τις αρχικές ρυθμίσεις.
- Ρυθμίστε την μέγιστη τιμή και την ελάχιστη τιμή της πίεσης που μπορεί να λάβει το υγρό
- Τοποθεσία εγγραφής βάλτε ένα άδειο αρχείο excell
- Πατήστε τον διακόπτη προσθήκη στο υπάρχων για να μην χρειάζεται κάθε φορα να αλλάζουμε αρχείο.
- Πατήστε τον διακόπτη έναρξης.
- Πατήστε το run continuously για να επαναλαμβάνεται η διαδικασία συνεχώς.
- Παρατηρήστε την γραφική παράσταση,
- Αφού πάρετε κάποιες μετρήσεις σταματήστε το πρόγραμμα.\
- Ανοίξτε το αρχείο καταγραφής μέσα σε αυτό βλέπουμε μια στήλη η οποία εναλλάξ έχει τις τιμές πίεσης θερμοκρασίας
- Πάρτε τις τιμές της πίεσης και δημιουργήστε την γραφική παράσταση αυτής.
- Σε ποία σημεία ξεπεράστηκε η τιμή αυτής είτε για την ελάχιστη είτε για την μέγιστη τιμή η οποία αποδώθηκε αρχικά.
- Διατυπώστε τα συμπεράσματα σας.

ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ

Ο σκοπός αυτής της άσκησης είναι να μελετήσουμε τη διαδικασία ελέγχου θερμοκρασίας υγρού , που στη συγκεκριμένη περίπτωση είναι μια δεξαμενή νερού. Όπως σε όλα τα συστήματα ελέγχου , για να γίνει έλεγχος θερμοκρασίας υγρού θα πρέπει να υπάρχει η δυνατότητα μέτρησης της θερμοκρασίας του υγρού με κάποιο αισθητήριο και κατα συνέχεια μετατροπή αυτής σε τάση καταρχήν και κατα συνέχεια σε ακολουθία bit. Στο συγκεκριμένο πείραμα δεν μας νοιάζει τόσο να δείξουμε πώς το αισθητήριο λειτουργεί και ποιό είναι η διαδικασία πριν το λειτουργικό του υπολογιστή. Εδώ θεωρούμε ότι αυτά τα είδαμε στην προηγούμενη μέτρηση του υγρού στην στάθμη αυτού, σκοπός μας είναι να δούμε εναλλακτικές μετρήσεις και έλεγχο της παραμέτρου της θερμοκρασίας με ποιό απλό τρόπο. Εδώ θεωρούμε ότι έλεγχος γίνεται από τους διακόπτες ρύθμισης μέγιστης και ελάχιστης τιμής και όχι πάνω στον αλγόριθμο ελέγχου.

Πειραματική διαδικασία

- Ανοίξτε το αρχείο πίεση-θερμοκρασία.
- Παρατηρήστε το περιβάλλον του υπολογιστή μπαρόμετρα ,θερμόμετρο ενδείκτες κτλ
- Δουλεύουμε στο κομμάτι του θερμόμετρου αφού μιλάμε για θερμοκρασία.
- Πάνω από το θερμόμετρο βρίσκεται η ψηφιακή ένδειξη αυτού.
- Κάτω ακριβώς από αυτό υπάρχουν οι διακόπτες οι οποίοι ρυθμίζουν την μέγιστη και ελάχιστη τιμή της πίεσης που μπορεί να έχει το υγρό και δίπλα από αυτά υπάρχουν οι ψηφιακές ενδείξεις αυτών, ενώ υπάρχουν και δύο ενδεικτικοί διακόπτες οι οποίοι ανάβουν όταν έχουμε διαφορετικές τιμές και εκτός ορίων από τις αρχικές ρυθμίσεις.
- Ρυθμίστε την μέγιστη τιμή και την ελάχιστη τιμή της θερμοκρασίας που μπορεί να λάβει το υγρό
- Τοποθεσία εγγραφής βάλτε ένα άδειο αρχείο excell
- Πατήστε τον διακόπτη προσθήκη στο υπάρχων για να μην χρειάζεται κάθε φορά να αλλάζουμε αρχείο.
- Πατήστε τον διακόπτη έναρξης.
- Πατήστε το run continuously για να επαναλαμβάνεται η διαδικασία συνεχώς.
- Παρατηρήστε την γραφική παράσταση,
- Αφού πάρετε κάποιες μετρήσεις σταματήστε το πρόγραμμα.
- Ανοίξτε το αρχείο καταγραφής μέσα σε αυτό βλέπουμε μια στήλη η οποία εναλλάξ έχει τις τιμές πίεσης θερμοκρασίας
- Πάρτε τις τιμές της θερμοκρασίας και δημιουργήστε την γραφική παράσταση αυτής.
- Σε ποία σημεία ξεπεράστηκε η τιμή αυτής είτε για την ελάχιστη είτε για την μέγιστη τιμή η οποία αποδώθηκε αρχικά.
- Διατυπώστε τα συμπεράσματά σας.

ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

ΓΕΝΙΚΕΣ ΟΔΗΓΙΕΣ :

- A) Τα αρχεία με τις μετρήσεις πρώτα τα σώζουμε στον σκληρό δίσκο και μετά τα παίρνουμε σε δισκέτα.
- B) Τα αρχεία μπορούν να έχουν οποιαδήποτε κατάληξη.
- Γ) Η επεξεργασία των μετρήσεων μπορεί να γίνει με οποιαδήποτε spreadsheet.

1. ΒΑΘΜΟΝΟΜΗΣΗ ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΑ

Ακολουθούμε τα βήματα όπως είναι στο πείραμα, επιπλέον όταν είναι γεμάτη η δεξαμενή και αρχίζουμε να την αδειάζουμε στην 10η στάθμη ξαναπατάμε το F12 ενώ στην συνέχεια όταν είναι τελείως άδεια η δεξαμενή δεν παίρνουμε μέτρηση. Δηλαδή οι μετρήσεις είναι από την πρώτη στάθμη μέχρι την δέκατη.

Για την επεξεργασία των μετρήσεων: Για την δημιουργία του γραφήματος επιλέγουμε γράφημα γραμμών και **όχι διασποράς (X,Y)**

2. ΤΟ ΑΝΟΙΚΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ

Τα αρχεία που περιέχουν τις μετρήσεις από το ανοικτό σύστημα έχουν δυο στήλες με δεδομένα η πρώτη έχει τον χρόνο σε sec και η δεύτερη την τάση του μετατροπέα σε Volts .

Για την δημιουργία των γραφημάτων επιλέγουμε γράφημα τύπου διασποράς (X,Y)

3. ΤΟ ΚΛΕΙΣΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ

Τα αρχεία είναι όπως στο ανοικτό σύστημα. Για το τελευταίο γράφημα όπου πρέπει να μπουν και οι τρεις έλεγχοι μαζί, ανοίγουμε το αρχείο με τις περισσότερες μετρήσεις και στην συνέχεια αντιγράφουμε από τα αλλά αρχεία τα δεδομένα **μόνο των τάσεων** στο αρχείο που έχουμε ανοίξει. Έπειτα επιλέγουμε όλα τα κελιά και δημιουργούμε γράφημα διασποράς.

