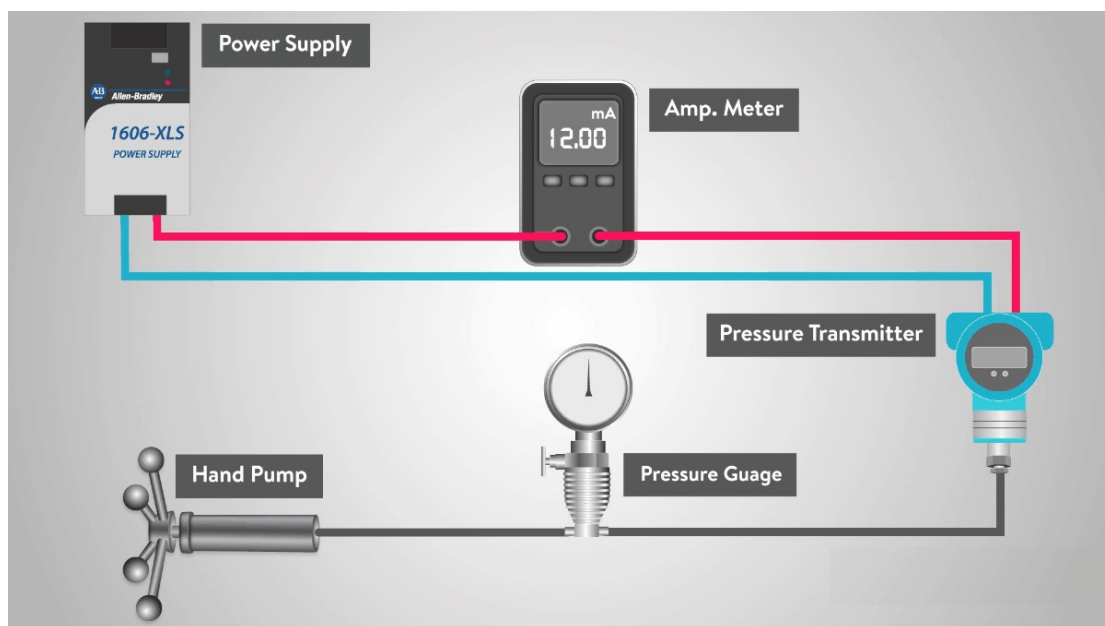


Τι είναι η βαθμονόμηση αισθητήρων και γιατί είναι σημαντική;

Σε αυτό το μάθημα θα μοιραστούμε μαζί σας πρακτικές γνώσεις σχετικά με τη βαθμονόμηση αισθητήρων.



Γιατί είναι σημαντική η βαθμονόμηση; Όταν οι μηχανικοί σχεδιάζουν σύγχρονες μονάδες επεξεργασίας, προδιαγράφουν αισθητήρες για τη μέτρηση σημαντικών μεταβλητών διεργασίας, όπως παροχή, στάθμη, πίεση και θερμοκρασία.

Αυτές οι μετρήσεις χρησιμοποιούνται για να βοηθήσουν το σύστημα ελέγχου διεργασίας να ρυθμίζει βαλβίδες, αντλίες και άλλους ενεργοποιητές στη μονάδα, ώστε να διατηρούνται οι σωστές τιμές αυτών των μεγεθών και να εξασφαλίσουν ασφαλή λειτουργία.

Πώς εξασφαλίζει μια μονάδα τη σωστή λειτουργία αυτών των αισθητήρων, ώστε η πραγματική τιμή της διεργασίας να μετράται και να μεταδίδεται στο σύστημα ελέγχου;

In this article, you will learn that the answer to that question is: “Sensor Calibration”. Σε αυτό το άρθρο, θα μάθετε ότι η απάντηση σε αυτή την ερώτηση είναι: “Βαθμονόμηση Αισθητήρων”.

Η βαθμονόμηση αισθητήρων είναι μια προσαρμογή ή σύνολο προσαρμογών που εκτελούνται σε έναν αισθητήρα ή όργανο για να λειτουργεί αυτό το όργανο όσο το δυνατόν πιο ακριβώς ή χωρίς σφάλματα. Αυτά είναι μερικά από τα πλεονεκτήματα της βαθμονόμησης.

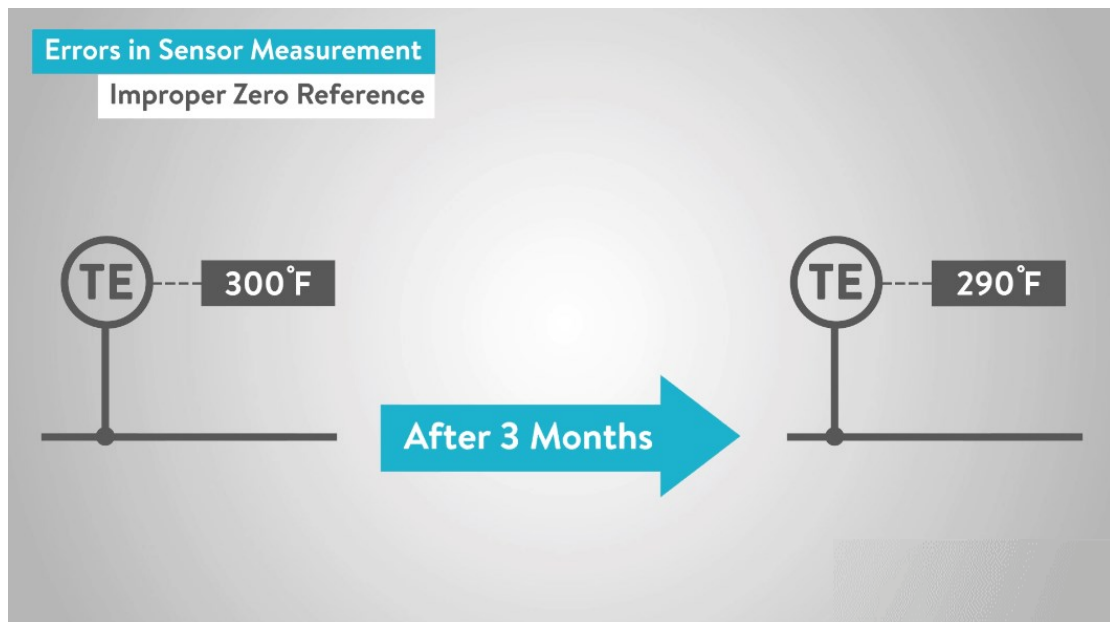
1. Σφάλματα στη Μέτρηση Αισθητήρα

Το σφάλμα είναι απλώς η αλγεβρική διαφορά μεταξύ της ένδειξης και της πραγματικής τιμής της μετρηθείσας μεταβλητής. Τα σφάλματα στη μέτρηση αισθητήρων μπορεί να προκληθούν από πολλούς παράγοντες.

1.1. Σφάλμα λόγω Λανθασμένης Αναφοράς Μηδενικού

Πρώτον, το όργανο μπορεί να μην έχει σωστή αναφορά μηδενισμού (zero reference).

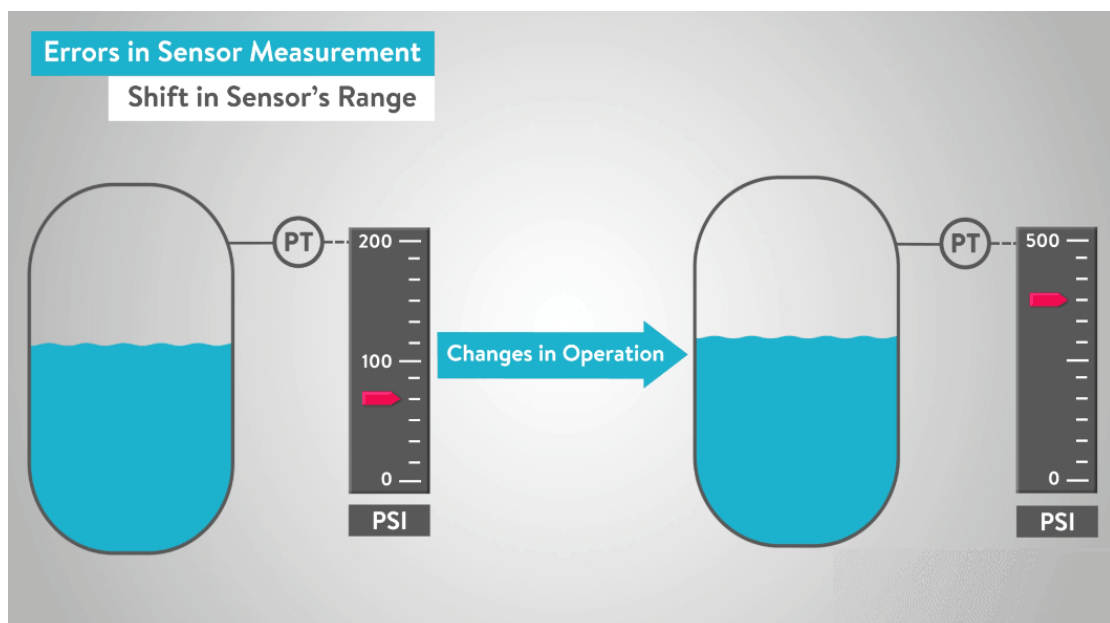
Οι σύγχρονοι αισθητήρες και οι πομποί είναι ηλεκτρονικές συσκευές, και η τάση αναφοράς ή το σήμα μπορεί να παρουσιάσει ολίσθηση (drift) με τον χρόνο, λόγω μεταβολών θερμοκρασίας, πίεσης ή περιβαλλοντικών συνθηκών.



1.2. Σφάλμα λόγω Μετατόπισης του Εύρους Μέτρησης

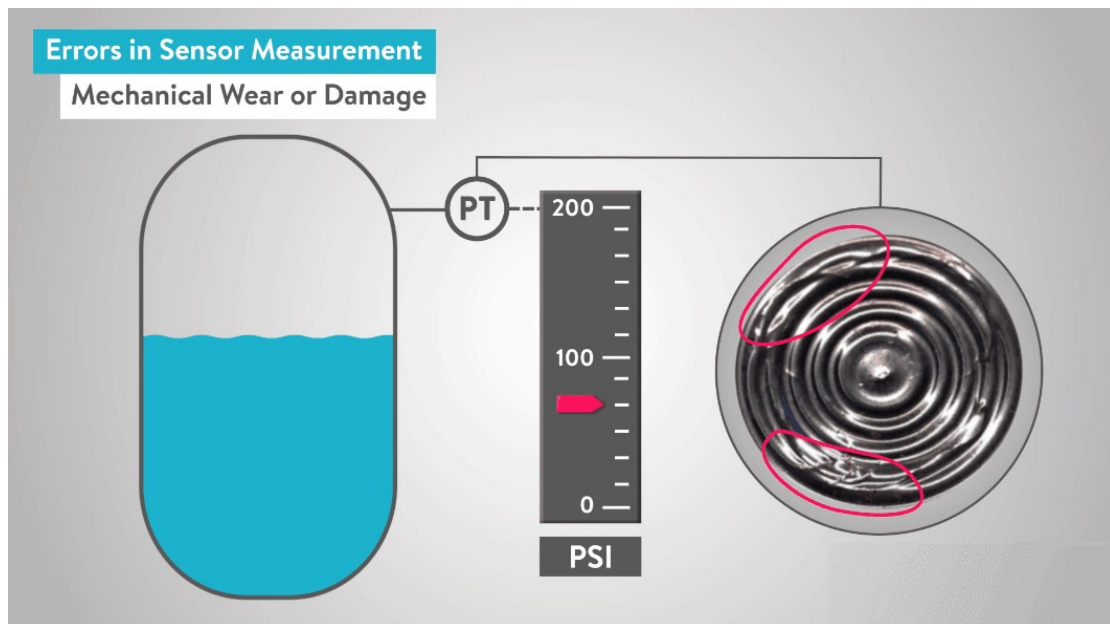
Δεύτερον, το "εύρος του αισθητήρα" μπορεί να μετατοπιστεί λόγω των ίδιων συνθηκών που μόλις αναφέρθηκαν, ή ίσως το λειτουργικό εύρος της διεργασίας έχει αλλάξει.

Για παράδειγμα, μια διεργασία μπορεί αυτή τη στιγμή να λειτουργεί στο εύρος 0 έως 200 PSI (0–14 bar), αλλά οι αλλαγές στη λειτουργία θα απαιτήσουν εύρος 0 έως 500 PSI (0–34,5 bar).



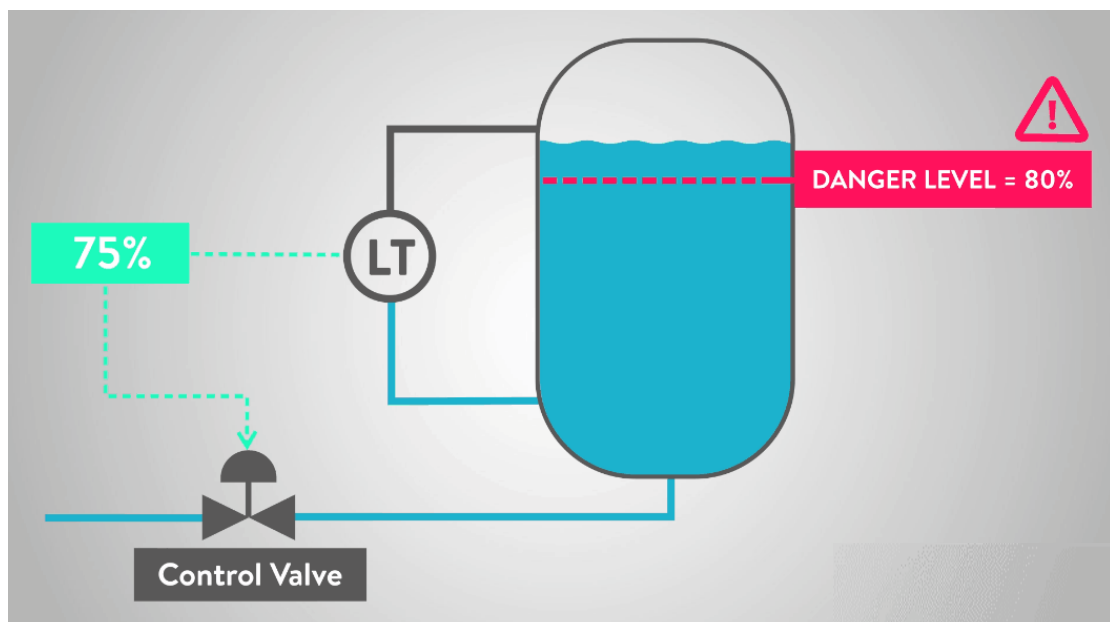
1.3. Σφάλμα λόγω Μηχανικής Φθοράς ή Ζημιάς

Τρίτον, το σφάλμα στη μέτρηση του αισθητήρα μπορεί να συμβεί λόγω μηχανικής φθοράς ή ζημιάς. Συνήθως, αυτός ο τύπος σφάλματος θα απαιτήσει επισκευή ή αντικατάσταση της συσκευής.



Τα σφάλματα δεν είναι επιθυμητά, καθώς το σύστημα ελέγχου δεν θα έχει ακριβή δεδομένα από τα οποία να λαμβάνει αποφάσεις ελέγχου, όπως η ρύθμιση της εξόδου μιας βαλβίδας ελέγχου ή η ρύθμιση της ταχύτητας μιας αντλίας τροφοδοσίας.

Αν η βαθμονόμηση είναι πολύ μακριά από τις ακριβείς συνθήκες διεργασίας, η ασφάλεια μπορεί να τεθεί σε κίνδυνο.



Ο μηχανικός οργανολογίας ή λειτουργίας μιας μονάδας χρειάζεται κάθε όργανο να έχει σωστή βαθμονόμηση.

Η σωστή βαθμονόμηση θα αποφέρει ακριβείς μετρήσεις, οι οποίες με τη σειρά τους, καθιστούν εφικτό τον αξιόπιστο έλεγχο της διεργασίας.

Όταν πραγματοποιείται καλός έλεγχος, τότε η διεργασία έχει τις βέλτιστες προϋποθέσεις για αποδοτική και ασφαλή λειτουργία.

2. Βαθμονόμηση Αισθητήρα

Οι περισσότερες σύγχρονες μονάδες επεξεργασίας διαθέτουν προγράμματα βαθμονόμησης αισθητήρων, τα οποία απαιτούν τα όργανα να βαθμονομούνται περιοδικά.

Η βαθμονόμηση μπορεί να διαρκέσει αρκετό χρονικό διάστημα, ειδικά αν η συσκευή είναι δύσκολα προσβάσιμη ή απαιτεί ειδικά εργαλεία.

2.1. Τι είναι ένας Έλεγχος “As-Found”;

Για την ελαχιστοποίηση του χρόνου βαθμονόμησης, πρώτα εκτελείται ένας έλεγχος “όπως βρέθηκε” στο όργανο. Αυτό είναι απλώς η εκτέλεση μιας βαθμονόμησης πριν από οποιεσδήποτε ρυθμίσεις.

Εάν η τρέχουσα βαθμονόμηση του οργάνου βρεθεί εντός της δηλωμένης ανοχής για τη συσκευή, τότε η επαναβαθμονόμηση δεν απαιτείται.

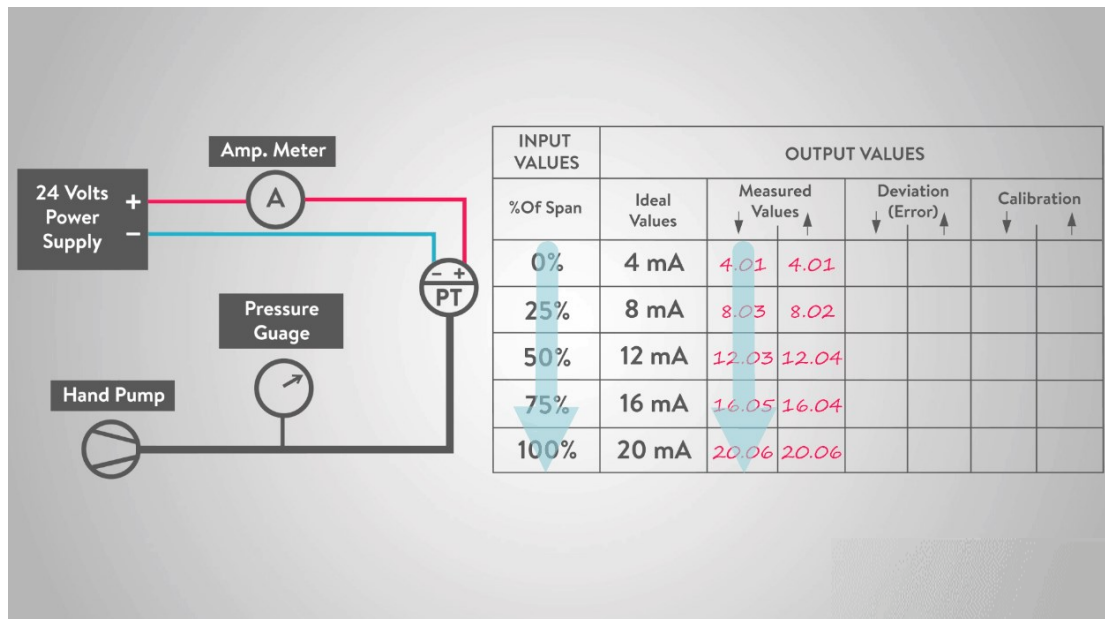
Calibration Sheet							
INPUT VALUES		OUTPUT VALUES					
%Of Span	Ideal Values	Measured Values		Deviation (Error)		Calibration	
		↓	↑	↓	↑	↓	↑
0%	4 mA						
25%	8 mA						
50%	12 mA						
75%	16 mA						
100%	20 mA						

Area to Record “As Found” Values

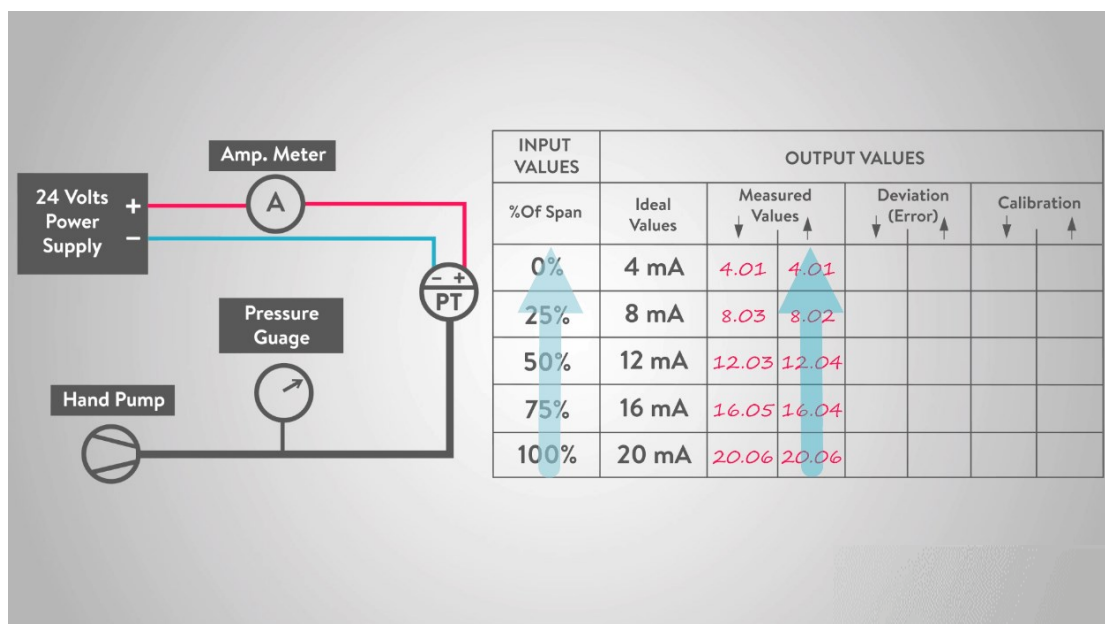
2.2. Πώς να εκτελέσετε έναν έλεγχο “As-Found” ή “Five-Point”

Για να εκτελέσετε έναν έλεγχο “as-found”, χρησιμοποιείται ένα ακριβές και αξιόπιστο όργανο για την παραγωγή σημάτων που αντιστοιχούν στο 0%, 25%, 50%, 75% και 100% του εύρους μέτρησης του πομπού.

Η αντίστοιχη έξοδος του πομπού, σε milliamperere, παρατηρείται και καταγράφεται. Αυτό ονομάζεται έλεγχος “Five-point”.



Στη συνέχεια, προκειμένου να ελεγχθεί η υστέρηση, ένα φαινόμενο κατά το οποίο η έξοδος του αισθητήρα για μια τιμή διαδικασίας είναι διαφορετική κατά την «καθοδική» κίνηση σε σχέση με την «ανωδική», οι σήματα εξόδου που αντιστοιχούν στο 100%, 75%, 50%, 25% και 0% καταγράφονται με τη σειρά.



2.3. Πώς να υπολογίσετε τις αποκλίσεις (σφάλματα) ενός αισθητήρα

Οι αποκλίσεις σε κάθε σημείο ελέγχου υπολογίζονται και συγκρίνονται με την μέγιστη επιτρεπόμενη απόκλιση για τη συσκευή.

Αν η απόκλιση είναι μεγαλύτερη από τη μέγιστη επιτρεπόμενη, τότε πραγματοποιείται πλήρης βαθμονόμηση.

Αν η απόκλιση είναι μικρότερη από τη μέγιστη επιτρεπόμενη, τότε δεν απαιτείται βαθμονόμηση αισθητήρα.

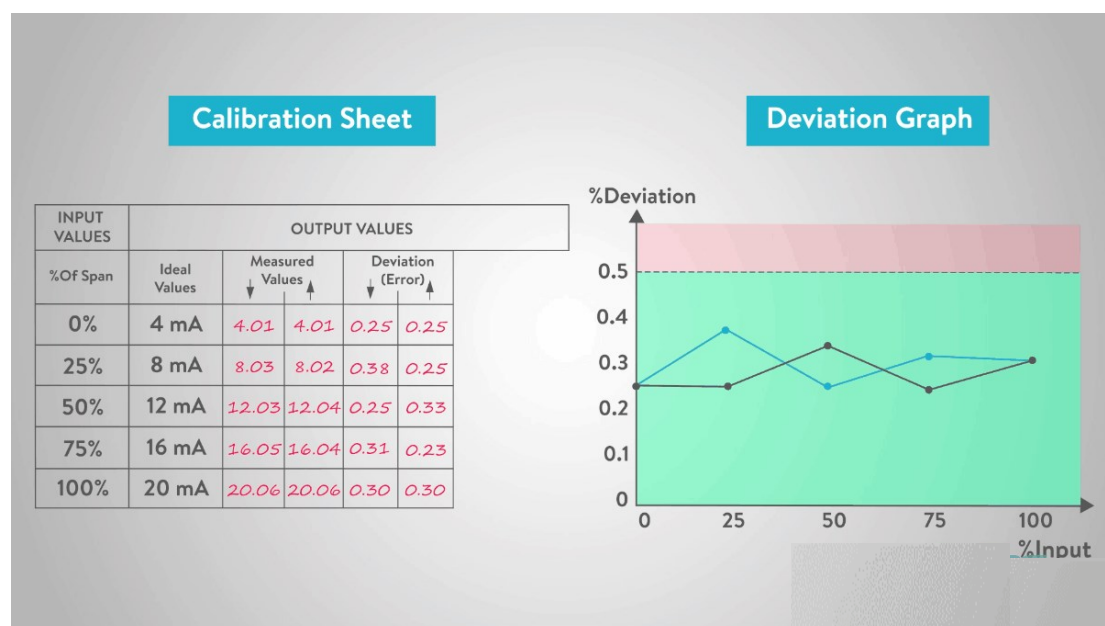
INPUT VALUES	OUTPUT VALUES							
	%Of Span	Ideal Values	Measured Values		Deviation (Error)		Calibration	
			↓	↑	↓	↑	↓	↑
0%	4 mA	4.01	4.01					
25%	8 mA	8.03	8.02					
50%	12 mA	12.03	12.04					
75%	16 mA	16.05	16.04					
100%	20 mA	20.06	20.06					

$$\frac{\text{As Found Value} - \text{Ideal Value}}{\text{Ideal Value}} \times 100 = \% \text{Deviation}$$

Ας υποθέσουμε ότι η μέγιστη ανοχή απόκλισης είναι 0,5%.

Χρησιμοποιώντας τα δεδομένα από το φύλλο βαθμονόμησης, βλέπουμε από το γράφημα ότι οι αποκλίσεις είναι όλες μικρότερες από τη μέγιστη επιτρεπόμενη απόκλιση του 0,5%.

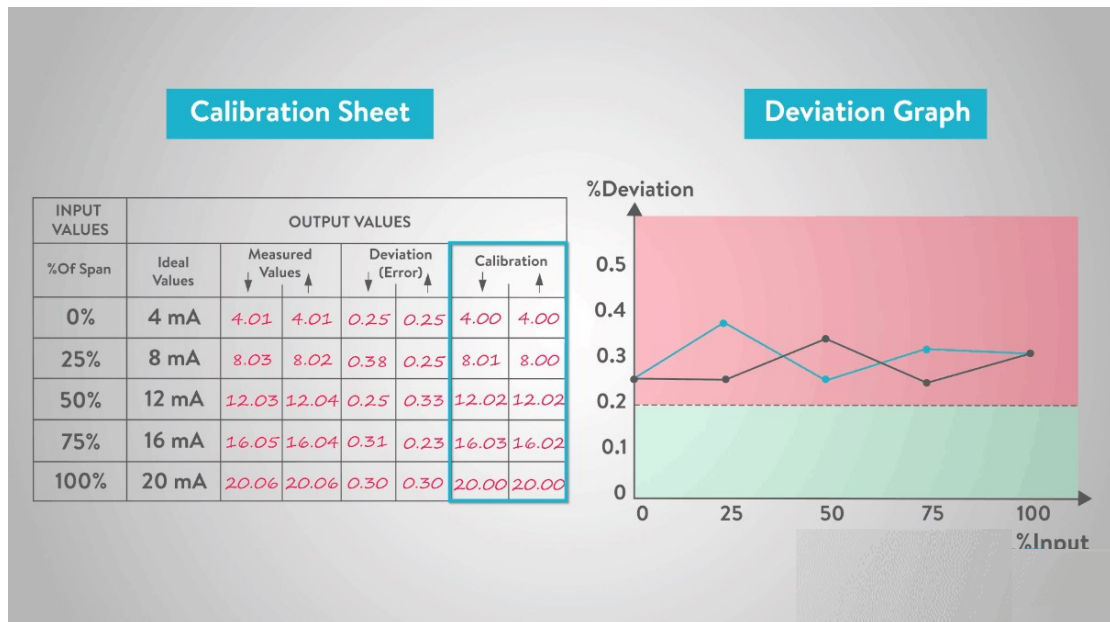
Επομένως, δεν απαιτείται επιπλέον βαθμονόμηση.



Τώρα ας υποθέσουμε ότι η μέγιστη ανοχή απόκλισης είναι 0,20%.

Χρησιμοποιώντας τα δεδομένα από το φύλλο βαθμονόμησης, βλέπουμε από το γράφημα ότι κάποιες αποκλίσεις είναι μεγαλύτερες από τη μέγιστη επιτρεπόμενη απόκλιση του 0,20%.

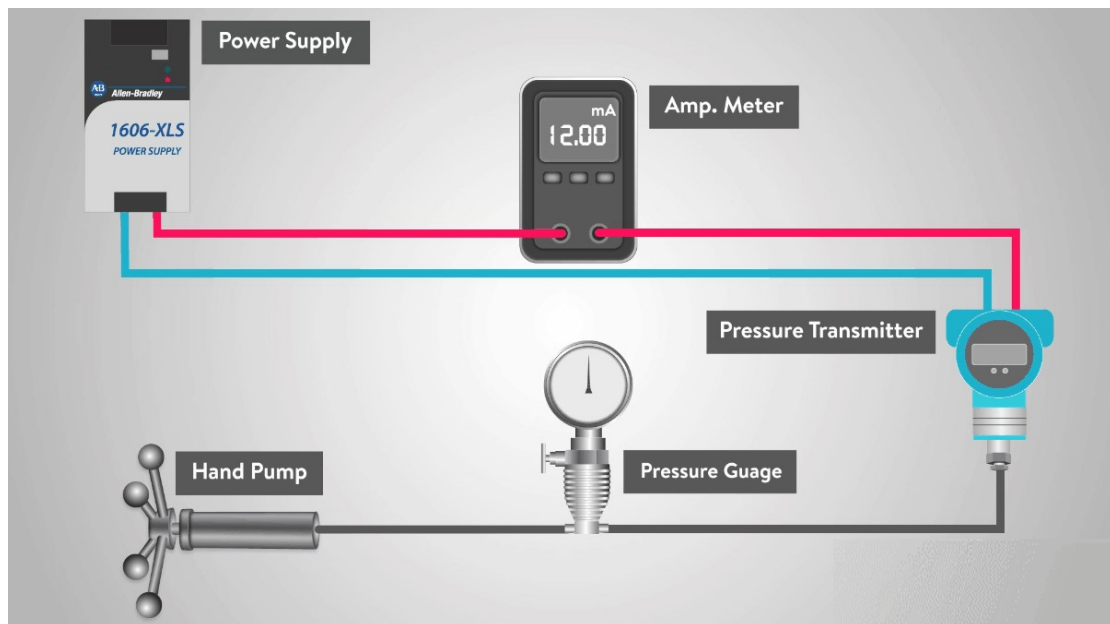
Επομένως, απαιτείται βαθμονόμηση αισθητήρα.



2.4. Πώς να Εκτελέσετε Βαθμονόμηση Αισθητήρα

Για να βαθμονομήσουμε, χρειαζόμαστε έναν πολύ ακριβή προσομοιωτή διεργασίας, στην προκειμένη περίπτωση πηγή πίεσης, συνδεδεμένη στην πλευρά διεργασίας (process side) του πομπού.

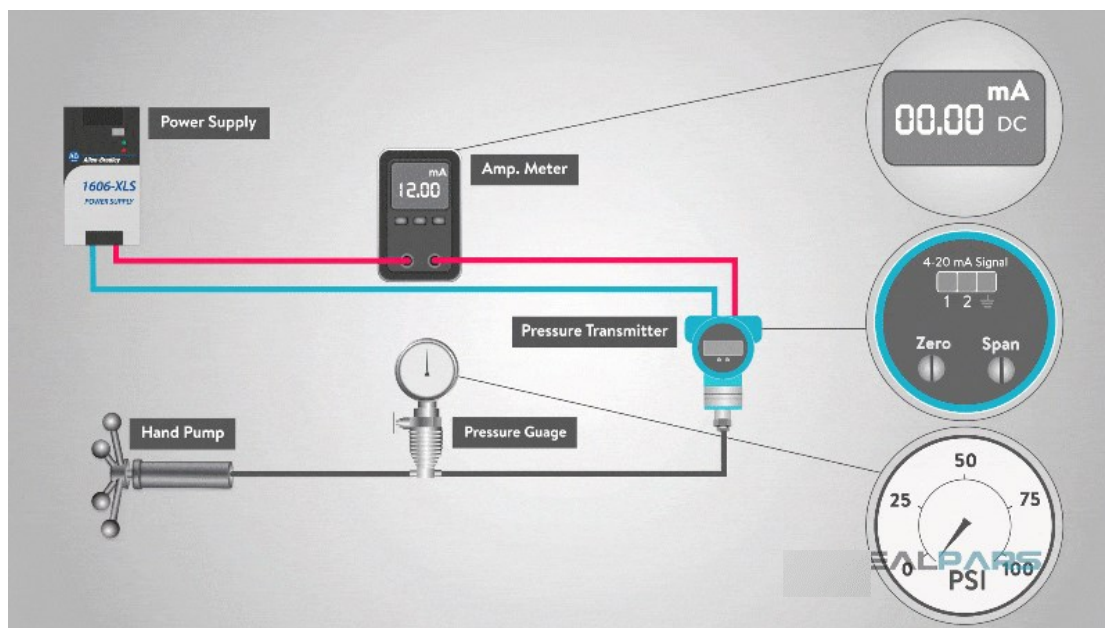
Ένας μετρητής ρεύματος είναι συνδεδεμένος στην έξοδο για να μετρήσει την έξοδο 4-20 μιλιαμπέρ του πομπού. Ιδανικά, χρησιμοποιείται ένας προσομοιωτής που έχει βαθμονομηθεί από το Εθνικό Ινστιτούτο Προτύπων και Τεχνολογίας (NIST) καθώς και βαθμονομημένος μετρητής ρεύματος. Στην πράξη, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε ακριβείς μετρητές διεργασίας (process meters) και μονάδες εισόδου πίεσης.



2.4.1. Βαθμονόμηση Αναλογικού Αισθητήρα (Ρύθμιση Μηδενός και Εύρους)

Αν έχουμε έναν αναλογικό πομπό, πρέπει να ρυθμίσουμε το μηδέν και το εύρος για να μειώσουμε το σφάλμα μέτρησης. Με έναν αναλογικό πομπό, υπάρχει ρύθμιση ΜΗΔΕΝΟΣ και ΕΥΡΟΥ στον ίδιο τον πομπό.

Γίνεται ρύθμιση μηδενισμού για να μεταφερθεί η έξοδος ακριβώς στα 4 μιλιαμπέρ όταν εφαρμόζεται μια μέτρηση 0% του εύρους στον πομπό, ενώ η ρύθμιση εύρους (span) γίνεται για να φέρει την έξοδο ακριβώς στα 20 mA όταν εφαρμόζεται μέτρηση 100% του εύρους.



Δυστυχώς, με τους αναλογικούς πομπούς, οι ρυθμίσεις μηδενισμού και εύρους είναι αλληλεπιδραστικές; δηλαδή, η ρύθμιση του ενός κινεί τον άλλο. Επομένως, η βαθμονόμηση είναι μια επαναληπτική διαδικασία για να ρυθμιστούν το μηδέν και το εύρος, αλλά συνήθως απαιτούνται μόνο 2 έως 3 επαναλήψεις.

2.4.2. Βαθμονόμηση Ψηφιακού Αισθητήρα (Ρύθμιση Αισθητήρα και Έξοδου)

Με έναν ψηφιακό πομπό, μπορούμε να ρυθμίσουμε το εισερχόμενο σήμα αισθητήρα ρυθμίζοντας την έξοδο του αναλογικού προς ψηφιακό μετατροπέα, που ονομάζεται “ρύθμιση αισθητήρα”, και/ή την είσοδο του ψηφιακού προς αναλογικό μετατροπέα στο κύκλωμα εξόδου, που ονομάζεται “ρύθμιση 4-20mA” ή “ρύθμιση εξόδου”.

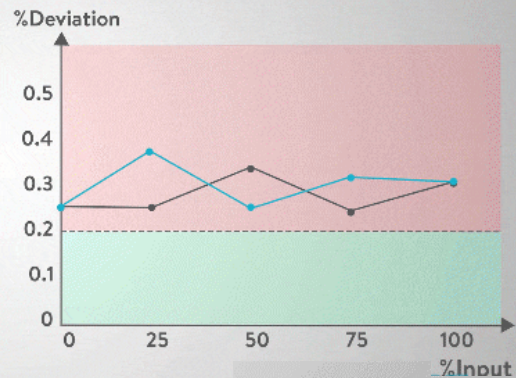
2.4.3. Μετά το Βαθμονόμηση

Μετά τη βαθμονόμηση, τα σφάλματα απεικονίζονται ξανά. Όπως και με τις τιμές “όπως βρέθηκαν”, υπάρχει κάποιος βαθμός υστέρησης. Ωστόσο, η μέγιστη απόκλιση έχει μειωθεί από 0,38% σε 0,18%, δηλαδή εντός της ανοχής 0,20%.

Calibration Sheet

INPUT VALUES	OUTPUT VALUES						
	%Of Span	Ideal Values	Measured Values		Deviation (Error)		Calibration
0%	4 mA	4.01	4.01	0.25	0.25	4.00	4.00
25%	8 mA	8.03	8.02	0.38	0.25	8.01	8.00
50%	12 mA	12.03	12.04	0.25	0.33	12.02	12.02
75%	16 mA	16.05	16.04	0.31	0.23	16.03	16.02
100%	20 mA	20.06	20.06	0.30	0.30	20.00	20.00

Deviation Graph



Σε αυτό το μάθημα, μάθατε τη σημασία της βαθμονόμησης του αισθητήρα ενός σήματος μέτρησης.

Η βαθμονόμηση είναι μια ρύθμιση ή σύνολο ρυθμίσεων που εκτελούνται σε έναν αισθητήρα ή όργανο για να λειτουργεί αυτό το όργανο όσο το δυνατόν πιο ακριβώς ή χωρίς σφάλματα.

Η σωστή βαθμονόμηση των αισθητήρων θα αποφέρει ακριβείς μετρήσεις, οι οποίες με τη σειρά τους, καθιστούν εφικτό τον αξιόπιστο έλεγχο της διεργασίας. Όταν επιτευχθεί αξιόπιστος έλεγχος, η διεργασία έχει τις βέλτιστες προϋποθέσεις για αποδοτική και ασφαλή λειτουργία.