

ΜΕΘΟΔΟΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΚΡΑΔΑΣΜΩΝ (VIBRATION ANALYSIS) ΚΑΙ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΣΕ ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΙΚΑ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΑ ΠΛΟΙΩΝ


<http://www.m3.tuc.gr>


Dept. of Production Eng. & Management
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab
Assoc. Prof. Aristomenis Antoniadis

Νικόλαος Τρουλάκης

- Λεπτομερής παρουσίαση των περιπτώσεων κραδασμών
- Θα γίνει μια αναφορά για το τι ισχύει σήμερα με τα όρια των κραδασμών
- Πιο λεπτομερής αναφορά στην στατιστική μέθοδο
- Εφαρμογή της μεθόδου σε μηχανήματα πλοίων



Στόχος της εργασίας

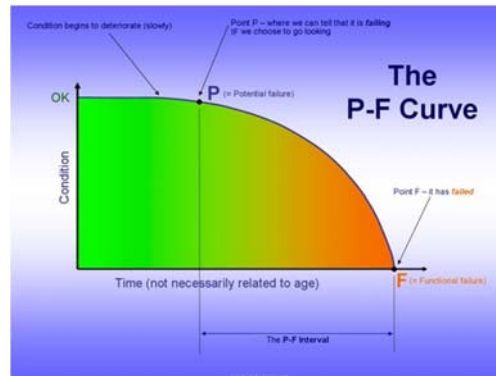
<http://www.m3.tuc.gr>


Dept. of Production Eng. & Management
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab
Assoc. Prof. Aristomenis Antoniadis

Νικόλαος Τρουλάκης

CBM

- Η μέθοδος Condition Based Maintenance (CBM) αποτελεί το σύγχρονο δόγμα συντήρησης μηχανημάτων.
- Δεν απαιτεί τη διακοπή λειτουργίας των μηχανημάτων ανά τακτά χρονικά διαστήματα προκειμένου να επιθεωρηθούν και να συντηρηθούν. Αντιθέτως είναι δυνατή η συνεχής λειτουργία τους όσο η κατάστασή τους το επιτρέπει.
- Προσφέρει διάγνωση της γενικής κατάστασης ενός περιστροφικού μηχανήματος, αλλά και όλων των εσωτερικών εξαρτημάτων του
- Η φιλοσοφία του CBM βασίζεται στον εντοπισμό μιας βλάβης όσο το δυνατόν νωρίτερα επί της καμπύλης πιθανότητας αστοχίας (P-F curve)

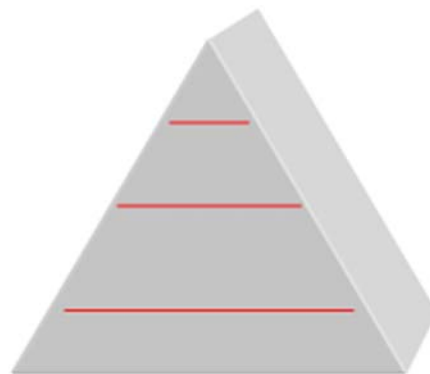
**CBM**<http://www.m3.tuc.gr>

Dept. of Production Eng. & Management
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab
Assoc. Prof. Aristomenis Antoniadis

Νικόλαος Τρουλάκης

Τα βασικότερα εργαλεία του CBM για την αξιολόγηση της λειτουργικής κατάστασης ενός μηχανήματος, είναι:

- Vibration Analysis
- Infrared Thermography Analysis
- Oil Analysis



Επιβεβαίωση επισκευής

Root Cause

Ανάλυση

Αναγνώριση προβλήματος

**Εργαλεία της CBM**<http://www.m3.tuc.gr>

Dept. of Production Eng. & Management
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab
Assoc. Prof. Aristomenis Antoniadis

Νικόλαος Τρουλάκης

2012

Οι ευρύτερα χρησιμοποιούμενοι τρόποι θέσεως ορίων κραδασμών είναι οι ακόλουθοι:

- Χρήση ορίων από διεθνή standards όπως ISO, ANSI, API
- Όρια από κατασκευαστή (σπάνια τα συναντάμε)
- Ποσοστιαίες μεταβολές μέσης τιμής καταγραφών (πχ. 50% ή 100% μέσης τιμής)
- Trends
- Narrow band alarms
- Στατιστικά όρια κραδασμών ανά σημείο.



Όρια κραδασμών

<http://www.m3.tuc.gr>



Dept. of Production Eng. & Management
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab
Assoc. Prof. Aristomenis Antoniadis

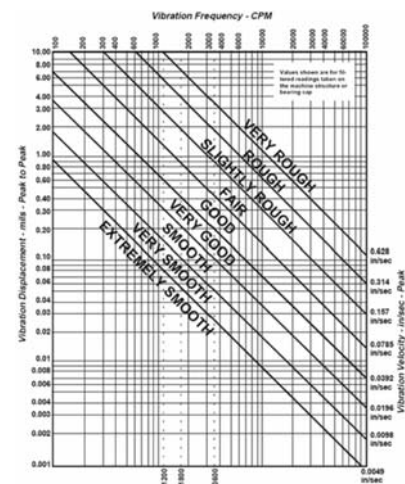
Νικόλαος Τρουλάκης

2012

- Class 1: μηχανήματα πχ κινητήρες, με ισχύ <15 KW
- Class 2: Μεσαίου μεγέθους μηχανήματα με ισχύ μεταξύ 15 KW-75 KW
- Class 3: Μεγάλα μηχανήματα με ισχύ >75 KW τοποθετημένα σε σταθερή βάση (rigid foundation)
- Class 4: Μεγάλα μηχανήματα με ισχύ >75 KW τοποθετημένα σε αντικραδασμική βάση (flexible structures)

Vibration Velocity		Group 4 Integrated Driver		Group 3 Integrated Driver		Group 2 Motors 160 mm ≤ H < 315 mm		Group 1 Motors H ≤ 315 mm	
		pumps > 15 kW radial, axial mixed flow				medium sized machines 15 kW < P ≤ 300 kW		large machines 300 kW < P < 50 MW	
mm/s rms	inch/s rms	Rigid	Flexible	Rigid	Flexible	Rigid	Flexible	Rigid	Flexible
18	0.71								
11	0.43				D				
7.1	0.28				C				
4.5	0.18				B				
3.5	0.14								
2.8	0.11								
2.3	0.09								
1.4	0.06				A				
0.71	0.03								

VIBRATION SEVERITY PER ISO 10816-1				
Machine	Class I	Class II	Class III	Class IV
In/s mm/s	Small Machines	Medium Machines	Large Rigid Foundation	Large Soft Foundation
0.01 0.28				
0.02 0.45				
0.03 0.71				
0.04 1.12				
0.07 1.80				
0.11 2.80				
0.18 4.50				
0.28 7.10				
0.44 11.20				
0.70 18.00				
1.10 28.00				
1.77 45.90				



Διεθνή standards

<http://www.m3.tuc.gr>



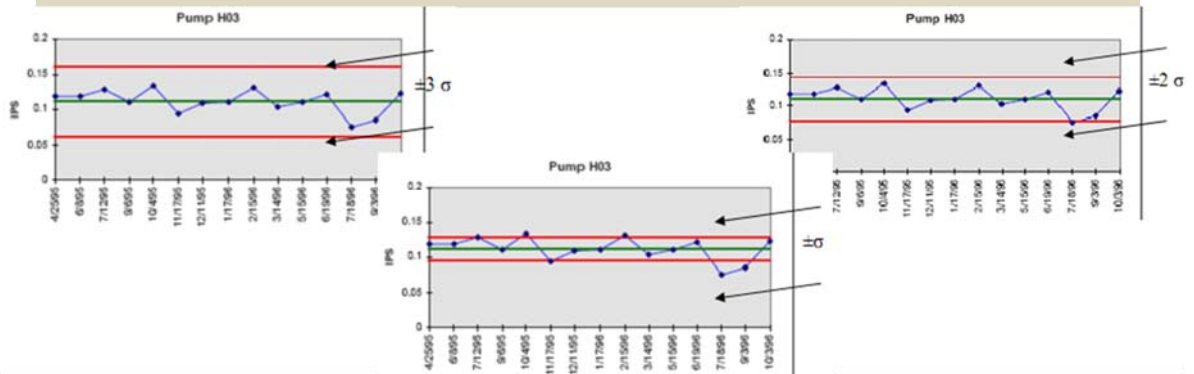
Dept. of Production Eng. & Management
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab
Assoc. Prof. Aristomenis Antoniadis

Νικόλαος Τρουλάκης

2012

Απαιτήσεις αξιοπιστίας που έχουν τεθεί από την Western Electric Quality Control

- Τα περισσότερα σημεία να είναι κοντά στη μέση τιμή
- Μόνο ένα σημείο του δείγματος μπορεί να είναι εκτός της περιοχής ($\pm 3\sigma$)
- Να μην υπάρχουν πουθενά 2 εκ των 3 συνεχόμενων μετρήσεων του δείγματος που είναι εκτός της περιοχής ($\pm 2\sigma$).
- Να μην υπάρχουν πουθενά 4 εκ των 5 συνεχόμενων μετρήσεων του δείγματος που είναι εκτός της περιοχής ($\pm 1\sigma$).
- Να μην υπάρχουν πουθενά στο δείγμα 8 και άνω διαδοχικές μετρήσεις που να βρίσκονται από την ίδια πλευρά εκατέρωθεν (άνω ή κάτω) της μέσης τιμής.
- Να μην υπάρχει πουθενά συγκεκριμένη τάση του δείγματος (πχ freaks, sudden shifts, gradual changes in level, cycles, trends)



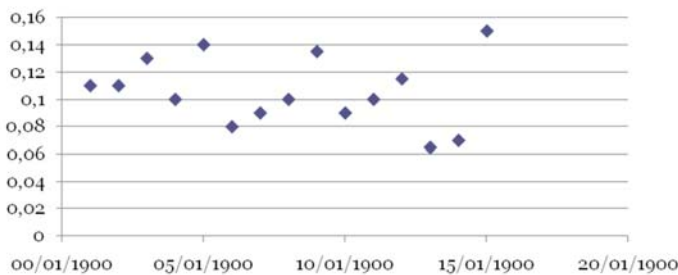
Στατιστική μέθοδος

<http://www.m3.tuc.gr>

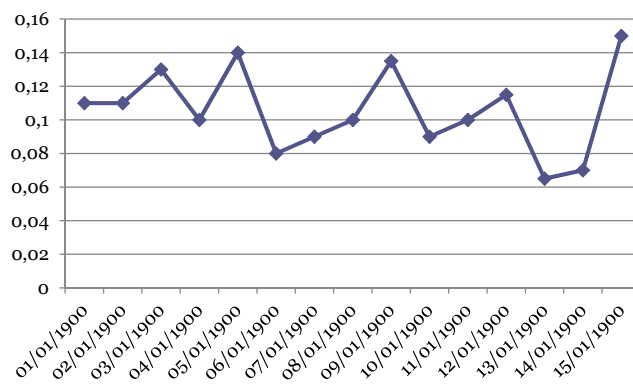
Dept. of Production Eng. & Management
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab
Assoc. Prof. Aristomenis Antoniadis

Νικόλαος Τρουλάκης

2012

Παράδειγμα 1

Στάδιο 1: Συλλογή ικανού
δείγματος μετρήσεων



Στάδιο 2: Δημιουργία
γραφήματος στατιστικών
κραδασμών μηχανήματος



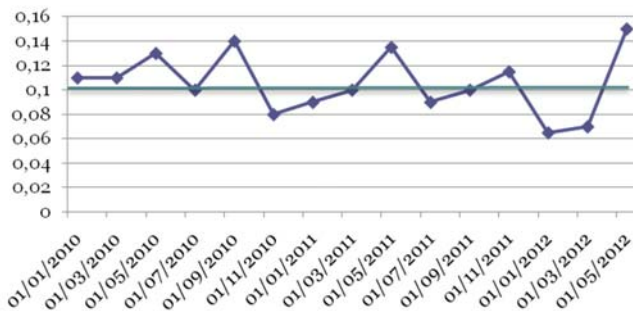
Στατιστική μέθοδος

<http://www.m3.tuc.gr>

Dept. of Production Eng. & Management
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab
Assoc. Prof. Aristomenis Antoniadis

Νικόλαος Τρουλάκης

Παράδειγμα 1



Στάδιο 3: Υπολογισμός μέσης τιμής

Μέση τιμή (R)	Σταθερή Απόκλιση	Δείκτης Διακύμανσης	R+3σ	R+2σ	R+σ
0,105667	0,025204	0,238523	0,181278	0,156075	0,130871

< 0,33

Στάδιο 4: Υπολογισμός των τιμών του πίνακα

2012



Στατιστική μέθοδος

<http://www.m3.tuc.gr>

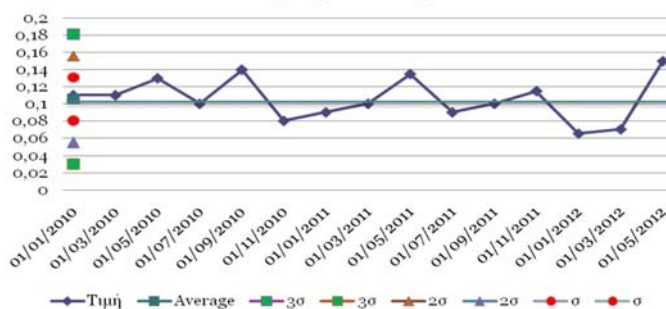


Dept. of Production Eng. & Management
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab
Assoc. Prof. Aristomenis Antoniadis

Νικόλαος Τρουλάκης

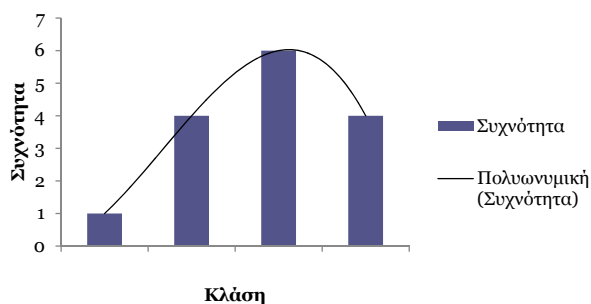
Παράδειγμα 1

Τάση Κραδασμών



Στάδιο 5: Έλεγχος απαιτήσεων αξιοπιστίας

Ιστόγραμμα Κατανομής Πιθανότητας



Στάδιο 6: Έλεγχος κατανομής

2012



Στατιστική μέθοδος

<http://www.m3.tuc.gr>

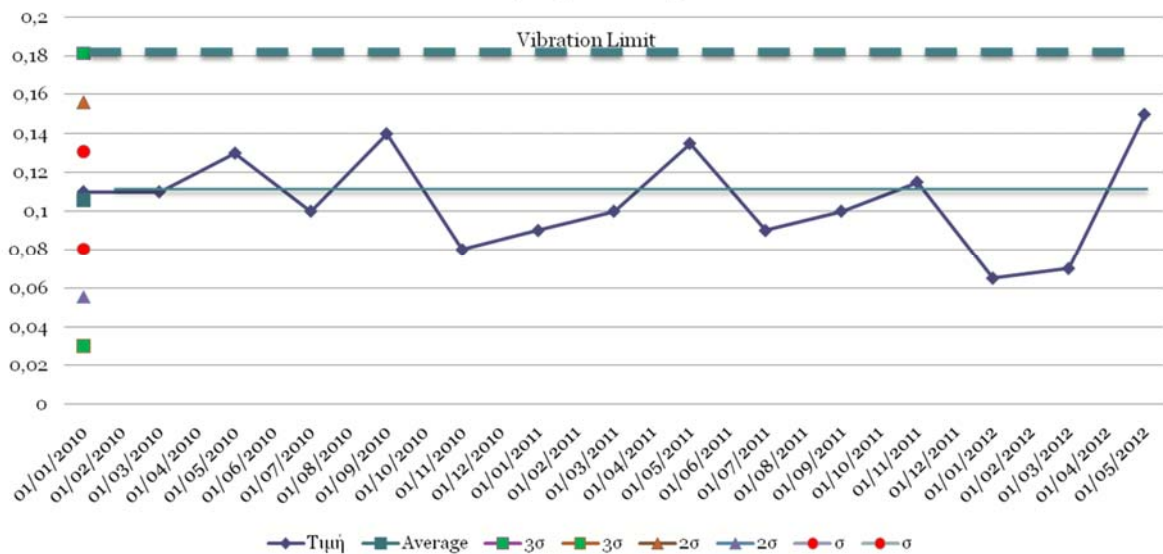


Dept. of Production Eng. & Management
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab
Assoc. Prof. Aristomenis Antoniadis

Νικόλαος Τρουλάκης

Καθορισμός Ορίου +3σ

Τάση Κραδασμών



2012

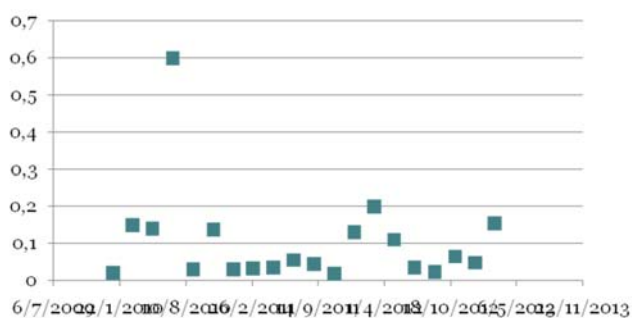


Στατιστική μέθοδος

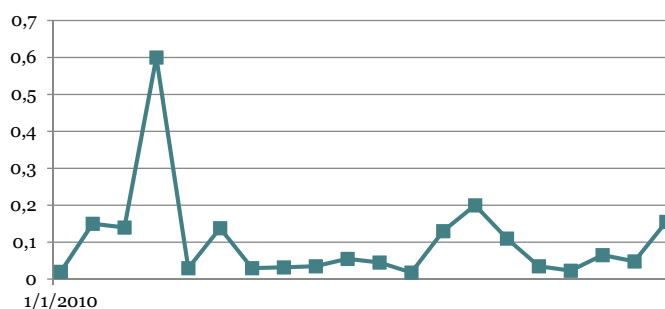
<http://www.m3.tuc.gr>


Dept. of Production Eng. & Management
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab
Assoc. Prof. Aristomenis Antoniadis

Νικόλαος Τρουλάκης



Στάδιο 1: Συλλογή ικανού
δείγματος μετρήσεων



Στάδιο 2: Δημιουργία
γραφήματος στατιστικών
κραδασμών μηχανήματος

2012

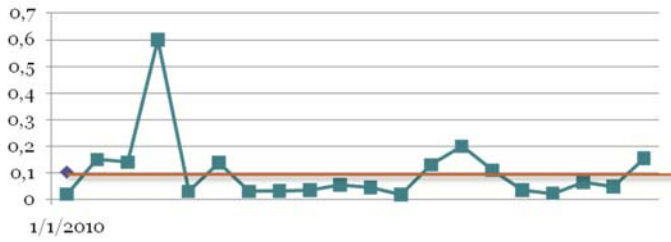


Στατιστική μέθοδος

<http://www.m3.tuc.gr>


Dept. of Production Eng. & Management
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab
Assoc. Prof. Aristomenis Antoniadis

Νικόλαος Τρουλάκης



Στάδιο 3: Υπολογισμός μέσης τιμής

Μέση τιμή (R)	Σταθερή Απόκλιση	Δείκτης Διακύμανσης	R+3σ	R+2σ	R+σ
0,10295	0,1298381	1,2611768	0,492464	0,362626	0,232788

>0,33

Στάδιο 4: Υπολογισμός των τιμών του πίνακα



Στατιστική μέθοδος

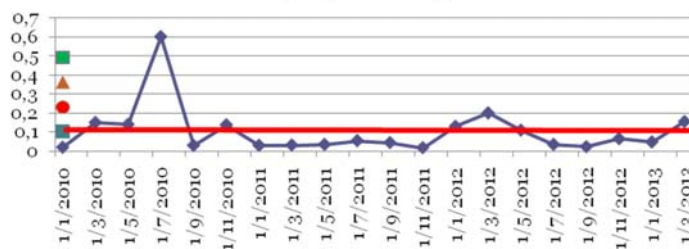
<http://www.m3.tuc.gr>



Dept. of Production Eng. & Management
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab
Assoc. Prof. Aristomenis Antoniadis

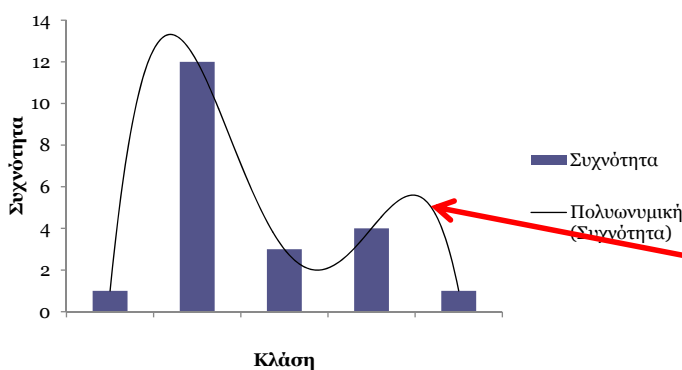
Νικόλαος Τρουλάκης

Τάση Κραδασμών



Στάδιο 5: Έλεγχος απαιτήσεων αξιοπιστίας

Κατανομή Πιθανότητας



Στάδιο 6: Έλεγχος κατανομής

Δεν είναι κανονική κατανομή και συνεπώς το δείγμα δεν είναι καλό!!!!



Στατιστική μέθοδος

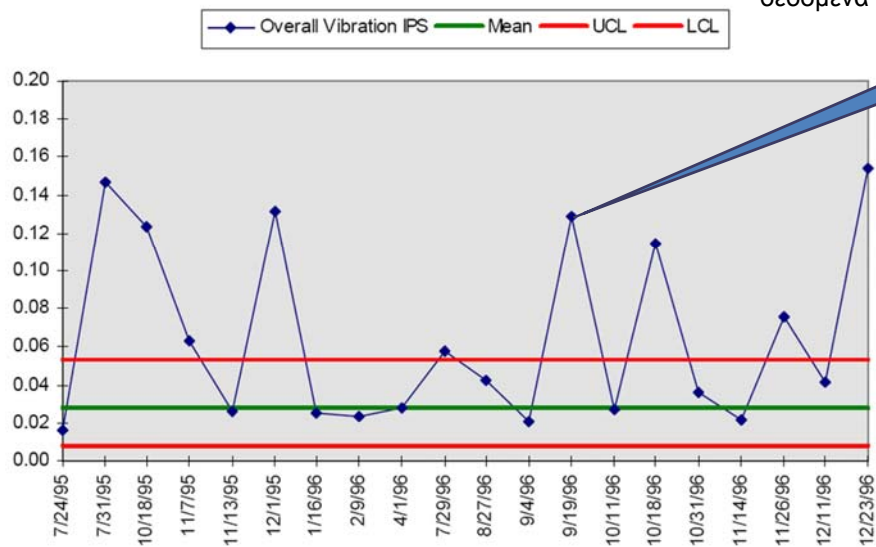
<http://www.m3.tuc.gr>



Dept. of Production Eng. & Management
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab
Assoc. Prof. Aristomenis Antoniadis

Νικόλαος Τρουλάκης

Centrifugal Pump H03 Revised Alarm Data



Τα freaks δεν λαμβάνονται ποτέ υπόψη στη δημιουργία ορίων. Η εμπειρία του αναλυτή είναι αυτή που μπορεί να ξεχωρίσει τα δεδομένα

FREACKS

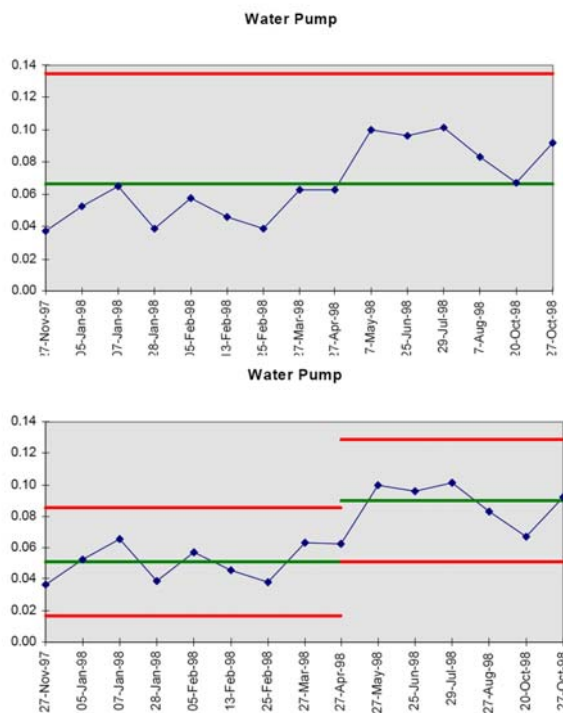


Στατιστική μέθοδος

<http://www.m3.tuc.gr>

Dept. of Production Eng. & Management
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab
Assoc. Prof. Aristomenis Antoniadis

Νικόλαος Τρουλάκης



ξαφνική μεταβολή
επιπέδου
κραδασμών



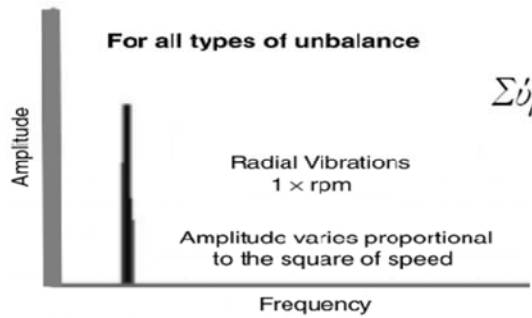
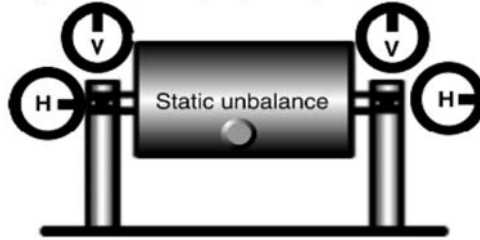
Στατιστική μέθοδος

<http://www.m3.tuc.gr>

Dept. of Production Eng. & Management
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab
Assoc. Prof. Aristomenis Antoniadis

Νικόλαος Τρουλάκης

Σχέσεις φάσεων στην περίπτωση Static Unbalance

Σύμπτωμα: $1X \text{ rpm}$ ακτινικών (radial)

2012



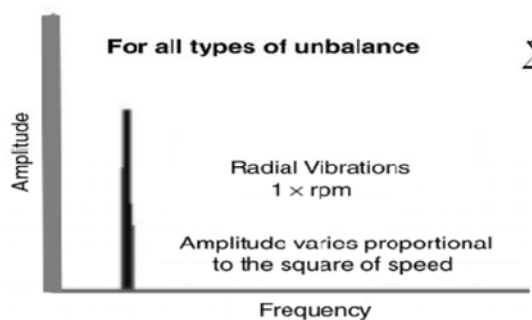
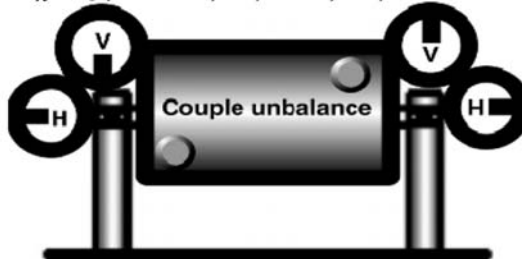
Περιπτώσεις κραδασμών

<http://www.m3.tuc.gr>

Dept. of Production Eng. & Management
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab
Assoc. Prof. Aristomenis Antoniadis

Νικόλαος Τρουλάκης

Σχέσεις φάσεων στην περίπτωση Couple Unbalance

Σύμπτωμα: $1X \text{ rpm}$ ακτινικών (radial)

2012

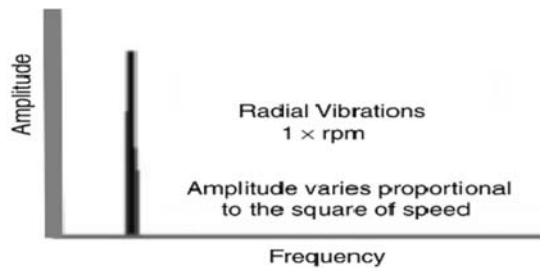
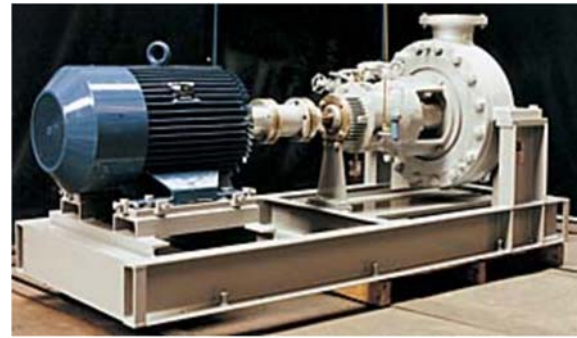
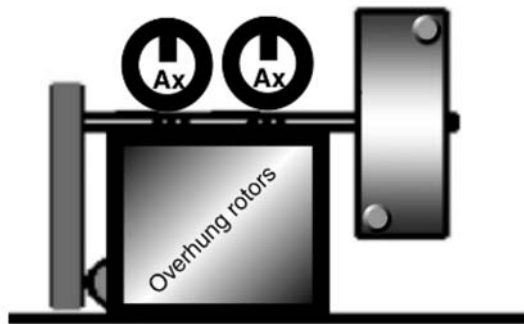


Περιπτώσεις κραδασμών

<http://www.m3.tuc.gr>

Dept. of Production Eng. & Management
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab
Assoc. Prof. Aristomenis Antoniadis

Νικόλαος Τρουλάκης



Παρουσιάζει επίσης κραδασμούς στην αξονική κατεύθυνση

2012

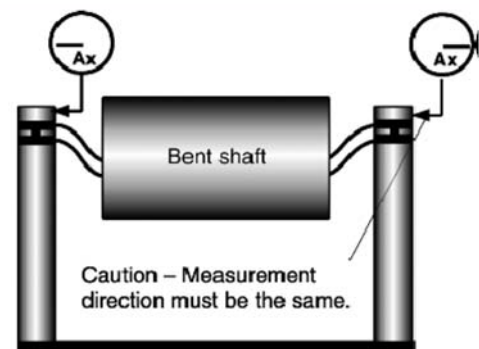
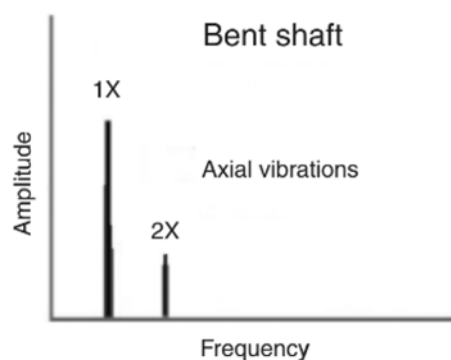


Περιπτώσεις κραδασμών

<http://www.m3.tuc.gr>


Dept. of Production Eng. & Management
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab
Assoc. Prof. Aristomenis Antoniadis

Νικόλαος Τρουλάκης



- Το πλάτος του 1X rpm είναι αυτό που επικρατεί στην περίπτωση που η κάμψη είναι πλησίον του κέντρου του άξονα
- Το πλάτος του 2X rpm είναι αυτό που επικρατεί στην περίπτωση που η κάμψη είναι στα άκρα του άξονα.



2012

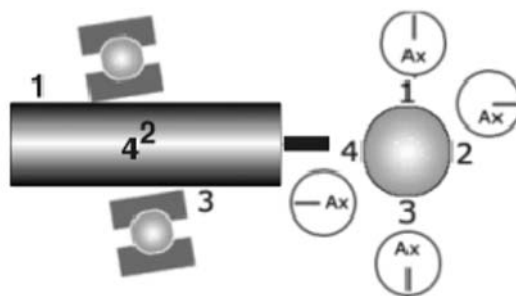


Περιπτώσεις κραδασμών

<http://www.m3.tuc.gr>


Dept. of Production Eng. & Management
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab
Assoc. Prof. Aristomenis Antoniadis

Νικόλαος Τρουλάκης

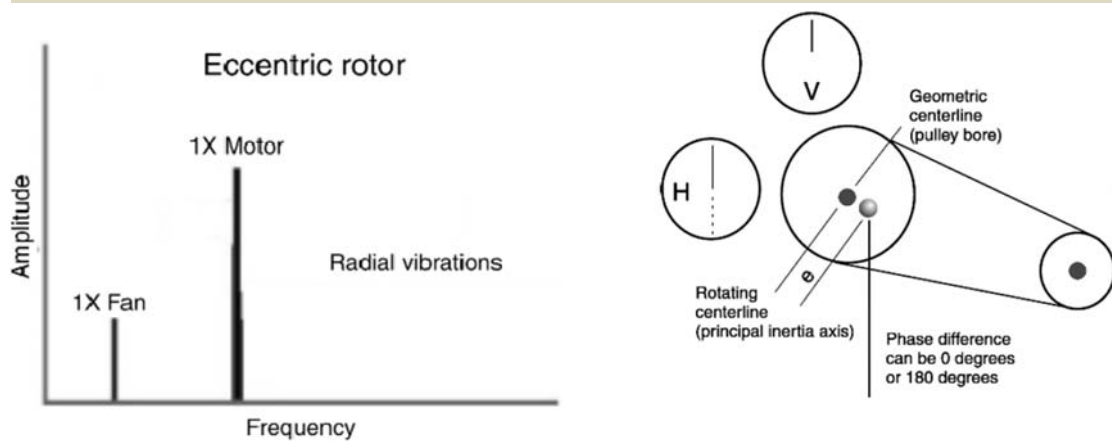


Misaligned bearing
cocked on a shaft



Το φάσμα στην αξονική κατεύθυνση μέτρησης παρουσιάζει κραδασμούς στις συχνότητες
1X, 2X and 3X rpm.





Στην κατεύθυνση που ενώνει τα κέντρα τροχών έχουμε την μέγιστη τιμή δονήσεων στην περίπτωση εκκεντρότητας. Το μεγαλύτερο πλάτος μάλιστα παρουσιάζεται στη συχνότητα περιστροφής του έκκεντρου στροφέα.

2012

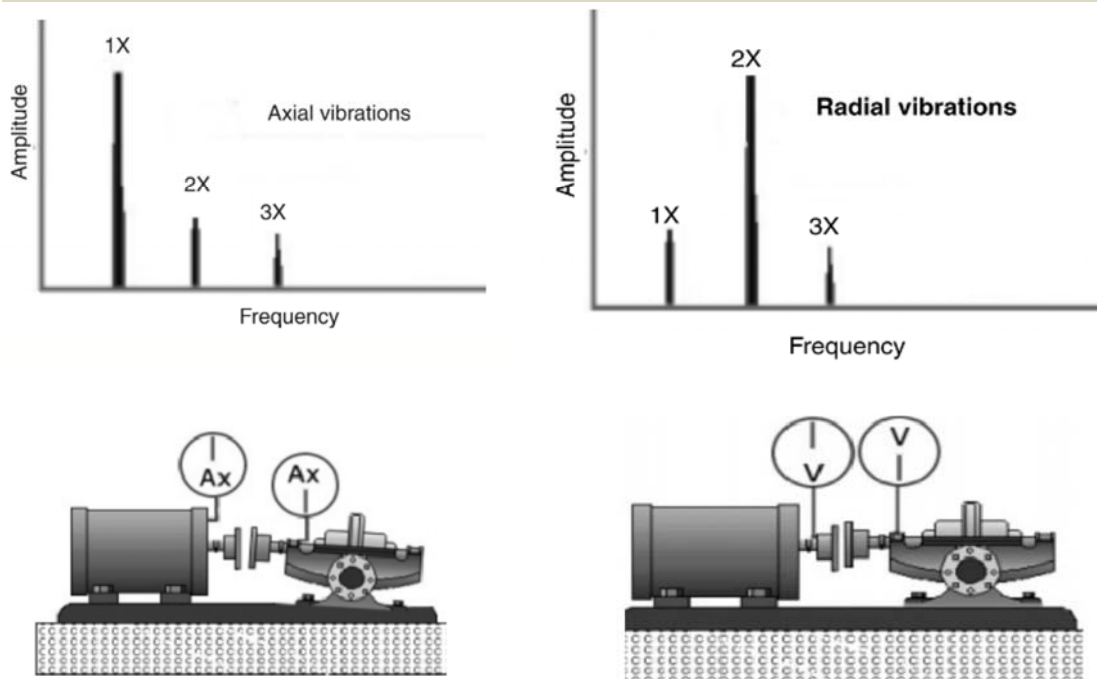


Περιπτώσεις κραδασμών

<http://www.m3.tuc.gr>


Dept. of Production Eng. & Management
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab
Assoc. Prof. Aristomenis Antoniadis

Νικόλαος Τρουλάκης



2012



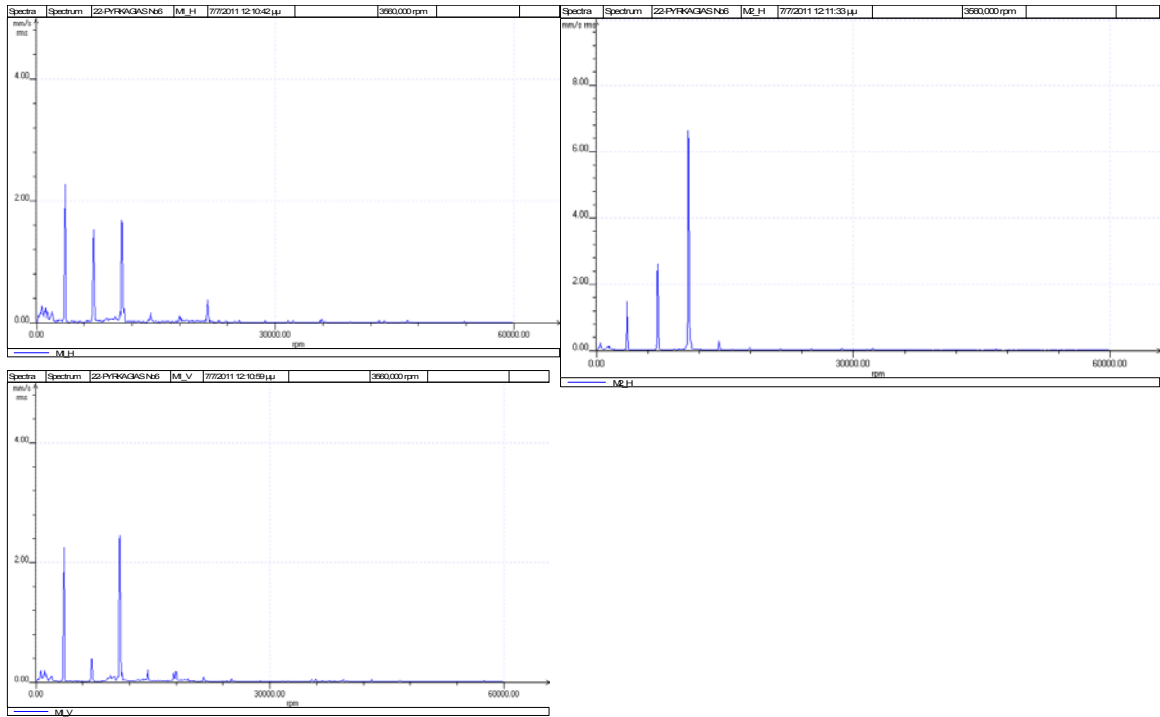
Περιπτώσεις κραδασμών

<http://www.m3.tuc.gr>


Dept. of Production Eng. & Management
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab
Assoc. Prof. Aristomenis Antoniadis

Νικόλαος Τρουλάκης

2012

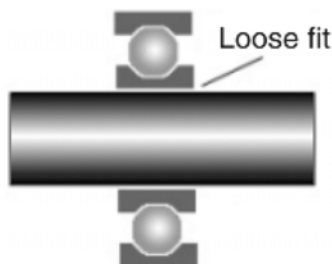


Περιπτώσεις κραδασμών

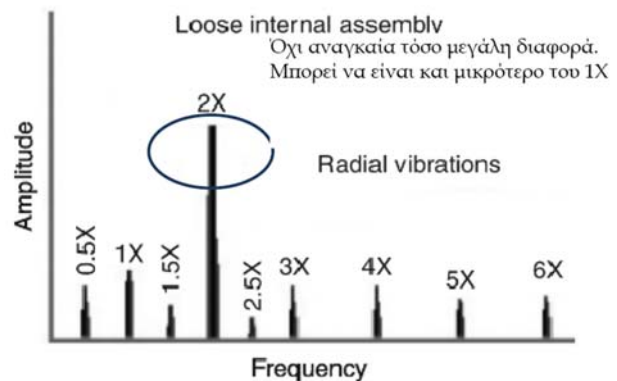
<http://www.m3.tuc.gr>


Dept. of Production Eng. & Management
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab
Assoc. Prof. Aristomenis Antoniadis

Νικόλαος Τρουλάκης



Assembly looseness



2012

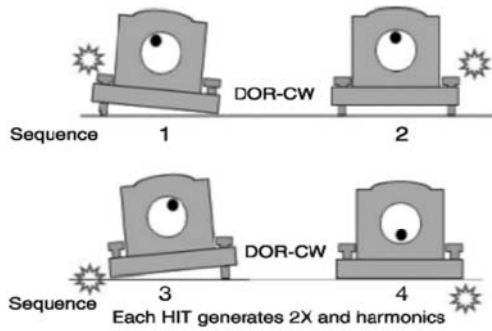


Περιπτώσεις κραδασμών

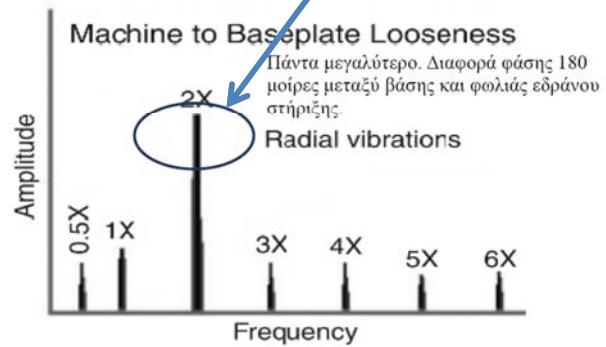
<http://www.m3.tuc.gr>


Dept. of Production Eng. & Management
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab
Assoc. Prof. Aristomenis Antoniadis

Νικόλαος Τρουλάκης



φτάνει συνήθως
50% μεγαλύτερο
της τιμής 1X

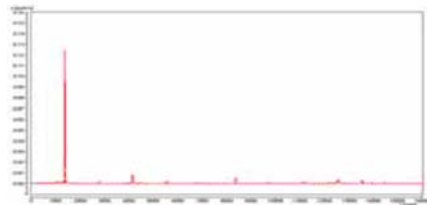
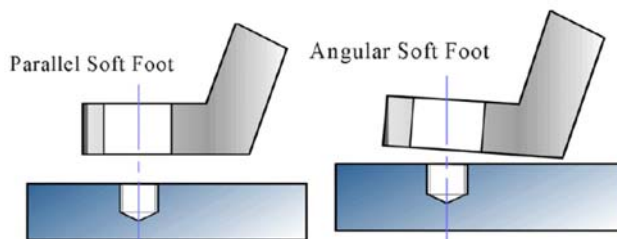


Περιπτώσεις κραδασμών

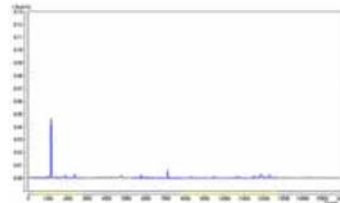
<http://www.m3.tuc.gr>


Dept. of Production Eng. & Management
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab
Assoc. Prof. Aristomenis Antoniadis

Νικόλαος Τρουλάκης



Πριν την χαλάρωση κοχλιών μετρήσεις σε κάθετη κατεύθυνση.



Μετά την χαλάρωση συγκεκριμένου κοχλία και μέτρηση σε κάθετη κατεύθυνση.

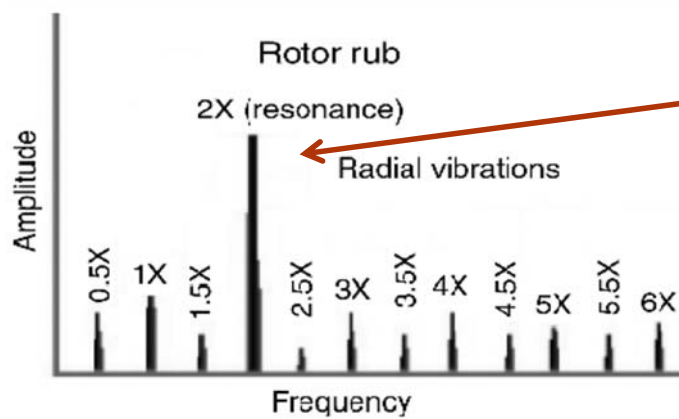


Περιπτώσεις κραδασμών

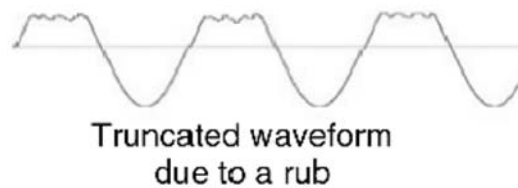
<http://www.m3.tuc.gr>


Dept. of Production Eng. & Management
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab
Assoc. Prof. Aristomenis Antoniadis

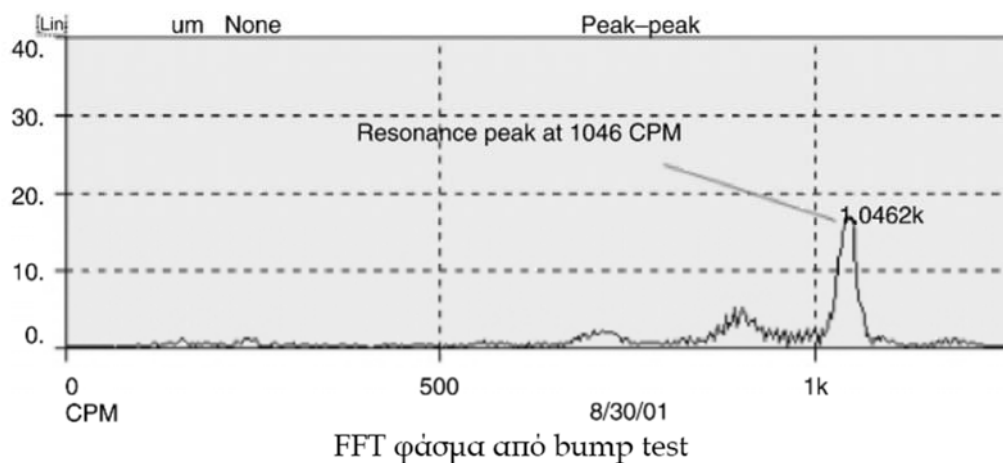
Νικόλαος Τρουλάκης



αν $0,5X > 1X$ τότε η βασική αιτία είναι η επαφή. Μπορεί επίσης να παρουσιάζει ταυτόχρονα ή μεμονωμένα και $1/3X$. Συχνά λόγω της επαφής έχω διέγερση συχνότητας συντονισμού.



2012

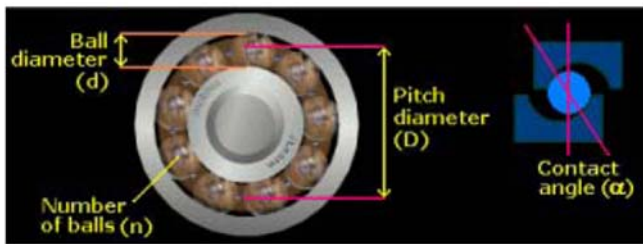


Οι κραδασμοί παρουσιάζονται ιδιαίτερα κατευθυντικοί (δηλ προς μια κατεύθυνση μπορεί να φτάνουν μέχρι και 10πλάσια τιμή ως προς τις άλλες) Για το λόγο αυτό πάντοτε εκτελώ μετρήσεις και προς τις τρεις κατευθύνσεις.

2012



Πρόβλημα σε ρουλεμάν



4



Inner race defect

$$\begin{aligned} \text{Defect on inner race (BPI)} &= \frac{1}{2} n \left(1 + \frac{d}{D} \cos \alpha \right) \\ \text{Defect on outer race (BPO)} &= \frac{1}{2} n \left(1 - \frac{d}{D} \cos \alpha \right) \\ \text{Defect on cage (FT)} &= \frac{1}{2} \left(1 - \frac{d}{D} \cos \alpha \right) \\ \text{Defect on ball (BS)} &= \frac{1}{2} \frac{D}{d} \left[1 - \left(\frac{d}{D} \right)^2 \cos^2 \alpha \right] \end{aligned}$$

Where: d = Ball diameter
 D = Pitch diameter
 n = Number of balls
 α = Contact angle



Περιπτώσεις κραδασμών

<http://www.m3.tuc.gr>



Dept. of Production Eng. & Management
 Micromachining & Manufacturing Modeling Lab
 Assoc. Prof. Aristomenis Antoniadis

Νικόλαος Τρουλάκης

Πρόβλημα σε ρουλεμάν

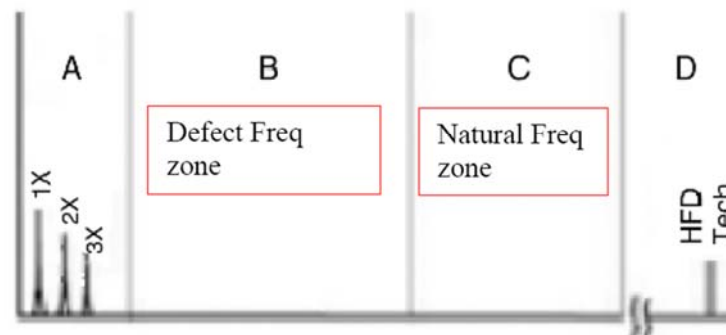
Για τον έλεγχο ρουλεμάν το φάσμα χωρίζεται σε τέσσερις ζώνες (A, B, C and D), όπου επί αυτών παρακολουθούμε τη μεταβολή κατάστασης των ρουλεμάν. Οι ζώνες αυτές είναι:

Zone A: machine rpm και harmonics zone

Zone B: bearing defect frequencies zone (5–30 kcpm)

Zone C: bearing component natural frequencies zone (30–120 kcpm)

Zone D: high-frequency-detection (HFD) zone (beyond 120 kcpm).



Περιπτώσεις κραδασμών

<http://www.m3.tuc.gr>



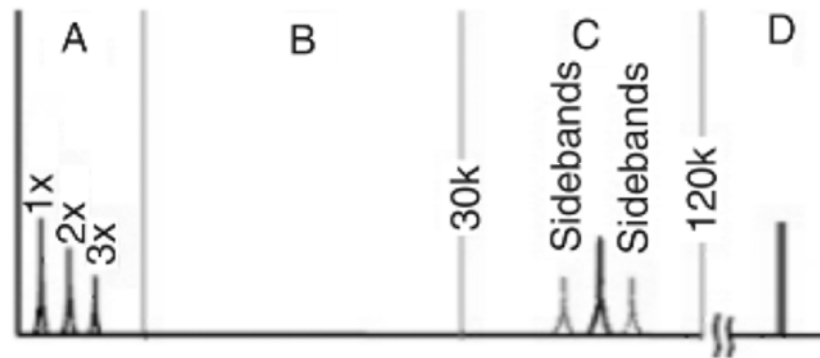
Dept. of Production Eng. & Management
 Micromachining & Manufacturing Modeling Lab
 Assoc. Prof. Aristomenis Antoniadis

Νικόλαος Τρουλάκης

Πρόβλημα σε ρουλεμάν

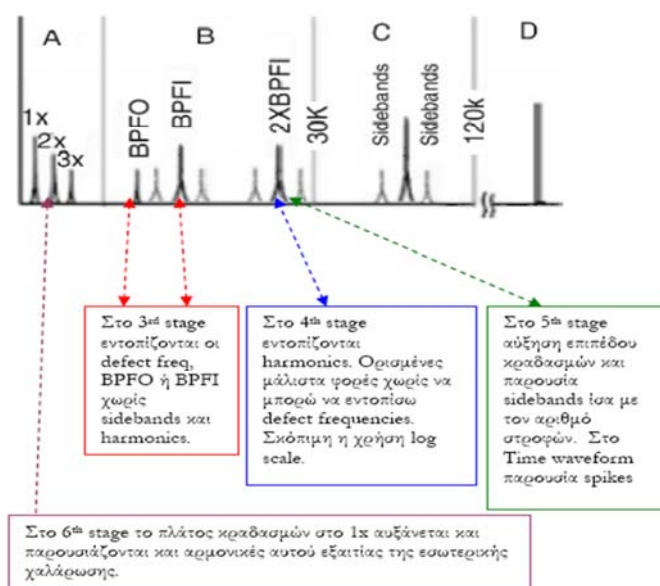
Στο **stage one** η φθορά του ρουλεμάν παρουσιάζεται την περιοχή ultrasonic frequency ranges 20–60 kHz (120–360 kcpm), zone D.

Στο **stage two**, η φθορά πάνω στις επιφάνειες κύλισης (εσωτερικά και εξωτερικά) του ρουλεμάν ξεκινάει να εμφανίζεται με τη μορφή μικρών εγχοπών.



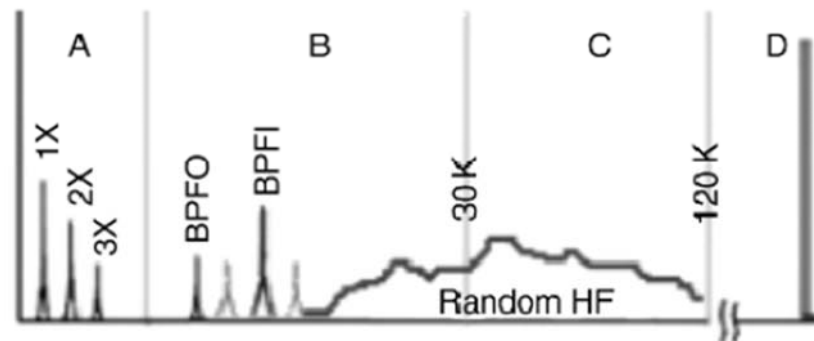
Πρόβλημα σε ρουλεμάν

Στα **third-fourth-fifth-sixth stage** διακρίνονται οι bearing frequencies και οι αρμονικές τους επί του φάσματος. Συνήθως συνοδεύονται με sidebands.



Πρόβλημα σε ρουλεμάν

Στο **seventh-eighth stage**, οι εγκοπές έχουν αυξηθεί και ενωθεί μεταξύ τους, δημιουργώντας αυλακώσεις εντός του ρουλεμάν. Το ρουλεμάν απαιτεί άμεση αλλαγή. Ακόμη και το πλάτος του 1X rpm αυξάνεται.



Περιπτώσεις κραδασμών

<http://www.m3.tuc.gr>


Dept. of Production Eng. & Management
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab
Assoc. Prof. Aristomenis Antoniadis

Νικόλαος Τρουλάκης

Ηλεκτρικά προβλήματα

Οι βασικές συχνότητες που απαιτείται να υπολογίσουμε, για τη διερεύνηση ηλεκτρικής

φύσεως προβλημάτων, είναι οι ακόλουθες:

$$F_s = \text{Slip Frequency} = \text{Synchronous speed} - \text{Actual speed}^5$$

$$F_p = \text{Pole Pass Freq} = \text{Slip Frequency} \times P$$

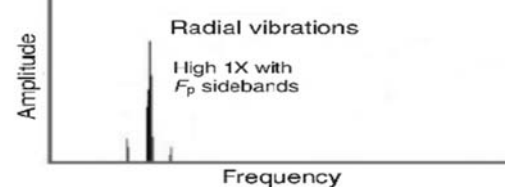
$$F_L = \text{line freq}$$

Όπου την πραγματική ταχύτητα (actual speed) τη μετράμε και

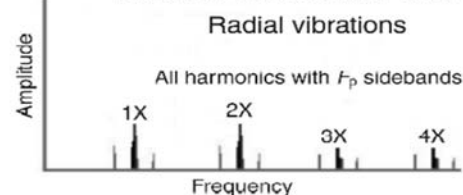
$$\text{Synchronous speed} = 120 \times \text{freq} / P$$



ELECTRICAL PROBLEMS – ROTOR Broken or cracked rotor bars



ELECTRICAL PROBLEMS – ROTOR Broken or cracked rotor bars



Περιπτώσεις κραδασμών

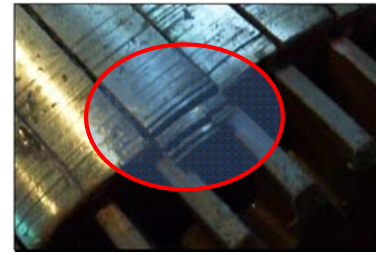
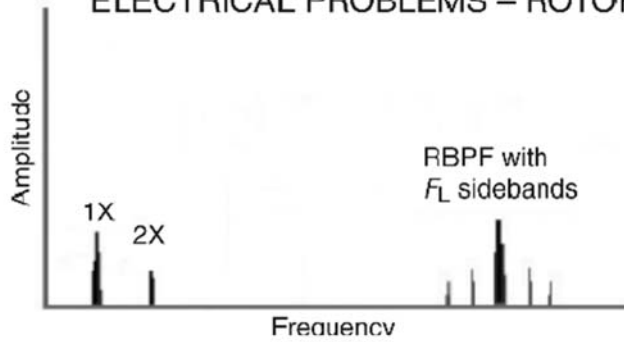
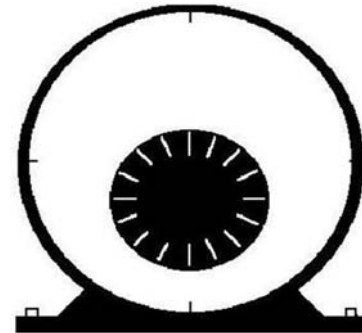
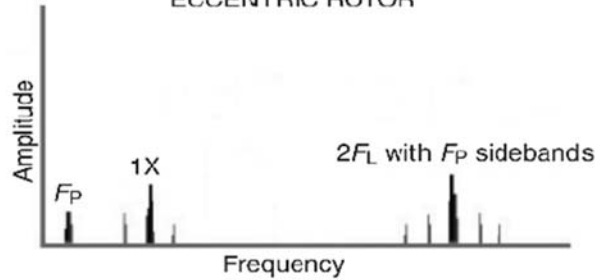
<http://www.m3.tuc.gr>


Dept. of Production Eng. & Management
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab
Assoc. Prof. Aristomenis Antoniadis

Νικόλαος Τρουλάκης

2012

ELECTRICAL PROBLEMS – ROTOR

ELECTRICAL PROBLEMS –
ECCENTRIC ROTOR

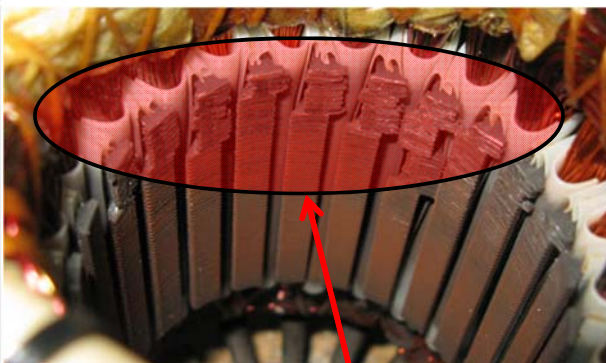
Περιπτώσεις κραδασμών

<http://www.m3.tuc.gr>

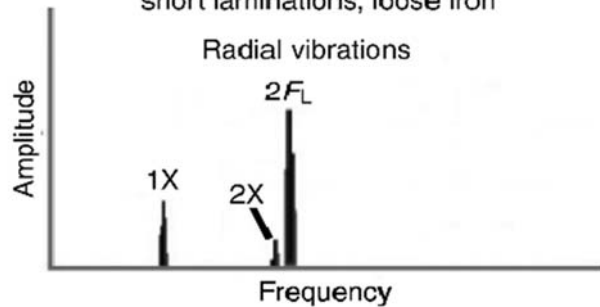
Dept. of Production Eng. & Management
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab
Assoc. Prof. Aristomenis Antoniadis

Νικόλαος Τρουλάκης

2012



Lamination

Electrical problems – stator eccentricity,
short laminations, loose iron

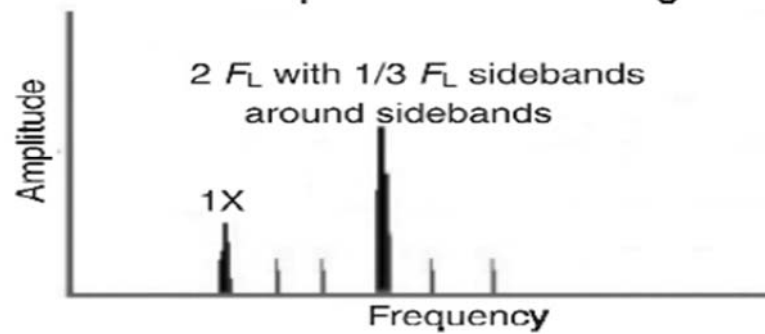
Περιπτώσεις κραδασμών

<http://www.m3.tuc.gr>

Dept. of Production Eng. & Management
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab
Assoc. Prof. Aristomenis Antoniadis

Νικόλαος Τρουλάκης

Electrical problems – Phasing



Περιπτώσεις κραδασμών

<http://www.m3.tuc.gr>

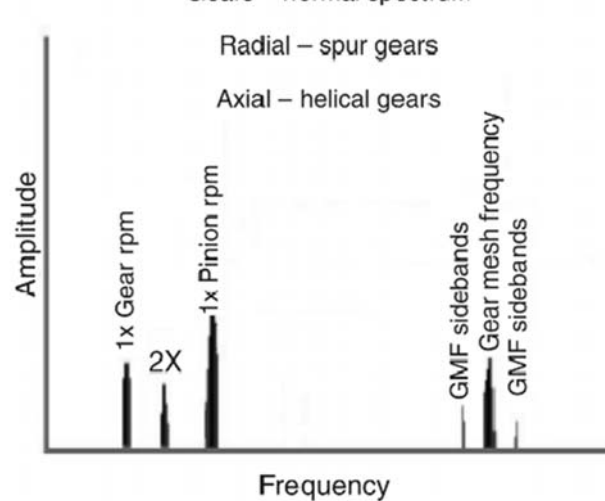
Dept. of Production Eng. & Management
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab
Assoc. Prof. Aristomenis Antoniadis

Νικόλαος Τρουλάκης

Gear Mesh Frequency (GMF) = number of teeth on pinion $\times$ pinion rpm

Output speed/Input Speed = #Input Teeth/#Input Teeth

Gears – normal spectrum

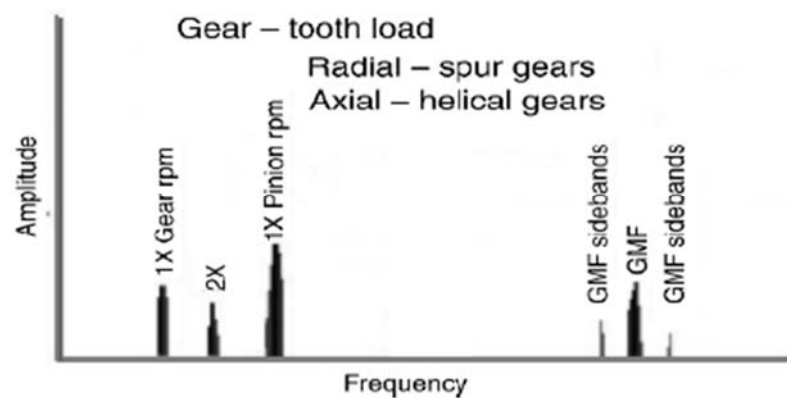
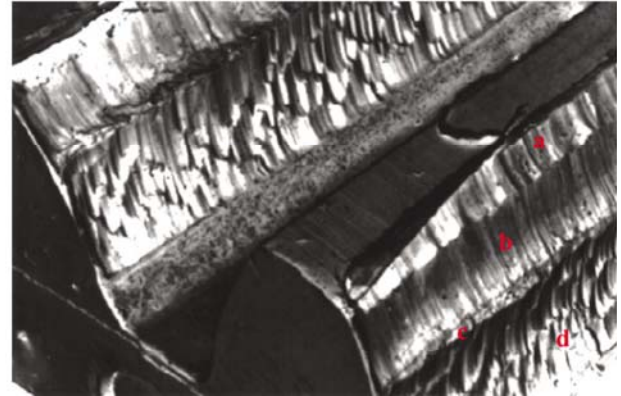
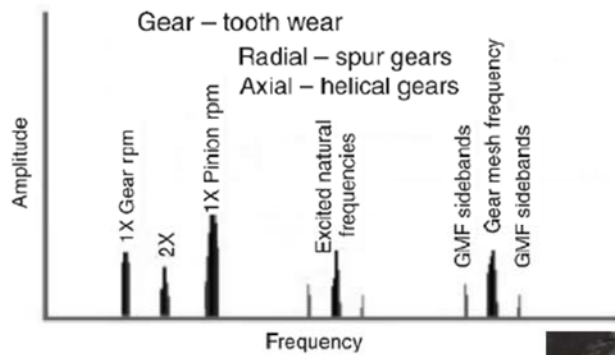


Περιπτώσεις κραδασμών

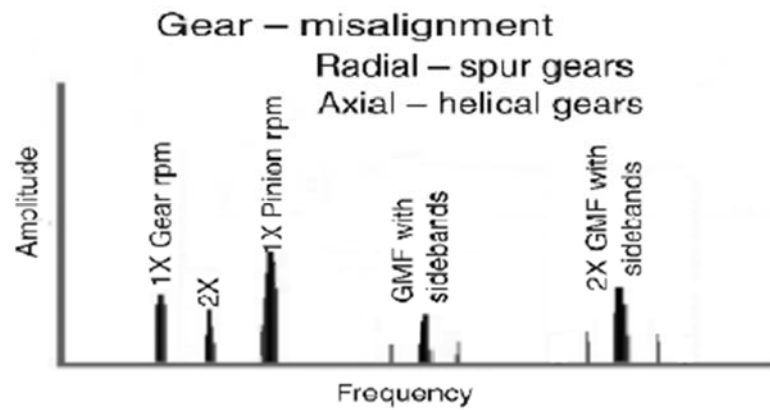
<http://www.m3.tuc.gr>

Dept. of Production Eng. & Management
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab
Assoc. Prof. Aristomenis Antoniadis

Νικόλαος Τρουλάκης



2012

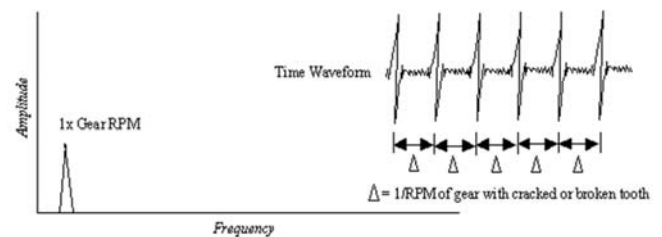
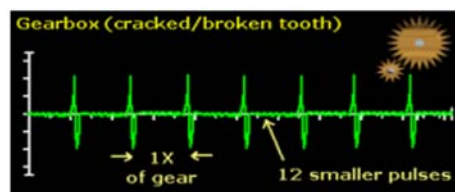


Περιπτώσεις κραδασμών

<http://www.m3.tuc.gr>

Dept. of Production Eng. & Management
 Micromachining & Manufacturing Modeling Lab
 Assoc. Prof. Aristomenis Antoniadis

Νικόλαος Τρουλάκης



2012



Περιπτώσεις κραδασμών

<http://www.m3.tuc.gr>

Dept. of Production Eng. & Management
 Micromachining & Manufacturing Modeling Lab
 Assoc. Prof. Aristomenis Antoniadis

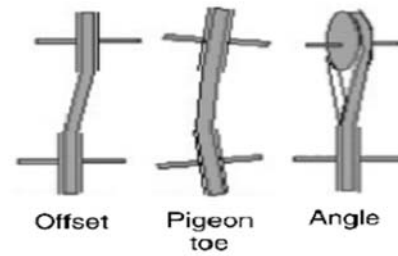
Νικόλαος Τρουλάκης

Υπολογισμός συχνότητας ιμάντα

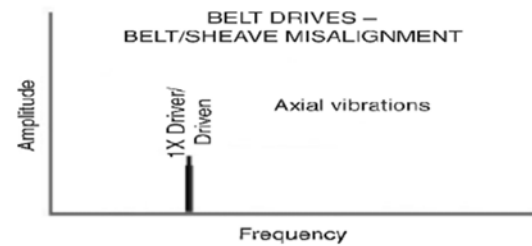
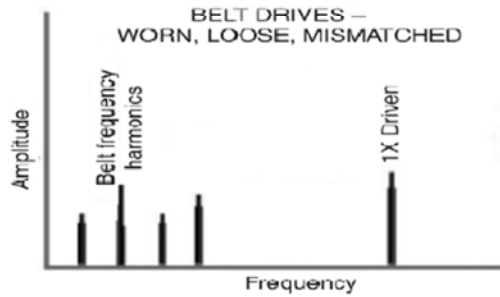
$$\text{Driven RPM}/\text{Driving RPM} = \text{Driving Diameter}/\text{Driven Diameter}$$

$$\text{Belt Freq} = 3.14 \times \text{Sheave RPM} \times \text{Sheave Diameter} / \text{Belt Length}$$

Ευθυγράμμιση



Φθορά, χαλάρωση, ασυμβατότητα ιμάντων



2012



Περιπτώσεις κραδασμών

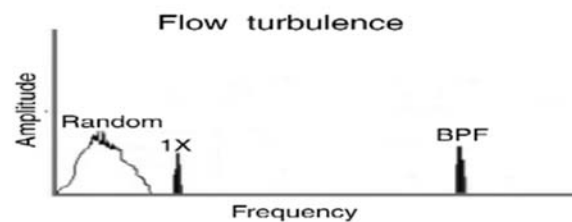
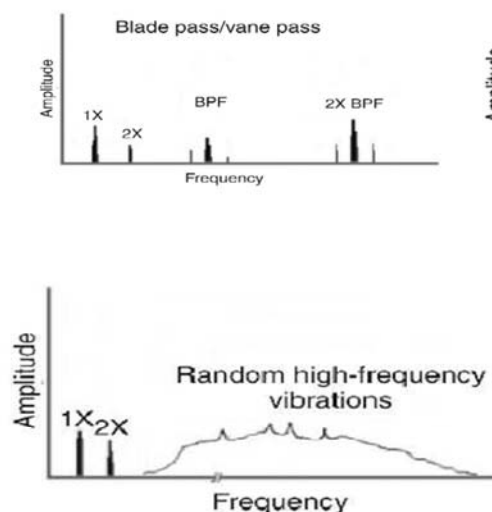
<http://www.m3.tuc.gr>


Dept. of Production Eng. & Management
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab
Assoc. Prof. Aristomenis Antoniadis

Νικόλαος Τρουλάκης

α. Blade Pass Frequency

$$\text{Blade Pass Freq} = \text{number of blades} \times \text{RPM}$$



2012



Περιπτώσεις κραδασμών

<http://www.m3.tuc.gr>

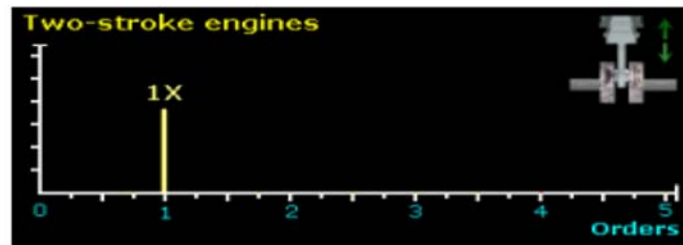

Dept. of Production Eng. & Management
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab
Assoc. Prof. Aristomenis Antoniadis

Νικόλαος Τρουλάκης

Σύμπτωμα: 0.5X peak για 4χρονη μηχανή

1X peak για 2χρονη μηχανή

Τα επίπεδα κραδασμών των παλινδρομικών μηχανημάτων, κατά κανόνα είναι αρκετά υψηλά.



2012

ΜΕΘΟΔΟΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΚΡΑΔΑΣΜΩΝ ΚΑΙ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ
ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΣΕ ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΙΚΑ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΑ ΠΛΟΙΩΝ



Περιπτώσεις κραδασμών

<http://www.m3.tuc.gr>



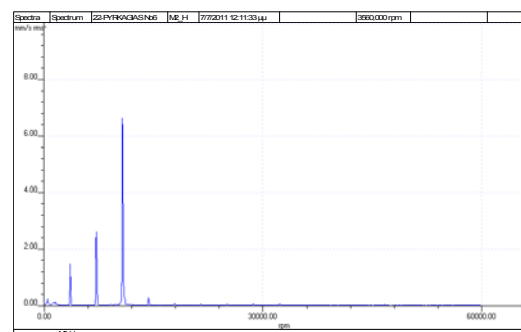
Dept. of Production Eng. & Management
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab
Assoc. Prof. Aristomenis Antoniadis

Νικόλαος Τρουλάκης

B&K Vibrotest60 της Brüel & Kjaer Vibro με αισθητήρα ταχύτητας, με μαγνήτη



XMS software της ίδιας εταιρείας



2012

ΜΕΘΟΔΟΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΚΡΑΔΑΣΜΩΝ ΚΑΙ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ
ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΣΕ ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΙΚΑ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΑ ΠΛΟΙΩΝ



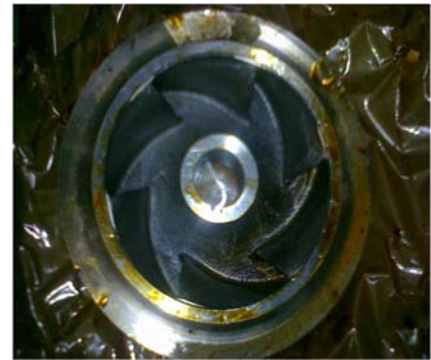
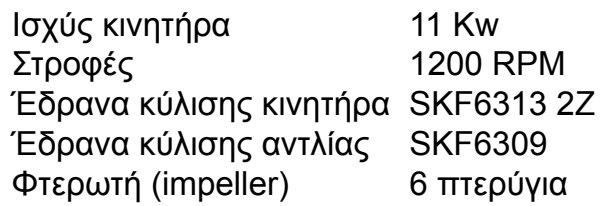
Περιπτώσεις κραδασμών

<http://www.m3.tuc.gr>



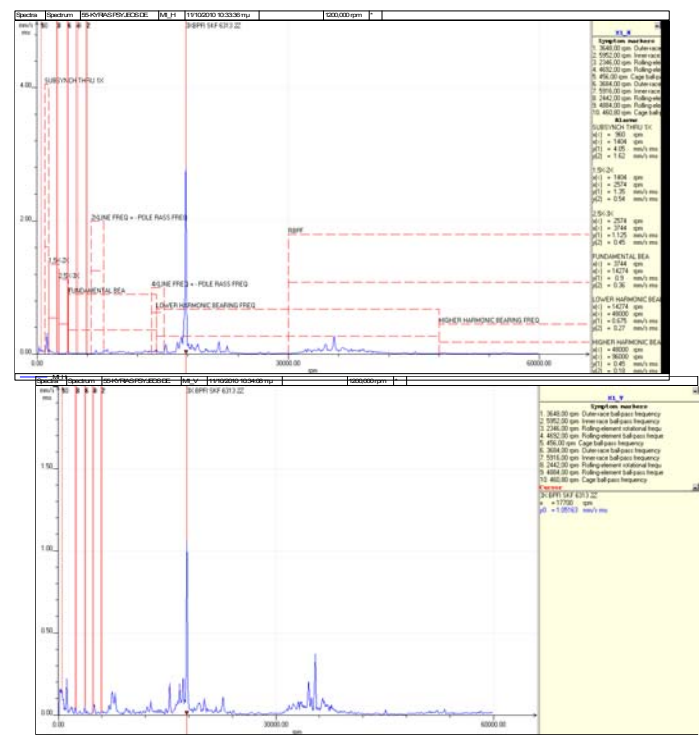
Dept. of Production Eng. & Management
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab
Assoc. Prof. Aristomenis Antoniadis

Νικόλαος Τρουλάκης



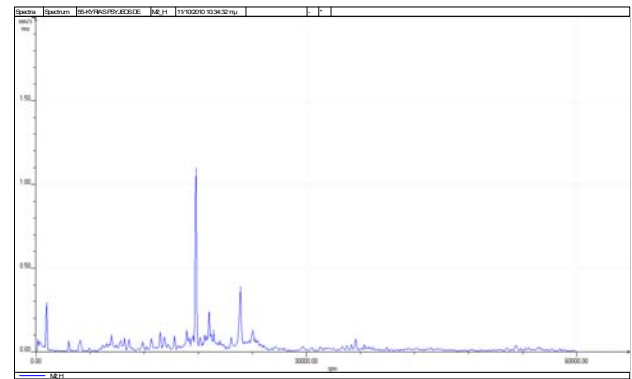
Οριζόντια κατεύθυνση σημείο 1

Κατακόρυφη κατεύθυνση σημείο 1

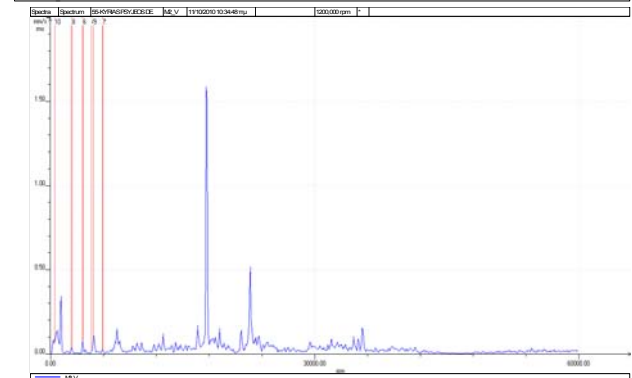




Οριζόντια κατεύθυνση
σημείο 2



Κατακόρυφη κατεύθυνση
σημείο 2

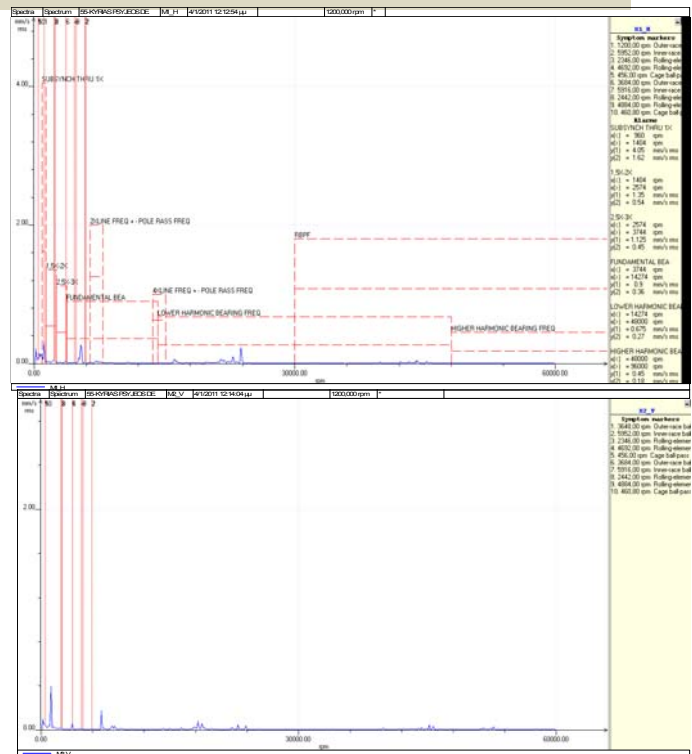


Μετά εξάρμωση του υδραυλικού μέρους αντικαταστάθηκαν τα ακόλουθα υλικά:

- Ένα Mechanical Seal
- Ένα έδρανο κύλισης SKF6309
- Ένας δακτύλιος αν/σης κελύφους
- Δακτύλιοι στεγανότητας
- Ένα κουζινέτο πυθμένος σταθερό
- Ένα κινητό κουζινέτο πυθμένος

Κατόπιν εκτελέστηκε επιθεώρηση κινητήρα όπου διαπιστώθηκε αστοχία στα δύο έδρανα κύλισης SKF 6313 2Z τα οποία και αντικαταστάθηκαν.

2012

Οριζόντια κατεύθυνση
σημείο 1Κατακόρυφη κατεύθυνση
σημείο 1

Περιπτώσεις κραδασμών

<http://www.m3.tuc.gr>Dept. of Production Eng. & Management
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab
Assoc. Prof. Aristomenis Antoniadis

Νικόλαος Τρουλάκης

2012

Ισχύς κινητήρα 50hp ή 37,3Kw
 Στροφές 1750rpm
 Έδρανα κύλισης κινητήρα SKF6216 C3
 Έδρανα κύλισης αντλίας SKF6311 C3

ISO 10816

Παραλαβή καλο μετριο sos

Vibration velocity (10 ^{-10000Hz} / > 1200 min ⁻¹) mm/s rms								
	11.00	7.10	4.50	3.50	2.80	2.30	1.40	0.71
Machine type	Setting	Strong	Soft	Strong	Soft	Strong	Soft	Strong
	Group	Group 4	Group 3	Group 2	Group 1	Group 2	Group 1	Group 1



Περιπτώσεις κραδασμών

<http://www.m3.tuc.gr>Dept. of Production Eng. & Management
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab
Assoc. Prof. Aristomenis Antoniadis

Νικόλαος Τρουλάκης



Περιπτώσεις κραδασμών

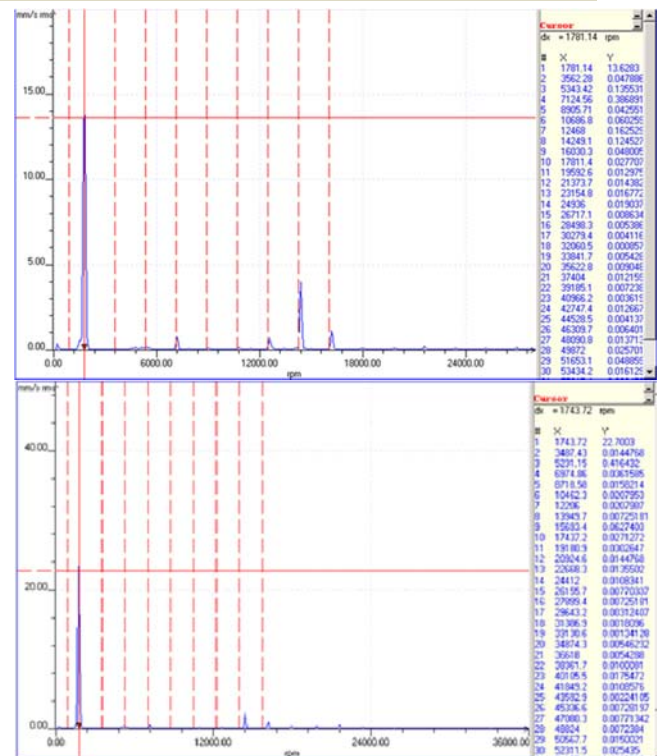
<http://www.m3.tuc.gr>

 Dept. of Production Eng. & Management
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab
Assoc. Prof. Aristomenis Antoniadis

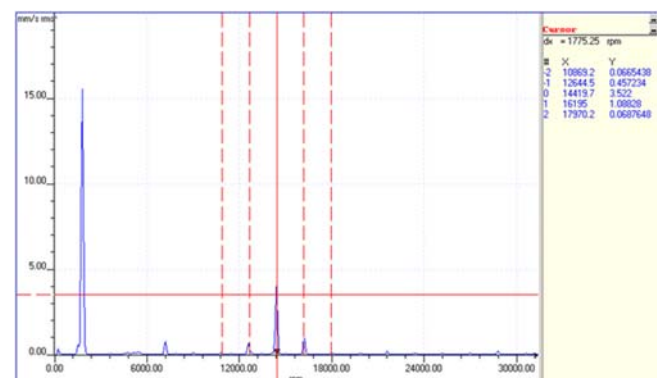
Νικόλαος Τρουλάκης

Μέτρηση στην κατακόρυφη
κατεύθυνση

Μέτρηση στην οριζόντια
κατεύθυνση



Αν και το peak στις
14420rpm είναι εντός ορίων
εμπνέει ανησυχία γιατί
παρατηρούμε πλευρικές
(sidebands) οι οποίες είναι
εκατέρωθεν του peak σε
απόσταση περίπου ίση με
τον αριθμό στροφών



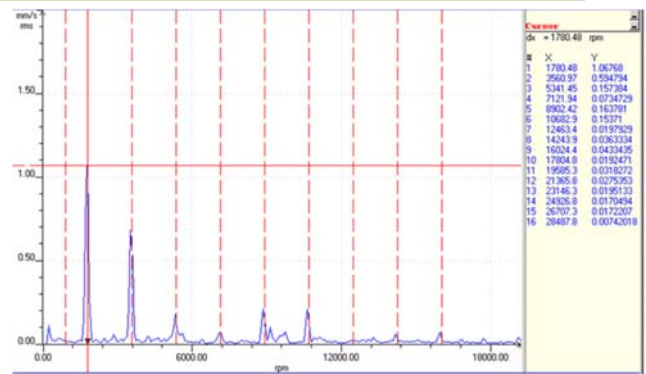
Περιπτώσεις κραδασμών

<http://www.m3.tuc.gr>

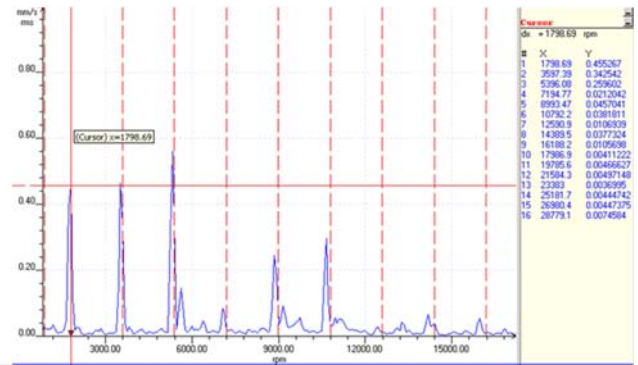
 Dept. of Production Eng. & Management
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab
Assoc. Prof. Aristomenis Antoniadis

Νικόλαος Τρουλάκης

Μέτρηση στην κατακόρυφη
κατεύθυνση



Μέτρηση στην οριζόντια
κατεύθυνση



Περιπτώσεις κραδασμών

<http://www.m3.tuc.gr>



Dept. of Production Eng. & Management
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab
Assoc. Prof. Aristomenis Antoniadis

Νικόλαος Τρουλάκης



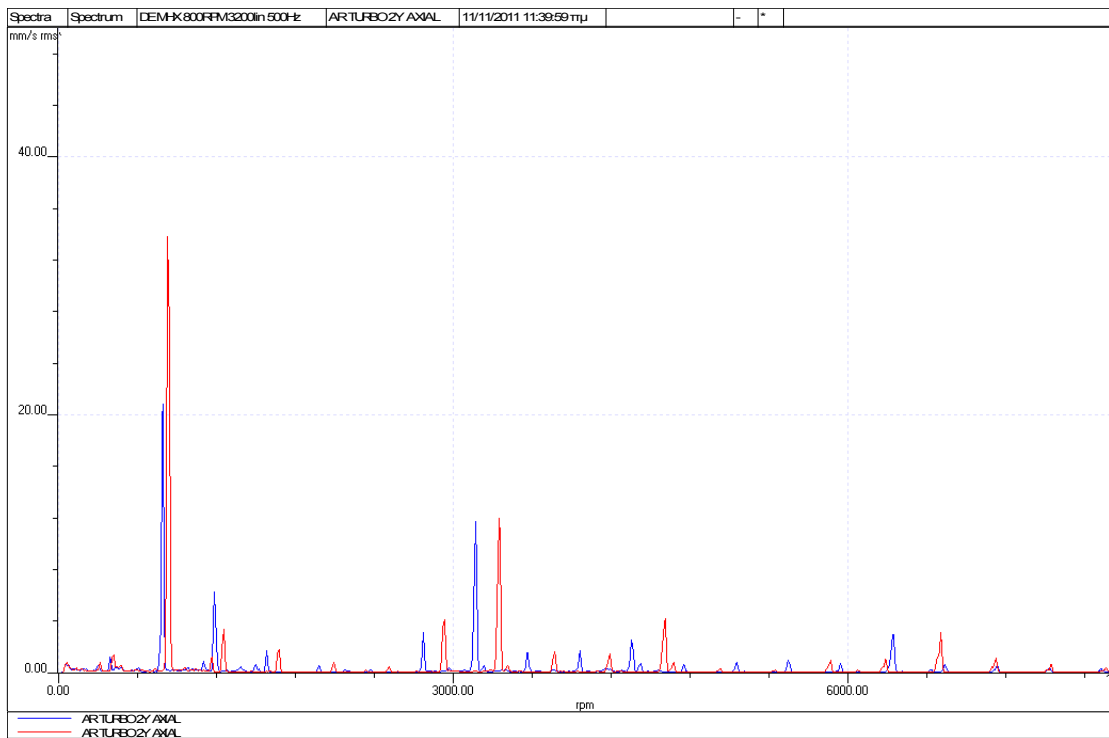
Περιπτώσεις κραδασμών

<http://www.m3.tuc.gr>



Dept. of Production Eng. & Management
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab
Assoc. Prof. Aristomenis Antoniadis

Νικόλαος Τρουλάκης

2^η Εφαρμογή

2012

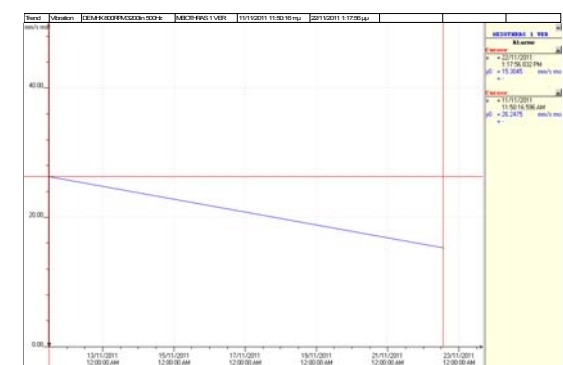
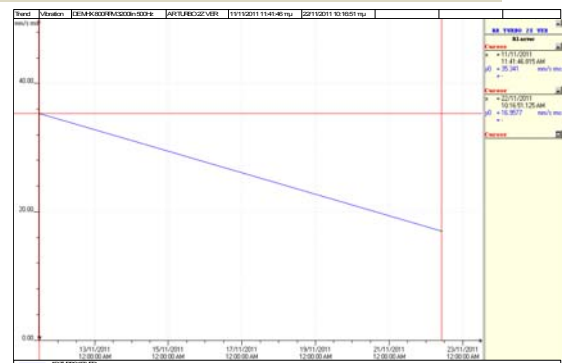
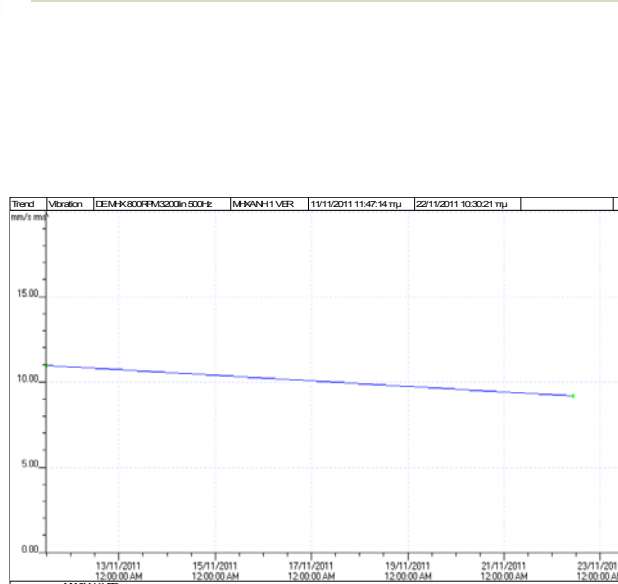
 ΜΕΘΟΔΟΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΚΡΑΔΑΣΜΩΝ ΚΑΙ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ
ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΣΕ ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΙΚΑ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΑ ΠΛΟΙΩΝ


Περιπτώσεις κραδασμών

<http://www.m3.tuc.gr>

 Dept. of Production Eng. & Management
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab
Assoc. Prof. Aristomenis Antoniadis

Νικόλαος Τρουλάκης

2^η Εφαρμογή

2012

 ΜΕΘΟΔΟΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΚΡΑΔΑΣΜΩΝ ΚΑΙ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ
ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΣΕ ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΙΚΑ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΑ ΠΛΟΙΩΝ

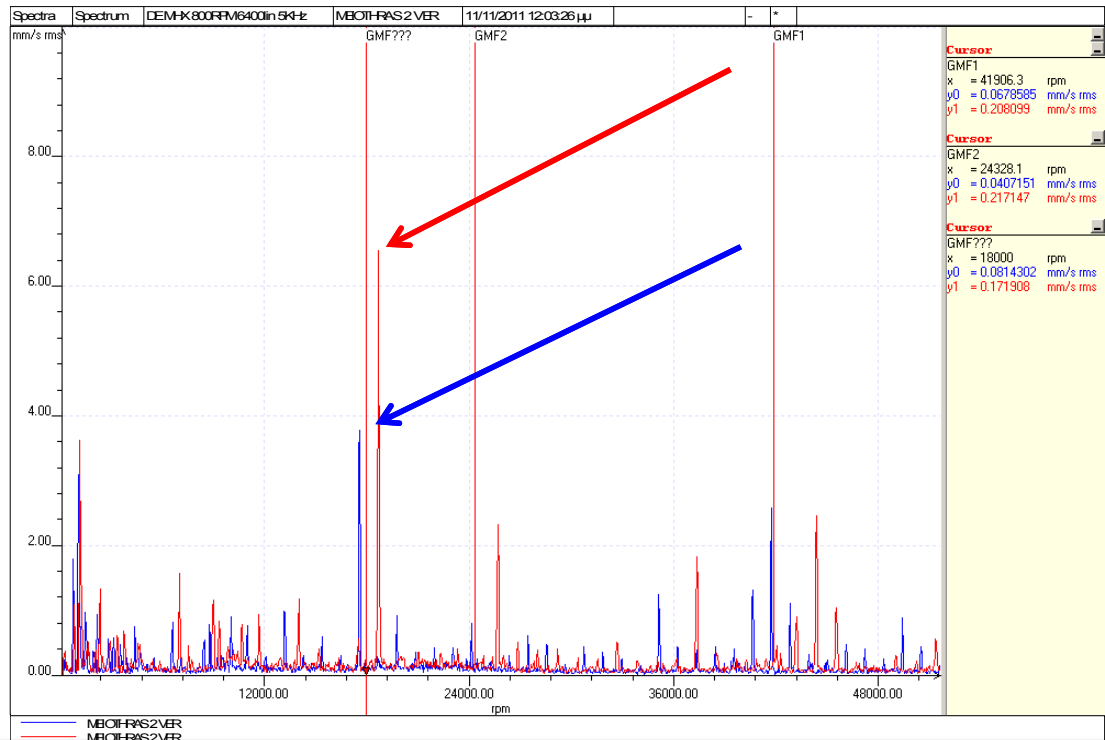

Περιπτώσεις κραδασμών

<http://www.m3.tuc.gr>

 Dept. of Production Eng. & Management
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab
Assoc. Prof. Aristomenis Antoniadis

Νικόλαος Τρουλάκης

2012



Περιπτώσεις κραδασμών

<http://www.m3.tuc.gr>

Dept. of Production Eng. & Management
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab
Assoc. Prof. Aristomenis Antoniadis

Νικόλαος Τρουλάκης

2012



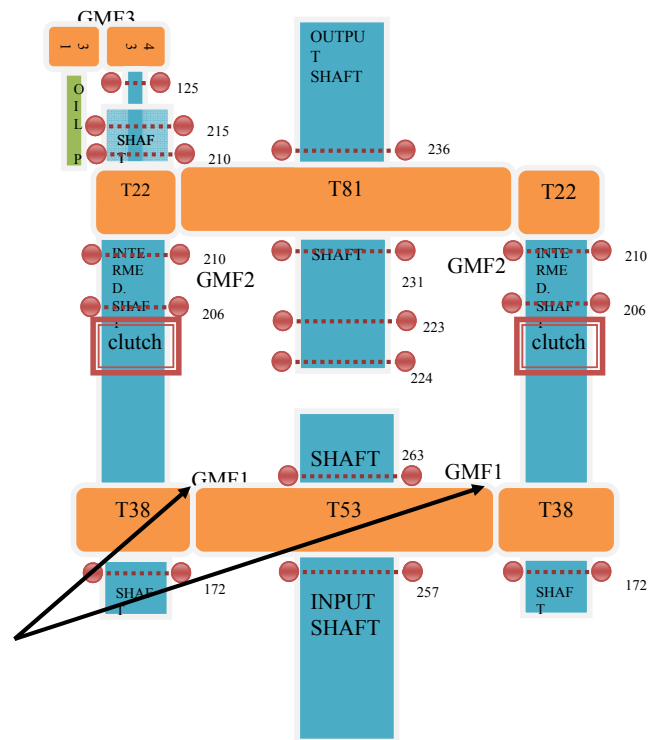
Περιπτώσεις κραδασμών

<http://www.m3.tuc.gr>

Dept. of Production Eng. & Management
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab
Assoc. Prof. Aristomenis Antoniadis

Νικόλαος Τρουλάκης

2012



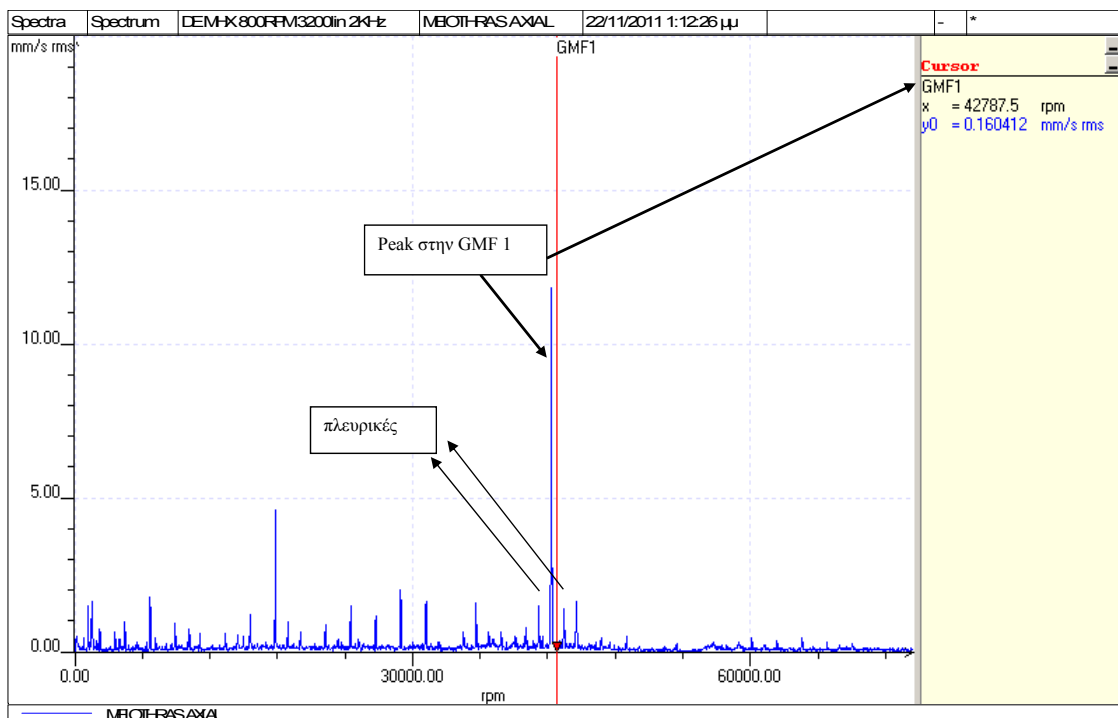
Περιπτώσεις κραδασμών

<http://www.m3.tuc.gr>

 Dept. of Production Eng. & Management
 Micromachining & Manufacturing Modeling Lab
 Assoc. Prof. Aristomenis Antoniadis

Νικόλαος Τρουλάκης

2012



Περιπτώσεις κραδασμών

<http://www.m3.tuc.gr>

 Dept. of Production Eng. & Management
 Micromachining & Manufacturing Modeling Lab
 Assoc. Prof. Aristomenis Antoniadis

Νικόλαος Τρουλάκης



Περιπτώσεις κραδασμών

<http://www.m3.tuc.gr>



Dept. of Production Eng. & Management
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab
Assoc. Prof. Aristomenis Antoniadis

Νικόλαος Τρουλάκης