

**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΑΤΡΩΝ  
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΑΣ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ  
Αριθμός 1259**

**Περιγραφή & Κατασκευή μετρητικού  
συστήματος με χρήση δυναμοκυψέλης Vishay  
TedeA - Huntleigh model No1004**

**ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ:  
ΤΖΑΝΙΔΑΚΗΣ ΣΤΥΛΙΑΝΟΣ (5512)  
ΔΟΒΕΛΟΣ ΚΥΡΙΑΚΟΣ (5059)**

**ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ  
ΜΠΙΣΔΟΥΝΗΣ ΛΑΜΠΡΟΣ**

**ΠΑΤΡΑ-ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2013**

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η χρήση των δυναμικών ελεγκτών βάρους (checkweighers) στις βιομηχανίες τροφίμων και ποτών, φαρμάκων, καλλυντικών, χημικών, μετάλλων και μεταφορών/Logistics αναγνωρίζεται ως σημείο-κλειδί για την αποτελεσματική τήρηση των κανονισμών ποιότητας και ασφάλειας. Οι δυναμικοί ελεγκτές βάρους είναι καίριας σημασίας τόσο για την ικανοποίηση των συνεχώς μεταβαλλόμενων απαιτήσεων των πελατών όσο και για τη συμμόρφωση με τα εθνικά πρότυπα και κανονισμούς περί Μέτρων και Σταθμών.

Η εγκατάσταση ενός δυναμικού ελεγκτή βάρους μπορεί να εγγυηθεί την παραγωγή προϊόντων εντός των ορίων ποιότητας μόνο όταν αποτελεί μέρος ενός ευρύτερου Προγράμματος ελέγχου με συγκεκριμένους στόχους και σαφώς ορισμένους δείκτες μέτρησης. Ο στόχος αυτού του οδηγού είναι να βοηθήσει τους υπευθύνους ποιότητας και παραγωγής στην εφαρμογή ενός τέτοιου Προγράμματος.

Ένα αποτελεσματικό σύστημα δυναμικού ελέγχου βάρους βοηθά στη μείωση των ελαττωματικών προϊόντων και των ανακλήσεων, εγγυάται τη συμμόρφωση με τους κανονισμούς για τα Μέτρα και Σταθμά σε κοινοτικό και εθνικό επίπεδο, ενώ μειώνει το συνολικό κόστος παραγωγής. Η χρήση του εν λόγω συστήματος λειτουργεί επίσης και ως απόδειξη σε οποιοδήποτε κρατικό έλεγχο ότι έχουν ληφθεί τα απαραίτητα μέτρα προφύλαξης και έχει τηρηθεί η απαιτούμενη προσοχή σε κρίσιμα σημεία της παραγωγικής διαδικασίας.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το θέμα που θα μελετηθεί στην παρούσα εργασία είναι η δυναμοκυψέλη model 1004 της Vishay TedeA - Huntleigh. Στο πρώτο μέρος θα γίνει μια γρήγορη αναφορά στην ιστορική αναδρομή του μετρικού συστήματος. Θα αναφερθούν επίσης θέματα όπως το διεθνές σύστημα μονάδων (SI) καθώς έχει καθιερωθεί πλέον παγκοσμίως αφού με την χρήση του υλοποιούνται με την ίδια ακρίβεια οποιαδήποτε στιγμή και σε οποιοδήποτε μέρος μετρήσεις. Στο δεύτερο μέρος θ' αναλυθεί η «μετρολογία» ή διαφορετικά η επιστήμη της μέτρησης. Επίσης θα αναφερθούμε στον ρόλο της επιστήμης αυτής καθώς και στο Ελληνικό Ινστιτούτο Μετρολογίας (ΕΙΜ). Στο τρίτο μέρος θ' αναλυθούν οι δυναμοκυψέλες. Θα δοθεί ο ορισμός τους, τα είδη τους, τα χαρακτηριστικά τους, οι δυνατότητες τους καθώς και οι εταιρίες παραγωγής δυναμοκυψελών. Στο τέταρτο μέρος θα γίνει μια απλή αναφορά στο συγκεκριμένο μοντέλο 1004. Θα αναλυθούν η διαρρύθμιση της, τα τεχνικά χαρακτηριστικά της και η εργονομία της. Επίσης οι απαραίτητες περιβαλλοντικές συνθήκες τις οποίες μπορεί να αντέξει η δυναμοκυψέλη όπως αναφέρονται από τον κατασκευαστή της καθώς και οι δυνατότητες μέτρησης βάρους και δύναμης που παρέχει το συγκεκριμένο μοντέλο. Επίσης θα αναφερθεί η χρήση της στον τομέα της έρευνας και στον ιατρικό εξοπλισμό. Στην συνέχεια θα επεκταθούμε στα κυκλώματα που είναι συμβατά, στα παραδείγματα χρήσης της συγκεκριμένης δυναμοκυψέλης, στις συγκεκριμένες συσκευές που χρησιμοποιείται καθώς και τις δυνατότητες διασύνδεσης της. Στη συνέχεια θα γίνει μελέτη σε ένα σύστημα παρακολούθησης γέφυρας με στόχο την καταγραφή σημάτων. Ενώ στο επόμενο κεφάλαιο θα μελετηθεί ο δυναμικός έλεγχος βάρους. Έπειτα θα αναλυθεί το περιβάλλον χρήσης μιας δυναμοκυψέλης. Ακολούθως θα δοθούν οι βασικές αρχές του δυναμικού βάρους και τέλος θα χρησιμοποιήσουμε τον αρχικά εξεταζόμενο αισθητήρα μέτρησης βάρους στην πράξη. Θα υλοποιήσουμε μια πειραματική διάταξη (ζυγαριά ακριβείας), θα παρουμε μετρησεις, ενώ θα αναλυθουν οι κύριοι άξονες μελέτης και κατασκευής του παρόντος μετρητικού συστήματος με την χρήση δυναμοκυψέλης.

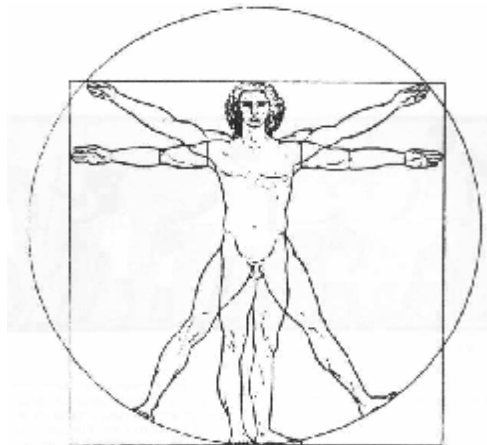
## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ .....	2
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	3
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ.....	4
<b>Κεφάλαιο 1:</b> Μετρικά Συστήματα - Ιστορική Αναδρομή.....	6
<b>Κεφάλαιο 2:</b> Διεθνές Σύστημα Μονάδων (SI).....	9
Μονάδες SI. ....	10
<b>Κεφάλαιο 3:</b> Μετρολογία.....	16
Ελληνικό Ινστιτούτο Μετρολογίας ( EIM).....	18
<b>Κεφάλαιο 4:</b> Δυναμοκυψέλες. ....	19
Δυναμοκυψέλη Aluminum Single Point Load Cell model 1004 της Vishay. ....	21
<b>Κεφάλαιο 5:</b> Παράδειγματα χρήσης δυναμοκυψελων.....	25
<b>Κεφάλαιο 6:</b> Σύστημα παρακολούθησης γέφυρας με στόχο την καταγραφή σημάτων και δονήσεων.....	30
Επίπεδο 1: Αισθητήρες. ....	31
Επίπεδο 2: Τροφοδοσία και μεταφορά σήματος.....	33
Επίπεδο 3: Ψηφιοποίηση και επεξεργασία σήματος. ....	33
Επίπεδο 4: Δίκτυο επικοινωνίας και διαχείριση δεδομένων.....	34
Καταγραφή και χρήση δεδομένων.....	35
Λογισμικό διαχείρισης συστήματος. ....	38
Αυτοματοποιημένη διαχείριση συστήματος.....	40
<b>Κεφάλαιο 7:</b> Δυναμικός Έλεγχος Βάρους. ....	43
Έλεγχος ποιότητας.....	43
Βασικές χρήσεις του δυναμικού ελεγκτή βάρους.....	44
Χρήσεις στατιστικού ελέγχου από έναν δυναμικό ελεγκτή βάρους.....	45
Ανίχνευση .....	47
Τι είδους προϊόντα ζυγίζουν οι δυναμικοί ελεγκτές βάρους; .....	48
Πού πρέπει να χρησιμοποιείται δυναμικός ελεγκτής βάρους;.....	49

<b>Κεφάλαιο 8</b> Παράγοντες που επηρεάζουν την ακρίβεια ενός ελεγκτή βάρους.....	51
Το περιβάλλον παραγωγής ως παράγοντας που επηρεάζει την ακρίβεια του ελεγκτή βάρους.....	55
<b>Κεφάλαιο 9</b> Κατασκευή δυναμικού ελεγκτή βάρους με την χρήση δυναμοκυψέλης Vishay Tedeá - Huntleigh model No1004.....	59
<b>Κεφάλαιο 10</b> Κατασκευή δυναμικού ελεγκτή βάρους-Στάδια κατασκευής.....	73
<b>Κεφάλαιο 11</b> Πειραματικό μέρος.....	79

## **Κεφάλαιο 1: Μετρικά Συστήματα - Ιστορική Αναδρομή.**

Σημαντικό βήμα για την κοινωνική οργάνωση του ανθρώπου αποτέλεσε η εισαγωγή και η καθιέρωση ενιαίων μετρικών συστημάτων. Όταν λέμε μετρικό σύστημα εννοούμε μια σειρά από μονάδες μέτρησης των μηκών, των επιφανειών, των όγκων, των βαρών και των νομισμάτων κατά προτίμηση συμβιβαστών μεταξύ τους, ικανοποιητικών για την εξυπηρέτηση των απαιτήσεων όλων των τομέων δραστηριότητας μιας κοινωνίας. Τα μετρικά συστήματα έχουν διευκολύνει τις συναλλαγές, τον προγραμματισμό και την οργάνωση και αποτελούν απαραίτητη προϋπόθεση της επιστημονικής ανάπτυξης. Κατ' αρχήν τα μετρικά συστήματα, τα πριν του δεκαδικού συστήματος γενικώς μπορούμε να τα διακρίνουμε σε δυο μεγάλες κατηγορίες. Στην πρώτη κατηγορία ανήκουν συστήματα στα οποία οι μονάδες επιφάνειας όγκου, βάρους κλπ. προκύπτουν από τη μονάδα μήκους και τα ονομάζουμε ομογενή ή κλειστά. Στην δεύτερη κατηγορία ανήκουν τα μετρικά συστήματα στα οποία είτε από τον αρχικό τους ορισμό είτε από παραλλαγές ή παραφθορές οι μονάδες επιφάνειας, όγκου, βάρους κλπ. είναι ανεξάρτητες της μονάδας μήκους. Τα συστήματα αυτά ονομάζονται ανομογενή, διττά ή ανοικτά. Είναι προφανές ότι ο άνθρωπος στις πρώτες προσπάθειες μέτρησης χρησιμοποίησε ότι πιο πρόχειρο και σταθερό είχε στην διάθεση του. Έτσι από την πρώτη στιγμή πρέπει να κατέφυγε στα ανθρώπινα μέλη και ιδιαίτερα το πόδι και τον πήχη που αργότερα αποτελούν και την βάση των πρώτων μετρικών συστημάτων. Είναι επίσης πολύ ενδιαφέρον να προσέξει κανείς, με τι πρακτικότητα και τι ορθολογισμό διαμόρφωσε μονάδες μέτρησης από καθημερινά αντικείμενα όπως το καλάμι, το σχοινί για να διευκολυνθεί στις κτηματολογικές μετρήσεις. Σήμερα επικρατεί η άποψη ότι όλα τα μεσογειακά και τα παράγωγα τους συστήματα, προέρχονται είτε από το Βαβυλώνιο (Χαλδαϊκό), είτε από το Αιγυπτιακό. Οποσδήποτε τρία θεωρούνται τα αρχαιότερα μεσογειακά συστήματα: το Βαβυλώνιο, το Ασυριακό και το Αιγυπτιακό, κάθε ένα από τα οποία μπορεί να προκύψει από τα δύο άλλα.



Εικόνα 1: Τα μέτρα εξηύρηνται εξ ανθρώπινων μελών ήγουν δακτύλου, κονδύλου, παλαιστού, σπιθαμής, πήχεως, βήματος, οργυιάς και λοιπών.

Οι μονάδες μέτρησης χρησιμοποιούνται για να αποδώσουμε μία τιμή στις φυσικές ποσότητες που μετράμε. Μια μονάδα μέτρησης είναι μια συγκεκριμένη ποσότητα, που καθορίζεται και υιοθετείται με συμβατικό τρόπο, με την οποία άλλες ποσότητες του ίδιου μετρούμενου μεγέθους συγκρίνονται, προκειμένου να εκφραστεί το μέγεθος τους σαν πολλαπλάσιο ή υποπολλαπλάσιο της ποσότητας αυτής. Παραδείγματα μονάδων μέτρησης είναι το χιλιόγραμμα, το μέτρο, το λίτρο, το βολτ, το δευτερόλεπτο κλπ. Σχεδόν όλες οι χώρες στον κόσμο έχουν κανονισμούς σχετικά με την υιοθέτηση και την χρήση των μονάδων μέτρησης. Ένα σύστημα μονάδων είναι ένα σύνολο κανόνων που υπαγορεύει πώς η μονάδα κάθε ποσότητας που χρησιμοποιείται στις φυσικές επιστήμες και την τεχνολογία καθορίζεται με έναν συνεπή τρόπο. Οι μονάδες μέτρησης που χρησιμοποιούνται παγκοσμίως σήμερα είναι οι μονάδες που καθορίζει το διεθνές σύστημα μονάδων, στα γαλλικά Systeme International d'Unites (SI). Υιοθετήθηκε επίσημα στο 11ο Γενικό Συνέδριο για μέτρα και σταθμά (CGPM) το 1960.

Το διεθνές σύστημα μονάδων διακρίνει τις μονάδες μέτρησης σε θεμελιώδεις και παράγωγες. Το SI είναι βασισμένο αυτή τη στιγμή στις ακόλουθες επτά θεμελιώδεις μονάδες τις: μέτρο (m), χιλιόγραμμα (kg), δευτερόλεπτο (s), αμπέρ (A), κέλβιν (K), γραμμομόριο (mol) και καντέλα (cd). Οι παράγωγες μονάδες προκύπτουν από τις θεμελιώδεις με τις ίδιες αλγεβρικές σχέσεις (εξισώσεις) που συνδέουν και τις αντίστοιχες ποσότητες σύμφωνα με τις Φυσικές Επιστήμες και την τεχνολογία.

Ένας σημαντικός παράγοντας των θεμελιωδών μονάδων είναι να μπορούν να υλοποιηθούν με την ίδια ακρίβεια οποιαδήποτε στιγμή σε οποιοδήποτε μέρος. Στην προσπάθεια να εκπληρωθεί αυτή η απαίτηση, οι ορισμοί των μονάδων έχουν αλλάξει ήδη αρκετές φορές, και βασίζονται σήμερα, με μόνη εξαίρεση το χιλιόγραμμο, σε ιδιότητες της ύλης και σε φυσικές σταθερές και όχι σε πρότυπα αντικείμενα όπως γινόταν στο παρελθόν.



## Κεφάλαιο 2: Διεθνές Σύστημα Μονάδων (SI).

Το Διεθνές Σύστημα Μονάδων (ΜΣ, ή διεθνώς SI, Γαλ. *Système International* ή «Μετρικό Σύστημα») αποτελεί ένα δεκαδικό σύστημα έκφρασης συμβατικών μονάδων μέτρησης φυσικών μεγεθών μέτρων και σταθμών. Το SI υιοθετήθηκε το 1960 κατά την 11η Γενική Διάσκεψη Μέτρων και Σταθμών και αντικατέστησε τα παλαιότερα συστήματα μονάδων της φυσικής, όπως το Μετρικό Σύστημα Μονάδων MKS (Meter Kilogram Second) και το CGS (Centimeter Gram Second). Το SI χρησιμοποιείται επίσης λόγω του δεκαδικού χαρακτήρα του και σε τεχνικές εφαρμογές σε μεγάλο ποσοστό του κόσμου έναντι παλαιότερων άλλων συστημάτων (όπως τα Αγγλοσαξονικά συστήματα που βασίζονται σε ιδιαίτερες μονάδες όπως η ίντσα, η λίβρα κλπ)

Το SI βασίζεται στις παρακάτω αρχές:

- Υπάρχουν 7 θεμελιώδεις μονάδες.
- Υπάρχει ένα σύνολο πολλαπλασιαστών που μπαίνουν ως προθέματα στις μονάδες.
- Από τις θεμελιώδεις μονάδες προκύπτουν παράγωγες μονάδες από τα γινόμενα και τα πηλίκα τους.
- Το σύνολο των θεμελιωδών και των παράγωγων μονάδων του SI, εκφράζει ποσοτικά τα διάστατα φυσικά μεγέθη.

Θεμελιώδη και Συμπληρωματικά μεγέθη του Διεθνούς Συστήματος Μονάδων:

	<u>Μέγεθος</u>	<u>Μονάδα</u>
Θεμελιώδες	Μάζα	Χιλιόγραμμα (kg)
Θεμελιώδες	Μήκος	Μέτρο (m)
Θεμελιώδες	Χρόνος	Δευτερόλεπτο (s)
Θεμελιώδες	Ένταση ηλεκτρικού ρεύματος	Αμπέρ (A)

Θεμελιώδες	Απόλυτη/Θερμοδυναμική Θερμοκρασία Κέλβιν (K)	
Θεμελιώδες	Ποσότητα Ουσίας	Μολ (mol)
Θεμελιώδες	Ένταση Φωτεινότητας	Καντέλα (Κηρίο) (cd)
συμπληρωματικό	Επίπεδη γωνία	Ακτίνιο (rad)
συμπληρωματικό	Στερεά γωνία	Στερακτίνιο (sr)

## Μονάδες SI.

*Μέγεθος: Μήκος*

*Μονάδα: Μέτρο (m)*

Ορισμός: Το μέτρο (m) είναι το μήκος της απόστασης που ταξιδεύει το φως στο κενό κατά τη διάρκεια χρονικού διαστήματος ίσου με 1/299 792 458 δευτερόλεπτα.

Ο ορισμός του μέτρου είναι άμεσα εξαρτώμενος από τον ορισμό της μονάδας του χρόνου και προσδιορίζει επακριβώς την τιμή της ταχύτητας του φωτός,  $c = 299\,792\,458$  m/s. Η υλοποίηση της μονάδας του μήκους πραγματοποιείται με την χρήση λέιζερ σταθεροποιημένης συχνότητας και μεθόδων συμβολομετρίας, οι οποίες χρησιμοποιούνται για την διακρίβωση πρότυπων πλακιδίων μήκους.

*Μέγεθος: Μάζα*

*Μονάδα: Χιλιόγραμμα (kg)*

Ορισμός: Το χιλιόγραμμα (kg) είναι η μονάδα της μάζας είναι ίση με τη μάζα του διεθνούς πρωτοτύπου του χιλιόγραμμου.

Σημείωση: Αυτό το διεθνές πρωτότυπο είναι κατασκευασμένο από ιριδιούχο λευκόχρυσο και φυλάσσεται στο διεθνές γραφείο μέτρων και σταθμών (BIPM) στο Παρίσι, Γαλλία. Το πρωτότυπο χιλιόγραμμα που έγινε το 1889, χρησιμοποιείται ακόμα και σήμερα καθώς το μέγεθος της μάζας είναι το τελευταίο μέγεθος στην σύγχρονη μετρολογία που βασίζεται σε ένα αντικείμενο. Τα διεθνή ιδρύματα μετρολογίας έχουν αντίγραφα του, τα οποία ονομάζονται εθνικά πρωτότυπα. Κάθε ένα από τα εθνικά πρωτότυπα συγκρίνεται

τακτικά με το διεθνές αντίστοιχό του. Εντούτοις, τα διάφορα εθνικά πρωτότυπα παρουσιάζουν όλο και περισσότερη απόκλιση μεταξύ τους.

*Μέγεθος: Χρόνος*

*Μονάδα: Δευτερόλεπτο (s)*

Ορισμός: Το δευτερόλεπτο (s) είναι η διάρκεια 9 192 631 770 περιόδων της ακτινοβολίας που αντιστοιχεί στη μετάβαση μεταξύ των δύο υπέρλεπτων επιπέδων ενέργειας της θεμελιώδους στάθμης ενέργειας του ατόμου του καισίου 133.

*Μέγεθος: Ηλεκτρικό ρεύμα*

*Μονάδα: αμπέρ (A)*

Ορισμός: Το αμπέρ (A) είναι εκείνο το σταθερό ηλεκτρικό ρεύμα που εάν διαρρέει δύο ευθείς παράλληλους αγωγούς άπειρου μήκους και αμελητέας κυκλικής διατομής, οι οποίοι βρίσκονται σε απόσταση ενός μέτρου ο ένας από τον άλλο, στο κενό, παράγει μεταξύ τους μια δύναμη ίση με  $2 \cdot 10^{-7}$  N ανά μέτρο μήκους.

Μπορούμε εύκολα να καταλάβουμε από τον ορισμό ότι είναι πολύ δύσκολο να κατασκευαστεί η πειραματική διάταξη που θα υλοποιούσε με μεγάλη ακρίβεια το αμπέρ. Γι αυτό και εφαρμόζονται έμμεσες μέθοδοι υλοποίησης του, που βασίζονται στην υλοποίηση της μονάδας μέτρησης της ηλεκτρικής τάσης (V) και στην μονάδα μέτρησης της ηλεκτρικής αντίστασης ( $\Omega$ ).

*Μέγεθος: Θερμοδυναμική θερμοκρασία*

*Μονάδα: κέλβιν (K)*

Ορισμός: Το κέλβιν (K), μονάδα της θερμοδυναμικής θερμοκρασίας, είναι το κλάσμα  $1/273.16$  της θερμοδυναμικής θερμοκρασίας του τριπλού σημείου του νερού.

Το τριπλό σημείο του νερού είναι η μοναδική θερμοδυναμική κατάσταση στη οποία οι τρεις φάσεις του νερού (υδρατμοί, νερό και πάγος) συνυπάρχουν σε ισορροπία. Η θερμοδυναμική αυτή κατάσταση έχει απόλυτα καθορισμένη θερμοκρασία και πίεση. Η σχέση μεταξύ βαθμών Κελσίου και κέλβιν είναι:  $t/^{\circ}\text{C} = T/\text{K} - 273.15$ . Επομένως από τον

ορισμό του κέλβιν προκύπτει ότι η θερμοκρασία του τριπλού σημείου του νερού είναι 273.16 K ή 0.01 °C ακριβώς.

*Μέγεθος: Ποσότητα ουσίας*

*Μονάδα: Γραμμομόριο (mol)*

Ορισμός: Το γραμμομόριο (mol) είναι το ποσό ουσίας ενός συστήματος που περιέχει τόσες στοιχειώδεις οντότητες όσα είναι τα άτομα σε 0.012 χιλιόγραμμα του άνθρακα 12. Όταν το γραμμομόριο χρησιμοποιείται, οι στοιχειώδεις οντότητες πρέπει να προσδιοριστούν και μπορούν να είναι άτομα, μόρια, ιόντα, ηλεκτρόνια, άλλα σωματίδια ή προσδιορισμένες ομάδες τέτοιων σωματιδίων.

Ο αριθμός στοιχειωδών οντοτήτων σε ένα γραμμομόριο κάποιας ουσίας είναι γνωστός ως σταθερά του Avogadro και είναι ίσος με  $6,02214179(30) \times 10^{23}$ .

*Μέγεθος: Ένταση φωτεινής ακτινοβολίας*

*Μονάδα: Καντέλα (cd)*

Ορισμός: Η καντέλα (cd) είναι η φωτεινή ένταση, σε μια δεδομένη κατεύθυνση, μιας πηγής που εκπέμπει μονοχρωματική ακτινοβολία συχνότητας  $540 \times 10^{12}$  Hertz (Hz) και έχει ένταση ακτινοβολίας, στην κατεύθυνση αυτή, ίση με 1/683 Watt ανά στερεό-ακτίνιο.

Παραγόμενες Μονάδες:

Παραγόμενη	Μονάδες SI	
	όνομα	σύμβολο
Εμβαδό	Τετραγωνικό μέτρο	m <sup>2</sup>
Όγκος	Κυβικό μέτρο	m <sup>3</sup>
Ταχύτητα	Μέτρο ανά δευτερόλεπτο	m/s
Επιτάχυνση	Μέτρο ανά δευτ/το στο τετράγωνο	m/s <sup>2</sup>
Γωνία	Ακτίνιο (rad)	1 rad=1 m/m
Στερεά γωνία	Στερεακτίνιο(steradian)sr	1 sr=1 m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>
Γωνιακή ταχύτητα	Ακτίνιο ανά δευτερόλεπτο	ω=rad/s
Συχνότητα	Hz (Hertz)	1 Hz=1/s
Δύναμη	N (Newton)	1N=1 m*kg/s <sup>2</sup>
Πίεση	Pa (Pascal)	1Pa=1N/m <sup>2</sup>
Ενέργεια, έργο	J (Joule)	1J=1N*m
Ισχύς	W (Watt)	1W=1J/s
Ηλεκτρικό φορτίο	C (coulomb)	1C=s*A
Ηλεκτρική τάση	V (Volt)	1V=1W/A
Ηλεκτρική αντίσταση	Ω(Ohm)	1Ω= 1V/A
Ηλ.αγωγιμότητα	S (siemens)	1S= 1Ω <sup>-1</sup>
Χωρητικότητα	F (Farad)	1F= 1C/V
Μαγνητική ροή	Wb (Weber)	1Wb= 1Vs
Πυκνότητα μαγνητικής ροής	T (Tesla)	1T=1Wb/m <sup>2</sup>
Επαγωγή	H (Henry)	1H= 1Wb/A
Λαμπρότητα	L (Lambert)	1L=1lm/(m <sup>2</sup> *sr)
Φωτεινή ροή	Lm (lumen)	1lm= 1 cd*sr
Φωτισμός επιφάνειας	Lx(Lux)	1lx=1m <sup>-2</sup> ·lm
Ενεργότητα ραδιοκλειδίου	Bq (Becquerel)	1 Bq=s <sup>-1</sup>
Απορροφούμενη δόση	Gy (Gray)	1 Gy = 1 J/Kg
Ισοδύναμη δόση	Sv (sievert)	1 Sv=1J/Kg

Η επιθυμία πολλών Ευρωπαίων επιστημόνων για την δημιουργία ενός νέου ενιαίου και πιο ομοιόμορφου μετρητικού συστήματος βρήκε διέξοδο κατά την διάρκεια της Γαλλικής Επανάστασης. Ο ίδιος ο βασιλιάς Λουδοβίκος ο δέκατος έκτος (XVI) πρότεινε την δημιουργία ενός δεκαδικού μετρητικού συστήματος. Γνωρίζοντας ότι το νέο αυτό μετρητικό σύστημα θα έπρεπε να βασίζεται σε μετρήσεις μεγεθών που αφορούν την γη, ο Gabriel Mouton πρότεινε το 1670 ένα δεκαδικό μετρητικό σύστημα, το οποίο θα βασιζόταν στο μήκος ενός λεπτού του τόξου του μεσημβρινού ενώ το 1671 ο Jean Picard, γάλλος αστρονόμος, πρότεινε μια μονάδα μήκους βασιζόμενη στο εκκρεμές. Παρόλα αυτά θα έπρεπε να περάσει ένας αιώνας μέχρι την δημιουργία του μετρικού συστήματος. Το 1790 στα μέσα της Γαλλικής Επανάστασης, η εθνική συνέλευση της Γαλλίας ανέθεσε στη Γαλλική Ακαδημία επιστημών να δημιουργήσει αμετάβλητα

πρότυπα για όλα τα μέτρα και τα σταθμά. Η ακαδημία δημιούργησε ένα σύστημα μονάδων που ήταν ταυτόχρονα απλό και επιστημονικό, στηριζόμενη στην πρόταση του Mouton. Ύστερα από διεργασίες σχεδόν μια δεκαετίας, το μετρικό σύστημα ήταν πλέον γεγονός τον Ιούνιο του 1799. Έτσι τελικά ως μονάδα μήκους και βάση του μετρικού συστήματος ορίστηκε το μέτρο το οποίο ισούται με το ένα δεκάκις εκατομμυριοστό του τεταρτημορίου του μήκους του μεσημβρινού που διέρχεται από το Παρίσι. Τα πολλαπλάσια και υποπολλαπλάσια των νέων μονάδων προέκυπταν πολλαπλασιάζοντας και διαιρώντας αντίστοιχα τις βασικές μονάδες με το 10, κάτι που έκανε το νέο σύστημα μονάδων πολύ πιο εύχρηστο. Οι νέες μονάδες επιφανείας και όγκου προέκυπταν από το μέτρο και ήταν το τετραγωνικό και κυβικό μέτρο αντίστοιχα. Επίσης ως βασική μονάδα βάρους καθορίστηκε το γραμμάριο, το οποίο είναι ίσο με τη μάζα ενός κυβικού εκατοστόμετρου καθαρού νερού στη θερμοκρασία μέγιστης πυκνότητας του (4 οC). Το λίτρο προέκυπε από τον όγκο κύβου με μήκος κάθε πλευράς ίσο με 10 εκατοστόμετρα.

Πολλαπλάσια του τετραγωνικού μέτρου είναι το αρ το οποίο ορίστηκε ως το εμβαδόν επιφάνειας ενός τετραγώνου με πλευρά 10 μέτρα (100 τετραγωνικά μέτρα), το στρέμμα (10 αρ), και το εκτάριο (100 αρ). Αν και το μετρικό σύστημα δεν έγινε αρχικά αποδεκτό με ενθουσιασμό, η υιοθέτηση του από άλλα έθνη άρχισε να αυξάνει σταθερά ύστερα από την υποχρεωτική χρήση του στην Γαλλία το 1840. Δεν είναι τυχαίο ότι η ανάπτυξη του μετρικού συστήματος συνέπεσε με την τεχνολογική ανάπτυξη στην Ευρώπη και την Αμερική. Προς τα τέλη του 1860 έγινε φανερή η ανάγκη για ακόμα πιο ακριβείς και σαφώς καθορισμένες μονάδες, λόγω των απαιτήσεων που δημιουργούσαν οι νέες επιστημονικές ανακαλύψεις. Αυτό έγινε δυνατό με τη Συνθήκη του Μέτρου (Meter Convention) το 1875, μια διεθνή συνθήκη στην οποία συμμετείχαν 17 χώρες μεταξύ των οποίων και οι ΗΠΑ, ενώ μέχρι το 1900 35 συνολικά έθνη είχαν δεχτεί επίσημα το μετρικό σύστημα. Η συνθήκη αυτή καθόρισε με ακρίβεια τις μονάδες όπως επίσης και τους μηχανισμούς για την σύσταση και υιοθέτηση των περαιτέρω καθορισμών στο μετρικό σύστημα, ενώ επίσης κατασκευάστηκαν τα μετρικά πρότυπα και διανεμήθηκαν σε κάθε έθνος που επικύρωσε την συνθήκη. Το διεθνές γραφείο μέτρων και σταθμών των Σεβρών στην Γαλλία έχει ως σκοπό την διαρκή υποστήριξη της Συνθήκης του Μέτρου

καθώς και την ανταλλαγή πληροφοριών γύρω από την χρήση και την βελτίωση του μετρικού συστήματος. Το γραφείο επέκτεινε τις εργασίες διεθνούς προτυποποίησης στα ηλεκτρικά πρότυπα (1921), στα πρότυπα φωτισμού (1933) και στα πρότυπα μέτρησης των ιονιζουσών ακτινοβολιών (1960). Την ίδια χρονιά (1960) αποφασίστηκε μια γενικευμένη απλοποίηση του μετρικού συστήματος καθώς και η μετονομασία του σε Διεθνές Σύστημα Μονάδων (Systeme International d'Units - S.I.). Περαιτέρω βελτιώσεις στο SI έγιναν το 1964, 1967-1968, 1971, 1975, 1979, 1983, καθώς και το 1991. Το Διεθνές Σύστημα Μονάδων έχει καθιερωθεί πλέον παγκοσμίως ακολουθώντας ταυτόχρονα τις συνεχώς δημιουργούμενες επιστημονικές ανάγκες για τον καθορισμό νέων και ακριβέστερων κάθε φορά μετρητικών μονάδων.

Στην Ελλάδα η πλήρης καθιέρωση του Μετρικού συστήματος έγινε την 1η Απριλίου το 1959 οπότε αντικαταστάθηκε η μέχρι πρότινος μονάδα βάρους η οκά, από το χιλιόγραμμο (κιλό). Η οκά υποδιαιρούνταν σε 400 δράμια, ενώ μία οκά ισοδυναμούσε με 1282 γραμμάρια.

### **Κεφάλαιο 3: Μετρολογία**

Η μετρολογία θα μπορούσε να χαρακτηριστεί ως η «επιστήμη της μέτρησης». Αναφερόμαστε σε αυτή όταν θέλουμε να καθορίσουμε αντικειμενικά την τιμή κάποιας ποσότητας , όπως του μήκους, του βάρους ή του χρόνου. Θα μπορούσαμε να διαχωρίσουμε την μετρολογία σε δύο κατηγορίες. Την «επιστημονική» και την «νομική» μετρολογία.

Ως «επιστημονική» μετρολογία χαρακτηρίζουμε την μετρολογία η οποία περιλαμβάνει το σύνολο των γνώσεων που επιτρέπουν να αποδίδεται στο αποτέλεσμα μιας μέτρησης η σημασία , και μόνο αυτή, που αναμένεται από τις δεδομένες συνθήκες της μέτρησης. Η μελέτη των χαρακτηριστικών των πραγματοποιούμενων μετρήσεων, είναι μείζονος σημασίας για την μετρολογία. Σφάλματα που παρουσιάζονται κατά την διάρκεια των μετρήσεων είναι ο θόρυβος, οι παρεμβολές, η αλληλεπίδραση οργάνου-μετρούμενου μεγέθους, η απόκλιση, η ακρίβεια της μέτρησης κ.α. Για την ελαχιστοποίηση των πιθανοτήτων εμφάνισης σφαλμάτων, η επιστήμη της μετρολογίας είναι ιδιαίτερος αυστηρή ως προς την επιλογή των οργάνων μέτρησης, τις μεθόδους μέτρησης, την μείωση της επίδρασης του περιβάλλοντος και της επιλογής μονάδων με την υψηλότερη δυνατή ακρίβεια, ενταγμένων σε συστήματα διεθνούς αποδοχής. Για την βελτιστοποίηση των μετρητικών διαδικασιών και την λήψη όσο το δυνατόν ακριβέστερων αποτελεσμάτων μέτρησης, η μετρολογία ασχολείται με την ανάλυση των αιτιατών σφαλμάτων με σκοπό την εύρεση μεθόδων για την αποφυγή τους, καθώς και των συστηματικών σφαλμάτων, των οποίων η μελέτη επιτρέπει την λήψη πληροφοριών στατιστικής φύσης, οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον καθορισμό των δεδομένων της μέτρησης ώστε το σφάλμα να είναι το μικρότερο δυνατό.

Η σημασία της μετρολογίας είναι μεγάλη για την κοινωνία, αφού στην βιομηχανία, τους εμπορικούς οργανισμούς και στα ιδρύματα κατέχει κυρίαρχη θέση η ποιότητα των προϊόντων και οι εγγυήσεις που αυτά προσφέρουν. Αυτά μπορούν να διασφαλιστούν μέσω των ακριβών, ασφαλών και αξιόπιστων μετρήσεων και ελέγχων. Αυτός είναι και ο



σκοπός της «νομικής μετρολογίας» η οποία έχει ως αντικείμενο την θέσπιση πάνω σε επιστημονικές βάσεις, των απαραίτητων νόμων και κανονισμών, ώστε να εξασφαλιστεί η εγκυρότητα των μετρήσεων κατά τις εμπορικές συναλλαγές ώστε να υπάρξει διεθνής εμπορική πίστη. Ανάλογα με τους εκάστοτε νόμους καθορίζονται οι μονάδες μέτρησης, οι συνθήκες μέτρησης, καθώς και οι ανοχές που ισχύουν σε κάθε περίπτωση. Το κόστος μέτρησης είναι ανάλογο της επιθυμητής ακρίβειας. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την εμφάνιση μια «πυραμίδας», στην κορυφή της οποίας βρίσκονται διεθνείς οργανισμοί οι οποίοι παρέχουν την μέγιστη δυνατή ακρίβεια στις μετρήσεις, ακολουθούμενοι από εθνικά ινστιτούτα. Πιο χαμηλά σε θέματα ποιότητας μετρήσεων βρίσκονται τα διάφορα μετρολογικά εργαστήρια, ενώ την βάση της «πυραμίδας» αποτελούν οι μετρητικές μονάδες που χρησιμοποιούνται στις βιομηχανίες. Ειδικότερα στην βιομηχανία η μετρολογία επιτρέπει την εφαρμογή κάποιων προτύπων με σκοπό την ομαδοποίηση και την συνεργασία των μηχανικών μερών, τον έλεγχο της ποιότητας των χρησιμοποιούμενων πρώτων υλών, την επιθεώρηση των διαδικασιών παραγωγής και κυρίως την διασφάλιση της ποιότητας των τελικών προϊόντων. Το άμεσο κέρδος των βιομηχανιών από τις παραπάνω διαδικασίες είναι η μείωση του κόστους μέσω της μείωσης των παραγόμενων ελαττωματικών προϊόντων, ατυχημάτων καθώς και διακοπών λειτουργίας, λόγω της ύπαρξης σταθερών και ποιοτικών παραγωγικών διαδικασιών. Το έμμεσο κέρδος είναι η διάθεση στην αγορά προϊόντων διασφαλισμένης ποιότητας τα οποία δημιουργούν σχέσεις εμπιστοσύνης με τους πελάτες. Η επέκταση των εμπορικών συναλλαγών των επιχειρήσεων από την τοπική στην διεθνή πλέον αγορά, λόγω και της παγκοσμιοποίησης, έχει κάνει ακόμα πιο επιτακτική την ανάγκη ύπαρξης ενιαίων συστημάτων μονάδων καθώς και της ύπαρξης διεθνών προτύπων, τα οποία θα διασφαλίζουν την ποιότητα των διαδικασιών παραγωγής και των προϊόντων αυτής παγκοσμίως. Από τα ανωτέρω γίνεται εμφανής η ανάγκη ύπαρξης και ανάπτυξης της επιστήμης της μετρολογίας, όχι μόνο σε τοπικό αλλά και σε διεθνές επίπεδο.

## **Ελληνικό Ινστιτούτο Μετρολογίας ( ΕΙΜ).**

Το Ελληνικό Ινστιτούτο Μετρολογίας ( ΕΙΜ ) είναι ΝΠΙΔ, ανήκει στον ευρύτερο δημόσιο τομέα, εποπτεύεται από τη Γενική Γραμματεία Βιομηχανίας του Υπουργείου Ανάπτυξης και αποτελεί τον επίσημο φορέα και σύμβουλο της πολιτείας σε θέματα μετρήσεων και μετρολογικής πολιτικής. Ιδρύθηκε το έτος 1994 με τον νόμο 2231/94 και έχει την έδρα του στη Βιομηχανική Περιοχή Θεσσαλονίκης, στη Σίνδο. Διαθέτει 16 μετρολογικά εργαστήρια τα οποία στεγάζονται σε δύο ανεξάρτητα κτιριακά συγκροτήματα εμβαδού 4000 τ.μ. (κτίριο Α) και 1800 τ.μ. (κτίριο Β), αντίστοιχα. Οι προδιαγραφές των κτιρίων ανταποκρίνονται πλήρως στις απαιτήσεις των μετρολογικών εργαστηρίων. Τα εργαστήρια είναι εφοδιασμένα με αυτόματο σύστημα ελέγχου περιβαλλοντικών συνθηκών και η κατασκευή τους είναι τέτοια ώστε να ελαχιστοποιούνται οι ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές και οι δονήσεις. Τα εργαστήρια διατηρούν τα ελληνικά εθνικά πρότυπα για την υλοποίηση των θεμελιωδών και παραγόμενων μονάδων του Διεθνούς Συστήματος Μονάδων (SI). Τα εργαστήρια παρέχουν υπηρεσίες διακρίβωσης μετρολογικών οργάνων και λειτουργούν σύμφωνα με τις απαιτήσεις του προτύπου ISO 17025.

## Κεφάλαιο 4: Δυναμοκυψέλες

Ο μετατροπέας είναι μία συσκευή που μετασχηματίζει ενέργεια από μία μορφή σε μία άλλη. Στην περίπτωση της δύναμης ο μετατροπέας μετασχηματίζει μηχανική ενέργεια σε ηλεκτρική. Αυτές οι συσκευές λέγονται αλλιώς δυναμοκυψέλες (load cells). Οι δυναμοκυψέλες είναι τα αισθητήρια όργανα που χρησιμοποιούνται για να μετατρέψουν μια δύναμη σε ηλεκτρικό σήμα. Χρησιμοποιούνται ευρέως στα συστήματα ζύγισης. Ειδικότερα το σύστημα ζύγισης περιλαμβάνει τους δοσομετρικούς ενδείκτες βάρους, τις δυναμοκυψέλες, τα βιομηχανικά τερματικά και τις προγραμματιζόμενες μονάδες ελέγχου (PLC).

Η δυναμοκυψέλη, δηλαδή, μετρά το βάρος του υπερκείμενου σε αυτή αντικειμένου (δοχείο με προϊόν, χοάνη κλπ), μετρώντας τη δύναμη συμπίεσης που ασκείται. Υπάρχει δυνατότητα ζύγισης από 1 kg έως 100 ton. Ανάλογα με τη δυναμοκυψέλη και το εύρος ζύγισης, επιτυγχάνεται και η ανάλογη ακρίβεια.

Ο ψηφιακός ενδείκτης συνδέεται με τις δυναμοκυψέλες και υπολογίζει το βάρος που ζυγίζεται. Στη συνέχεια, εμφανίζει με ειδική ένδειξη στην οθόνη το βάρος που ζυγισαν οι δυναμοκυψέλες. Δυνατότητα διάφορων ενεργειών (zero - peak - unload), ανάλογα με το μοντέλο του ενδείκτη.



Εικόνα 2: Ψηφιακός ενδείκτης

Οι δημοφιλέστερες εταιρίες παροχής δυναμοκυψελών είναι:

- Tedea – Huntleigh
- Vishay
- Flintec

Οι κυριότεροι τύποι δυναμοκυψελών είναι :

- Ενός σημείου (Single – Point)
- Πλατφόρμας (Platform)
- Γεφυροπλάστιγγας (Weighbridge)
- Ειδικών Εφαρμογών (Special-Application)
- Shear Beam
- Tension S-Type
- Compression Type
- Dual Shear Beam
- Tulip Transducer



Εικόνα 3: Δυναμοκυψέλες

## Δυναμοκυψέλη Aluminum Single Point Load Cell model 1004 της Vishay



Εικόνα 4 : Δυναμοκυψέλη 1004 – Aluminum Single Point Load Cell

### Βασικές πληροφορίες δυναμοκυψέλης μοντέλου 1004

Manufacturer:	Vishay MG
Warranty:	12 Months
Construction:	Aluminium
IP Rating:	IP66
Output mv/V :	0.9
Max no of Intervals:	3000d Approved

### Κύρια χαρακτηριστικά:

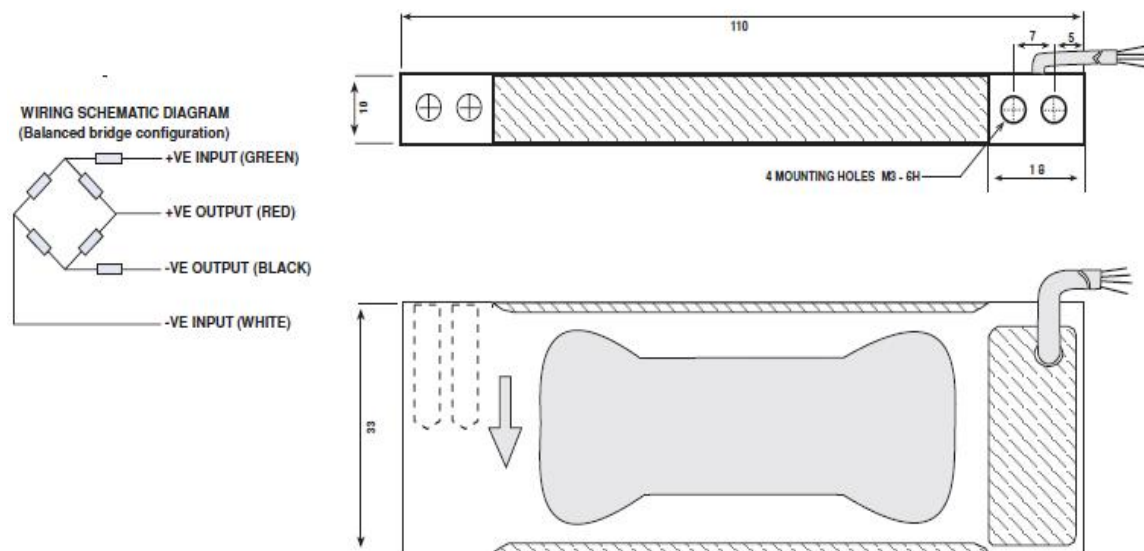
- Κατασκευή αλουμινίου
- Μέγεθος πλατφόρμας 200x200
- Εγκεκριμένο από OIML
- Προστασία IP66
- Πιθανότητες λάθους μικρότερες από 0,0067% του RO
- Χωρητικότητα 200g στα 0,8 mV/V

- Δυνατότητες μέτρησης : 0,2 , 0,3 , 1,5 και 3 kg

Χαρακτηριστικά δυναμοκυψέλης μοντέλου 1004.

SPECIFICATIONS				
PARAMETER	VALUE			UNIT
	GW	JW	C3	
Accuracy class				
Rated capacity-R.C. ( $E_{max}$ )		0.3, 0.6, 1.5, 3		kg
Rated output-R.O.		0.9		mV/V
Rated output tolerance		0.1		±mV/V
Zero balance		0.045		±mV/V
Zero Return, 2 minutes	0.0100	0.0033		±% of applied load
Zero Return, 30 minutes			0.017	±% of applied load
Total Error (per OIML R60)	0.0100	0.0067	0.02	±% of rated output
Temperature effect on zero		0.0040	0.004	±% of rated output/°C
Temperature effect on output		0.0020	0.001	±% of load/°C
Eccentric loading error		0.0033		±% of rated load/cm
Temp. range, compensated		+5 to +40		°C
Temp. range, safe		-3 to +70		°C
Maximum safe central overload		150		% of R.C.
Ultimate central overload		250		% of R.C.
Excitation, recommended		10		Vdc or Vac rms
Excitation, maximum		15		Vdc or Vac rms
Input impedance		415±20		Ohms
Output impedance		350±3		Ohms
Insulation resistance		>2000		Mega-Ohms
Cable length		0.4		m
Cable type		4 wire, PVC, spiral shield		
Construction		Aluminum		
Environmental protection		IP66		
Platform size (max)		200 x 200		mm
Recommended torque		2.0		N*m

Το μοντέλο 1004 είναι μια δυναμοκυψέλη πολύ υψηλής ακρίβειας. Αυτή η δυναμοκυψέλη είναι κατάλληλη για εφαρμογές ζύγισης κοσμημάτων, με αναλυτικούς ζυγούς, για ιατρικό εξοπλισμό, για εφαρμογές στην ιατρική και φαρμακευτική έρευνα και για χαμηλό επίπεδο μέτρησης της δύναμης. Το μοντέλο 1004 προσφέρει έως 30.000 διαιρέσεις για μεγαλύτερη ακρίβεια, σε σταθερή θερμοκρασία δωματίου. Η αντοχή του στην υγρασία, λόγω της ειδικής προστατευτικής επίστρωσης, εγγυάται την μακροχρόνια αξιοπιστία του. Μια συσκευή προστασίας από υπερφόρτωση μπορεί εύκολα να περιληφθεί στο σχεδιασμό της εφαρμογής. Μια οπή με σπείρωμα, υπάρχει στο τέλος της δυναμοκυψέλης που εξυπηρετεί τον σκοπό αυτό.



Εικόνα 5: Διαστάσεις σε χιλιοστά και διαρρύθμιση δυναμοκυψέλης μοντέλου 1004.

Στην Ευρώπη, οι κατευθυντήριες γραμμές για τα νόμιμα συστήματα ζύγισης που κυκλοφορούν στο εμπόριο απέκλιναν σε διαφορετικές χώρες. Για την εναρμόνιση και την τυποποίηση σε μια διεθνή βάση, πραγματοποιήθηκε στο Παρίσι στις 12 Οκτωβρίου 1955, μια γενικά αποδεκτή σύμβαση και τα συμμετέχοντα κράτη (χώρες) συμφώνησαν να δημιουργήσουν ένα Διεθνή Οργανισμό Νόμιμης Μετρολογίας (International Organization of Legal Metrology). Επειδή η επίσημη γλώσσα ήταν η γαλλική, το όνομα του οργανισμού είναι Organization Internationale de Metrologie Legale. Οι συστάσεις της OIML βασίζονται σε συγκεκριμένα όργανα μέτρησης και συγκεκριμένης τεχνολογίας. Τα κράτη μέλη αναμένεται να εφαρμόσει τις συστάσεις αυτές, στο μέτρο του δυνατού.

Με τον όρο προστασία αναφερόμαστε στις περιβαλλοντικές συνθήκες τις οποίες είναι ανθεκτική κάθε δυναμοκυψέλη. Ο πρώτος αριθμός αναφέρεται στην προστασία κατά των

στερεών αντικείμενων και ο δεύτερος κατά των υγρών. Στον παρακάτω πίνακα εμφανίζονται αναλυτικά τι αντιπροσωπεύει ο κάθε αριθμός.

IP First Number Protection Against Solid Objects		IP Second Number Protection Against Liquids	
0	No protection	0	No protection
1	Protected against solid objects up to 50 mm e.g. accidental touch by hands	1	Protected against vertically falling drops of water (e.g. condensation)
2	Protected against solid objects up to 12 mm e.g. fingers	2	Protected against direct sprays of water up to 15° from the vertical
3	Protected against solid objects more than 2.5 mm e.g. tools and small wires	3	Protected against direct sprays of water up to 60° from the vertical
4	Protected against solid objects more than 1 mm e.g. small wires	4	Protected against water sprayed from all directions, limited entrance allowed
5	Protected against dust-limited entrance (no harmful deposit)	5	Protected against low pressure jets of water from all directions, limited entrance allowed
6	Totally protected against dust	6	Protected against strong jets of water e.g. for use on ship decks, limited entrance allowed
		7	Protected against the effects of immersion between 15 cm and 1 m
		8	Protected against long periods of immersion under pressure

Εικόνα 6: Συνθήκες περιβάλλοντος προστασίας IP

Συμπερασματικά το IP 66 είναι ανθεκτικό στην σκόνη και στον δυνατό ψεκασμό νερού, κάτι το οποίο το κάνει κατάλληλο για την χρήση του στα πλοία καθώς μόνο μια μικρή ποσότητα νερού καταφέρει να εισβάλει. Αναλυτικά στις συνθήκες περιβάλλοντος θα αναφερθούμε στα επόμενα κεφάλαια.

Η Δυναμοκυψέλη 1004 είναι ιδανική για:

- i. μετρήσεις μικρής κλίμακας
- ii. ζυγαριές ακριβείας
- iii. κοσμήματα
- iv. παρασκευή φαρμακευτικών προϊόντων



## Κεφάλαιο 5: Παράδειγματα χρήσης δυναμοκυψελών

### ü Ζυγιστήριο

Η γεφυροπλάστιγγα η οποία έχει διαστάσεις πλατφόρμας το ελάχιστο 16μ.χ3μ., θα είναι ηλεκτρονική και θα λειτουργεί με 4 δυναμοκυψέλες ονομαστικής δυναμικότητας 60 τόνων η κάθε μία. Θα είναι υπόγεια (εντός τάφρου) με γέφυρα εξ' ολοκλήρου από σκυρόδεμα. Θα έχει ικανότητα ζύγισης μέχρι 40 τόνους και ικανότητα φόρτισης μέχρι 60 τόνους. Η καταγραφή των στοιχείων ζύγισης θα είναι αυτόματη, με κλίμακα ενδείξεων με μικρότερη υποδιαίρεση τα 10 κιλά και τα στοιχεία θα μεταφέρονται σε H/Y SCADA (supervisory control and data acquisition) , όπως επίσης το είδος των εμπορευμάτων, ο προμηθευτής των εμπορευμάτων, η ημερομηνία και η ώρα παραλαβής. Ο έλεγχος του ζυγιστηρίου θα γίνεται σύμφωνα με την ισχύουσα νομοθεσία.

### ü Ηλεκτρονικοί Βιομηχανικοί Επιδαπέδιοι Ζύγοι

Οι ηλεκτρονικοί ζυγοί δαπέδου χαμηλού ύψους χαρακτηρίζονται από την υψηλή αξιοπιστία , την ακρίβεια και τη μεγάλη διάρκεια ζωής τους.

Για την ακριβή ζύγιση του φορτίου χρησιμοποιούνται τέσσερις δυναμοκυψέλες με βαθμό προστασίας τουλάχιστον IP 67.

#### Κύρια Χαρακτηριστικά

- Ειδική στιβαρή κατασκευή πλαισίου
- Χρήση τεσσάρων δυναμοκυψελών
- Δυνατότητα χρήσης ράμπας εισόδου – εξόδου
- Δυνατότητα τοποθέτησης σε λάκκο

- Πλάτη Στήριξης Δεμάτων

#### ü Ηλεκτρονικοί Βιομηχανικοί Επιτραπέζιοι Ζύγοι

Οι ηλεκτρονικοί ζύγοι κατασκευάστηκαν με τέτοιο τρόπο ώστε να προσφέρουν πέρα από την υψηλή αξιοπιστία και την ακρίβεια, την αντοχή και τη μεγάλη διάρκεια ζωής. Λαμβάνοντας υπόψιν τόσο τις δυσχερείς συνθήκες περιβάλλοντος αλλά και τις ιδιαιτερότητες της χρήσης προσπαθεί να καλύψει ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών στο χώρο της βιομηχανικής ζύγισης. Η κατασκευή τους μπορεί να είναι ή χαλύβδινη με ανοξείδωτες εξωτερικές επιφάνειες είτε πλήρως ανοξείδωτη για χώρους που παρουσιάζουν υψηλή υγρασία. Η λειτουργία τους βασίζεται σε μια δυναμοκυψέλη που είναι ειδικά επιλεγμένη για ζύγιση με υψηλή ακρίβεια και ασφάλεια.

Κύρια Χαρακτηριστικά:

- Ειδική κατασκευή πλαισίου
- Προστασία δυναμοκυψέλης από υπερφόρτωση
- Αλφαδάκι ελέγχου οριζόντιας τοποθέτησης
- Βραχίονας Στήριξης Ενδείκτη
- Πλάτη Στήριξης Δεμάτων

#### ü Ζυγαριά ακριβείας φαρμακείου



© PHARMACYEXPRESS  
psf

Εικόνα 7 : Ζυγαριά ακριβείας φαρμακείου.

#### Κύρια Χαρακτηριστικά:

- Οπίσθιο φωτισμό οθόνης LCD
- Αυτόματη εσωτερική βαθμονόμηση, με στέλεχος μετρητή δυναμοκυψέλης
- Ρολόι πραγματικού χρόνου

#### **ü** Ζυγιστήριο Τσιμέντου.

#### Κύρια Χαρακτηριστικά:

- Κάδος ζύγισης χωρητικότητας 1200 λίτρων με δύο σημεία φόρτωσης, τοποθετημένο σε ειδικά διαμορφωμένο καβαλέτο.
- Σύστημα ζύγησης τσιμέντου με τρεις ηλεκτρονικές δυναμοκυψέλες εφελκυσμού, ζυγιστικής ικανότητας 3000kg, αντοχής 1kg.
- Δονητή για τη διευκόλυνση της ροής του τσιμέντου ισχύος 100kgf, 3000rpm, 220/380V, 50 Hz.
- Δύο κοχλίες μεταφοράς του τσιμέντου από τα σίλο τσιμέντου στο ζυγιστήριο, μήκους 6m Φ273. Οι κοχλίες είναι πλήρης με χοάνη φόρτωσης και αποφόρτωσης και εμφανίζουν τα εξής χαρακτηριστικά: Κλίση του κοχλία είναι 29°, κλίση λειτουργίας 30°, ηλεκτροκινητήρας 7,5KW, ταχύτητα 210rpm, θεωρητική παροχή 70t/h (τσιμέντου Portland 1,13t/m<sup>3</sup>).

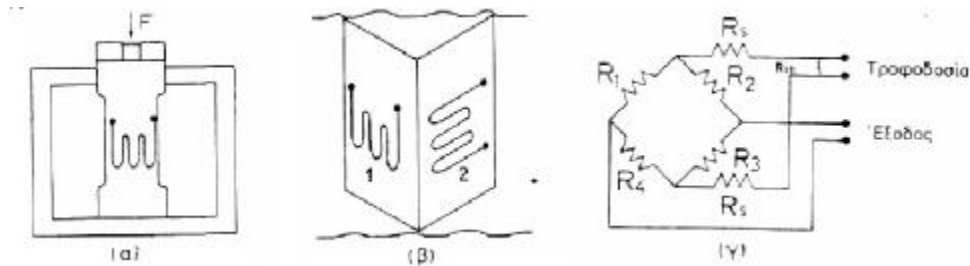
#### Ü Τμήμα νερού για την δημιουργία σκηροδέματος.

Με ζυγιστήριο και όλα τα απαραίτητα εξαρτήματα για την πλήρη ακρίβεια δοσολόγησης του νερού και διατήρηση της σχέσης νερού-τσιμέντου όπως επιβάλλει ο νέος κανονισμός τεχνολογίας σκυροδέματος για κάθε συνταγή παραγωγής. Το νερό που θα χρησιμοποιηθεί στη διαδικασία παραγωγής μεταφέρεται από την παροχή μέχρι το δάπεδο της εξέδρας έδρασης του αναμκτήρα μέσω ενός πλήρους συστήματος που περιλαμβάνει όλες τις απαραίτητες βάνες και βαλβίδες που απαιτούνται. Το ζυγιστήριο νερού είναι αναρτημένο σε ειδικά διαμορφωμένο καβαλέτο επάνω από τον αναμκτήρα. Στα σημεία ανάρτησης παρεμβάλλεται μία δυναμοκυψέλη εφελκυσμού που με κατάλληλη καλωδίωση μεταφοράς δεδομένων συνδέεται με τον κεντρικό πίνακα χειρισμού προκειμένου να μεταφερθούν και να αναγνωριστούν οι ψηφιακές ενδείξεις.

#### Ü Μετρηση Δυναμης – Βαρους με αισθητηρα παραμορφωσης.

Η μέτρηση της δύναμης γίνεται έμμεσα - μετρώντας δηλαδή την παραμόρφωση την οποία αυτή προκαλεί όταν επενεργεί σε κατάλληλα διαλεγμένα μηχανικά στοιχεία (μια ράβδος ή ένα διάφραγμα ή ένα ελατήριο). Χρησιμοποιεί ελαστικό υλικό που έχει την μορφή τετράγωνης κολώνας, πάνω στο οποίο βρίσκονται προσκολλημένες οι πιεσοαντιστάσεις. Όταν το υλικό αυτό βρίσκεται υπό μηχανική τάση, τότε προκαλούνται μικρές μεταβολές στις αντιστάσεις των τεσσάρων μετρητών. Τα στοιχεία μαζί με κατάλληλες αντιστάσεις σταθερής τιμής συγκροτούν μια γέφυρα Wheatstone, η ακριβής φύση της οποίας εξαρτάται από την εφαρμογή και τη μορφή της μηχανικής τάσης που ασκείται. Υπάρχουν σήμερα διαθέσιμες δυναμοκυψέλες για μέτρηση δυνάμεων από μερικά γραμμάρια μέχρι αρκετούς τόνους. Για να επιλέξουμε την καταλληλή πρέπει να

λάβουμε υπόψη την περιοχή δυνάμεων που θέλουμε να μετράμε, αν είναι για στατική ή δυναμική μέτρηση καθώς και το είδος της δύναμης (θλιπτική ή εφελκυστική).



Εικόνα 8 : Κυψελίδα φόρτωσης δυναμοκυψέλης - συνδεσμολογία αντιστάσεων.

#### ü Σύμμικτη γεφυροπλάστιγγα

Η ηλεκτρονική γεφυροπλάστιγγα είναι κατασκευή με πλατφόρμα από χάλυβα και μπετόν αποτελούμενη από διαιρούμενα τμήματα. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται το ελάχιστο μόνιμο φορτίο επί της γεφυροπλάστιγγας με αποτέλεσμα τη μέγιστη απόδοση λειτουργίας και αύξηση του κύκλου ζωής της κατασκευής. Η κατασκευή είναι σχεδιασμένη ώστε να μεταφέρει το ζυγιζόμενο φορτίο ομοιόμορφα, χωρίς ταλαντώσεις και κραδασμούς σε τέσσερα (4), έξι (6) ή οκτώ (8), σημεία στήριξης, ήτοι τέσσερις (4), έξι (6) ή οκτώ (8) δυναμοκυψέλες (multi-cell technology). Ο αριθμός των σημείων στήριξης εξαρτάται από το μήκος της πλατφόρμας. Για κατασκευές 8-12m προτείνονται τέσσερα (4) σημεία στήριξης και για κατασκευές 14-20 m προτείνονται έξι (6) και οκτώ (8) σημεία στήριξης.

Γενικά χαρακτηριστικά:

- πλήρως ηλεκτρονική γεφυροπλάστιγγα
- κατασκευασμένη σύμφωνα με τους κανονισμούς DIN 8119

- ικανή για ζύγιση οχημάτων που επιτρέπεται να κυκλοφορούν πάνω στους δημόσιους δρόμους.
- είδος εγκατάστασης επιφανείας ή λάκκου
- κατασκευή πλατφόρμας από χάλυβα και μπετόν
- χαμηλού προφίλ
- συνολικό ύψος από το έδαφος περίπου 400mm (επιφανείας) ή με λάκκο βάθους περίπου 500mm
- μελετημένη για εύκολη μεταφορά

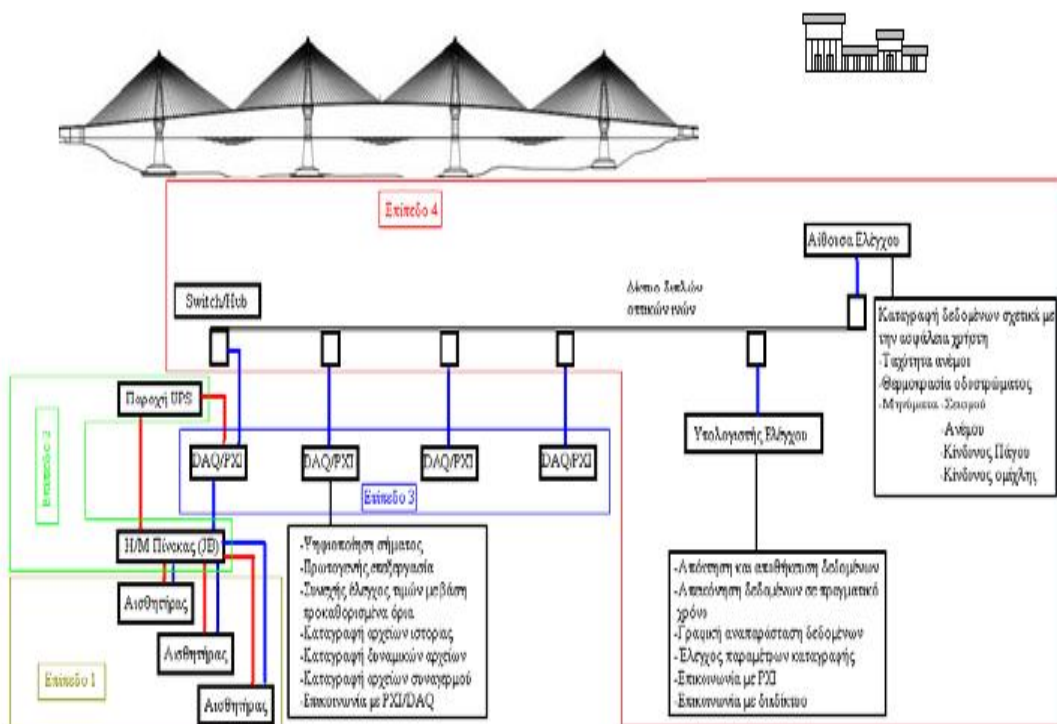
### **Προστατευτικά μέσα:**

Για την προστασία των δυναμοκυψελών από τυχόν διαρροές ρεύματος, αυτές γειώνονται με χάλκινο πλεκτό αγωγό 16mm<sup>2</sup>. Η προστασία των καλωδίων σε όλο το μήκος τους γίνεται με προστατευτικό σωλήνα από εύκαμπτο PVC βιομηχανικού τύπου και πλαστικό σωλήνα από σκληρό PVC στην υπόγεια διαδρομή γεφυροπλάστιγγας-ζυγιστηρίου. Οι βάσεις των δυναμοκυψελών και η μεταλλική πλατφόρμα συνδέονται με ηλεκτρόδια γείωσης. Σε συχνές πτώσεις τάσης του ρεύματος ή διακοπής εντελώς της παροχής του, μπορούμε να προσφέρουμε εφεδρικό σύστημα τροφοδοσίας (U.P.S)

## Κεφάλαιο 6: Σύστημα παρακολούθησης γέφυρας με στόχο την καταγραφή σημάτων και δονήσεων

Η επιλογή των υπό παρακολούθηση μεγεθών καθώς και η εκτίμηση του εύρους των τιμών είναι καθοριστικές για την επιλογή τόσο των αισθητήρων όσο και της συνολικής φιλοσοφίας σχεδιασμού του συστήματος δομικής παρακολούθησης. Η βασική δομή του συστήματος παρακολούθησης της γέφυρας «Χαρίλαος Τρικούπης» περιλαμβάνει τα εξής επίπεδα:

1. Αισθητήρες μέτρησης επιλεγόμενου μεγέθους
2. Σύστημα τροφοδοσίας (παροχής απαιτούμενης ισχύος λειτουργίας (αισθητήρων) και μεταφοράς μετρούμενου σήματος
3. Ψηφιοποίηση/Πρωτογενής επεξεργασία σημάτων
4. Δίκτυο επικοινωνίας και διαχείριση ψηφιοποιημένων σημάτων



Εικόνα 9: Σχεδιαγράμμα Έργου

## Επίπεδο 1: Αισθητήρες

Η ενοργάνωση της γέφυρας χρειάζεται ένα σύνολο διαφορετικών αισθητήρων η πλειοψηφία των οποίων παράγει αναλογικό σήμα το οποίο ψηφιοποιείται στο επίπεδο 3. Στον παρακάτω πίνακα δίνεται το είδος του αισθητήρα, ο συνολικός αριθμός και το εύρος καταγραφής τους.

Αισθητήρες	Αριθμός	Μέγεθος	Χαρακτηριστικά
3D Μετεωρολογικοί Σταθμοί	2	Ταχύτητα και διεύθυνση ανέμου	0-60 m/sec
Επιταχυνσιογράφοι εδάφους	2	Επιτάχυνση σε τρεις άξονες	3D επιταχυνσιογράφοι Εύρος συχνοτήτων: 0-100Hz Εύρος Επιτάχυνσης: $\pm 3g$



			(ακτές Ρίου, Αντιρρίου)
Επιταχυνσιογράφοι πυλώνων	12	Επιτάχυνση σε τρεις άξονες	3D επιταχυνσιογράφοι Εύρος συχνοτήτων: 0~100Hz Εύρος Επιτάχυνσης: ±3g (βάση βάθρου) Εύρος Επιτάχυνσης: ±20g (βάση πυλώνα και κορυφή)
Επιταχυνσιογράφοι καταστρώματος	15	Επιτάχυνση σε τρεις άξονες	3D και 1D επιταχυνσιογράφοι Εύρος συχνοτήτων: 0~100Hz Εύρος Επιτάχυνσης: ±3g
Επιταχυνσιογράφοι καλωδίων	13	Επιτάχυνση σε τρεις άξονες	3D επιταχυνσιογράφοι Εύρος συχνοτήτων: 0~100Hz Εύρος Επιτάχυνσης: ±3g
Παραμορφωσιόμετρα στις ράβδους σύνδεσης πυλώνα καταστρώματος	4	Ανηγγμένη παραμόρφωση & υπολογισμός δύναμης	Εύρος: ±1500μstrain ±17000KN
Δυναμοκυψέλες στα καλώδια	16	Δύναμη	Γραμμική συμπεριφορά έως 320 kN
Μαγνητικά μηκνησιόμετρα στους αρμούς	2	Μετακίνηση	Μέγιστο Εύρος 3 m
Αισθητήρες μέτρησης θερμοκρασίας οδοστρώματος	4	Θερμοκρασία	-50 έως +50 °C
Αισθητήρες μέτρησης θερμοκρασίας καταστρώματος	5	Θερμοκρασία	-20 έως +80 °C



Μετεωρολογικός σταθμός



Αισθητήρες παραμόρφωσης στις  
ράβδους σύνδεσης  
καταστρώματος



Δυναμοκυψέλες καλωδίων



Επιταχυνσιογράφοι

Εικόνα 10: Στιγμιότυπα έργου

## Επίπεδο 2: Τροφοδοσία και μεταφορά σήματος

Για κάθε ομάδα αισθητήρων που τοποθετούνται σε συγκεκριμένο τμήμα της γέφυρας αντιστοιχεί μία μονάδα ηλεκτρικού πίνακα από το οποίο τροφοδοτούνται και στον οποίο καταλήγει το παραγόμενο αναλογικό σήμα.

## Επίπεδο 3: Ψηφιοποίηση και επεξεργασία σήματος

Το αναλογικό σήμα που παράγεται από κάθε αισθητήρα οδηγείται στην μονάδα ψηφιοποίησης που υπάρχει σε κάθε πυλώνα. Στην μονάδα αυτή το σήμα θα καταγραφεί σε διαχειρίσιμη μορφή από το λειτουργικό σύστημα και θα μεταδοθεί προς το επόμενο επίπεδο διαχείρισης.



Εικόνα 11: Μονάδα ψηφιοποίησης και καταγραφής δεδομένων.

#### **Επίπεδο 4: Δίκτυο επικοινωνίας και διαχείριση δεδομένων**

Για τη μεταφορά και τη διαχείριση των πληροφοριών που καταγράφονται υπάρχει ένα τοπικό δίκτυο διπλών οπτικών ινών ώστε να εξασφαλίζεται η σε πραγματικό χρόνο μετάδοση των δεδομένων.



Εικόνα 12: Δίκτυο διπλών οπτικών ινών.

## Καταγραφή και χρήση δεδομένων

Η σωστή και αποτελεσματική καταγραφή δεδομένων είναι μια από τις σημαντικότερες παραμέτρους ενός συστήματος ενόργανης δομικής παρακολούθησης (structural health monitoring system) δεδομένου ότι το σύνολο της πληροφορίας που μπορεί να χρησιμοποιηθεί περιέχεται στα αρχεία καταγραφής. Με στόχο λοιπόν την βέλτιστη χρήση της πληροφορίας που μπορεί να αποκτηθεί από τα μεγέθη που παρακολουθούνται, η καταγραφή των δεδομένων γίνεται στις ακόλουθες 2 μορφές (ο κάθε τύπος αρχείων (καταγραφής) εξυπηρετεί διαφορετικούς στόχους και προσφέρει συγκεκριμένο τύπο πληροφορίας):

- Αρχεία ιστορίας διαφορετικής συχνότητας καταγραφής.

Στα αρχεία ιστορίας καταγράφονται αυτομάτως σε προεπιλεγμένα τακτά διαστήματα οι μέσες τιμές (0,5 δευτ.) του συνόλου των μετρούμενων μεγεθών και ταξινομούνται ανάλογα με την συχνότητα καταγραφής δεδομένων σε:

- Ετήσια αρχεία ιστορίας (καταγραφή κάθε 2 ώρες)
- Μηνιαία αρχεία ιστορίας (καταγραφή κάθε 30 λεπτά)
- Εβδομαδιαία αρχεία ιστορίας (καταγραφή κάθε 5 λεπτά)
- Ημερήσια αρχεία ιστορίας (καταγραφή κάθε 30 δευτερόλεπτα)

Ο διαχωρισμός αυτός με βάση την συχνότητα καταγραφής εξυπηρετεί την επεξεργασία των τιμών προσφέροντας ευελιξία στον τρόπο διαχείρησής τους. Τα αρχεία αυτά είναι ιδιαίτερα χρήσιμα στην παρακολούθηση φαινομένων που η εξέλιξή τους είναι σχετικά αργή όπως:

- Χαρακτηρισμός περιβαντολογικών φορτίων (άνεμος, θερμοκρασία κλπ)
- Επίδραση θερμοκρασιακών μεταβολών στην ένταση/παραμόρφωση του φορέα.
- Επίδραση ανέμου στην ένταση του φορέα (εξαιρείται η δυναμική απόκριση της κατασκευής)
- Ερπυσμός και συστολή ξήρανσης του σύμμικτου καταστρώματος.

• Δυναμικά αρχεία.

Στα δυναμικά αρχεία καταγράφεται το σύνολο των μετρούμενων μεγεθών με ρυθμό καταγραφής τα 100Hz. Η διάκριση των αρχείων αυτών γίνεται με βάση την αιτία δημιουργίας τους ως εξής:

- Αυτόματα (η καταγραφή τους γίνεται αδιάλειπτα κάθε 2 ώρες)
- Συναγερμού (η καταγραφή τους ξεκινά από υπέρβαση ενός ορίου που έχει τεθεί ανά μετρούμενο μέγεθος και συμπεριλαμβάνει και συγκεκριμένο χρονικό διάστημα προ του συναγερμού)
- Εξ απαίτησης (η καταγραφή τους μπορεί να ξεκινήσει οποιαδήποτε χρονική στιγμή από τον Χρήστη)

Τα δυναμικά αρχεία είναι ιδιαίτερα χρήσιμα για τον υπολογισμό της δυναμικής απόκρισης της κατασκευής καθώς η συχνότητα καταγραφής (100Hz) επιτρέπει την αποτύπωση όλου του χρήσιμου φάσματος συχνοτήτων απόκρισης της κατασκευής. Μέσω αυτών των αρχείων μπορούν να μελετηθούν τα εξής φαινόμενα:

- Σεισμική απόκριση της κατασκευής.
- Χαρακτηρισμός του επιπέδου της σεισμικής έντασης (δημιουργία φάσματος απόκρισης).
- Μέτρηση των δυναμικών χαρακτηριστικών της κατασκευής (π.χ. ιδιοσυχνότητες ταλάντωσης, ποσοστό κρίσιμης απόσβεσης κλπ) και επαλήθευση των θεωρητικών εκτιμήσεων .
- Δυναμική απόκριση της κατασκευής υπό άνεμο.

Τέλος θα πρέπει να σημειωθεί ότι η τακτική καταγραφή δυναμικών αρχείων (αυτόματα) εξασφαλίζει και τον έλεγχο της ποιότητας του καταγραφόμενου δυναμικού σήματος.

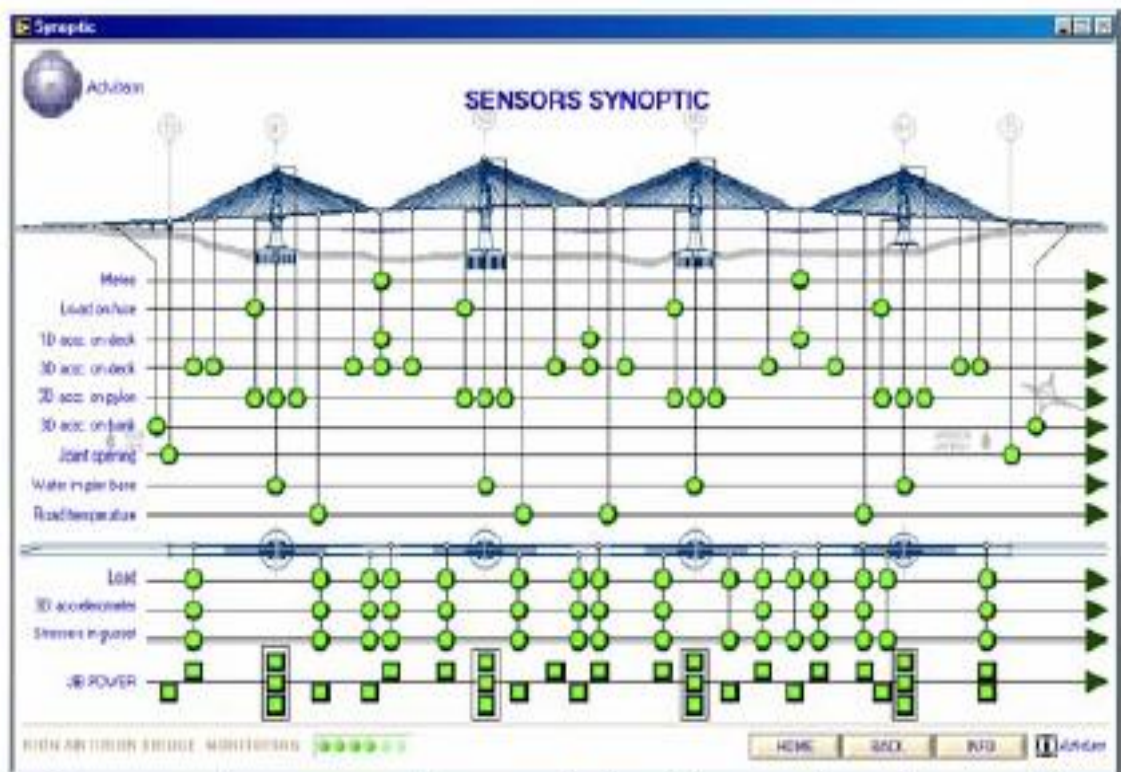
## Λογισμικό διαχείρισης συστήματος

Η συνολική διαχείριση και εποπτεία του συστήματος ενόργανης δομικής παρακολούθησης στηρίζεται σε ένα εξειδικευμένο λογισμικό το οποίο μπορεί να δώσει με σαφήνεια τις απαιτούμενες πληροφορίες αλλά και να εξασφαλίζει τον πλήρη έλεγχο όλων των παραμέτρων που απαιτούνται. Η ανάπτυξη του λογισμικού έχει γίνει σε Labview, γλώσσα που έχει αναπτυχθεί από την National Instrument προσανατολισμένη σε αντίστοιχες εφαρμογές. Οι βασικές λειτουργίες που εκτελούνται μέσω του συγκεκριμένου λογισμικού είναι:

- Συνοπτική παρουσίαση όλων των μετρούμενων μεγεθών που υπερβαίνουν τα αντίστοιχα όρια που τους έχουν τεθεί.
- Παρουσίαση σε πραγματικό χρόνο των μετρούμενων τιμών
- Δυνατότητα γραφικής απεικόνισης και επεξεργασίας όλων των αρχείων καταγραφής που δημιουργούνται.
- Καταγραφή όλων των συμβάντων ώστε να μπορεί να γίνεται αξιολόγηση της λειτουργίας του συστήματος.
- Δυνατότητα καθορισμού όλων των ορίων συναγερμού για κάθε μετρούμενο μέγεθος.
- Δυνατότητα επιλογής όλων των παραμέτρων καταγραφής (όπως συχνότητα και διάρκεια καταγραφής) μέσα στα όρια που τίθενται από τον εκάστοτε αισθητήρα/επεξεργαστή.
- Δυνατότητα να επαναπροσδιοριστεί η βαθμονόμηση του σήματος (συντελεστές κλίμακας (scale) και αντιστάθμισης (offset)) για κάθε καταγραφόμενο μέγεθος.
- Εξασφαλίζει την επικοινωνία με τους υπολογιστές καταγραφής ώστε να υπάρχει δυνατότητα διαχείρισής τους από απόσταση.
- Παροχή όλων των απαιτούμενων πληροφοριών στο Κέντρο Ελέγχου που αφορά την ασφάλεια των Χρηστών.

Στα επόμενα σχήματα παρουσιάζεται το γραφικό περιβάλλον του λογισμικού που αντιστοιχεί σε διάφορες λειτουργίες του





Απεικόνιση της κατάστασης του συνόλου των αισθητήρων. Η χρωματική απεικόνιση μεταβάλλεται σε πραγματικό χρόνο (πράσινο σε κόκκινο) ανάλογα με το εάν έχει ξεπεραστεί το εκάστοτε όριο συναγερμού κάθε καταγραφόμενου μεγέθους.

Sensor measure parameterization

Αδύναμο

### M1 SENSOR MEASURE PARAMETERIZATION

Stay Acc. | Strain gages (1) | Strain gages (2) | Load cells | Deck Acc. | Pylon Acc. | Bank Acc. | Joint | Temperature | JB power | Load fuse

Signal	Location	Sensor ref.	Channel name	Channel ref.	unit	a	b	c	d	Factor ref.	High aberrant signal offset	Low aberrant signal	Aberrant signal variation	Measure
0.008	1S10E	2770_1	X	E3-X	g	0	0	1.04332	0	1	0.085	0	0	-0.019 Other
0.015	1S10E	2770_4	Y	E3-Y	g	0	0	-1.0298	0	1	-0.112	0	0	-0.003 Other
-0.990	1S10E	2770_2	Z	E3-Z	g	0	0	-1.0449	0	1	0.041	0	0	0.018 Other
0.378	1S10W	2770_3	X	E4-X	g	0	0	1.04832	0	1	0.094	0	0	0.392 Other
0.265	1S10W	2770_4	Y	E4-Y	g	0	0	-1.0266	0	1	0.087	0	0	-0.366 Other
0.189	1S10W	2770_2	Z	E4-Z	g	0	0	-1.0298	0	1	0.084	0	0	-0.182 Other
0.036	1N17E	2774_1	X	E7-X	g	0	0	-0.9990	0	1	0.084	0	0	-0.036 Other
0.272	1N17E	2774_4	Y	E7-Y	g	0	0	1.03842	0	1	0.221	0	0	0.061 Other
-0.962	1N17E	2774_2	Z	E7-Z	g	0	0	-1.0290	0	1	0.071	0	0	-0.942 Other
0.281	M100W	2844_1	X	E9W-X	g	0	0	-0.9891	0	1	0.019	0	0	-0.218 Other
0.328	M100W	2844_4	Y	E9W-Y	g	0	0	0.98814	0	1	0.089	0	0	0.227 Other
0.387	M100W	2844_2	Z	E9W-Z	g	0	0	-1.0214	0	1	0.087	0	0	-0.297 Other
0.081	M100E	5116_2	Z	D9E-Z	g	0	0	-1.0482	0	1	1.085	0	0	0.014 Other

SAVE

100% AVAILABILITY BRIDGE - MONITORING

MOVES HOME BACK INFO

Πίνακας εισαγωγής συντελεστών προσαρμογής στο μετρούμενο σήμα

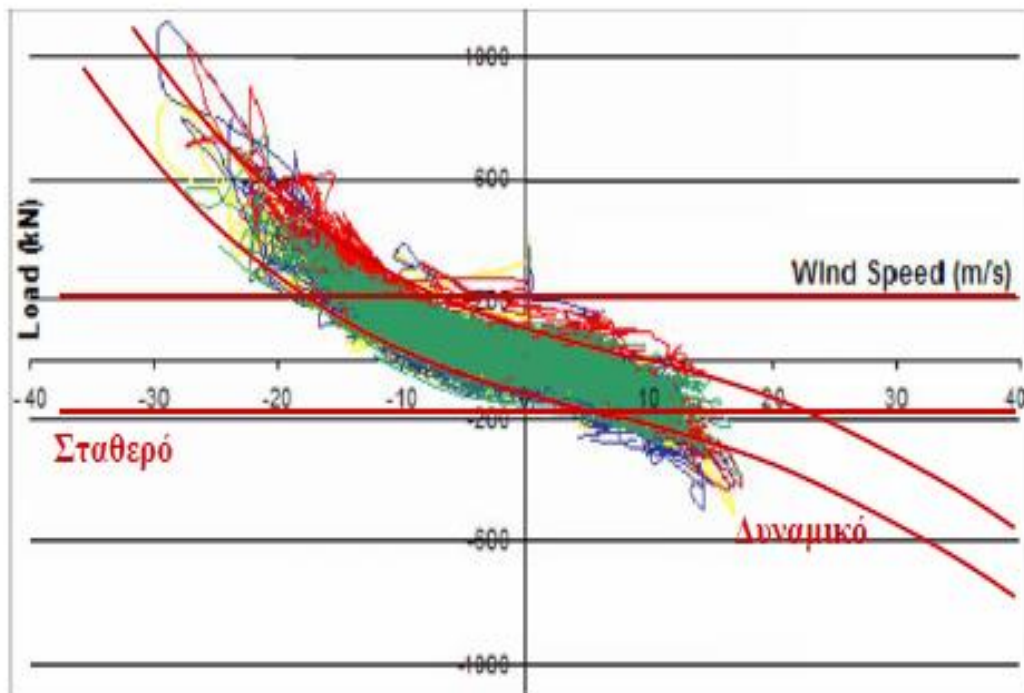
## Αυτοματοποιημένη διαχείριση συστήματος

Η έως τώρα επιτυχημένη διαχείριση του συνόλου των δεδομένων που αποκτούνται μέσω του συστήματος ενόργανης δομικής παρακολούθησης αποτελεί έναυσμα για την περαιτέρω βελτίωση και αυτοματοποίηση του συστήματος. Οι τιθέμενοι υπό ανάπτυξη στόχοι μπορούν να συνοψιστούν στα ακόλουθα σημεία:

- Μείωση του πλήθους των καταγραφών στις ουσιωδώς χρήσιμες για την εξαγωγή όλων των απαιτούμενων πληροφοριών.
- Προσαρμογή των καταγραφών (διάρκεια/συχνότητα) στο είδος της εκάστοτε φόρτισης ώστε να είναι δυνατή η οποιαδήποτε ανάλυση σύμφωνα με τις προδιαγραφές εξειδικευμένων αναλυτών.
- Δυνατότητα αυτοδιάγνωσης του συστήματος καταγραφής και αυτόματη ενημέρωση για την ανάγκη και το επίπεδο εξωτερικής (ανθρώπινης) επέμβασης.
- Αναγνώριση, κατηγοριοποίηση εξαιρετικών γεγονότων (σεισμός/ ισχυρός άνεμος), αυτόματη παραγωγή εκθέσεων και ενημέρωση συγκεκριμένων τεχνικών ώστε να βελτιστοποιηθεί η διαδικασία λήψης αποφάσεων.

Η επίτευξη των προαναφερθέντων στόχων γίνεται μέσω ενός συνόλου «έξυπνων» αποφάσεων που μπορεί αυτόματα να λαμβάνονται χωρίς την ανθρώπινη μεσολάβηση. Αναλυτικότερα, η μείωση του πλήθους των καταγραφών μπορεί να επιτευχθεί μέσω της επιλογής δυναμικών ορίων συναγερμού, τα οποία λαμβάνουν υπόψη την φυσική/αναμενόμενη συμπεριφορά της κατασκευής. Στο επόμενο σχήμα παρουσιάζεται η διαφορά ανάμεσα στα σταθερά και τα δυναμικά όρια συναγερμού. Στην συγκεκριμένη περίπτωση το δυναμικό όριο λαμβάνει υπόψη του την μεταβολή της πλευρικής δύναμης του καταστρώματος σε σχέση με την ταχύτητα του ανέμου.





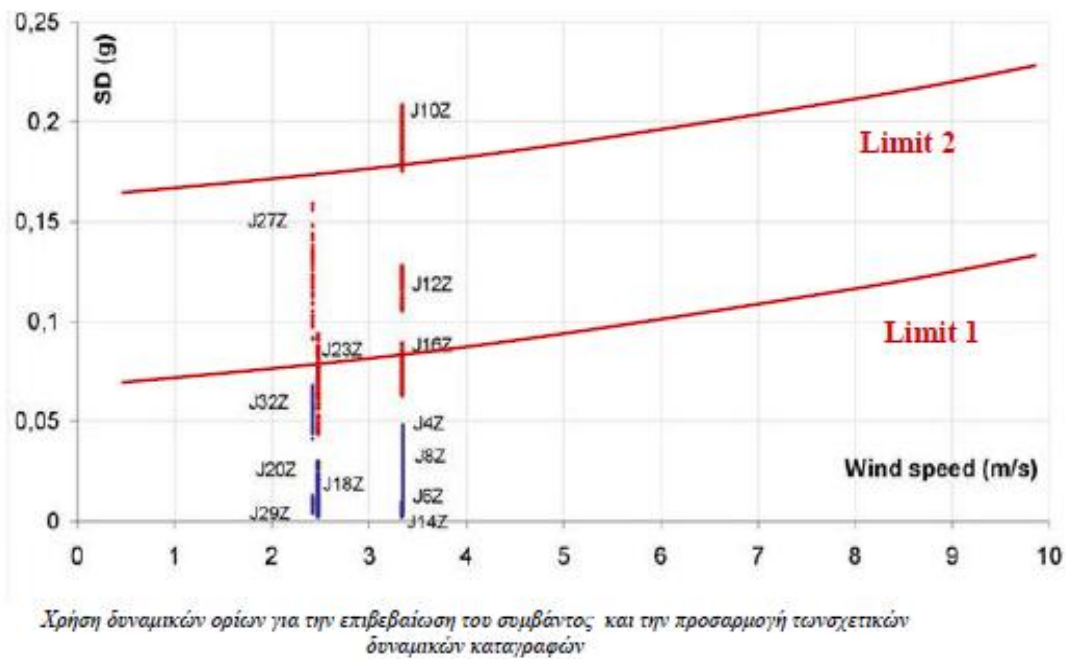
Σύγκριση σταθερών και δυναμικών ορίων συναγερού

Εικόνα 13: Όρια συναγερού.

Τα κύρια χαρακτηριστικά για την προσαρμογή του συστήματος στις συγκεκριμένες απαιτήσεις που θέτει ένας ισχυρός άνεμος είναι:

- Αλλαγή της συχνότητας και της διάρκειας καταγραφής σύμφωνα με τις απαιτήσεις της ανάλυσης (η αύξηση της διάρκειας επιδρά θετικά στην ποιότητα της πληροφορίας για τις χαμηλές ιδιοσυχνότητες όπως αυτές του καταστρώματος).
- Επαλήθευση του συμβάντος μέσω δυναμικά μεταβαλλόμενων ορίων και κανόνων που προκύπτουν από την πραγματική συμπεριφορά της κατασκευής.
- Αυτοματοποιημένη διαδικασία παρουσίασης των δεδομένων σε μορφή έκθεσης (όταν ξεπερνούνται τα προαναφερθέντα όρια) και ενημέρωση σχετικά με την διαχείριση της κυκλοφορίας.

Στο επόμενο γράφημα δίνεται ένα παράδειγμα επιβεβαίωσης της ταλάντωσης ενός καλωδίου (μέσω της ταυτόχρονης υπέρβασης των δυναμικών ορίων και από άλλα καλώδια). Η υπέρβαση του πρώτου ορίου οδηγεί στην δημιουργία δυναμικού αρχείου συγκεκριμένων χαρακτηριστικών ενώ η υπέρβαση του δεύτερου ορίου θα σήμαινε την δημιουργία εκθέσεως με χρήσιμες και σχετικές πληροφορίες.



Εικόνα 14: Δυναμικές καταγραφές.

Η αντίστοιχη λειτουργία για την περίπτωση σεισμικού γεγονότος θα προέβλεπε τα εξής:

- Αναγνώριση του σεισμικού γεγονότος σε πραγματικό χρόνο μέσω των μετρήσεων των επιταχυνσιογράφων.
- Κατηγοριοποίηση του γεγονότος με βάση την απόκριση της κατασκευής όπως αυτή μετρήθηκε από προκαθορισμένους αισθητήρες (πχ δυναμη στα καλώδια, πλευρικές δυνάμεις καταστρώματος κλπ)

- Σύνταξη έκθεσης με το σύνολο της πληροφορίας σχετικά με την απόκριση της γέφυρας.
- Αυτόματη ενημέρωση μέσω διαφορετικών οδών (email, sms, ηχογραφημένο μήνυμα) συγκεκριμένων τεχνικών για την λήψη των απαραίτητων μέτρων.
- Ενημέρωση του Κέντρου Ελέγχου της γέφυρας και πιθανή αυτόματη πρόταση για τον περιορισμό/κλείσιμο της κυκλοφορίας.
- Δημιουργία εντύπου με όλη την απαιτούμενη πληροφορία σχετικά με την απόκριση της κατασκευής.

## **Κεφάλαιο 7: Δυναμικός Έλεγχος Βάρους**

### **Έλεγχος ποιότητας**

Οι δυναμικοί ελεγκτές βάρους αποτελούν αναπόσπαστο μέρος ενός ευρύτερου Προγράμματος ελέγχου ποιότητας που παρέχει προστασία σε καταναλωτές και βιομηχανία:

- Η βιομηχανία διασφαλίζει ότι τα προϊόντα της συμμορφώνονται πλήρως με τους εθνικούς κανονισμούς, περιέχουν τη σωστή ποσότητα συστατικών και ότι οι Α' ύλες αξιοποιούνται με βέλτιστο τρόπο.
- Οι καταναλωτές είναι σίγουροι ότι απολαμβάνουν υψηλής ποιότητας προϊόντα που περιέχουν τα συστατικά που αναγράφονται στις ετικέτες στις σωστές ποσότητες.

Η χρήση δυναμικών ελεγκτών βάρους χτίζει την εμπιστοσύνη ανάμεσα σε βιομηχανία και καταναλωτές καθώς διασφαλίζει ότι έχουν τηρηθεί αυστηρά πρότυπα ποιότητας σε όλο τον κύκλο παραγωγής.

Ο δυναμικός ελεγκτής βάρους είναι ένα σύστημα που ζυγίζει τεμάχια ενώ αυτά κινούνται στην γραμμή παραγωγής, τα κατηγοριοποιεί σύμφωνα με προκαθορισμένες ζώνες βάρους και τα ταξινομεί ή τα απορρίπτει σύμφωνα με αυτήν την κατηγοριοποίηση. Οι δυναμικοί ελεγκτές βάρους ζυγίζουν το 100% των αντικειμένων που διακινούνται στην γραμμή παραγωγής προσφέροντας μια πλήρη εικόνα των δεδομένων παραγωγής όπως μέτρηση παραγόμενων προϊόντων, παρακολούθηση παρτίδων, συνολικά επιθυμητά και απορριπτέα βάρη.

«Ένας δυναμικός ελεγκτής βάρους ζυγίζει, κατηγοριοποιεί και ταξινομεί τα προϊόντα σύμφωνα με το βάρος τους».

Οι δυναμικοί ελεγκτές βάρους μειώνουν το κόστος, ελαχιστοποιούν την φύρα και αυξάνουν τα κέρδη, καθώς βελτιώνουν την ποιότητα των προϊόντων και βελτιστοποιούν τις διαδικασίες παραγωγής. Οι βιομηχανικές επιχειρήσεις μπορούν να χρησιμοποιήσουν τα δεδομένα και τις μετρήσεις που προέρχονται από τους ελεγκτές βάρους για να διασφαλίσουν την ελαχιστοποίηση της υπερ-πλήρωσης (over-filling).

## **Βασικές χρήσεις του δυναμικού ελεγκτή βάρους**

Οι δυναμικοί ελεγκτές βάρους χρησιμοποιούνται σε διάφορες εφαρμογές όπως:

- Έλεγχος για τυχόν ελλιποβαρείς ή υπέρβαρες συσκευασίες
- Συμμόρφωση με τους κανονισμούς καθαρού βάρους των πρωτογενώς συσκευασμένων προϊόντων
- Έλεγχος για τυχόν παραλειφθέντα στοιχεία της συσκευασίας όπως ετικέτες, οδηγίες, καπάκια, φυλλάδια ή προϊόντα
- Μέτρηση τεμαχίων μέσω ελέγχου βάρους για τυχόν παραλειφθέν κιβώτιο, μπουκάλι ή σακί .

- Έλεγχος των μικτών συσκευασιών ώστε να διατηρηθεί η αναλογία στερεό/υγρό σε καθιερωμένα πρότυπα
- Μείωση των απορριπτέων προϊόντων μέσω της ανατροφοδότησης των αποτελεσμάτων του ελεγκτή βάρους στη ρύθμιση της μηχανής γέμισης
- Κατηγοριοποίηση προϊόντων σε ζώνες βάρους για ταξινόμηση ή έλεγχο βάρους μερίδων (portioning)
- Συμμόρφωση προϊόντος με τις απαιτήσεις των καταναλωτών και τις προδιαγραφές του κλάδου
- Ζύγιση καθαρού βάρους με συστήματα καθαρού/μικτού βάρους
- Ζύγιση πριν και μετά την διαδικασία παραγωγής για έλεγχο της απόδοσης
- Μετρήσεις και αναφορές της αποδοτικότητας της γραμμής

## **Χρήσεις στατιστικού ελέγχου από έναν δυναμικό ελεγκτή βάρους**

Η εξέλιξη της τεχνολογίας σήμερα καθιστά τον δυναμικό ελεγκτή βάρους περισσότερο αξιόπιστο από ποτέ. Πληροφορίες που παλιότερα συλλέγονταν χειροκίνητα από την ομάδα ελέγχου ποιότητας, τώρα συλλέγονται μέσα σε μερικά κλάσματα του δευτερολέπτου από τον ελεγκτή.

Παράδειγμα:

Ας θεωρήσουμε μια γραμμή παραγωγής συνολικού όγκου 100 συσκευασιών ανά λεπτό. Αν επιλέξουμε για δειγματοληψία 15 συσκευασίες την ώρα, σε τι ποσοστό της συνολικής παραγωγής αντιστοιχεί αυτό το δείγμα; Στα 60 λεπτά,  $60 \times 100 = 6.000$  συσκευασίες διακινούνται στην γραμμή παραγωγής. Οι 15 συσκευασίες αντιστοιχούν μόνο σε  $15/6000 = 0.25\%$ . Ένα τόσο μικρού μεγέθους δείγμα παρέχει μικρής σημασίας στατιστικά στοιχεία, καθώς το 99,75% μένει εκτός ελέγχου. Ένας δυναμικός ελεγκτής βάρους ελέγχει το 100% των συσκευασιών στην γραμμή παραγωγής, με δυνατότητα άμεσης απόκρισης σε περίπτωση απόκλισης.

Η βασική αξία της χρήσης ενός συστήματος ελέγχου βάρους είναι η διενέργεια δειγματοληψίας στο 100% των συσκευασιών στη γραμμή παραγωγής (online), σε αντίθεση με την τυχαία δειγματοληψία εκτός γραμμής (offline).

Οι χρήσεις στατιστικού ελέγχου ενός δυναμικού ελεγκτή βάρους περιλαμβάνουν:

- Ανάλυση της παραγωγής με την βοήθεια ζωνών βάρους ή κατηγοριοποίησης
- Χρήση 3 ή περισσότερων ζωνών για λεπτομερή πληροφόρηση σχετικά με την πληροφορία γέμισης
- Παρακολούθηση της αποδοτικότητας της παραγωγής μέσω συνολικού αθροίσματος μέτρησης και βάρους
- Παρακολούθηση της ταχύτητας της αποδοτικότητας της συνολικής παραγωγής (συσκευασίες ανά λεπτό)
- Παρακολούθηση των αποκλίσεων για άμεση ενημέρωση του χειριστή ή της μηχανής γεμίσματος για τυχόν χαρακτηριστικά που βρίσκονται εκτός των προκαθορισμένων ορίων
- Διατήρηση αρχείων με όλες τις εκτυπώσεις παραγωγής
- Ανάλυση της απόδοσης της κεφαλής της μηχανής γεμίσματος με μία μόνο ή πολλές κεφαλές
- Εκτύπωση ή συγκέντρωση των επιμέρους και συνολικών ζυγίσεων ανά μέρα, βάρδια, ώρα, παρτίδα
- Παρακολούθηση των βραχυπρόθεσμων, μακροπρόθεσμων και επιμέρους/ατομικών ζυγίσεων και της αποδοτικότητας της μηχανής γέμισης με τη βοήθεια στατιστικών στοιχείων
- Παροχή διαγραμμάτων Στατιστικού Ελέγχου Διαδικασιών Παραγωγής για χειροκίνητη ανατροφοδότηση και ρυθμίσεις
- Στατιστικός Ελέγχος Διαδικασιών παραγωγής για ανατροφοδότηση και αυτόματη ρύθμιση των διαδικασιών
- Σύνδεση των δεδομένων της γραμμής συσκευασίας με τα συστήματα ελέγχου και τα κεντρικά πληροφοριακά συστήματα
- Μείωση των ανθρώπινων σφαλμάτων κατά τον έλεγχο ποιότητας
- Άμεση και αξιόπιστη πληροφόρηση για τα τμήματα ελέγχου ποιότητας

- Διασύνδεση με επιχειρησιακά συστήματα, καθώς και με τα συστήματα αυτοματισμού και ελέγχου (PLC, SCADA, κτλ), για τη σύνδεση του δυναμικού ελεγκτή βάρους με την παραγωγική διαδικασία και για τον έλεγχο από απόσταση

## Ανίχνευση

Οι δυναμικοί ελεγκτές βάρους χρησιμοποιούνται για επιπλέον λειτουργίες ελέγχου, πέρα αυτών που έχουν ήδη αναλυθεί. Ο δυναμικός ελεγκτής βάρους αποκτά ολοένα και μεγαλύτερη σημασία ως κόμβος διασφάλισης ποιότητας, ενσωματώνοντας και άλλες συσκευές που επιτρέπουν τον αυτόματο έλεγχο των παρακάτω:

- Ανοικτές συσκευασίες κιβωτίων
- Υλικά που λείπουν από τη συσκευασία (π.χ. καπάκια)
- Ετικέτες barcode
- Προσανατολισμός συσκευασιών
- Εκτυπωμένες πληροφορίες στην συσκευασία όπως αριθμός παρτίδας, ημερομηνία λήξης, κ.α.
- Επιμολύνσεις από υλικά όπως μέταλλο, πέτρα ή γυαλί

Η δυνατότητα ενσωμάτωσης επιπλέον συσκευών ελέγχου όπως κάμερες, σαρωτές, συστήματα κωδικοποίησης, αισθητήρες, ανιχνευτές μετάλλων, καθώς και συστήματα ανίχνευσης X-ray καθιστά τον δυναμικό ελεγκτή βάρους εργαλείο ελέγχου προϊόντων υψηλής απόδοσης. Τα οφέλη από το συνδυασμό αυτών των συσκευών είναι η ενοποίηση πολλών διεπαφών σε μία για την απλοποίηση της εκπαίδευσης των χειριστών και η μείωση του χρόνου που απαιτείται για την προετοιμασία της συσκευασίας και τις αλλαγές των γραμμών. Η ενοποίηση των διαφόρων τεχνολογιών ελέγχου και ανίχνευσης σε μια πλατφόρμα διακίνησης προσφέρει εξοικονόμηση ακόμη μεγαλύτερου χώρου παραγωγής. Τέλος, τα απορριφθέντα προϊόντα μπορούν να αποθηκευτούν σε έναν χώρο για κατάλληλη και χωρίς λάθη διαχείριση των μη συμμορφούμενων προϊόντων.

## Κανονισμοί για το καθαρό βάρος

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, οι ειδικοί κανονισμοί για τα Μέτρα και Σταθμά διαφέρουν από χώρα σε χώρα. Γενικά, η μη συμμόρφωση με τις νομικές ρυθμίσεις συνήθως λαμβάνει την εξής μορφή:

- Μία ή περισσότερες συσκευασίες με ασυνήθιστα πολλά λάθη μικρότερου του κανονικού βάρους
- Μέσο όρο βάρους μικρότερο του κανονικού μιας ολόκληρης παρτίδας
- Σημαντικά λάθη στους υπολογισμούς της τιμής πώλησης μιας ή περισσότερων συσκευασιών (για επικόλληση ετικέτας που αναφέρει την τιμή του βάρους)

## Τι είδους προϊόντα ζυγίζουν οι δυναμικοί ελεγκτές βάρους;

Ένας δυναμικός ελεγκτής βάρους μπορεί να ζυγίσει σχεδόν οτιδήποτε κινείται στην γραμμή παραγωγής, του οποίου το βάρος μπορεί να ποικίλει από ένα γραμμάριο μέχρι μερικές εκατοντάδες κιλών, π.χ. :

- Α ύλες ή προϊόντα τροφίμων που δεν έχουν ακόμη υποστεί οποιουδήποτε είδους συσκευασία
- Πρωτογενή συσκευασία τροφίμων όπως πλαστικούς περιέκτες, κονσέρβες, γυάλινα δοχεία, δίσκους, και άλλα τρόφιμα
- Κουτιά, χαρτοκιβώτια ή ‘ανοίγματα’ συσκευασιών για να ελεγχθεί αν λείπουν χαρτιά, συστατικά, οδηγίες ή άλλα στοιχεία
- Υπολογισμός του βάρους του περιεχομένου σε κουτιά, σακούλες, συσκευασμένα μέρη, κιβώτια μπαταριών, πάνες ή μπουκάλια αναψυκτικών
- Έλεγχος του όγκου ή της πυκνότητας ενός μείγματος, όπως ψωμί, γιαούρτι κτλ
- Ζύγιση αντικειμένων διαφορετικού βάρους για μελλοντική αναφορά ή τιμολόγηση για αποθήκευση ή παράδοση εμπορευμάτων
- Έλεγχος για παραλειφθέντα φυλλάδια ή οδηγίες, διαφανείς συσκευασίες προϊόντων, ή μονές ταμπλέτες και κάψουλες



## Πού πρέπει να χρησιμοποιείται δυναμικός ελεγκτής βάρους;

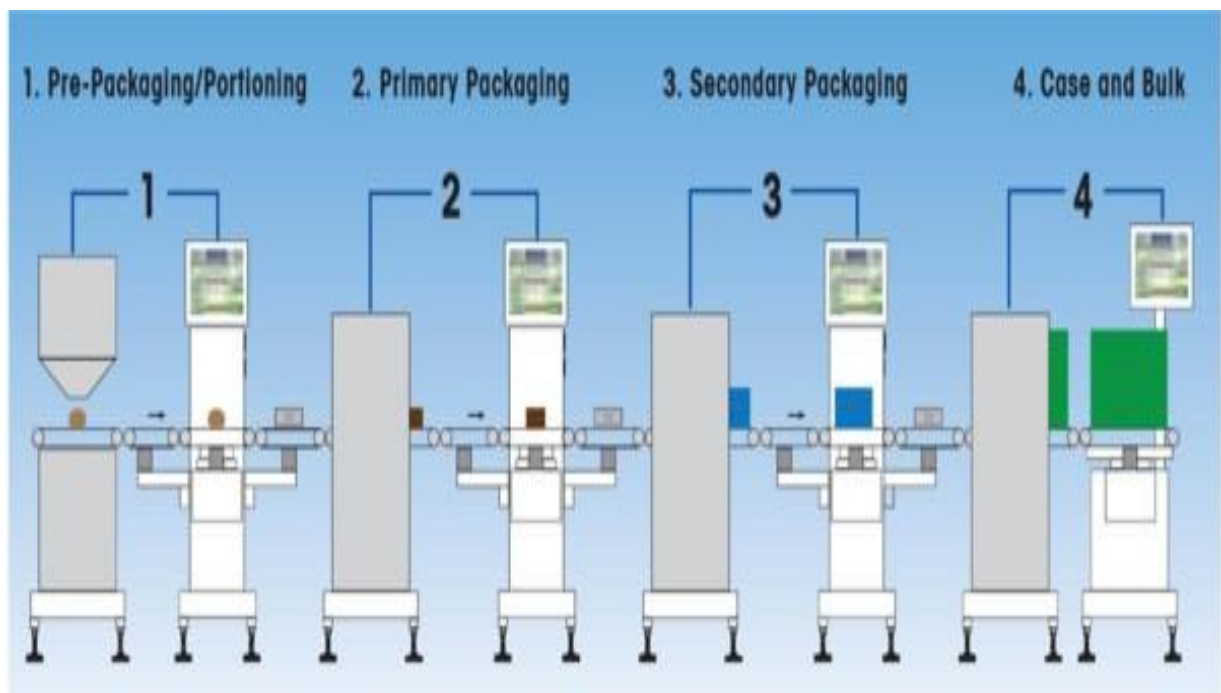
Οι δυναμικοί ελεγκτές βάρους χρησιμοποιούνται κυρίως σε 4 στάδια της παραγωγικής διαδικασίας.

Στην βιομηχανία, οι δυναμικοί ελεγκτές βάρους χρησιμοποιούνται συνήθως για τον έλεγχο της ακεραιότητας του προϊόντος καθώς και για την διασφάλιση ότι πληρούνται τα όρια ανοχής στην ποιότητα και την παραγωγή.

Η Εικόνα δείχνει 4 διαφορετικές/διακριτές φάσεις της παραγωγικής διαδικασίας στις οποίες χρησιμοποιείται ο δυναμικός ελεγκτής βάρους.

1. Οι δυναμικοί ελεγκτές βάρους χρησιμοποιούνται πριν την γραμμή συσκευασίας, π.χ. στον χειρισμό Α' υλών πριν την ψύξη και τη συσκευασία. Σε αυτήν την εφαρμογή ο δυναμικός ελεγκτής βάρους στέλνει επίσης πληροφορίες στο σύστημα διαχωρισμού ή διαμόρφωσης για την διατήρηση της συνέπειας στην ποιότητα του προϊόντος και τη μείωση των απορριπτέων.
2. Οι ελεγκτές βάρους χρησιμοποιούνται επίσης στην πρωτογενή συσκευασία. Για παράδειγμα, χρησιμοποιούνται για να ελέγξουν σωληνάρια προϊόντων προσωπικής υγιεινής πριν αυτά συσκευαστούν ώστε να μειωθεί ο αριθμός των μη συμμορφούμενων προϊόντων που φτάνουν σε επόμενο στάδιο της παραγωγής. Ο έλεγχος βάρους πριν την διαδικασία δευτερογενούς συσκευασίας περιορίζει τις πιθανότητες επανάληψης της εργασίας και ελαχιστοποιεί το κόστος λόγω σπατάλης χρόνου όταν μη συμμορφούμενα προϊόντα συνδέονται με άλλα συστατικά ή υλικά συσκευασίας.
3. Η δευτερογενής συσκευασία συνδυάζει επιμέρους ατομικές συσκευασίες σε μία ομαδική (π.χ. κιβώτιο). Η διαδικασία μπορεί για παράδειγμα να περιλαμβάνει τον έλεγχο του περιεχομένου για συσκευασίες με έτοιμα φαγητά ή την επιβεβαίωση ότι έχουν τοποθετηθεί οι οδηγίες των δόσεων στο κιβώτιο (σε αυτήν την περίπτωση ο δυναμικός ελεγκτής βάρους τοποθετείται μετά τη μηχανή σφραγίσματος του κιβωτίου).

4. Ελεγκτές βάρους κιβωτίων συνήθως τοποθετούνται και μετά τον εγκιβωτισμό. Αυτοί ελέγχουν αν το κιβώτιο περιέχει τον σωστό αριθμό των συσκευασιών, διασφαλίζοντας ότι δεν έχουν φορτωθεί ελλιποβαρή κιβώτια. Επιπλέον, μπορούν να μεταφέρουν τις πληροφορίες βάρους στο κεντρικό πληροφοριακό σύστημα. Αυτού του είδους ο ελεγκτής χρησιμοποιείται επίσης για σακούλες μεγάλων διαστάσεων προϊόντων όπως οι 25κιλες σακούλες ξηρής σκυλοτροφής και τα τσουβάλια με αλεύρι ή χημικά, για έλεγχο του καθαρού βάρους.



Εικόνα 15: Η χρήση των ελεγκτών βάρους στην διαδικασία παραγωγής

Υπάρχουν πολλές διαφορετικές χρήσεις του δυναμικού ελεγκτή βάρους. Όχι μόνο ως «αστυνόμο» όπως έχει ήδη υποστηριχθεί, αλλά επίσης για τη διατήρηση της υψηλής ποιότητας, ελαχιστοποίηση της φύρας και αύξηση της κερδοφορίας.

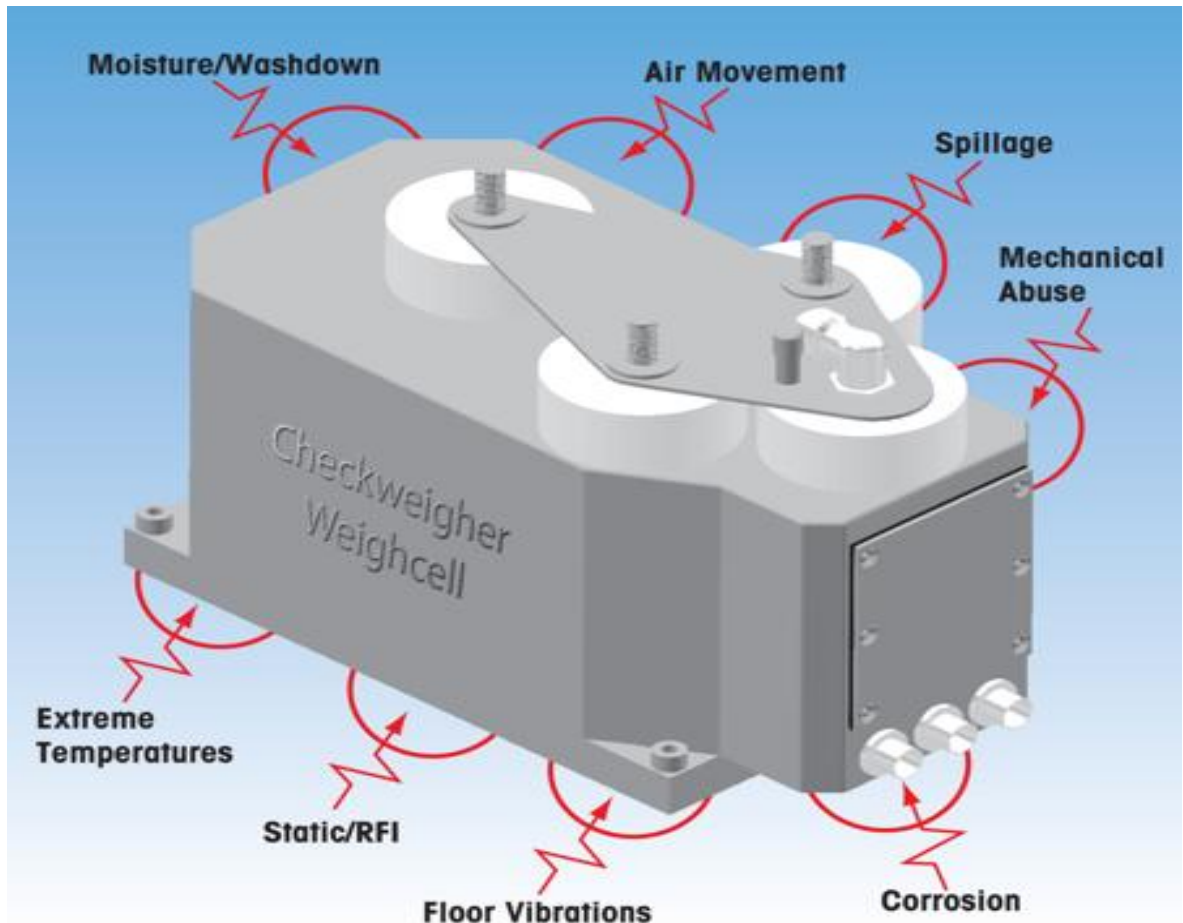
## **Κεφάλαιο 8 Παράγοντες που επηρεάζουν την ακρίβεια ενός ελεγκτή βάρους**

Η ακρίβεια ενός ελεγκτή βάρους επηρεάζεται από διάφορους παράγοντες σε ένα βιομηχανικό περιβάλλον. Παρόλα αυτά, υπάρχουν μέθοδοι για τον περιορισμό αυτών των προβλημάτων. Όταν επενδύετε σε έναν δυναμικό ελεγκτή βάρους, πρέπει να λαμβάνετε υπόψη τους παράγοντες που σχετίζονται τόσο με το περιβάλλον παραγωγής όσο και με τα χαρακτηριστικά του προϊόντος.

### **Το περιβάλλον παραγωγής ως παράγοντας που επηρεάζει την ακρίβεια του ελεγκτή βάρους**

Το περιβάλλον στο οποίο λειτουργούν οι ελεγκτές βάρους επηρεάζει την ακρίβεια τους. Γι' αυτό το λόγο ορισμένα συστήματα ελέγχου βάρους είναι κατάλληλα εξοπλισμένα για να λειτουργούν σε απαιτητικές συνθήκες. Η Εικόνα απεικονίζει τους μεγαλύτερους κινδύνους που σχετίζονται με το περιβάλλον και μπορούν να επηρεάσουν αρνητικά την ακρίβεια του ελεγκτή βάρους:

- Υγρασία
- Ακραίες θερμοκρασίες
- Ρεύματα αέρα
- Δονήσεις εδάφους
- Θόρυβος (παρεμβολές ραδιοσυχνότητας, ηλεκτρομαγνητικών πεδίων, κ.ά)
- Διάβρωση
- Μηχανική καταπόνηση
- Διαρροή



*Εικόνα 16 : Παράγοντες περιβάλλοντος παραγωγής που επηρεάζουν την ακρίβεια*

Ορισμένες δυναμοκυψέλες δεν είναι κατάλληλες για να δουλεύουν υπό συνθήκες υψηλής υγρασίας και διακυμάνσεων στη θερμοκρασία. Για παράδειγμα, οι δυναμοκυψέλες τεχνολογίας strain gauge, επειδή ακριβώς δεν είναι ερμητικά κλειστές, μπορεί να προσβληθούν από εξωτερικούς μολυντικούς παράγοντες, ενώ οι υπερβολικές θερμοκρασίες ή απότομες αλλαγές σε ορισμένα περιβάλλοντα παραγωγής μπορούν να επηρεάσουν την απόδοσή του.

Πιθανά θραύσματα και σκόνη ενδέχεται να μετατοπίσουν (offset) το σημείο μηδέν (zero) του ελεγκτή βάρους. Αν μαζεύεται σκόνη στη μεταφορική ταινία, τότε ο ελεγκτής βάρους θα πρέπει να μηδενίζεται συνεχώς. Σε αυτήν την περίπτωση είναι σημαντική η

προστασία του χώρου της ζύγισης από ξένη ύλη και η διατήρηση της καθαριότητας του χώρου που έχει τοποθετηθεί ο ελεγκτής βάρους.

Επιπλέον, κάθε κραδασμός εισάγει «θόρυβο» ή ανεπιθύμητα σήματα στον ελεγκτή βάρους. Ο λόγος μπορεί να είναι μία χοάνη, ένα πιεστήριο ή ακόμη και μια άλλη μεταφορική ταινία συνδεδεμένα με τον ελεγκτή βάρους. Οι ελεγκτές βάρους υψηλής απόδοσης μπορούν αυτόματα να φιλτράρουν κάποιους εξωτερικούς θορύβους. Πάντως για τη καλύτερη απόδοσή του, ο ελεγκτής βάρους θα πρέπει να προστατεύεται από εξωτερικούς κραδασμούς.

Τα ρεύματα αέρα μπορούν επίσης να επηρεάσουν τις ενδείξεις του ελεγκτή βάρους. Είναι ιδιαιτέρως σημαντική η αποφυγή των ρευμάτων ειδικά γύρω από πολύ ευαίσθητους ελεγκτές βάρους, π.χ. αυτούς που χρησιμοποιούνται συχνά στις φαρμακοβιομηχανίες. Ακόμη κι αν η κίνηση του αέρα διατηρείται στο ελάχιστο, η προστασία από τα ρεύματα μπορεί να είναι πολύ βοηθητική. Αν έχετε έναν πολύ ευαίσθητο ελεγκτή βάρους, προσπαθήστε να περάσετε το χέρι σας πάνω από τον ζυγό χωρίς να τον αγγίζετε. Σε αυτήν την περίπτωση ίσως αντιληφτείτε κάποια αυξομείωση στο βάρος.

Ο θόρυβος που προκαλείται για παράδειγμα από την ηλεκτροστατική εκκένωση, την ηλεκτρομαγνητική παρεμβολή και τις παρεμβολές ραδιοσυχνοτήτων μπορεί να απορρυθμίσει τις ενδείξεις του ελεγκτή βάρους. Συγκεκριμένα οι παρεμβολές ραδιοσυχνοτήτων μπορεί να προκληθούν και από συναγερμό, κινητά τηλέφωνα, κ.ά. Το σύστημα μετάδοσης κίνησης μεταβλητής συχνότητας και άλλα εσωτερικά μέρη του ελεγκτή βάρους, όταν δεν προστατεύονται επαρκώς, μπορούν επίσης να επηρεάσουν τα αποτελέσματα κυρίως σε περιπτώσεις ευαίσθητης ζύγισης. Ακόμη, η πρόκληση στατικού ηλεκτρισμού στον ελεγκτή βάρους μπορεί να οδηγήσει σε φαινομενική αύξηση του βάρους που όμως δεν μπορεί να φιλτραριστεί από τις αναγνώσεις. Τέλος, ο στατικός ηλεκτρισμός μπορεί να προκληθεί και από τα κινούμενα μέρη του μηχανήματος ή τα αντικείμενα που διέρχονται από το χώρο της ζύγισης. Προτείνεται η χρήση καλυμμάτων αντιστατικής προστασίας για τις πολύ ευαίσθητες εφαρμογές. Επιπλέον, όλα τα μέρη του ελεγκτή μπορούν να συνδεθούν με γείωση.

Η χρήση του ελεγκτή βάρους σε καυστικό περιβάλλον μπορεί να υποβαθμίσει τόσο την δυναμοκυψέλη όσο και τα άλλα μέρη του ελεγκτή. Οι ελεγκτές βάρους διατίθενται σε πολλά υλικά. Για παράδειγμα, ο ανοξείδωτος χάλυβας αντέχει σε απαιτητικά βιομηχανικά περιβάλλοντα και σε συχνή επαφή με νερό. Άλλη πρακτική που βελτιώνει την αντοχή των υλικών είναι επικάλυψη με ειδική βαφή, αλλά και πάλι αυτά δεν μπορούν να ανταποκριθούν σε συνθήκες πλυσίματος με υψηλή πίεση.

Ορισμένες δυναμοκυψέλες κατασκευάζονται από αλουμίνιο. Αυτές έχουν καλή απόδοση και κοστίζουν λιγότερο από τις δυναμοκυψέλες από ανοξείδωτο χάλυβα, όμως δεν έχουν σχεδιαστεί για να έρχονται σε επαφή με νερό ή άλλα διαβρωτικά υλικά.

Μία από τις πιο συχνές αιτίες που επηρεάζουν την ακρίβεια ενός ελεγκτή βάρους είναι η μηχανική καταπόνηση. Εργαζόμενοι που δουλεύουν κοντά στους ελεγκτές βάρους μπορεί να προκαλέσουν βλάβες κατά λάθος, για παράδειγμα εφαρμόζοντας πίεση στη μεταφορική ταινία, καθαρίζοντας με μη κατάλληλο τρόπο τον ελεγκτή βάρους, αυξάνοντας τη στροφορμή της δυναμοκυψέλης με το σφίξιμο ενός μανδάλου ή με τη συστροφή του σώματος του τμήματος ζύγισης, κ.ά.

## **Κεφάλαιο 9: Κατασκευή δυναμικού ελεγκτή βάρους με την χρήση δυναμοκυψέλης Vishay Tedea - Huntleigh model No1004**

### Προσανατολισμός σχεδιασμού – Φιλοσοφία

Η κύρια φιλοσοφία αλλά και ο βασικός προσανατολισμός για την κατασκευή και μελέτη της ζυγαριάς – μετρητικού συστήματος με την χρήση της παρούσας δυναμοκυψέλης γίνεται για να δούμε και από μια πιο κοντινή σκοπιά την τεχνολογία αισθητήρων Strain Gauge και να αποδείξουμε και στην πράξη την θεωρία γύρω από τον συγκεκριμένο αισθητήρα.

Η απόδειξη θα γίνει με την διεξαγωγή πειράματος ανάμεσα σε ένα μετρητικό σύστημα εμπορίου και στη παρούσα πειραματική δική μας διάταξη.

Αναφορά στη χρήση δυναμοκυψέλης Vishey Tedea – Huntleigh Model No1004.

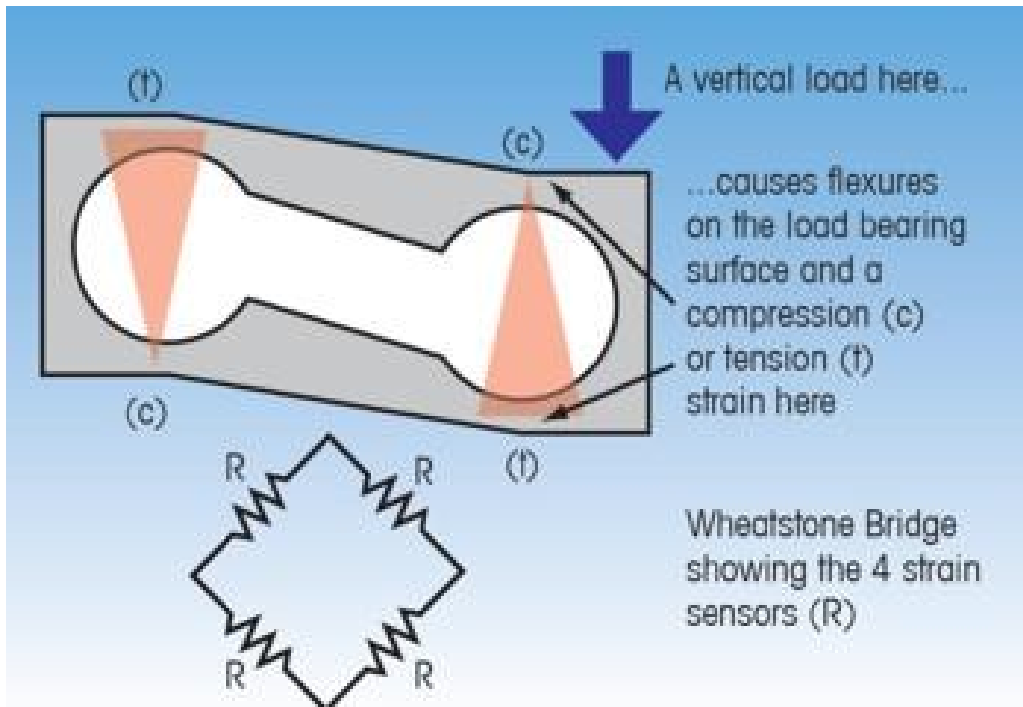
## Δυναμοκυψέλη

Αν και υπάρχουν πολλές τεχνολογίες ζύγισης, οι δυναμοκυψέλες που χρησιμοποιούνται κατά βάση στους δυναμικούς ελεγκτές βάρους είναι δύο: α) η δυναμοκυψέλη τεχνολογίας Strain Gauge και β) η δυναμοκυψέλη τεχνολογίας EMFR.

## Δυναμοκυψέλη τεχνολογίας Strain Gauge

Οι δυναμοκυψέλες τεχνολογίας Strain Gauge αποτελούνται από ένα μαλακό και ελαστικό κορμό αλουμινίου όπου ενσωματώνονται ωμικές αντιστάσεις σε διάταξη γέφυρας. Η τιμή των αντιστάσεων αλλάζει όταν ο κορμός παραμορφώνεται. Η κατάλληλη σχεδίαση εγγυάται ότι η αλλαγή αυτή στην αντίσταση είναι ανάλογη της παραμόρφωσης.

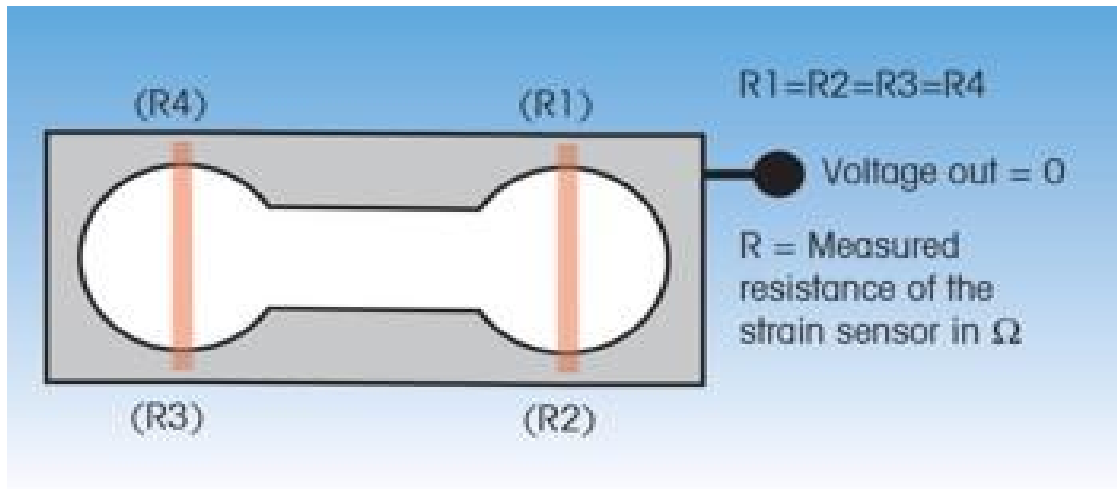




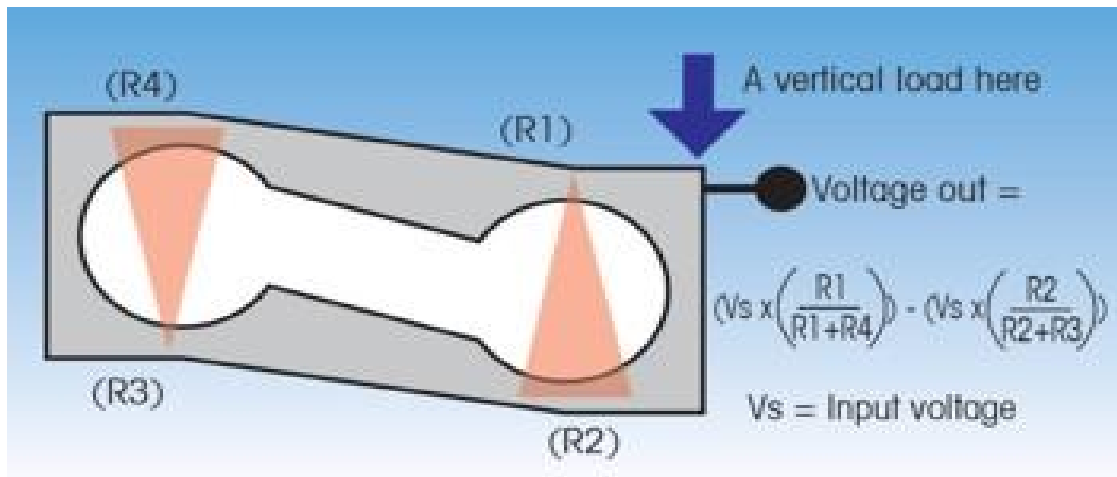
Εικόνα 17: Διάγραμμα Strain

Με ποιόν τρόπο μετρά η δυναμοκυψέλη το βάρος;

Μία δυναμοκυψέλη τεχνολογίας strain gauge περιέχει τέσσερις μετρητές πίεσης και σταθερούς αντιστάτες που συνδέονται σε μία γέφυρα Wheatstone. Η δυναμοκυψέλη δημιουργεί μία μικρή τάση όταν ασκείται κάποια δύναμη πάνω της, η αντίσταση μετακινείται ακανόνιστα κατά μήκος της γέφυρας, προκαλώντας αλλαγή στο αποτέλεσμα της τάσης. Ιδανικά συμβαίνουν αλλαγές γραμμικά κατά μήκος της ικανότητας της δυναμοκυψέλης και η αλλαγή τάσης μπορεί άμεσα να μετατραπεί σε αποτέλεσμα ζύγισης.



Εικόνα 18: Δυναμοκυψέλη σε ισορροπία (δεν ασκείται δύναμη)



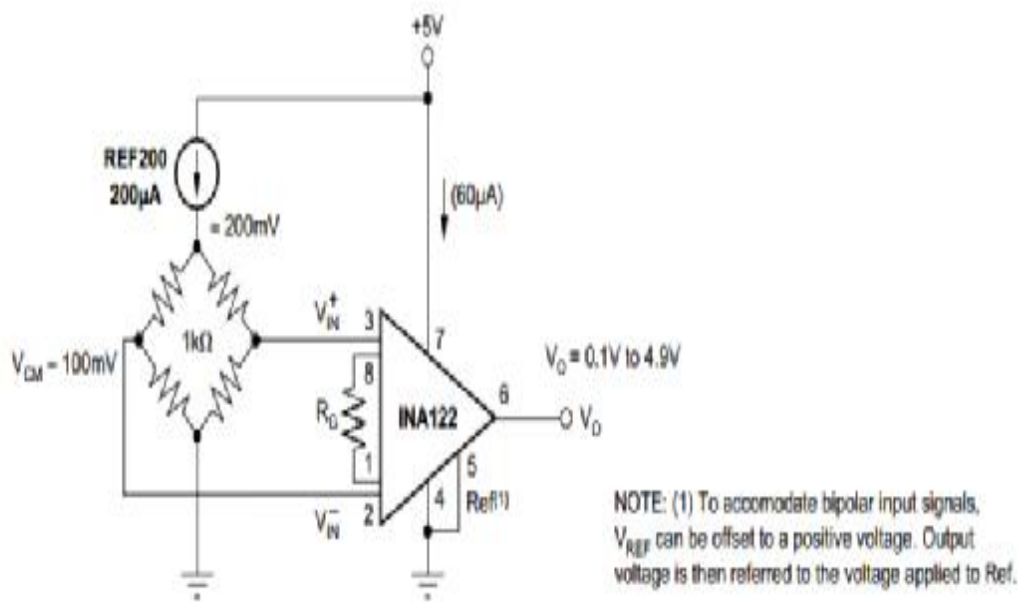
Εικόνα 19 : Δυναμοκυψέλη σε μη ισορροπία (ασκείται δύναμη)

Στην πράξη πολλοί παράγοντες μπορεί να αλλοιώσουν το αποτέλεσμα και να οδηγήσουν σε ανακρίβειες στα αποτελέσματα ζύγισης, όπως:

- **Ενδείξεις θερμοκρασίας** – Οι μετρητές πίεσης είναι αισθητήρες και αντιλαμβάνονται κάθε αλλαγή στην κατάστασή τους. Όταν η θερμοκρασία είναι σταθερή, δεν υπάρχει αλλαγή στην κατάσταση της δυναμοκυψέλης. Όταν αλλάζει η θερμοκρασία οι μετρητές πίεσης ‘αισθάνονται’ αυτήν την αλλαγή και η διαφορά στο αποτέλεσμα θα μεταφραστεί από τον ελεγκτή ως αλλαγή στο βάρος. Οι πιο συχνές περιπτώσεις γρήγορων εναλλαγών θερμοκρασίας είναι οι εξής δύο: όταν η δυναμοκυψέλη εκτίθεται σε υψηλή θερμοκρασία νερού ή ατμού κατά την διαδικασία καθαρισμού ή όταν το περιβάλλον του χώρου δεν ελέγχεται και η θερμοκρασία για παράδειγμα μπορεί από 20 βαθμούς Κελσίου το πρωί να φτάσει στους 35 το μεσημέρι.
- **Υλικό δυναμοκυψέλης** – Η κατασκευή των δυναμοκυψέλων έχει ως βάση ένα είδος μεταλλικού ελατηρίου. Ιδανικά, είναι ένα τέλειο ελατήριο, γραμμικό και επαναλαμβανόμενο. Ωστόσο στις περισσότερες περιπτώσεις, το βασικό υλικό δεν είναι ένα τέλειο ελατήριο και ενδέχεται να δείχνει ανεπαίσθητες διαφορές στο πραγματικό φορτίο που αντιλαμβάνονται οι αισθητήρες όταν συγκρίνονται τα αποτελέσματα καθώς το φορτίο αυξάνει από το 0 σε πλήρη χωρητικότητα και το αντίστροφο.
- **Επιδράσεις EMI ΚΑΙ RFI** – Οι αλλαγές στο αποτέλεσμα ενός μετρητή πίεσης μετρώνται σε χιλιάδες βολτ από τον ελεγκτή (controller) του συστήματος. Συχνά η απόσταση ανάμεσα στην δυναμοκυψέλη και τον ελεγκτή (controller) μπορεί να είναι μερικά εκατοστά μέχρι πολλά μέτρα. Συσκευές που εκπέμπουν δυνατή ηλεκτρομαγνητική και ραδιοφωνική παρεμβολή συχνότητας (EMI/RFI) όπως walkie-talkies, μεγάλοι κινητήρες, ή δίκτυα μεταφοράς μεσαίας προς υψηλής τάσεως μπορεί να προκαλέσουν αλλαγή στην ένδειξη της δυναμοκυψέλης και κατά συνέπεια λανθασμένη μετάφραση του βάρους.

Οι παραπάνω παράγοντες αναπαριστούν πιθανές ανακρίβειες για το σύστημα δυναμικού ελέγχου βάρους. Ο εκάστοτε κατασκευαστής θα πρέπει να παρέχει πληροφόρηση σχετικά με τις κατάλληλες μεθόδους εγκατάστασης που ελαχιστοποιούν τις παραπάνω αλλοιώσεις του αποτελέσματος.

### Περιγραφή ηλεκτρονικής διάταξης για την δημιουργία του μετρητικού συστήματος



Παρακάτω δίνονται τα manual της δυναμοκυψέλης Vishey Tede – Huntleigh Model No1004 & του τελεστικού ενισχυτή (Ina 122)



**MODEL 1004**  
Tede-Huntleigh

### Aluminum Single-Point Load Cell

#### FEATURES

- Capacities 0.3–3 kg
- Aluminum construction
- Single-point 200 x 200 mm platform
- IP66 protection
- Total error better than 0.0057% of R.O.
- OIML approved
- **Optional**
  - Capacity 200g at 0.8 mV/V



#### APPLICATIONS

- Low capacity scales
- Precision scales
- Jewelry scales
- Pharmaceutical scales

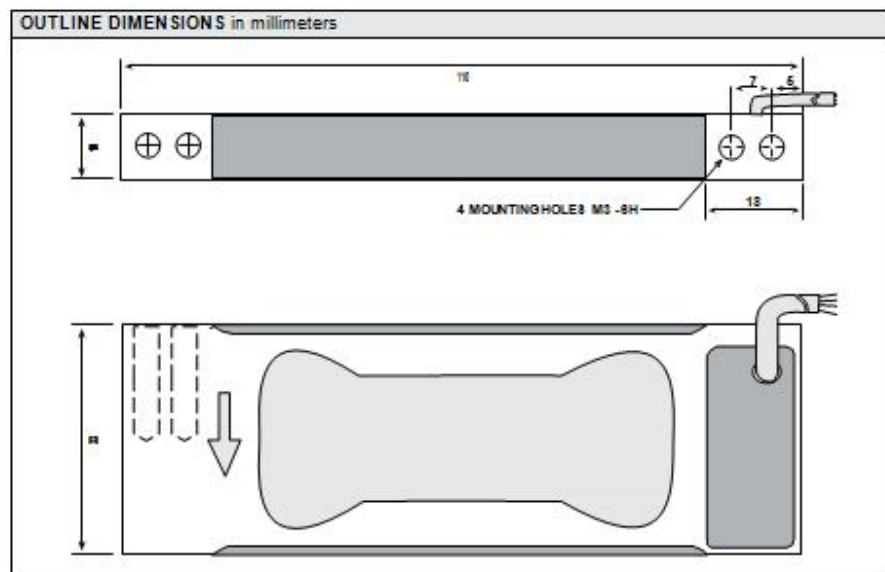
This load cell is suitable for applications including jewelry scales, analytical balances, medical equipment, medical and pharmaceutical research and low-level force measurement.

The Model 1004 offers up to 30000 divisions short-term precision at stable room temperature. A special two-stage humidity resistant protective coating assures long-term reliability.

#### DESCRIPTION

Model 1004 is a very low capacity, very high precision single-point load cell designed for direct mounting in low capacity scales and precision balances.

An overload protection device can be easily included in the application design. A threaded hole is provided in the loading end of the load cell for this purpose.



**Model 1004**  
Tedea-Huntleigh

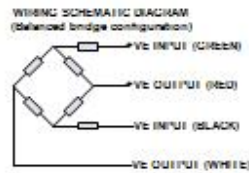


Aluminum Single-Point Load Cell



SPECIFICATIONS				
PARAMETER	VALUE			UNIT
Accuracy class	C3	GW	HW	JW
Rated capacity—R.C. (Emax)	0.3, 0.4, 0.6, 1.2, 1.5, 3.0			kg
Rated output—R.O.	0.9			mV/V
Rated output tolerance	0.1			±mV/V
Zero balance	0.045			±mV/V
Zero return, 2 minutes	0.01	0.0055	0.0033	±% of applied load
Zero return, 30 minutes	0.017			±% of applied load
Total error (per OIML R60)	0.02	0.01	0.01	±% of rated load
Temperature effect on zero	0.004	0.004		±% of rated output/°C
Temperature effect on output	0.001	0.002		±% of load/°C
Eccentric loading error		0.0033		±% of rated load/cm
Temperature range, compensated		+5 to +40		°C
Temperature range, safe		-30 to +70		°C
Maximum safe central overload		150		% of R.C.
Ultimate central overload		250		% of R.C.
Excitation, recommended		10		VDC or VACRMS
Excitation, maximum		15		VDC or VACRMS
Input impedance		415±20		Ω
Output impedance		350±3		Ω
Insulation resistance		>2000		MΩ
Cable length		0.4		m
Cable type		4 wire, PVC, spiral shield		
Construction		Aluminum		
Environmental protection		IP66		
Platform size (max)		200 x 200		mm
Recommended torque		2.0		N·m

All specifications subject to change without notice.





## Single Supply, MicroPower INSTRUMENTATION AMPLIFIER

### FEATURES

- q LOW QUIESCENT CURRENT: 60 $\mu$ A
- q WIDE POWER SUPPLY RANGE  
Single Supply: 2.2V to 36V  
Dual Supply: -0.9/+1.3V to  $\pm$ 18V
- q COMMON-MODE RANGE TO (V<sub>-</sub>)-0.1V
- q RAIL-TO-RAIL OUTPUT SWING
- q LOW OFFSET VOLTAGE: 250 $\mu$ V max
- q LOW OFFSET DRIFT: 3 $\mu$ V/ $^{\circ}$ C max
- q LOW NOISE: 60nV/ $\sqrt$ Hz
- q LOW INPUT BIAS CURRENT: 25nA max
- q 8-PIN DIP AND SO-8 SURFACE-MOUNT

### APPLICATIONS

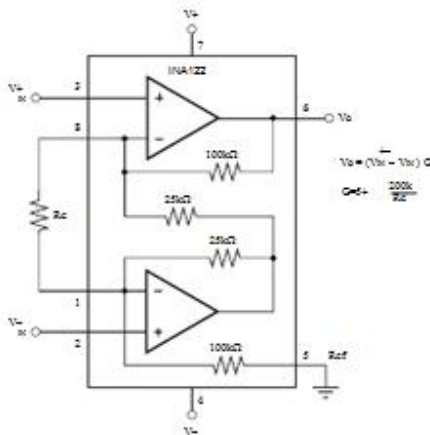
- q PORTABLE, BATTERY OPERATED SYSTEMS
- q INDUSTRIAL SENSOR AMPLIFIER: Bridge, RTD, Thermocouple
- q PHYSIOLOGICAL AMPLIFIER: ECG, EEG, EMG
- q MULTI-CHANNEL DATA ACQUISITION

### DESCRIPTION

The INA122 is a precision instrumentation amplifier for accurate, low noise differential signal acquisition. Its two-op-amp design provides excellent performance with very low quiescent current, and is ideal for portable instrumentation and data acquisition systems. The INA122 can be operated with single power supplies from 2.2V to 36V and quiescent current is a mere 60 $\mu$ A. It can also be operated from dual supplies. By utilizing an input level-shift network, input common-mode range extends to 0.1V below negative rail (single supply ground).

A single external resistor sets gain from 5V/V to 1000V/V. Laser trimming provides very low offset voltage (250 $\mu$ V max), offset voltage drift (3 $\mu$ V/ $^{\circ}$ C max) and excellent common-mode rejection.

Package options include 8-pin plastic DIP and SO-8 surface-mount packages. Both are specified for the -40 $^{\circ}$ C to +85 $^{\circ}$ C extended industrial temperature range.



## SPECIFICATIONS

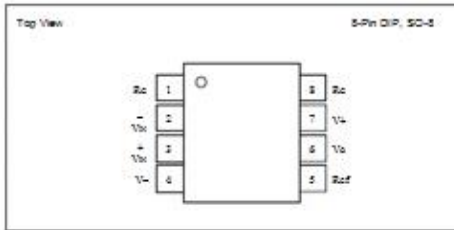
At  $T_A = +25^\circ\text{C}$ ,  $V_S = \pm 5\text{V}$ ,  $R_L = 10\text{k}\Omega$  connected to  $V_{O2}$ , unless otherwise noted.

PARAMETER	CONDITIONS	INA122P, U			INA122PA, UA			UNITS
		MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	
INPUT Offset Voltage, RTI vs Temperature vs Power Supply (PSRR) Input Impedance Safe Input Voltage	$V_S = \pm 2.5\text{V to } \pm 5\text{V}$  $R_S = 0$ $R_L = 10\text{k}\Omega$		±100 ±1 10 100 ± 2	±250 ±2 20		±150 T T T	±500 T T T	mV mV/°C mV/V k $\Omega$ V V dB
		Common-Mode Voltage Range Common-Mode Rejection	$V_{CM} = 0\text{V to } 2.5\text{V}$	( $V_S$ )±0.2 ( $V_S$ )±0 0 ±2	( $V_S$ )±0.2 ( $V_S$ )±0 2.0	T T T T	T T T	T T
INPUT BIAS CURRENT vs Temperature Offset Current vs Temperature			-10 ±60 ±60	-25 ±40		T T T	-50 T ±5	nA pA/°C nA pA/°C
GAIN Gain Equation Gain Error vs Temperature Gain Error vs Temperature Nonlinearity	$G = 5$ $G = 100$ $G = 100$ $G = 100$ $G = 100$ , $V_S = -14.25\text{V to } +14.25\text{V}$	$G = 5$ to $100$ $G = 5$ to $2000$ , $R_L$ $\pm 0.25\% \pm 1$				T T T T T	T T T T T	V/V V/V % %/°C % %/°C %
				±10 ±0.240 ± 5 ±1 ±0.005 ± 0.012			±0.15 T ±1 ±0.024	
NOISE (RTI)			60 100 110 2 20 2			T T T T T T		nV/√Hz nV/√Hz nV/√Hz pA/√Hz pA/√Hz pA/√Hz
OUTPUT Voltage, Positive Negative Short-Circuit Current Capacitive Load Drive	$V_S = \pm 15\text{V}$ $V_S = \pm 15\text{V}$ Short-Circuit to Ground	( $V_S$ )±0.1 ( $V_S$ )±0.15 ( $V_S$ )±0.1 ±5 ±50 1	( $V_S$ )±0.05 ( $V_S$ )±0.1		T T T T	T T T T	T T T T	V V mA dB
FREQUENCY RESPONSE Bandwidth, -3dB	$G = 5$ $G = 100$ $G = 500$		100 5 0.9 ±0.05 ± 0.16			T T T T	T T T T	kHz kHz kHz V/μs
Slew Rate Settling Time, 0.01%	$G = 5$ $G = 100$ $G = 500$ 50% Input Overload		250 650 1.8 2			T T T T	T T T T	ns ns ns ns
POWER SUPPLY Voltage Range, Single Supply Dual Supply Current		±2.2 ±0.5 ± 1.2	±5 ±60	±25 ±15 ±5	T T T	T T T	T T T	V V mA
TEMPERATURE RANGE Specification Operation Storage Thermal Resistance, U, UA 8-Pin DIP SO-8 Surface-Mount		-40 -55 -55		±85 ±85 ±125	T T T		T T T	°C °C °C °C/°C °C/°C

T Specifications same as INA122P, INA122U.



### PIN CONFIGURATION



### ELECTROSTATIC DISCHARGE SENSITIVITY

This integrated circuit can be damaged by ESD. Burr-Brown recommends that all integrated circuits be handled with appropriate precautions. Failure to observe proper handling and installation procedures can cause damage.

ESD damage can range from subtle performance degradation to complete device failure. Precision integrated circuits may be more susceptible to damage because very small parametric changes could cause the device not to meet its published specifications.

### ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS<sup>(1)</sup>

Supply Voltage, $V^+$ to $V^-$ .....	24V
Signal Input Terminal Voltage.....	$(V^-)+0.3V$ to $(V^+)+0.3V$
Currents.....	5mA
Output Short Circuit.....	Continuous
Operating Temperature.....	-40°C to +125°C
Storage Temperature.....	-55°C to +125°C
Lead Temperature (soldering, 10s).....	+300°C

NOTES: (1) Stresses above these ratings may cause permanent damage.  
 (2) Input terminals are internally diode-clamped to the power supply rails. Input signals that can exceed the supply rails by more than 0.3V should be current-limited to 5mA or less.

### PACKAGE INFORMATION

PRODUCT	PACKAGE	PACKAGE DRAWING NUMBER <sup>(1)</sup>
INA122PA INA122P	8-Pin DIP 8-Pin DIP	006 006
INA122UA INA122U	SO-8 Surface Mount SO-8 Surface Mount	182 182

NOTE: (1) For detailed drawing and dimension table, see end of data sheet, or Appendix C of Burr-Brown IC Data Book.

## APPLICATION INFORMATION

Figure 1 shows the basic connections required for operation of the INA122. Applications with noisy or high impedance power supplies may require decoupling capacitors close to the device pins.

The output is referred to the output reference (Ref) terminal which is normally grounded. This must be a low-impedance connection to ensure good common-mode rejection. A resistor of 10Ω in series with the Ref pin will cause a typical device to degrade to approximately 90dB CMR.

### SETTING THE GAIN

Gain of the INA122 is set by connecting a single external resistor,  $R_G$ , as shown.

$$G = 5 + \frac{200 \text{ k}\Omega}{R_G}$$

Commonly used gains and  $R_G$  resistor values are shown in Figure 1.

The 200kΩ term in equation 1 comes from the internal metal film resistors which are laser trimmed to accurate absolute values. The accuracy and temperature coefficients of these resistors are included in the gain accuracy and drift specifications of the INA122.

The stability and temperature drift of the external gain setting resistor,  $R_G$ , also affects gain.  $R_G$ 's contribution to gain accuracy and drift can be directly inferred from the gain equation (1).

### OFFSET TRIMMING

The INA122 is laser trimmed for low offset voltage and offset voltage drift. Most applications require no external

offset adjustment. Figure 2 shows an optional circuit for minimizing the output offset voltage. The voltage applied to the Ref terminal is added to the output signal. An op amp buffer is used to provide low impedance at the Ref terminal to preserve good common-mode rejection.

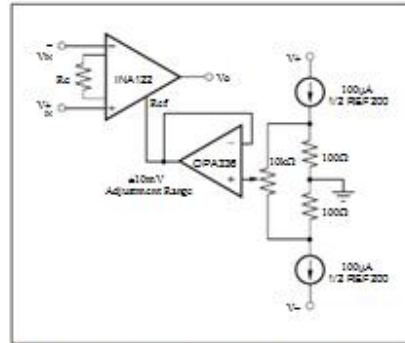


FIGURE 2. Optional Trimming of Output Offset Voltage.

### INPUT BIAS CURRENT RETURN PATH

The input impedance of the INA122 is extremely high—approximately 1010Ω. However, a path must be provided for the input bias current of both inputs. This input bias current is approximately -10nA (current flows out of the input terminals). High input impedance means that this input bias current changes very little with varying input voltage.

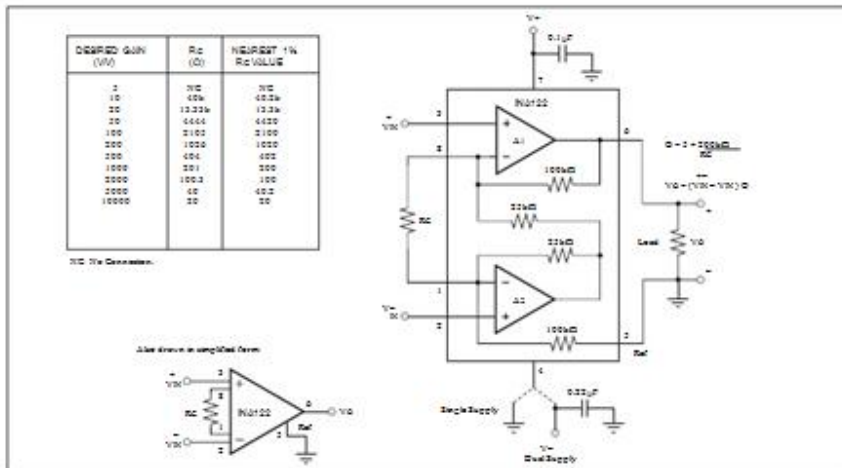


FIGURE 1. Basic Connections.

MURR-BROWN

Input circuitry must provide a path for this input bias current for proper operation. Figure 3 shows various provisions for an input bias current path. Without a bias current path, the inputs will float to a potential which exceeds the common-mode range of the INA122 and the input amplifiers will saturate. If the differential source resistance is low, the bias current return path can be connected to one input (see the thermocouple example in Figure 3). With higher source impedance, using two equal resistors provides a balanced input with possible advantages of lower input offset voltage due to bias current and better high-frequency common-mode rejection.

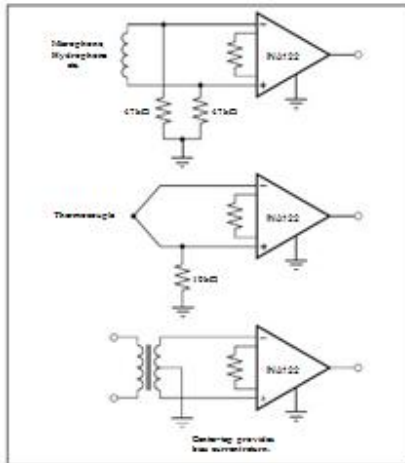


FIGURE 3. Providing an Input Common-Mode Current Path.

#### INPUT PROTECTION

The inputs of the INA122 are protected with internal diodes connected to the power supply rails (Figure 4). These diodes will clamp the applied signal to prevent it from damaging the input circuitry. If the input signal voltage can exceed the power supplies by more than 0.3V, the input signal current should be limited to less than 5mA to protect the internal clamp diodes. This can generally be done with a series input resistor. Some signal sources are inherently current-limited and do not require limiting resistors.

#### INPUT COMMON-MODE RANGE

The common-mode range for some common operating conditions is shown in the typical performance curves. The INA122 can operate over a wide range of power supply and VREF configurations, making it impractical to provide a comprehensive guide to common-mode range limits for all possible conditions. The most commonly overlooked overload condition occurs by attempting to exceed the output swing of A1, an internal circuit node that cannot be measured. Calculating the expected voltages at A1's output (see equation in Figure 4) provides a check for the most common overload conditions.

The design of A1 and A2 are identical and their outputs can swing to within approximately 100mV of the power supply rails, depending on load conditions. When A1's output is saturated, A1 can still be in linear operation, responding to changes in the non-inverting input voltage. This may give the appearance of linear operation but the output voltage is invalid.

A single supply instrumentation amplifier has special design considerations. Using commonly available single-supply op amps to implement the two-amp topology will not yield equivalent performance. For example, consider the condition where both inputs of common single-supply op amps are

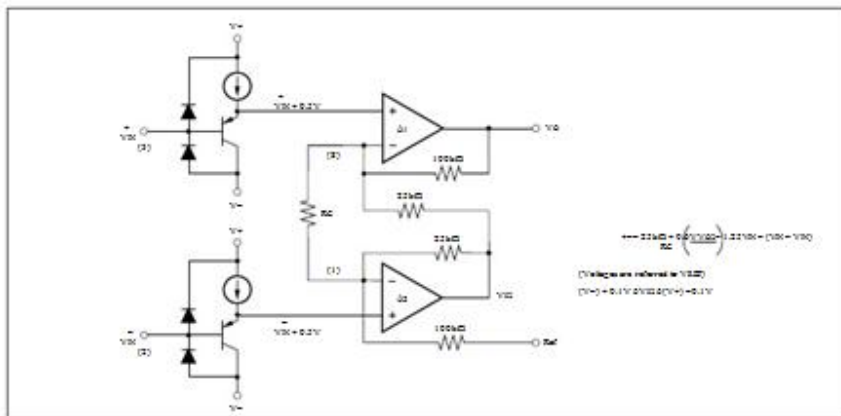


FIGURE 4. INA122 Simplified Circuit Diagram.

equal to 0V. The outputs of both A1 and A2 must be 0V. But any small positive voltage applied to VIN requires that A2's output must swing below 0V, which is clearly impossible without a negative power supply.

To achieve common-mode range that extends to single-supply ground, the INA122 uses precision level-shifting buffers on its inputs. This shifts both inputs by approximately +0.5V, and through the feedback network, shifts A2's output by approximately +0.6V. With both inputs and VREF at single-supply, A2's output is well within its linear range. A positive VIN causes A2's output to swing below 0.6V. As a result of this input level-shifting, the voltages at pin 1 and pin 3 are not equal to their respective input terminal voltages (pins 2 and 3). For most applications, this is not important since only the gain-setting resistor connects to these pins.

#### LOW VOLTAGE OPERATION

The INA122 can be operated on a single power supply as low as -1.2V (or a total of -2.2V on dual supplies). Performance remains excellent throughout the power supply range up to +36V (or 218°C). Most parameters vary only slightly throughout this supply voltage range—see typical performance curves.

Operation at very low supply voltage requires careful attention to ensure that the common-mode voltage remains within its linear range.

#### LOW QUIESCENT CURRENT OPERATION

The INA122 maintains its low quiescent current (60µA) while the output is within linear operation (up to 200mV from the supply rails). When the input creates a condition that overdrives the output into saturation, quiescent current increases. With VO overdriven into the positive rail, the quiescent current increases to approximately 400µA. Likewise, with VO overdriven into the negative rail (single supply ground) the quiescent current increases to approximately 200µA.

#### OUTPUT CURRENT RANGE

Output sourcing and sinking current values versus the output voltage ranges are shown in the typical performance curves. The positive and negative current limits are not equal. Positive output current sourcing will drive moderate to high load impedances. Battery operation normally requires the careful management of power consumption to keep load impedances very high throughout the design.

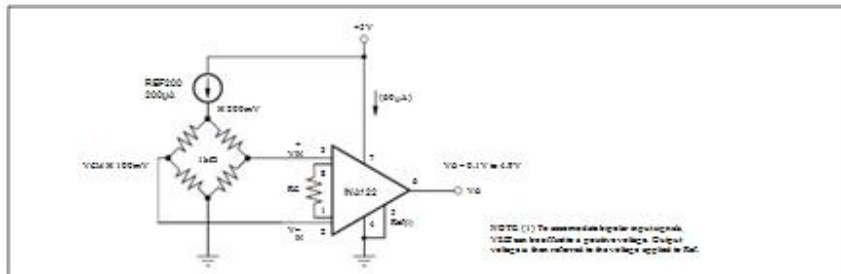


FIGURE 5. Micropower Single Supply Bridge Amplifier

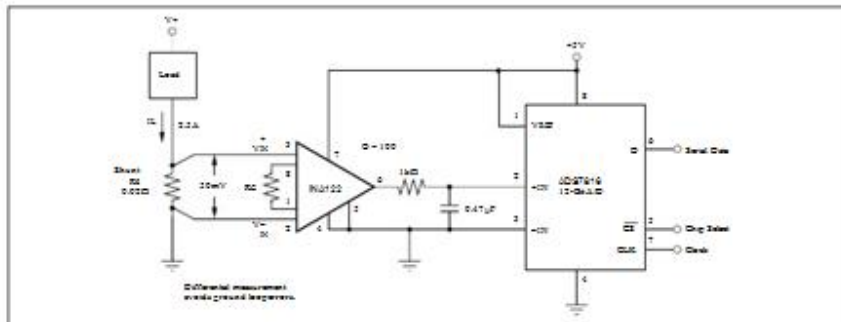


FIGURE 6. Single-Supply Current Shunt Measurement

## Τελεστικός ενισχυτής Ina 122 Texas Instruments

Η χρήση του τελεστικού ενισχυτή μας βοηθάει να προσεγγίσουμε την τάση εξόδου στα επίπεδα που θέλουμε. Δηλαδή με μια σταθερή τάση εισόδου και με την κατάλληλη επιλογή της αντίστασης  $R_g$  να έχουμε επιθυμητή τάση εξόδου. Στην προκειμένη περίπτωση η επιλογή της  $R_g$  έγινε με σκοπό η τάση εξόδου να ισοδυναμεί με το αντίστοιχο βάρος που θα έχουμε τοποθετήσει στη ζυγαριά μας (παραμόρφωση αντίστασης).

Π.χ. τοποθετώντας βάρος ίσο με 600 gr (πραγματικό βάρος) να έχουμε τάση εξόδου στο βολτόμετρο μια τιμή προσεγγιστική. (π.χ 610 mV). Αν επιτύχουμε να επιλέξουμε αντίσταση  $R_g$  απόλυτα ίση με την υπολογισθήσα τότε θα επιτύχουμε κατασκευή ιδανικής ζυγαριάς.

Ο INA122 είναι ένας τελεστικός ενισχυτής οργάνων ακριβείας . Ο σχεδιασμός του, προσφέρει εξαιρετική απόδοση και είναι ιδανικός για φορητά όργανα και συστήματα συλλογής δεδομένων.

Μπορεί να λειτουργήσει μόνο με τροφοδοτικά από 2.2V σε 36V και ρεύμα ηρεμίας 60μΑ. Μπορεί επίσης να λειτουργήσει και με παροχή δύο πηγών.

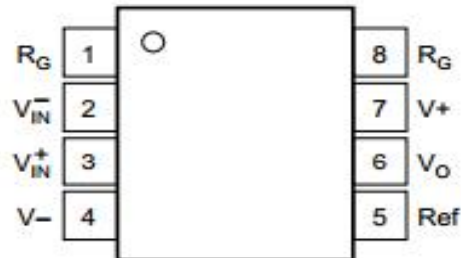
Μια ενιαία εξωτερική αντίσταση θέτει κέρδος από 5V / V για 10000V / V.

Ο τελεστικός ενισχυτής περιλαμβάνει 8-pin .. Και οι δύο έχουν καθοριστεί για θερμοκρασίες μεταξύ -40 ° C έως +85 ° C οι οποίες είναι ενδεικτικές βιομηχανικές περιοχές θερμοκρασίας.

## PIN CONFIGURATION

Top View

8-Pin DIP, SO-8



### Ρύθμιση κέρδους του τελεστικού ενισχυτή

Το Κέρδος του INA122 ορίζεται συνδέοντας μια ενιαία εξωτερική αντίσταση  $R_G$ .

Βάση του πίνακα , η τάση εξόδου της δυναμοκυψέλης για μέγιστη φόρτιση (600gr) ορίζεται σε  $0,9 \text{ m V} / \text{V}$  .

Η τροφοδοσία της γεφυρας γίνεται με τάση 5V.

Συνεπώς , η παραγώμενη έξοδος για μέγιστη φόρτιση (600gr) είναι  $0,9 * 5 = 4,5 \text{ m V} / \text{V}$ .

Είναι επιθυμητό η ένδειξη του βολτομέτρου εξόδου για μέγιστη φορτιση της δυναμοκυψέλης 600gr να είναι 600mV.

Άρα η επιθυμητή ενίσχυση ορίζεται σε  $600 / 4,5 = 133,3$  φορές .

$$R_G = \frac{200\text{KW}}{G - 5} \quad \text{Από τη διπλανή σχέση προκύπτει ότι η}$$

$$R_G = \frac{200000}{133,3 - 5} = 1558\text{W}$$

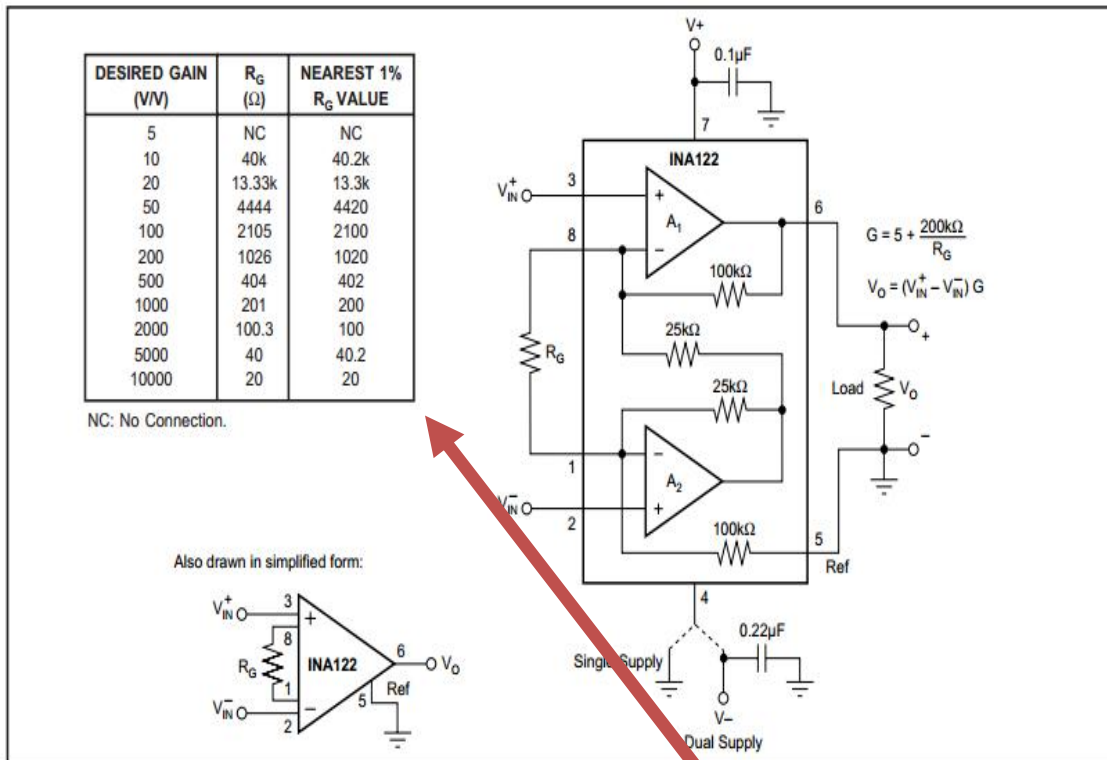


FIGURE 1. Basic Connections.

Τα κέρδη που παίρνουμε από τις μετρήσεις είναι βάση των τιμών των αντιστάσεων R<sub>G</sub> όπως φαίνεται στην παραπάνω εικόνα.

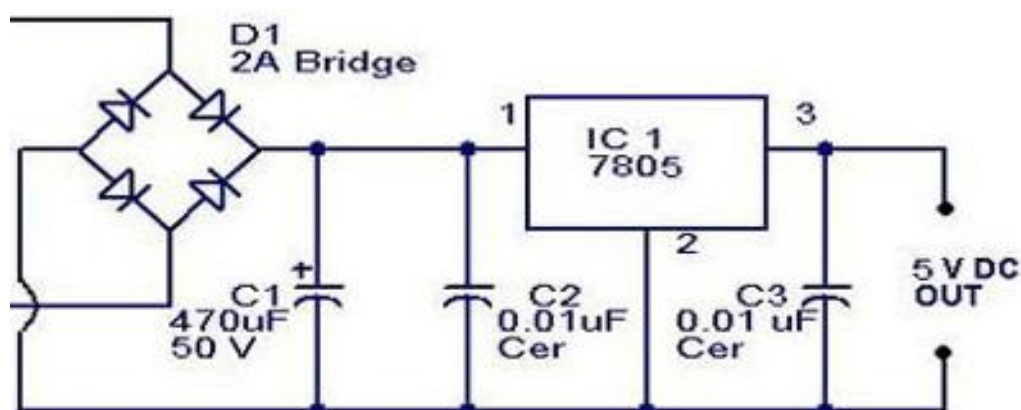
DESIRED GAIN (V/V)	$R_G$ ( $\Omega$ )	NEAREST 1% $R_G$ VALUE
5	NC	NC
10	40k	40.2k
20	13.33k	13.3k
50	4444	4420
100	2105	2100
200	1026	1020
500	404	402
1000	201	200
2000	100.3	100
5000	40	40.2
10000	20	20

Η ένδειξη (V/V) ή (m V / V) χαρακτηρίζει ότι η έξοδος μας είναι ραδιομετρική.

Αυτό σημαίνει ότι η έξοδος είναι ανάλογη με την τάση τροφοδοσίας που έχουμε .

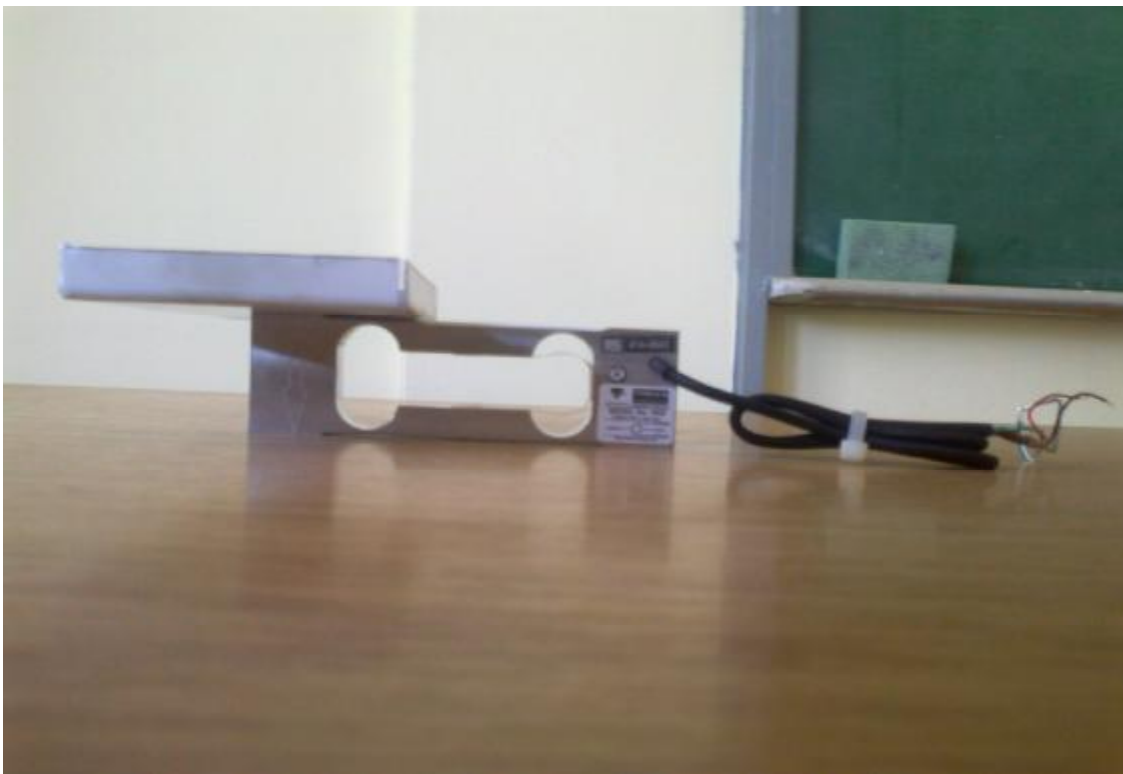
Έτσι για παράδειγμα αν έχουμε 10 (m V /V) που εφαρμόζεται σε κάποιο σταθερό φορτίο η τάση εξόδου θα αλλάξει ανάλογα με τις μεταβολές της τάσης τροφοδοσίας.

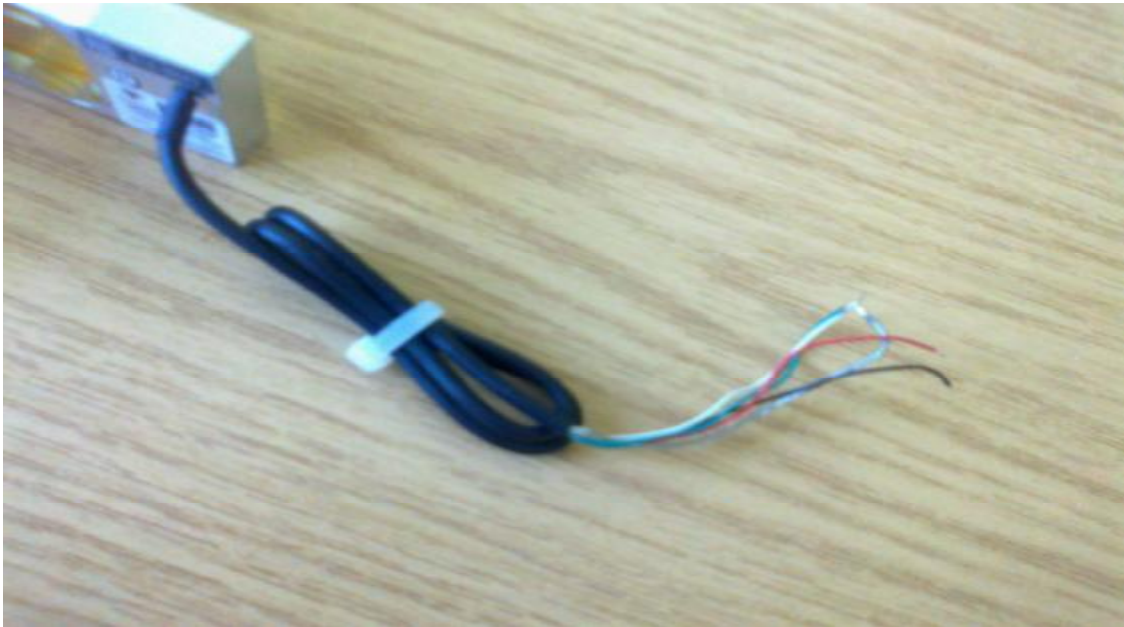
### Σταθεροποιητής τάσης DC

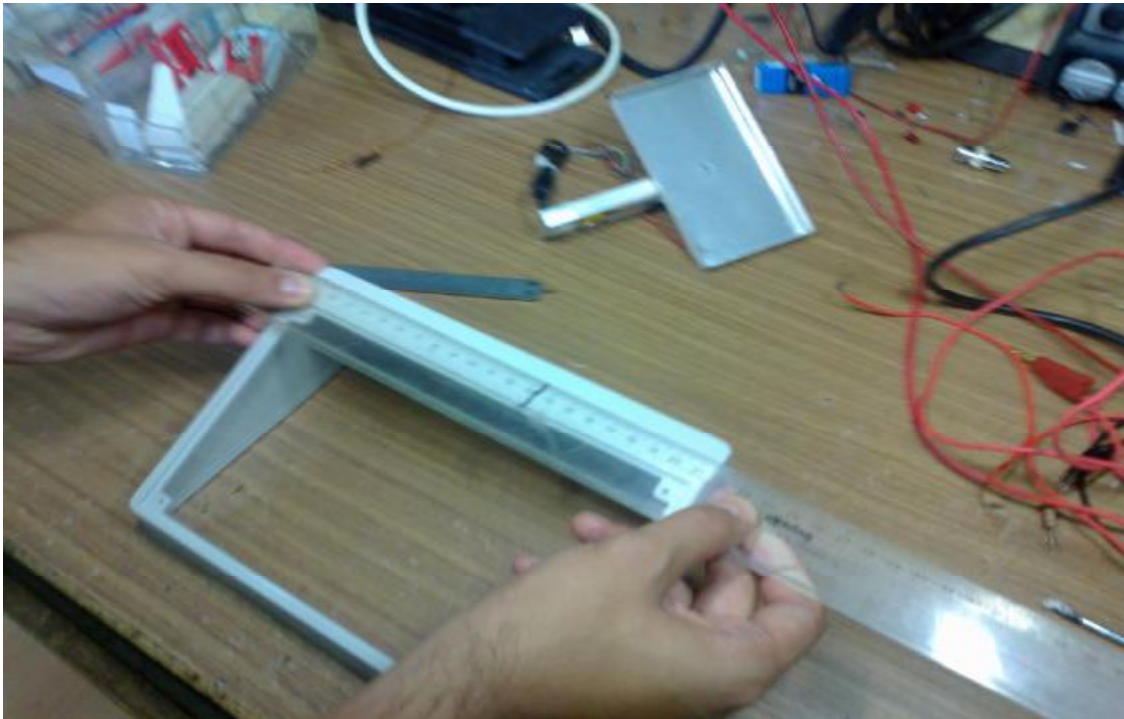




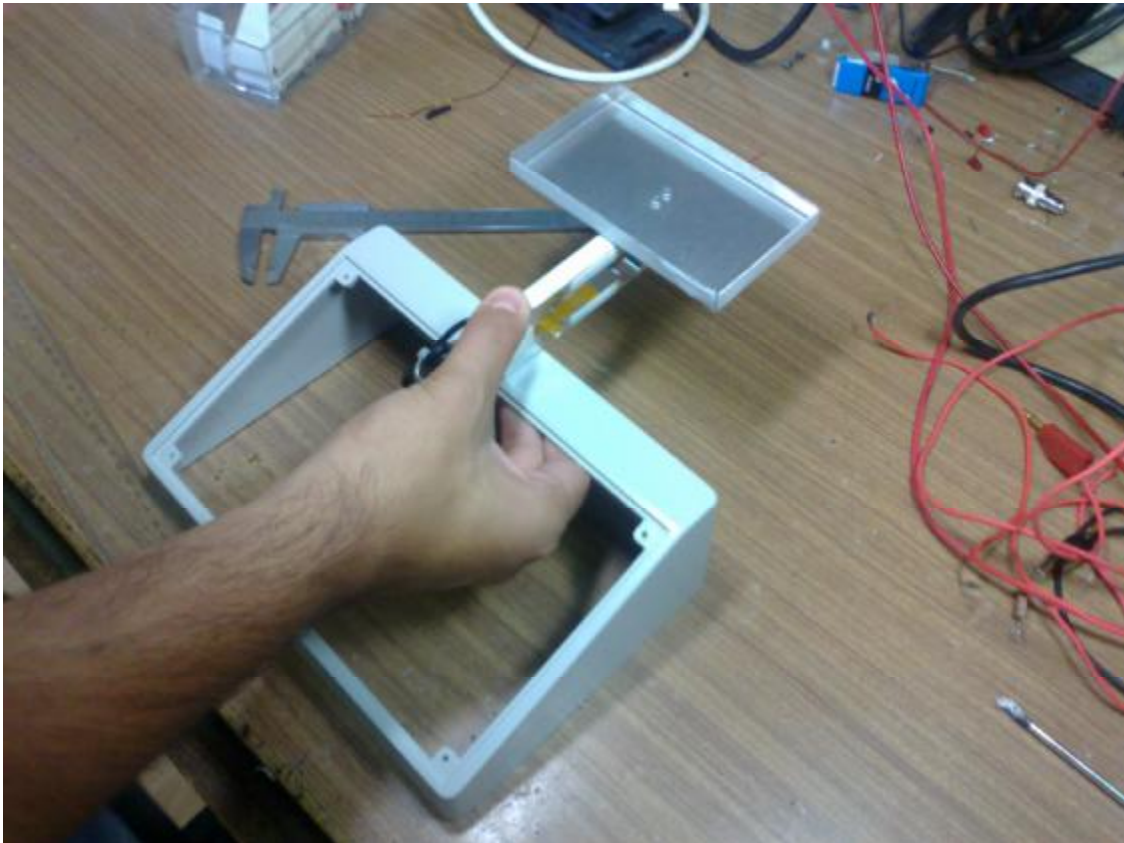
## Κεφάλαιο 10: Κατασκευή δυναμικού ελεγκτή βάρους.Στάδια κατασκευής

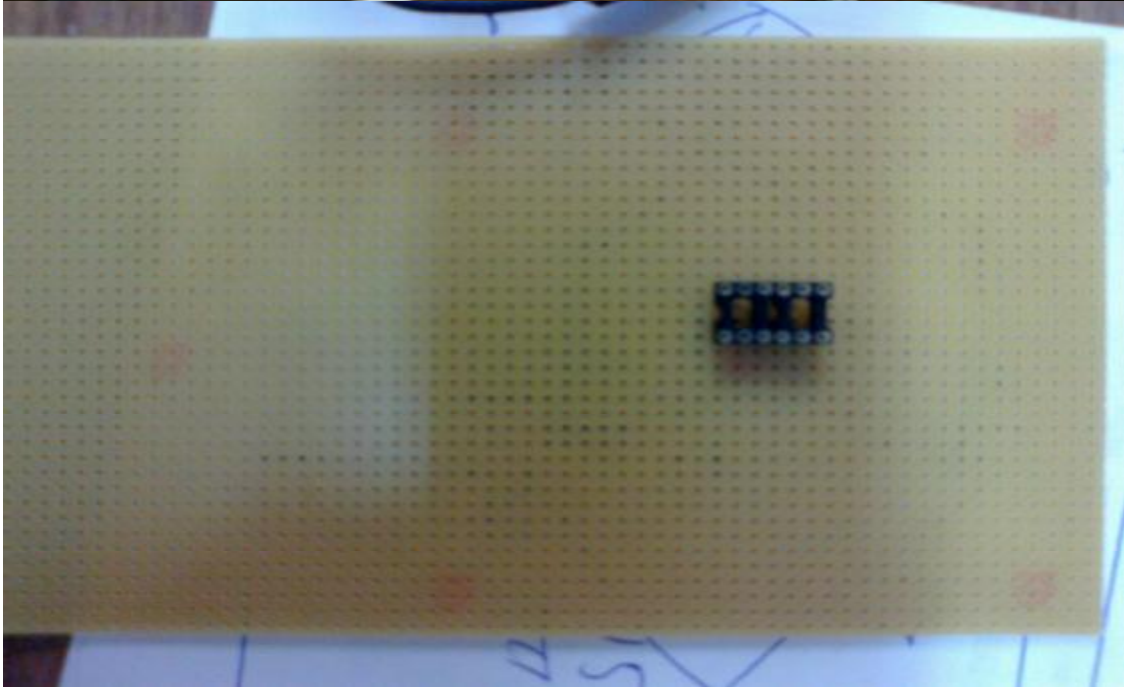


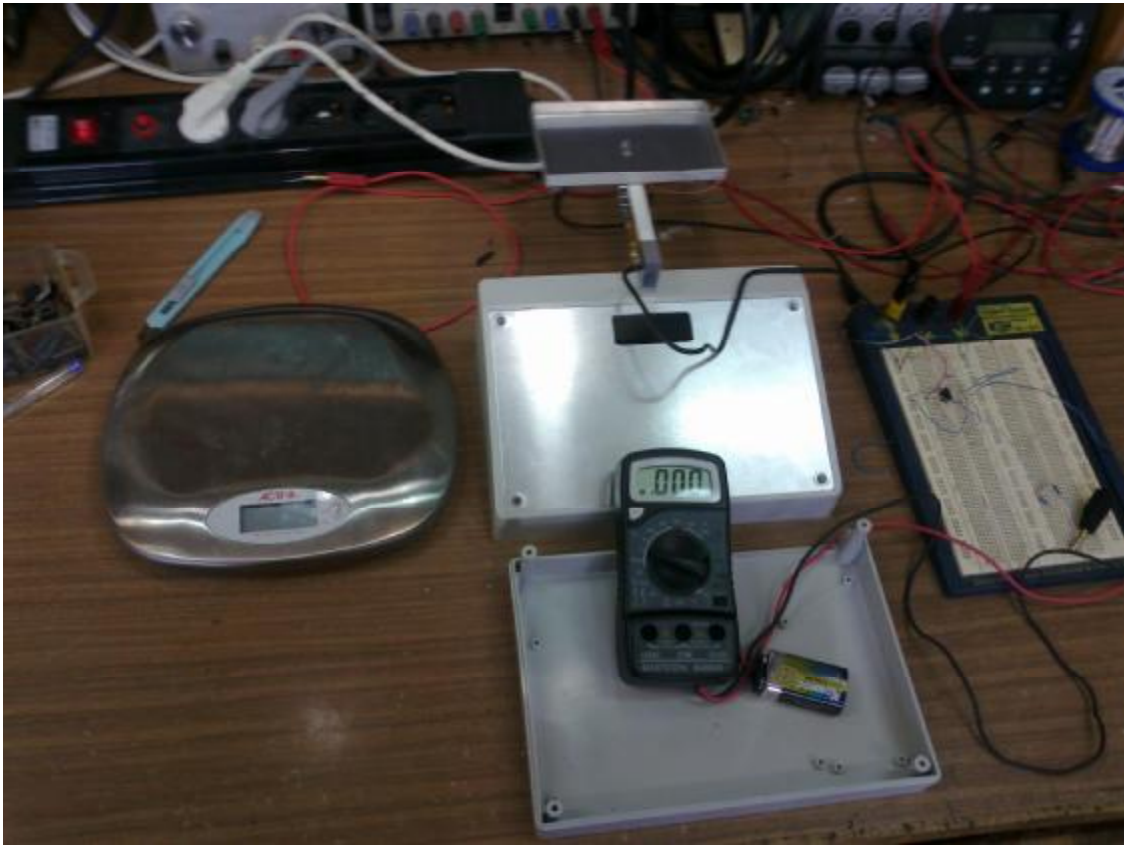








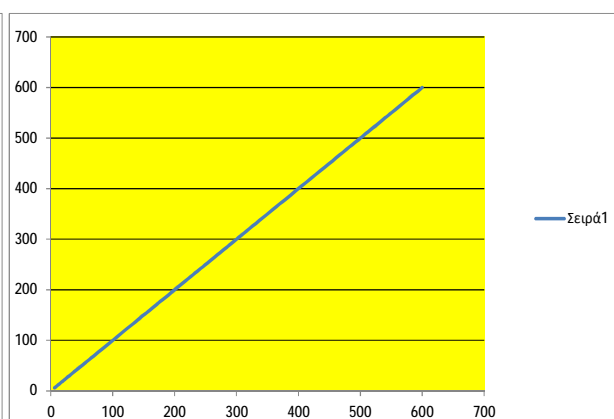
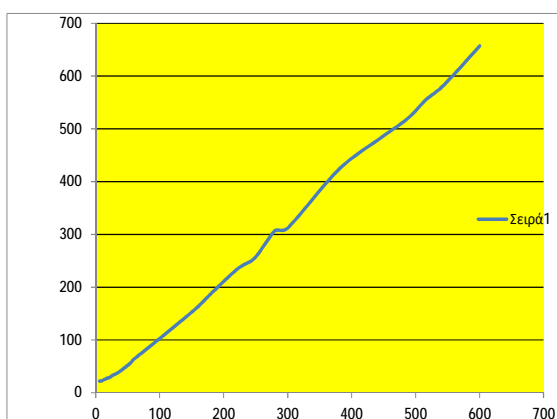




## Κεφάλαιο 11: Πειραματικό Μέρος

Στο τελικό στάδιο πήραμε μετρήσεις αρχικά με μια ζυγαριά εμπορίου και στη συνέχεια με την κατασκευασθείσα χρησιμοποιώντας ίδια βάρη. Τα αποτελέσματα είναι καταγεγραμμένα στον παρακάτω πίνακα καθώς επίσης και τα διαγράμματα τα οποία απεικονίζουν τη συμπεριφορά των δύο μετρητικών συστημάτων.

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΖΥΓΑΡΙΑ			ΠΡΟΤΥΠΗ ΖΥΓΑΡΙΑ		
6	22	gr	6	6	gr
10	23	gr	10	10	gr
15	26	gr	15	15	gr
23	30	gr	23	23	gr
26	33	gr	26	26	gr
36	39	gr	36	36	gr
54	56	gr	54	54	gr
60	64	gr	60	60	gr
92	95	gr	92	92	gr
155	158	gr	155	155	gr
182	190	gr	180	180	gr
222	235	gr	222	222	gr
249	256	gr	249	249	gr
280	307	gr	280	280	gr
300	312	gr	300	300	gr
379	422	gr	379	379	gr
442	480	gr	442	442	gr
487	519	gr	487	487	gr
516	555	gr	516	516	gr
545	584	gr	545	545	gr
600	657	gr	600	600	gr



## Βιβλιογραφία

1. Grady Booch, Object-Oriented Analysis and Design with Applications, Second Edition. Addison-Wesley 1994.
2. Grady Booch, James Rumbaugh, Ivar Jacobson: The Unified Modeling Language User Guide. Addison Wesley Longman, 1999.
3. Martin Fowler, UML Distilled, Addison-Wesley, 3<sup>rd</sup> Edition 2004.
4. Ivar Jacobson, Magnus Christerson, Patrick Jonsson, Gunnar Overgaard, Object-Oriented Software Engineering: A Use Case Driven Approach. Addison-Wesley 1992.
5. Doug Rosenberg, Kendall Scott, Applying Use Case Driven Object Modelling with UML, Addison-Wesley, 2001.
6. James Rumbaugh, Michael Blaha, William Premerlani, Frederick Eddy, William Lorenzen: Object-Oriented Modeling and Design. Prentice Hall 1991.
7. Enricos Manassis, Practical Software Engineering: Analysis and Design for the .NET Platform, Addison-Wesley, 2003.
8. Michael Jesse Chonoles and James A. Schardt, UML 2 for Dummies, Hungry Minds, 2003
9. Alistair Cockburn, Writing Effective Use Cases, Addison-Wesley, 2000.
10. Scott Ambler, The Elements of UML Style, Cambridge University Press, 2003.
11. Shari Lawrence Pfleeger, Τεχνολογία Λογισμικού, Θεωρία και Πράξη, Τόμος 1, Εκδόσεις Κλειδάριθμος, 2003.
12. Ivar Jacobson, Maria Ericsson, Agneta Jacobson, The object Advantage, ACM Press, Addison-Wesley, 1995.
13. Floyd Marinescu, EJB Design Patterns, John Willey & Sons, Inc., 2002.
14. .Ed Roman, Mastering Enterprise Java Beans, John Willey & Sons, Inc., 1999.
15. Khawar Zamn Ahmed, Cary Umrysh, Developing Enterprise Java Applications with J2EE and UML, Addison-Wesley, 2002.
16. ORACLE 9iAS TopLink Getting Started, Release 2 (9.0.3), 2002.
17. Natl. Conf. Weights and Meas. Publication 14, Sec. 2, Chap. 3, Checklist for Load Cells (1994).



18. Specifications, Tolerances, and Other Technical Requirements for Weighing and Measuring Devices, Natl. Inst. Stand. Technol. Handbook 44 (1993).
19. Organization Internationale de Métrologie Légale R 60, Metro-logical Regulation for Load Cells, Bureau International de Métrologie Légale (1991).
20. PE Pontius and RA Mitchell, Inherent Problems in Force Measurement, *Exper. Mech.* 22 , 81-88 (1982).
21. RA Mitchell and SM Baker, Characterizing the Creep Response of Load Cells, *VDI-Berichte* 312 , 43-48 (1978).
22. SL Yaniv, A. Sawla, and M. Peters, Summary of the Intercomparison of the Force Standard Machines of the National Institute of Standards and Technology, USA, and the Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Germany, *J. Res. Natl. Inst. Stand. Technol.* 96 , 529-540 (1991).
23. RA Mitchell, Force Calibration at the National Bureau of Standards, NBS Technical Note 1227 (1986).
24. KW Yee, Automation of Strain-Gauge Load-Cell Force Calibrations, *Proc. 1992 Natl. Conf. of Stand. Lab. Workshop and Symposium, Washington, DC, August 1992* pp. 387-391.
25. RA Mitchell and JL Kaplan, Nonlinear Constrained Optimization by a Nonrandom Complex Method, *J. Res. Natl. Bur. Stand. (US)* 72C , 249-258 (1968)
26. <http://translate.google.gr/translate?hl=el&langpair=en|el&u=http://www.omega.com/prodinfo/loadcells.html>