

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ

ΣΕΡΡΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΤΙΤΛΟΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΔΟΚΙΜΑΣΤΗΡΙΟΥ ΔΥΝΑΜΙΚΗΣ

ΖΥΓΟΣΤΑΘΜΙΣΗΣ



ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΠΑΡΑΔΟΣΗΣ : 17-06-09

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ : ΔΑΥΙΔ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ

ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ: ΜΑΤΑΚΟΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ

ΜΟΣΧΙΑΔΗΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ

ΑΡΙΘΜΟΣ ΜΗΤΡΩΟΥ: 4302 – 1942

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η πτυχιακή εργασία αφορά την κατασκευή δοκιμαστηρίου δυναμικής ζυγοστάθμισης. Το δοκιμαστήριο (τύπου δίδυμων τροχών) αποτελείται από ηλεκτροκινητήρα στον άξονα του οποίου εκατέρωθεν αυτού προσαρμόζονται μεταλλικοί δίσκοι, οι οποίοι περιστρέφονται με την γωνιακή ταχύτητα του κινητήρα. Οι δίσκοι φέρουν περιφερειακά οπές με σπείρωμα για την προσαρμογή κοχλιών διαφορετικού βάρους, οι οποίοι δρουν είτε ως μάζες ζυγοστάθμισης. Θα γίνει μια αναφορά στην ζυγοστάθμιση και τα είδη της και τις εφαρμογές της. Τέλος από τις μετρήσεις και τα αποτελέσματα που θα βγουν από την λειτουργία του δοκιμαστηρίου, σε συνδυασμό με την μηχανή ζυγοστάθμισης, θα βγουν χρήσιμα συμπεράσματα για την ζυγοστάθμιση καθώς και την λειτουργία των μηχανών.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

<u>ΕΙΣΑΓΩΓΗ</u>	4
-----------------------	---

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

<u>ΖΥΓΟΣΤΑΘΜΙΣΗ</u>	6
---------------------------	---

<u>ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΖΥΓΟΣΤΑΘΜΙΣΗ ΣΕ ΔΥΟ ΕΠΙΠΕΔΑ</u>	9
--	---

<u>ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ</u>	16
------------------------	----

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

<u>ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ</u>	29
----------------------------------	----

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

<u>ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΔΟΚΙΜΑΣΤΗΡΙΟΥ ΖΥΓΟΣΤΑΘΜΙΣΗΣ</u>	31
--	----

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

<u>ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΖΥΓΟΣΤΑΘΜΙΣΗΣ</u>	34
--------------------------------------	----

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

<u>ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ</u>	56
---------------------------	----

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

<u>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</u>	58
---------------------------	----

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8

<u>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ</u>	60
------------------------	----

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο
ΕΙΣΑΓΩΓΗ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στα πλαίσια της εργασίας μας θα ασχοληθούμε με την ζυγοστάθμιση. Θα περιγράψουμε τα είδη της όπως και βασικές της έννοιες καθώς και τρόπους επίλυσης της αζυγοσταθμίας.

Τα προβλήματα που ανακύπτουν σε μια μηχανική διάταξη, από αζυγοσταθμίες περιστρεφόμενων τεμαχίων της, άρχισαν να γίνονται ολοένα και περισσότερο αντιληπτά, σύγχρονα με την εξέλιξη πολύστροφων μηχανών. Ήδη στο πρώτο μισό του δέκατου ενάτου αιώνα, παράλληλα με την εξέλιξη των πρώτων ατμομηχανών επινοούνται οι πρώτες μηχανές ζυγοστάθμισης, που βασίζονται σε απλές αρχές που διέπουν την στατική ισορροπία του σώματος.

Η περιστροφή ενός σώματος όπως γνωρίζουμε δημιουργεί φυγοκεντρικές δυνάμεις σε κάθε στοιχειώδη μάζα του σώματος οι οποίες είναι ακτινικές και κάθετες στον άξονα περιστροφής. Αν η κατανομή της μάζας του σώματος είναι συμμετρική γύρω από τον άξονα τότε η συνισταμένη των φυγοκεντρικών δυνάμεων των στοιχειωδών μαζών είναι μηδενική. Όμως για λόγους κατασκευαστικών ατελειών, συνήθως υπάρχει κάποια μικρή ασυμμετρία στην κατανομή της μάζας, τότε λέμε ότι το σώμα έχει αζυγοσταθμία ή είναι αζυγοστάθμιτο. Με την διαδικασία της ζυγοστάθμισης βρίσκουμε την ανομοιομορφία της κατανομής της μάζας και την διορθώνουμε.

Στην εργασία μας εξελίχθηκε δοκιμαστήριο ζυγοστάθμισης με ζεύγος δίσκων ώστε με παραδείγματα και μετρήσεις να μπορέσουμε να βρούμε αίτια της αζυγοσταθμίας και να τα επιλύσουμε.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο
ΖΥΓΟΣΤΑΘΜΙΣΗ

ΖΥΓΟΣΤΑΘΜΙΣΗ

Ζυγοστάθμιση είναι μια διαδικασία, κατά την οποία μέσω μετρήσεων ελέγχεται και εάν είναι αναγκαίο διορθώνεται, η κατανομή μαζών ενός σώματος που περιστρέφεται. Σκοπός της ζυγοστάθμισης είναι η με προδιαγεγραμμένη ακρίβεια ταύτιση του κατά μήκος κεντρικού άξονα αδρανείας του σώματος, με τον άξονα περιστροφής του, έτσι ώστε να επιτευχθεί ισορροπία όλων των επί του σώματος επενεργουσών φυγοκέντρων δυνάμεων και να μειωθούν κατά αυτόν τον τρόπο οι καμπτικές καταπονήσεις του σώματος καθώς και οι πρόσθετες φορτίσεις των εδράσεων λόγω των αζυγοσταθμιών.

Γενικά διακρίνονται δύο είδη ζυγοστάθμισης, η στατική και η δυναμική ζυγοστάθμιση. Κατά τη στατική ζυγοστάθμιση το σώμα ζυγοσταθμίζεται με απλούς κανόνες στατικής ισορροπίας αφού η κατανομή μαζών διαπιστώνεται χωρίς το σώμα να τεθεί σε περιστροφή και διορθώνεται κάποια «στατική αζυγοσταθμία» προσεγγιστικά μόνο σε κατακόρυφη διεύθυνση. Στη δυναμική ζυγοστάθμιση ο προσδιορισμός των αζυγοσταθμιών βασίζεται σε μετρήσεις χαρακτηριστικών μεγεθών ταλαντώσεως που προκαλούνται από τις αζυγοσταθμίες κατά την περιστροφή του σώματος (αζυγοσταθμίες ροπής). Επίσης είναι δυνατός ο έλεγχος της κατανομής μαζών συγχρόνως σε οριζόντια και κατακόρυφη διεύθυνση. Η δυναμική ζυγοστάθμιση μπορεί να γίνει στην περιοχή συντονισμού (κρίσιμη περιοχή συχνοτήτων), στην υποκρίσιμη ή στην υπερκρίσιμη περιοχή συχνοτήτων μιας μηχανής ζυγοστάθμισης.

Υπάρχουν δύο μεθοδολογίες ζυγοστάθμισης. Η εργαστηριακή ζυγοστάθμιση καθώς και η υπό συνθήκες λειτουργίας ζυγοστάθμιση η οποία καλείται και εργοταξιακή ζυγοστάθμιση. Η εργαστηριακή ζυγοστάθμιση γίνεται με τη βοήθεια ειδικών μηχανικών διατάξεων ζυγοστάθμισης όπου σε κατάλληλο δοκιμαστήριο και με τη βοήθεια κατάλληλης μετρητικής συσκευής εκτελείται η ζυγοστάθμιση του σώματος. Αντίθετα η εργοταξιακή ζυγοστάθμιση γίνεται στη θέση λειτουργίας του σώματος χρησιμοποιώντας μόνο τον κατάλληλο μετρολογικό εξοπλισμό.

Τα προς ζυγοστάθμιση τεμάχια ανάλογα με τις μηχανικές τους ιδιότητες (στιβαρότητα) στον αριθμό στροφών λειτουργίας τους κατατάσσονται σε δύο κατηγορίες. Στα απολύτως στιβαρά και στα ελαστικά σώματα.

Σαν απόλυτα στιβαρά θεωρούνται σώματα στα οποία μέχρι τον αριθμό στροφών λειτουργίας τους δεν μετατρέπεται η κατανομή των μαζών τους λόγω κυρίως

καμπτικών ταλαντώσεων και έτσι δεν μεταβάλλεται η κατάσταση αζυγοσταθμίας τους. Σαν απόλυτα στιβαροί μπορούν να χαρακτηριστούν επίσης οι άξονες, των οποίων η γωνιακή ταχύτητα περιστροφής είναι μικρότερη από $1/3$ της μικρότερης καμπτικής κυκλικής ιδιοσυχνότητας τους. Στα στιβαρά σώματα αρκούν μόνο δύο επίπεδα ζυγοστάθμισης.

Η κατάσταση αζυγοσταθμίας ελαστικών τεμαχίων, αντίθετα με την κατάσταση αζυγοσταθμίας απολύτως στιβαρών σωμάτων, εξαρτάται από τη γωνιακή ταχύτητα του περιστρεφόμενου σώματος. Το γεγονός αυτό οφείλεται στο ότι, κατά την περιστροφή ενός ελαστικού σώματος λόγω εσωτερικών καμπτικών ροπών, οφειλομένων σε αζυγοσταθμίες και λόγω των δημιουργημένων ταλαντικών ιδιομορφών, ιδίως στους αριθμούς στροφών που αντιστοιχούν σε καμπτικές ιδιοσυχνότητες του, μεταβάλλεται η γεωμετρία του και τοιουτοτρόπως η κατανομή μαζών, ως προς τον άξονα περιστροφής. Έτσι μπορεί να προκύψουν νέες αζυγοσταθμίες, να επηρεασθεί η κατάσταση αζυγοσταθμίας και να αυξηθούν οι δυναμικές καταπονήσεις, τόσο του σώματος, όσο και των εδράνων του. Στα ελαστικά σώματα είναι απαραίτητο να γίνεται η ζυγοστάθμιση σε περισσότερα από δύο επίπεδα ανάλογα με τον αριθμό των κόμβων των καμπτικών ιδιομορφών. Τέλος πρέπει να τονισθεί, ότι ένα ελαστικό σώμα του οποίου οι αζυγοσταθμίες έχουν εξουδετερωθεί σε ένα ορισμένο αριθμό στροφών, παύει να είναι πλήρως ζυγοσταθμισμένο σε ένα άλλο αριθμό στροφών, λόγω της προκαλούμενης από ταλαντώσεις, μεταβολής της κατανομής των μαζών του, ως προς τον άξονα περιστροφής.

Για μια όσο το δυνατόν αποτελεσματικότερη εξουδετέρωση των εσωτερικών ροπών σε ζυγοσταθμίσεις ελαστικών τεμαχίων, απαιτείται αφ' ενός μεν η διεξαγωγή της ζυγοστάθμισης σε περισσότερα επίπεδα, όπως και η βέλτιστη εκλογή αυτών των επιπέδων ζυγοσταθμίσεως.

Εάν, π.χ., για την εξουδετέρωση πιθανών αζυγοσταθμιών ενός άξονα γίνει ζυγοστάθμιση μόνο σε δύο επίπεδα, τα K_1 και K_2 , τότε κατά μήκος του άξονα δημιουργείται ανά περίπτωση, η κατανομή των εσωτερικών ροπών αζυγοσταθμίας. Οι κατανομές αυτές των εσωτερικών ροπών, διεγείρουν σε καμπτικές ταλαντώσεις, που ανάλογα με τον αριθμό στροφών του άξονα, των ελαστικών χαρακτηριστικών της εδράσεως και της τοιουτοτρόπως δημιουργημένης ταλαντωτικής ιδιομορφής, μπορεί να οδηγήσουν σε σημαντικές δυναμικές καταπονήσεις.

Η εκλογή του αριθμού των επιπέδων ζυγοστάθμισης, όπως και οι θέσεις τους επί του άξονα γίνεται, λαμβάνοντας υπόψη την ταλαντωτική καμπτική ιδιομορφή, που αναμένεται να προκύψει στις στροφές λειτουργίας. Εάν π.χ. αναμένεται ιδιομορφή με δύο κόμβους, συνιστάται ζυγοστάθμιση σε τρία επίπεδα, εάν αναμένεται ιδιομορφή με τρεις κόμβους, συνιστάται ζυγοστάθμιση σε τέσσερα επίπεδα. Γενικά εάν αναμένεται ιδιομορφή με n κόμβους τότε η ζυγοστάθμιση συνιστάται να διεξάγεται σε $n+1$ επίπεδα. Οι αποστάσεις μεταξύ των επιπέδων ζυγοστάθμισης, καθώς και οι μάζες αντισταθμίσεως, εκλέγονται έτσι ώστε, οι δημιουργημένες εσωτερικές καμπτικές ροπές και τοιουτοτρόπως τα εύρη των δημιουργημένων ταλαντώσεων να είναι όσο το δυνατόν μικρότερα, η δε ολική αζυγοσταθμία και το ζεύγος αζυγοσταθμίας, να μηδενίζονται.

ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΖΥΓΟΣΤΑΘΜΙΣΗ ΣΕ ΔΥΟ ΕΠΙΠΕΔΑ

Κατά τη διαδικασία της ζυγοστάθμισης διακρίνονται τρία στάδια. Αρχικά μέσω μετρήσεων, εξακριβώνεται η κατανομή των περιστρεφόμενων μαζών, στη συνέχεια διορθώνεται η κατανομή τους και τέλος ελέγχεται εάν το αποτέλεσμα αυτής της διορθώσεως αντιστοιχεί σε προδιαγραμμένη ποιότητα ζυγοστάθμισης G σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα 1.

G > 1600	Άκαμπτοι μηχανισμοί στροφάλου βραδύστροφων κινητήρων πλοίων με μονό αριθμό κυλίνδρων
G 1600	Άκαμπτοι μηχανισμοί στροφάλου μεγάλων δίχρονων κινητήρων
G 630	Άκαμπτοι μηχανισμοί στροφάλου τετράχρονων κινητήρων. Ελαστικοί μηχανισμοί στροφάλων κινητήρων DIESEL πλοίων
G 250	Άκαμπτοι μηχανισμοί στροφάλου πολύστροφων τετρακύλινδων κινητήρων DIESEL
G 100	Άκαμπτοι μηχανισμοί στροφάλου πολύστροφων τετρακύλινδων κινητήρων DIESEL με έξι και περισσότερους κυλίνδρους
G 40	Τροχοί αυτοκινήτων , ζάντες, συστήματα έδρασης τροχών, άξονες με αρθρώσεις. Ελαστικοί μηχανισμοί στροφάλου πολύστροφων τετράχρονων κινητήρων DIESEL με έξι και περισσότερους κυλίνδρους. Μηχανισμοί στροφάλου μηχανών εσωτερικής καύσης επιβατικών αυτοκινήτων, φορτηγών και τρένων.
G 16	Άξονες με αρθρώσεις ειδικών τεχνικών προδιαγραφών. Τεμάχια θραυστήρων και γεωργικών μηχανημάτων. Μεμονωμένα τεμάχια μηχανισμών στροφάλου μηχανών εσωτερικής καύσης επιβατικών αυτοκινήτων, φορτηγών και τρένων. Μηχανισμοί στροφάλου με έξι και περισσότερους κυλίνδρους ειδικών τεχνικών προδιαγραφών.
G 6,3	Εξαρτήματα μηχανισμών φυσικών διεργασιών. Τύμπανα φυγοκεντρικών διαχωριστών. Ανεμιστήρες, σφόνδυλοι, αντλίες με πτερωτή. Εξαρτήματα μηχανών εσωτερικής καύσης και εργαλειομηχανών. Κανονικά επαγωγικά τύμπανα ηλεκτροκινητήρων. Μεμονωμένα τεμάχια μηχανισμών στροφάλου υψηλών τεχνικών προδιαγραφών.

G 2,5	Άτρακτοι με πτερύγια, αεριοστρόβιλοι, ατμοστρόβιλοι, και γενικά στροβιλομηχανές, μηχανισμοί κινήσεως εργαλειομηχανών. Μεσαία και μεγάλα επαγωγικά τύμπανα ηλεκτροκινητήρων με υψηλές τεχνικές προδιαγραφές. Επαγωγικά τύμπανα μικρών κινητήρων. Αντλίες και μηχανισμοί κινήσεως στροβίλων.
G 1	Μηχανισμοί κινήσεως μαγνητοφώνων και δισκοφώνων. Μηχανισμοί κινήσεως λειαντικών μηχανών, επαγωγικά τύμπανα μικρών κινητήρων υψηλών τεχνικών προδιαγραφών.
G 0,4	Επαγωγικά τύμπανα λειαντικών μηχανών και άξονες λειαντικών μηχανών για κατεργασίες εξαιρετικά μεγάλης ακρίβειας. Τροχοί λειαντικών μηχανών και σφόνδυλοι για κατεργασίες μεγάλης ακρίβειας.
<p><u>Παρατηρήσεις:</u></p> <p>1) Υπό τον όρο μηχανισμοί (ή συστήματα) στροφαλοφόρου εννοούνται οι διατάξεις που περιλαμβάνουν, στροφαλοφόρο άξονα, σφόνδυλο, συμπλέκτη, αποσβεστήρες ταλαντώσεων, περιστρεφόμενα μέρη διωστήρων κ.ά.</p> <p>2) Ως μάζα σε μηχανισμούς στροφαλοφόρων εννοείται το άθροισμα των μαζών των στοιχείων που ανήκουν στον εκάστοτε μηχανισμό του στροφάλου.</p> <p>3) Μηχανές diesel χαμηλών στροφών είναι εκείνες των οποίων το έμβολο έχει ταχύτητα μικρότερη από 9m/s. Αντίθετα μηχανές diesel υψηλών στροφών είναι εκείνες των οποίων το έμβολο έχει ταχύτητα μεγαλύτερη από 9m/s.</p> <p>4) Η ποιότητα ζυγοστάθμισης ενός εξαρτήματος πρέπει να αντιστοιχεί σε μικρότερη κατηγορία ποιότητας από ότι το σύστημα ή ο μηχανισμός στον οποίο ανήκει το εξάρτημα.</p>	

Πίνακας 1: Ποιότητες ζυγοστάθμισης κατά ISO 1940 / VDI 2060 για διάφορα μηχανολογικά εξαρτήματα και μηχανισμούς

Για τον ορισμό της ποιότητας ζυγοστάθμισης ισχύει ότι η παραμένουσα ολική αζυγοσταθμία μετά τη διαδικασία ζυγοστάθμισης, αποτελεί το μέτρο αξιολόγησης της ποιότητας ζυγοστάθμισης ενός σώματος. Ποσοτικά η ποιότητα ζυγοστάθμισης μπορεί να ορισθεί ως το γινόμενο της μετατόπισης του κέντρου βάρους του σώματος

από τον άξονα περιστροφής του, επί τον αριθμό στροφών (ή της γωνιακής ταχύτητας) του σώματος.

$$e \cdot n = \text{σταθερό}$$

$$e \cdot \Omega = G$$

Όπου G μία σταθερά που χαρακτηρίζει την κατάσταση αζυγοσταθμίας ενός σώματος και κατ' επέκταση την ποιότητα ζυγοστάθμισης του. Η ποιότητα ζυγοστάθμισης εκφράζεται σε [mm /s].

Για τη μετατόπιση του κέντρου βάρους του σώματος ισχύει:

$$(m + u) \cdot e = u \cdot r \quad (1)$$

$$e = [u / (m + u)] \cdot r \quad (2)$$

και επειδή $u \ll m$

$$e = u \cdot r / m \Rightarrow e = U / m \quad (3)$$

όπου:

m: η μάζα του περιστρεφόμενου σώματος [kgr]

u: η μάζα αζυγοσταθμίας [gr]

r: η ακτίνα θέσης της μάζας αζυγοσταθμίας ως προς τον άξονα περιστροφής [mm]

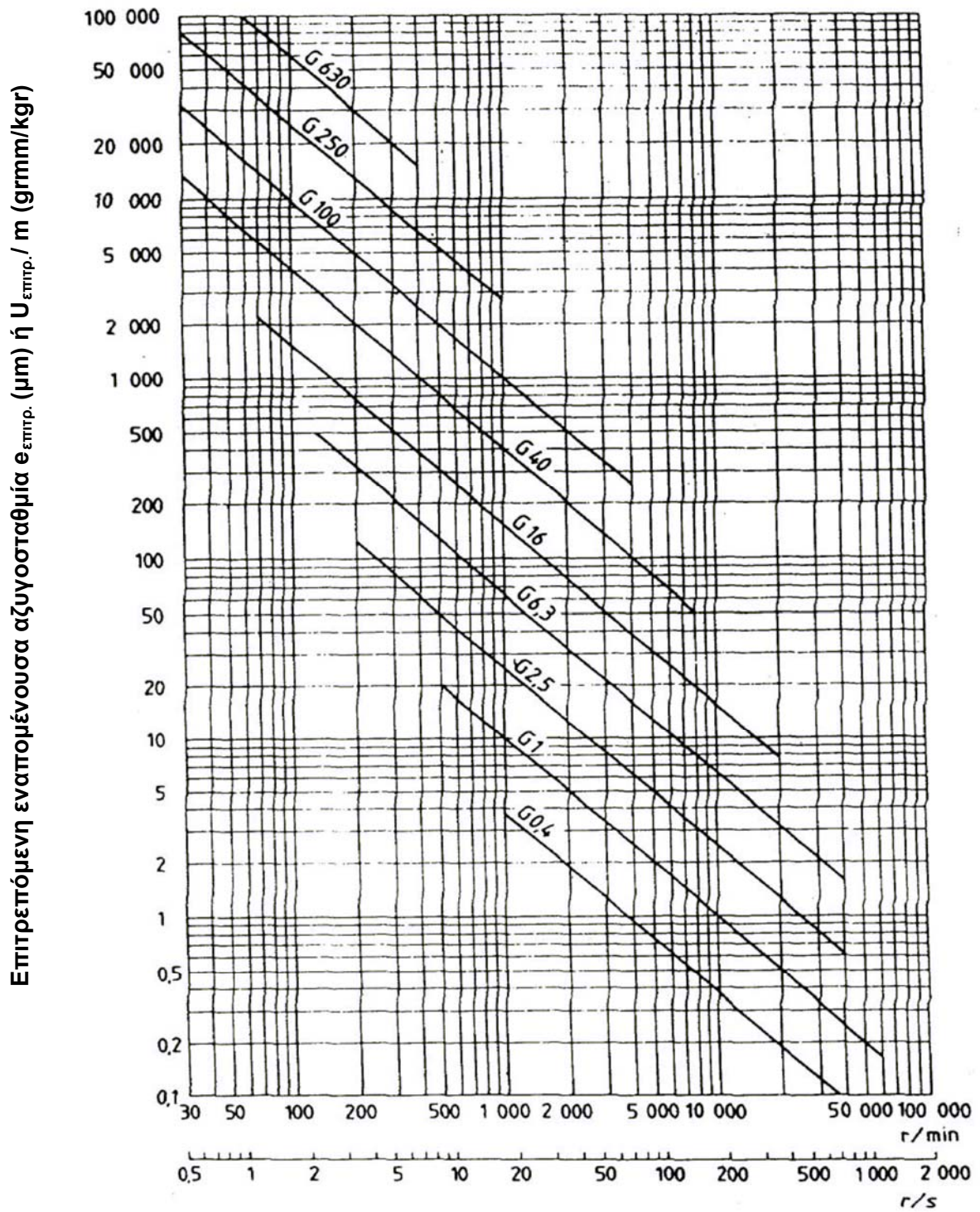
U=u.r : η αζυγοσταθμία [grmm]

Από τη σχέση (3) φαίνεται ότι η μετατόπιση του κέντρου βάρους του σώματος e εκφράζει την ανηγμένη αζυγοσταθμία στη μάζα του περιστρεφόμενου σώματος. Η μετατόπιση e δίνεται συνήθως σε μm. Για τιμές πάνω από 1000 μm δίνεται πολλές φορές και σε mm, οπότε η μάζα αζυγοσταθμίας u στην περίπτωση αυτή δίνεται σε kgr.

Οι σχέσεις (1) και (2) παριστάνονται γραφικά στο σχήμα 1, για διάφορες τιμές της ποιότητας G. Στο σχήμα αυτό παριστάνεται η επιτρεπόμενη τιμή της εναπομένουσας αζυγοσταθμίας ανά μονάδα μάζας του σώματος $U_{\text{επιτρ.}}/m$, δηλαδή σύμφωνα με τη

σχέση (3) η επιτρεπόμενη τιμή μετατόπισης του κέντρου βάρους του σώματος $e_{\text{επιτρ.}}$ ως προς τον αριθμό στροφών του σώματος.

Από το νομόγραμμα του σχήματος 1 μπορεί να προσδιορισθεί ανάλογα με την επιδιωκόμενη ποιότητα ζυγοστάθμισης ενός σώματος η επιτρεπόμενη αζυγοσταθμία του.



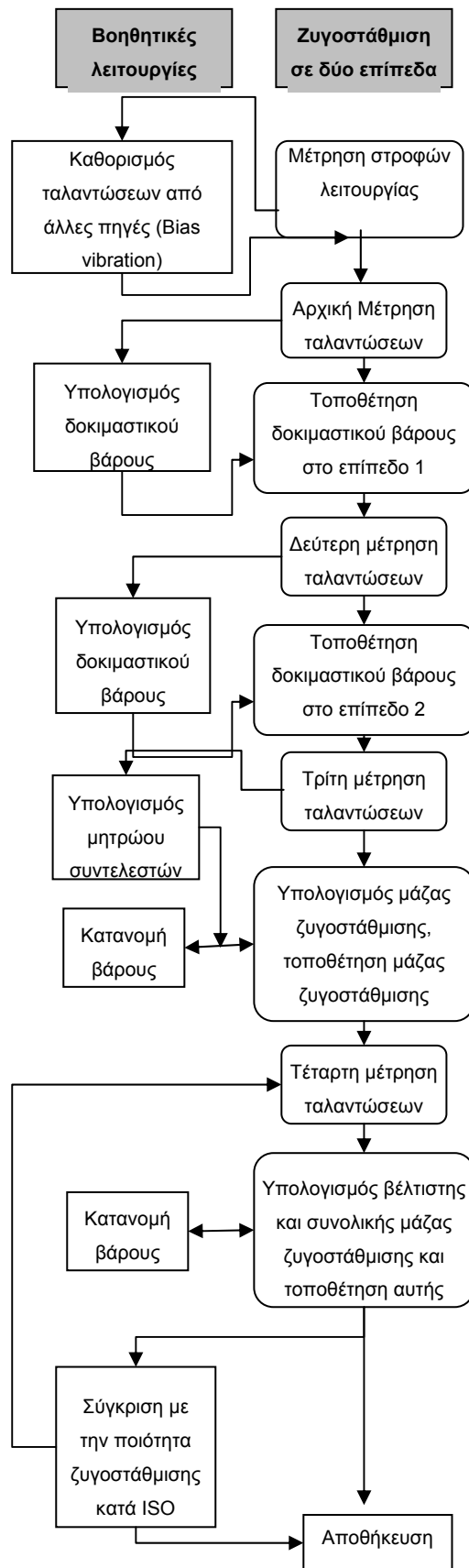
Σχήμα 1: Ποιότητες ζυγοστάθμισης σε συνάρτηση με την επιτρεπόμενη αζυγοσταθμία και τον αριθμό στροφών του σώματος.

Τα προς ζυγοστάθμιση τεμάχια συνήθως έχουν αζυγοστάθμιτες μάζες κατανομημένες σε πολλά διαφορετικά σημεία τους. Στα απολύτως στιβαρά σώματα κάθε κύκλος ζυγοστάθμισης γίνεται σε δύο επίπεδα K1 και K2. Οι επί του άξονα δρώσες αζυγοσταθμίες ανάγονται στα δύο αυτά επίπεδα ζυγοστάθμισης.

Για να ζυγοσταθμιστεί ένα στιβαρό σώμα αφού αναλυτικά προσδιορισθούν οι αζυγοσταθμίες U1 και U2 στα επίπεδα ζυγοστάθμισης K1 και K2 με τη βοήθεια ταλαντωτικών μετρήσεων M1 και M2 (μετατόπιση ή επιτάχυνση) στα επίπεδα μέτρησης E1 και E2 που αντιστοιχούν συνήθως στις θέσεις των εδράσεων, γίνεται πρόσθεση ή αφαίρεση των μαζών αντισταθμίσεων στα αντίστοιχα επίπεδα ζυγοστάθμισης K1 και K2 ώστε η ποιότητα ζυγοστάθμισης G που προβλέπεται από κανονισμό DIN2060 / ISO1940 να εκπληρώνει επιθυμητές προδιαγραφές (Για μηχανισμούς στροφαλοφόρων αξόνων μηχανών εσωτερικής καύσης επιβατικών και φορτηγών αυτοκινήτων G40 ενώ για μεμονωμένους άξονες στροφαλοφόρων η ποιότητα είναι κατηγορίας G16 ή G6,3) .

Η διαδικασία ζυγοστάθμισης φαίνεται αναλυτικά, βήμα προς βήμα, στο διάγραμμα του σχήματος 2.

Κατά την αρχική μέτρηση ταλαντώσεων καταγράφονται τα μετρούμενα μεγέθη Mi1 (μέτρο) και Fi1 (γωνία) της ταλάντωσης (μετατόπιση, ταχύτητα ή επιτάχυνση ταλάντωσης) στα επίπεδα μέτρησης M1, M2 με τη βοήθεια των ταλαντωτικών αισθητήρων. Στη συνέχεια τοποθετείται ένα γνωστό δοκιμαστικό βάρος σε μια οποιαδήποτε θέση στο πρώτο επίπεδο ζυγοστάθμισης E1 για να προκληθεί μια τεχνικά πρόσθετη αζυγοσταθμία και γίνεται μια δεύτερη καταγραφή των ταλαντωτικών μεγεθών Mi2 και Fi2. Στη συνέχεια γίνεται πρόσθεση γνωστού δοκιμαστικού βάρους στο δεύτερο επίπεδο ζυγοστάθμισης. Το δοκιμαστικό βάρος του πρώτου επιπέδου μπορεί να διατηρηθεί ή να αφαιρεθεί (ανάλογα δηλώνεται στο όργανο μέτρησης). Καταγράφονται και πάλι τα ταλαντωτικά μεγέθη στα δύο επίπεδα μέτρησης Mi3 και Fi3.



Σχήμα 2: Διαδικασία δυναμικής ζυγοστάθμισης σε δύο επίπεδα.

ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

Αν οι κινητήρες των αυτοκινήτων, οι τουρμπίνες των αεροσκαφών ή ακόμα και οι σκληροί δίσκοι ενός υπολογιστή αδυνατούν να αποδώσουν, ή ακούγεται ένα χαρακτηριστικός θόρυβος από τις ταλαντώσεις που δημιουργούνται, πολύ συχνά, χρειάζεται να γίνει ζυγοστάθμιση του σώματος. Με χρήση κατάλληλων συστημάτων διάγνωσης κραδασμών και δονήσεων καθώς και δυναμικής ζυγοστάθμισης, μπορούμε σήμερα να βελτιώσουμε την κατάσταση αζυγοσταθμίας των μηχανών. Μπορούμε να προσφέρουμε ατομικές λύσεις πάνω σε μια μεγάλη γκάμα προβλημάτων που ξεκινούν κατά κύριο λόγο από αζυγοσταθμία των περιστρεφόμενων εξαρτημάτων των μηχανών. Με μετρήσεις και ανάλυση των δεδομένων από την καταγραφή των ταλαντώσεων μπορούν να ζυγοσταθμιστούν οι μηχανές και οι διάφορες μηχανολογικές διατάξεις που έχουν περιστρεφόμενα μέρη. Βασικά μέσα για να γίνει αυτό είναι:

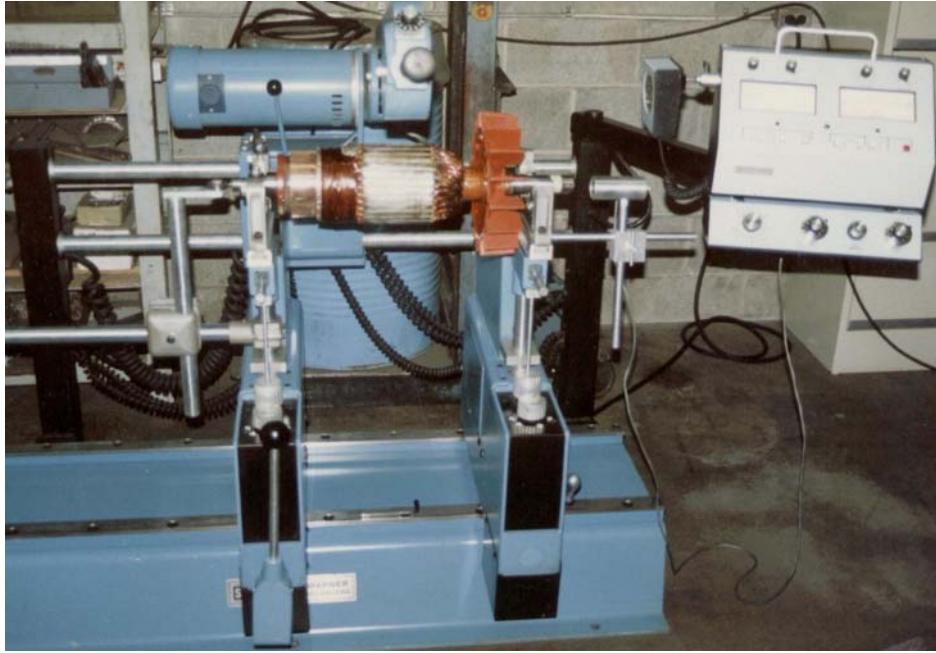
- α) Η ενσωμάτωση της μηχανής ζυγοστάθμισης σε γραμμή παράγωγης
- β) Η χρήση ενεργού συστήματος ζυγοστάθμισης σε συγκεκριμένες εφαρμογές
- γ) Η χρήση φορητών συσκευών μέτρησης δονήσεων και ζυγοστάθμισης
- δ) Μεγάλο εύρος των εξαρτημάτων και των παροχών

Βιομηχανική Ζυγοστάθμιση

Μερικά παραδείγματα βιομηχανικών ζυγοσταθμίσεων φαίνονται παρακάτω:

- φτερωτές αντλιών, βιομηχανικοί ανεμιστήρες, ανεμιστήρες και συμπιεστές
- Τροχοί τύμπανα και τυλίγματα γεννητριών και κινητήρων
- Αδράχτια, άξονες, τύμπανα, κύλινδροι, τροχαλίες, οδοντωτοί τροχοί
- άξονες με ρουλεμάν, μηχανικά εργαλεία και δίσκοι κοπής
- στρόβιλοι και τουρμπίνες αέρος, αερίου, ατμού και νερού

Παρακάτω φαίνονται μερικές φωτογραφίες από την ζυγοστάθμιση διαφόρων εξαρτημάτων μηχανών



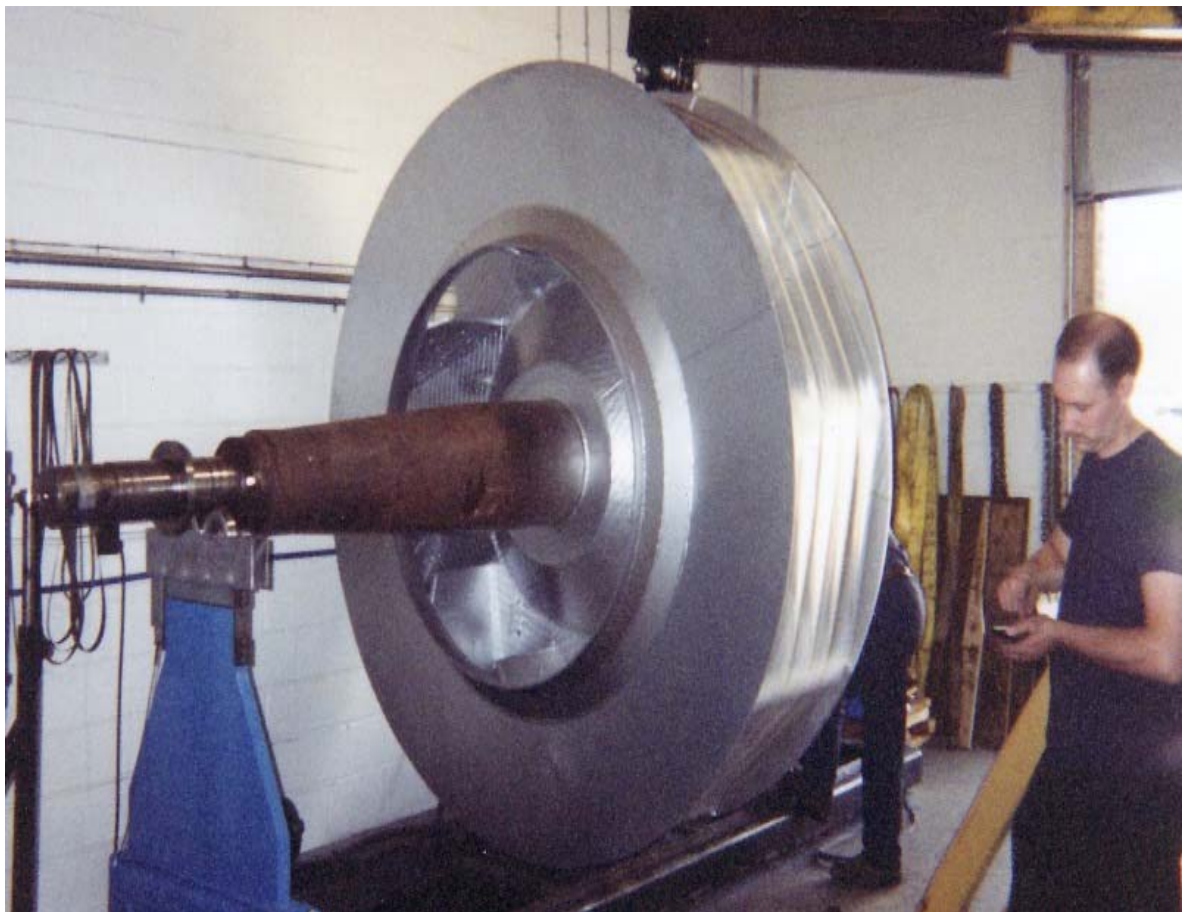
Εικ.1 Ηλεκτροκινητήρας με ανεμιστήρα. Όλα τα περιστρεφόμενα μέρη του πρέπει να ισορροπούν για να παρέχει το καλύτερο συνολικό αποτέλεσμα.



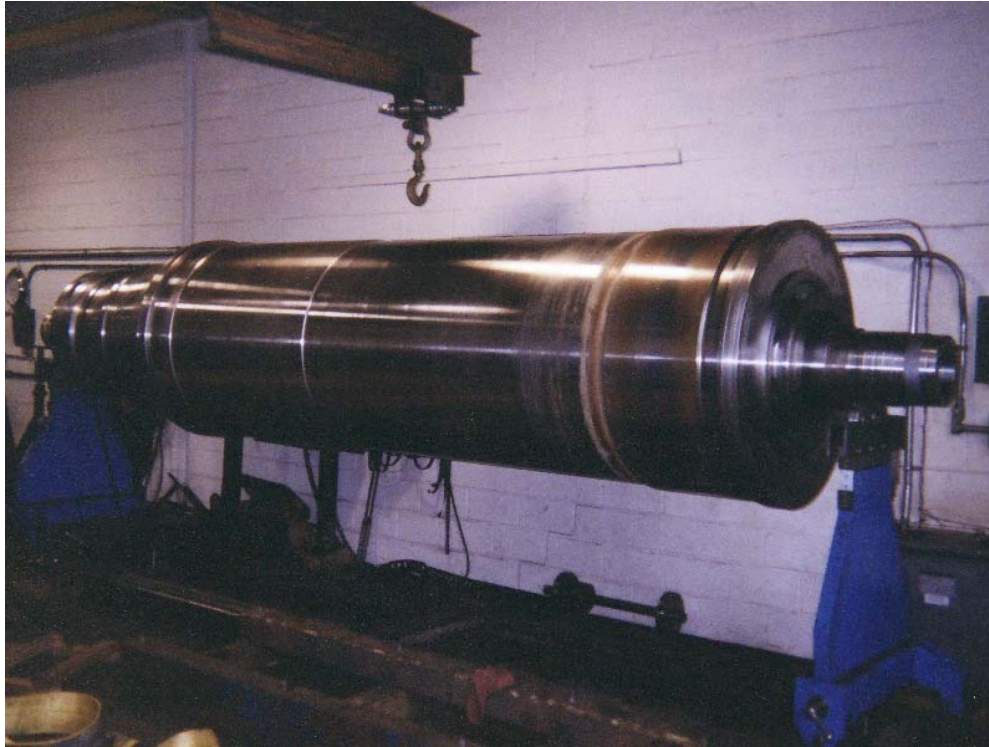
Εικ2 Κυλινδρικοί άξονες



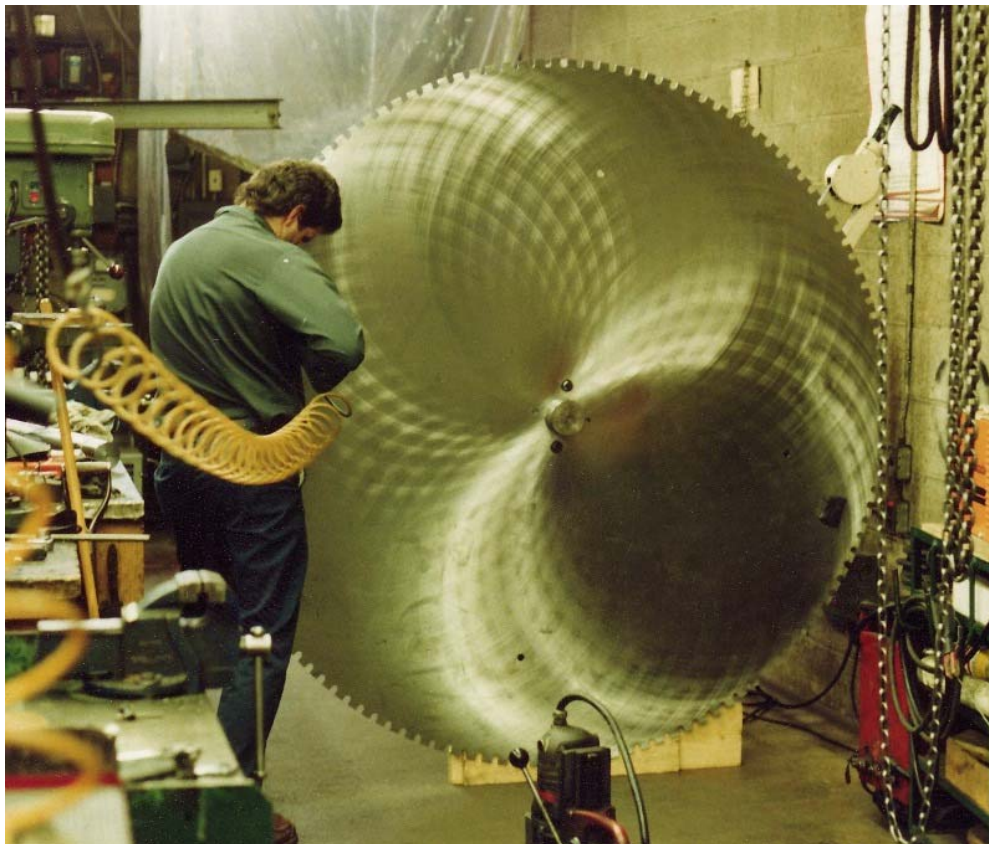
Εικ3 Μεγάλος περιστροφικός μετατροπέας



Εικ4 Μεγάλος ανεμιστήρας



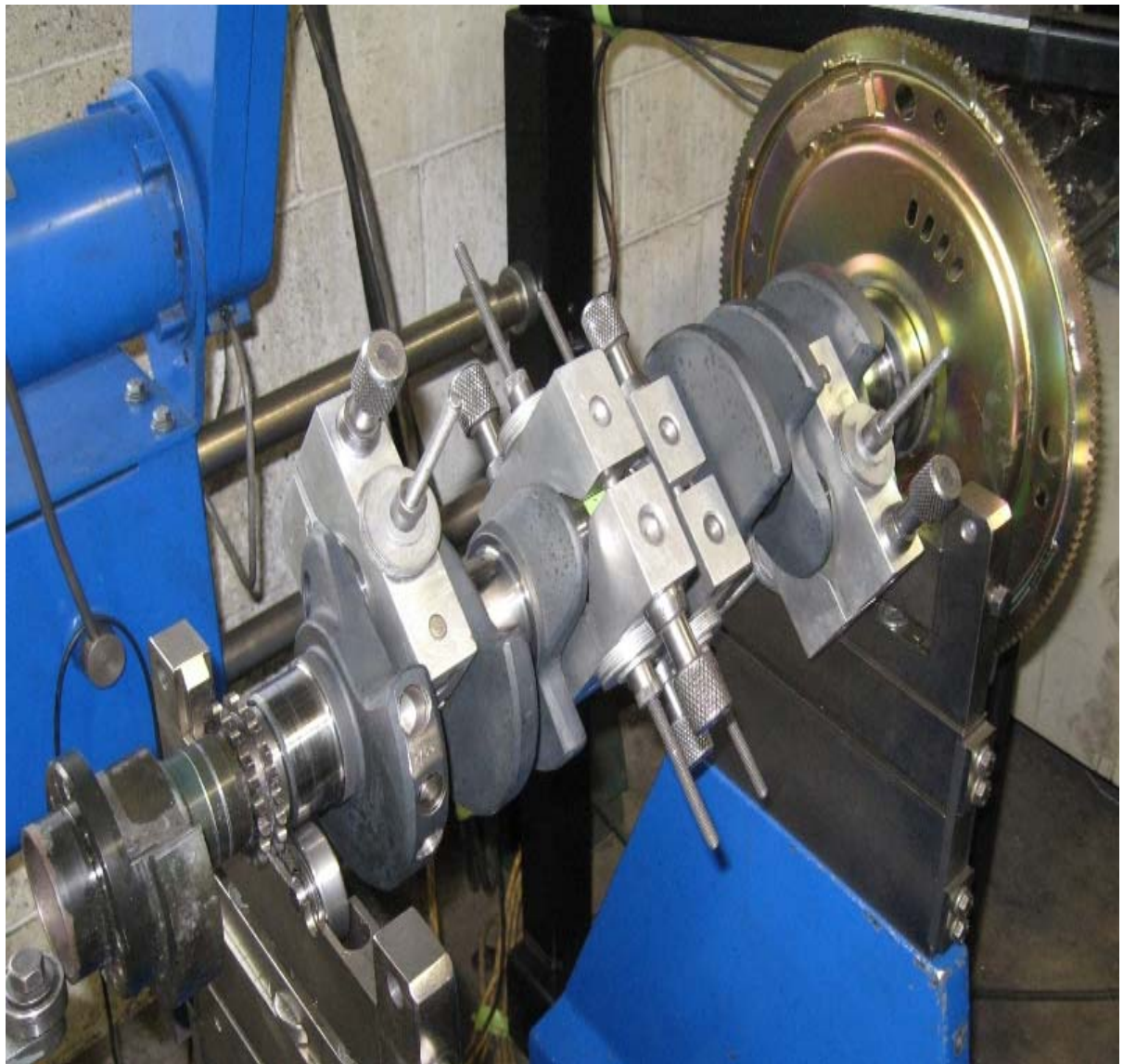
Εικ5. Φυγοκεντρικός κύλινδρος



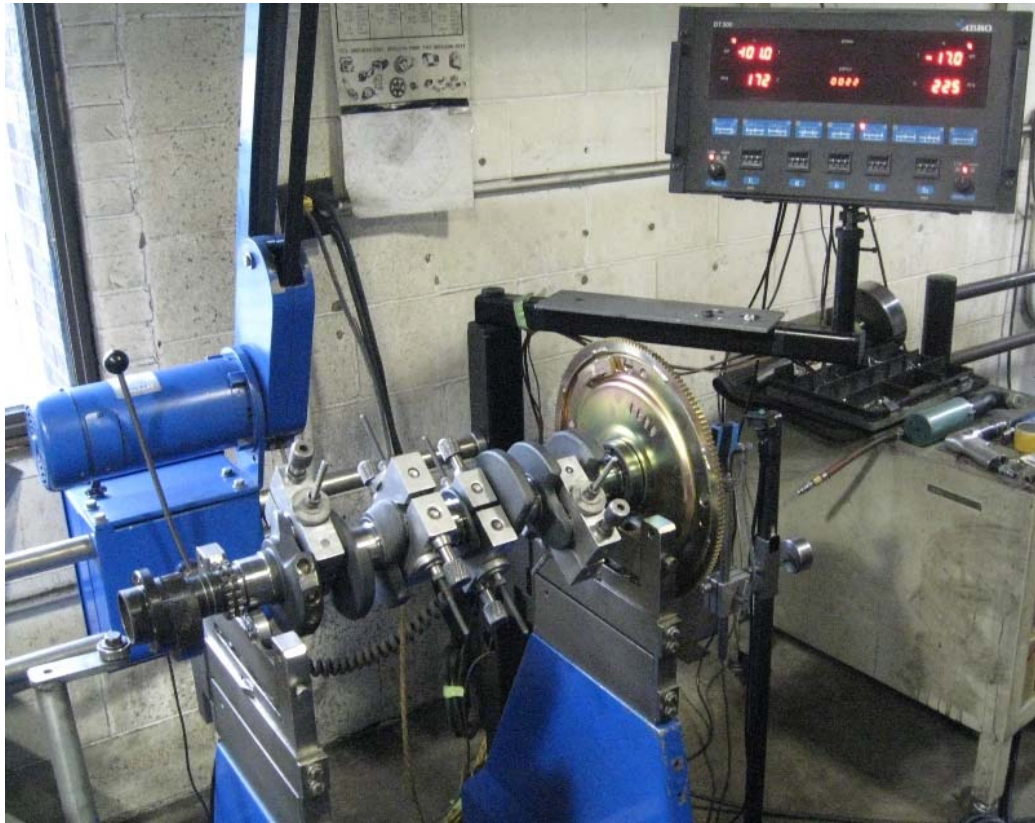
Εικ6. Λεπίδα που χρησιμοποιείται για την κοπή πέτρας

Ζυγοστάθμιση κινητήρων

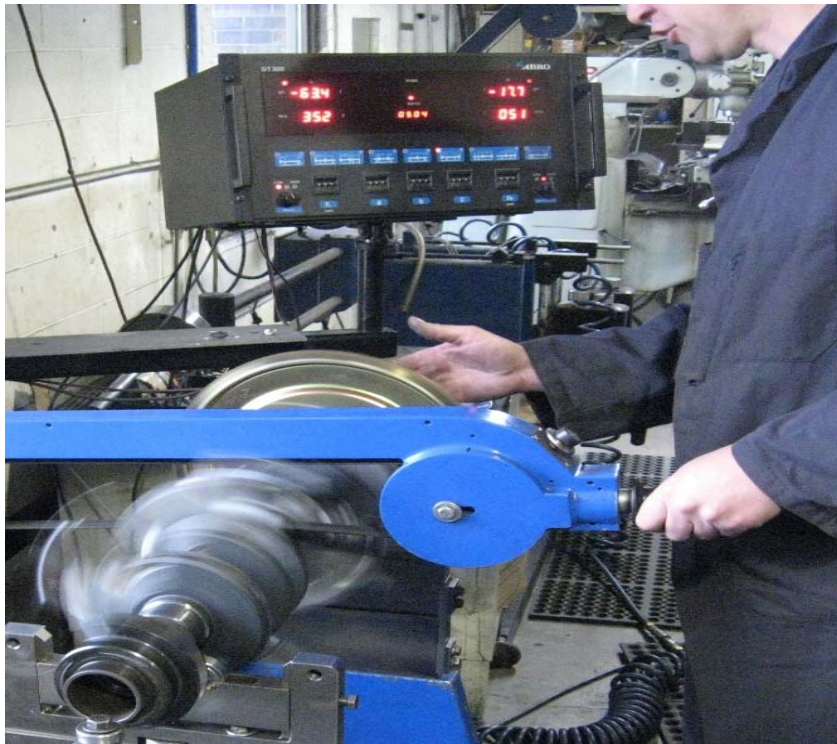
Μπορούμε να ζυγοσταθμίσουμε οποιοδήποτε κινητήρα από τον πιο μικρό κινητήρα μοτοσυκλέτας μέχρι τον μεγαλύτερο βιομηχανικό κινητήρα. Μπορούμε να βοηθήσουμε στον προσδιορισμό της καλύτερης ισορροπίας για χρήση σε παρόμοιες μηχανές όπου υπάρχει μεταβλητότητα των στροφών. Παρακάτω μερικά παραδείγματα.



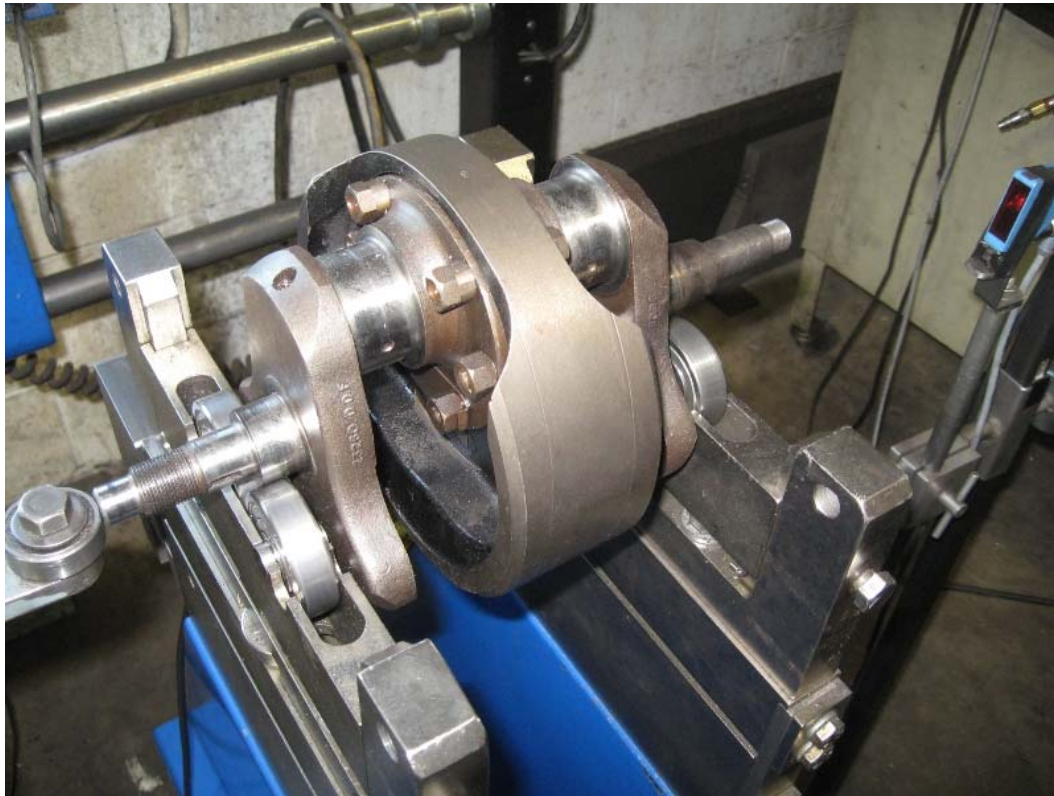
Εικ7 Ζυγοστάθμιση στροφαλοφόρου άξονα εξακύλινδρου κινητήρα



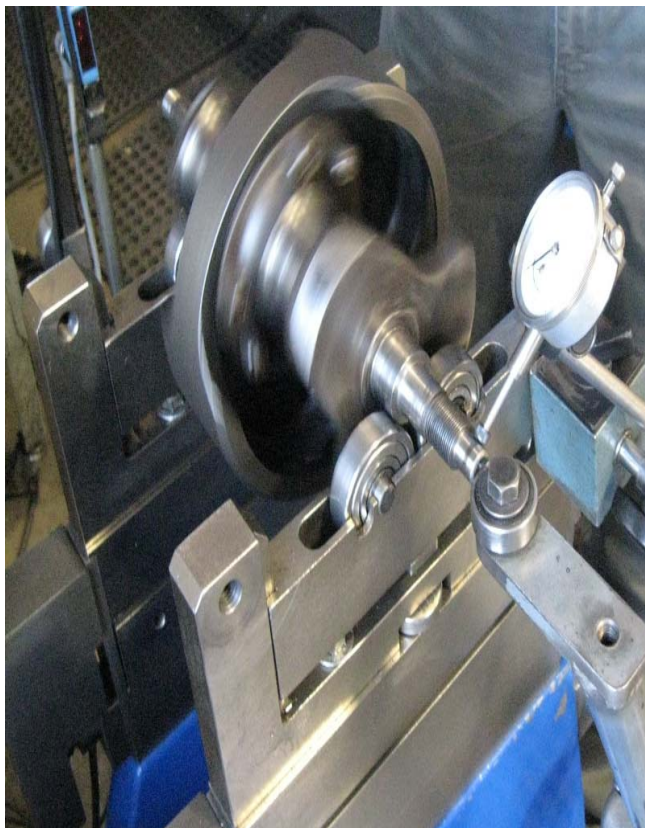
Εικ8 Διαδικασία ζυγοστάθμισης στροφαλοφόρου άξονα



Εικ9 Ρύθμιση γωνιακής ταχύτητας κατά την ζυγοστάθμιση



Εικ10 Έλεγχος στροφαλοφόρου άξονα μοτοσικλέτας



Εικ11 Έλεγχος στροφαλοφόρου άξονα μοτοσικλέτας σε πολλές στροφές

Ζυγοστάθμιση παραγωγής

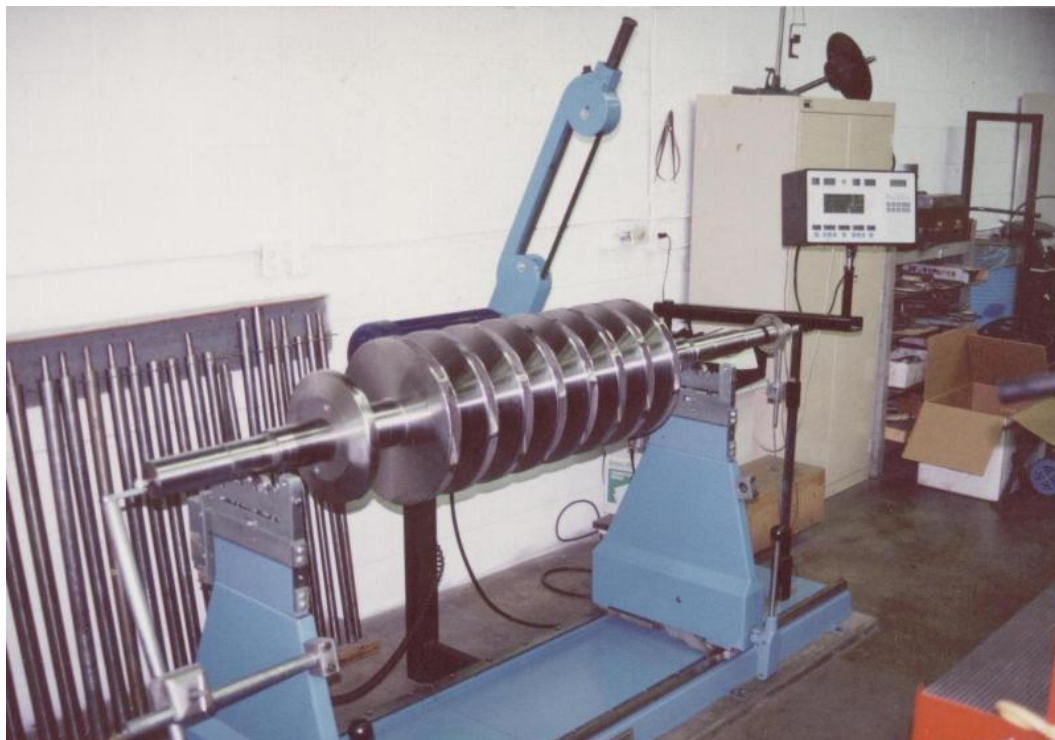
Γίνεται ζυγοστάθμιση στο τέλος κάθε παράγωγης και πριν την έξοδο στην αγορά, όλων των ειδών βιομηχανικών εξαρτημάτων όπως φτερωτές , εκκεντροφόροι, άξονες, κινητήριои άξονες, σπαστικές, τύμπανα, κύλινδροι, όλων των τύπων εξαρτήματα ταχυτήτων κ.τ.λ. Παρακάτω φαίνονται μερικά παραδείγματα.



Εικ12 Παραγωγή θέσεων εργασίας 1



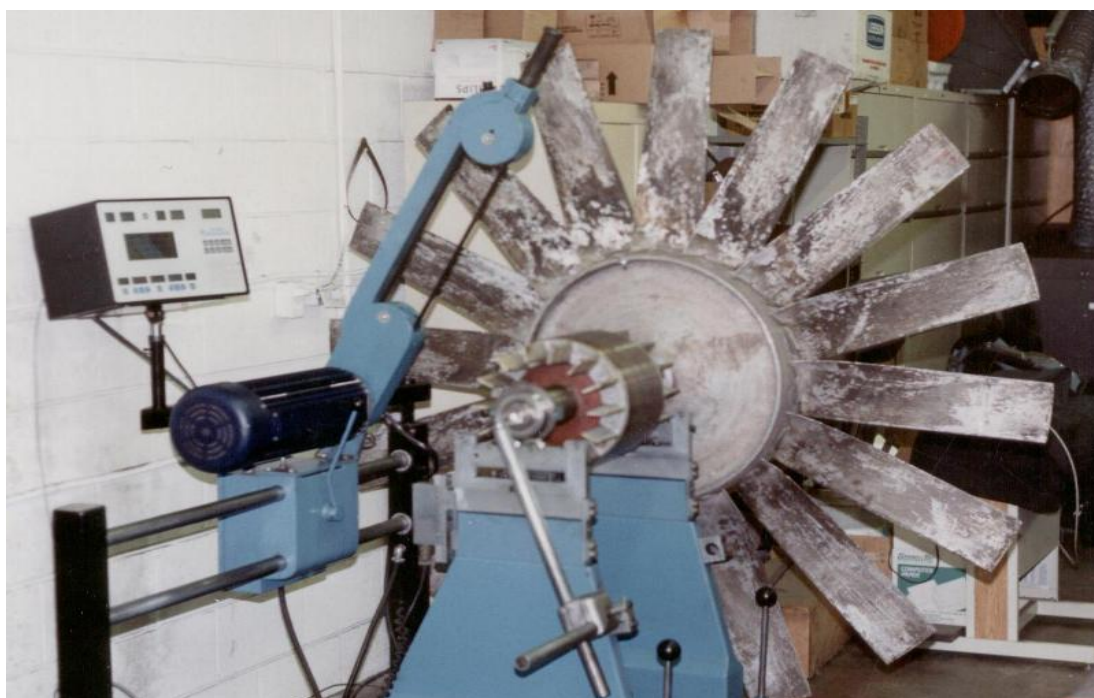
Εικ13 Παραγωγή θέσεων εργασίας 2



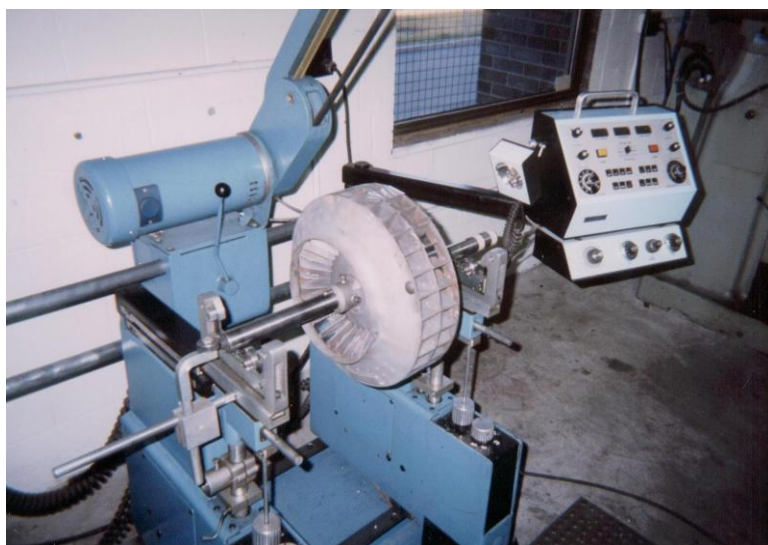
Εικ14 Παραγωγή θέσεων εργασίας 3

Αεροτουρμπίνες και ανεμιστήρες

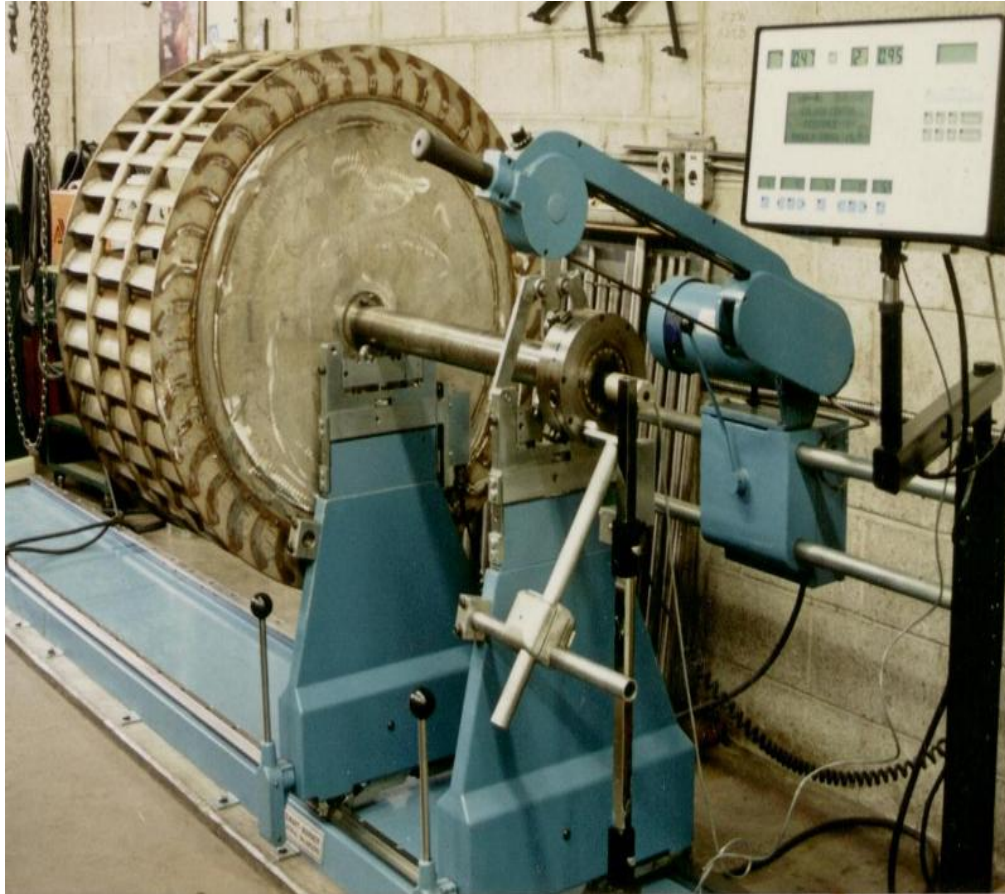
Οι πρόσφατες εξελίξεις στον τομέα της αιολικής ενέργειας σημαίνει ότι χρειάζεται τον κατάλληλο εξοπλισμό και την κατάλληλη συντήρησή τους ώστε η λειτουργία αυτών των συστημάτων να γίνεται με πλήρη εξισορρόπηση των μαζών. Είτε για να αυξάνεται η απόδοση, είτε για να μειώνεται ο θόρυβος είτε για να ελαχιστοποιείται η φθορά τους. Παρακάτω φαίνονται μερικά παραδείγματα ανεμιστήρων και αεροτουρμπίνων.



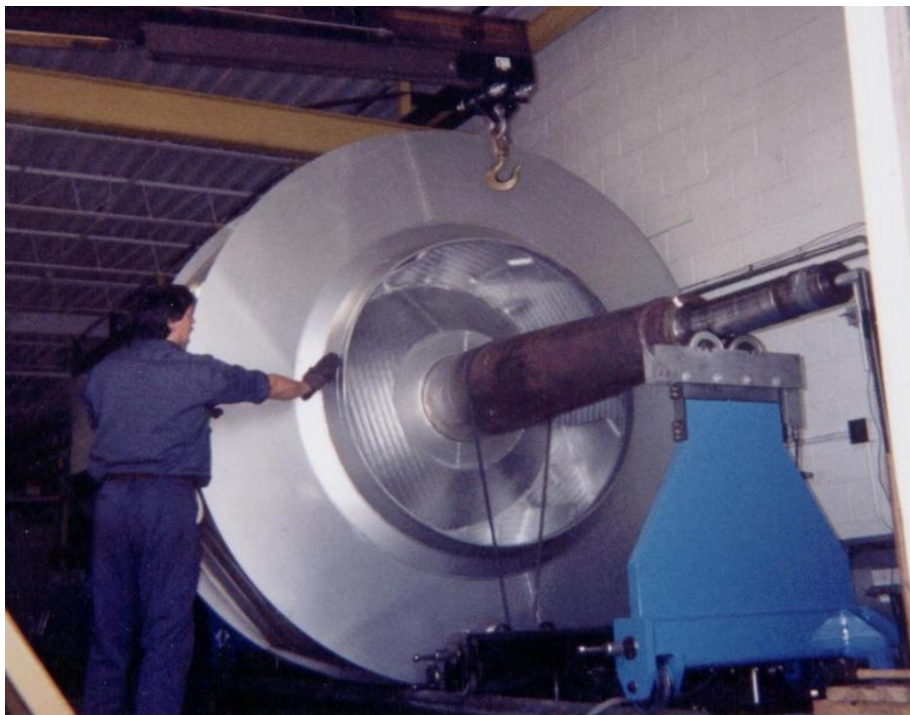
Εικ15 Ανεμιστήρας μεταβλητού βήματος



Εικ16 Ανεμιστήρας μικρού τύπου



Εικ17 Διαδικασία ζυγοστάθμισης ανεμιστήρα φούρνου



Εικ18 Μεγάλος ανεμιστήρας



Εικ19 Μεγάλος ανεμιστήρας

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο
ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Σκοπός της εργασίας μας είναι να εξηγήσουμε την έννοια της ζυγοστάθμισης, τα είδη της και πού την συναντούμε στην βιομηχανία. Ακόμα να αναφέρουμε τα αίτια και τις επιπτώσεις της. Έχοντας το δοκιμαστήριο της ζυγοστάθμισης με ζεύγος τροχών μπορούμε να βρούμε τις αζυγοσταθμίες των τροχών και να τις διορθώσουμε. Αυτό θα το επιτύχουμε χρησιμοποιώντας ένα όργανο που θα μας υπολογίσει την αζυγοσταθμία των δύο τροχών και θα μας προτείνει πού θα πρέπει να προσθέσουμε ή να αφαιρέσουμε μάζες ζυγοστάθμισης. Έχοντας τα αποτελέσματα των μετρήσεων του οργάνου θα αναφέρουμε τα συμπεράσματά μας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο
ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΔΟΚΙΜΑΣΤΗΡΙΟΥ ΖΥΓΟΣΤΑΘΜΙΣΗΣ

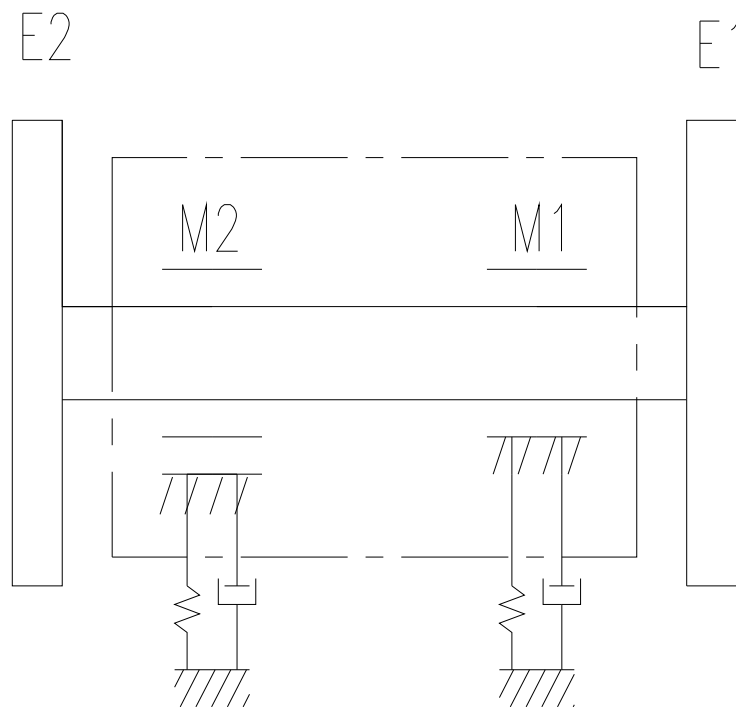
ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΔΟΚΙΜΑΣΤΗΡΙΟΥ ΖΥΓΟΣΤΑΘΜΙΣΗΣ

Το δοκιμαστήριο ζυγοστάθμισης αποτελείται από το κέλυφος το οποίο εδράζεται σε βάση αλουμινίου, η οποία στηρίζεται με ελαστικούς αποσβεστήρες.

Στο εσωτερικό του υπάρχει ένας ασύγχρονος ηλεκτροκινητήρας με ισχύ 650 watt και ονομαστικές στροφές 3000 στροφές το λεπτό.

Ο ρότορας στηρίζεται σε δύο έδρανα κύλισης και προβάλλονται τα άκρα του.

Στα άκρα του ρότορα έχουμε τοποθετήσει δύο χαλύβδινους δίσκους σε απόσταση 170 χιλιοστά, στους οποίους κατασκευάσαμε 36 ομόκεντρες οπές με δέκα μοίρες διαφορά η μία από την άλλη. Στους δίσκους αυτούς θα τοποθετήσουμε τις μάζες ζυγοστάθμισης σε μορφή κοχλία.



Εικ1 Μοντέλο του δοκιμαστηρίου δυναμικής ζυγοστάθμισης



Εικ2 Δοκιμαστήριο δυναμικής ζυγοστάθμισης



Εικ2 Ο δίσκος με τις 36 οπές όπου πάνω του τοποθετούνται οι μάζες ζυγοστάθμισης

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο
ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΑΛΑΝΤΩΣΕΩΝ ΔΟΚΙΜΑΣΤΗΡΙΟΥ ΣΕ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΑΖΥΓΟΣΤΑΘΜΙΑΣ

Κατά την διάρκεια των εργαστηριακών μετρήσεων στήθηκε το δοκιμαστήριο σε θέση ώστε να εξασφαλίζεται η σωστή λειτουργία του χωρίς μετακινήσεις. Είναι εξαιρετικά σημαντικό πριν την έναρξη οποιασδήποτε μετρήσεις να σιγουρευτούμε για την κατάσταση όλων των κινούμενων μερών (τριβέων, δίσκων , φτερωτές κτλ) ώστε να εξασφαλιστεί το καλύτερο δυνατό αποτέλεσμα. Έπειτα στήθηκε το μηχάνημα της ζυγοστάθμισης, οι αισθητήρες κατέλαβαν της θέσεις τους πάνω στα έδρανα του άξονα δίπλα σε κάθε δίσκο, κατόπιν στήθηκε και ο αισθητήρας στροφών στην βάση του και σε θέση ώστε να "βλέπει" των δίσκο περιστροφής. Εφόσον έχουν στηθεί όλα έγινε καταρχήν η ανάλυση συχνότητας όπως περιγράφεται παρακάτω από την οποία πήραμε τα διαγράμματα φάσμα ταλαντώσεων.



Εικ1 Το όργανο ζυγοστάθμισης



Εικ2 Το όργανο ζυγοστάθμισης κατά την λειτουργία του

Η διαδικασία της ζυγοστάθμισης βήμα βήμα

Ενεργοποιήστε το όργανο με πίεση του πλήκτρου **ON/OFF**.



Σημείωση!

Εάν πιέσετε το **ON/OFF** πλήκτρο για να ενεργοποιήσετε μια λειτουργία, διαρκεί αυτό

περίπου 15 SEC. Επίσης το ίδιο ισχύει προτού να κλείσει το όργανο. Κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου όλα τα κουμπιά είναι ανενεργά. Αυτό οφείλεται στις προηγμένες λειτουργίες αποταμίευσης μπαταριών στο όργανο.

Πρώτα το όργανο παρουσιάζει την έκδοση του προγράμματος σε περίπου 3 δευτερόλεπτα και έπειτα αυτόματα αρχίζει τις επιλογές προγράμματος.

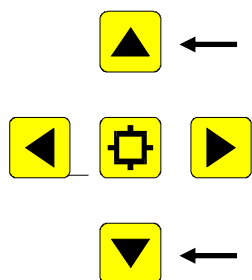


Οι επιλογές προγράμματος μπορούν πάντα να ενεργοποιηθούν

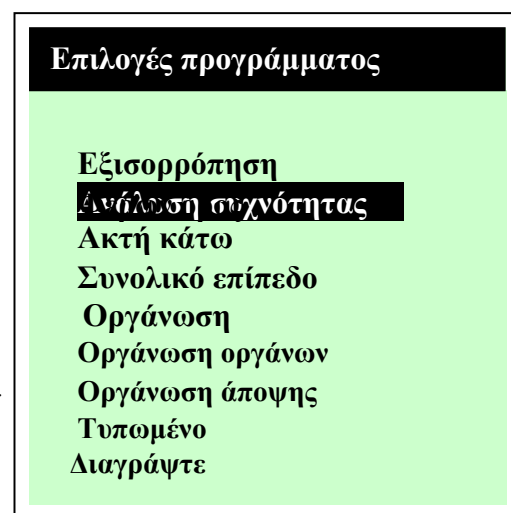
με τη συμπίεση αυτού του **κουμπιού επιλογών** προγράμματος.

Εδώ επιλέγετε την ανάλυση **συχνότητας λειτουργίας** με να κινήσετε το μαύρο δείκτη κειμένων

η επιθυμητή λειτουργία με τα **πάνω-κάτω** κλειδιά.



Πιέστε το ENTER πλήκτρο για να επιβεβαιώσετε την επιλογή.



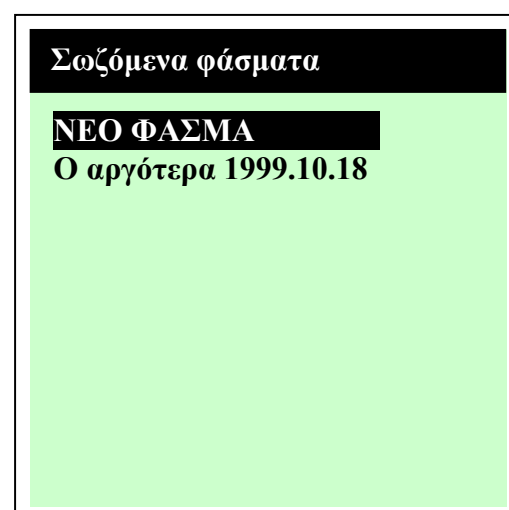
Αυτό είναι ο δείκτης μπαταριών. Μια πλήρως μπαταρία δαπανών δίνει μια πλήρη μαύρη κλίμακα. Αντικαταστήστε τις μπαταρίες όταν εμφανίζεται μόνο ένας μαύρος δείκτης.



Εδώ μπορείτε να αρχίσετε να μετράτε ένα νέο φάσμα ή επιλέξετε το πιο πρόσφατο μετρητικό φάσμα.

Όταν μετράτε τα φάσματα και θέλετε να το αναλύσετε και το όργανο αποκλείει προτού να αποθηκεύσετε το μετρημένο φάσμα, το όργανο θα αποθηκεύσει τη μέτρηση.

Μπορείτε να συλλέξετε το πιο πρόσφατο φάσμα οποτεδήποτε και το αποθηκεύετε με ένα νέο όνομα.



Σε αυτές τις επιλογές μπορείτε να αλλάξετε μερικά στοιχεία για τα φάσματα.

Πιέστε τα **ΑΡΙΣΤΕΡΑ** και **ΔΕΞΙΑ** πλήκτρα για να αλλάξετε τα στοιχεία.

Άθροισμα =

Γραμμικά μέσα που όλα τα φάσματα μερών συμβάλλουν

ίσοι στα τελικά φάσματα.

Η μέγιστη λαβή σημαίνει ότι το πιο υψηλό επίπεδο σε οποιαδήποτε γραμμή θα αποθηκευτεί στα τελικά φάσματα.

Εκθετικά μέσα που τα τελευταία φάσματα μερών συμβάλλουν

με την πλήρη αξία του, τα προηγούμενα φάσματα μερών συμβάλλουν

με το 1/2 της αξίας του και τα δεύτερα προηγούμενα φάσματα μερών

με 1/4 της αξίας του και ούτω καθεξής στα τελικά φάσματα.

Αριθ. των φασμάτων μερών =

Ο αριθμός προσδιορίζει πόσα φάσματα μερών που συμβάλτε στην τελική αξία. Ο χρόνος το όργανο είναι η μέτρηση είναι μισή αυτή η αξία. Εάν έχετε επιλέξει 16 φάσματα μερών που το όργανο θα μετρήσει σε 8 δευτερόλεπτα.

Εάν επιλέξετε 0 το όργανο μετρά έως ότου πιέζεται **πάλι** το ENTER πλήκτρο. Μόνο τα τελευταία φάσματα θα αποθηκευτούν.

Φέρων όρος =

Ναι σημαίνει ότι ο φέρων όρος θα μετρηθεί άμεσα αφότου τελειώνουν τη μέτρηση φασμάτων. Αυτή η αξία θα αποθηκευτεί μαζί με τα φάσματα.

Παράθυρο =

Το Hanning δεν μπορεί να αλλάξουν.

Αριθ. των πολλαπλασίων; =

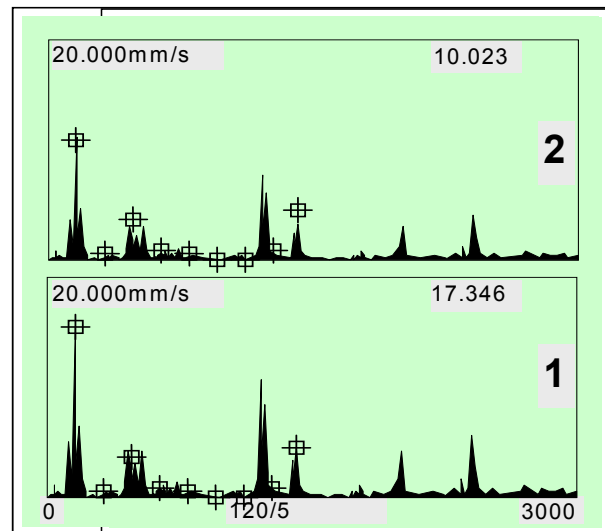
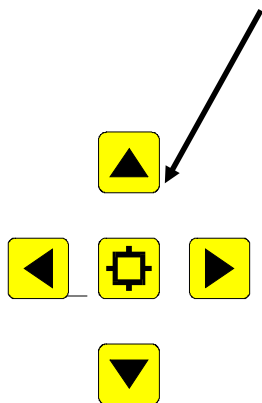
Ο επιλεγμένος αριθμός προσδιορίζει πόσοι αρμονικοί ή δευτερεύοντες δρομείς ζωνών που θα επιδειχθούν στα φάσματα. 20 είναι μέγιστα. Πιέστε το **ENTER** πλήκτρο και το όργανο αρχίζει τα φάσματα.

Οργάνωση φάσματος

Άθροισμα = γραμμικός
Αριθ. του μέρους
Φέρων όρος = ναι
Παράθυρο = Hanning
Αριθ. των πολλαπλασίων

Όταν το όργανο μετρήσει τα φάσματα μπορείτε να αρχίσετε να αναλύετε.

Πιέστε το **πλήκτρο ΔΡΟΜΕΩΝ** μία φορά και μπορείτε να δείτε το δρομέα στην επίδειξη.



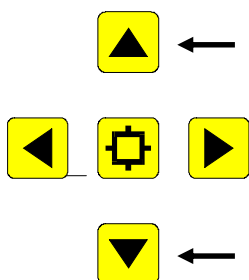
Τα **ΑΡΙΣΤΕΡΑ** και **ΔΕΞΙΑ** κλειδιά θα κινήσουν το δρομέα στα φάσματα.

Πιέστε το **πλήκτρο ΔΡΟΜΕΩΝ** ακόμα μια φορά και τα πολλαπλάσια θα ενεργοποιηθούν.

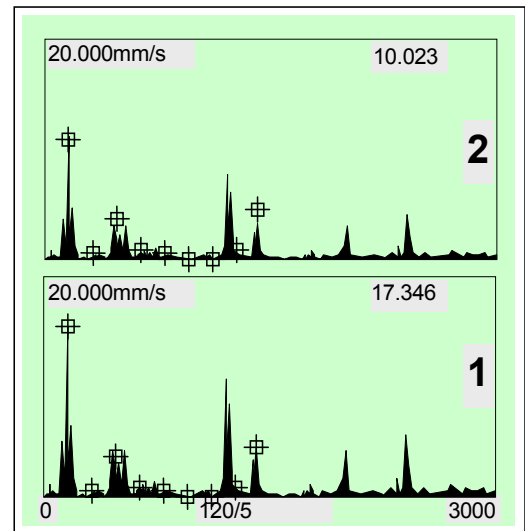
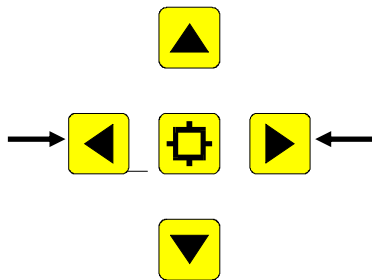
Πιέστε το **πλήκτρο ΔΡΟΜΕΩΝ** ακόμα μια φορά και οι δευτερεύουσες ζώνες θα ενεργοποιηθούν. Τα **πάνω-κάτω** κλειδιά θα κινήσουν τους δευτερεύοντες δρομείς ζωνών ενώ τα **ΑΡΙΣΤΕΡΑ** και **ΔΕΞΙΑ** κλειδιά θα κινήσουν όλους τους δρομείς στα φάσματα.

Πιέστε το **πλήκτρο ΔΡΟΜΕΩΝ** ακόμα μια φορά και ο δρομέας εξαφανίζεται.

Τα **πάνω-κάτω** κλειδιά θα μειώσουν ή θα αυξήσουν το επιδειχθέν επίπεδο. Την



αριστερή κάθετη κλίμακα την αλλάζουν ταυτόχρονα.



Τώρα μπορείτε να αλλάξετε το επιδειχθέν φάσμα συχνότητας στο παράθυρο με τα **ΑΡΙΣΤΕΡΑ** και **ΔΕΞΙΑ** κλειδιά. Εάν κρατάτε το **ΑΡΙΣΤΕΡΟ** ή **ΔΕΞΙΟ** κλειδί πιάσατε η μετακίνηση δρομέων γίνεται γρηγορότερη Εάν έχετε συνδέσει τους 2 μετατροπείς, VIB1 και VIB2, το όργανο παρουσιάζει τα φάσματα και από τους δύο μετατροπείς ταυτόχρονα σε ζωντανό. Το ψήφισμα είναι 3200 γραμμές ή 1 Hz. Με τα αριθμητικά κλειδιά 1-5 μπορείτε να μεγεθύνετε στο φάσμα συχνότητας. Εάν συνδέετε μόνο έναν μετατροπέα με το όργανο (VIB1) μπορείτε επίσης να χρησιμοποιήσετε το βασικό αριθμό 6.

Πιέστε το **ENTER** πλήκτρο όταν θέλετε να αποθηκεύσετε τα φάσματα.

Εδώ μπορείτε να επιλέξετε εάν θέλετε να σώσετε τα φάσματα.

Εισάγετε το νέο όνομα
ANEMISΤΗΡΑΣ 1

Εκτός από το φάσμα;
Ναι
Αριθ.

Εισάγετε ένα μοναδικό όνομα για τα φάσματα με το μέγιστο 20 χαρακτήρες και πιέζουν το **ENTER** πλήκτρο. Τα φάσματα θα σωθεί με το όνομα και επίσης με την ημερομηνία και το χρόνο.

Εάν πιέσετε το **ENTER** πλήκτρο χωρίς ένα όνομα για τα φάσματα θα σωθεί πάντα με την ημερομηνία και το χρόνο.

Εάν δεν σώζετε τα φάσματα θα σωθεί ως **πιο πρόσφατα φάσματα** και με την ημερομηνία και το χρόνο. Μόλις μετράτε τα νέα φάσματα τα πιο πρόσφατα φάσματα θα αντικατασταθούν.

Μπορείτε πάντα να δείτε τα σωζόμενα φάσματα με την κίνηση του δείκτη πάνω ή κάτω προς τα επιλεγμένα φάσματα και να πιέσετε έπειτα το **ENTER** πλήκτρο.

Από την δόκιμη που κάναμε πειράμε τις εξής μετρήσεις Vib 1 = 60.5 mm/s (RMS)


Και Vib 2 = 8.7 mm/s (RMS)

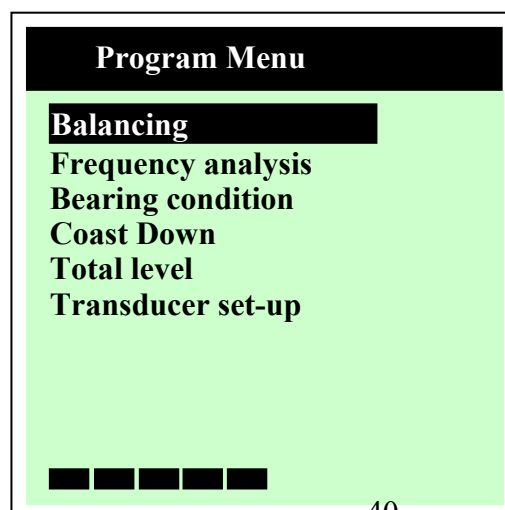
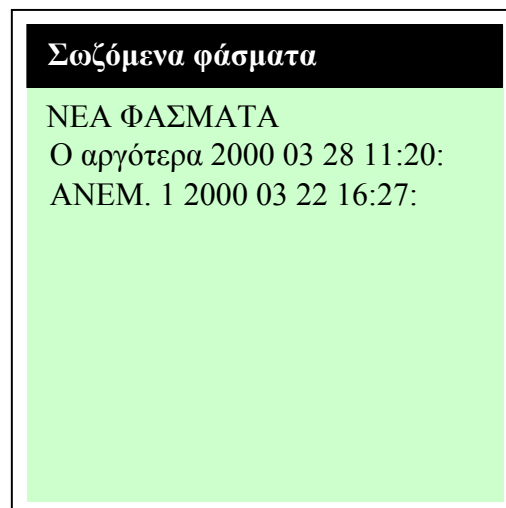
Τα φάσματα ταλαντώσεων μαζί με τις μετρήσεις παρουσιάζονται στο παράρτημα αυτής της εργασίας.

Balancing

Οι μετρήσεις και το πρωτόκολλο ζυγοστάθμισης του δοκιμαστηρίου παρουσιάζονται στο παράρτημα της εργασίας. Στη συνέχεια παρουσιάζεται η διαδικασία ζυγοστάθμισης που χρησιμοποιήθηκε.

Για την εκκίνηση θέστε σε λειτουργία το όργανο πατώντας το πλήκτρο ON/OFF.

 Αρχικά, το όργανο εμφανίζει την έκδοση του προγράμματος, μέσα σε 3 δευτερόλεπτα, και κατόπιν ξεκινά αυτόματα το μενού του προγράμματος (Program Menu).



Το μενού του προγράμματος μπορεί να ενεργοποιηθεί πατώντας το κουμπί

Program menu.

Στο παράδειγμα, επιλέγεται τη λειτουργία **Balancing** μετακινώντας το μαύρο δείκτη μαρκαρίσματος κειμένου πάνω από την επιθυμητή λειτουργία με τη χρήση των πλήκτρων **UP** και **DOWN**.



Πατήστε το πλήκτρο **ENTER** για να επιβεβαιώσετε την επιλογή σας.

BALANCING

Επιλέξτε **Balancing** από το μενού του προγράμματος και πατήστε **ENTER**.

Τοποθετήστε το μετατροπέα δονήσεων και το μετατροπέα RPM στα επιλεγμένα σημεία

μέτρησης και συνδέστε τα καλώδια στο όργανο. Δείτε τα έγχρωμα σημεία στα καλώδια

σημάτων δόνησης και στο όργανο. Για περισσότερες πληροφορίες για τον τρόπο και τη θέση τοποθέτησης των μετατροπέων δείτε το κεφάλαιο «Τοποθέτηση Μετατροπέων».

Μετακινήστε το μαύρο δείκτη μαρκαρίσματος κειμένου, με τα πλήκτρα **UP** και **DOWN**, στο στοιχείο **New balancing** και πατήστε **ENTER**.

New balancing: Επιλέξτε το εάν θέλετε να ξεκινήσετε από την αρχή μια νέα ζυγοστάθμιση.

Ongoing balancing: Επιλέξτε το εάν θέλετε να συνεχίσετε την τρέχουσα ζυγοστάθμιση.

View stored balancing: Επιλέξτε το εάν θέλετε να δείτε μια παλιά ζυγοστάθμιση,

Balancing

New balancing

Ongoing balancing

Collect response matrix

Balancing functions

- **Calculation of trial weight**
- **Weight distribution**
- **Balance quality**
- **Response matrix**
- **View response matrix**
- **Bias vibration**

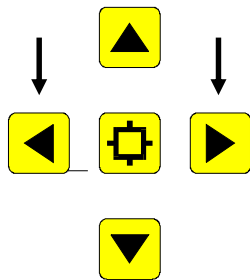
αποθηκευμένη στο όργανο.

Collect responsive matrix: Επιλέξτε το

αν θέλετε να κάνετε μια νέα

ζυγοστάθμιση ενός ήδη αποθηκευμένου αντικειμένου.

Σε αυτό το μενού μπορείτε να επιλέξετε διάφορες λειτουργίες βοήθειας. Μετακινήστε το μαύρο δείκτη πάνω από μια λειτουργία και



πατήστε τα πλήκτρα **LEFT** ή **RIGHT** για να ενεργοποιήσετε ή απενεργοποιήσετε αυτή τη λειτουργία.

Μια λειτουργία είναι ενεργή όταν μια μαύρη τελεία εμφανίζεται μπροστά από αυτή τη λειτουργία.

Calculation of trial weight: Όταν ενεργοποιηθεί αυτή η λειτουργία, το όργανο υπολογίζει

ένα κατάλληλο βάρος δοκιμής με βάση πληροφορίες σχετικά με το βάρος του κυλίνδρου

και την ταχύτητα του άξονα

Weight distribution: Όταν ενεργοποιηθεί αυτή η λειτουργία, το όργανο διανέμει τα βάρη

ζυγοστάθμισης σε θέσεις ίσης απόστασης.

Balance quality: Όταν ενεργοποιηθεί αυτή η λειτουργία, το όργανο συγκρίνει το πραγματικό εναπομένον βάρος που δε ζυγοσταθμίστηκε με το επιτρεπτό σύμφωνα με το πρότυπο ISO 1940.

Response matrix: Όταν ενεργοποιηθεί αυτή η λειτουργία, το όργανο χρησιμοποιεί τον

πίνακα αντίδρασης από μια προηγούμενα αποθηκευμένη ζυγοστάθμιση και υπολογίζει απευθείας το βάρος ζυγοστάθμισης, χωρίς δοκιμαστική μέτρηση και βάρη. Αυτή η λειτουργία δε μπορεί να επιλεγεί ταυτόχρονα με τη λειτουργία **Calculation of trial weight**.

View response matrix: Όταν ενεργοποιηθεί αυτή η λειτουργία, το όργανο εμφανίζει τις τιμές του πίνακα αντίδρασης.

Bias vibration: Όταν ενεργοποιηθεί αυτή η λειτουργία, είναι δυνατή η χειροκίνητη εισαγωγή δόνησης και γωνίας, τα οποία θα παραμείνουν στο αντικείμενο σε κατάσταση ζυγοστάθμισης όταν αυτή ολοκληρωθεί. Αυτή η λειτουργία είναι πολύ χρήσιμη όταν χρησιμοποιούνται αισθητήρες προσέγγισης ή όταν ο κύλινδρος έχει δύο ομόκεντρους άξονες.

2 measurements/plane: Όταν ενεργοποιηθεί αυτή η λειτουργία, το όργανο χρησιμοποιεί

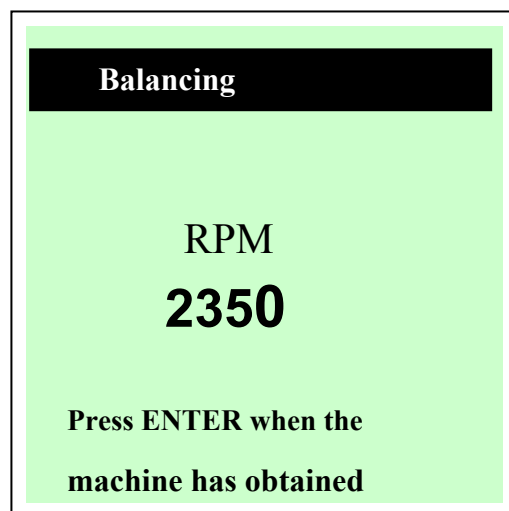
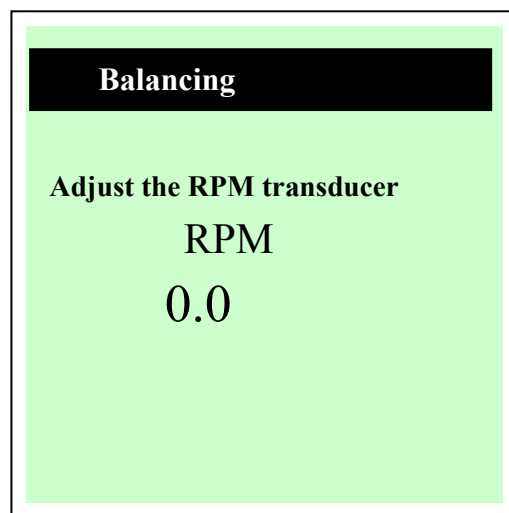
τις πληροφορίες από δύο σημεία μέτρησης ανά επιφάνεια ζυγοστάθμισης. Η λειτουργία αυτή δεν είναι προς το παρόν διαθέσιμη. Μόλις πατηθεί το πλήκτρο **Enter** ενεργοποιείται ο μετατροπέας gpm και το όργανο μετρά το gpm.

Έχετε περίπου 3 λεπτά για να προσαρμόσετε το μετατροπέα gpm προτού το όργανο διακόψει την τροφοδοσία στο μετατροπέα και επανέλθει στις προηγούμενες λειτουργίες ζυγοστάθμισης (Balancing Functions) του μενού.

Οπτικός μετατροπέας gpm:

Προσπαθήστε να ρυθμίσετε το μετατροπέα gpm σε γωνία με την ανακλαστική ταινία.

Αυτό ελαχιστοποιεί την επιρροή της επιφάνειας του άξονα. Μια εξυπηρετική



απόσταση ανάμεσα στο μετατροπέα και την ταινία είναι περίπου 0,1-1 μέτρο. Μην τοποθετείτε το μετατροπέα πολύ κοντά στον άξονα!

Μετατροπέας προσέγγισης και μαγνητικός μετατροπέας:

Μια εξυπηρετική απόσταση ανάμεσα στο μετατροπέα και το δείκτη αναφοράς του άξονα είναι περίπου 3-5 μέτρα.

Ανιχνευτές προσέγγισης Namur:

Μια εξυπηρετική απόσταση ανάμεσα στο μετατροπέα και το δείκτη αναφοράς του άξονα είναι περίπου 1-2 μέτρα.

Συνδέστε το μετατροπέα grm στην είσοδο που έχει σημειωθεί ως REF.

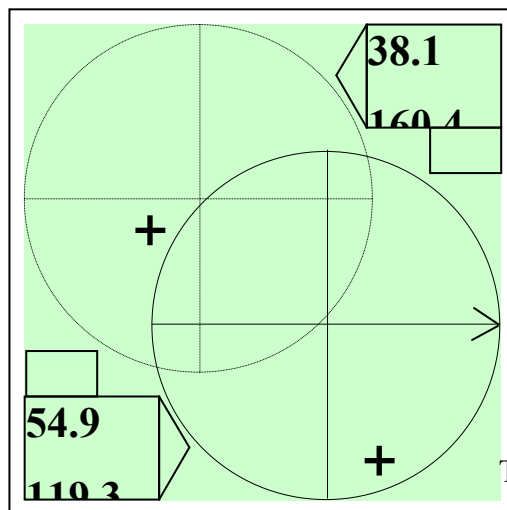
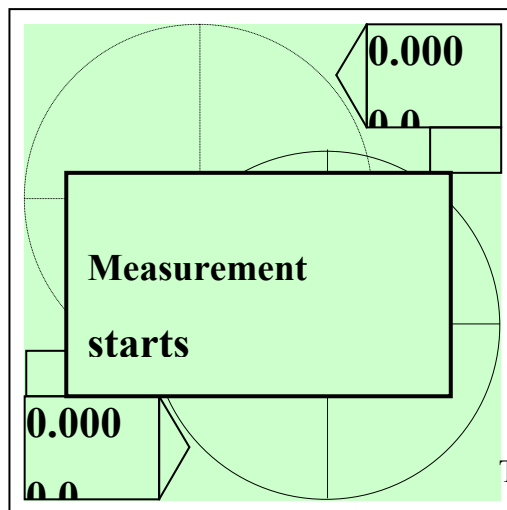
Όταν η ταχύτητα του μηχανήματος είναι πάνω από 30 grm η οθόνη αλλάζει και το όργανο δείχνει την πραγματική ταχύτητα του άξονα.

Προσαρμόστε την ταχύτητα του μηχανήματος στο grm που θέλετε να ζυγοσταθμίσετε τη συσκευή και πατήστε **ENTER**.

Η ταχύτητα αυτή αποθηκεύεται στο όργανο και θα επιλέγεται αυτόματα κατά τις επόμενες δοκιμαστικές εκτελέσεις.

Εάν είναι συνδεδεμένοι στο όργανο δύο μετατροπείς, (Vib 1 και Vib 2), επιλέγεται αυτόματα ζυγοστάθμιση δύο επιπέδων και οι δύο μετατροπείς υπολογίζονται ταυτόχρονα.

Εάν είναι συνδεδεμένος μόνο ένας μετατροπέας στο όργανο (Vib 1) επιλέγεται αυτόματα ζυγοστάθμιση ενός επιπέδου.



Η μέτρηση έχει αρχίσει και ο αριθμός δοκιμαστικής εκτέλεσης (T1) εμφανίζεται στην κάτω δεξιά γωνία της οθόνης ενώ το όργανο εμφανίζει ένα πολικό διάγραμμα.

Τα πρώτα 2-3 δευτερόλεπτα το όργανο δίνει ισχύ στους μετατροπείς και τους εσωτερικούς ενισχυτές (πολλαπλασιαστές), μετρά το σήμα προτού το υπολογίσει και εμφανίζει τις πρώτες τιμές.

Οι μετρημένες τιμές, δόνηση και γωνία, εμφανίζονται και οι δύο με τη μορφή σταυρού στο πολικό διάγραμμα και σαν αριθμοί στις διαγώνιες γωνίες.

Το Vibration 1 (**Vib 1 = Mp1**) εμφανίζεται στον κάτω κύκλο και στην κάτω αριστερή γωνία.

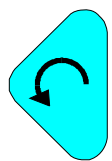
Το Vibration 2 (**Vib 2= Mp2**) εμφανίζεται στον επάνω κύκλο και στην επάνω δεξιά γωνία.

Μόλις το όργανο μετρήσει ένα σταθερό μέσο όρο το όργανο αποθηκεύει τη μέτρηση και εμφανίζεται το κείμενο **.Saved..**

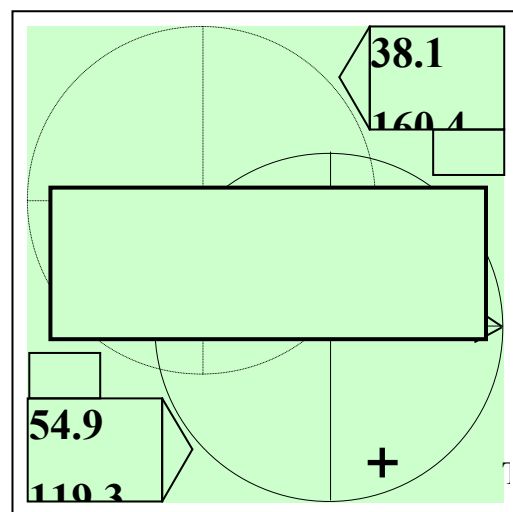
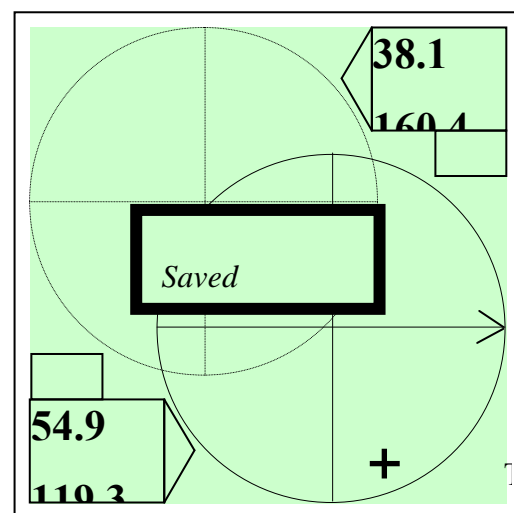
Τώρα μπορείτε να σταματήσετε το μηχάνημα. Το πρόγραμμα πηγαίνει αυτόματα στο επόμενο μενού.

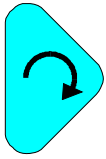
Εάν οι τιμές μέσου όρου είναι πολύ ασταθείς το όργανο δεν θα τις αποθηκεύσει αυτόματα. Πατώντας το πλήκτρο **Enter** μπορείτε να κάνετε το όργανο να αποθηκεύσει τις μετρήσεις και

να περάσει στο επόμενο μενού.



Εάν θέλετε να επανέλθετε στο πρόγραμμα για να δείτε τις τιμές σε κάποιο προηγούμενο μενού πατήστε απλά το πλήκτρο Back Program.





Όταν θέλετε να δείτε το επόμενο βήμα στο πρόγραμμα πατήστε απλά το πλήκτρο Forward program.

Την πρώτη φορά που προσπαθούμε να ζυγοσταθμίσουμε ένα μηχάνημα δεν ξέρουμε την ευαισθησία στην κατάσταση έλλειψης ισορροπίας αυτού του συγκεκριμένου μηχανήματος, με άλλα λόγια, δε γνωρίζουμε τη σχέση μεταξύ της δόνησης και του βάρους.

Για το λόγο αυτό πρέπει να τοποθετούμε ένα δοκιμαστικό βάρος κάθε φορά για κάθε επίπεδο ζυγοστάθμισης.

1. Αρχικά καταχωρίστε την ακτίνα από το κέντρο του κυλίνδρου στο κέντρο βαρύτητας του δοκιμαστικού βάρους και έπειτα πατήστε **Enter**.

2. Στη συνέχεια καταχωρίστε το μέγεθος του δοκιμαστικού βάρους σε γραμμάρια και πατήστε **Enter**.

3. Τέλος καταχωρίστε τη γωνιακή θέση του δοκιμαστικού βάρους με κατεύθυνση αναφοράς τις 0 μοίρες.

Σημείωση

Η γωνία πρέπει να μετρείται σχετικά με την κατεύθυνση περιστροφής από τις 0 μοίρες.

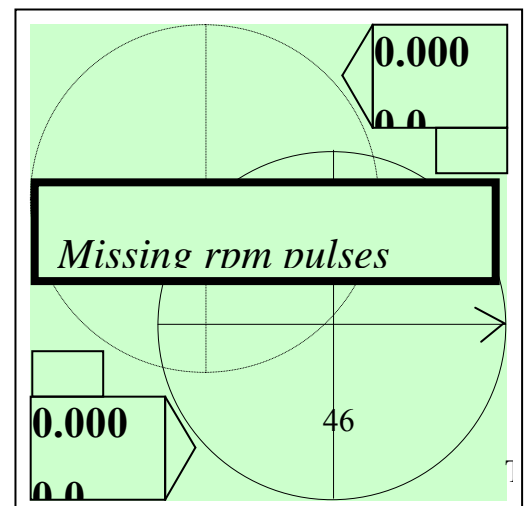
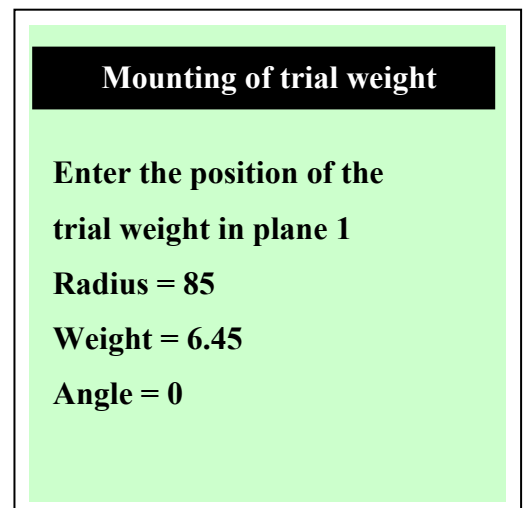
Πατήστε **Enter** και ξεκινήστε και πάλι το μηχάνημα.

Εάν αφαιρέσετε κάποιο βάρος, όπως ένα δοκιμαστικό βάρος, ή εάν ανοίξετε μια τρύπα ή

αφαιρέσετε υλικό, προσθέστε το σημείο μείον (-) μπροστά από το μέγεθος του βάρους. Μην

το κάνετε αυτό εάν σκοπεύετε να αφαιρέσετε υλικό όπως βάρη ζυγοστάθμισης.

Η μέτρηση ξεκινά αυτόματα και ο αριθμός δοκιμαστικής εκτέλεσης (T2) εμφανίζεται στην κάτω δεξιά γωνία της οθόνης.



Είναι πιθανό να εμφανιστούν κάποια μηνύματα σφαλμάτων

Προβλήματα με το μετατροπέα αναφοράς:

1. Ελέγξτε την απόσταση και την κατεύθυνση του μετατροπέα rpm σε σχέση με την ένδειξη αναφοράς του άξονα.
2. Ελέγξτε τα καλώδια και τις συνδέσεις rpm-μετατροπέα.
3. Βεβαιωθείτε ότι η ένδειξη αναφοράς του άξονα είναι ακόμα άθικτη και σταθεροποιημένη στον άξονα.

Λανθασμένη ταχύτητα άξονα:

Κατά τη δοκιμαστική εκτέλεση T1 η ταχύτητα ζυγοστάθμισης που επιλέχθηκε ήταν 2965,9 rpm.

Κατά τις επόμενες δοκιμαστικές εκτελέσεις η ταχύτητα του

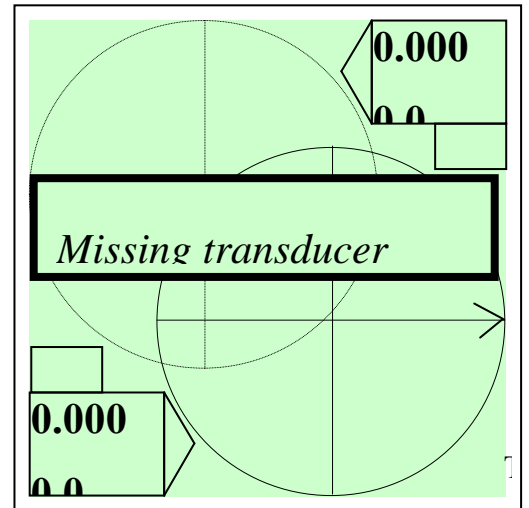
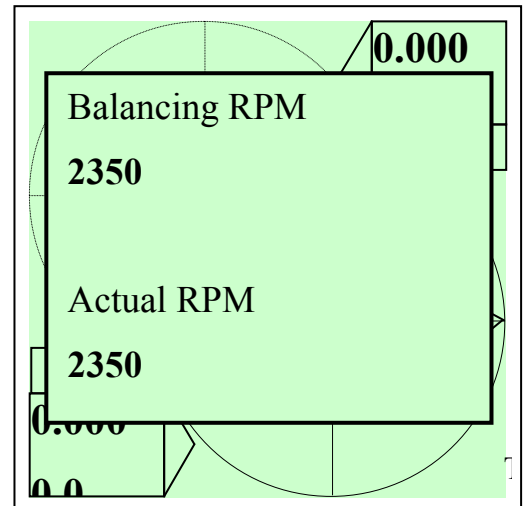
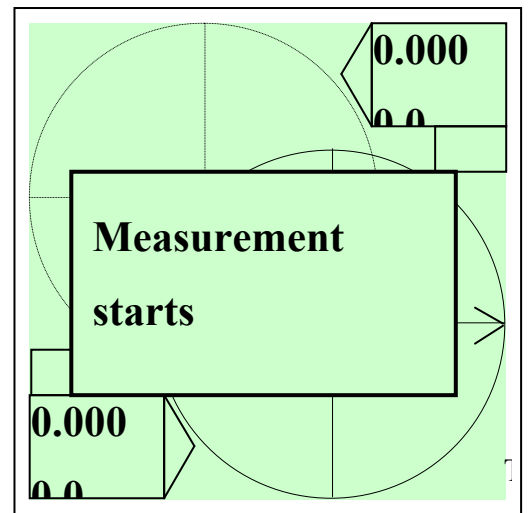
άξονα πρέπει να κυμαίνεται από $\pm 1\% + 3\text{rpm}$ επί της επιλεγμένης rpm διαφορετικά το όργανο δε θα εκτελέσει μέτρηση.

Στο παράδειγμα της εικόνας το όργανο έχει μετρήσει μόνο

2467rpm και σας αναγκάζει να αυξήσετε την ταχύτητα.

Οι ταχύτητες του άξονα στις διάφορες δοκιμαστικές εκτελέσεις πρέπει να κυμαίνονται σε ένα μικρό φάσμα ταχυτήτων γιατί η δύναμη που παράγεται από την έλλειψη ισορροπίας εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την ταχύτητα του άξονα. Οι μηχανικές δονήσεις θα μπορούσαν να επηρεάζουν τα μετρημένα επίπεδα δονήσεων σε διαφορετικές ταχύτητες άξονα.

Εάν εμφανιστεί το μήνυμα Missing Transducer ελέγξτε τα καλώδια και τις συνδέσεις του μετατροπέα δονήσεων.



Όταν το μηχάνημα αποκτήσει την ίδια ταχύτητα με τη δοκιμαστική εκτέλεση T1 το όργανο μετρά το επίπεδο δονήσεων και τη γωνία.

Στην οθόνη θα δείτε το αποτέλεσμα του δοκιμαστικού βάρους που είχε τοποθετηθεί στο επίπεδο 1.

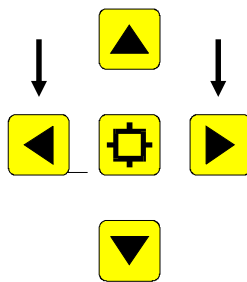
Ο λεπτός σταυρός δείχνει το μέγεθος και τη θέση της αρχικής δόνησης και ο έντονος σταυρός δείχνει το μέγεθος και τη θέση της νέας δόνησης.

Η γραμμή ανάμεσα στους σταυρούς δείχνει τη διανυσματική αλλαγή στη δόνηση που έχει προκληθεί από το δοκιμαστικό βάρος στο επίπεδο 1.

Μόλις το όργανο μετρήσει ένα σταθερό μέσο όρο αποθηκεύει τις μετρήσεις και μπορείτε να σταματήσετε το μηχάνημα.

Στη συνέχεια θα σας τεθεί το ερώτημα εάν το δοκιμαστικό βάρος θα παραμείνει στον κύλινδρο ή θα αφαιρεθεί.

Η προεπιλογή είναι **NO** και μπορεί να αλλάξει σε **YES** πατώντας τα πλήκτρα **LEFT** ή **RIGHT**.



Αφού κάνετε την επιλογή σας πατήστε **ENTER**.

Κάποιες φορές κατά τύχη το δοκιμαστικό βάρος μπορεί

να μειώσει ουσιαστικά τη δόνηση

και σε αυτές τις

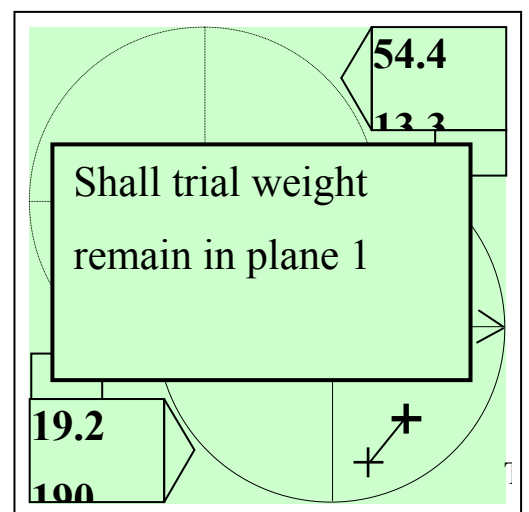
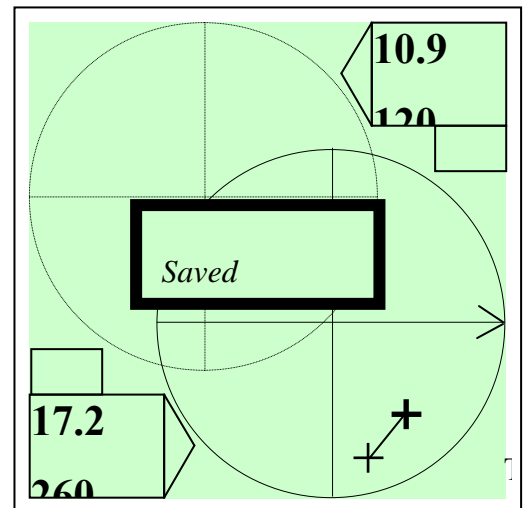
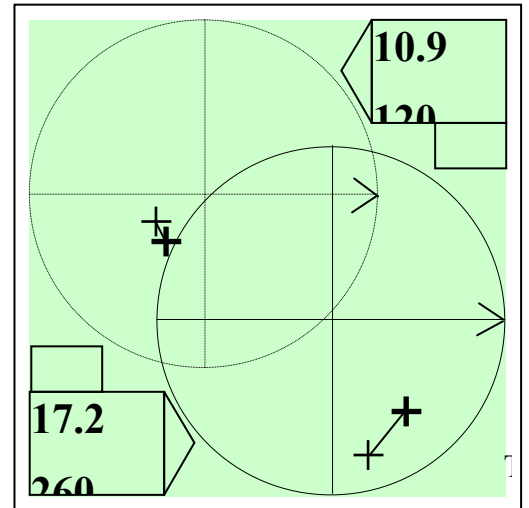
περιπτώσεις συνιστάται να

κρατάτε το δοκιμαστικό

βάρος στον κύλινδρο, συνεπώς απαντήστε **YES**.

Εάν έχετε ανοίξει τρύπα ή έχετε αφαιρέσει υλικό όπως ένα δοκιμαστικό βάρος μπορεί να είναι αδύνατο να το αντικαταστήσετε, συνεπώς απαντήστε **YES**.

Εάν απαντήσετε **YES** το όργανο θα υπολογίσει ένα βάρος που θα ζυγοσταθμίσει το βάρος που δεν ζυγοσταθμίστηκε και το δοκιμαστικό βάρος.



Στη συνέχεια πρέπει να τοποθετήσετε ένα δοκιμαστικό βάρος στο άλλο επίπεδο ζυγοστάθμισης.

1. Καταχωρίστε την ακτίνα από το κέντρο του κυλίνδρου στο κέντρο βαρύτητας του δοκιμαστικού βάρους και πατήστε **ENTER**.
2. Καταχωρίστε το μέγεθος του δοκιμαστικού βάρους σε γραμμάρια και πατήστε **ENTER**.
3. Καταχωρίστε τη γωνιακή θέση του δοκιμαστικού βάρους στην κατεύθυνση αναφοράς των μηδέν μοιρών.

Σημείωση: η γωνία πρέπει να μετρηθεί σχετικά με την κατεύθυνση περιστροφής από τις 0 μοίρες.

Εάν αφαιρέσετε κάποιο βάρος, όπως ένα δοκιμαστικό βάρος, ή εάν ανοίξετε μια τρύπα ή αφαιρέσετε υλικό προσθέστε το σημείο μείον (-) μπροστά από το μέγεθος του βάρους. Μην το κάνετε αυτό εάν σκοπεύετε να αφαιρέσετε υλικό όπως βάρη ζυγοστάθμισης.

Μπορείτε να καταχωρίσετε διαφορετικές τιμές Radius, Weight και Angle στα δύο επίπεδα. Οι τιμές στο επίπεδο 1 είναι ανεξάρτητες από τις τιμές στο επίπεδο 2.

Πατήστε **ENTER** και ξεκινήστε και πάλι το μηχάνημα. Όταν το μηχάνημα αποκτήσει την ίδια ταχύτητα άξονα με αυτή της δοκιμαστικής εκτέλεσης T1 το όργανο μετρά το επίπεδο δόνησης και τη γωνία.

Εάν η ταχύτητα του μηχανήματος αλλάξει και διαμορφωθεί σε μια τιμή έξω από τα όρια ταχύτητας ενώ το όργανο ακόμα μετρά οι μετρήσεις σταματούν προσωρινά μέχρι η ταχύτητα του μηχανήματος να επανέλθει μέσα στα επιτρεπτά όρια.

Mounting of trial weight

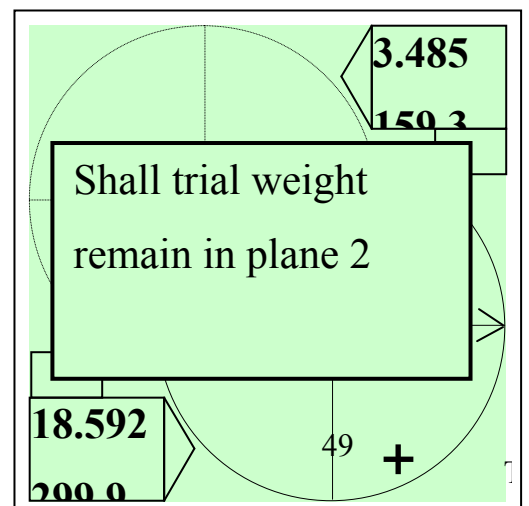
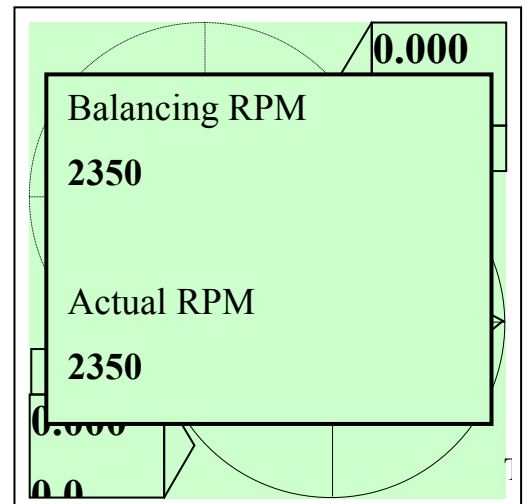
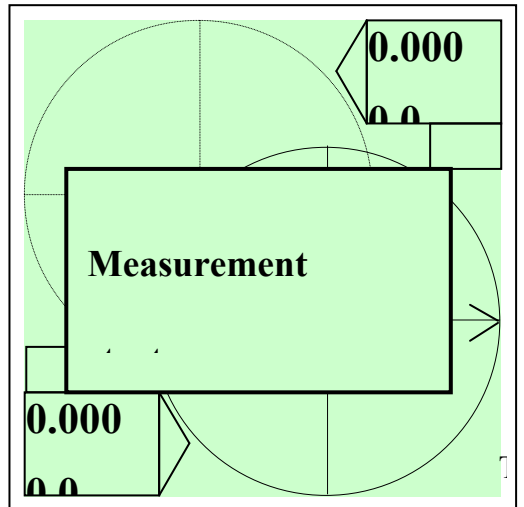
Enter the mounted

Tr w. in plane 1 in plane 2

Radius = 85

Weight = 1.07 2.5

Angle = 148 304



Στην οθόνη θα δείτε το αποτέλεσμα του δοκιμαστικού βάρους που είχε τοποθετηθεί στο επίπεδο 2.

Ο λεπτός σταυρός δείχνει το μέγεθος και τη θέση της δόνησης χωρίς το δοκιμαστικό βάρος στο επίπεδο 2 και ο έντονος σταυρός δείχνει το μέγεθος και τη θέση της νέας δόνησης.

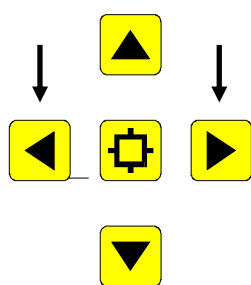
Η γραμμή ανάμεσα στους σταυρούς δείχνει τη διανυσματική αλλαγή στη δόνηση που προκλήθηκε από το δοκιμαστικό βάρος στο επίπεδο 2.

Μόλις το όργανο μετρήσει ένα σταθερό μέσο όρο αποθηκεύει τη μέτρηση και μπορείτε να σταματήσετε το μηχάνημα.

Στη συνέχεια θα σας τεθεί το ερώτημα εάν το δοκιμαστικό

βάρος θα παραμείνει στον κύλινδρο ή θα αφαιρεθεί.

Η προεπιλογή είναι **NO** και μπορεί να αλλάξει σε **YES** πατώντας τα πλήκτρα LEFT ή RIGHT.



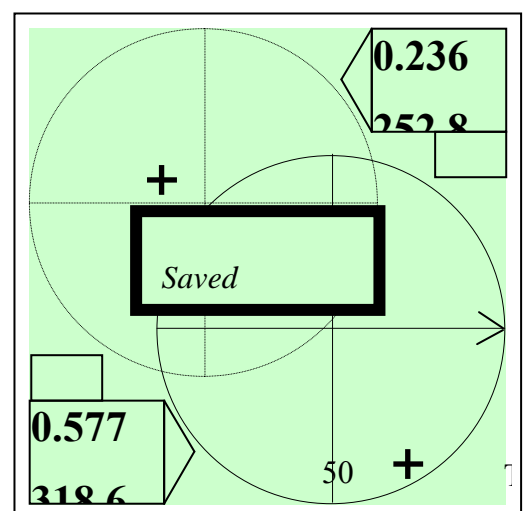
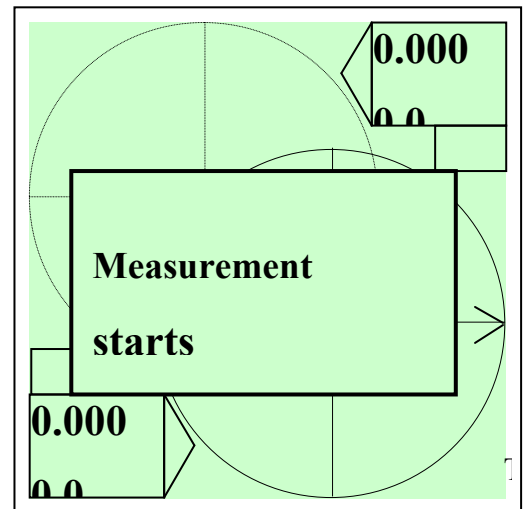
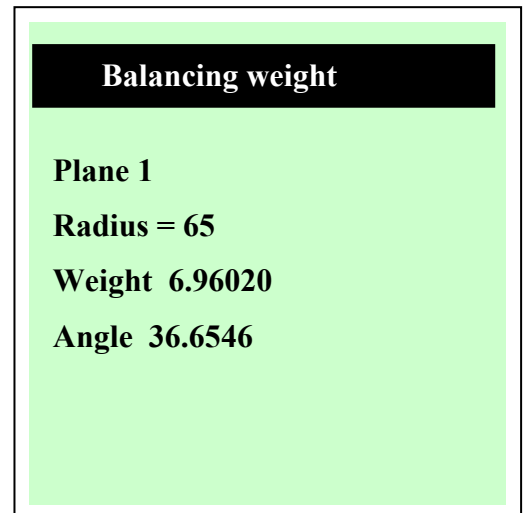
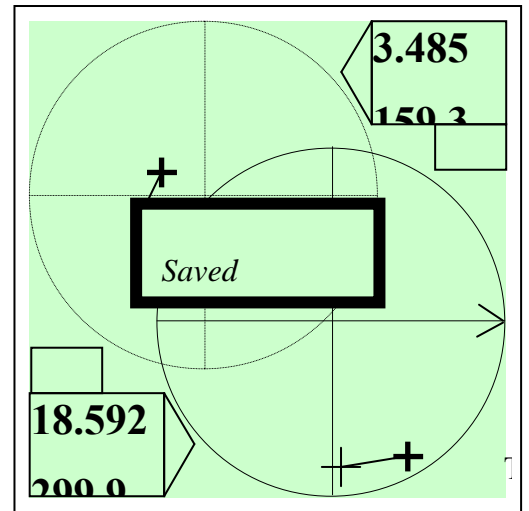
Μετά την επιλογή σας πατήστε **ENTER**.

Το όργανο εμφανίζει τα υπολογισμένα ζυγοσταθμισμένα βάρη

για κάθε επίπεδο ζυγοστάθμισης.

Η ακτίνα για τα δοκιμαστικά βάρη είναι από προεπιλογή ίδια

με τα δοκιμαστικά βάρη.



Εάν θέλετε να τοποθετήσετε το βάρος ζυγοστάθμισης σε κάποια άλλη ακτίνα απλά καταχωρίστε τη νέα ακτίνα και το όργανο θα υπολογίσει το νέο βάρος για αυτή την ακτίνα.

Τοποθετήστε τα βάρη ζυγοστάθμισης, ξεκινήστε ξανά το μηχάνημα και πατήστε το πλήκτρο **ENTER**.

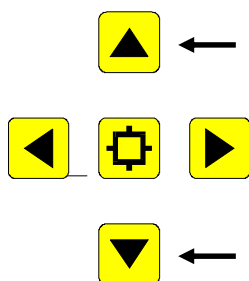
Το όργανο ξεκινά τη μέτρηση αυτόματα και εμφανίζει τις τιμές όπως στις προηγούμενες διαδικασίες μέτρησης.

Το όργανο υπολογίζει το Total improvement. Αυτό είναι μια σύγκριση ανάμεσα στα επίπεδα δόνησης από την πρώτη δοκιμαστική εκτέλεση T1 και τις δονήσεις στην τελευταία δοκιμαστική εκτέλεση.

Εάν η συνολική βελτίωση είναι μικρότερη από 50% το όργανο σας προτείνει να κάνετε μια ειδική δοκιμή που περιγράφεται λεπτομερώς στο τέλος αυτού του κεφαλαίου.

Εάν είστε ικανοποιημένοι με τα αποτελέσματα ζυγοστάθμισης έχετε τώρα τη δυνατότητα να αποθηκεύσετε τη διαδικασία στο σύνολό της στη μνήμη του οργάνου.

Μετακινήστε το μαύρο δείκτη μαρκαρίσματος



κειμένου

στην επιθυμητή λειτουργία με τα πλήκτρα UP και DOWN.

Balancing result

Total improvement 68.7%

Save or continue

Continue balancing

Save in memory

Exit balancing

Fine balancing weight

Plane 1

Radius = 85

Weight 1.52

Angle 70.3

Radius = 65

Weight 0.085091

Πατήστε **ENTER** για να επιβεβαιώσετε την επιλογή.
Εάν ξεχάσετε να αποθηκεύσετε αυτή τη ζυγοστάθμιση στη μνήμη αποθηκεύεται σαν Ongoing balancing.

Εάν προχωρήσετε ακόμα περισσότερο τη ζυγοστάθμιση, το όργανο θα υπολογίσει μικρά βάρη ζυγοστάθμισης που θα εξισορροπούν το εναπομένον βάρος.

Αντί να προσθέσετε περισσότερο βάρος μπορείτε να αντικαταστήσετε τα βάρη ζυγοστάθμισης και τα μικροβάρη ζυγοστάθμισης με το συνολικό βάρος ζυγοστάθμισης.

Το συνολικό βάρος ζυγοστάθμισης είναι το διανυσματικό άθροισμα όλων των βαρών στο ίδιο επίπεδο ζυγοστάθμισης συμπεριλαμβανομένου του βάρους πλήρους ζυγοστάθμισης.

Τοποθετήστε τα βάρη ζυγοστάθμισης, εκκινήστε ξανά το μηχάνημα και πατήστε **ENTER**.

Το όργανο αρχίζει αυτόματα τη μέτρηση και παρουσιάζει τις τιμές όπως και στις προηγούμενες διαδικασίες μέτρησης.

Το όργανο δείχνει τη συνολική βελτίωση και τη μερική βελτίωση.

Το **Partial Improvement** (μερική βελτίωση) είναι η βελτίωση σε ποσοστό % ανάμεσα στην προηγούμενη και την τελευταία μέτρηση με τα τοποθετημένα βάρη πλήρους ζυγοστάθμισης.

Εάν η μερική βελτίωση είναι μικρότερη από 50% το όργανο σας

Total balancing weight

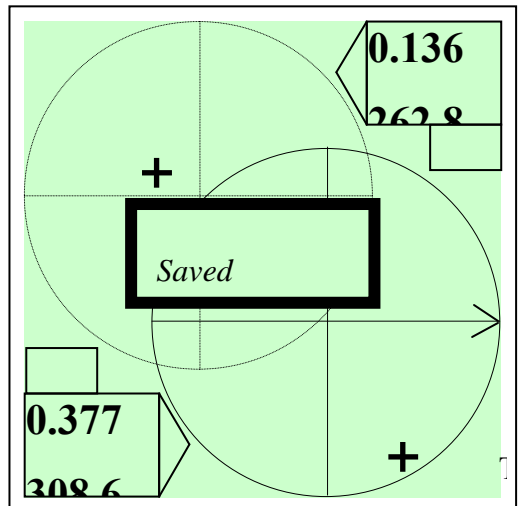
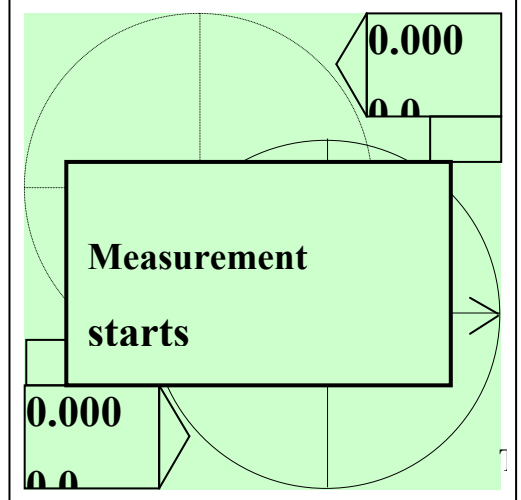
Plane 2

Radius = 85

Weight 1.20

Angle 106

Plane 2



Balancing result

Total improvement 97.3%

Partial improvement 55.3%

προτείνει να κάνετε έναν ειδικό έλεγχο που περιγράφεται με λεπτομέρεια στο τέλος του κεφαλαίου.

Η διαδικασία πλήρους ζυγοστάθμισης μπορεί να επαναληφθεί μέχρι 12 φορές.

Όταν θα είστε ικανοποιημένοι από την ζυγοστάθμιση θα μπορείτε να αποθηκεύσετε τη διαδικασία ζυγοστάθμισης στο

σύνολό της στη μνήμη του οργάνου επιλέγοντας **Save in memory** με τα πλήκτρα UP και DOWN.

Εάν επιλέξετε **Finish balancing** το όργανο επιστρέφει στο μενού έναρξης **Balancing** ή εάν ξεχάσετε να αποθηκεύσετε

αυτή την ζυγοστάθμιση στη μνήμη θα είναι πάντα αποθηκευμένη σαν **Ongoing Balancing**.

Εάν θέλετε να αποθηκεύσετε αυτή την ζυγοστάθμιση επιλέξτε

Yes και πατήστε το πλήκτρο **Enter**.

Καταχωρίστε το όνομα ή τον αριθμό του μηχανήματος που μόλις ζυγοσταθμίσατε χρησιμοποιώντας το αριθμητικό πληκτρολόγιο.

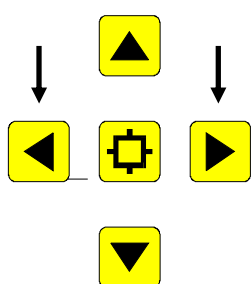
Για να ενεργοποιηθούν τα γράμματα που βρίσκονται στα πλήκτρα των αριθμών στο αριθμητικό πληκτρολόγιο πρέπει να

πατήσετε το ίδιο πλήκτρο πολλές φορές.

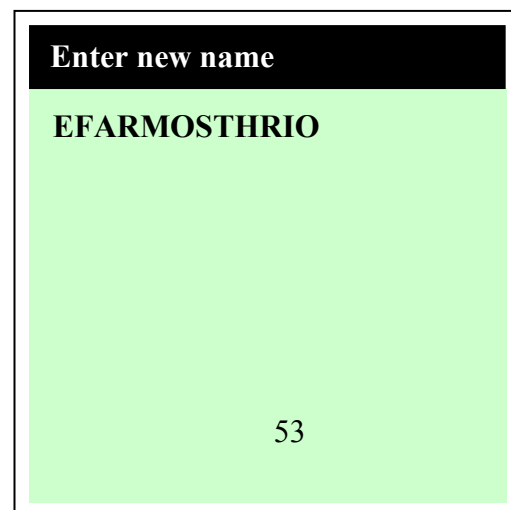
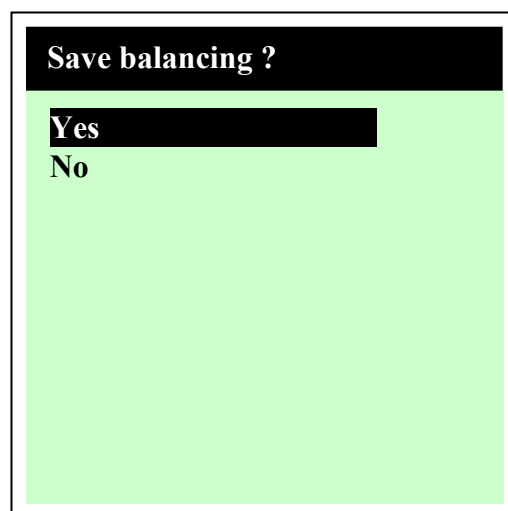
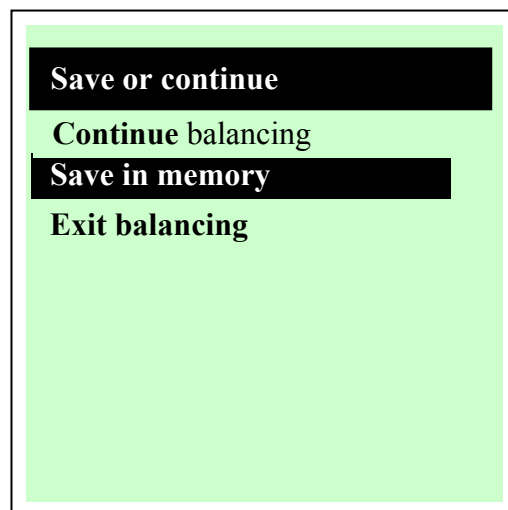
Για παράδειγμα εάν θέλετε να γράψετε το γράμμα C πρέπει να

πατήσετε το πλήκτρο με τον αριθμό 2 τέσσερις φορές. Στην οθόνη θα δείτε 2, A, B,

C.



Μπορείτε να μετακινήσετε το δείκτη μαρκαρίσματος κειμένου εμπρός ή πίσω με τα πλήκτρα Left ή



Right.

Όταν πατάτε το μεσαίο δείκτη
μαρκαρίσματος κειμένου (Marker) θα
σβήνεται το γράμμα στη δεξιά πλευρά του δείκτη μαρκαρίσματος.

Τα γράμματα που υπάρχουν σε κάποιο συγκεκριμένο πλήκτρο
αριθμού είναι σημειωμένα με άσπρο πάνω από το πλήκτρο.

**Εάν πατήσετε απλά το πλήκτρο Enter και δεν
καταχωρίσετε ένα όνομα η ζυγοστάθμιση αυτή θα
αποθηκευτεί μόνο με την ημερομηνία και την ώρα.**

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^ο
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Μέσα από την διαδικασία της κατασκευής του δοκιμαστηρίου ζυγοστάθμισης έως και την ολοκλήρωση της εργασίας, έγινε ιδιαίτερα σαφές ότι χωρίς την διαδικασία της ζυγοστάθμισης ένας πολύ μεγάλος αριθμός εργασιών, κατεργασιών θα ήταν αδύνατο να διεξαχθεί με επιτυχία. Αυτό γίνεται ιδιαίτερα αντιληπτό από το γεγονός ότι κανένα μηχανουργικό εργαλείο δεν θα ήταν σε θέση να εκτελέσει εργασίες ακριβείας αν και εφόσον ήταν αζυγοστάθμητο, οι τροχοί από τα αυτοκίνητα δεν θα ήταν σε θέση να λειτουργήσουν χωρίς να προκληθούν ζημιές από τους κραδασμούς και την αζυγοσταθμία τους. Αλλά και ο υπολογιστής αυτός δεν θα ήταν δυνατό να λειτουργήσει και να αποθηκεύσει το παρόν έγγραφο στον σκληρό δίσκο. Αν και θα μπορούσαμε να αναφερθούμε σε αμέτρητα παραδείγματα, γίνεται ιδιαίτερα σαφές η χρησιμότητα αλλά και η αναγκαιότητα της ζυγοστάθμισης σαν εργαλείο, όχι μόνο στην βιομηχανία αλλά και στην καθημερινή μας ζωή.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^ο
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. FEDERN. K : Auswuchttechnik. Band I Allgemeine Grundlagen, meilverfahren (1977)
2. SCHNEIDER. H : Auswuchttechnik. VDI-taschenbuecher(1972)
3. STODOLA. A :dampf- und gastrurbinen. Springer-verlag
4. Βιβλίο 9 machine vibration balancing
5. www.vbiab.com
6. www.hofmann.com
7. www.sheck.co.uk.
8. http://books.google.gr/books?id=FEQ0H3o-lfoC&pg=PA139&lpg=PA139&dq=mechanical+vibration&source=bl&ots=wkVJsrnRvk&sig=8tLeSMttq7Yr6zgjbaN9xZTyjkU&hl=el&ei=j4gZSv_JHlslsAbBxJ2RAg&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=3#PPA81,M1
9. http://en.wikipedia.org/wiki/Category:Mechanical_vibrations
10. <http://www.edisonesi.com/msv/msvmbmh.html>
11. <http://www.mdaturbines.com/outageservices/balancevibration.shtml>
12. <http://www.dreycomechanical.com/dynamicbalancing.asp>

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8^ο
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ