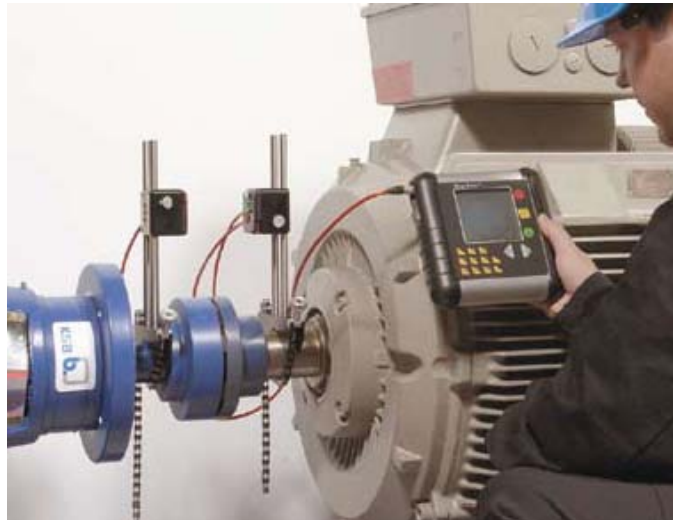


**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΣΕΡΡΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ**



**ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΗΣ ΟΜΟΑΞΟΝΙΚΟΤΗΤΑΣ ΖΕΥΓΟΥΣ
ΚΙΝΗΤΗΡΑ-ΜΕΙΩΤΗΡΑ ΓΙΑ ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΤΥΠΩΝ
ΣΥΝΔΕΣΜΩΝ ΜΕ ΤΗ ΒΟΗΘΕΙΑ ΣΥΣΚΕΥΗΣ LASER>**

ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ ΣΠΟΥΔΑΣΤΩΝ

ΤΣΟΛΑΚΗΣ ΙΩΑΝΝΗΣ-ΑΠΟΣΤΟΛΟΥ ΗΡΑΚΛΗΣ

ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ : ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ΔΑΒΙΔ

ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ

1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ένα από τα συνηθέστερα προβλήματα των μηχανών είναι η κακή ή λανθασμένη ευθυγράμμιση. Η μη ευθυγράμμιση είναι μια από τις πιο κοινές αιτίες σοβαρών ταλαντώσεων των μηχανών, των αξόνων κίνησης και των άλλων στοιχείων μιας μηχανής. Η εσφαλμένη ευθυγράμμιση και οι συνέπειες αυτής είναι υπεύθυνη για πάνω από το 50% του συνόλου των δυσλειτουργιών στα περιστρεφόμενα μηχανήματα. Ευθυγράμμιση χρειάζονται οι άξονες, οι τροχαλίες καθώς και μια ευρεία γκάμα των τμημάτων μετάδοσης δύναμης στις περιστροφικές μηχανές. Η ευθυγράμμιση είναι απαραίτητη τόσο στους απλούς ανεμιστήρες όσο και στους κινητήρες υψηλής ταχύτητας. Ο σκοπός κατά την ευθυγράμμιση είναι να ελαχιστοποιήσει την φθορά (τριβή), που προκαλείτε από δυναμικές ισχύς (δυνάμεις/ πιέσεις) μεταξύ των μερών μιας μηχανής.

Με την σωστή ευθυγράμμιση εξαλείφονται προβλήματα όπως, υψηλές ταλαντώσεις, απώλειες ενέργειας, καταστροφή ρουλεμάν, αστοχία αξόνων, αστοχία στεγανοποίησης, προβλήματα, ποιότητας και επιτυγχάνεται μεγαλύτερη συνολική εξοικονόμηση πόρων με λιγότερα ανταλλακτικά, χαμηλότερη κατανάλωση ενέργειας.

Σίγουρα όποιος ασχολείται με την συντήρηση των μηχανών κάποια στιγμή θα τον απασχολήσει η ευθυγράμμιση μιας μηχανής. Οι δυναμικές ισχύς (δυνάμεις/ πιέσεις) μπορούν να μετρηθούν έμμεσα με ένα όργανο μέτρησης ταλαντώσεων. Υπάρχουν στο εμπόριο διαθέσιμα πολλά καλά όργανα για τη μέτρηση της μη ευθυγράμμισης των αξόνων και για τον υπολογισμό των μετατοπίσεων.

Η σωστή ευθυγράμμιση στην βαριά βιομηχανία, στις υψηλής ταχύτητας, ή στις υψηλής θερμοκρασίας μηχανές, απαιτεί ακριβά και υψηλής τεχνολογίας όργανα μέτρησης, καθώς και ικανότητα υπολογισμού, και για να έχει επιτυχή

αποτελέσματα στηρίζεται σε μεγάλο ποσοστό στην εμπειρία του αυτού που την διενεργεί .

Σκοπός της εργασίας αυτής είναι ο έλεγχος της ομοαξονικότητας ζεύγους κινητήρα-μειωτήρα για διαφορετικού τύπου συνδέσμους οι οποίοι χρησιμοποιούνται στις συζεύξεις μηχανών . Ο έλεγχος αυτός πραγματοποιήθηκε με τη βοήθεια κατάλληλης συσκευής laser. Επίσης έγιναν μετρήσεις ταλαντώσεων στον μειωτήρα, οι οποίες θα αξιολογήθηκαν στο πεδίο του χρόνου και συχνοτήτων με τη βοήθεια κατάλληλου μετρολογικού εξοπλισμού, προκειμένου να διερευνηθεί η επίδραση της ομοαξονικότητας.

1.2 ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΙΣΗ

Υπάρχουν διαφορετικοί ορισμοί για την ευθυγράμμιση ενός ζεύγους μηχανών. Ως ευθυγράμμιση μιας μηχανής ορίζετε η άξονα με άξονα ευθυγράμμιση ενός ζεύγους μηχανών – μιας κινητήριας και μιας κινούμενης . Η κινούμενη μηχανή παράγει χρήσιμα αποτελέσματα, είτε δημιουργώντας κινητήρια δύναμη είτε θέτοντας σε κίνηση υγρά. Αυτή μπορεί να είναι γεννήτρια, αντλία, ή ανεμιστήρας. Η μηχανή οδηγός παρέχει την απαραίτητη περιστροφική μηχανική ενέργεια στην μηχανή που κινείται μέσω της σύζευξης. Η μηχανή οδηγός είναι συνήθως ένας ηλεκτρικός κινητήρας. Επίσης μπορεί να είναι τουρμπίνα ή παλινδρομική μηχανή. (εικόνα 1)



(εικόνα 1)

Ο V.R. Dodd ορίζει την μη ευθυγράμμιση ως εξής: “Μη ευθυγράμμιση υπάρχει όταν υπάρχει παλινδρομική ή καμπυλωτή (αποκλίνουσα) κίνηση μεταξύ των κινητών μερών μία σύζευξης” (Dodd, 1975). Αυτός ο ορισμός αφήνει να εννοηθεί ότι υπάρχει μία σχετική κίνηση μεταξύ συζευγμένων μισών (coupling halves) κατά την περιστροφή. Το ένα μισό σχηματίζει συνάρθρωση με το άλλο. Αυτό ορίζει την ευθυγράμμιση σαν να είναι η συνθήκη/ κατάσταση κατά την οποία καμία σχετική κίνηση δεν λαμβάνει χώρα, π.χ. καμία παλινδρομική ή καμπυλωτή (αποκλίνουσα) κίνηση μεταξύ των κινητών μερών μία σύζευξης.

Ο σύλλογος Γερμανών Μηχανικών ορίζει την ευθυγράμμιση ως: “ Η γεωμετρικά άριστη διευθέτηση όλων των περιστρεφόμενων αξόνων και τροχών” (Campbell, 1991). Αυτός ο ορισμός εξαιρεί οτιδήποτε δεν είναι άξονας ή τροχός. Επιπλέον, δεν προσδιορίζει πώς μετράτε η ευθυγράμμιση.

Ο αντικειμενικός στόχος στην ευθυγράμμιση αξόνων είναι να κάνει τους κεντρικούς άξονες ομοαξονικούς όταν περιστρέφονται μαζί κατά τη λειτουργία της μηχανής. Αυτή η προσαρμογή πιστεύεται ότι είναι αυτή που δημιουργεί το μικρότερο μέγεθος παραμόρφωσης κατά την σύζευξη και το μικρότερο μέγεθος ανεπιθύμητης καμπύλωσης (λυγίσματος) των αξόνων. Αυτή θα ήταν μια επαρκής υπόθεση εάν τα μηχανικά μέρη που συναρμολογούνται είχαν άριστη γεωμετρία, π.χ. οι άξονες ήταν ευθείς και κυκλικοί, οι δίσκοι των συνδέσμων (κοπλέρ) κάθετοι στους άξονες, τα έδρανα διατηρούν ένα σταθερό κέντρο περιστροφής, και οι θερμικές παραμορφώσεις ήταν σταθερές. Επειδή ο κόσμος των μηχανών δεν είναι τόσο τέλειος, η ευθυγράμμιση που κάνει τους κεντρικούς άξονες ομοαξονικούς πιθανώς να μην είναι η καλύτερη συνθήκη λειτουργίας μιας μηχανής . Πράγματι, ο κεντρικός άξονας ενός άξονα μπορεί να μην είναι ούτε καν ευθεία γραμμή, αλλά κάποιο είδος καμπύλης.

Ο ορίζει την ευθυγράμμιση ως εξής: **Οτιδήποτε ο σχετικός προσανατολισμός των μερών καταλήγει στην μικρότερη ποσότητα ταλαντώσεων ή φθοράς (τριβής).**

Αυτός θα είναι ο ορισμός είναι σωστότερος να χρησιμοποιείται με για την ευθυγράμμιση των μηχανών. Παρακάτω εξετάζεται κάθε μέρος του ορισμού με λεπτομέρεια.

Η φράση, “ **οτιδήποτε το κατάλληλο** ” υποδηλώνει κάποιο γεωμετρικό χαρακτηριστικό που μπορεί να μην είναι ένα τέλειο ευκλείδειο σχήμα. Είναι επιθυμητό να προσπαθήσει κανείς να πετύχει την παραλληλότητα ή την καθετότητα ή την ομοαξονικότητα, αλλά μπορεί να παρεκκλίνει των προαναφερθέντων στόχων αν μπορούν να επιτευχθούν με διαφορετικό τρόπο καταλληλότερες συνθήκες λειτουργίας της μηχανής. Το να προσπαθήσει κάποιος να φέρει τα κέντρα στον ίδιο άξονα (ομοαξονικά) κατά τη διάρκεια λειτουργίας της μηχανής, είναι ένα καλό σημείο να ξεκινήσει κανείς. Εκτός όμως από αυτό και άλλα στοιχεία μεταβίβασης ισχύος, όπως είναι τα γρανάζια και ρουλεμάν, λειτουργούν καλύτερα έπειτα από μια μικρή ευθυγράμμιση. Όπως είναι γνωστό τα μηχανικά μέρη μίας μηχανής δεν είναι αυτά καθαυτά τέλεια με αποτέλεσμα να χρειαστεί κατά την ευθυγράμμιση να δουλέψει κανείς με μη σφαιρικά σχήματα, τρύπες διαμέτρου κυλίνδρου (στους κινητήρες εσωτερικής καύσης) μη κεντρικού ή μη κάθετου, κυρτούς άξονες, και διαστρεβλωμένα “κιβώτια”. Σε ένα τέτοιο μακριά του ιδεατού μηχανικού κόσμου, η ομαλότερη συνθήκη λειτουργίας ίσως να είναι κάποια άλλη και όχι να γίνουν τα διάφορα τμήματα ομοαξονικά.

Η φράση “ **των μερών**” σημαίνει ότι ευθυγραμμίσουμε δύο (ή περισσότερα) μηχανικά μέρη το ένα ως προς το άλλο. Κάποιες φορές είναι απαραίτητο να χρησιμοποιήσουμε ένα τρίτο εξάρτημα, όπως ένα λεπτό δοκάρη ή μία ευθύ ράβδος. Μόλις τα δύο συστατικά μέρη της μηχανής έχουν ρυθμιστεί ως προς το επίπεδο του σημείου αναφοράς, μπορούμε να πούμε ότι τα δύο συστατικά μέρη έχουν ευθυγραμμιστεί, μέσα στα όρια του στατιστικού λάθους μέτρησης (δηλαδή έχεις μικρή πιθανότητα να έχεις κάνει λάθος). Παρόλα αυτά, αυτός ο τρόπος δεν εισάγει επιπλέον λάθος στη μέτρηση. Είναι όμως προτιμότερο να ευθυγραμμίζουμε δυο συστατικά μέρη το ένα ως προς το άλλο κατευθείαν, όπου αυτό είναι επιτρεπτό.

Η φράση **“μερών καταλήγει στην μικρότερη ποσότητα ταλαντώσεων ή φθοράς (τριβής)”** περιγράφει ποιος είναι ο στόχος και πως μπορεί να μετρηθεί. Ο λόγος που ευθυγραμμίζουμε μία μηχανή είναι για να ελαχιστοποιήσουμε τις δυναμικές δυνάμεις κατά την διάρκεια λειτουργίας της μηχανής. Η ταλάντωση είναι ο καλύτερος τρόπος για να μετρηθούν οι δυναμικές δυνάμεις (dynamic forces). Είναι φυσικό να χρησιμοποιήσουμε τις ταλαντώσεις ως τον δείκτη μιας επιτυχούς ευθυγράμμισης. Εκτός της εν-λειτουργία-ευθυγράμμισης όλες οι ευθυγραμμίσεις πραγματοποιούνται με τη μηχανή σταματημένη. Η παραδοχή που γίνεται είναι ότι οι ταλαντώσεις είναι μονάδα μέτρησης της μη ευθυγράμμισης. Εδώ εντοπίζεται ένα ποιοτικό στοιχείο διαβεβαίωσης ότι έχει γίνει σωστή ευθυγράμμιση. Ο μηχανικός που πραγματοποιεί την ευθυγράμμιση χρησιμοποιεί στατικά στοιχεία μέτρησης ως ενδείξεις για το ποτέ πρέπει να σταματήσει. Ο τελευταίος έλεγχος όμως συνήθως γίνεται από τον ιδιοκτήτη, που χρησιμοποιεί την δυναμική λειτουργία της μηχανής ως ένδειξη αποδοχής σωστής ευθυγράμμισης. Οι δυο παραπάνω, χρησιμοποιούν διαφορετικά στοιχεία μέτρησης. Η δυναμική λειτουργία της μηχανής όμως θα πρέπει να είναι το τελικό στοιχείο που θα κρίνει αν η ευθυγράμμιση ήταν επιτυχής ανεξάρτητα της γεωμετρικής κατεύθυνσης.

Έχει παρατηρηθεί ότι μη σωστή ευθυγράμμιση μπορεί να οδηγήσει σε υπερβολική φθορά, να υπάρχουν χωρίς απαραίτητα υπερβολικές ταλαντώσεις. Επίσης είναι πιθανόν, ισχυρές δυναμικές δυνάμεις με επίκεντρο τα σημεία επαφής, να μην μπορούν να εντοπιστούν από εξωτερικές μετρήσεις ταλαντώσεων της μηχανής. Συνεπώς, η κατεύθυνση (προσανατολισμός των τμημάτων της μηχανής), που επιτυγχάνει το μικρότερο δυνατό μέγεθος φθοράς είναι ένας εναλλακτικός τρόπος να ορίσει την ευθυγράμμιση.

Θα μπορούσε να πει κανείς ότι η λιγότερη δυνατή ταλάντωση θα οδηγούσε σε ελάχιστη δυνατή φθορά. Αυτό θα ήταν αληθές εάν η ταλάντωση συσχετιζόταν θετικά με τις δυναμικές δυνάμεις που εφαρμόζουν τοπικά και προκαλούν την φθορά. Μία συνθέτη μηχανή εμφανίζει πολλές διαφορετικές πηγές ταλάντωσης, κάποιες από τις οποίες μπορεί να σχετίζονται με την ευθυγράμμιση, ενώ κάποιες άλλες όχι. Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να

επιδεικνύεται ως προς το που και σε ποια κατεύθυνση λαμβάνονται οι μετρήσεις των ταλαντώσεων καθώς επίσης και πως ερμηνεύονται.

Ευθυγράμμιση είναι ένας ευρύτερος όρος και δεν περιορίζεται μονό στην άξονα- με-άξονα προσανατολισμό . Περιλαμβάνει επίσης ρυθμίσεις για την απόσταση μεταξύ δύο στοιχείων μιας μηχανής . Είναι αδύνατο να διαχωριστεί η μη σωστή ευθυγράμμιση του εδράνου , του τριβέα ή του κουζινέτου , από αυτή του άξονα, όταν χρησιμοποιούνται για την διάγνωση μόνο οι ταλαντώσεις. Η ευθυγράμμιση του τριβέα μπορεί να μην είναι κατακόρυφη στον άξονα, όπως επίσης μπορεί να είναι και τριβέα-με-τριβέα μέσα σε ένα κιβώτιο μηχανής . Αυτές είναι οι λεγόμενες , εσωτερικές ευθυγραμμίσεις, και πραγματοποιούνται εσωτερικά της μηχανής, σε αντίθεση με της άξονα-με-άξονα ευθυγραμμίσεις που πραγματοποιούνται εξωτερικά του κιβωτίου.

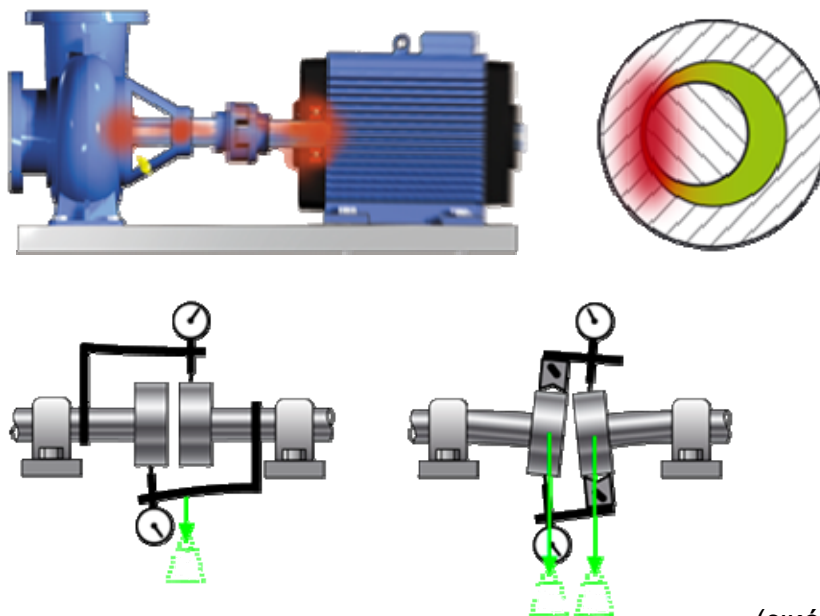
Η ευθυγράμμιση του τριβέα περιλαμβάνει τον προσανατολισμό του τριβέα εσωτερικά του κουτιού της μηχανής ή του άξονα που εφαρμόζει. Η ευθυγράμμιση του τριβέα περιλαμβάνει επίσης τον προσανατολισμό δυο τριβέων έτσι ώστε να είναι δυνατόν να υποδεχτούν έναν ευθύ άξονα. Επειδή οι μηχανές είναι αποσυναρμολογημένες κατά την διάρκεια που αλλάζουμε τους τριβείς, υπάρχει σημαντική πιθανότητα να επηρεαστεί η ευθυγράμμιση των τριβέων.

Η ευθυγράμμιση τροχαλιών και γριναζιών είναι και αυτά σημεία που πρέπει να εστιάσει κανείς την προσοχή του .

Η τέλεια ευθυγράμμιση δεν είναι εφικτή. Κάποια μικρή απόκλιση μη καλής ευθυγράμμισης είναι ανεκτή αν έχει προκληθεί σε λογικό χρονικό διάστημα (δηλ με το πέρασμα του χρόνου) και δεν πρόκειται να προκαλέσει υπερβολικές φθορές.

Σωστά ευθυγραμμισμένοι άξονες σημαίνει πολλές βελτιώσεις όπως :

- Αύξηση της διαθεσιμότητας και της παραγωγικότητας της μηχανής παραγωγής
- Αύξηση της διάρκειας ζωής των εδράνων και σφραγίδων άρα λιγότερες αφαιρέσεις και ανταλλακτικά
- Μικρότερη διαρροή και καλύτερο εργασιακό περιβάλλον
- Βέλτιστη χρήση λιπαντικής ταινίας άρα λιγότερος κίνδυνος υπερθέρμανσης και οικονομία των δευτεροβάθμιων ζημιών
- Μειωμένη διαρροή λιπαντικού άρα μικρότερη κατανάλωση λιπαντικών
- Μειωμένη τριβή άρα μικρότερη κατανάλωση
- Λιγότερες δονήσεις άρα μειωμένο επίπεδο θορύβου
- Λιγότερος κίνδυνος σοβαρών βλαβών άρα ασφαλέστερο περιβάλλον εργασίας
- Μεγαλύτερη συνολική εξοικονόμηση πόρων με λιγότερα ανταλλακτικά, χαμηλότερη κατανάλωση ενέργειας και λιγότερο απρογραμματίστη λειτουργία



1.3 ΕΛΛΕΙΨΗ ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΙΣΗΣ

Στην βιομηχανία η εσφαλμένη ευθυγράμμιση και οι συνέπειες αυτής είναι υπεύθυνη για πάνω από το 50% του συνόλου των δυσλειτουργιών στα περιστρεφόμενα μηχανήματα. Αυτό αυξάνει την απρογραμμάτιστη λειτουργία μιας βιομηχανικής μονάδος και επομένως χάνει η παραγωγή . Το γεγονός αυτό αυξάνει συνολικά και το κόστος συντήρησης της μονάδος . Μια μη σωστή ευθυγράμμιση επηρεάζει άμεσα τρεις εμπλεκόμενους. Αυτόν που είναι υπεύθυνος για την επιδιόρθωση, τον υπεύθυνο μανάτζερ του τμήματος που έχει προκληθεί η βλάβη και άρα σταματάει η παράγωγη στο τμήμα, και τον ιδιοκτήτη που πληρώνει τους λογαριασμούς.

Υπάρχουν τέσσερις λόγοι για τους οποίους θα πρέπει να κάνουμε ευθυγράμμιση μιας μηχανής :

1. Επηρεάζει άμεσα την αξιοπιστία της μηχανής
2. Η εργοστασιακή ευθυγράμμιση δεν είναι πάντοτε καλή
3. Οι επιδράσεις του περιβάλλοντος μπορεί να καταστρέψουν με την πάροδο του χρόνου μια καλή ευθυγράμμιση
4. Μια μη σωστή ευθυγράμμιση κοστίζει χρήματα

Έλεγχος ευθυγράμμισης απαιτείται :

1. Σε όλο το νέο συνδεδεμένο εξοπλισμό .
2. Μετά από την επισκευή η εργασία που γίνεται στους άξονες ή τα ρουλεμάν ή σε άλλα τμήματα της μηχανής , και πριν αυτά μπουν σε λειτουργία.
3. Όποτε η υπάρχει δόνηση στην μηχανή .
4. Περιοδικά στον σημαντικής αξίας εξοπλισμό.

1.4 ΔΙΑΓΝΩΣΗ ΜΗ- ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΙΣΗΣ ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ

Είναι γνωστό πως η κακή ευθυγράμμιση προκαλεί θόρυβο, δόνηση και κατανάλωση ενέργειας. Όλες αυτές οι παράμετροι μπορούν να ποσοτικοποιηθούν εύκολα. Ο θόρυβος μπορεί να μετρηθεί με μικρόφωνο, ωστόσο η συνήθης λογαριθμική κλίμακα μέτρησης του ήχου θα ήταν ακατάλληλη για την παραπάνω ποσοτικοποίηση του θορύβου. Μια κλίμακα γραμμικής ενίσχυσης (linear amplitude scale) θα παρείχε μια καλύτερη ένδειξη, παρότι είναι ασυνήθιστο η ένταση ήχου να μετράται με τέτοιο τρόπο. Επιπλέον εξωγενείς θόρυβοι θα πρέπει να μειωθούν ή να μπλοκαριστούν ώστε να αυξηθεί η ευαισθησία της μεθόδου. Αυτό είναι δύσκολο να επιτευχθεί σε συνηθισμένα δωμάτια που περιέχουν μηχανές.

Τα επίπεδα δόνησης μπορούν να μετρηθούν με τη βοήθεια ενός αισθητήρα ο οποίος τοποθετείται απευθείας πάνω στην επιφάνεια της μηχανής. Η τοποθέτηση του αισθητήρα απευθείας πάνω στη μηχανή περιορίζει τη μέτρηση εξωγενών δονήσεων που προέρχονται από άλλες μηχανές, αυξάνοντας έτσι πολύ αποτελεσματικά την ευαισθησία της μεθόδου.

Η κατανάλωση ενέργειας μπορεί να μετρηθεί με ένα μετρητή ισχύος ή με ένα αμπερόμετρο εφόσον η τάση παραμένει σταθερή. Ωστόσο η κατανάλωση ενέργειας εξαρτάται και από άλλους παράγοντες, ο πιο σημαντικός εκ των οποίων είναι το φορτίο της μηχανής. Καθώς διαθέτουμε πολύ ακριβή όργανα για τη μέτρηση ισχύος, η κατανάλωση ενέργειας και κατά συνέπεια η μη-ευθυγράμμιση, μπορεί να υπολογιστεί με τη μέτρηση της ισχύος της μηχανής. Παρόλα αυτά ο υπολογισμός της μη-ευθυγράμμισης μέσω μέτρησης της ισχύος δεν είναι ιδιαίτερα ακριβής καθώς η ισχύς επηρεάζεται σημαντικά και από άλλους παράγοντες πέραν της μη-ευθυγράμμισης.

Ανεξάρτητα από τον τύπο του συστήματος μέτρησης που χρησιμοποιείται Εξωτερικοί παράγοντες, όπως η θερμοκρασία, η κυκλοφορία του αέρα, η σκόνη, οι κραδασμοί και τη μέτρηση αποστάσεων επηρεάζουν την ακρίβεια. Είναι επομένως σημαντικό ότι το πρόσωπο που ασκεί τη μέτρηση να έχει επίγνωση αυτών των παραγόντων, προκειμένου να είναι σε θέση να ερμηνεύσει σωστά τα αποτελέσματα.

1.5 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΜΕΤΡΟΛΟΓΙΚΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ

Υπάρχουν στο εμπόριο διαθέσιμα πολλά καλά όργανα για τη μέτρηση της μη ευθυγράμμισης των αξόνων και για τον υπολογισμό των μετατοπίσεων . Υπάρχουν επίσης δύο καλές μέθοδοι ευθυγράμμισης, ο αντίστροφος-δείκτης (reverse-indicator) και οι μέθοδοι πρόσωπο- και- πλαισίων (face-and-rim), με μερικές παραλλαγές για τις μοναδικές μηχανές.

Η επιλογή του συστήματος μέτρησης καθώς και της μεθόδου είναι στην διακριτική ευχέρεια αυτού που θα κάνει την ευθυγράμμιση. Δύο είναι οι επιλογές dial indicators ή lasers. Το σύστημα dial indicators μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να μετρήσει την απόκλιση των αξόνων, την ευθυγράμμιση των ρουλεμάν , και άμεσα τις βάσεις έδρασης . Όλες οι ανωτέρω μετρήσεις είναι απαραίτητες από τις προδιαγραφές και απαιτούνται για να επιβεβαιώσουν την καλή λειτουργία μια περιστρεφόμενης μηχανής, αλλά δεν είναι εφικτές με τα λείζερ.

Εικόνα 3 : Όργανο ευθυγράμμιση αξόνων μηχανών dial indicators



Τα dial indicators είναι όργανα ακριβείας για την μέτρηση μιας μικρής απόστασης . Τα dial indicators χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο της απόκλισης μιας μηχανής .



Εικόνα 4 : Ευθυγράμμιση αξόνων μηχανών με dial indicators

Η ευθυγράμμιση αξόνων μηχανών έχει διανύσει πολύ δρόμο από τις ημέρες των οργάνων μέτρησης dial indicator ως μεθόδου ευθυγράμμισης . Σήμερα τα λέιζερ μετρούν και ευθυγραμμίζουν γρηγορότερα και ευκολότερα από ό,τι ποτέ άλλοτε μέχρι σήμερα . Αυτά μπορούν απλά συνδέοντας τους μεταλλικούς αισθητήρες και παίρνοντας μερικές αναγνώσεις... ο υπολογιστής να κάνει όλη την εργασία . Με τα dial indicator απαιτείται πολύς χρόνος, πολύπλοκες μαθηματικές εξισώσεις, δυσνόητες μετρήσεις δεικτών πινάκων και εκτός αυτού εμπειρέχεται και η πιθανότητα ανθρώπινου λάθους σε μια τέτοια διαδικασία.



Εικόνα 5 : Ευθυγράμμιση αξόνων μηχανών με Λέιζερ

με dial indicators

Τα Λέιζερ είναι σημαντικά ευκολότερη και ταχύτερη μέθοδος για την ευθυγράμμιση μηχανών από ό,τι το Dial indicators. Το Dial indicators συχνά απαιτεί εμπειρία και περίπλοκους υπολογισμούς . Ένα σύστημα μέτρησης με λέιζερ μπορεί αυτόματα να μετρήσει την θερμική διαστολή και να δώσει μια καλή προσέγγιση, δηλαδή να είναι εντός των ορίων απόκλισης μιας μηχανής . Η μέτρηση με λέιζερ σε μια μηχανή απαιτεί μικρότερο χρόνο από αυτόν που χρειάζεται με το Dial indicators και είναι πολύ πιο αξιόπιστη. Για παράδειγμα, η στερέωση για Dial indicators εμφανίζει πάντα μια μικρή

απόκλιση η οποία επηρεάζει την ακρίβεια του οργάνου μέτρησης . Ένας άλλος παράγοντας που μπορεί να επηρεάσει το αποτέλεσμα της εναρμόνισης είναι το γεγονός ότι Dial indicators έχουν συχνά μικρές κλίμακες και είναι δύσκολο να διαβαστούν όταν οι συνθήκες φωτισμού δεν είναι καλές .

Το Dial indicators δεν είναι αρκετά ακριβής μέθοδος για τις σημερινές σύγχρονες μηχανές. Χρησιμοποιώντας λέιζερ παίρνουμε πάντοτε το ίδιο αποτέλεσμα, ανεξάρτητα από το ποιος λαμβάνει τις μετρήσεις. Η δυνατότητα που έχουν τα λέιζερ να τεκμηριώνουν τα αποτελέσματα της ευθυγράμμισης δίνει τον καλύτερο έλεγχο των μηχανών με την πάροδο του χρόνου και κατά συνέπεια, μεγαλύτερη βεβαιότητα μιας σωστής ευθυγράμμισης .

1.6 ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΠΡΑΚΤΙΚΗ

Η αξονική ευθυγράμμιση με laser παρέχει πλεονεκτήματα σε κάθε βιομηχανία που χρησιμοποιεί εξοπλισμό με περιστρεφόμενα εξαρτήματα:

- Ανεμιστήρες
- Μηχανοκίνητες αντλίες
- Κιβώτια ταχυτήτων
- Συμπιεστές
- Τουρμπίνες
- Μειωτήρες
- Συνδέσμους
- Μεταφορικές ταινίες
- Γεννήτριες

Εικόνες 6,7,8,9&10 : Βιομηχανικές εφαρμογές αξονικής ευθυγράμμισης με laser



ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

1. 1 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

Για την διεξαγωγή της έρευνας κατασκευάστηκε μια ιδιοκατασκευή . Επάνω σε μία μεταλλική βάση που έφερε ρόδες, τοποθετήθηκε ένας ηλεκτροκινητήρας των 1500 rpm σε σειρά με έναν μειωτήρα. Κατόπιν έγινε σύζευξη μεταξύ τους με κατάλληλους συνδέσμους. Οι σύνδεσμοι που χρησιμοποιήθηκαν ήταν διαφορετικού τύπου (Ελαστικός, Φλαντζοτός, Τύπου μπιλιοφόρου) για κάθε μέτρηση . Σκοπός της χρήσης διαφορετικών συνδέσμων ήταν να διαπιστωθεί η επίδραση κάθε τύπου συνδέσμου στη ταλαντωτική συμπεριφορά του μειωτήρα.

Ο έλεγχος της ομοαξονικότητας έγινε με τη βοήθεια κατάλληλης συσκευής laser. Προκειμένου να διερευνηθεί η επίδραση της ομοαξονικότητας έγιναν μετρήσεις ταλαντώσεων στον μειωτήρα, οι οποίες αξιολογήθηκαν στο πεδίο του χρόνου και συχνοτήτων με τη βοήθεια κατάλληλου μετρολογικού εξοπλισμού, προκειμένου να διερευνηθεί η επίδραση της ομοαξονικότητας.

1.2 ΥΛΙΚΑ

1.2 .1 ΙΔΙΟΚΑΤΑΣΚΕΥΗ

Τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν για την ιδιοκατασκευή ήταν :

- 1 Ένας ηλεκτροκινητήρας 1500 rpm
- 2 Ένας μειωτήρας ατέρμονα κορόνα
- 3 Σύνδεσμοι
 - 3.1 Ελαστικός
 - 3.2 Φλαντζοτός
 - 3.3 Τύπου μπιλιοφόρου
- 4 Μεταλλική κατασκευή
- 5 Ρόδες



Φωτογραφία 1: Ηλεκτροκινητήρας 1500 rpm



Φωτογραφία 2: Μειωτήρας ατέρμονα κορόνα



Φωτογραφία 3: Ελαστικός σύνδεσμος



Φωτογραφία 4: Φλαντζοτός σύνδεσμος



Φωτογραφία 5: Μπιλιοφόρος σύνδεσμος



Φωτογραφία 6: Μεταλλική βάση

1.2 .2 ΜΕΤΡΟΛΟΓΙΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ

Για να γίνει η ευθυγράμμιση χρησιμοποιήθηκε η συσκευή **EASY LASER D505**.



Εικόνα 11 : EASY LASER D505

Η συσκευή ευθυγράμμισης EASY LASER D505 περιλαμβάνει :

- 1 Οθόνη D279 με 14 προγράμματα /λειτουργίας
- 2 Καλώδια με μπρίζες .
- 2 Μονάδες μέτρησης (S, M), PSD 18x18 mm
- 2 Βραχίονες στήριξης με αλυσίδες
- 2 Σετ επιμήκυνσης αξόνων
- 2 Αλυσίδες επιμήκυνσης
- 2 Βραχίονες στήριξης μετατόπισης
- 2 Μαγνητικές βάσεις

ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΣΥΣΚΕΥΗΣ ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΙΣΗΣ EASY LASER D505

- Η συσκευή είναι κατασκευασμένη σύμφωνα με τους σύγχρονους κανόνες της επιστήμης και τεχνικής και η δέσμη λέιζερ που εκπέμπει είναι τελείως ακίνδυνη.
- Οι πομποδέκτες καλύπτουν απόσταση έως 10 μέτρα.
- Η ακρίβεια είναι της τάξεως 0,01mm.
- Στην οθόνη εμφανίζονται ταυτόχρονα δύο επίπεδα ευθυγράμμισης, το οριζόντιο και το κάθετο, καθώς και οι πραγματικές τιμές
- Η εκπεμπόμενη δέσμη λέιζερ έχει μήκος κύματος 635-670 nm.
- Έχει μόνιμη μνήμη για να μεταφέρονται οι μετρήσεις σε συμβατό PC (πρόγραμμα LINK)
- Τροφοδοσία με 4 αλκαλικές μπαταρίες τύπου R14,4 x 1,5 V διάρκειας 48 ωρών συνεχούς μέτρησης.
- Οθόνες πομποδεκτών 10 mm sq.

Το **EASY LASER** είναι ένα όργανο που χρησιμοποιείται κυρίως για την ευθυγράμμιση αξόνων, αλλά και για άλλες χρήσεις. Όλα τα μέρη του συστήματος EASY LASER έχουν σχεδιαστεί για λειτουργία στις πιο δύσκολες συνθήκες.

Το **EasyTurn**™ είναι ένα πρόγραμμα που δίνει τη δυνατότητα να πάρεις αναγνώσεις σε οποιαδήποτε γωνία περιστροφής του άξονα (40 μοίρες) .

Λαμβάνει υπόψη την θερμική διαστολή και δίνει τη σωστή ρύθμιση τιμών ακόμη και όταν η θερμοκρασία λειτουργίας διαφέρει μεταξύ των μηχανών.

Παρέχει έλεγχο απόκλισης . Δίδεται γραφική παράσταση, όταν το μηχάνημα είναι εντός των ορίων ανοχής.

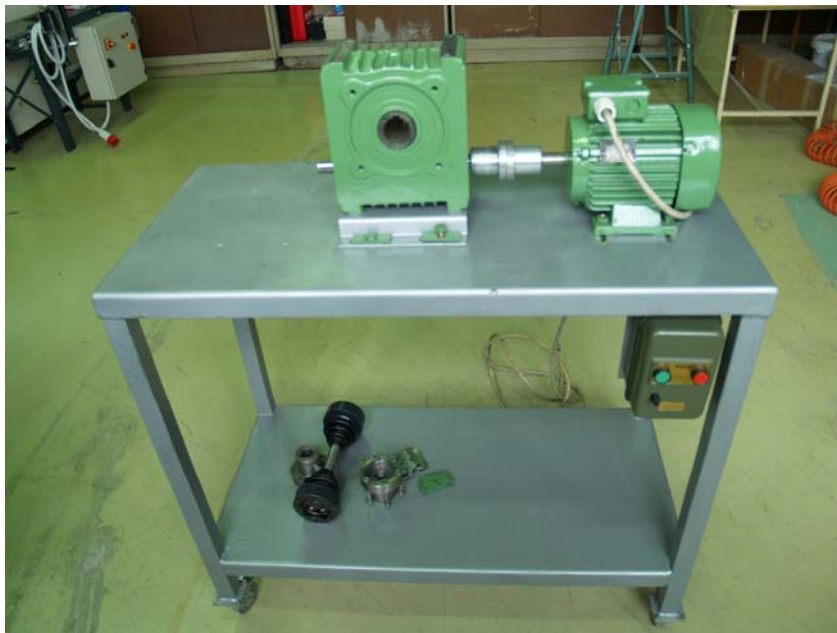
Παρέχει δυνατότητα τεκμηρίωσης.

2. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

2.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΙΔΙΟΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ

2.1.1 Γενικά

Επάνω σε μία μεταλλική βάση που έφερε ρόδες, τοποθετήθηκε ένας ηλεκτροκινητήρας των 1500 rpm σε σειρά με έναν μειωτήρα. Κατόπιν έγινε σύζευξη μεταξύ τους με κατάλληλους συνδέσμους. Οι σύνδεσμοι που χρησιμοποιήθηκαν ήταν διαφορετικού τύπου (Ελαστικός, Φλαντζοτός, Τύπου μπιλιοφόρου) για κάθε μέτρηση . Σκοπός της χρήσης διαφορετικών συνδέσμων ήταν να διαπιστωθεί η επίδραση κάθε τύπου συνδέσμου στη ταλαντωτική συμπεριφορά του μειωτήρα.



Φωτογραφία 7: Ιδιοκατασκευή

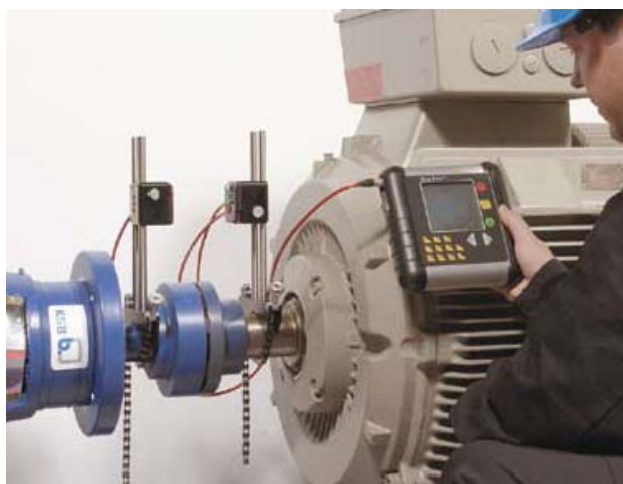
2.2 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ

Ο έλεγχος της ομοαξονικότητας του ζεύγους κινητήρα-μειωτήρα για τους διάφορους συνδέσμους που χρησιμοποιήθηκαν έγινε με τη βοήθεια συσκευής Easy-Laser® systems D505 and D525. Η συσκευή αυτή διαθέτει έναν μεγάλο αριθμό προγραμμάτων μέτρησης για την μη ευθυγράμμισης όλων των ειδών περιστρεφόμενων μηχανών .

Η διαδικασία μέτρησης έγινε σύμφωνα με τα παρακάτω :

Επάνω στους άξονες τις μηχανής και του μειωτήρα τοποθετήθηκε η συσκευή όπως φαίνεται στη εικόνα 13.

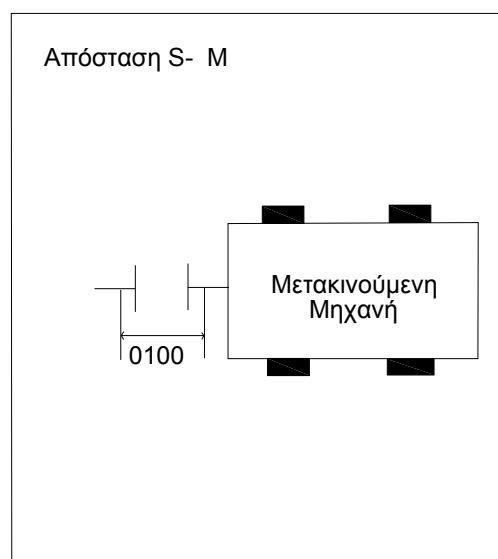
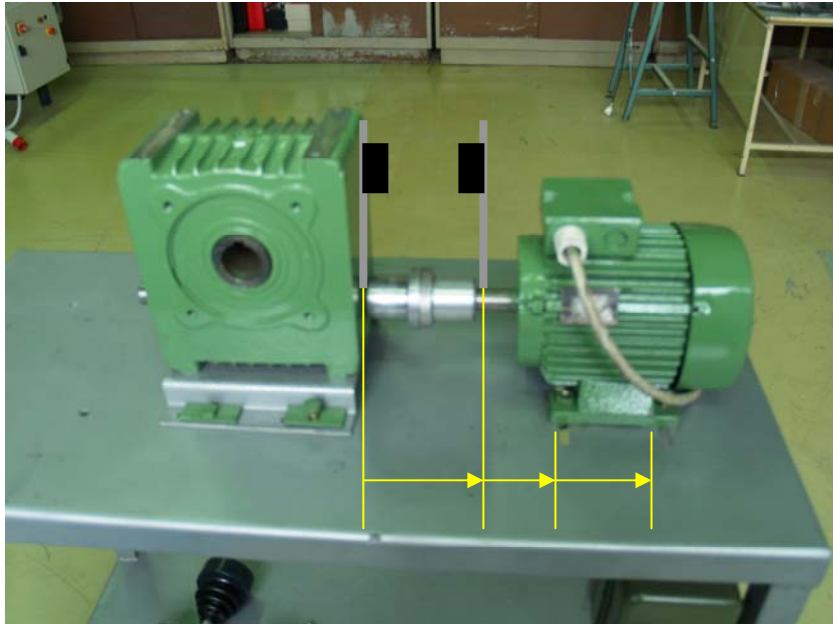
Εικόνα 13: Ευθυγράμμιση κινητήρα μειωτήρα με συσκευή EASY LASER D505



A) ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΟΥ ΔΙΔΟΝΤΑΙ ΣΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ

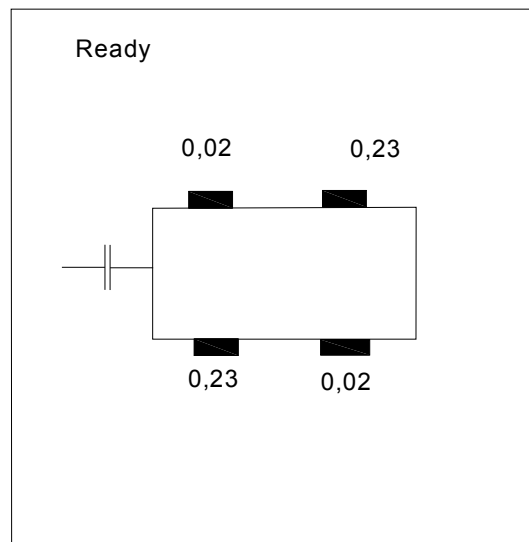
Δόθηκε στο πρόγραμμα μέτρησης η απόσταση μεταξύ των στοιχείων μέτρησης (οργάνων μέτρησης) και των βάσεων έδρασης της μηχανής .

Σχήμα 2



Β) ΈΛΕΓΧΟΣ ΤΩΝ ΒΑΣΕΩΝ ΕΔΡΑΣΗΣ ΤΙΣ ΜΗΧΑΝΗΣ

Κατόπιν έγινε έλεγχος των βάσεων τις μηχανής για να εξασφαλιστεί ότι αυτή στηρίζεται επίπεδα και σωστά στις βάσεις έδρασης της. Ο έλεγχος αυτός είναι απαραίτητος για μία αξιόπιστη ευθυγράμμιση. Μετά από την ρύθμιση στήριξης της μηχανής ξεκίνησε η διαδικασία ευθυγράμμισης, με αποθηκευμένες όλες τις αποστάσεις στήριξης της μηχανής στο πρόγραμμα.
σχήμα 2

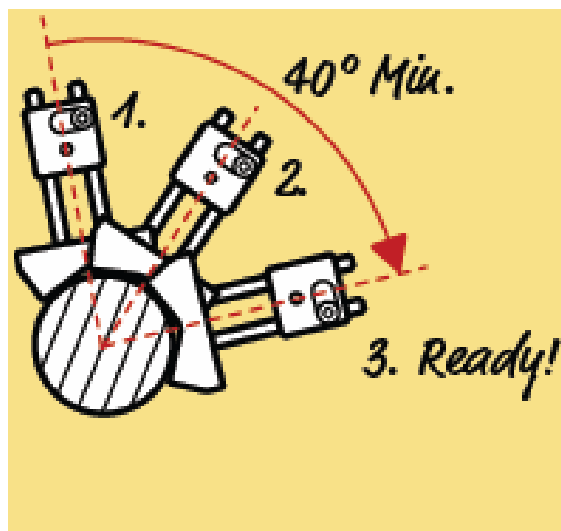
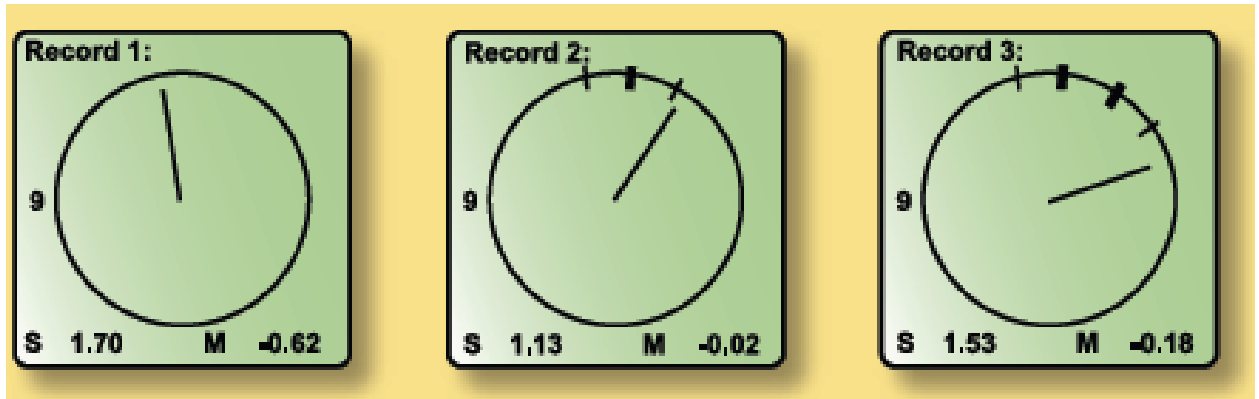


Σε περίπτωση που υπήρχε πρόβλημα στερεώσαμε την βάση έδρασης πριν από την ευθυγράμμιση



Γ) ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ

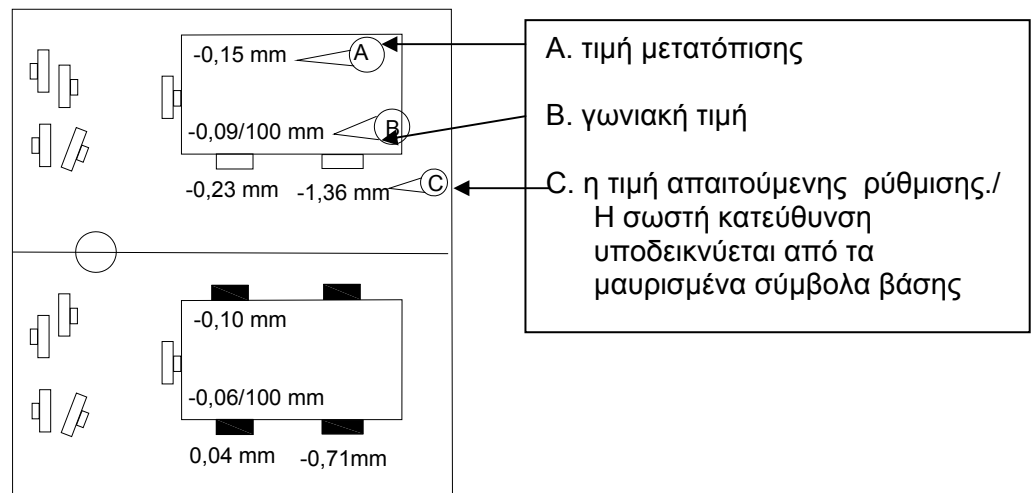
Περιστρέψαμε τον άξονα καταμετρώντας τρεις θέσεις .



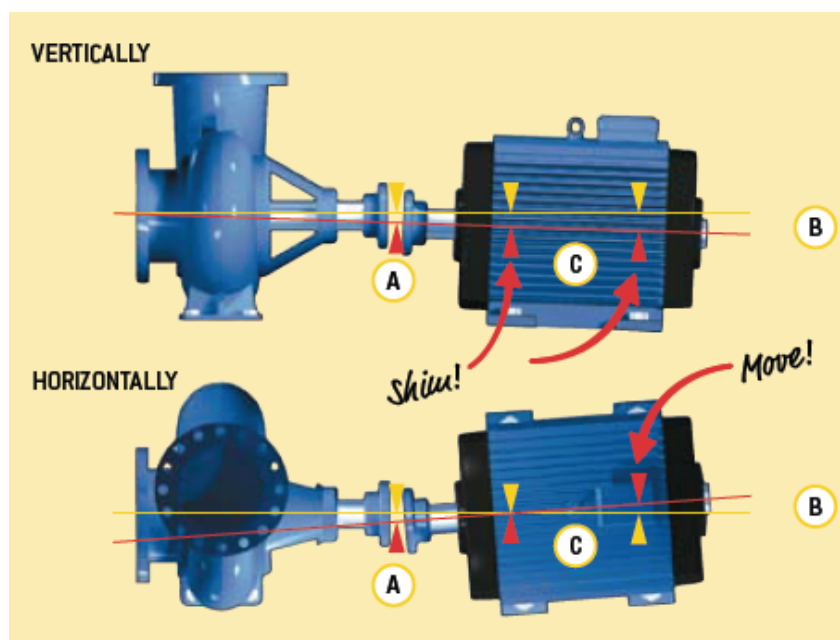
Με το πρόγραμμα EasyTurn™ ξεκινήσαμε την μέτρηση σε οποιαδήποτε γωνία περιστροφής . Κατόπιν και πατήσαμε Enter για κάθε θέση για να καταγράψει η συσκευή την τιμή . Με αυτό τον τρόπο ολοκληρώθηκε η μέτρηση.

Δ) ΛΗΨΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Μετά την μέτρηση τα αποτελέσματα όπως, η τιμή μετατόπισης, η γωνιακή τιμή και η τιμή απαιτούμενης ρύθμισης αναγράφονται στην οθόνη .



Και η τιμή της οριζόντιας και της κάθετης ευθυγράμμισης φαίνονται στην οθόνη και αυτό κάνει εύκολη την ρύθμιση της μηχανής .

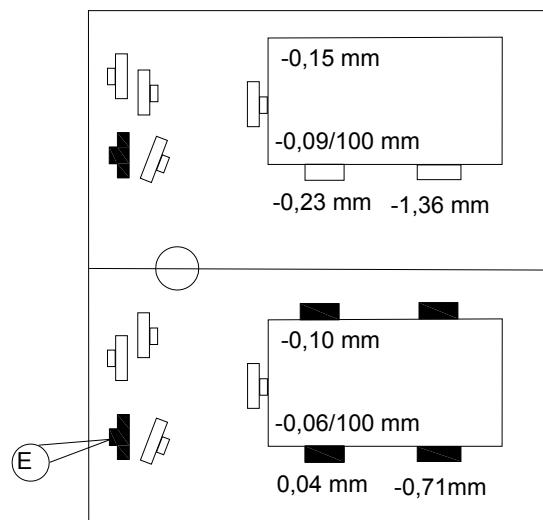


Ε) ΕΛΕΓΧΟΣ ΟΡΙΩΝ ΑΠΟΚΛΙΣΗΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ

Τα αποτελέσματα της ρύθμισης μπορούν να ελεγχθούν συγκρίνοντας τα με προκαθορισμένο πίνακα αποκλίσεων ή τιμών που καθορίζονται από αυτόν που κάνει την μέτρηση . Με αυτό τον τρόπο διαπιστώσαμε αμέσως εάν η ευθυγράμμιση είναι μέσα στα εγκεκριμένα όρια ανοχής. Με τον τρόπο αυτό έγινε μικρότερος ο χρόνος που απαιτήθηκε για την ευθυγράμμιση.

ΟΡΙΑ ΑΠΟΚΛΙΣΗΣ	
Ταχύτητα περιστροφής	1500rpm
Τιμή μετατόπισης	0,09mm
Γωνιακή τιμή	0,09mm/100mm
D	
more	

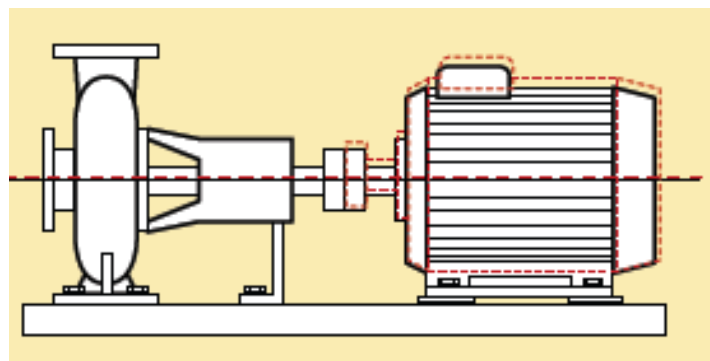
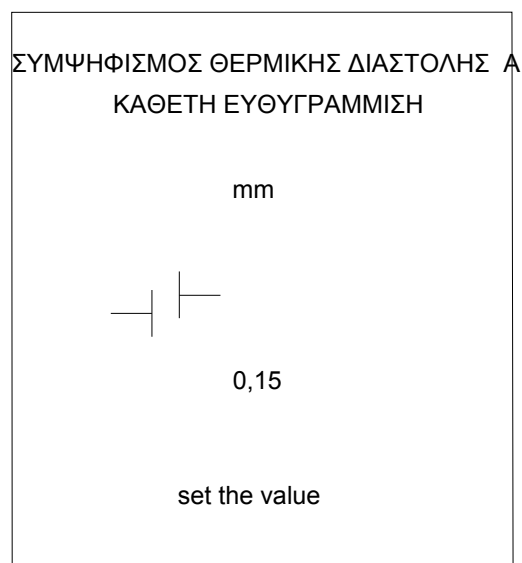
D. Επιλέξαμε ταχύτητα περιστροφής 1500 rpm



E. Τα μαυρισμένα σύμβολα βάσης , δείχνουν ότι η ευθυγράμμιση είναι μέσα στα όρια απόκλισης .

ΣΤ) ΣΥΜΨΗΦΙΣΜΟΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΔΙΑΣΤΟΛΗΣ

Οι μηχανές ηλεκτροκινητήρας και μειωτήρας διαστέλλονται διαφορετικά όταν μεταβάλλεται η θερμοκρασία από το κρύο στο ζεστό . Χρησιμοποιώντας την λειτουργία της θερμικής διόγκωσης το σύστημα μέτρησης υπολογίζει την ορθή απόκλιση και τις τιμές ρύθμισης λαμβάνοντας υπόψη και την θερμική διαστολή . Οι τιμές διαστολής στις διάφορες μηχανές δίδονται από τους κατασκευαστές .



3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Τα αποτελέσματα της έρευνας παρουσιάζονται στους πίνακες από έως

2.1.1 Κατασκευή 1

Για την πρώτη μέτρηση που η σύζευξη του ηλεκτροκινητήρα των 1500 rpm και του μειωτήρα έγινε με ελαστικό σύνδεσμο τα αποτελέσματα φαίνονται στον πίνακα 1

πίνακας 1

3.1.2 Κατασκευή 2

Για την δεύτερη μέτρηση που η σύζευξη του ηλεκτροκινητήρα των 1500 rpm και του μειωτήρα έγινε με Φλαντζοτό σύνδεσμο τα αποτελέσματα φαίνονται στον πίνακα 2

πίνακας 2

2.1.3 Κατασκευή 3

Για την τρίτη μέτρηση που η σύζευξη του ηλεκτροκινητήρα των 1500 rpm και του μειωτήρα έγινε με σύνδεσμο τύπου μπιλιοφόρου τα αποτελέσματα φαίνονται στον πίνακα 3.

πίνακας 3

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- V.R. Dodd, *Total Alignment*, Petroleum Publishing Company, Tulsa, Oklahoma, 1975.
- Malcolm G. Murray, Jr., *Alignment Manual for Horizontal, Flexibly-Coupled Rotating Machines*, Third Edition, Murray & Garig Tool Works, Baytown, Texas, 1983.
- Michael Neale, Paul Needham, and Roger Horrell, *Couplings and Shaft Alignment*, Mechanical Engineering Publications Limited, London, 1991.
- John Piotrowski, *Shaft Alignment Handbook*, Second Edition, Marcel Dekker, 1995.
- Erik Oberg, Franklin D. Jones, Holbrook L. Horton, *Machinery's Handbook*, Twenty-first Edition, Industrial Press, New York, 1979 (first printing 1914).
- Joseph E. Shigley, Charles R. Mischke, *Standard Handbook of Machine Design*, McGraw-Hill, New York, 1986.
- Alignment of Rotating Machinery, *Vibration Institute Proceedings*, Houston, Texas, 1991.
- Falk Alignment Correction System, *Operating Manual*, The Falk Corporation.
- Machinery Alignment Handbook*, Vibralign, 1994.
- Optical Alignment Manual*, Cubic Precision, 1986.
- Piranha Shaft Alignment System, *Instruction Manual*, Mechanical Maintenance Products, Inc., 1995.
- Victor Wowk, *Alignment scheduled for publication*, McGraw-Hill Book Co, 2000.