

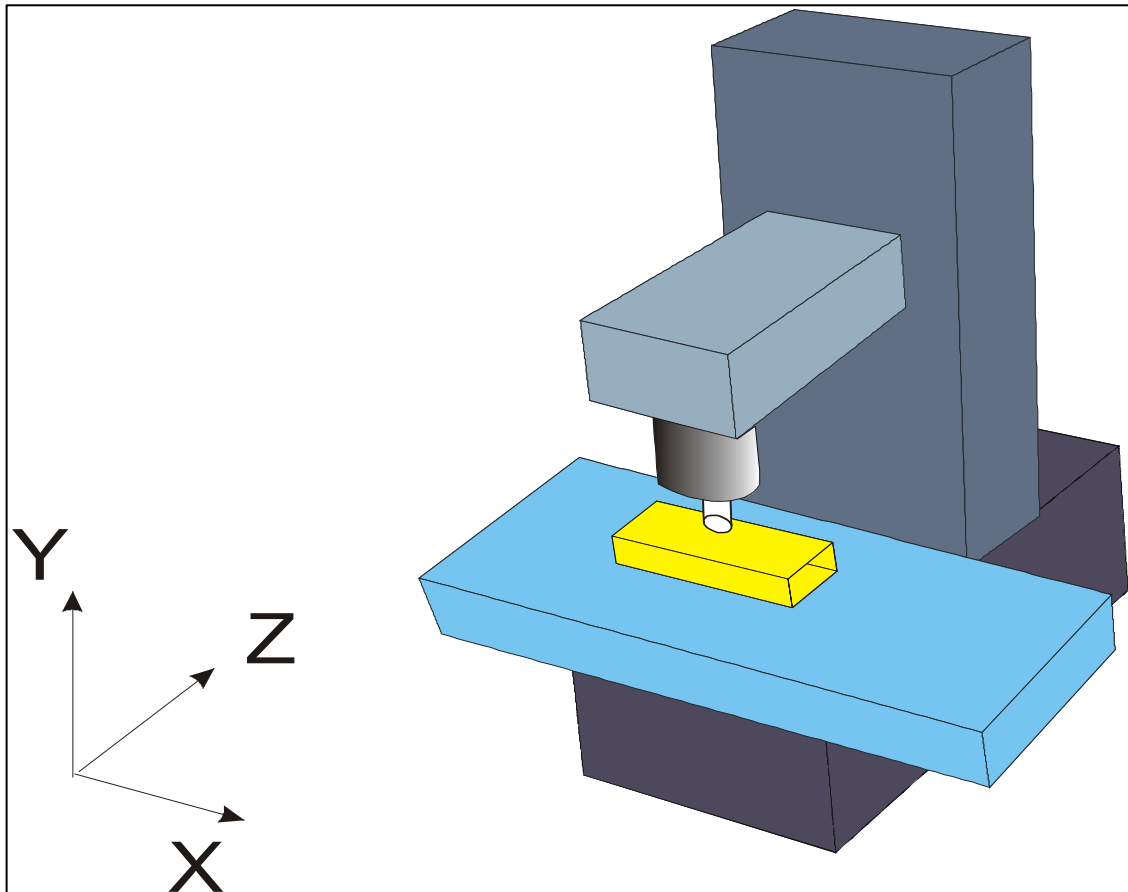
Μετροτεχνικός προσδιορισμός των δυναμικών ταλαντωτικών χαρακτηριστικών της εργαλειομηχανής και του κοπτικού εργαλείου στη θέση κοπής

Στα πλαίσια του παρόντος ερευνητικού έργου έγινε προσδιορισμός της συνάρτησης μεταφοράς μιας γενικής χρήσης φρεζομηχανής στη θέση κοπής. Σε μια μηχανή φρεζαρίσματος προέχει η δυσκαμψία της στη θέση κοπής, η οποία σχετίζεται άμεσα με τη δυσκαμψία της φρεζοκεφαλής και της ατράκτου της. Σε αντίθεση με το μετωπικό φρεζάρισμα στο περιφερειακό και πολυαξονικό φρεζάρισμα σημαντικό ρόλο κατά την κατεργασία παίζει η δυσκαμψία της ατράκτου της φρεζομηχανής και της φρεζοκεφαλής, η οποία μπορεί να οδηγήσει σε εμφάνιση ασταθών φαινομένων κατά την κατεργασία. Παράλληλα με όλα αυτά, κατά το πολυαξονικό φρεζάρισμα το προς κατεργασία υλικό (τεμάχιο) είναι στιβαρά προσδεδεμένο πάνω στην τράπεζα κατεργασίας, ούτως ώστε το όλο σύστημα της ατράκτου της φρεζομηχανής να είναι αυτό που επηρεάζει κατά κύριο λόγο τη δυσκαμψία στη θέση κοπής. Στις διεργασίες φρεζαρίσματος είναι αναμενόμενη η εμφάνιση αστάθειας από την πλευρά της φρεζοκεφαλής της εργαλειομηχανής, η οποία με τη σειρά της οδηγεί σε δημιουργία κυματώσεων στην επιφάνεια του κατεργασμένου δοκιμίου.

Η κύρια δύναμη κοπής, η οποία εμφανίζεται κατά την κοπή στο περιφερειακό φρεζάρισμα, βρίσκεται κατά τη διεύθυνση X (Εικόνα 1). Για αυτόν τον λόγο η δυσκαμψία G_{xx} στη διεύθυνση X αποτελεί τη βάση για τον προσδιορισμό των συναρτήσεων μεταφοράς της εργαλειομηχανής και του κοπτικού εργαλείου.

Η δυσκαμψία της φρεζομηχανής επηρεάζει τη συνάρτηση μεταφοράς που υπάρχει μεταξύ της φρεζομηχανής και του προς

κατεργασία τεμαχίου. Η άτρακτος της φρεζομηχανής μαζί με τη μονταρισμένη επάνω της φρεζοκεφαλή διεγείρεται στη θέση του κοπτικού εργαλείου από τις δυνάμεις κοπής. Εδώ πρέπει να τονιστεί ό,τι είναι σημαντικό να υπάρχει ομαλή δυναμική ροή σε όλα τα επιμέρους στοιχεία της εργαλειομηχανής (γλυσιέρες, οδηγοί, θέσεις συναρμογής κ.τ.λ.). Η συνάρτηση μεταφοράς της φρεζομηχανής στη θέση κατεργασίας προκύπτει από την άθροιση των συναρτήσεων δυσκαμψίας των επιμέρους μηχανικών μερών, δηλαδή του συστήματος της ατράκτου και του τεμαχίου κατεργασίας. Τα είδη διεγέρσεων που χρησιμοποιούνται για την εξέταση της δυναμικής απόκρισης της εργαλειομηχανής χωρίζονται σε δύο βασικές κατηγορίες: Απόλυτη ή Σχετική διέγερση των μηχανών με χρονικά διαφοροποιούμενες δυνάμεις. Η απόλυτη διέγερση εφαρμόζεται σε ένα τμήμα της φρεζομηχανής. Αυτό γίνεται με μορφή κρουστικής διέγερσης ή με έναν ηλεκτρουδραυλικό διεγέρτη που εφαρμόζεται πάνω στη μηχανή. Η απόλυτη διέγερση είναι σημαντική στα κινούμενα μέρη της εργαλειομηχανής, όπως π.χ. οι περιστρεφόμενοι άξονες ή στα μέρη της μηχανής κατά την πρόωση του κοπτικού εργαλείου. Αυτή η μέθοδος διέγερσης της εργαλειομηχανής μπορεί να εκτελεστεί με σχετικά εύκολα τεχνολογικά μέσα. Η σχετική διέγερση της φρεζομηχανής απαιτεί μια κλειστή ροή δύναμης εντός της δομής της μηχανής, επιπρόσθετα ο διεγέρτης είναι συνδεδεμένος με την άτρακτο του εργαλείου (κατευθείαν με το εργαλείο κατεργασίας) και με το κατεργαζόμενο υλικό.

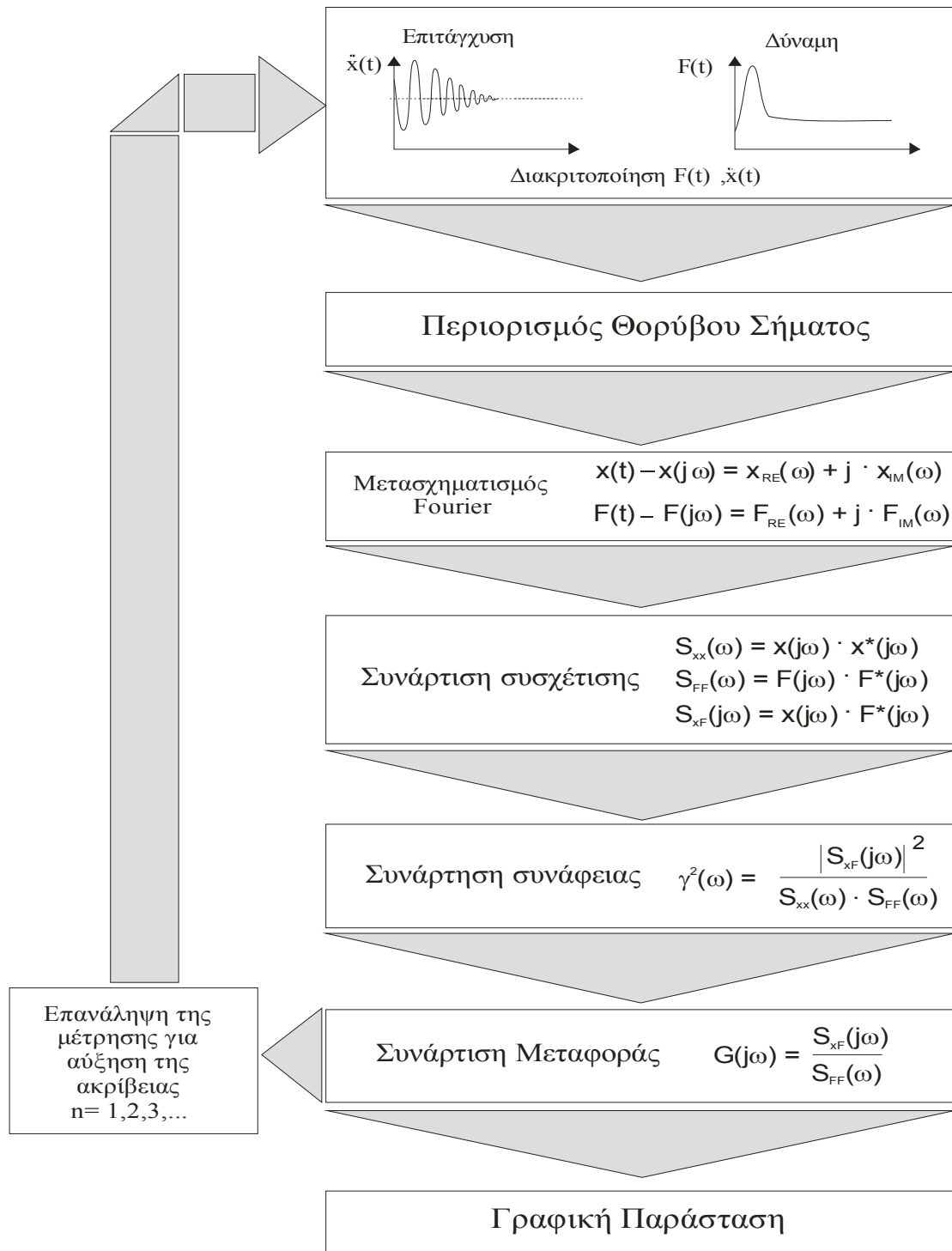


Εικόνα 1: Διάταξη εργαλειομηχανής φρεζαρίσματος.

Μετά τον καθορισμό του είδους της διέγερσης, καθορίζεται η μορφή του σήματος της δύναμης. Το σήμα της δύναμης διέγερσης αποτελείται κατά ένα ποσοστό από θόρυβο και από περιοδικά ημιτονοειδή σήματα. Λόγω του γεγονότος αυτού είναι προτιμότερη η κλασικότερη μέθοδος διέγερσης, η απόλυτη διέγερση. Ένα άλλο πλεονέκτημα που έχει αυτή η μορφή του σήματος της δύναμης, είναι ότι το αποτέλεσμα της απόκρισης του συστήματος, παρουσιάζει ένα ευρύ φάσμα συχνοτήτων, ούτως ώστε να ταυτίζονται ταυτόχρονα τα σήματα της δύναμης διέγερσης με πολλές κορυφές συντονισμού. Επιπλέον πλεονεκτήματα είναι ο σαφής και σύντομος χρόνος μέτρησης και το γεγονός ότι η δομή του εξεταζόμενου συστήματος δεν επηρεάζεται από τη

συνδεδεμένη μάζα του ταλαντωτικού διεγέρτη. Το μόνο μειονέκτημα αυτής της μεθόδου αφορά φρεζομηχανές με στιβαρή δομή και απόσβεση και συνίσταται στο μικρό μέγεθος του σήματος απόκρισης και στο υψηλό ποσοστό θορύβου.

Για τους λόγους που αναφέρθηκαν παραπάνω έγινε η εξακρίβωση της δυσκαμψίας της χρησιμοποιηθείσας φρεζομηχανής με χρήση απόλυτης διέγερσης. Σε αυτήν την πολύ πρακτική μέθοδο η δομή της φρεζομηχανής διεγείρεται από μια κρουστική διέγερση. Κατά την κρούση μετράται η χρονική εξέλιξη της δύναμης. Η απόκριση του συστήματος (μετατόπιση) καταγράφεται με τη χρήση επιταχυνσιομέτρου. Για την αξιοποίηση της μετρηθείσας δύναμης και των σημάτων επιτάχυνσης χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος η οποία παρουσιάζεται σχηματικά στην Εικόνα 2. Μετά τη διακριτοποίηση τα δύο σήματα υπόκεινται σε φιλτράρισμα για τη μείωση του θορύβου. Στη συνέχεια υπόκεινται σε γρήγορο μετασχηματισμό Fourier. Με βάση το μετασχηματισμό αυτό υπολογίζεται στη συνέχεια η συνάρτηση μεταφοράς του συστήματος λόγω της δυσκαμψίας του.



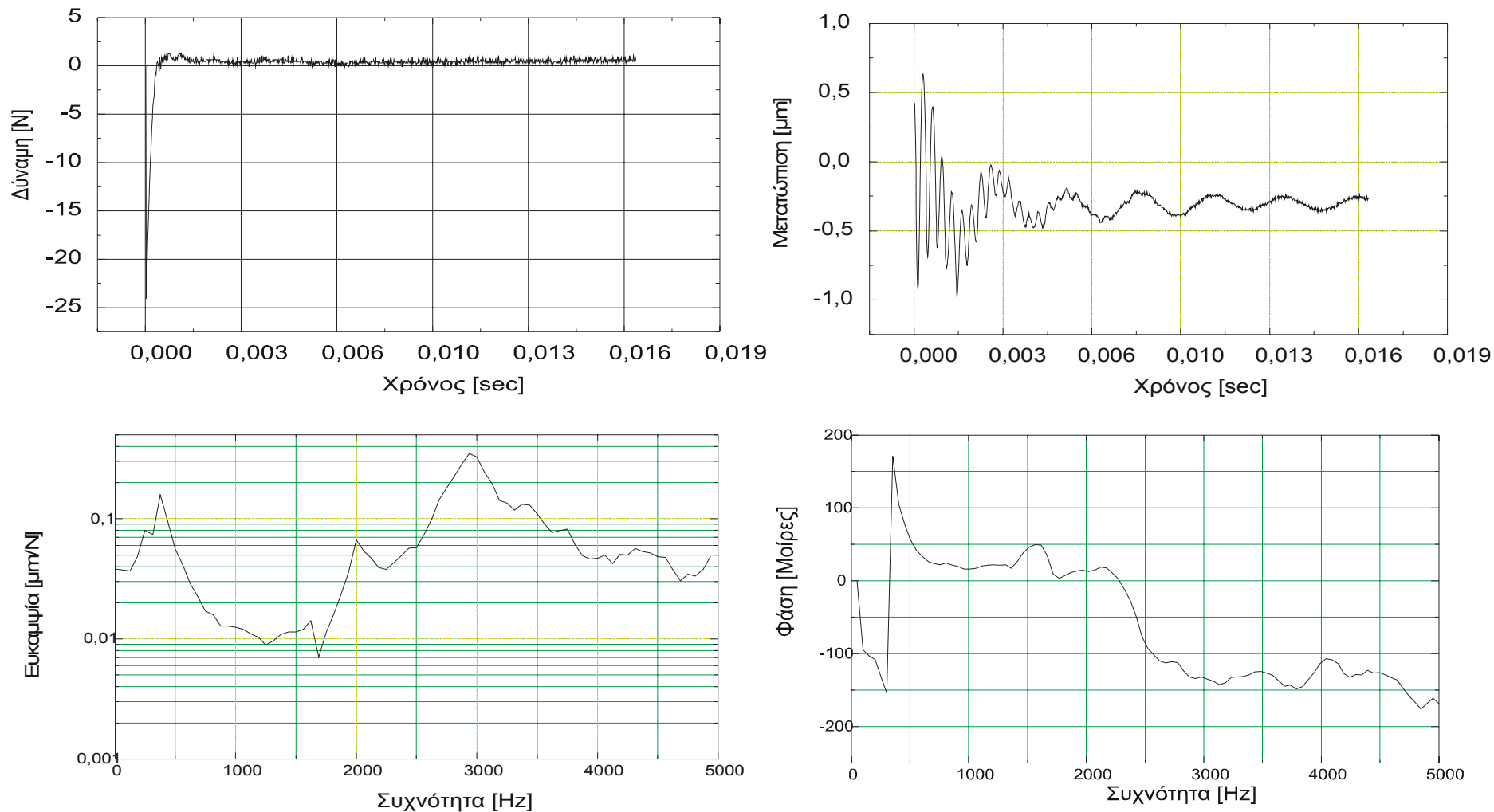
Εικόνα 2: Συστηματική μέθοδος αξιοποίησης της μετρηθείσας δύναμης και των σημάτων επιτάχυνσης κατά τη χρήση της μεθόδου της απόλυτης διέγερσης για τον προσδιορισμό της δυσκαμψίας της χρησιμοποιηθείσας φρεζομηχανής.

Στην Εικόνα 3 παρουσιάζεται η συνάρτηση λειτουργίας του συστήματος της ατράκτου της φρεζομηχανής και του κατεργαζόμενου τεμαχίου. Όπως προκύπτει από το εικονιζόμενο φάσμα συχνοτήτων, η πρώτη ιδιοσυχνότητα βρίσκεται στην περιοχή των 435 Hz και η δεύτερη σε αυτήν των 1037 Hz. Σε υψηλότερες περιοχές συχνοτήτων συναντώνται δύο ακόμα ιδιοσυχνότητες αυτές των 2092 Hz και 3814 Hz.

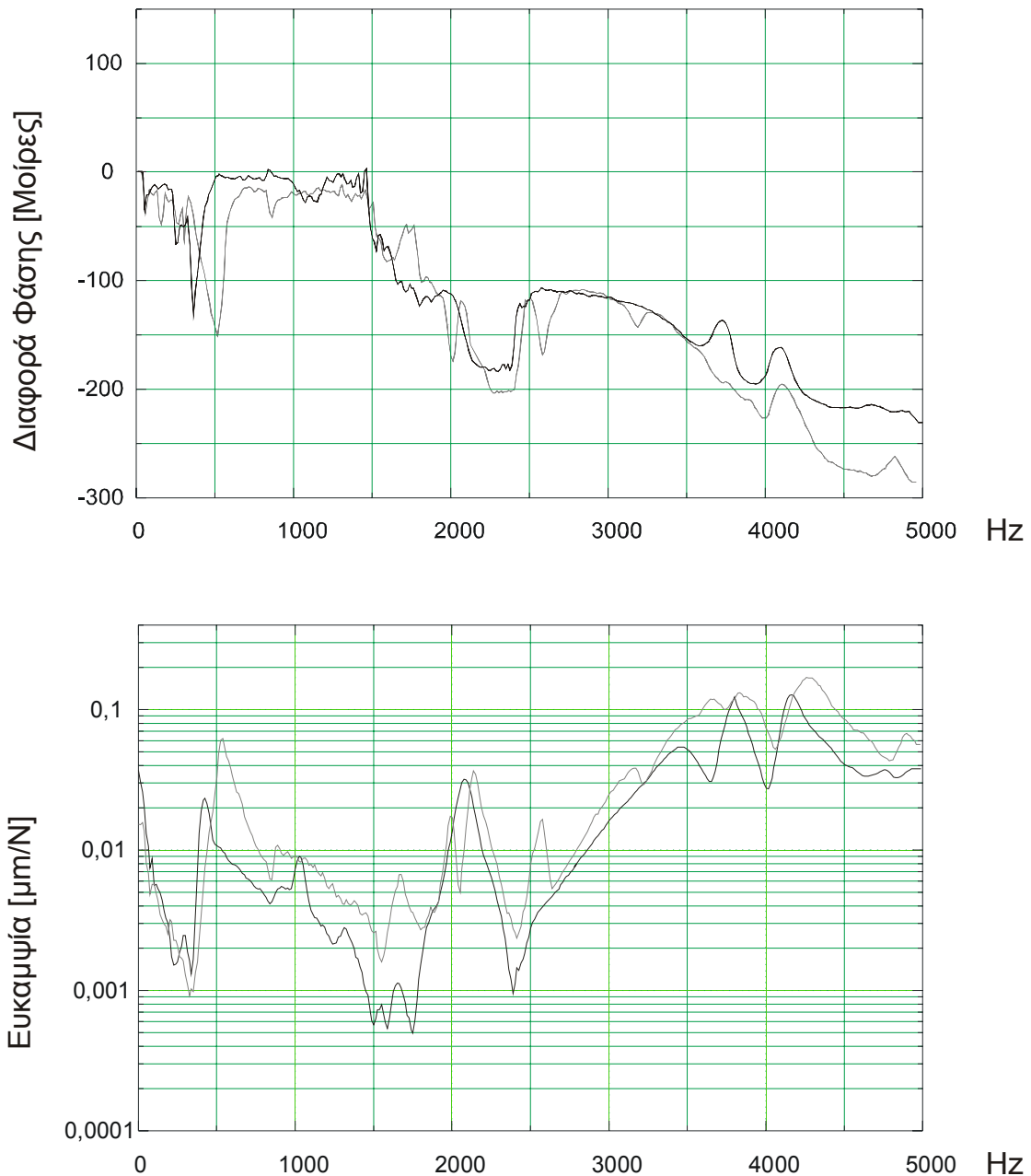
Από το εύρος δύναμης διέγερσης (Εικόνα 3 επάνω αριστερά) και της απόκρισης του συστήματος (Εικόνα 3 επάνω δεξιά) προκύπτουν οι τιμές των συχνοτήτων στις οποίες εμφανίζονται αυτοδιεγερόμενες ταλαντώσεις. Οι ταλαντώσεις αυτές έχουνε διαφορά φάσης μεταξύ τους μεγαλύτερη των ενενήντα μοιρών και ευρίσκονται στην περιοχή συχνοτήτων μεταξύ 400 και 2100 Hz. Η λειτουργία της μηχανής σε πραγματικές συνθήκες κοπής σε αυτήν την περιοχή είναι ιδιαίτερος επικίνδυνη και επιζήμια και για την ίδια και για το κοπτικό εργαλείο, αλλά και για το κατεργαζόμενο τεμάχιο (ποιότητα επιφανείας, διαστατική ακρίβεια κ.α.).

Η ταλαντωτική συμπεριφορά ενός συστήματος μιας φρεζομηχανής είναι ιδιαίτερα περίπλοκη. Εξαρτάται από την ευκαμψία της και τους πολλούς βαθμούς ελευθερίας της και διακρίνεται για τις πολλές ιδιοσυχνότητες που χαρακτηρίζουν τη δυναμική συμπεριφορά της. Έχει αποδειχθεί ότι μόνο ένας συγκεκριμένος αριθμός όλων αυτών των βαθμών ελευθερίας είναι σημαντικός για τον προσδιορισμό της ταλαντωτικής συμπεριφοράς της συνολικής δομής της φρεζομηχανής στη θέση διέγερσης της (θέση κοπής). Αποδεικνύεται πειραματικά ότι η μεγαλύτερη δυναμική ευκαμψία του συστήματος εμφανίζεται στα 435 Hz.

ΑΡΧΙΜΗΔΗΣ: ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΩΝ ΟΜΑΔΩΝ ΣΤΑ Τ.Ε.Ι. (ΕΕΟΤ)



Εικόνα 3: Δύναμη διέγερσης, απόκριση και φάσμα ευκαμψίας του συστήματος της ατράκτου της φρεζομηχανής και του κατεργαζόμενου τεμαχίου

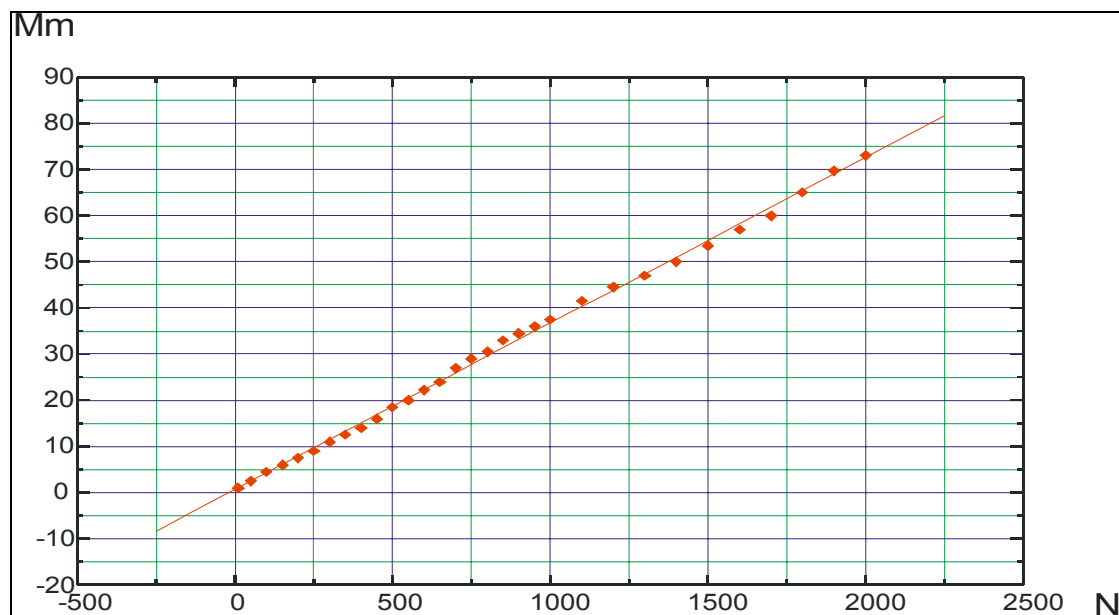


Εικόνα 4: Συνάρτηση μεταφοράς της συνολικής μηχανής στη θέση επαφής μεταξύ της φρεζοκεφαλής και του κατεργαζόμενου τεμαχίου.

Στην Εικόνα 4 παρουσιάζεται η συνάρτηση μεταφοράς της συνολικής μηχανής στη θέση επαφής μεταξύ της φρεζοκεφαλής και του κατεργαζόμενου τεμαχίου. Αν αυξηθεί η ένταση της εφαρμοζόμενης στατικής δύναμης προέντασης τότε οι θέσεις συντονισμού της φρεζομηχανής μετακινούνται προς υψηλότερες

συχνότητες. Γενικά η ένταση της εφαρμοζόμενης στατικής δύναμης προέντασης πρέπει να είναι του ίδιου μεγέθους και της ίδιας διεύθυνσης με τη μέση τιμή του στατικού μέρους της δύναμης κατεργασίας.

Εκτός από τις γεωμετρικές και κινηματικές ιδιότητες μιας φρεζομηχανής, επηρεάζεται και η ευκαμψία της, με αρνητικές συνέπειες στην ακρίβεια των διαστάσεων του κατεργαζόμενου τεμαχίου. Λόγω αυτού του αρνητικού φαινομένου εμφανίζονται σχετικές μετατοπίσεις στην θέση κοπής της φρεζομηχανής. Το κέντρο κατεργασίας που χρησιμοποιήθηκε στα πλαίσια της παρούσας έρευνας παρουσιάζει μια στατική δυσκαμψία 26,3 N/μm (βλ. Εικόνα 5).



Εικόνα 5: Στατική δυσκαμψία της φρεζομηχανής.

Η επιφάνεια του κατεργαζόμενου τεμαχίου παίζει σημαντικό ρόλο στην ταλαντωτική συμπεριφορά της φρεζομηχανής. Επηρεάζει μέσω της τοπομορφίας του και των μηχανικών του ιδιοτήτων τις αναπτυσσόμενες δυνάμεις κοπής και δια μέσου

αυτών τους μηχανισμούς διέγερσης της μηχανής. Το κατεργαζόμενο τεμάχιο ταλαντώνεται κατά την κατεύθυνση του άξονα, καθώς και σε ακτινική κατεύθυνση. Κατά το μετωπικό φρεζάρισμα οι ταλαντώσεις αυτές είναι αμελητέας σημασίας. Αντιθέτως, κατά το περιφερειακό φρεζάρισμα επικαλύπτουν τις ταλαντώσεις της φρεζομηχανής και επηρεάζουν τη σταθερότητά της. Το κοπτικό εργαλείο έχει την πρώτη ιδιοσυχνότητα κοντά στα 2200 Hz. Η τιμή αυτή συμπίπτει με την τρίτη ιδιοσυχνότητα της μηχανής και μπορεί να οδηγήσει σε μεγάλο εύρος ταλάντωσης (αστάθεια) στη θέση κοπής κατά την κατεργασία. Από τη συσχέτιση της ευκαμψίας του κοπτικού εργαλείου και της εργαλειομηχανής προκύπτει ότι το ταλαντωτικό σύστημα της εργαλειομηχανής είναι υπεύθυνο για εμφάνιση ταλαντώσεων στο χαμηλό πεδίο συχνοτήτων (μέχρι 2200 Hz).