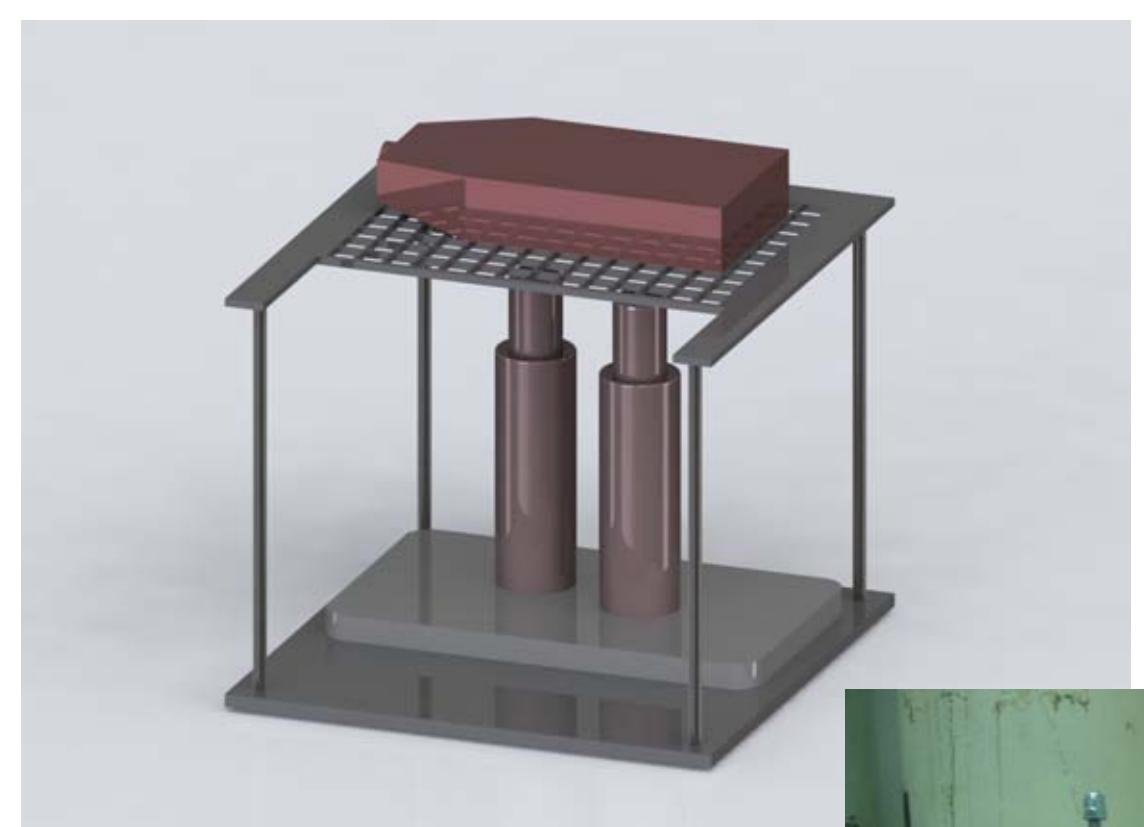


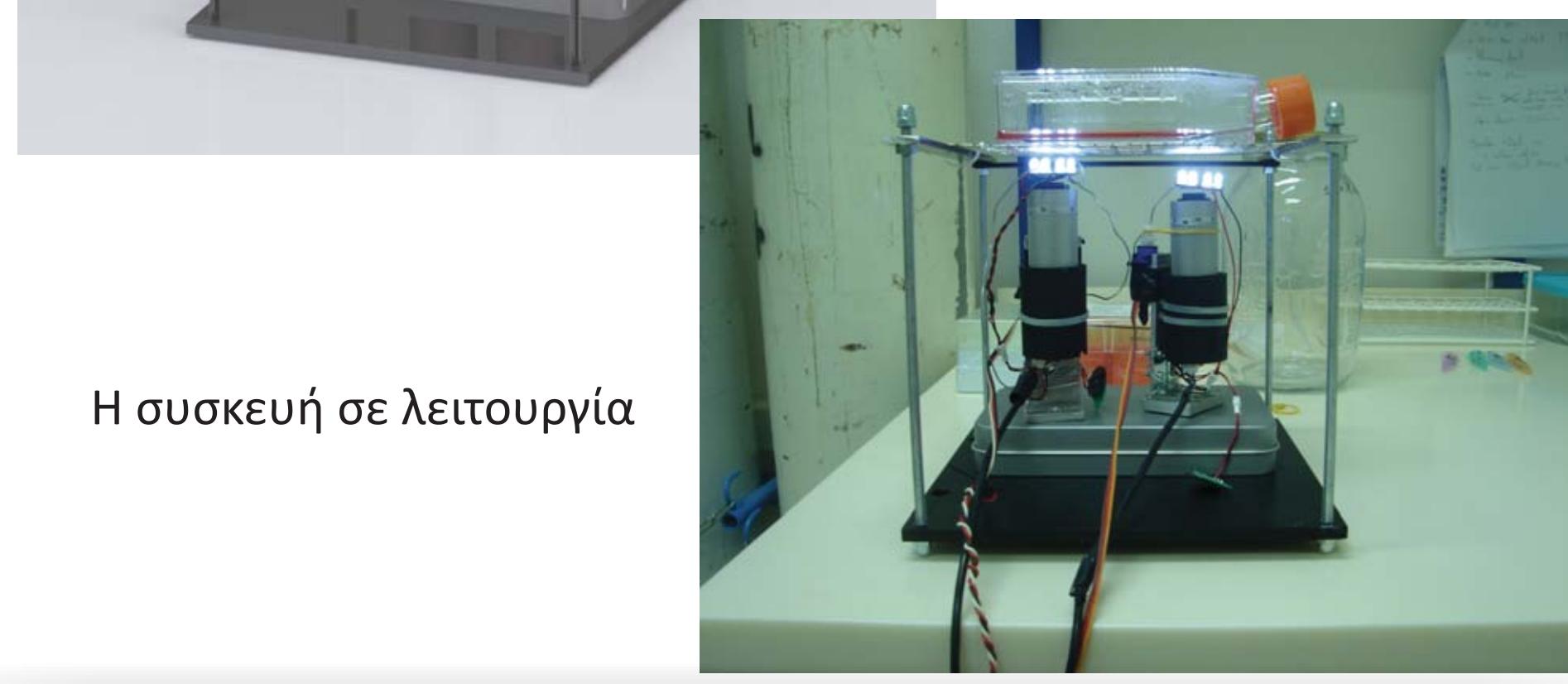
Συσκευή Παρακολούθησης Κυτταρικών Καλλιεργειών

Ευχαριστούμε πολύ τον κ. Λεωνίδα Αλεξόπουλο και τα μέλη του εργαστηρίου Εμβιομηχανικής

Κωνσταντίνος Μαχαιράς
Νίκος Λιακόπουλος



Σχέδιο σε CAD



Η συσκευή σε λειτουργία

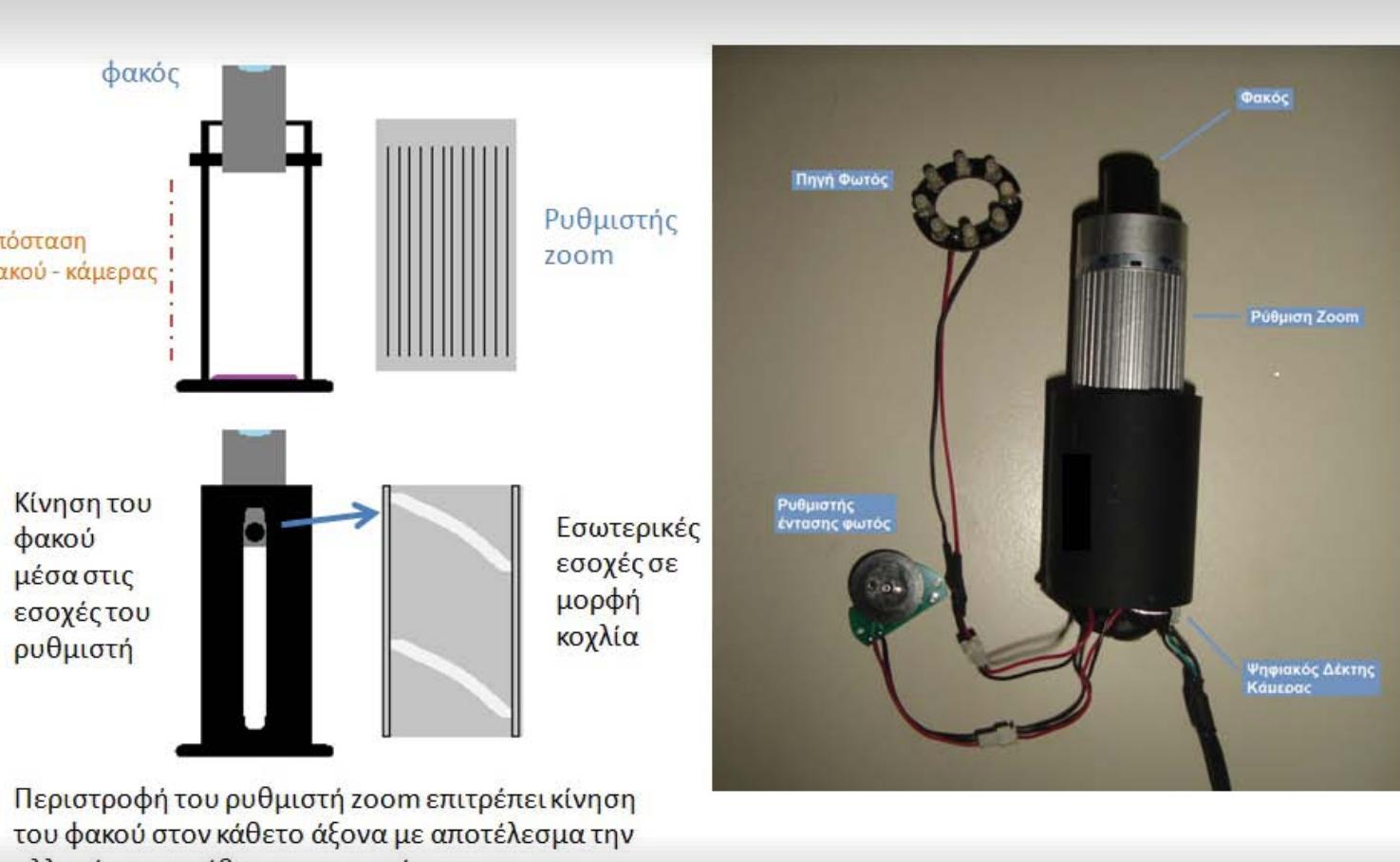
Παρακολούθηση κυττάρων - Η καινοτομία μας

Στην εποχή μας υπάρχουν πολλοί τύποι μικροσκοπιών, τα οποία αξιοποιούν διαφορετικές τεχνολογίες για να επιτύχουν το σκοπό τους. Στην παρακολούθηση κυττάρων χρησιμοποιούνται ιδιαίτερα τα ηλεκτρονικά μικροσκόπια καθώς παρέχουν πολύ μεγάλες μεγεθύνσεις με πολύ καλή ανάλυση εικόνας. Για την ζωντανή παρακολούθηση κυτταρικών καλλιεργειών όμως (στην οποία μας ενδιαφέρει η παρακολούθηση της εξέλιξης της καλλιεργειας σαν σύνολο και όχι του κάθε κυττάρου ξεχωριστά) γίνεται χρήση κυρίως οπτικών μικροσκοπίων αφού η μεγέθυνση και η ανάλυση που παρέχουν είναι πολύ ικανοποιητική για την συγκεκριμένη εργασία. Τα υφιστάμενα συστήματα είναι υψηλών προδιαγραφών και επομένως πολύ ακριβά ενώ δεν χαρακτηρίζονται για την προσαρμοστικότητα τους και την επεκτασιμότητα τους σε ότι αφορά hardware και software. Έτσι, ο χώρος για καινοτομίες είναι αρκετός.

Στη παρούσα εργασία γίνεται σχεδιασμός και κατασκευή ενός καινοτόμου συστήματος παρακολούθησης κυτταρικών καλλιεργειών. Η καινοτομία της συσκευής έγκειται στο ασύγκριτα χαμηλό κόστος της και στην υψηλή προσαρμοστικότητα της στις διάφορες ανάγκες των χρηστών. Ακολουθήθηκαν όλα τα στάδια σχεδιασμού προϊόντων. Αρχικά, ήρθε η ιδέα, η οποία απέκτησε προοπτικές εξέλιξης μετά από λεπτομερή και συνεπή έρευνα αγοράς και ύστερα, εξελίχθηκε μέσα από τη διαδικασία του σχεδιασμού. Τέλος, η κατασκευή πρωτοτύπου και η πραγματοποίηση πολλών πειραμάτων οδήγησε τη συσκευή στην τελική της μορφή.

Το Πρόβλημα

Το ουσιαστικό πρόβλημα είναι η παρακολούθηση καλλιεργειών κυττάρων μέσα σε ειδικό θάλαμο (incubator), όπου παρέχεται το ιδιαίτερο κλίμα για αυτές έτσι, ώστε να καταγράφεται ο ρυθμός ανάπτυξής τους. Ζητούμενο λοιπόν είναι η συσκευή να δίνει την δυνατότητα παρακολούθησης των καλλιεργειών ενώ βρίσκονται μέσα στο θάλαμο. Οι συνθήκες που επικρατούν μέσα στο incubator είναι οι εξής: σταθερή Θερμοκρασία στους 37 βαθμούς Κελσίου, 5% CO₂ και υψηλή υγρασία.



Η Ιδέα

Γίνεται προσπάθεια να χρησιμοποιηθούν μικροσκόπια πολύ χαμηλού κόστους (της τάξης των 50 Ευρώ) σε απατητικές εφαρμογές όπως αυτή που εξετάζουμε. Καινοτομικά στοιχεία της συσκευής είναι ο πλήρης έλεγχος της μέσω internet καθώς και μερικοί ενδιαφέροντες τρόποι επεξεργασίας εικόνας για εξαγωγή συμπερασμάτων.

Η ιδέα επιμεριζεται στις παρακάτω συντιστώσεις:

- Λειτουργία συσκευής μέσα στο incubator
- Χρήση οικονομικού ψηφιακού μικροσκοπίου με ενσωματωμένη κάμερα και έξοδο usb
- Κατασκευή κατάλληλης βάσης στήριξης του μικροσκοπίου και του τριβλίου (πειραματικό δοχείο που φέρει τη κυτταρική καλλιεργεία)
- Δυνατότητα ελέγχου zoom, focus και κίνησης x-y από απόσταση με χρήση κινητήρων (μηδενική παρέμβαση στο πείραμα)
- Ανάπτυξη ειδικού λογισμικού με τα εξής χαρακτηριστικά:
 - Συνεχής λήψη εικόνας από το μικροσκόπιο
 - Επεξεργασία εικόνας και εξαγωγή του ποσοστού κάλυψης



Παραπάνω φαίνεται καθαρά η διαδικασία διχοτόμησης των κυττάρων όπως εντοπίζεται από τη συσκευή. Τα κύτταρα που ετοιμάζονται να διχοτομηθούν είναι στρογγυλά, γ' αυτό και φαίνονται μαύρα στη φωτογραφία.

- Δυνατότητα αποθήκευσης των εικόνων (Κανονικής και Post Processed)
- Δυνατότητα Λήψης Video του Live stream της κάμερας
- Δημιουργία προγράμματος λήψης εικόνων ανά προγραμματισμένο χρονικό διάστημα.
- Live feed της εικόνας στο διαδικτύου
- Έλεγχος της συσκευής (κινητήρων) μέσω διαδικτύου

Συμπεράσματα από πρώτα πειράματα

Πριν το τελικό σχεδιασμό, έγιναν πειράματα παρακολούθησης καλλιεργειών κυρίως καρκινικών κυττάρων. Αυτά διαρκούσαν περίπου μια εβδομάδα και σκοπός ήταν η καταγραφή του ρυθμού ανάπτυξης της καλλιέργειας μέχρι τη πλήρη κάλυψη του πάτου του πειραματικού δοχείου από κύτταρα. Κατά την διάρκεια των πειραμάτων αντικειτάσμε κάποια προβλήματα και φτάσαμε στα εξής συμπεράσματα.

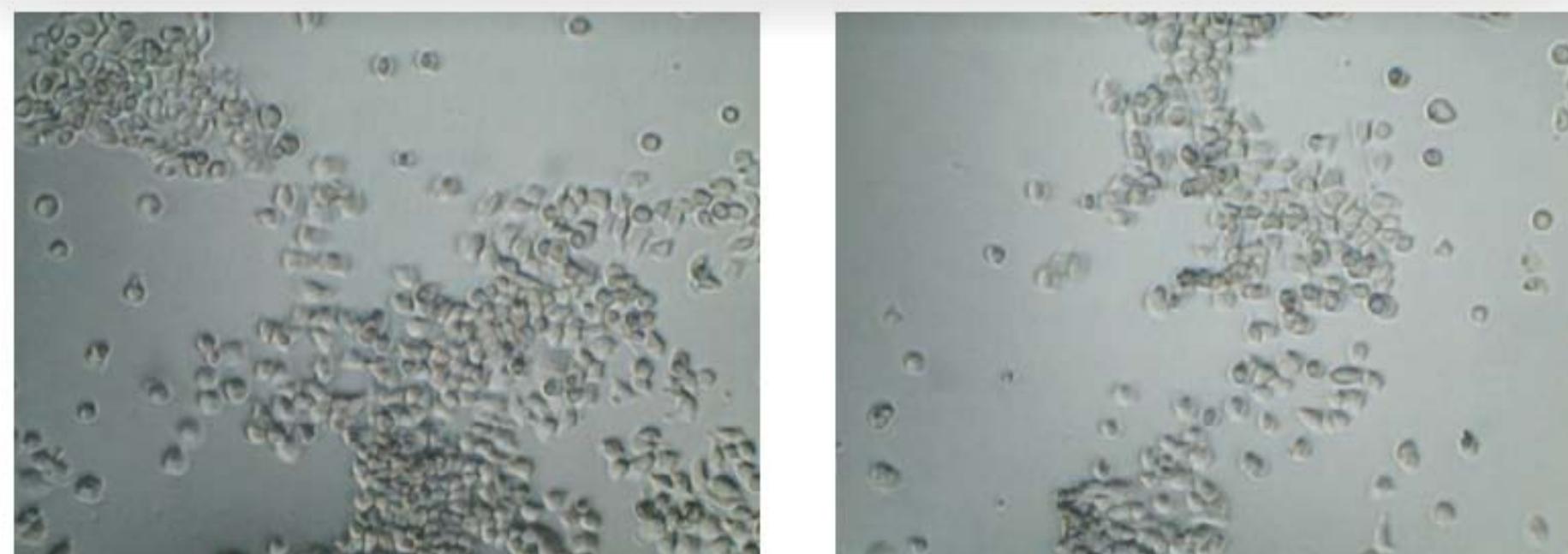
- Προβλήματα με το focus. Ενώ η εστίαση ρυθμίζοταν στην αρχή του πειραμάτος, στη πορεία χανόταν (λόγω κυρίως των συνθηκών μέσα στο θάλαμο). Στη συνέχεια ήταν δύσκολο ή και αδύνατο να διορθωθεί χωρίς να επηρεαστεί το πείραμα.
- Είναι ενδιαφέρουσα η χρήση πολλών μικροσκοπίων, είτε για πολλαπλά σημεία λήψης στην ίδια καλλιέργεια, είτε για ταυτόχρονη παρακολούθηση πολλών καλλιεργειών.
- Χρειάζεται σύστημα συγκράτησης για τριβλίο οποιουδήποτε σχήματος
- Χρήση κατάλληλου υλικού για την κατασκευή της βάσης (αντοχή στην απολύμανση, στιβαρότητα κατασκευής).

Τελικό σχεδιασμός

Λόγω των παραπάνω κρίθηκε απαραίτητη η αποσυναρμολόγηση του μικροσκοπίου του εμπορίου και η χρήση μόνο των απαραίτητων στοιχείων του. Αυτή η κίνηση μας έδωσε μια ελευθερία κινήσεων και μεγάλη ευελιξία στη φάση του τελικού σχεδιασμού.

Πιο συγκεκριμένα:

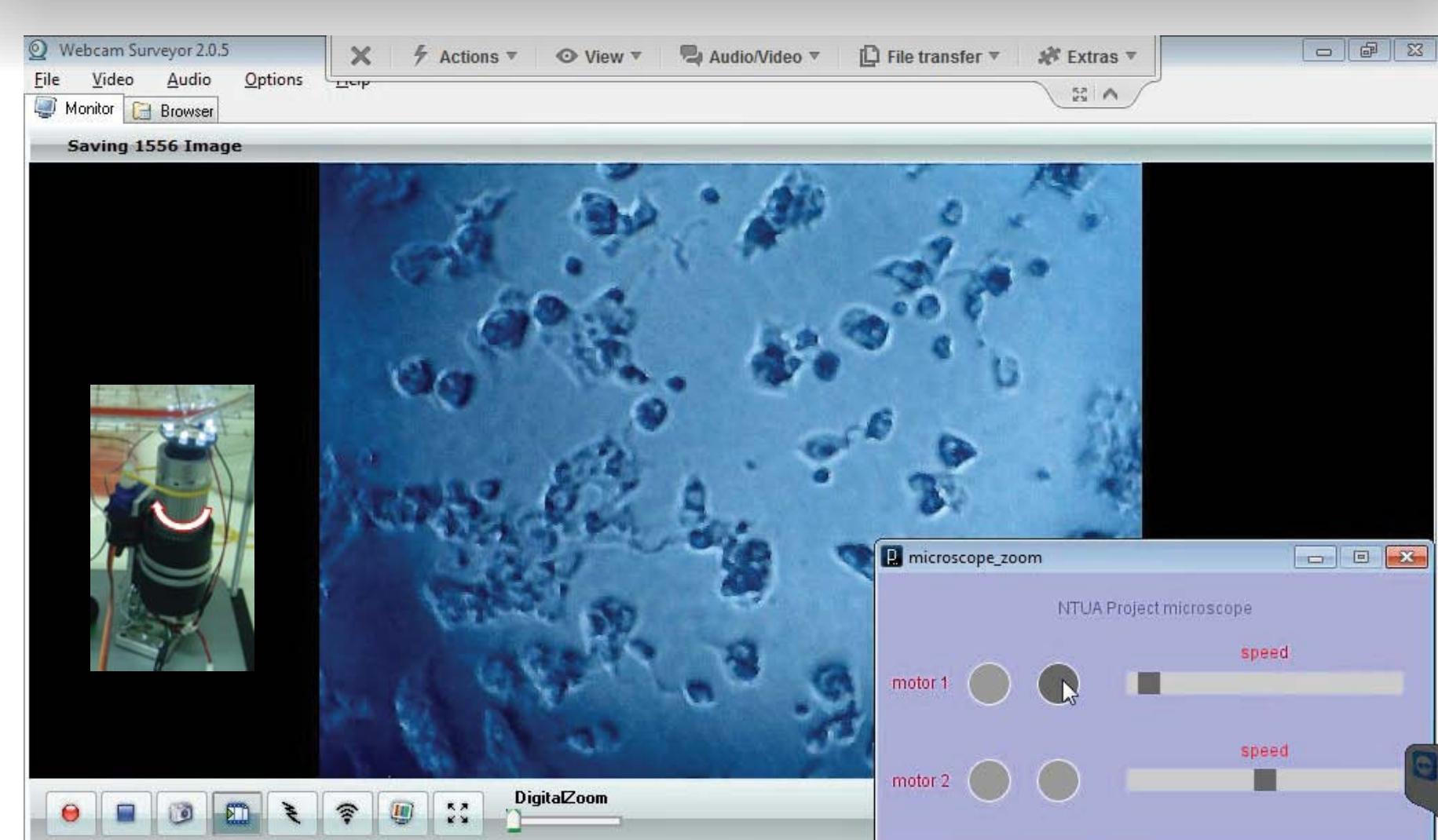
- Αξιοποίηση των απαραίτητων μερών του μικροσκοπίου και όχι αυτούσια χρήση του
- Χρήση πολλών μικροσκοπίων. Θα μπορούν να τοποθετούνται οποιουδήποτε στο επίπεδο x-y με χρήση μαγνητών
- Ελαχιστοποίηση του συνολικού όγκου και δυνατότητα χρήσης πολλών τέτοιων συσκευών στο ίδιο incubator
- Μεταβλητή απόσταση παρακολούθησης (4 τιζές στήριξης)
- Ρύθμιση zoom-focus με χρήση κινητήρων
- Μεταλλικό πλέγμα για στήριξη οποιουδήποτε τριβλίου
- Εκτιμόμενο κόστος κατασκευής **100-150 Ευρώ**
- Ανάπτυξη λογισμικού για έλεγχο μέσω internet και υλοποίηση των υπόλοιπων στοιχείων που αναφέρθηκαν στην αρχική ιδέα



Εικόνες από όλη την επιφάνεια του τριβλίου

Η συσκευή

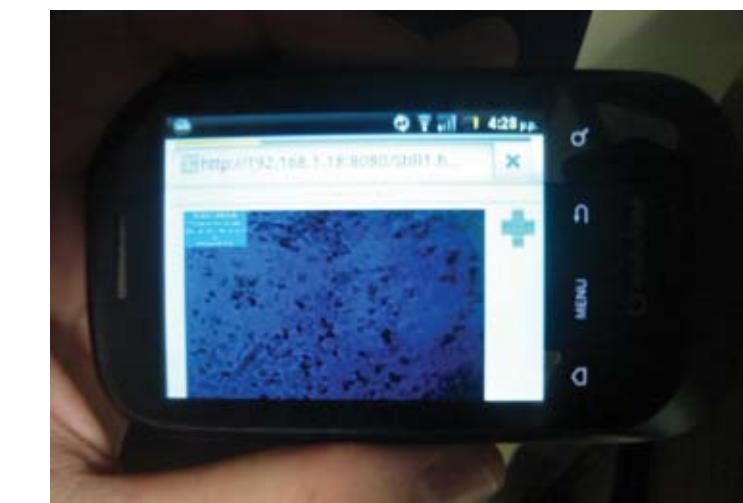
Η τελική κατασκευή της συσκευής έγινε σύμφωνα με τον σχεδιασμό που προηγήθηκε. Η όλη διάταξη στήριξεται με 4 μεταλλικές τιζές πάνω σε μια μεταλλική βάση έτσι, ώστε να είναι δυνατή η μεταβολή του υψού τοποθέτησης του τριβλίου. Η πάνω βάση αποτελείται από ένα μεταλλικό πλέγμα προκειμένου να είναι δυνατή η υποδοχή τριβλίων κάθε σχήματος. Για τη πρόσδεση των μικροσκοπίων και των κυττήρων χρησιμοποιούνται κατάλληλες μεταλλικές βάσεις. Αυτές φέρουν στο κάτω μέρος τους μαγνήτη για λόγους στήριξης στη (γκρι) βάση. Έτσι γίνεται δυνατή η τοποθέτηση τους σε οποιοδήποτε σημείο κάτω από το τριβλίο. Χρησιμοποιώντας κατάλληλη σύστημα κινητήρων, επιτυγχάνεται κάθε φορά καλή εστίαση χωρίς να επηρεάζεται το πείραμα. Το σύστημα κίνησης ελέγχεται μέσω γραφικού περιβάλλοντος που υλοποιήθηκε σε γλώσσα Java και φαίνεται παρακάτω. Η συσκευή συνδέεται με usb σε υπολογιστή που τρέχει το λογισμικό που αναπτύχθηκε.



Λογισμικό / Software

Για την ανάπτυξη του λογισμικού χρησιμοποιήθηκαν οι γλώσσες προγραμματισμού Java και Matlab. Αναπτύχθηκε γραφικό περιβάλλον

χειρισμού της συσκευής (GUI) καθώς και αλγόριθμος επεξεργασίας των εικόνων για εύρεση του ποσοστού κάλυψης του τριβλίου από κύτταρα (confluence) μέσω αυτόματης αναγνώρισης των κυττάρων. Σημειώνεται ότι το κόστος των αντίστοιχων προγραμμάτων επεξεργασίας εικόνας του εμπορίου είναι της τάξης των δεκάδων χιλιάδων Ευρώ.



Έλεγχος πειράματος μέσω smartphone από οποιοδήποτε



Η τελική συσκευή μέσα στο incubator κατά τη διάρκεια πειράματος

Επίβλεψη και έλεγχος μέσω διαδικτύου

Κατασκευάστηκε ειδική σελίδα στο internet όπου οποιοδήποτε μπορεί να παρακολουθεί το πείραμά του και να επεμβαίνει σε αυτό σε πραγματικό χρόνο. Έτσι μέσω της τεχνολογίας των smartphones γίνεται δυνατή η επίβλεψη κι ο έλεγχος του πειραμάτος από οποιοδήποτε. Συχνό παράδειγμα αποτελεί η διόρθωση του focus του μικροσκοπίου χωρίς την ανάγκη φυσικής παρουσίας στο εργαστήριο.

Εξερεύνηση όλης της περιοχής του πειραματικού δοχείου



Κυματικό Βαρούλκο Wave Winch



ΛΕΒΕΝΤΑΚΗΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ
ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ 2012

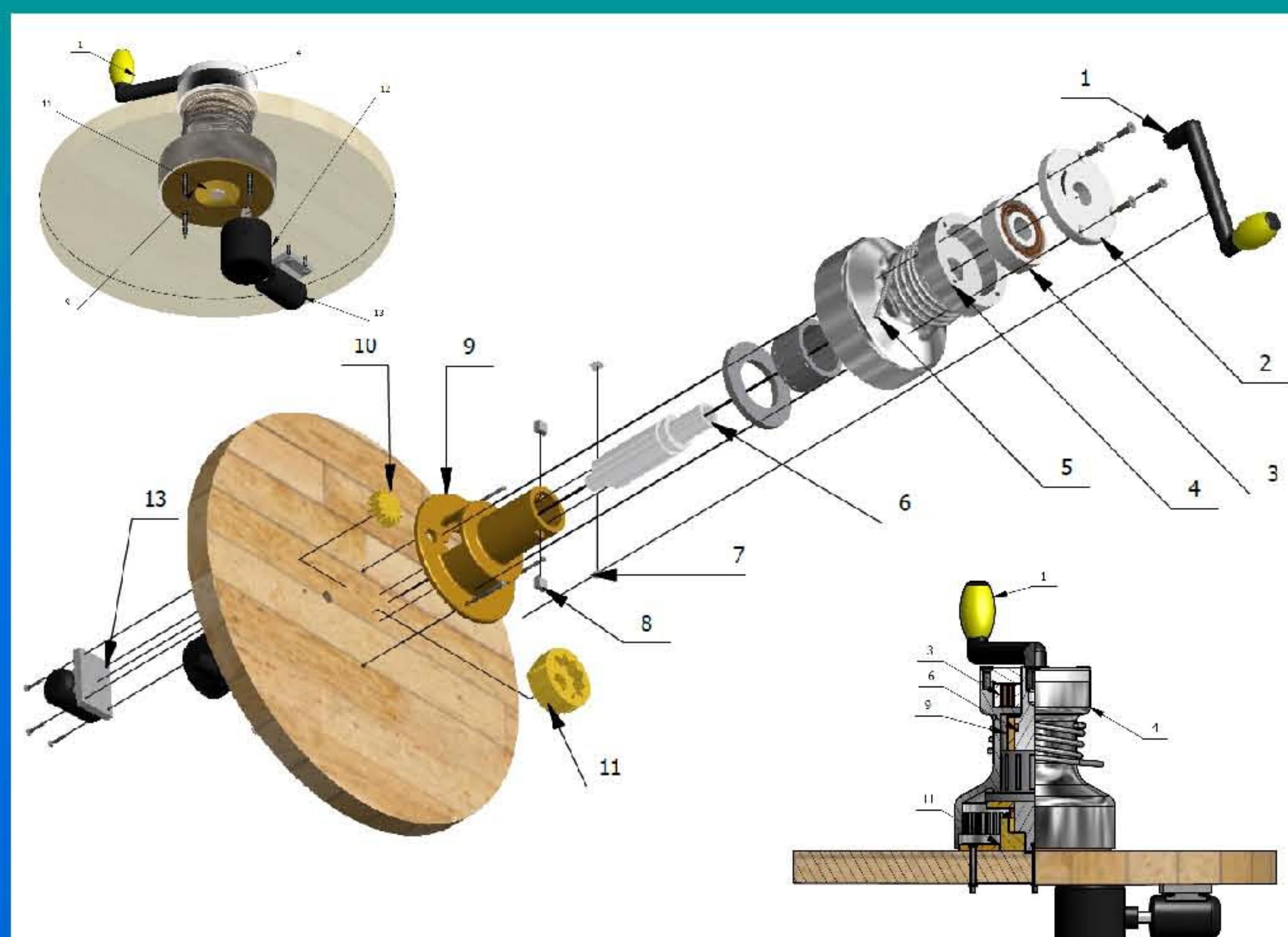
ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΕΥΑΓΓΕΛΟΣ ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΣ

Περιγραφή Προβλήματος - Ιδέα

- Παγκόσμιο κυματικό δυναμικό: 2TW, 2000 TWh / έτος.
- Δυσκολία δέσμευσης κυματικής ενέργειας με οικονομικά βιώσιμο τρόπο από το απαιτητικό και απρόβλεπτο θαλάσσιο περιβάλλον.
- Ιδέα: εγκατάσταση σημειακών αποληπτών κυματικής ενέργειας σε πλωτές κατασκευές με κύριο σκοπό χρήσης διαφορετικό από την παραγωγή ενέργειας, όπως πλοία και σκάφη. Η συνδυασμένη χρήση τους με παραγωγή καθαρής ενέργειας θα μπορούσε να παρέχει πρόσθετα οφέλη για τους ιδιοκτήτες καθώς και να συμβάλει στη μείωση των εκπομπών CO₂ και στη διάδοση της χρήσης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

Περιγραφή Μηχανισμού

Το κυματικό βαρούλκο αποτελείται από τύμπανο (4) το οποίο συνδέεται με τη βάση (9) του μηχανισμού μέσω περιστροφικής άρθρωσης, επανατατικού ελατήριου (3) και καστάνιας (11). Επιπλέον μέσω οδοντωτών τροχών (10) και κιβωτίου ταχυτήτων (12) συνδέεται σε ηλεκτρική γεννήτρια συνεχούς ρεύματος (13). Η γεννήτρια (13) συνδέεται σε σειρά με το ηλεκτρικό φορτίο διαμέσου ηλεκτρικής διόδου. Το ηλεκτρικό φορτίο αποτελείται από ρυθμιστή φόρτισης και μπαταρία ή εναλλακτικά από αναστροφέα (inverter) για την απ' ευθείας σύνδεση με το ηλεκτρικό δίκτυο.



Τρόπος Χρήσης σε Σκάφη

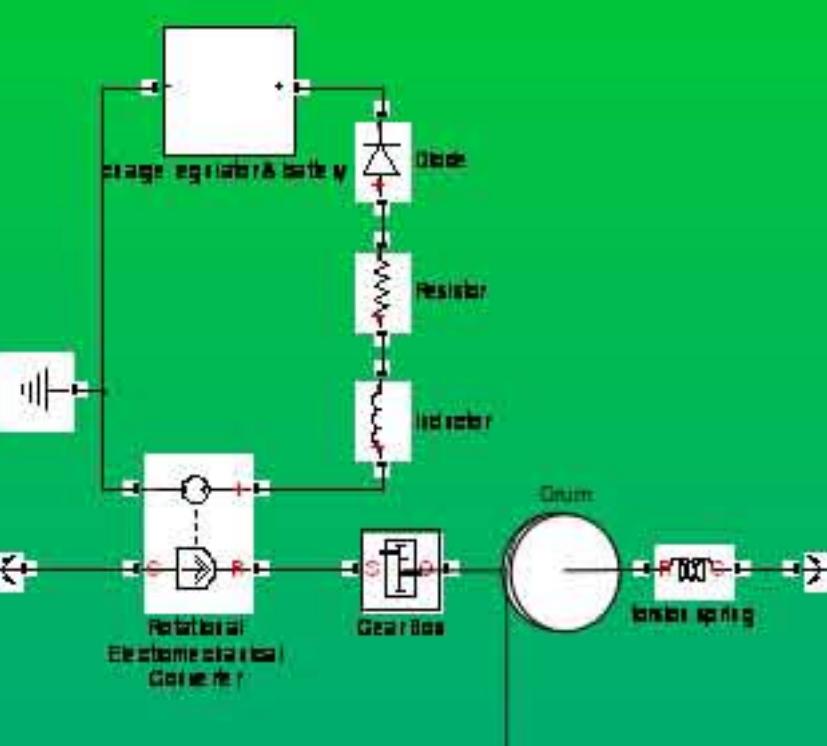
Για τη χρήση του μηχανισμού σε σκάφη ακολουθούνται τα παρακάτω βήματα:

1. Το σκάφος δένεται σύμφωνα με τους κανονισμούς κατά τους συμβατικούς τρόπους με τη χρήση αλυσίδων ή σκοινιών παράλληλα με τους εύκαμπτους φορείς του συστήματος των κυματικών βαρούλκων.
2. Επιλέγεται σημείο πρόσδεσης, κινούμενο ή ακίνητο, εκτός σκάφους, στο οποίο συνδέεται από τη μία άκρη ένα πρώτο σκοινί.
3. Η άλλη άκρη του πρώτου σκοινιού συνδέεται με την ελεύθερη άκρη του σκοινιού (5) που είναι τυλιγμένο στο τύμπανο (4) του βαρούλκου. Τα δύο σκοινιά συνδέονται μεταξύ τους με σιαγόνες, αναβατήρα αναρρίχησης ή κατάλληλους κόμβους.
4. Πριν την έναρξη της λειτουργίας κάθε κυματικού βαρούλκου ο χειριστής τοποθετεί το χειρομοχλό στο βαρούλκο και περιστρέφει κατά τη φορά που επισημαίνεται με βέλος στο πώμα ώσπου να βεβαιωθεί ότι το σκοινί έχει τεντώσει. Ο χειριστής περιστρέφει λίγες φορές ακόμη ώστε να μην καθίσταται δυνατό το επανατατικό ελατήριο να επανέρχεται στο φυσικό του μήκος κατά τη διάρκεια της ταλαντώσεως του σκάφους.
5. Αφαιρώντας το χειρομοχλό, το επανατατικό ελατήριο δεν αποσυστειρώνεται λόγω της ύπαρξης καστάνιας.

Αρχή Λειτουργίας

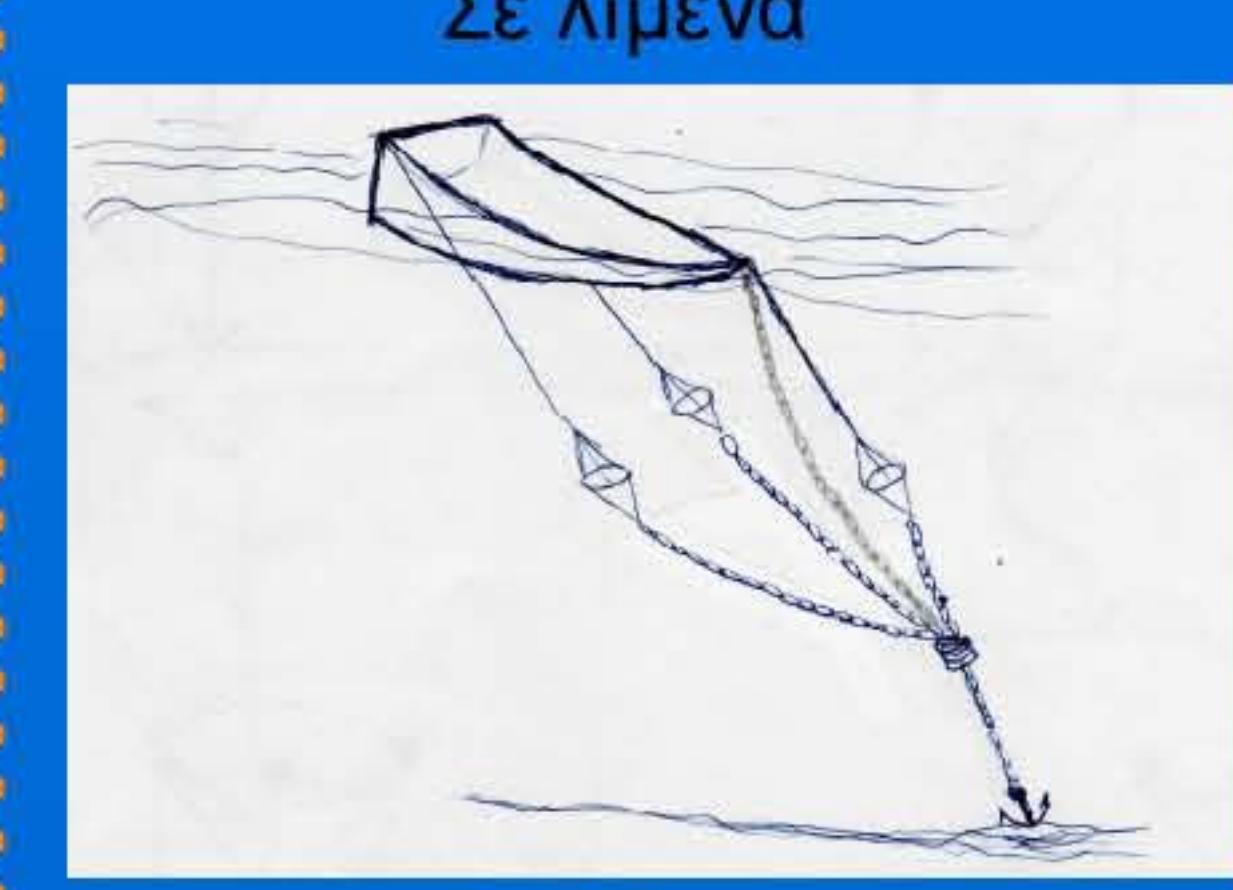
Ανύψωση μηχανισμού: το σκοινί μεταφέρει ροπή στο τύμπανο και στο επανατατικό ελατήριο. Το τύμπανο μεταδίδει κίνηση και ισχύ στον οδοντωτό τροχό με τον οποίο συνεργάζεται. Η ισχύς από τον οδοντωτό τροχό μέσω του κιβωτίου ταχυτήτων οδηγείται στην ηλεκτρική γεννήτρια και από εκεί με τη χρήση κατάλληλου ηλεκτρικού κυκλώματος τροφοδοτεί με ενέργεια την μπαταρία.

Καθοδική κίνηση του μηχανισμού: το σκοινί πρόκειται να χαλαρώσει όμως το επανατατικό ελατήριο στρέφει αντίστροφα το τύμπανο και δεν αφήνει το σκοινί να λυγίσει διατηρώντας πάντα κάποια πρόενταση. Παράλληλα στρέφεται αντίστροφα ο οδοντωτός τροχός χωρίς όμως τώρα να προσδίδει ενέργεια στην μπαταρία λόγω της παρουσίας της διόδου στο ηλεκτρικό κύκλωμα η οποία δεν επιτρέπει τη διέλευση ρεύματος κατά την αντίθετη φορά.

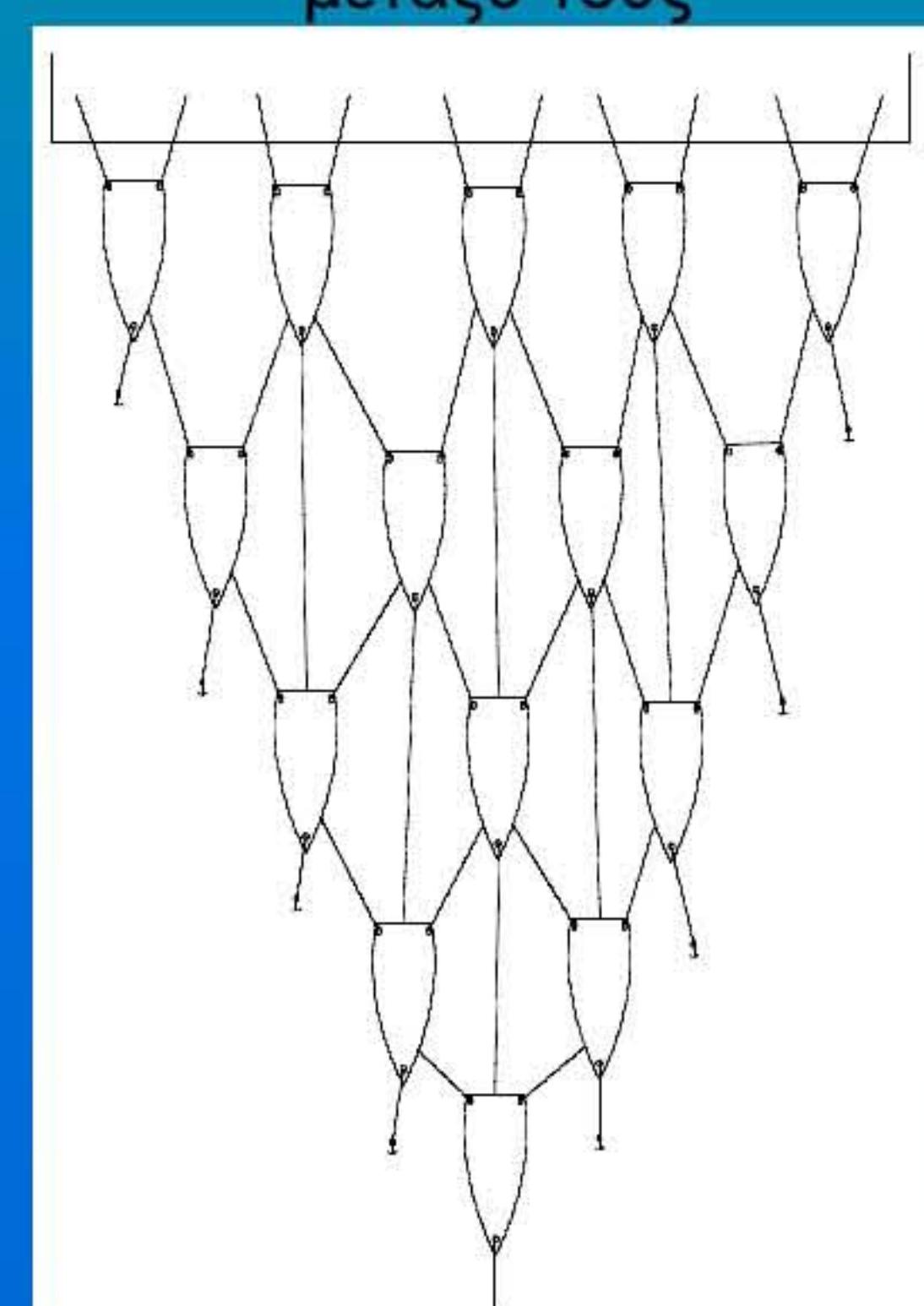


Εφαρμογές

Εγκατάσταση σε σκάφη και λιμένες



Διασύνδεση σκαφών μεταξύ τους



- Παραγωγή καθαρής ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμη πηγή
- Εξοικονόμηση ενέργειας - μεγαλύτερη ενεργειακή αυτάρκεια στα σκάφη
- Οικονομικό όφελος από πώληση πλεονάζουσας ενέργειας
- Μεγαλύτερη άνεση επιβατών στο σκάφος λόγω της απόσβεσης των ταλαντώσεων
- Μηδενική ηχητική και οπτική όχληση
- Ευκολία στην εγκατάσταση, χρήση και συντήρηση
- Χρήση τυποποιημένων εξαρτημάτων
- Εύκολη και φθηνή παραγωγή από βιομηχανίες που διαθέτουν γραμμές παραγωγής ναυτικών βιντσιρέλων
- Μείωση εκπομπών CO₂ από την ευρεία χρήση συστημάτων κυματικών βαρούλκων από ιδιοκτήτες σκαφών και μαρίνων
- Συμβολή στη διάδοση ηλεκτρικών και υβριδικών σκαφών
- Τόνωση ναυπηγικού και ναυπηγοεπισκευαστικού κλάδου σε νησιωτικές χώρες όπως η Ελλάδα
- Δημιουργία νέων καινοτότμων επιχειρήσεων και νέων θέσεων εργασίας

Πλεονεκτήματα



2^o Βραβείο 2012

ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΔΥΝΑΜΙΚΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΜΟΤΟΣΙΚΛΕΤΑΣ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΡΥΘΜΙΖΟΜΕΝΗΣ ΑΝΑΡΤΗΣΕΩΣ

ΠΡΟΒΛΗΜΑ Α

Ένα από τα πρώτα προβλήματα που ανακύπτουν κατά το σχεδιασμό μίας μοτοσικλέτας είναι ο προσδιορισμός κάποιων βασικών γεωμετρικών και λειτουργικών μεγεθών όπως για παράδειγμα το μεταξύνοινο και οι σταθερές των αναρτήσεων έτσι ώστε να ελαχιστοποιούνται οι ταλαντώσεις του κέντρου βάρους της μοτοσικλέτας. Βασική δυνοτιά της βελτιστοποίησης είναι το μεγάλο πλήθος των παραμέτρων που πρέπει να προσδιορισθούν καθώς και η απερία των πιθανών διεγέρσεων λόγω των ανυμαλών του οδοστρώματος και της ταχύτητος της μοτοσικλέτας.

Στο σχήμα (A.1) απεικονίζεται η αναμενόμενη μορφή του ανημένου πλάτους της ταλαντώσεως της μοτοσικλέτας (πλάτος ταλαντώσεως κέντρου βάρους προς πλάτος ταλαντώσεως διεγέρσεως) ως συνάρτηση της κυκλικής συχνότητας της διεγέρσεως και της διαφοράς φάσεως των δύο τροχών. Η κυκλική συχνότητα εκφράζει πόσο συχνά η μοτοσικλέτα συναντάει εμπόδια ενώ η διαφορά φάσεως εκφράζει μετά από πόση ώρα ο σπινθίστριος τροχός θα συναντήσει την ανωμαλία που συνάντησε ο πρόσθιος.

ΙΔΕΑ

Η βελτιστοποίηση βασίσθηκε σε ένα νέο δυναμικό μοντέλο δύο βαθμών ελευθερίας (σχήμα A.2) το οποίο προσομοιώνει όσο το δυνατόν περισσότερες σχεδιαστικές παραμέτρους. Βασική ιδέα του λογισμικού που αναπτύχθηκε είναι η ελαχιστοποίηση του όγκου που ορίζεται από το τριδιάστατο γράφημα του ανημένου πλάτους. Με αυτόν τον τρόπο γίνεται βελτιστοποίηση σε όλο το έναρξης συχνοτήτων στο οποίο μπορεί να βρεθεί μία μοτοσικλέτα και όχι σε διακριτές συχνότητες. Το λογισμικό δινει την δυνατότητα στον χρήστη να επιλέξει και άλλες στρατηγικές βελτιστοποίησης για πιο ειδικές εφαρμογές και μικρότερο εύρος λειτουργίας καθώς στην γενική περίπτωση καταλήγουν σε χειρότερα αποτελέσματα. Επιγραμματικά αναφέρονται όλες οι διαθέσιμες στρατηγικές που προσέφερε το λογισμικό:

- Ελαχιστοποίηση όγκου συναρτήσεως ανημένης μετατοπίσεως
- Ελαχιστοποίηση όγκου συναρτήσεως ανημένης επιταχύνσεως
- Ελαχιστοποίηση μεγίστης ανημένης μετατοπίσεως
- Ελαχιστοποίηση μεγίστης ανημένης επιταχύνσεως

Οι στρατηγικές που σχετίζονται με την ελαχιστοποίηση της επιταχύνσεως ουσιαστικά δίνουν μεγαλύτερη βαρύτητα στις υψηλές συχνότητες.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

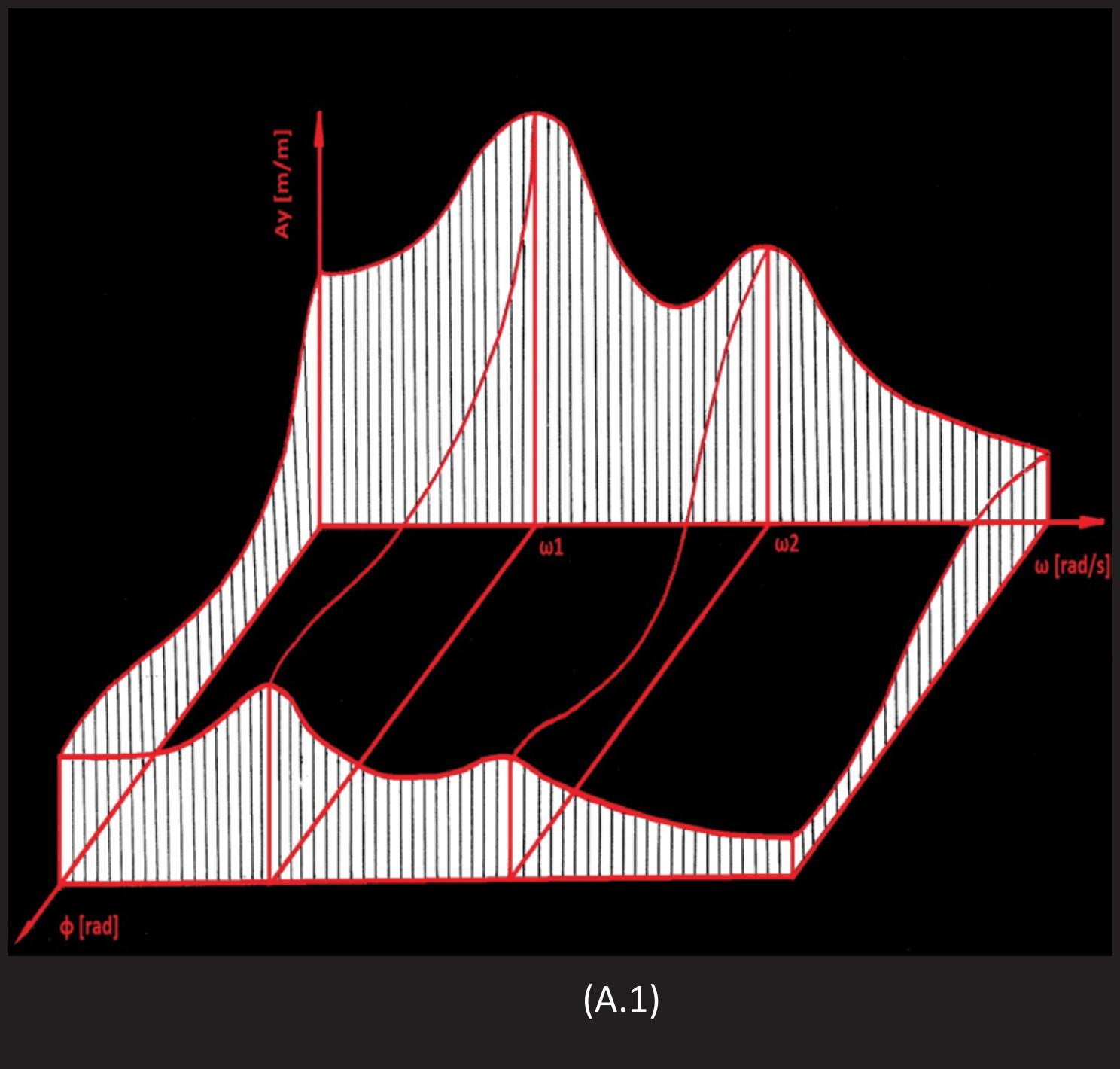
• Το μοντέλο δύο βαθμών ελευθερίας που χρησιμοποιήθηκε λαμβάνει υπόψιν τις κλίσεις των αναρτήσεων όπως επίσης και την ροτή αδρανείας του συστήματος οπισθίου τροχού-ψαλιδιού. Τα αντίστοιχα μοντέλα δύο βαθμών ελευθερίας που υπάρχουν στην βιβλιογραφία θεωρούνται τις αναρτήσεις κάθετες προς το οδόστρωμα ενώ δεν λαμβάνουν υπόψιν την αδράνεια του συστήματος οπισθίου τροχού-ψαλιδιού. Είναι σαφές ότι το συγκεκριμένο μοντέλο πλεονεκτεί διότι χωρίς να αυξάνει τον αριθμό των βαθμών ελευθερίας και άρα το υπολογιστικό κόστος παρέχει μια πιο ακριβή μοντελοποίηση. Βεβαίως υπάρχουν μοντέλα τεσσάρων ή και περισσότερων βαθμών ελευθερίας που προσομοιάζουν με ακόμα μεγαλύτερη ακριβεία την δυναμική συμπεριφορά μίας μοτοσικλέτας, όμως εισάγουν και μεγάλο πλήθος παραμέτρων κάνοντας το πρόβλημα της πολυπαραμετρικής βελτιστοποίησης ακόμα πιο δύσκολο.

• Το πρόβλημα της βελτιστοποίησης έτσι όπως αντιμετωπίστηκε είλαχιστοποιεί τις ταλαντώσεις σε ένα μεγάλο και συνεχές εύρος πιθανών διεγέρσεων. Οι αντίστοιχες στρατηγικές που χρησιμοποιούνται ελαχιστοποιούν τις ταλαντώσεις σε κάποιες μεμονωμένες διεγέρσεις που θεωρούνται αντιπροσωπευτικές για τα διάφορα είδη οδοστρωμάτων.

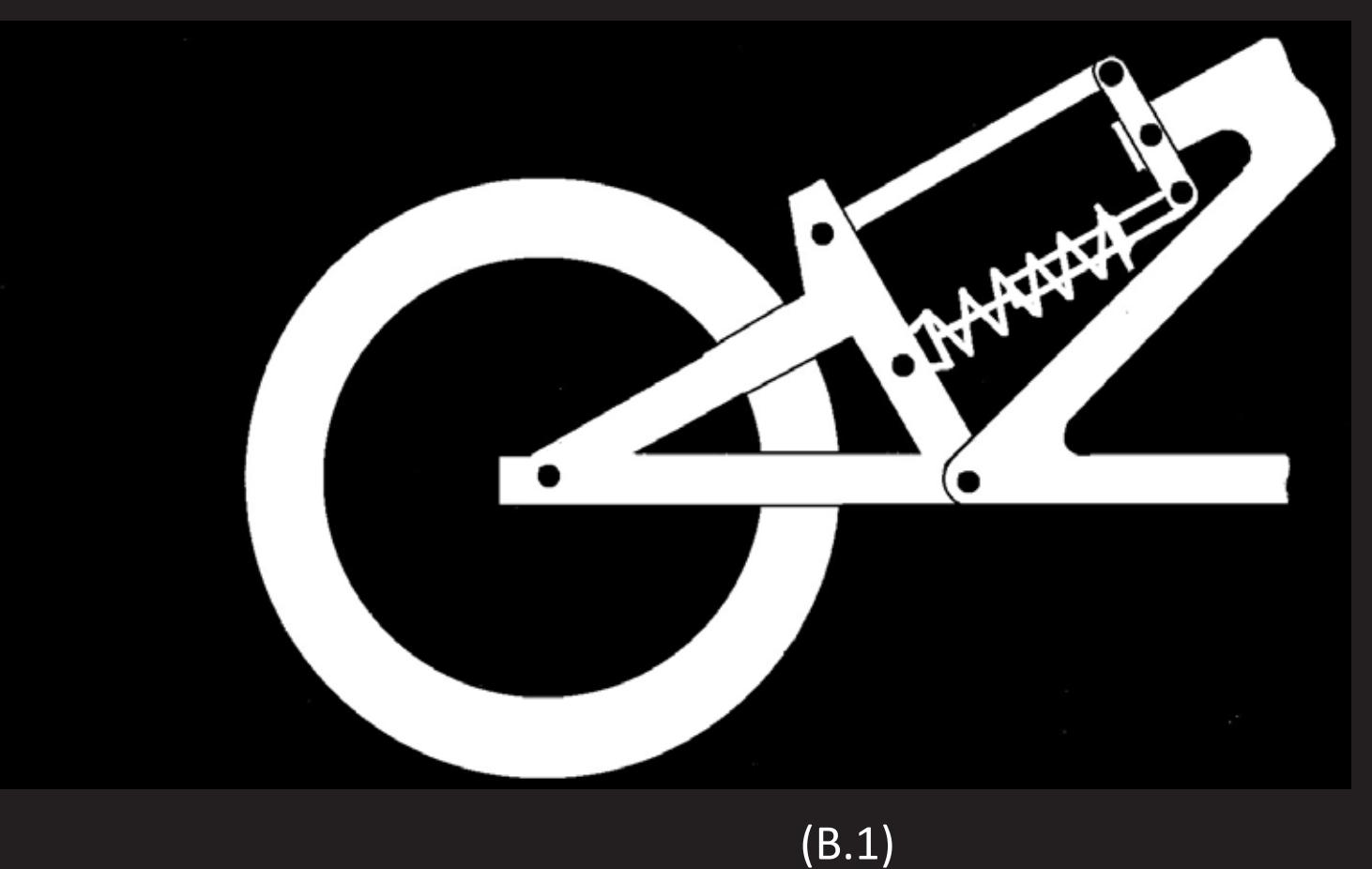
• Η βελτιστοποίηση έγινε στο εύρος συχνοτήτων $\omega \in [0,15] \text{ [rad/s]}$, $\varphi \in [0,2\pi] \text{ [rad]}$ το οποίο περιέχει τις συνχρόνες συντονισμού του πραγματικού συστήματος. Στο σχήμα (A.3) απεικονίζεται το γράφημα του ανημένου πλάτους A_y . Η μέγιστη τιμή του $A_y = 0.4382 \text{ [m/m]}$ θεωρείται πολύ ικανοποιητική.

• Στο σχήμα (A.4) απεικονίζεται η πλάγια όψη του γραφήματος του ανημένου πλάτους A_y . Όπως παρατηρείται πρακτικά ανεξαρτήτως της συχνότητος της διεγέρσεως υπάρχουν δύο ενδιαφέρουσες περιοχές:

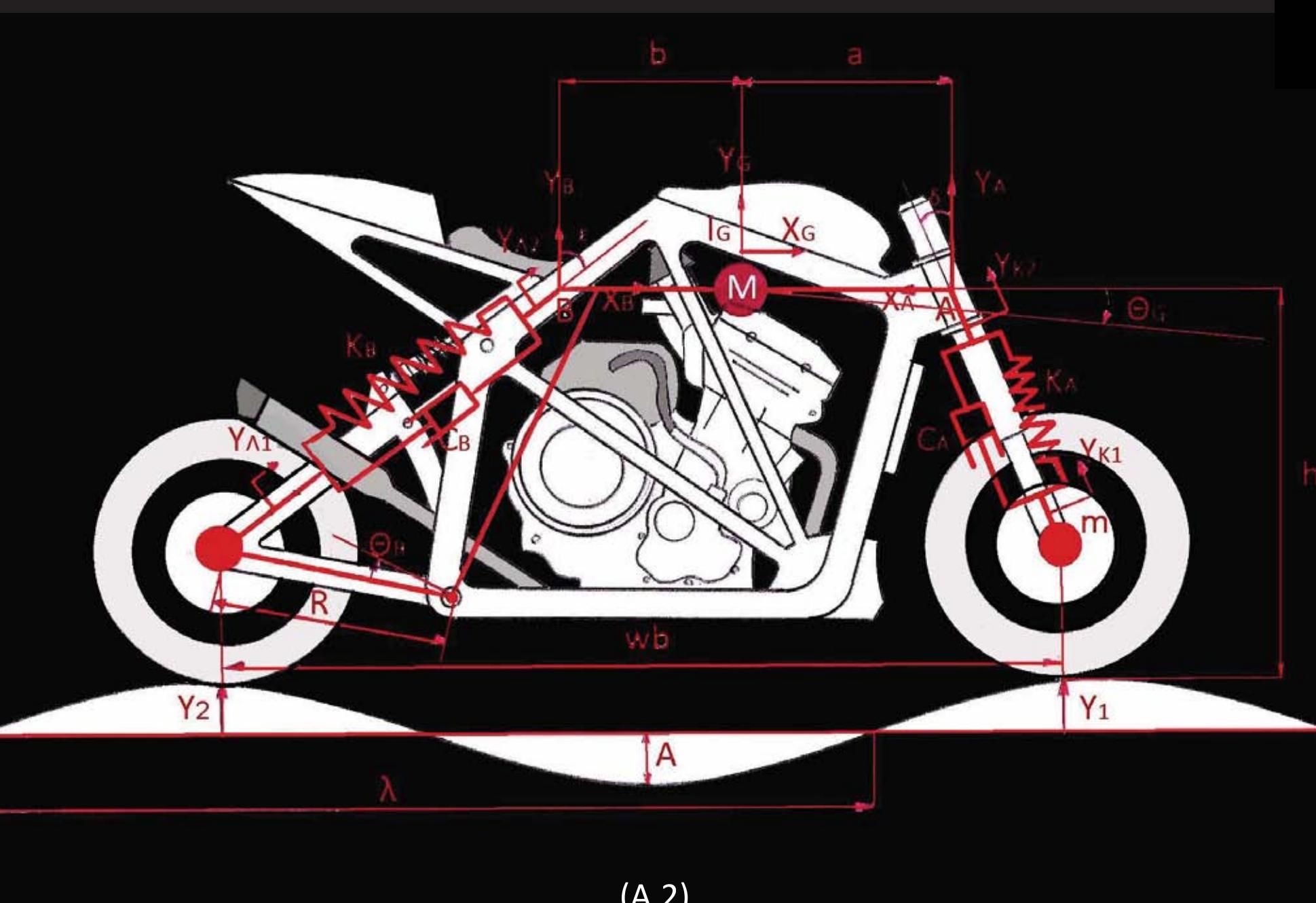
Η πρώτη περιοχή $\phi \in [1, 2.5] \text{ [rad]}$ χαρακτηρίζεται από τα ελάχιστα πλάτη ταλαντώσεως $A_y \in [0.14, 0.32] \text{ [m/m]}$ ενώ η δεύτερη $\phi \in [3.5, 5.5] \text{ [rad]}$ από τα μέγιστα $A_y \in [0.30, 0.44] \text{ [m/m]}$. Αυτή η παρατήρηση είναι σημαντική διότι υποδηλώνει ότι το φαινόμενο του συντονισμού έχει αντιμετωπισθεί αποτελέσματικά και η μοτοσικλέτα έχει ομοιόμορφη συμπεριφορά στο θέμα των ταλαντώσεων ανεξάρτητα από την ταχύτητα κινήσεως.



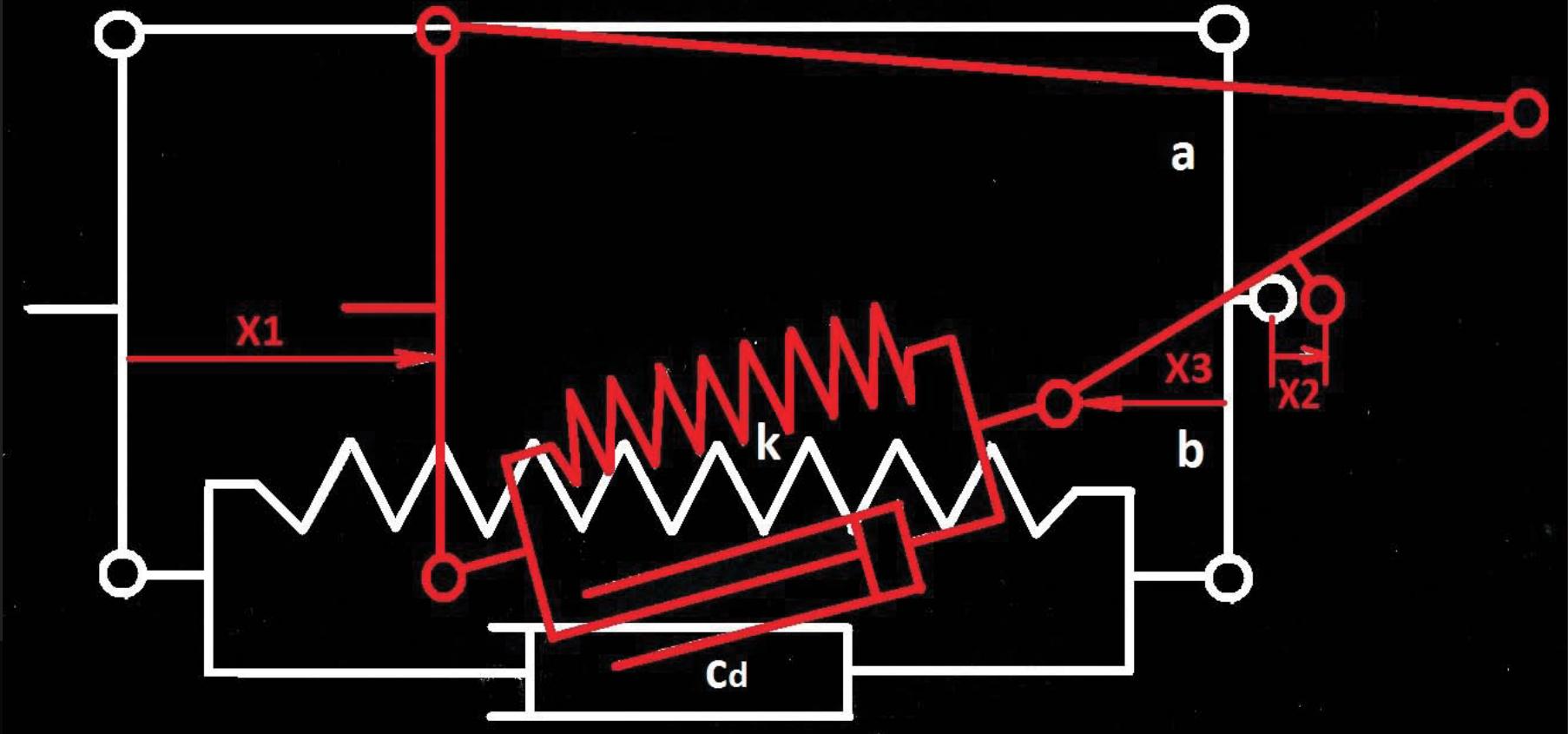
(A.1)



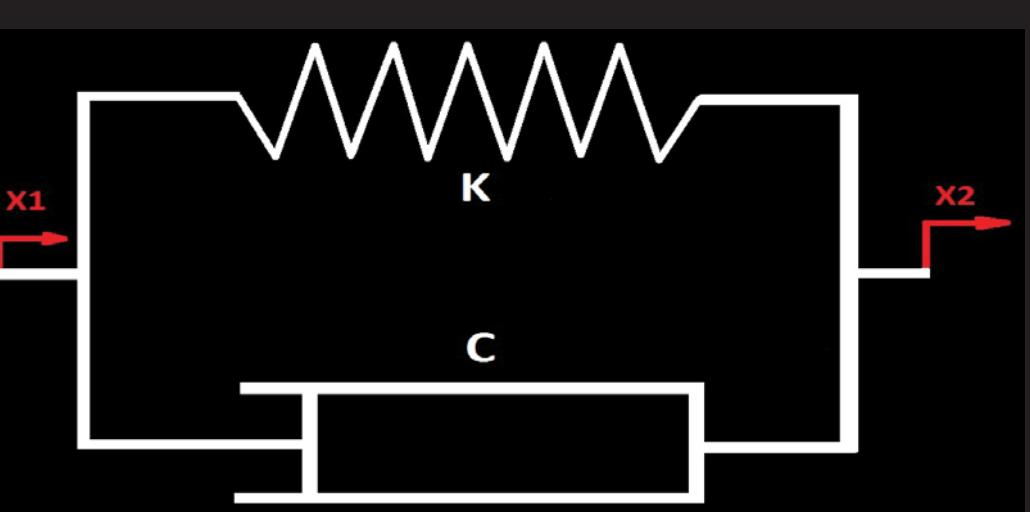
(B.1)



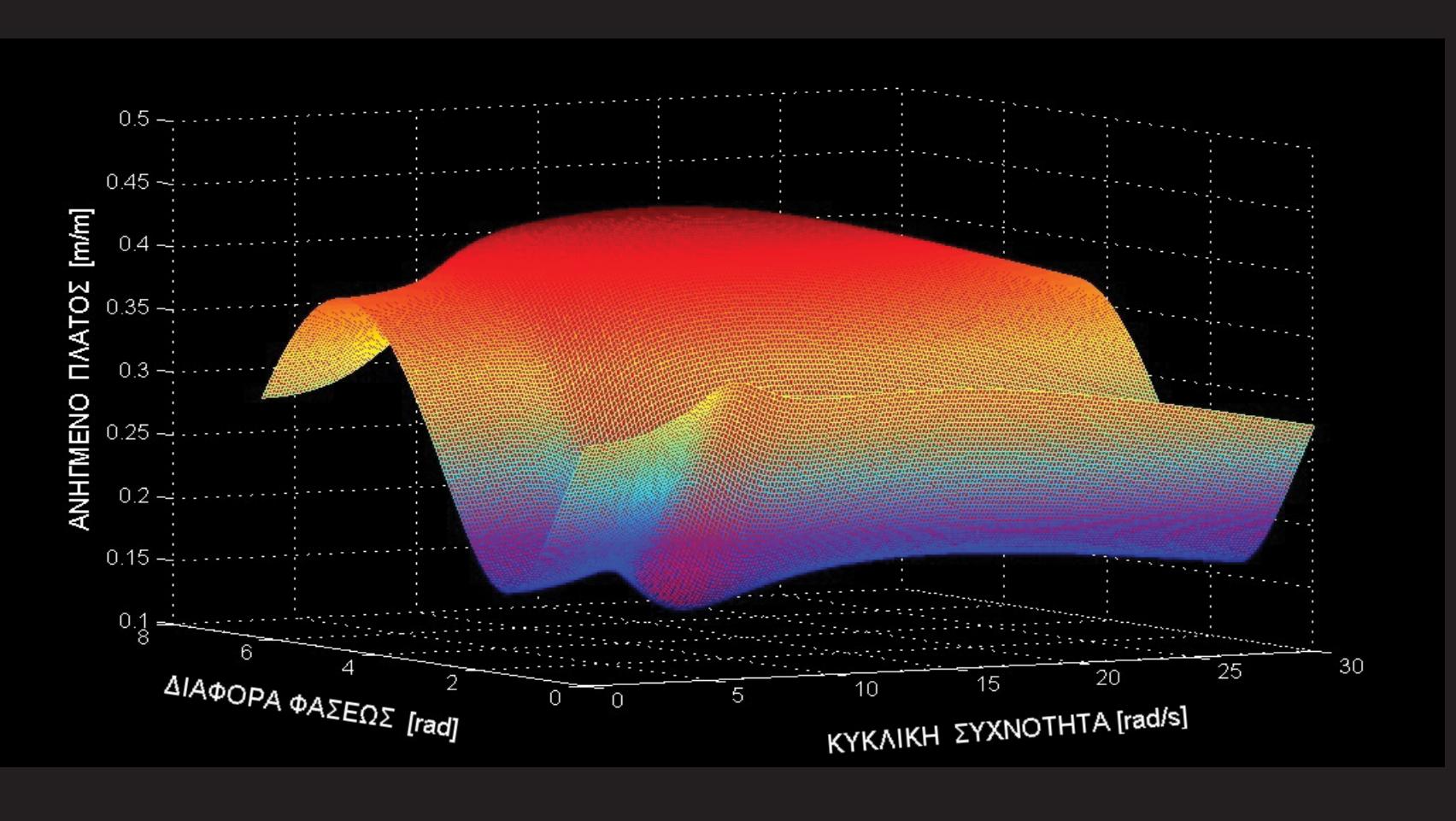
(A.2)



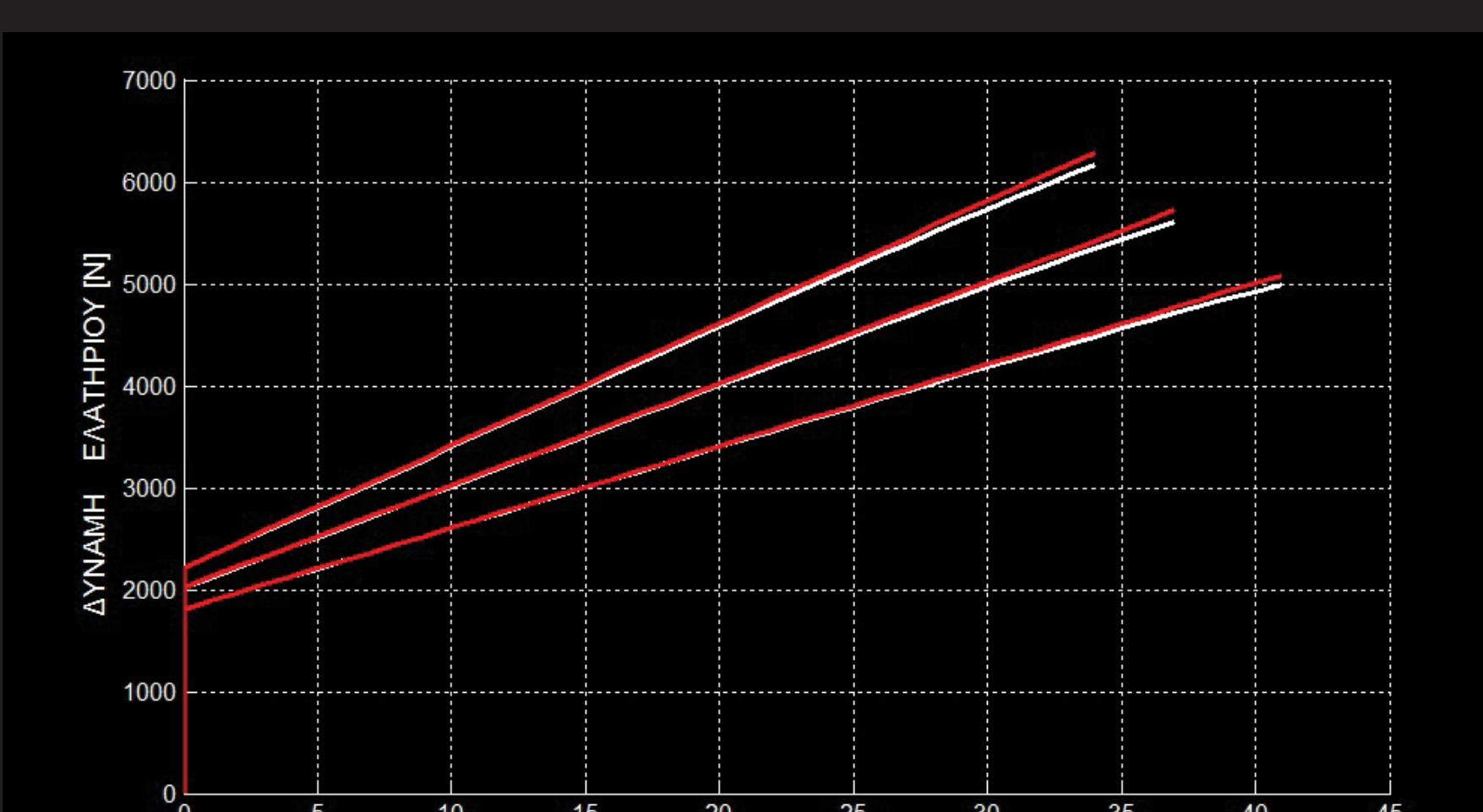
(B.2)



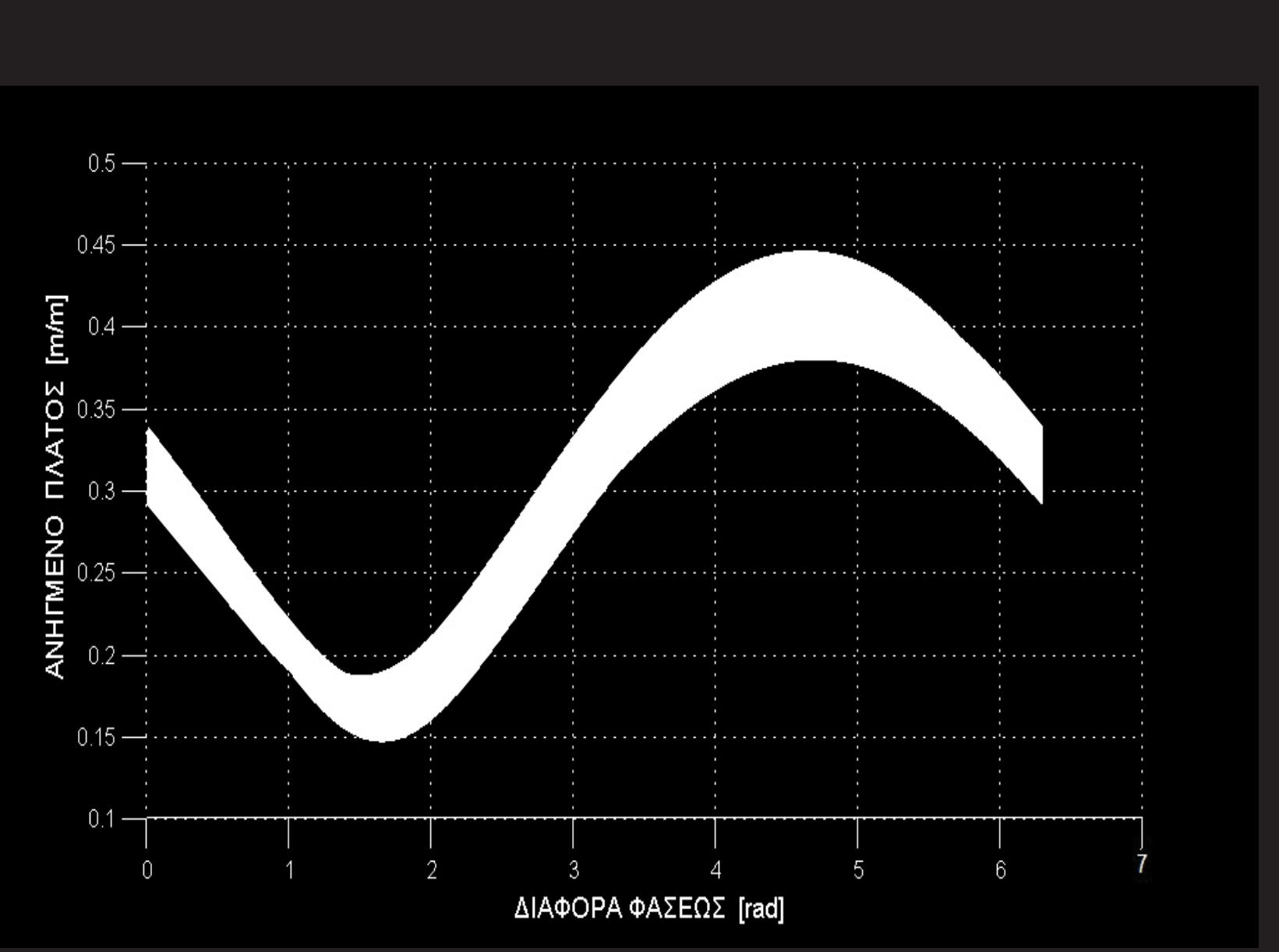
(B.3)



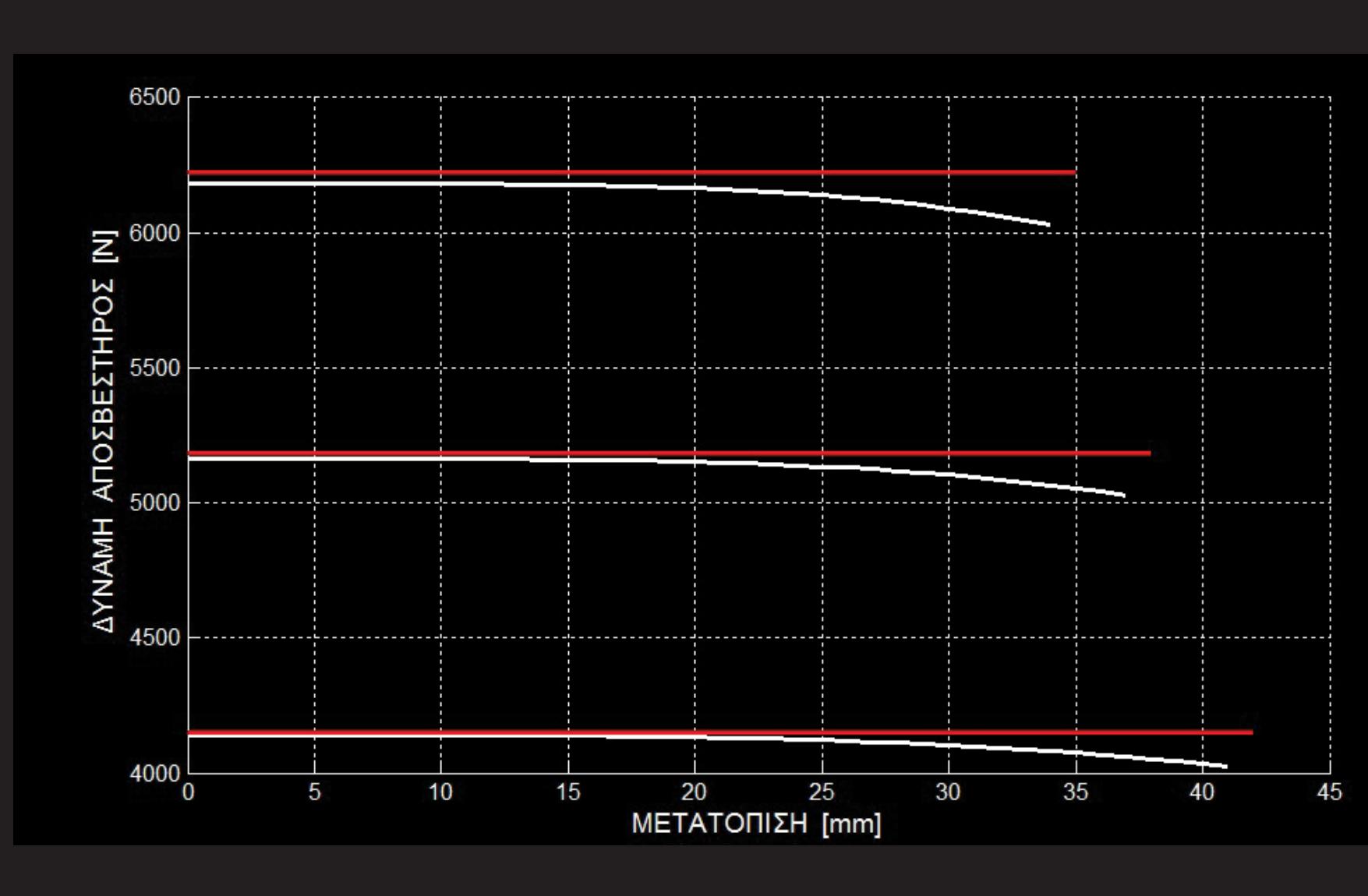
(A.3)



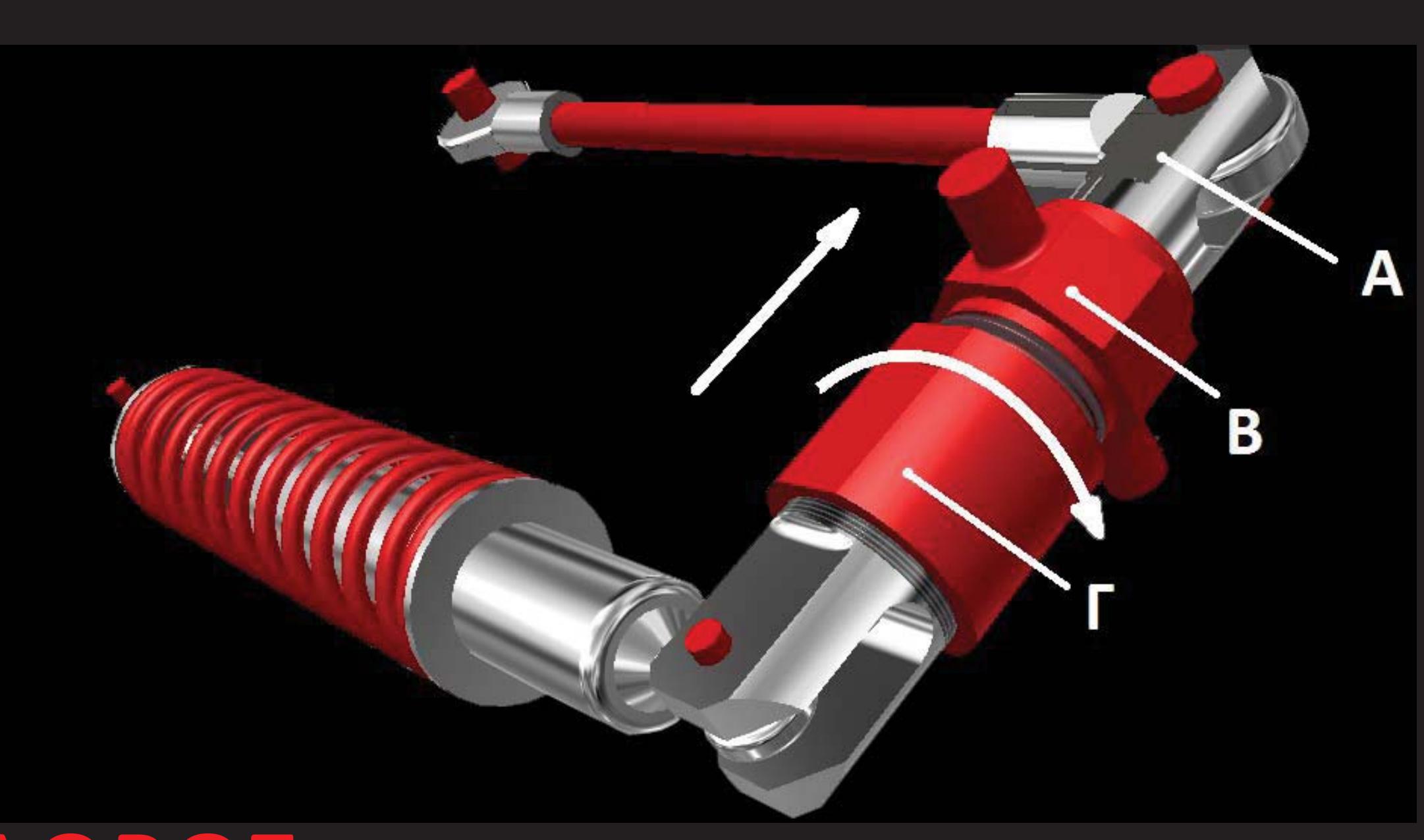
(B.4)



(A.4)



(B.5)



(B.6)

ΠΡΟΒΛΗΜΑ Β

Ένα δεύτερο πρόβλημα που εμφανίζεται μετά τον προσδιορισμό των βασικών μεγεθών είναι κατά πόσο αφού κατασκευασθεί η μοτοσικλέτα μπορούν να ρυθμιστούν με συνεχή διάκριτο πόσο από τα μεγέθη έτσι ώστε να προσαρμόζεται η μοτοσικλέτα στον εκάποτε αναβάτη και στον δρόμο. Σε αυτήν την παρουσίαση μελετάται το σύστημα αναρτήσεως του οπισθίου τροχού.

ΙΔΕΑ

Βασική ιδέα για τον σχεδιασμό μιας ρυθμιζόμενης αναρτήσεως με δυνατότητα συνεχούς ρυθμίσεως των σταθερών του ελατηρίου και του αποσβετήρας είναι η αντικατάσταση της κλασικής διατάξεως του σπειροειδούς ελατηρίου με τον ομοιαρινά τοποθετημένο αποσβετήρα από έναν ισοδύναμο αρθρωτό μηχανισμό, ο οποίος θα λειτουργεί ως ανάρτηση όμως θα δίνει την δυνατότητα της μεταβολής κάποιων γεωμετρικών του μεγεθών έτσι ώστε να είναι δυνατή η ρύθμιση.

Όπως φαίνεται στα αφαιρετικά σχέδια (B.1)-(B.2) ο μηχανισμός αποτελείται από τέσσερα στοιχεία:
 • Ράβδος συμπιεσώσεως
 • Μολύβδος ρυθμίσεως με βραχίονες μήκους a,b
 • Σπειροειδές ελατηρίο σταθεράς k
 • Αποσβετήρας σταθεράς cd

Η ράβδος συμπιεσώσεως θεωρείται απαραμόρφωτη και αρθρώνεται από την πλευρά στο φαλίδι του οπισθίου τροχού και από την πλευρά στο άκρο του βραχίονος a. Το σπειροειδές ελατηρίο και ο ομοιαρινά τοποθετημένος αποσβετήρας αρθρώνονται και αυτοί από την μία πλευρά στο φαλίδι ενώ από την άλλη στο άκρο του βραχίονος b. Κατά την συμπίεση του μηχανισμού τα άκρα προσδέονται με την υπόλοιπη μοτοσικλέτα έχουν μετατοπίσει x1, x2 ενώ το ελατηρίο και ο αποσβετήρας έχουν μετατοπίσει x1, x3 που σχετίζονται με την γεωμετρία του μηχανισμού.

Βάσει της γραμμικής αναλύσεως του μηχανισμού προκύπτουν:

$$K = k(1 + b/a)^2 \quad C = c_d(1 + b/a)^2$$

Ο παραπάνω μηχανισμός είναι ισοδύναμος με ένα ελατηρίο σταθεράς K και έναν αποσβετήρα σταθεράς C σε παράλληλη συνδεσμολογία όπου υπάρχει η δυνατότητα συνεχούς ρυθμίσεως των σταθερών με κατάλληλη μεταβολή του λόγου b/a.

Στα διαγράμματα (B.4)-(B.5) απεικονίζονται οι χαρακτηριστικές αξιονικού φορτίου του ελατηρίου και του αποσβετήρας αντιστοίχως της μετατοπίσεως των άκρων του μηχανισμού για διάφορες τιμές του λόγου b/a (αρχική ρύθμιση, μέγιστη ρύθμιση +20%, ελάχιστη ρύθμιση -20%). Οι λευκές καμπύλες αντιστοιχούν στην μη γραμμική μετατοπίση ενώ οι κόκκινες στην γραμμική. Η μηδενιστική αρχική τιμή του διάγραμματος του ελατηρίου υποδηλώνει την αρχική προέ