

**ΑΚΑΔΗΜΙΑ ΕΜΠΟΡΙΚΟΥ ΝΑΥΤΙΚΟΥ  
ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ  
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**ΘΕΜΑ :  
ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΗ ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΡΥΘΜΙΣΤΗΣ ΣΤΡΟΦΩΝ  
WOODWARD**

**ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ :  
ΣΤΑΜΑΤΟΠΟΥΛΟΣ ΧΡΙΣΤΟΣ, ΣΟΥΛΙΟΠΟΥΛΟΣ ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ**

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ :  
ΚΟΥΠΑΡΑΝΗΣ ΣΤ.**

**ΝΕΑ ΜΗΧΑΝΙΩΝΑ  
2015**

**ΑΚΑΔΗΜΙΑ ΕΜΠΟΡΙΚΟΥ ΝΑΥΤΙΚΟΥ  
ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ  
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**ΘΕΜΑ :  
ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΗ ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΡΥΘΜΙΣΤΗΣ ΣΤΡΟΦΩΝ  
WOODWARD**

**ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ :  
ΣΤΑΜΑΤΟΠΟΥΛΟΣ ΧΡΙΣΤΟΣ, ΣΟΥΛΙΟΠΟΥΛΟΣ ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ  
ΑΜ: 4816, 4770**

**ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΠΑΡΑΔΟΣΗΣ:**

**06/2015**

Βεβαιώνεται η ολοκλήρωση της παραπάνω πτυχιακής εργασίας

Ο καθηγητής

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα πτυχιακή εργασία γίνεται η πλήρης σχεδίαση του συστήματος ρυθμιστής στροφών (Woodward). Η σχεδίαση και συναρμολόγηση των υπό σχεδίαση δοκιμίων έγινε με πρόγραμμα τρισδιάστατης σχεδίασης. Η χρήση του προγράμματος έγινε από μακέτα free trial. Το πρόγραμμα δίνει την δυνατότητα, σχεδίασης, συναρμολόγησης, μηχανικής κίνησης και δοκιμασίες αντοχής. Κατά την διαδικασία σχεδιασμού των εν λόγω δοκιμίων, έγιναν πολλές δοκιμές διαφόρων σχεδιασμών. Αρχικά έγινε σχεδιασμός των μερών της κατασκευής (Parts) και η τελική συναρμολόγηση (assembly). Σκοπός της εργασίας είναι η γενική περιγραφή ενός συστήματος σε πλήρη τομή, αφού αυτό μπορεί να αποτελέσει ένα εποπτικό μέσο για την διδασκαλία των ναυτικών μαθημάτων. Αυτή η γενική περιγραφή με τις ανάλογες τομές και το animation αποτελεί το βασικό εργαλείο για την επίτευξη της αποτελεσματικής κατανόησης από τους μαθητές της Ακαδημίας. Μετά την σχεδίαση στον ηλεκτρονικό υπολογιστή με την βοήθεια του λογισμικού επιτυγχάνεται αρχικά η εκ νέου σχεδίαση κάποιων τεμαχίων ούτως ώστε να βελτιστοποιηθεί η λειτουργία τους. Σε δεύτερη φάση θα γίνει και ακριβής και στοχευόμενη η κατασκευή τους αφού μπορεί να περαστεί η γεωμετρία στο CAM (Computer Aided Manufacturing) και να γίνει εισαγωγή του κώδικα σε αυτόματη εργαλειομηχανή CNC (Computer Numerical Control). Όλο αυτό το σχέδιο πραγματοποιείται σε πρόγραμμα ηλεκτρονικού υπολογιστή λόγω του ότι οι δυνατότητες που παρέχει είναι μεγάλες και διευκολύνει αρκετά στο να γίνουν ακριβείς σχεδιάσεις, γρήγορες διορθώσεις όπου χρειάζεται με άμεσο αποτέλεσμα την πιο γρήγορη κατασκευή του συστήματος στην πράξη.

## **ABSTRACT**

A monthly free-trial version of a 3D software was used for the design and assembly of the specimens. Moreover the software can simulate mechanical motion and tension test. During the design phase, several other designs were proposed and evaluated accordingly. The design that was chosen was a heat exchanger. The main purpose of the coursework is to demonstrate a section of a system, since this can be used as a reference point for the understanding of naval courses. The students of the Academy can gain a deeper understanding through animation and section drawings. After the electronic model is been created a second evaluation can be performed and improve even further the existing design. Following this, a CAM (Computer Aided Manufacturing) can be used for the manufacturing process. By using CNC (Computer Numerical Control) we can ensure high accuracy of the final product with the designed product. By using a computer soft ware we can achieve high accuracy, fast modifications and speed-up the manufacturing process. For the all the above mentioned reasons we used the free trial version of Solid works 2012 for ensuring accuracy in the design and being able to replicate the process in the future if needed.



## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η σχεδίαση ενός απλού εξαρτήματος, μίας απλής κατασκευής είναι μία πρόκληση για ένα σχεδιαστή μηχανικό αφού του δίνεται η δυνατότητα να δει, να συγκρίνει και να διακρίνει οντότητες οι οποίες είναι δύσκολο να τις φανταστεί στο επίπεδο. Αυτό είναι πολύ περισσότερο δύσκολο σε μία συναρμολογημένη διάταξη με πολλά εξαρτήματα. Στην σημερινή εποχή δίνεται η δυνατότητα με την ευρεία χρήση των υπολογιστών και των προγραμμάτων που έχουν ανακαλυφθεί για την καλύτερη – ποιοτικότερη και αποδοτικότερη εργασία των μηχανικών. Η παρούσα πτυχιακή εργασία πραγματεύεται με την τρισδιάστατη σχεδίαση, ενός τρισδιάστατου υδραυλομηχανικού ρυθμιστή στροφών τύπου Woodward δίνοντας με τον τρόπο αυτό και στον πιο δύσκολο αναγνώστη μία εύκολη εικόνα της σημασίας τους.

# Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή στους ρυθμιστές στροφών

## 1.1 Ρυθμιστές στροφών

Ρυθμιστές είναι οι μηχανισμοί που ανάλογα με το φορτίο της μηχανής μεταβάλλουν την ισχύ της δίνοντας μέσω του οδοντωτού κανόνος των αντλιών καυσίμων την κατάλληλη ποσότητα αυτού.

Με τη χρήση τους επιτυγχάνονται:

α) Η αυξομείωση των στροφών της προωστήρας μηχανής

β) Η αντιμετώπιση του φορτίου στα ηλεκτροπαραγωγά ζεύγη με τις σταθερές στροφές για επίτευξη σταθερής τάσης και συχνότητας

γ) Η διατήρηση των επιθυμητών στροφών για αποφυγή βλαβών της προωστήρας μηχανής όταν λόγω ξενερίσματος ή βυθίσματος της έλικας αυξάνουν ή μειώνονται υπερβολικά οι στροφές.

Οι ρυθμιστές επενεργούν στο σύστημα εγχύσεως του καυσίμου με ακρίβεια και ταχύτητα που δεν είναι δυνατό να επιτευχθεί με χειροκίνητους χειρισμούς.

Ανάλογη με τον προορισμό της μηχανής (ως προωστήρας ή για την κίνηση ηλεκτρογεννήτριας) είναι και η κατασκευή του ρυθμιστή. Σε μια προωστήριο μηχανή πλοίου χρειάζεται ρυθμιστής ο οποίος σε περίπτωση απότομης αποφορτώσεως της μηχανής (π.χ. στην περίπτωση θαλασσοταραχής και ξενερίσματος της έλικας) με αποτέλεσμα την αύξηση των στροφών με γρήγορο ρυθμό να διακόψει τελείως την παροχή του καυσίμου προς την μηχανή μέχρις ότου οι στροφές να επανέλθουν στα επιθυμητά όρια. Οι ρυθμιστές αυτοί λέγονται ασφάλειας (safety governor) και κατασκευάζονται έτσι ώστε να επενεργούν όταν η απόκλιση των στροφών από τη ρύθμιση γίνει 5% και να έχει τελειώσει τη διόρθωση όταν η απόκλιση γίνει το πολύ 10% με τη μηχανή να εργάζεται σε χαμηλές στροφές.

Σε περίπτωση κινητήριας μηχανής ηλεκτρογεννήτριας ο ρυθμιστής θα πρέπει να διατηρεί σταθερές τις στροφές του για οποιαδήποτε διακύμανση του φορτίου ώστε να διατηρείται η τάση του παραγώμενου ρεύματος. Οι ρυθμιστές αυτοί λέγονται ρυθμιστές σταθερής ταχύτητας (speed governor) και είναι κατασκευασμένοι έτσι ώστε να διατηρούν τις στροφές της μηχανής σταθερές με απόκλιση το πολύ  $\pm 5\%$ .

Οι ρυθμιστές που χρησιμοποιούνται σήμερα είναι φυγοκεντρικού τύπου με περιστρεφόμενες μάζες που ισορροπούν με ελατήρια ή με αντίβαρα. Ανάλογα με τον τρόπο με τον οποίο ενεργούν οι ρυθμιστές στο σύστημα εγχύσεως του καυσίμου μπορούμε να τον διακρίνουμε σε 2 κατηγορίες:

α) Μηχανικούς ή άμεσου ρυθμίσεως.

β) Τους υδραυλικούς ή έμμεσου ρυθμίσεως.

Οι μηχανικοί ρυθμιστές χρησιμοποιούνται όταν μπορούν να τοποθετηθούν κοντά στο σύστημα έγχυσης και όταν οι δυνάμεις που χρειάζονται να εξασκηθούν για τη ρύθμιση είναι μικρές.

Όταν οι δυνάμεις που απαιτούνται για την ρύθμιση είναι μεγάλες και επιπλέον η τοποθέτηση της μηχανής γίνεται πολύ μακριά από το σημείο ρύθμισης τότε χρησιμοποιούνται οι υδραυλικοί ρυθμιστές.

Οι ρυθμιστές επενεργούν συνήθως στους οδοντωτούς κανόνες των αντλιών πετρελαίου κατά τέτοιο τρόπο ώστε να αποδίδουν το επιθυμητό ποσό πετρελαίου ανά κύκλο και επομένως ένα αντίστοιχο ποσό ροπής.

## Κεφάλαιο 2: Αρχή λειτουργίας και είδη ρυθμιστών στροφών

### 2.1 Μηχανικός ρυθμιστής στροφών

Η αρχή λειτουργίας του μηχανικού ρυθμιστή στροφών ότι δύο σφαιρικά συνήθως βάρη συνδέονται μέσω βραχιόνων με κεντρικό κατακόρυφο άξονα. Μέσω δύο άλλων βραχιόνων, συνδέονται με κεντρικό δρομέα ο οποίος ολισθαίνει ελεύθερα κατά μήκος του κατακόρυφου άξονα. Τα βάρη βρίσκονται αντιδιαμετρικά του άξονα και μπορούν να απομακρύνονται από αυτόν με τη βοήθεια των αντίστοιχων αρθρώσεων στα σημεία συνδέσεως των βραχιόνων. Η ύπαρξη του κεντρικού δρομέα επιβάλλει τη συμμετρική μετακίνηση των βαρών ως προς τον κεντρικό άξονα. Ο άξονας περιστρέφεται με ταχύτητα ανάλογη της ταχύτητας περιστροφής της μηχανής. Λόγω περιστροφής, η αδρανειακή φυγόκεντρος δύναμη απομακρύνει τα βάρη από τον κεντρικό άξονα, μέχρι συγκεκριμένο σημείο ισορροπίας, το οποίο καθορίζεται από την μάζα τους, την ταχύτητα περιστροφής και τη γωνιακή θέση των βραχιόνων. Σε κάθε σημείο ισορροπίας, η ροπή του βάρους ως προς την άρθρωση ισούται με τη ροπή της φυγόκεντρης δυνάμεως ως προς την άρθρωση. Όσο αυξάνεται η ταχύτητα περιστροφής, τόσο περισσότερο ανυψώνονται τα βάρη, καθώς απομακρύνεται από τον άξονα, οπότε η διάταξη επιτελεί το ρόλο μετρητή στροφών. Ο δρομέας μπορεί να συνδεθεί με τον ρυθμιστή καυσίμου, ώστε με την άνοδό του να μειώνεται η παροχή καυσίμου. Με τον τρόπο αυτό έχει επιτευχθεί η ρύθμιση στροφών ώστε μόλις αυτές τείνουν να αυξηθούν με τη μείωση του φορτίου, να μειώνεται αντίστοιχα και η ροπή του κινητήρα, οπότε αυτός να μην επιταχύνει. Στην ιδεατή περίπτωση που δεν υπάρχουν τριβές, αντιστοιχεί μοναδικό σημείο ισορροπίας για κάθε ταχύτητα περιστροφής. Η αναπόφευκτη ύπαρξη των τριβών καταργεί αυτή την αντιστοιχία και δημιουργεί ασάφεια στη θέση ισορροπίας για κάθε ταχύτητα περιστροφής. Αυτό συμβαίνει γιατί η τριβή αντιστέκεται στη κίνηση, οπότε ανάλογα με την κίνηση αλλάζει και η φορά. Έτσι θα προκύψει άλλο σημείο ισορροπίας για δεδομένες στροφές περιστροφής, αν αυτές επιτευχθούν με επιτάχυνση και άλλο αν αυτές επιτευχθούν με επιβράδυνση. Για να μειωθεί αυτή η ασάφεια, στους πρώτους μηχανικούς ρυθμιστές στροφών χρησιμοποιούνταν μεγάλα βάρη, ώστε η τριβή να είναι πολύ μικρή σε σχέση με τις άλλες δυνάμεις του μηχανισμού.

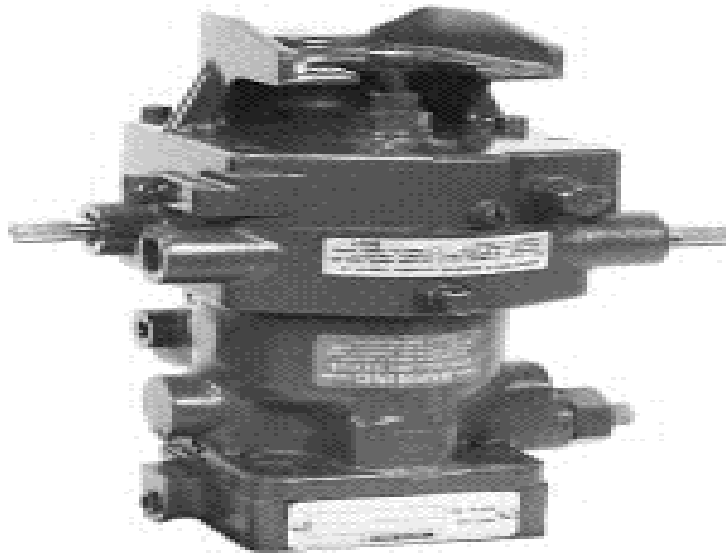
Οι σύγχρονοι μηχανικοί ρυθμιστές στροφών έχουν αρκετά πιο σύνθετη δομή από αυτή του απλού ρυθμιστή που αναφέραμε πιο πριν. Με την βοήθεια σύνθετων μηχανισμών και ελατηρίων μπορούν να εκτελέσουν διαφορετικές λειτουργίες ρυθμίσεως (μέγιστη ταχύτητα περιστροφής, διατήρηση σταθερής ταχύτητας σε όλο το εύρος των στροφών κλπ.). Για να μην υπάρξει περιορισμός ως προς την κατακόρυφη τοποθέτηση του άξονα περιστροφής τους και για να μειωθεί το μέγεθος των βαρών, η κεντρομόλος δύναμη που αντιστέκεται στην αδρανειακή φυγόκεντρο δεν οφείλεται πλέον στη βαρύτητα αλλά χρησιμοποιούνται κατάλληλα ελατήρια. Με τον τρόπο αυτό επιτρέπεται η το-

ποθέτηση του άξονα περιστροφής σε οριζόντια θέση. Βρίσκουν εφαρμογή σε όλο το εύρος των πετρελαιομηχανών, από κινητήρες οχημάτων και κινητήρες ηλεκτροπαραγωγών ζευγών, έως μεγάλους ναυτικούς πετρελαιοκινητήρες.

## **2.2 Μηχανικός-υδραυλικός ρυθμιστής στροφών**

Ο περιστρεφόμενος μηχανικός ρυθμιστής δεν συνδέεται με το ρυθμιστικό κανόνα του καυσίμου, αλλά ελέγχει μία υδραυλική βαλβίδα. Η βαλβίδα ανάλογα με τη θέση της, επιτρέπει την είσοδο υδραυλικού υγρού υπό πίεση στο κύκλωμα ή την απομάκρυνση του προς την επιστροφή. Όταν με την κάθοδο της βαλβίδας επιτρέπεται η είσοδος υδραυλικού υγρού, αυξάνεται η πίεση σε κατάλληλο έμβολο, το οποίο αυξάνει την παροχή καυσίμου. Με την άνοδο της βαλβίδας ανοίγει η επιστροφή και μειώνεται η πίεση στο έμβολο οπότε το ελατήριο το απομακρύνει και μειώνεται η παροχή καυσίμου. Όταν οι στροφές αυξάνονται, απομακρύνονται τα αντίβαρα, ανέρχεται η βαλβίδα, διαφεύγει υδραυλικό υγρό, μειώνεται η πίεση, κατέρχεται το έμβολο και μειώνεται το καύσιμο. Το αντίθετο συμβαίνει όταν μειώνονται οι στροφές.

Το συγκεκριμένο σύστημα έχει ένα μοναδικό σημείο ισορροπίας, όταν η βαλβίδα βρίσκεται στην ενδιάμεση νεκρή σχέση, η οποία αντιστοιχεί σε συγκεκριμένη ταχύτητα περιστροφής. Αυτή ρυθμίζεται από την τάση του ελατηρίου στο μηχανισμό με τα αντίβαρα. Προφανώς το σύστημα αυτό κατέχει την ιδιότητα της ισόχρονης λειτουργίας, αλλά δυστυχώς είναι και ασταθές, λόγω της αρχής αποκρίσεως της μηχανής στην αύξηση της παροχής καυσίμου. Έτσι αν πέσουν οι στροφές και αντιδράσει ο ρυθμιστής αυξάνοντας το καύσιμο, θα αργήσει να ανταποκριθεί ο κινητήρας, οπότε ήδη ο ρυθμιστής καυσίμου θα έχει μετακινηθεί κατά πολύ και η μηχανή συνεχίζει να επιταχύνει. Τότε η βαλβίδα μετακινείται από την άλλη πλευρά και μειώνει το καύσιμο, αλλά λόγω της αδράνειας του κινητήρα αργούν να πέσουν οι στροφές του, οπότε ο ρυθμιστής προκαλεί σημαντική μείωση του καυσίμου. Η παραπάνω διαδικασία επαναλαμβάνεται συνεχώς δηλαδή εμφανίζονται ταλαντώσεις συνεχείς και μη αποσβενομένες.



**Εικόνα 2.1: Μηχανικός υδραυλικός ρυθμιστής στροφών**

Το τελευταίο αυτό ανεπιθύμητο χαρακτηριστικό πρέπει να αφαιρεθεί, για να έχει ο ρυθμιστής πρακτική εφαρμογή. Αυτό γίνεται εισάγοντας στον ρυθμιστή χαρακτηριστικά κλίσεως ταχύτητας περιστροφής, με χρήση διάφορων μηχανισμών, ώστε να αντισταθμίζεται μερικώς η διέγερση που προκαλεί ο ρυθμιστής. Ένας τέτοιος απλός μηχανισμός συνδέει με τη βοήθεια μοχλού το ελατήριο του μηχανικού ρυθμιστή και το έμβολο. Έτσι όταν αυξάνεται το καύσιμο με την άνοδο του εμβόλου, μειώνεται ταυτόχρονα και η συμπίεση του ελατηρίου, οπότε η βαλβίδα τείνει να επιστρέψει στη νεκρή θέση. Αντίστοιχα όταν μειώνεται το καύσιμο με την κάθοδο του εμβόλου, μέσω του μοχλού, συμπιέζεται το ελατήριο και η βαλβίδα τείνει επίσης να επιστρέψει στη νεκρή θέση, αντισταθμίζοντας την κίνηση του εμβόλου.

### **2.3 Ηλεκτρονικός ρυθμιστής στροφών**

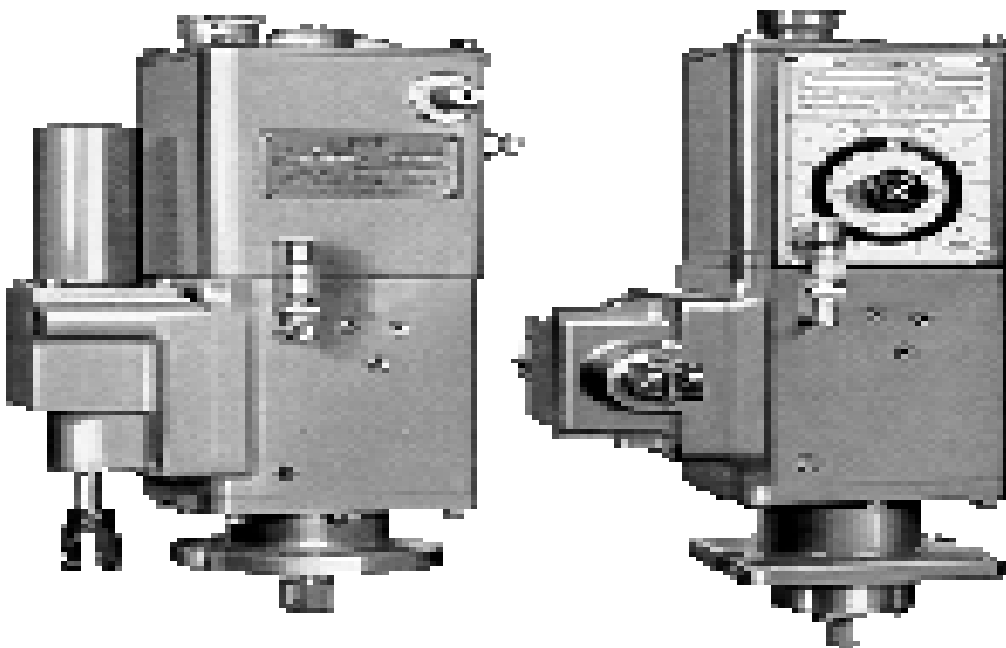
Ο ηλεκτρονικός ρυθμιστής στροφών στην πιο απλή του μορφή αποτελείται από έναν αισθητήρα, που μετρά τις στροφές του κινητήρα (ή επιπρόσθετα και το φορτίο), έναν επενεργητή, ο οποίος μετακινεί το ρυθμιστικό κανόνα του καυσίμου, καθώς και το ηλεκτρονικό κύκλωμα που ενισχύει το σήμα προς τον επενεργητή.

Το σήμα από το μετρητή στροφών συγκρίνεται με προκαθορισμένη τιμή (για την δεδομένη ταχύτητα περιστροφής, που πρέπει να διατηρηθεί σταθερή). Αν υπάρχει σφάλμα (διαφορά), αυτό ενισχύεται από κατάλληλο ενισχυτή και οδηγείται στον επενεργητή είτε για αύξηση είτε για μείωση της παροχής καυσίμου, ανάλογα με το πρόσημο του σφάλματος. Ο ηλεκτρονικός ρυθμιστής μπορεί να

συνδυάζεται με υδραυλικό σύστημα, το οποίο πολλαπλασιάζει τη δύναμη που επενεργεί στο ρυθμιστικό κανόνα του καυσίμου.

Οι ηλεκτροϋδραυλικοί ρυθμιστές αποτελούν το αντίστοιχο του μηχανικού-υδραυλικού ρυθμιστή, όπου στη θέση του μηχανικού ρυθμιστή υπάρχει ηλεκτρονικός ρυθμιστής, ο οποίος κινεί την αντίστοιχη βαλβίδα του υδραυλικού κυκλώματος.

Στη σύγχρονη μορφή τους τα ηλεκτρονικά συστήματα ελέγχου συλλέγουν και άλλες μετρήσεις από διάφορα σημεία της μηχανής, επενεργώντας και σε άλλες μεταβλητές, εκτός από τη θέση του ρυθμιστικού κανόνα του καυσίμου. Ανάλογα με τις στροφές και το φορτίο του κινητήρα, μπορούν να μεταβάλλουν το χρονισμό των βαλβίδων εξαγωγής, το χρονισμό της εγχύσεως, την πίεση εγχύσεως και την παροχή του εγχυόμενου καυσίμου, βελτιστοποιώντας τη λειτουργία της μηχανής σε όλα τα φορτία και σε όλο το εύρος των στροφών (ακόμη και κατά τη ανάστροφη λειτουργία).



**Εικόνα 2.2: Ηλεκτρονικός ρυθμιστής στροφών**

## **Κεφάλαιο 3: Ο υδραυλικός ρυθμιστής στροφών Woodward**

### **3.1 Ιστορικά στοιχεία**

Η ιστορική αναδρομή ξεκινάει το 1870 στο Rockford του Illinois με την εφεύρεση του Amos Woodward ενός υδροκίνητου μηχανικού ρυθμιστή. Τριάντα χρόνια αργότερα ο γιος του Elmer πατένταρε τον πρώτο επιτυχημένο ρυθμιστή για υδραυλικές τουρμπίνες. Το 1933 η εταιρεία γίνεται πιο ανταγωνιστική μπαίνοντας στον κλάδο των μηχανών diesel και άλλων παλινδρομικών μηχανών όπως και για τουρμπίνες βιομηχανικών εγκαταστάσεων. Η εταιρεία επωφελήθηκε τότε από την ταχεία εξέλιξη των μηχανών για τρένα και για αεροπλάνα. Η χρήση των αμμοστροβίλων σε βιομηχανικές εγκαταστάσεις προσέφερε στην εταιρεία περισσότερες επιλογές. Η παράλληλη ηλεκτρονική ανάπτυξη της τότε εποχής έδωσε μεγαλύτερη ώθηση και αναγνώριση στην εταιρεία.

Το 1933 ο Elmer Governor κατασκευάζει τον πρώτο μηχανισμό για ηλεκτρονικό έλεγχο της προπέλας. Σήμερα το 75% των αεροσκαφών χρησιμοποιούν ρυθμιστές της εταιρείας Woodward. Από το 2007 η εταιρεία αγγίζει την τάξη του 1ος δισεκατομμυρίου δολαρίων με εγκαταστάσεις σε όλο τον πλανήτη. Το 2010 η εταιρεία ανακοινώνει την αλλαγή του ονόματος της από Woodward Governor σε Woodward Inc.

### **3.2 Βασική περιγραφή του μηχανισμού**

Ο ρυθμιστής ταχύτητας στροφών Woodward έχει ως αποστολή να διατηρεί όσον δυνατόν σταθερή την ταχύτητα της μηχανής. Η ταχύτητα της μηχανής, όπως είναι γνωστό, προσδιορίζεται από χειριστή μηχανικό μέσο του χειροτροχού. Η ποσοτική παροχή καυσίμου ρυθμίζεται ανεξάρτητα από τον ρυθμιστή της ταχύτητας, με τη βοήθεια του μοχλού παροχής καυσίμου και ανάλογα με το φορτίο της μηχανής.

Οι διακυμάνσεις φορτίου επιφέρουν αλλαγές στην ταχύτητα της μηχανής. Κάθε αλλαγή της ταχύτητας της μηχανής θέτει αμέσως σε λειτουργία τον ρυθμιστή ταχύτητας. Ο ρυθμιστής ταχύτητας λειτουργεί ανεξάρτητα από τους υπόλοιπους μηχανισμούς χειρισμών της μηχανής και το σύστημα των μοχλών ελέγχου της παροχής καυσίμου είναι με τέτοιο τρόπο διαμορφωμένο, ώστε ενώ είναι ελεύθερο να αυξομειώνει την παροχή καυσίμου προσπαθώντας πάντα τη διατήρηση της ταχύτητας σε σταθερή τιμή. Παρόλα αυτά, δεν έχει την δυνατότητα να αυξάνει την παροχή καυσίμου πέρα από εκείνη που προσδιορίζεται από την θέση του μοχλού παροχής καυσίμου. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα, να αποφεύγεται η επικίνδυνη υπερτάχυνση της μηχανής, σε περίπτωση μηδενισμού του φορτίου της από οποιαδήποτε αιτία, αφού ο ρυθμιστής είναι ικανός ακόμη και να



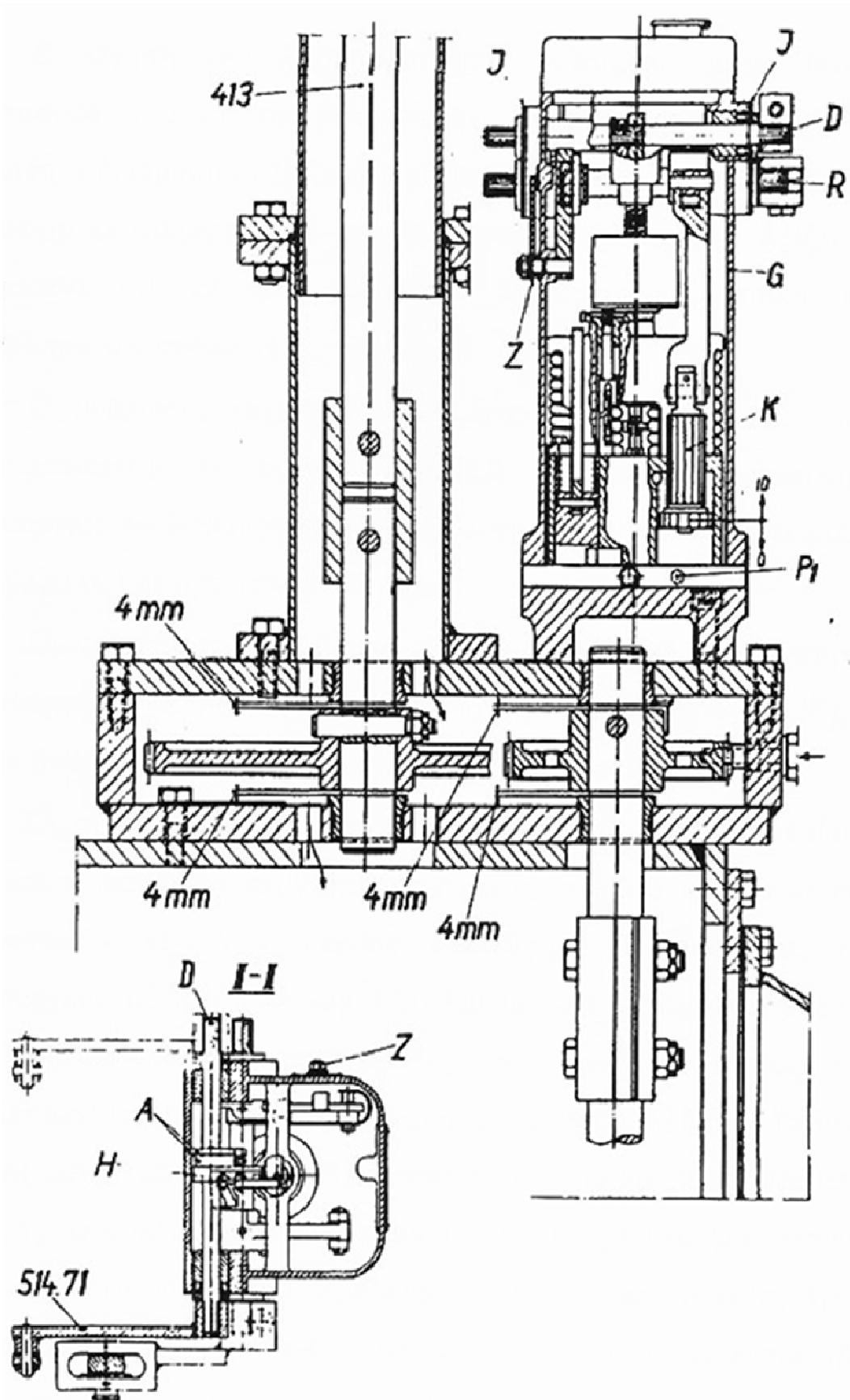
μηδενίσει την παροχή του καυσίμου. Με αυτόν τον τρόπο ο ρυθμιστής παρέχει μία σημαντική δικλείδα ασφαλείας.

Όλα αυτά βέβαια εφόσον ο ρυθμιστής εργάζεται κανονικά για αυτό και απαιτείται μεγάλη προσοχή στην σωστή λειτουργία του. Η σωστή συναρμολόγηση του αλλά και η ποιότητα του ελαίου που χρησιμοποιείται, θα πρέπει να ανταποκρίνεται πάντοτε στις προδιαγραφές των κατασκευαστών.

Τα ελατήρια των αντίβαρων του ρυθμιστή έχουν ορισμένη τάση για κάθε ταχύτητα έτσι ώστε ο ρυθμιστής να ισορροπεί. Στην περίπτωση που ο ρυθμιστής καλείται να διατηρήσει την ταχύτητα της μηχανής σε μεγαλύτερες ή μικρότερες τιμές, η τάση των ελατηρίων, η οποία αντιδρά στις φυγόκεντρες δυνάμεις των αντίβαρων αυξάνεται ή ελαττώνεται με την βοήθεια του χειροτροχού. Βασική λειτουργία του χειροτροχού, όπως έχει αναφερθεί και προηγουμένως, είναι ο προσδιορισμός της ταχύτητας της μηχανής. Αντίστοιχα, με την νέα τάση των ελατηρίων τα αντίβαρα λαμβάνουν νέα θέση ισορροπίας. Αυτό έχει ως άμεσο αποτέλεσμα μία νέα μετατόπιση του σερβοεμβόλου. Η μετατόπιση αυτή κρίνεται απαραίτητη για τη ρύθμιση της παροχής του καυσίμου ως προς τη νέα κατάσταση φορτίου μηχανής. Στη συνέχεια, ο άξονας του ρυθμιστή της ταχύτητας στρέφεται και αυξάνει την τάση του ελατηρίου.

Ο χειροτροχός προσδιορισμού της ταχύτητας βρίσκεται στο σταθμό χειρισμών της μηχανής και έχει κλίμακα με υποδιαίρεσεις από 0 έως 10 με τις αντίστοιχες ταχύτητες και φορτία. Η ρυθμιστική γωνία της ταχύτητας του άξονα προσδιορίζεται μέσω τερματικών τομέων, οι θέσεις των οποίων μπορούν να ρυθμιστούν μεταξύ των θέσεων 0 έως 10.

Για πιο εύκολη συναρμολόγηση και ρύθμιση, οι τελικές θέσεις 0 και 10 του άξονα ρύθμισης ταχύτητας και του τελικού άξονα έχουν σημαδευτεί αντίστοιχα και στους δύο άξονες με ενδεικτικές πλάκες, οι οποίες είναι προσαρμοσμένες στο περίβλημα του ρυθμιστή. Αυτό γίνεται για να διασφαλιστεί ότι σε όλες τις διακυμάνσεις του φορτίου θα υπάρχει σταθερός έλεγχος της ταχύτητας από το ρυθμιστή, ο οποίος είναι εφοδιασμένος με υδραυλικό μηχανισμό που αναφέρεται και σαν σύστημα αντιστάθμισης.

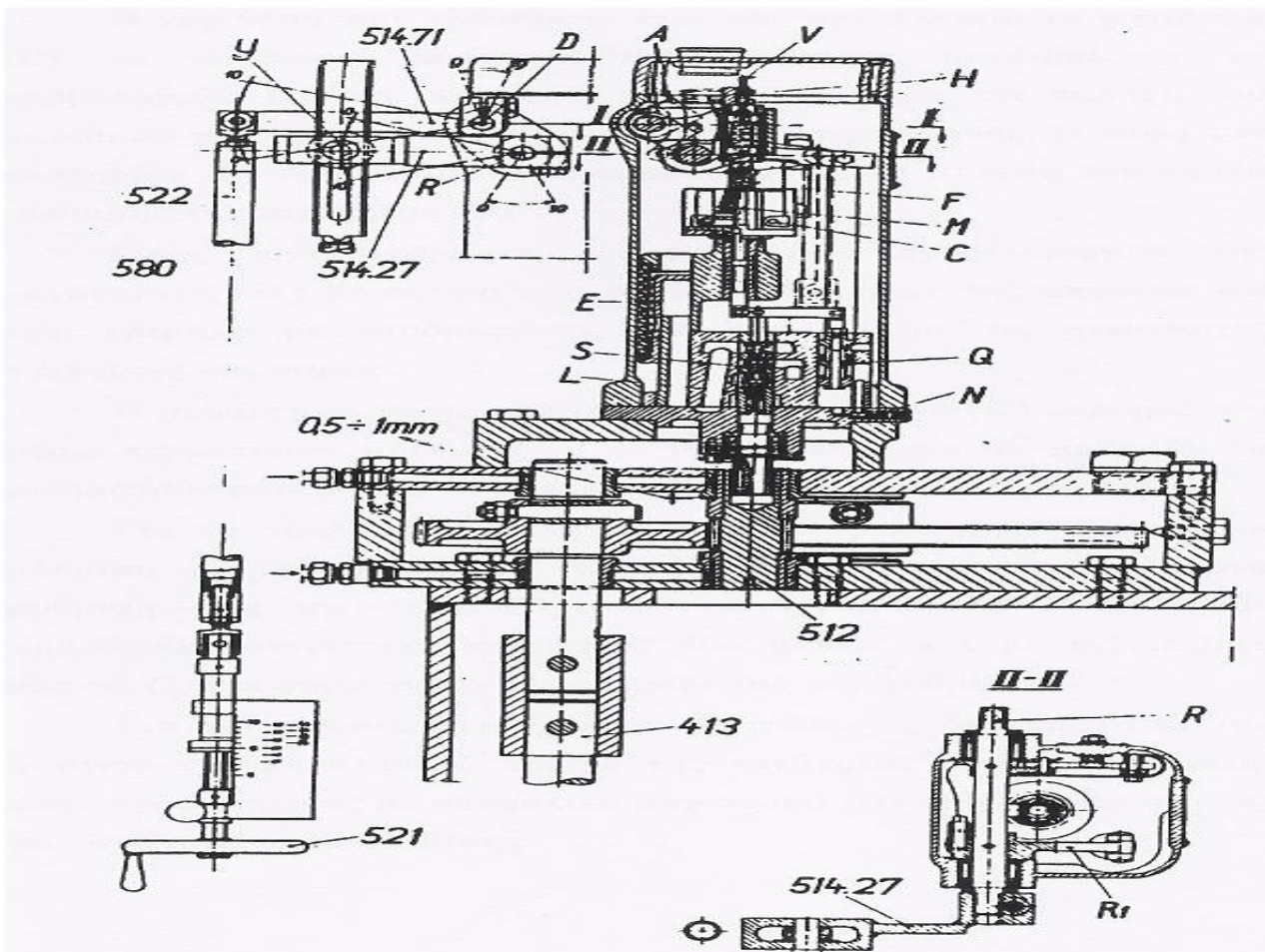


Εικόνα 3.1: περιγραφή του μηχανισμού

Η κίνηση του μηχανισμού ρυθμίζεται μέσω του δείκτη επαναφοράς και της βελονοειδούς βαλβίδας επαναφοράς. Έτσι λοιπόν, η διαδρομή ρυθμίζεται από το δείκτη επαναφοράς και η ταχύτητα επαναφοράς από τη βελονοειδή βαλβίδα. Τα δύο παραπάνω τμήματα βρίσκονται εξωτερικά στο περίβλημα του ρυθμιστή.

Οι κινήσεις των αντίβαρων, που έχουν ως στόχο τη ρύθμιση της ταχύτητας μεταφέρονται σε μια μικρή συρταρωτή βαλβίδα χειρισμού, η οποία ρυθμίζει την πίεση κάτω από το σερβοέμβολο. Η ενέργεια που προορίζεται για το σερβοέμβολο αποθηκεύεται στους συλλέκτες και η ικανότητα αποθήκευσης είναι αρκετή για μεγάλο αριθμό ρυθμιστικών κινήσεων ταχείας εναλλαγής. Οι συλλέκτες λειτουργούν με πίεση ελαίου  $17,6 \text{ kg/cm}^3$ . Η πίεση αυτή διατηρείται μέσω στομιών υπερχείλισης στους κυλίνδρους των συλλεκτών, τα οποία όμως δεν είναι ασφαλιστικές βαλβίδες.

Υπάρχει επίσης ένα πάμα δοκιμής πίεσης λαδιού για να είναι δυνατός ο έλεγχος. Ο συλλέκτης, ο οποίος φορτίζεται με ελατήριο, ενεργεί στην πάνω επιφάνεια του σερβοεμβόλου και η απαιτούμενη πίεση ελαίου παρέχεται από γранаζωτή αντλία η οποία καταθλίβει στους συλλέκτες.



Εικόνα 3.2: περιγραφή του μηχανισμού

Για να μετατραπεί η παλινδρομική κίνηση του σερβοεμβόλου σε περιστροφική κίνηση του άξονα ρύθμιση χρησιμοποιείται ένα σύστημα μοχλών. Οι τελικές θέσεις 0 έως 10 του σερβοεμβόλου καθορίζονται μέσω του αντίστοιχου κυλίνδρου.

Το σύστημα μεταδόσεως του ρυθμιστή καταπονείται συχνά από ανομοιόμορφες στρέψεις, οι οποίες είναι και αναπόφευκτες, αφού δεν είναι δυνατό να αντισταθμιστούν. Ο συγκεκριμένος ρυθμιστής τύπου Woodward έχει ενσωματωμένα δύο συστήματα απόσβεσης που προσδίδουν κάποιο είδος ασφάλειας. Το πρώτο είναι ένας εύκαμπτος σύνδεσμος της ατράκτου κίνησης μέσα στον ρυθμιστή, ο οποίος αποτελείται από επίπεδα ελατήρια για την απόσβεση υψηλών συχνοτήτων. Αντίθετα, οι ταλαντώσεις χαμηλής συχνότητας που προέρχονται από τη μετάδοση εξαλείφονται με έλαιο στους οδηγούς των αντιβάρων. Στην περίπτωση που ο ρυθμιστής δεν λειτουργεί σωστά, είναι δυνατόν να αποσυνδεθεί από το σύστημα μοχλών ρύθμισης της παροχής καυσίμου με αφαίρεση του εξωτερικού μοχλού ελέγχου. Είναι λογικό δηλαδή χωρίς φορτίο η μηχανή να λειτουργεί ικανοποιητικά και με σταθερή ταχύτητα. Αυτό όμως δεν δηλώνει ότι έχει ρυθμιστεί σωστά για όλες τις ταχύτητες και τις καταστάσεις φορτίων.

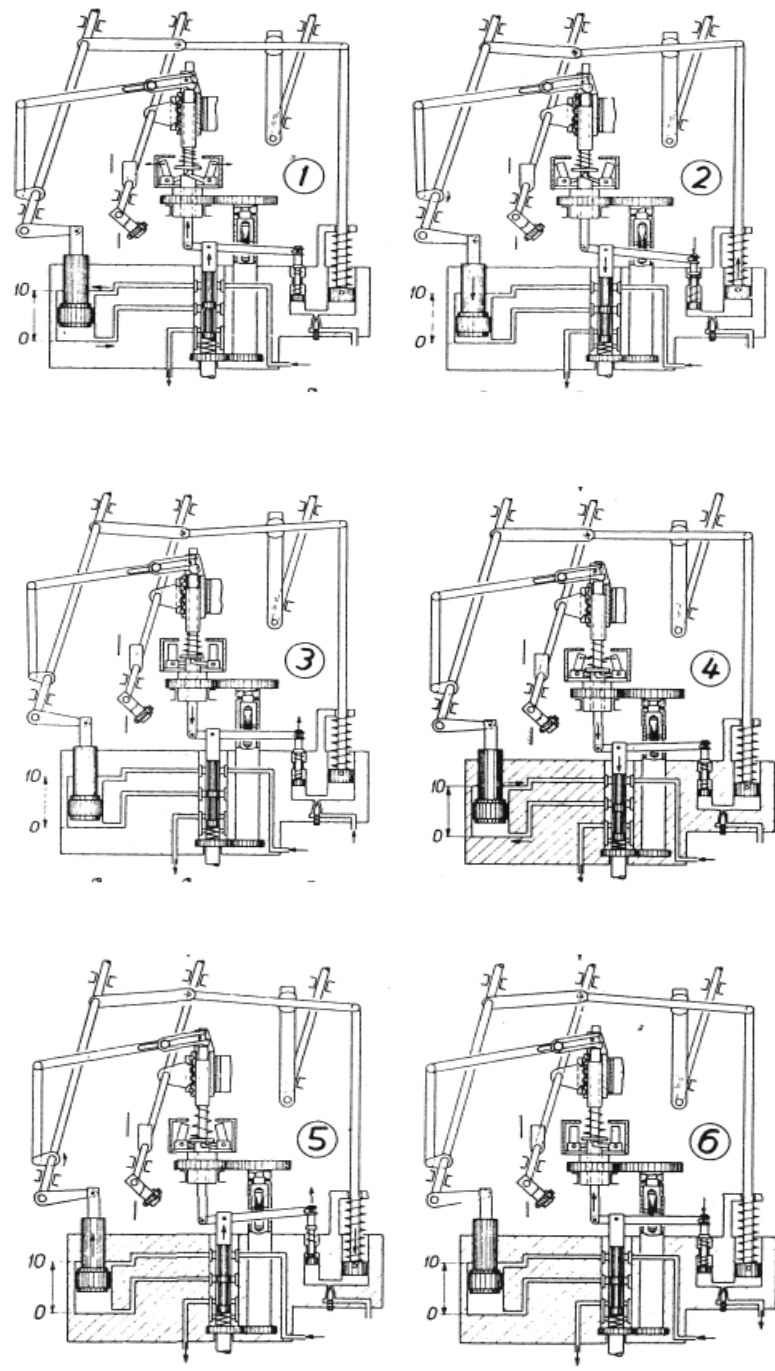
Όταν υπάρχουν μεγάλες διακυμάνσεις και μεταβολές ταχύτητας στο φορτίο για αρκετό χρονικό διάστημα, το σύστημα μεταφοράς, δηλαδή ο δείκτης αντιστάθμισης και η βελονοειδής βαλβίδα, δεν είναι σωστά ρυθμισμένο. Στον κάθε ρυθμιστή μπορούν να παρουσιαστούν μικρά προβλήματα όπως το παραπάνω, μέχρι και να μην λειτουργεί καθόλου. Έτσι κρίνεται απαραίτητη η τοποθέτηση πείρου, έτσι ώστε να μπορεί να εξαρμόζεται από τον ρυθμιστή. Βέβαια, ο άξονας όπου είναι συνδεδεμένος εξακολουθεί να βρίσκεται μέσα χωρίς να υπάρχει κάποιος ιδιαίτερος κίνδυνος ζημιάς.

Αν ο ρυθμιστής δεν είναι τοποθετημένος, η μηχανή ελέγχεται μόνο χειροκίνητα από τον χειροκίνητο ρυθμιστή καυσίμου. Σε αυτήν την περίπτωση, θα πρέπει να ληφθούν κάποιες σοβαρές προφυλάξεις ασφαλείας έτσι ώστε να εξασφαλίζεται η μηδενική παροχή καυσίμου οποιαδήποτε στιγμή ζητηθεί μέσω του ελαιοσερβοκινητήρα διακοπής καυσίμου. Ο μηχανικός που θα είναι χειριστής σε αυτήν την κατάσταση λειτουργίας θα πρέπει απαραίτητα να βρίσκεται στον σταθμό χειρισμών μηχανής.

### **3.3 Η λειτουργία του μηχανισμού**

Συνοπτικά η μηχανή λειτουργεί με σταθερό φορτίο και ταχύτητα. Γι' αυτόν τον λόγο και θεωρείται ότι η φόρτωση της μηχανής βρίσκεται σε ισορροπία. Κατά αυτήν τη λειτουργική κατάσταση, τα αντίβαρα, ο διορθωτικός μοχλός, η συρταρωτή βαλβίδα ελέγχου και το έμβολο επαναφοράς βρίσκονται στην κανονική τους θέση. Επιπρόσθετα, οι θυρίδες χειρισμών στο αντίστοιχο χιτώνιο

καλύπτονται από τις κόψεις ελέγχου της συρταρωτής βαλβίδας. Συν τοις άλλοις, το έμβολο του σερβοκινητήρα και ο τελικός άξονας ρύθμισης παραμένουν σε κατάσταση ακινησίας. Η κατάσταση αυτή προϋποθέτει σταθερότητα στην παροχή καυσίμου.



**Εικόνα 3.3: στάδια λειτουργία του μηχανισμού**

Όπως έχει αναφερθεί και παραπάνω, η αρχή λειτουργίας ενός υδραυλικού ρυθμιστή στροφών είναι ένας περιστρεφόμενος μηχανικός ρυθμιστής όπου δεν συνδέεται με τον ρυθμιστικό κανόνα καυσίμου, αλλά ελέγχει και μια υδραυλική βαλβίδα. Η βαλβίδα αυτή ανάλογα με την θέση της, επιτρέπει την είσοδο του υδραυλικού υγρού. Με αυτόν τον τρόπο, αυξάνεται η πίεση στο κατάλληλο έμβολο, το οποίο αυξάνει την παροχή καυσίμου. Με την άνοδο της βαλβίδας, ανοίγει η επιστροφή και έτσι μειώνεται η πίεση στο έμβολο. Τότε, το ελατήριο απομακρύνεται και μειώνεται η παροχή του καυσίμου. Όταν οι στροφές αυξάνονται απομακρύνονται τα αντίβαρα, η βαλβίδα ανέρχεται, το υδραυλικό υγρό διαφεύγει, η πίεση μειώνεται, το έμβολο κατέρχεται και τελικά η παροχή καυσίμου μειώνεται. Το αντίθετο συμβαίνει όταν μειώνονται οι στροφές.

Το συγκεκριμένο σύστημα που περιγράφηκε, έχει μοναδικό σημείο ισορροπίας, όταν η βαλβίδα βρίσκεται στην ενδιάμεση νεκρή θέση η οποία αντιστοιχεί σε συγκεκριμένη ταχύτητα περιστροφής. Αυτή ρυθμίζεται από την τάση του ελατηρίου στο μηχανισμό με τα αντίβαρα. Προφανώς αυτό το σύστημα κατέχει την ιδιότητα της ισόχρονης λειτουργίας αλλά και δυστυχώς είναι και ασταθές λόγω της αρχής αποκρίσεως της μηχανής στην αύξηση της παροχής καυσίμου. Γι' αυτόν τον λόγο, αν πέσουν οι στροφές και αντιδράσει ο ρυθμιστής αυξάνοντας την παροχή καυσίμου θα αργήσει να ανταποκριθεί ο κινητήρας οπότε ήδη ο ρυθμιστής καυσίμου θα έχει μετακινηθεί πολύ και η μηχανή θα συνεχίζει να επιταχύνει. Τότε η βαλβίδα μετακινείται από την άλλη πλευρά μειώνεται το καύσιμο αλλά λόγω της αδράνειας του κινητήρα αργούν να πέσουν οι στροφές, οπότε ο ρυθμιστής προκαλεί σημαντική μείωση του καυσίμου.

Ένα τελευταίο ανεπιθύμητο χαρακτηριστικό πρέπει να αναφερθεί, για να έχει ο ρυθμιστής πρακτική εφαρμογή. Αυτό γίνεται εισάγοντας στο ρυθμιστή χαρακτηριστικά κλίσεως ταχύτητας περιστροφής, με χρήση διαφόρων μηχανισμών. Ένας τέτοιος απλός μηχανισμός συνδέει, με την βοήθεια μοχλού, το ελατήριο του μηχανικού ρυθμιστή και το έμβολο. Όταν αυξάνεται το καύσιμο με την άνοδο του εμβόλου, μειώνεται η συμπίεση του ελατηρίου, οπότε η βαλβίδα τείνει να επιστρέψει στην νεκρή θέση. Αντίστοιχα, όταν μειώνεται το καύσιμο με την κάθοδο του εμβόλου μέσω του μοχλού συμπιέζεται το ελατήριο και η βαλβίδα τείνει επίσης να επιστρέψει στην νεκρή θέση, αντισταθμίζοντας την κίνηση του εμβόλου.

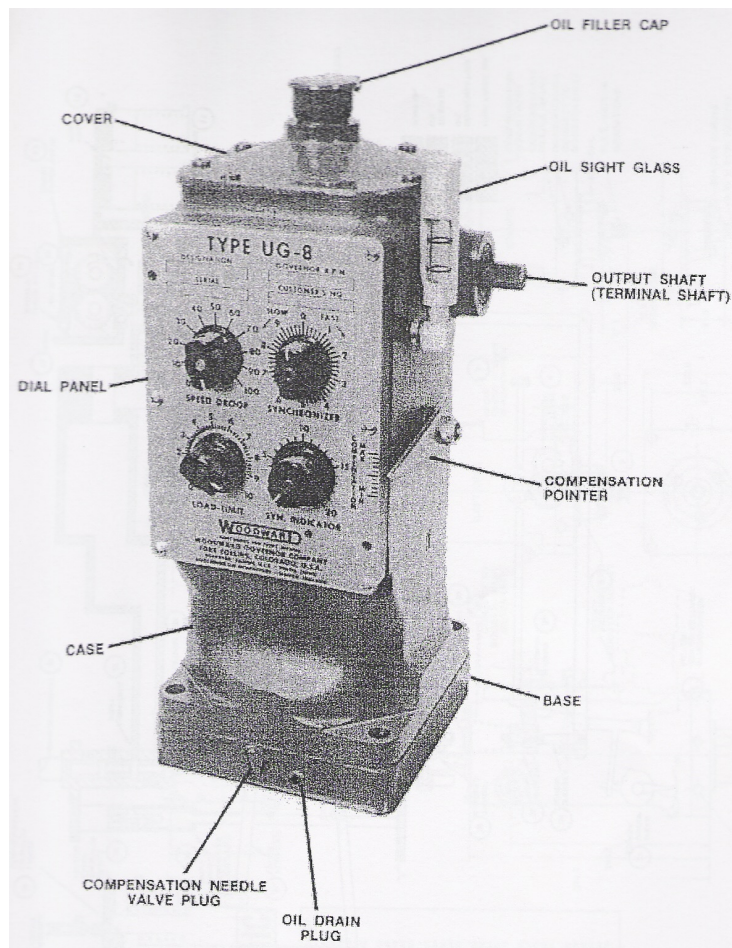
### 3.4 Η ρύθμιση του μηχανισμού στροφών (Speed Droop)

Οι ρυθμιστές ταχύτητας της μηχανής Woodward είναι εξοπλισμένοι με ένα ρυθμιζόμενο μοχλό (Speed droop), ο οποίος ρυθμίζει αυτόματα μια σταθερή αύξηση ή ελάττωση της ταχύτητας της μηχανής, μετά από κάθε μεταβολή φορτίου. Ο έλεγχος της ταχύτητας είναι δυνατόν να ρυθμιστεί μεταξύ του 0 έως 12% της ταχύτητας της μηχανής με ολική απόκλιση 380 του τελικού άξονα. Με μικρότερη γωνία απόκλισης μειώνεται αντίστοιχα η ευαισθησία παρακολούθησης και διόρθωσης της ταχύτητας της μηχανής σε 5%.

Σε πλοία με μια μηχανή, ο μηχανισμός speed droop είναι απαραίτητος, για να είναι δυνατή η σταθερή σχέση φορτίου και της ταχύτητας της μηχανής σε όλες τις περιπτώσεις εναλλαγής φορτίου και στροφών. Έτσι, ένας καλά ρυθμισμένος ρυθμιστής στροφών επιτυγχάνει αμέσως την εξισορρόπηση σε όλες τις μεταβολές φορτίου και ταχύτητας.

Ο μηχανισμός speed droop είναι πάρα πολύ χρήσιμος για την ρύθμιση της ταχύτητας της μηχανής, μέσω του μοχλού που βρίσκεται στο κέντρο ελέγχου της μηχανής. Εάν ο μηχανισμός αυτός έχει ρυθμιστεί κανονικά, η ελατηριακή ένταση η οποία επενεργεί στα αντίβαρα μεταβάλλεται αυτόματα από το μοχλό του μηχανισμού. Η διαδικασία αυτή πραγματοποιείται αμέσως μόλις ο τελικός άξονας του ρυθμιστή αρχίσει να στρέφεται. Κατά τις αυξήσεις φορτίου λόγω των οποίων ο τελικός άξονας κινείται, η ένταση των ελατηρίων των αντίβαρων μειώνεται έτσι ώστε ο ρυθμιστής να ρυθμίζει τη μηχανή σε μικρότερη ταχύτητα μετά την αύξηση του φορτίου της. Κατά την περίοδο ελάττωσης φορτίου, αυξάνεται η τάση των ελατηρίων επί των αντίβαρων με την περιστροφή του άξονα ρύθμισης, με επακόλουθο η μηχανή να εξακολουθεί να λειτουργεί με μεγαλύτερη ταχύτητα. Γενικά, η στιγμιαία αύξηση ή μείωση της ταχύτητας πρέπει να διαχωρίζεται από την σταθερή ρυθμιζόμενη αύξησή του. Η πρώτη παρουσιάζεται προσωρινά κατά την αυξομείωση του φορτίου και μέχρι να ενεργοποιηθεί ο ρυθμιστής.





**Εικόνα 3.4: Ρυθμιστής ταχύτητας της μηχανής**

### 3.5 Τρόπος ρύθμισης

Η γραναζωτή αντλία αναρροφά λάδι από την ελαιολεκάνη και το καταθλίβει στους συλλέκτες. Οι συλλέκτες βρίσκονται υπό την ένταση ελατηρίων. Η μέγιστη πίεση λαδιού στους συλλέκτες καθορίζεται από το άνοιγμα υπερχειλίσης. Εάν ληφθεί υπόψη ότι ο ρυθμιστής περιλαμβάνει δύο έμβολα στους αντίστοιχους συλλέκτες, τα οποία είναι ανεξάρτητα το ένα από το άλλο δεν είναι επιβεβλημένη η ύπαρξη ασφαλιστικής διάταξης και οι κινήσεις των αντίβαρων μεταδίδονται στην συρτοειδή βαλβίδα ελέγχου. Η βαλβίδα αυτή ρυθμίζει την εισαγωγή και η εξαγωγή λαδιού από την κάτω επιφάνεια του εμβόλου του σερβοκινητήρα. Το έμβολο του σερβοκινητήρα είναι διαφορετικής διαμέτρου στα άκρα του, τα οποία και βρίσκονται υπό την επίδραση του πεπιεσμένου λαδιού. Η κάτω επιφάνεια είναι περίπου διπλάσιας διαμέτρου από την πάνω. Στην κάτω επιφάνεια, λοιπόν, επιδρά συνεχώς και χωρίς μεταβολές η πλήρης πίεση λαδιού που παρέχεται προς τους συλλέκτες, ανεξάρτητα από την θέση της συρτοειδούς βαλβίδας ελέγχου.



Όταν η συρτοειδής βαλβίδα ελέγχου βρίσκεται στην μέση θέση της διαδρομής της, τότε οι κόψεις ελέγχου της βαλβίδας συμφωνούν με εκείνες του χιτωνίου. Στην θέση αυτής της βαλβίδας το σερβοέμβολο βρίσκεται σε ισορροπία. Αυτό γίνεται επειδή η επάνω κόψη της βαλβίδας επιτρέπει την εισαγωγή συγκεκριμένης ποσότητας λαδιού προς την κάτω πλευρά του εμβόλου του σερβοκινητήρα, το οποίο δίνει την δυνατότητα ακινησίας του σερβοεμβόλου. Αυτό συμβαίνει λόγω της εξίσωσης της πίεσης του λαδιού και στις δύο επιφάνειές του. Έτσι ο ρυθμιστικός άξονας βρίσκεται σε ακινησία και ως εκ τούτου η παροχή καυσίμου παραμένει αμετάβλητη.

Εάν η συρτοειδής βαλβίδα ελέγχου κινηθεί προς τα πάνω, τότε ελευθερώνεται από την πίεση του λαδιού η κάτω επιφάνεια του εμβόλου του σερβοκινητήρα. Σε αυτήν την περίπτωση, όλη η πίεση του λαδιού εφαρμόζεται στην πάνω επιφάνεια του εμβόλου του σερβοκινητήρα. Το έμβολο κατά αυτόν τον τρόπο πιέζεται προς τα κάτω, με αποτέλεσμα και ο άξονας ρυθμιστής να περιστραφεί και ως εκ τούτου να επέλθει και μείωση της παροχής του καυσίμου.

Η επαναφορά αυτή είναι άκρως απαραίτητη για την επίτευξη σταθερής ανταπόκρισης του ρυθμιστή σε κάθε περίπτωση. Το ελατήριο κάτω από την βαλβίδα ελέγχου χρησιμεύει μόνο για την στατική εξισορρόπηση των βαρών και έτσι δεν έχει κανένα ρυθμιστικό ρόλο. Επίσης, το ελατήριο πάνω από το έμβολο επαναφοράς ενεργεί κατά τέτοιο τρόπο ώστε να αποσβεστεί η νεκρή κίνηση των μοχλών επαναφοράς και κατά την κανονική λειτουργία δεν έχει καμία επίδραση.

## **Κεφάλαιο 4: Λειτουργία των βασικών εξαρτημάτων του ρυθμιστή**

### **4.1 Χειροκίνητη τοπική μονάδα μεταδόσεως επιθυμητών στροφών**

Πρόκειται για τερματική μονάδα στην οποία καταχωρείται χειροκίνητα και τοπικά ο επιθυμητός αριθμός στροφών ανά λεπτό με την βοήθεια επιλογέα, που βρίσκεται στο σώμα του ρυθμιστή. Η τιμή αυτή των στροφών μεταδίδεται στην μονάδα καθορισμού των στροφών με μηχανικό σύστημα μοχλών.

### **4.2 Τηλεχειριζόμενη πνευματική μονάδα μεταδόσεως επιθυμητών στροφών**

Η μονάδα αυτή επιτρέπει την καταχώριση της επιθυμητής ταχύτητας από απόσταση (Engine control room, Γέφυρα). Η μετάδοση της επιθυμητής εντολής γίνεται με την βοήθεια πνευματικού σήματος, όπου προέρχεται από τον μεταδότη του κεντρικού συστήματος αυτόματου ελέγχου του μηχανοστασίου. Όπως και στην περίπτωση της χειροκίνητης καταχωρίσεως, η επιθυμητή τιμή των στροφών μεταδίδεται στη μονάδα καθορισμού με την βοήθεια συστήματος μοχλών.

### **4.3 Μονάδα καθορισμού στροφών**

Η μονάδα αυτή λειτουργεί με λάδι σταθερής πίεσεως, η μονάδα αυτή στέλνει ένα υδραυλικό σήμα υπό την μορφή πίεσεως λαδιού στον φυγοκεντρικό ελεγκτή στροφών. Το σήμα αυτό ανάλογη στον επιθυμητό αριθμό στροφών (set or reference point) για την λειτουργία της μηχανής στο επιθυμητό πεδίο στροφών. Στην μονάδα αυτήν επιστρέφουν δύο μηχανικά σήματα, το ένα από το όργανο δράσεως και το άλλο από τον φυγοκεντρικό ελεγκτή. Μέσω αυτών των σημάτων η μονάδα ενημερώνεται για την εκτέλεση της απαιτούμενης εντολής καθορισμού των επιθυμητών στροφών.

### **4.4 Μονάδα πίεσεως λαδιού**

Η μονάδα αυτή αποτελείται από μια αντλία λαδιού και μια διάταξη που διατηρεί την πίεση του λαδιού σταθερή. Η αναρρόφηση της αντλίας βρίσκεται στη δεξαμενή αποθηκεύσεως (Sump tank) υδραυλικού λαδιού του ρυθμιστή και η κατάθλιψη οδηγεί με την βοήθεια σωληνίσκων στην μονάδα καθορισμού στροφών για την εκτέλεση της εντολής καθορισμού των επιθυμητών στροφών.

#### **4.5 Φυγοκεντρικός ελεγκτής στροφών**

Η μονάδα αυτή παίρνει κίνηση συνήθως από τον άξονα του κεντροφόρου της μηχανής (Cam shaft) με την βοήθεια συστήματος οδοντωτών τροχών. Ο φυγοκεντρικός ελεγκτής τροφοδοτείται με λάδι σταθερής πίεσεως από την μονάδα πίεσεως και μεταβλητής πίεσεως από την μονάδα καθορισμού των στροφών. Κατά την λειτουργία του ο ελεγκτής στέλνει ένα υδραυλικό σήμα υπό μορφή πίεσεως λαδιού, στην μονάδα αποσβέσεως ταλαντώσεων και δέχεται σήματα από το όργανο δράσεως, που πληροφορεί για την εκτέλεση της εντολής ρυθμίσεως των στροφών και από την μονάδα αποσβέσεως όπου περιορίζει και αποσβένει τις διακύμανσης των στροφών.

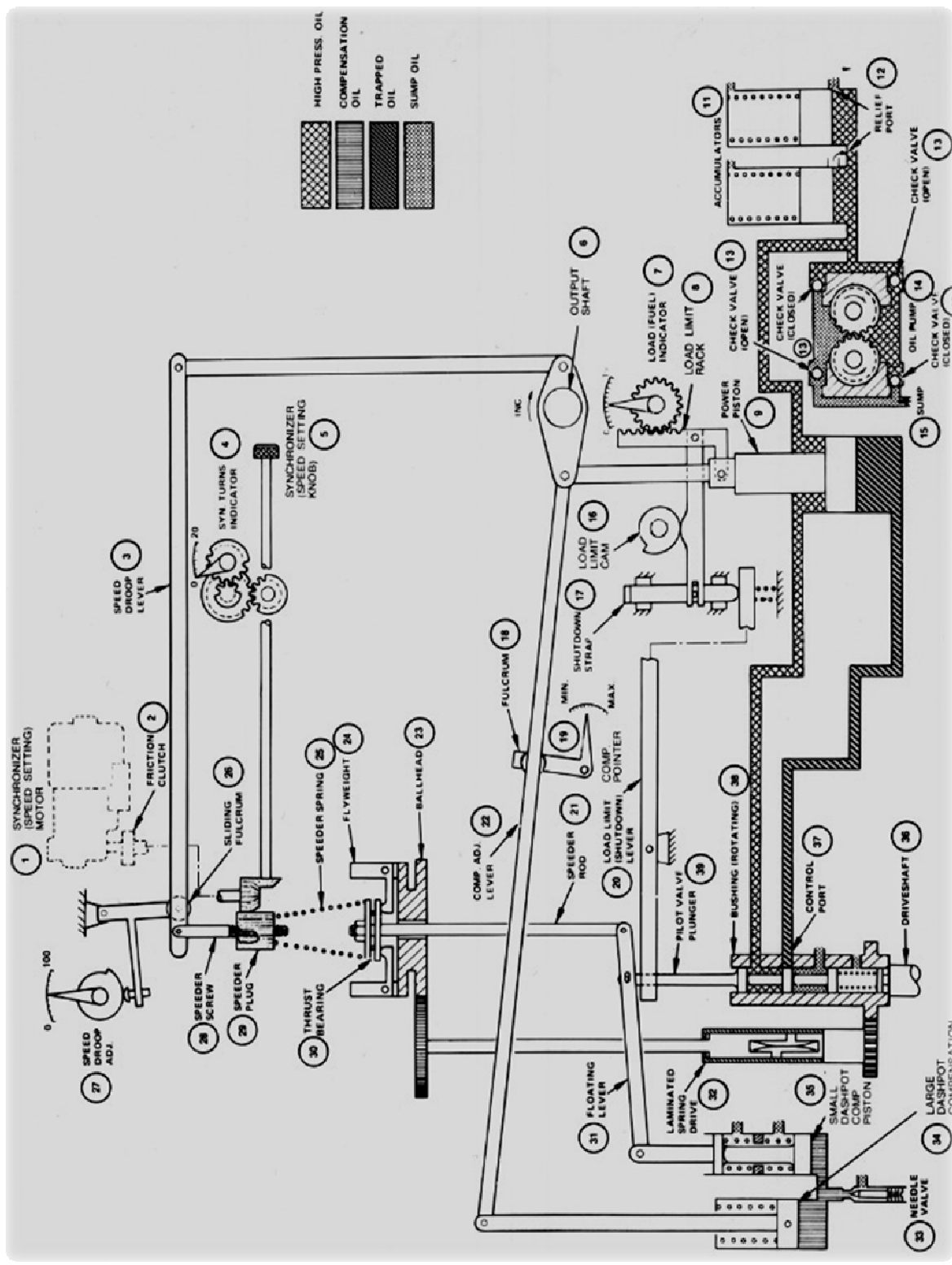
#### **4.6 Μονάδα αποσβέσεως ταλαντώσεων**

Ο σκοπός της μονάδας αυτής είναι η απόσβεση των ταλαντώσεων των στροφών της μηχανής, όταν ο ρυθμιστής με την βοήθεια του φυγοκεντρικού ελεγκτή στροφών επιχειρεί να διατηρήσει τις στροφές της μηχανής σταθερές. Η μονάδα αυτή δέχεται ένα σήμα από τον φυγοκεντρικό ελεγκτή και στέλνει δύο υδραυλικά σήματα υπό την μορφή πίεσεως λαδιού το ένα στο όργανο δράσεως και το άλλο στον φυγοκεντρικό ελεγκτή.

#### **4.7 Όργανο δράσεως (επενεργητής actuator)**

Η μονάδα αυτή είναι το εκτελεστικό όργανο του ρυθμιστή. Δέχεται σήμα από την έξοδο του αποσβεστήρα και στέλνει σήμα, με το οποίο ρυθμίζεται η παροχή του πετρελαίου στην μηχανή. Το σήμα του οργάνου δράσεως διαβιβάζεται στην μηχανή με την βοήθεια ενός συστήματος μοχλών και αξόνων. Ο επενεργητής στέλνει επίσης ένα υδραυλικό σήμα προς την μονάδα καθορισμού στροφών καθώς και στο φυγοκεντρικό ελεγκτή. Έτσι το όργανο δράσεως πληροφορεί τις μονάδες αυτές για την πορεία εκτελέσεως της εντολής.

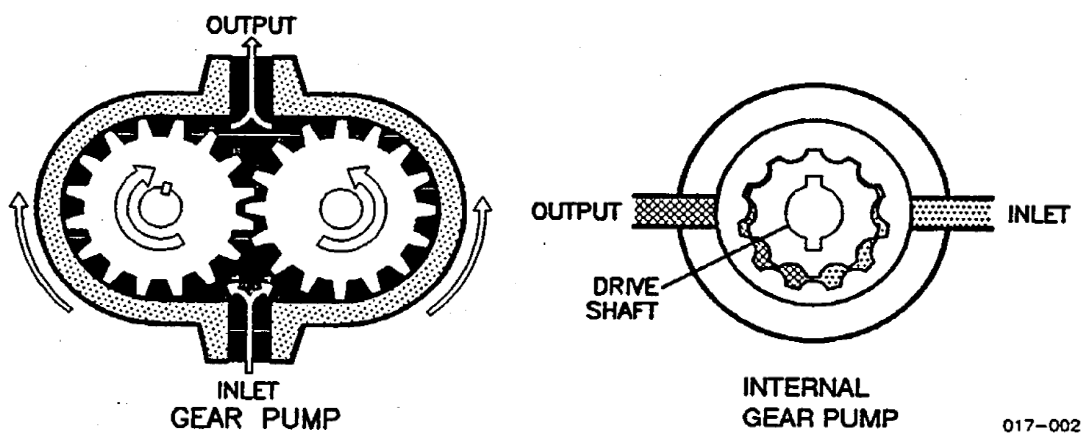
# Κεφάλαιο 5: Ανάλυση εξαρτημάτων ρυθμιστή



Εικόνα 5.1: Εξαρτήματα ρυθμιστή

## 5.1 Αντλία λαδιού

Ο σκοπός της αντλίας λαδιού είναι να παρέχει επαρκή ποσότητα και πίεση υδραυλικού λαδιού για την λειτουργία του ρυθμιστή. Η αντλία αναρροφά το υδραυλικό λάδι από μια ξεχωριστή δεξαμενή (15) και καταθλιβεί προς το δοχείο διατηρήσεως σταθερής πίεσης (accumulator) (11). Η αντλία είναι γρναζωτή θετική εκτοπίσεως και έχει τέσσερις θυρίδες (13) για τον έλεγχο της ροής του υδραυλικού λαδιού για κάθε διεύθυνση ροής. Η αντλία παίρνει κίνηση από τον άξονα κινήσεως του ρυθμιστή στροφών. Τα γρναζία μπορούν να περιστρέφονται δεξιόστροφα ή αριστερόστροφα

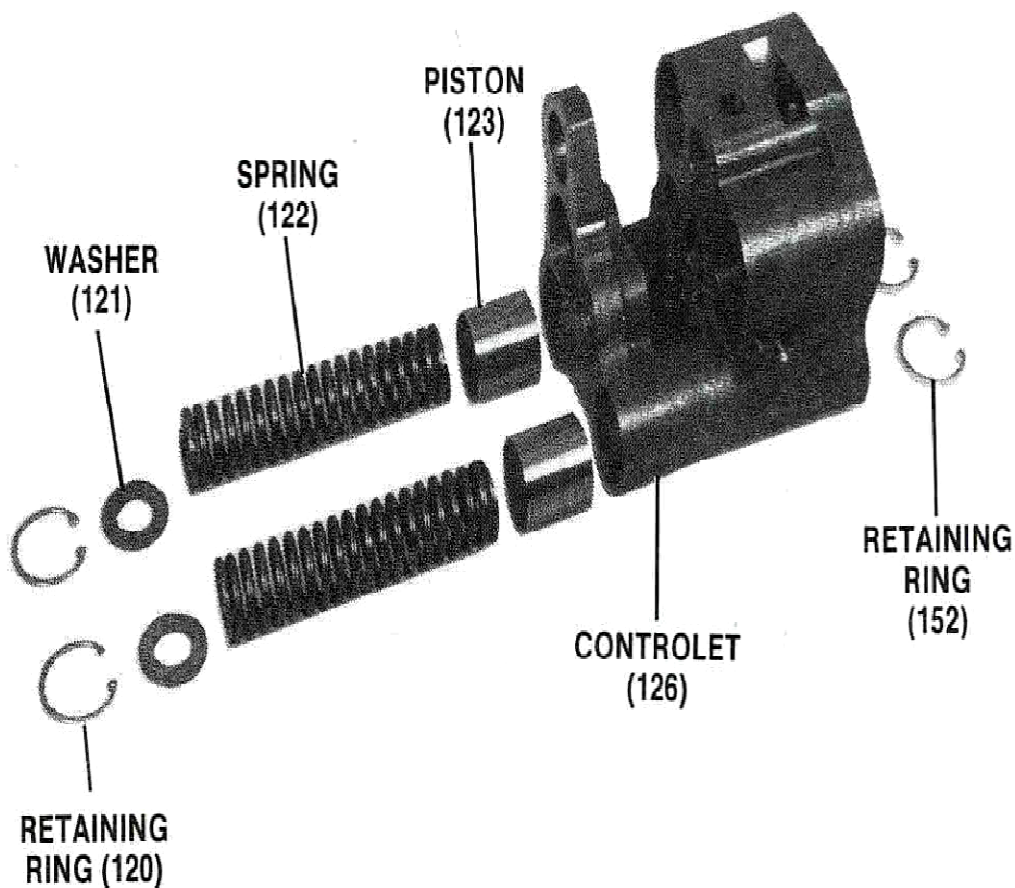


Εικόνα 5.2: Αντλία λαδιού

## 5.2 Δοχείο διατηρήσεως σταθερής πίεσεως (accumulator)

Ο σκοπός του δοχείου διατηρήσεως σταθερής πίεσεως είναι να αποθηκεύει το υδραυλικό λάδι υπό πίεση για την λειτουργία του ρυθμιστή στροφών. Το δοχείο διατηρήσεως σταθερής πίεσης αποτελείται από δύο κυλίνδρους στον κάθε κύλινδρο υπάρχει ένα ελατήριο καθώς και ανακουφιστικές βαλβίδες που ανοίγουν εάν η πίεση υπερβεί τα 827 KPA/120 psi για τους ρυθμιστές στροφών τύπου UG 5.1 και 1034 KPA/150 psi για τους ρυθμιστές τύπου UG 10. Το υδραυλικό λάδι καταθλιβεται υπό πίεση από την αντλία λαδιού και συμπιέζει τα ελατήρια, όταν η πίεση του υδραυλικού λαδιού ξεπεράσει τα 827 KPA/120psi για τους ρυθμιστές στροφών τύπου UG 5.1 και 1034

ΚΡΑ/150 psi για τους ρυθμιστές τύπου UG 10 το υδραυλικό λάδι απελευθερώνεται προς την δεξαμενή αποθηκεύσεως του υδραυλικού λαδιού (hydraulic oil sump tank) μέσω της ανακουφιστικής θυρίδας (12) όπου υπάρχει σε κάθε κύλινδρο. Το λάδι ρέει από το δοχείο διατηρήσεως σταθερής πίεσης μέσω αγωγών προς την άνω πλευρά του εμβόλου δράσεως και επίσης προς την θυρίδα ελέγχου όπου βρίσκεται στο χιτώνιο της συρταροειδής βαλβίδας

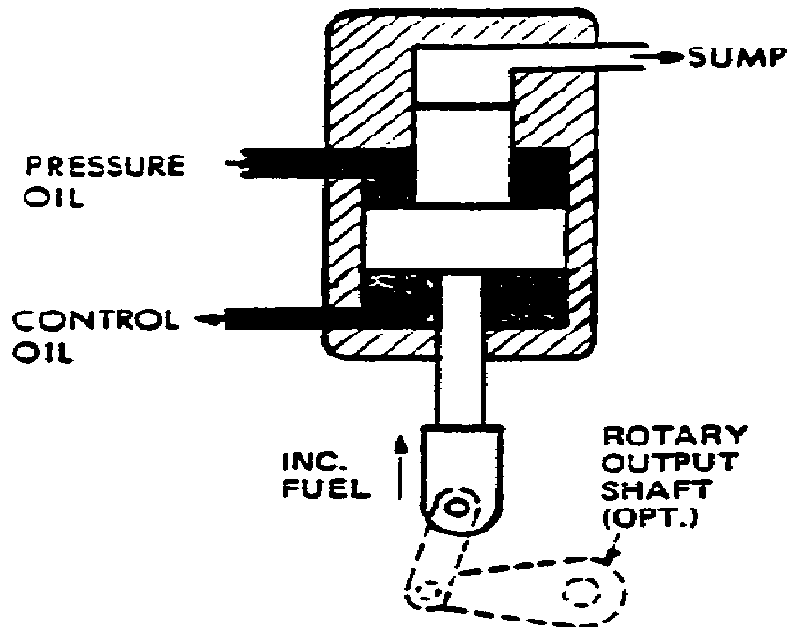


Εικόνα 5.3: Δοχείο διατηρήσεως σταθερής πίεσης

### 5.3 Έμβολο ισχύος

Ο σκοπός του εμβόλου ισχύος είναι να περιστρέψει τον άξονα ρυθμίσεως στροφών του ρυθμιστή. Το έμβολο αυτό είναι διπλής δράσεως. Η άνω πλευρά του εμβόλου συνδέεται με τον άξονα ρυθμίσεως στροφών του ρυθμιστή (6). Η κάτω πλευρά του εμβόλου έχει μεγαλύτερη διάμετρο από την άνω πλευρά του εμβόλου, επομένως λιγότερη πίεση υδραυλικού λαδιού χρειάζεται από ότι χρειάζεται στην άνω πλευρά για να διατηρηθεί το έμβολο σταθερό. Εάν η πίεση υδραυλικού λαδιού είναι

παρόμοια και στις δύο πλευρές τότε το έμβολο κινείται ανοδικά για περιστρέψει των άξονα ρυθμίσεως των στροφών του ρυθμιστή (θέση ως προς αύξηση φορτίου). Το έμβολο κινείται καθοδικά μόνο όταν το υδραυλικό λάδι όπου βρίσκεται στην κάτω πλευρά του εμβόλου απελευθερωθεί προς την δεξαμενή αποθηκεύσεως (hydraulic oil sump tank) υδραυλικού λαδιού του ρυθμιστή



Εικόνα 5.4: Έμβολο ισχύος

#### 5.4 Βαλβίδα ελέγχου υδραυλικού λαδιού (Pilot valve system)

Ο σκοπός της βαλβίδα ελέγχου είναι ο έλεγχος της ροής του υδραυλικού λαδιού από και προς την κάτω πλευρά του εμβόλου ισχύος.

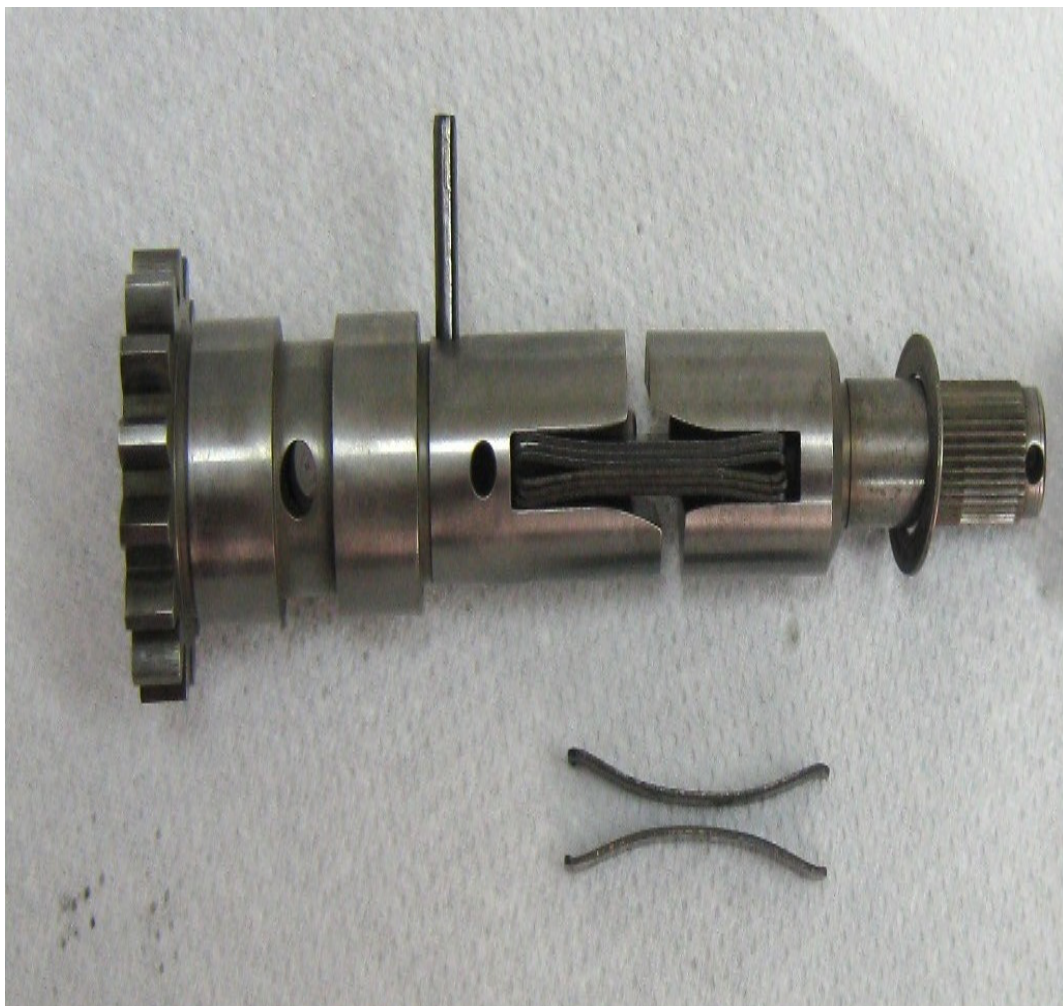
Η βαλβίδα ελέγχου υδραυλικού λαδιού αποτελείται από:

- Την συρταροειδής βαλβίδα ελέγχου
- Από το ρυθμιστικό χιτώνιο

Η συρταροειδής βαλβίδα περιστρέφεται από τον οδηγητικό άξονα του ρυθμιστή, και ελέγχει την παροχή του υδραυλικού λαδιού διά μέσου των θυρίδων ελέγχου όπου βρίσκονται στο χιτώνιο.

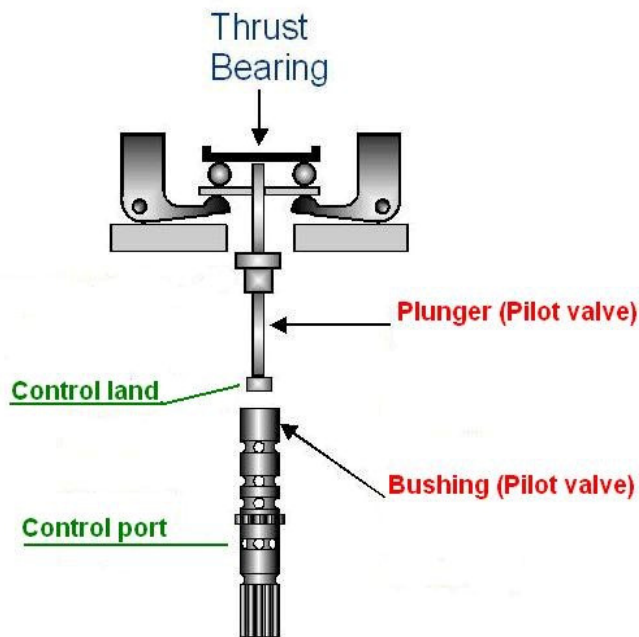
- Όταν ο άξονας της συρταροειδής βαλβίδας μετακινείται προς τα κάτω τότε υψηλής πίεσως υδραυλικό λάδι ρέει προς την κάτω πλευρά του εμβόλου ισχύος με σκοπό την ανύψωσή του.
- Όταν ο άξονας της συρταροειδής βαλβίδας μετακινείται προς τα πάνω τότε ελευθερώνεται το υδραυλικό λάδι που είναι εγκλωβισμένο στην κάτω πλευρά του εμβόλου ισχύος με σκοπό την ανοδική κίνηση του εμβόλου.
- Όταν ο άξονας της συρταροειδής βαλβίδας βρίσκεται στην μεσαία θέση τότε οι θυρίδες ελέγχου ροής του υδραυλικού παραμένουν κλειστές οπότε δεν επηρεάζεται η θέση του εμβόλου ισχύος.

Η κίνηση της συρταροειδής βαλβίδας ελέγχεται από την κίνηση των αντιβάρων (23) που είναι αρμοσμένα στην άνω πλευρά του άξονα της συρταροειδής βαλβίδας



**Εικόνα 5.5: Συρταροειδής βαλβίδα**

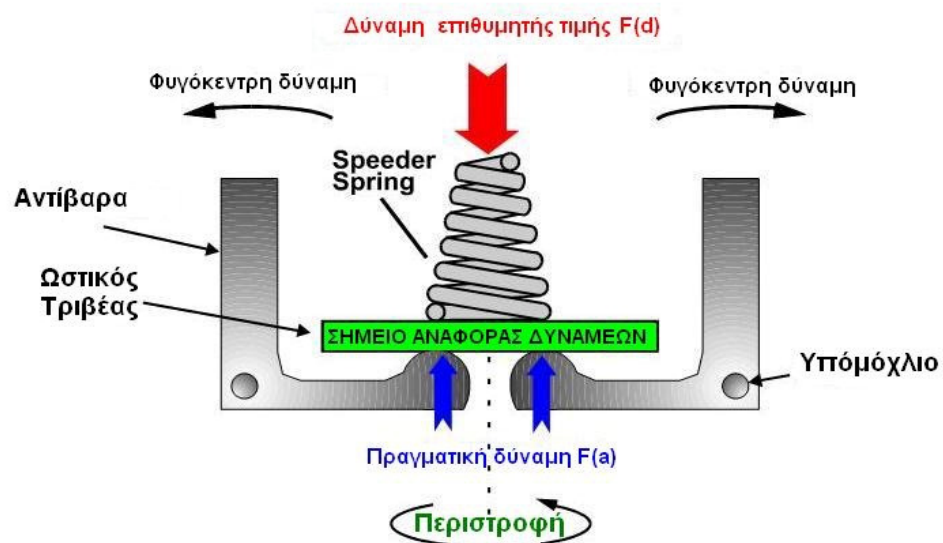




Εικόνα 5.6: Διάταξη αντίβαρων συρταροειδούς βαλβίδας

### 5.5 Αντίβαρα (flyweight and ballhead system)

Ο σκοπός των αντιβάρων είναι να ανιχνεύουν αλλαγές φορτίου ή στροφών της μηχανής και να της συγκρίνει με της επιθυμητές στροφές (ή φορτίο). Οι επιθυμητές στροφές (φορτίο) καθορίζονται από την τάση του ελατηρίου το οποίο είναι τοποθετημένο στο άνω μέρος των αντιβάρων



Εικόνα 5.7: Σχηματική αναπαράσταση λειτουργίας αντιβάρων

F (A) Η τιμή της φυγόκεντρης δύναμης = Πραγματική ταχύτητα (Actual speed)

F (D) Η τιμή της δύναμης του συμπιεζόμενου ελατηρίου= επιθυμητή ταχύτητα

Όταν το σύστημα βρίσκεται σε ισορροπία  $F(A) = F(B)$

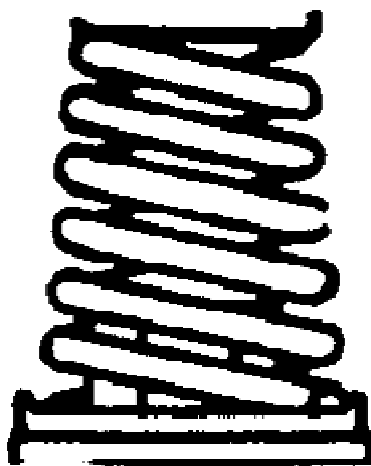
Οι δυνάμεις συγκεντρώνονται σε έναν ωστικό τριβέα (thrust bearing) και το σημείο αυτό ονομάζεται summing point.



**Εικόνα 5.8: Αντίβαρα υδραυλικού ρυθμιστή στροφών**

## 5.6 Ελατήριο καθορισμού επιθυμητών στροφών (Speeder spring) και συστήματα καθορισμού επιθυμητών στροφών.

Το ελατήριο καθορισμού των επιθυμητών στροφών τοποθετείται πάνω από τα αντίβαρα με σκοπό να ρυθμίζει της απαιτούμενες στροφές (ή φορτίο) .



Εικόνα 5.9: Ελατήριο καθορισμού επιθυμητών στροφών

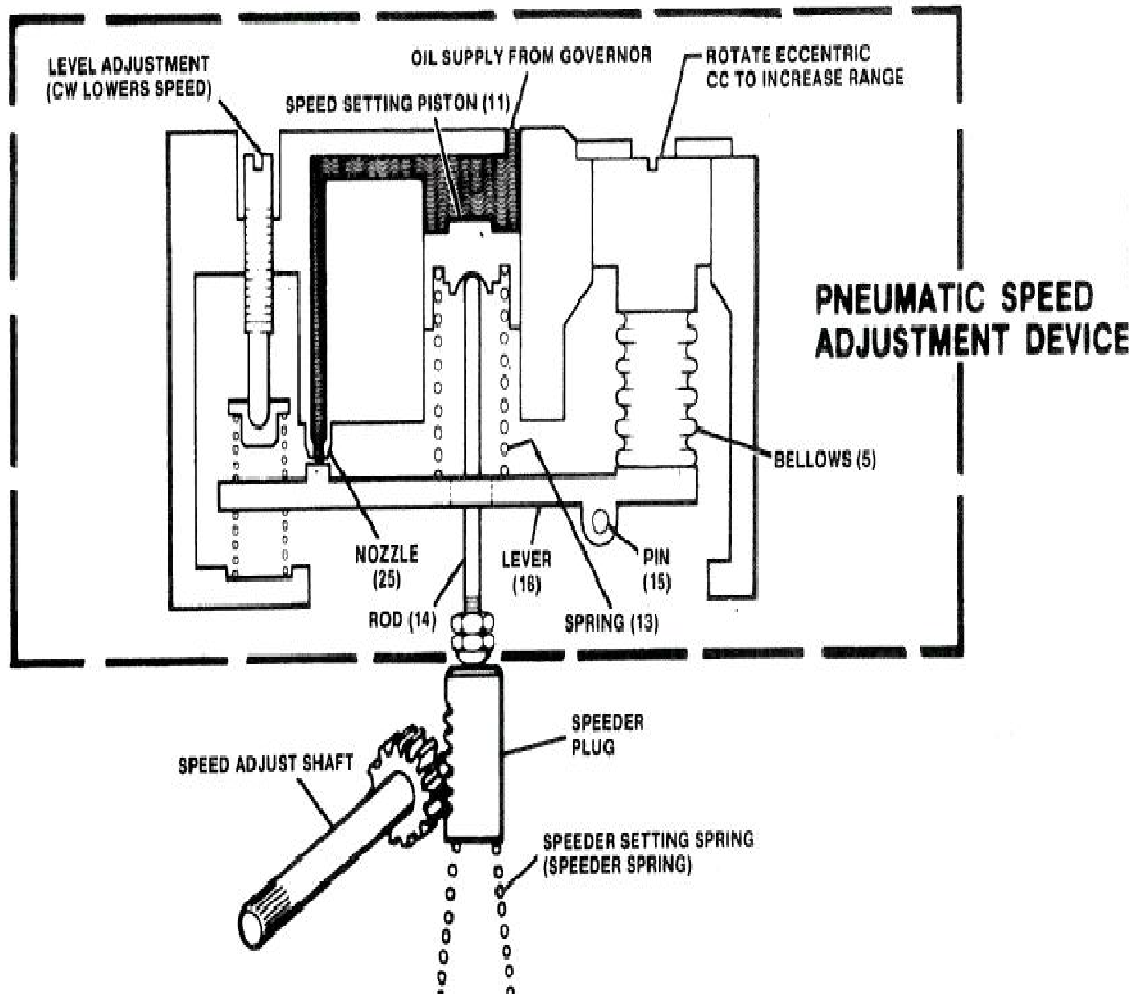
Το ελατήριο εξασκεί στα αντίβαρα μια δύναμη οι οποία είναι μεταβλητή με την βοήθεια:

### 1) Τοπικά

- Κοχλία ρυθμίσεως κατωτάτου ορίου στροφών (ρελαντί) speeder screw

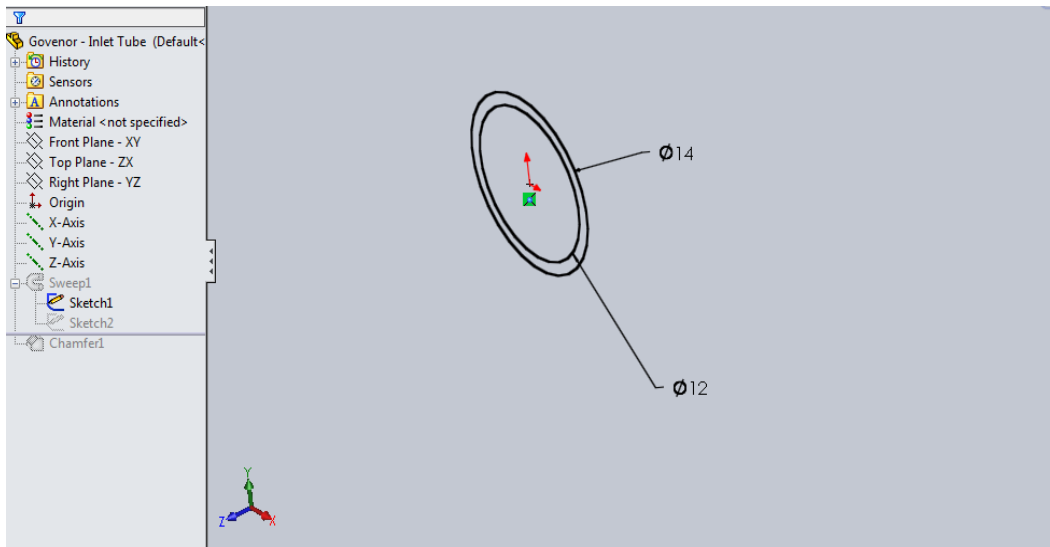
### 2) Συστήματα καθορισμού επιθυμητών στροφών από απόσταση

- Ηλεκτρικό κινητήρα (μοτέρ): Σε αυτό το σύστημα υπάρχει ένας μικρός ηλεκτροκινητήρας συνεχούς ρεύματος (συνήθως) ο οποίος όταν τον τροφοδοτήσουμε με τάση περιστρέφεται δεξιόστροφα ή αριστερόστροφα (ανάλογα με την πολικότητα) με αποτέλεσμα τη αυξομείωση της πίεσης του ελατηρίου. Αυτή η διάταξη χρησιμοποιείται στις μηχανές παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας
- Πνευματικό σύστημα καθορισμού στροφών: Σε αυτό το σύστημα υπάρχει ένας πνευματικός επενεργητής όπου σε αυτό ελέγχουμε την πίεση όπου ασκείται στο ελατήριο. Ανάλογα με την θέση ενός χειριστηρίου καθορίζεται και η πίεση όπου ασκεί ο επενεργητής στο ελατήριο. Η πίεση είναι από 0-7 bar από το δίκτυο Control Air του πλοίου. Και το χειριστήριο αυτό βρίσκεται στο δωμάτιο ελέγχου μηχανοστασίου (Engine control room).

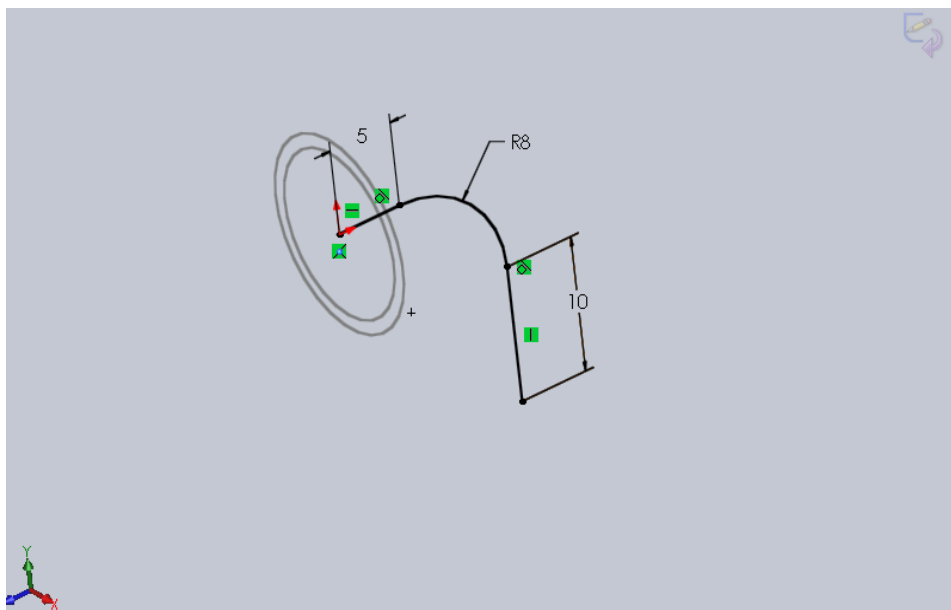


Εικόνα 5.10: Πνευματικό σύστημα καθορισμού στροφών

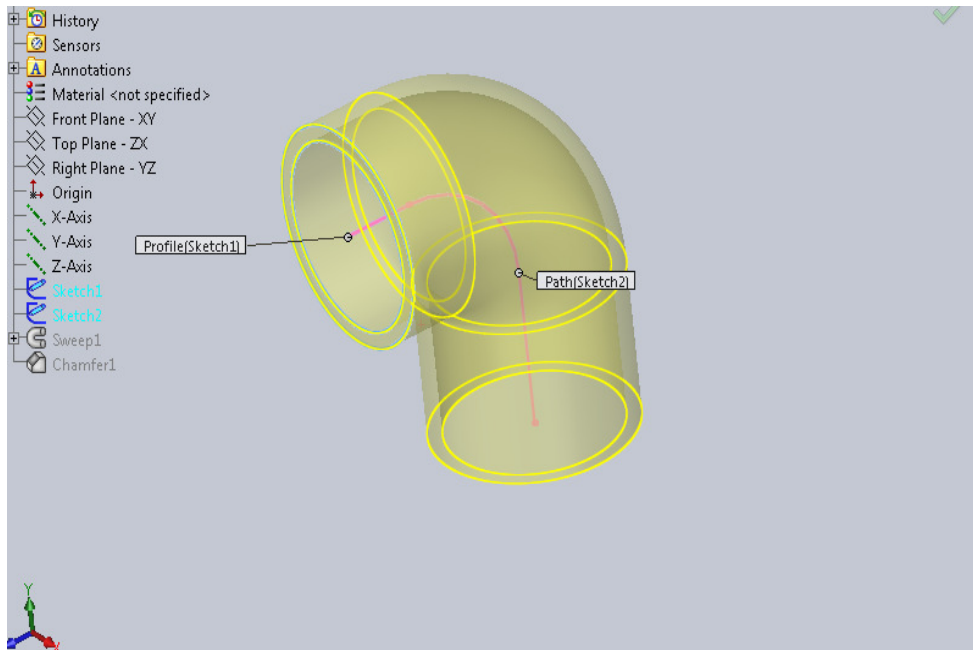
# Τρισδιάστατος Σχεδιασμός Μηχανισμού



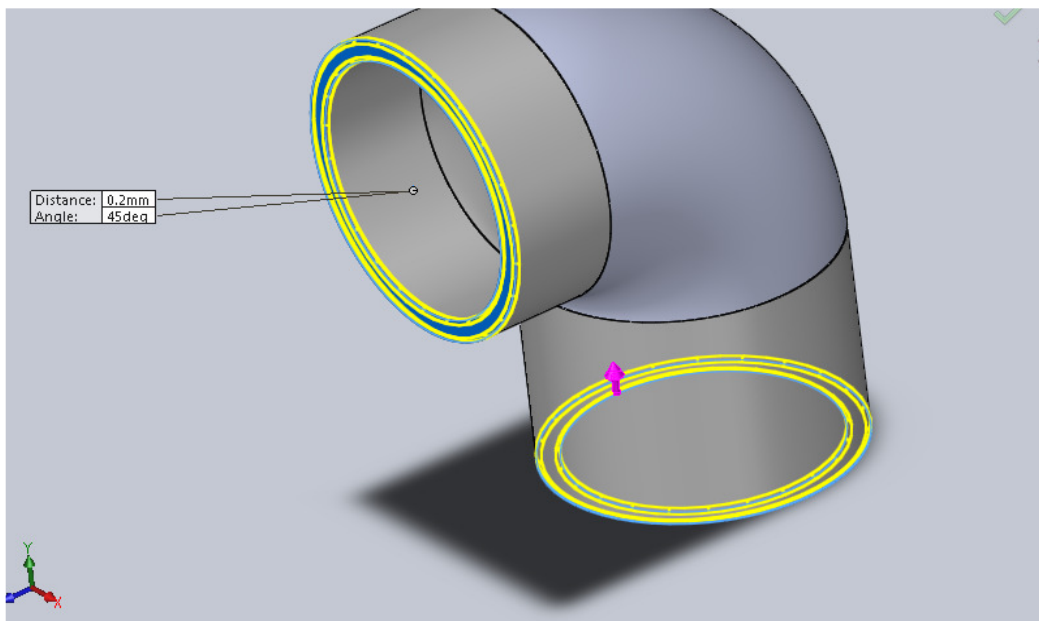
Σχεδίαση με τη βοήθεια της εντολής Sketch



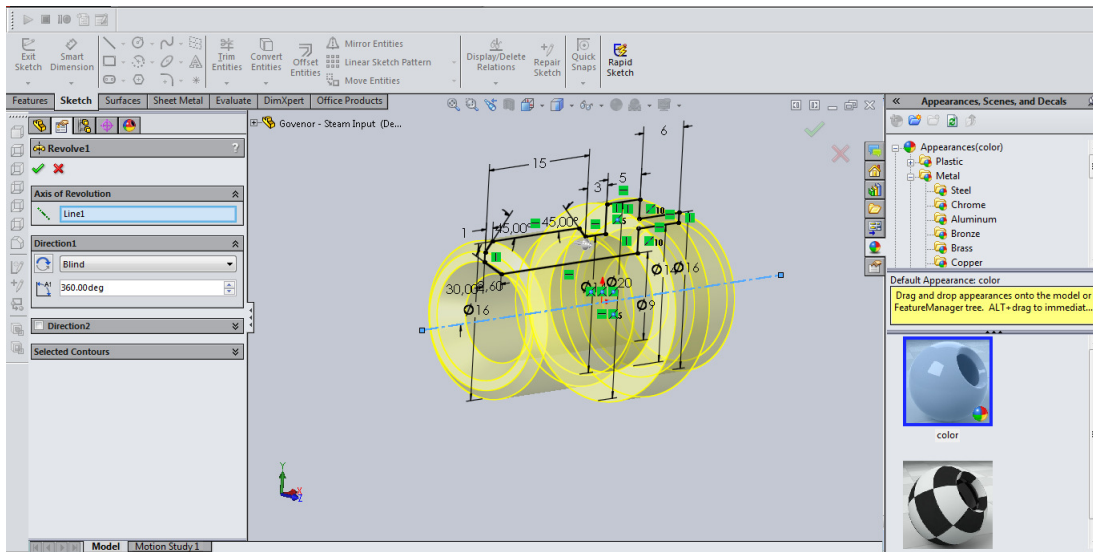
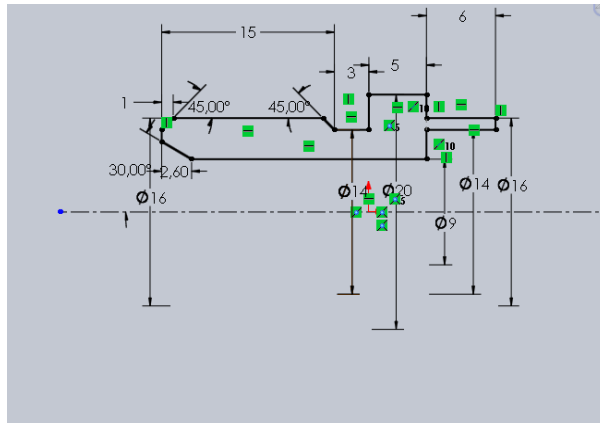
Σχεδίαση με τη βοήθεια της εντολής Sketch



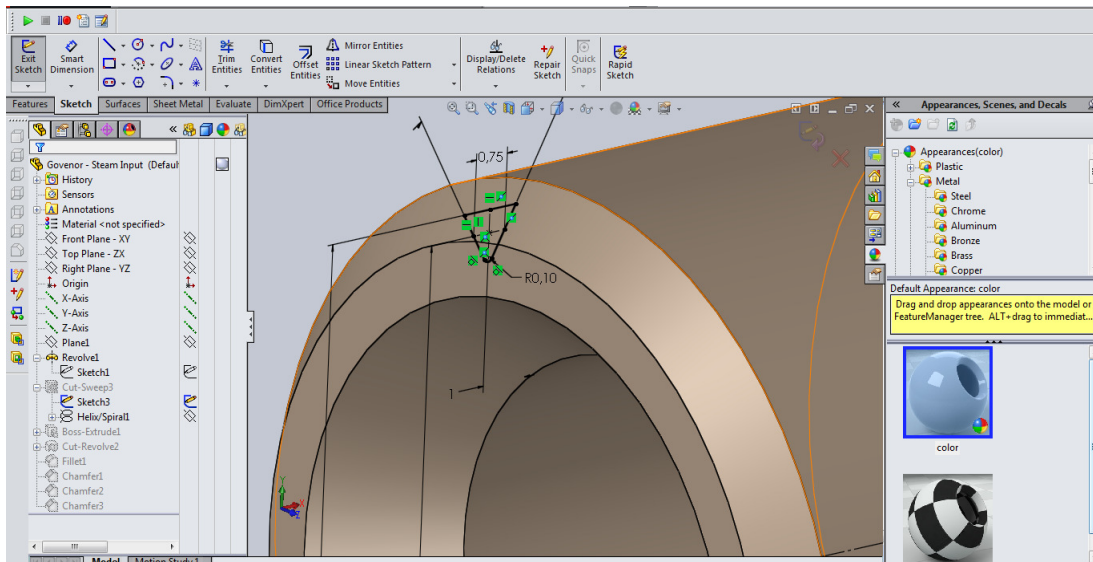
**Εκτέλεση της εντολής Sweep**



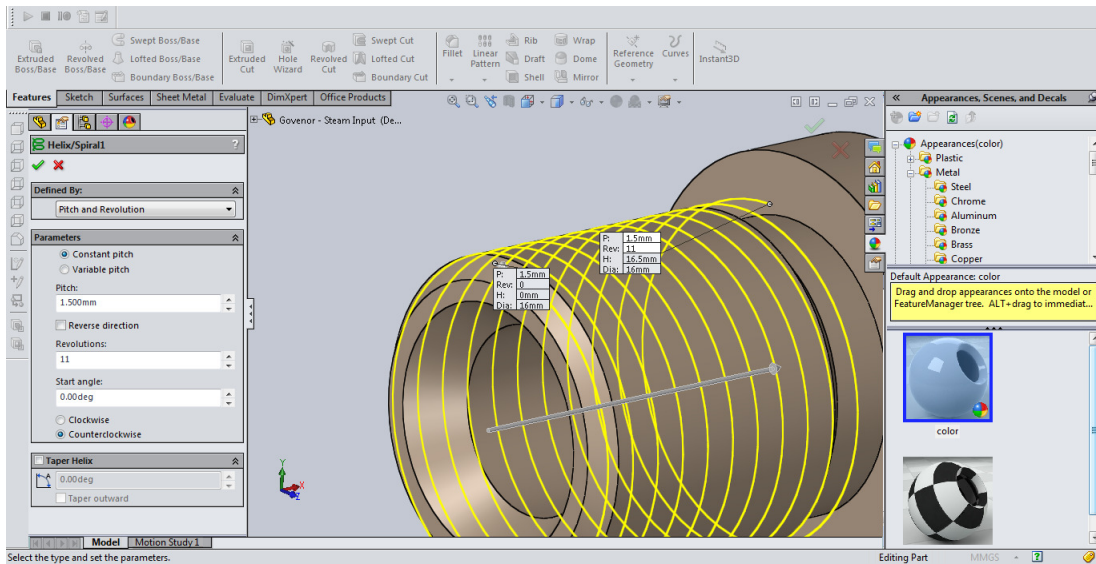
**Εκτέλεση της εντολής Chamfer**



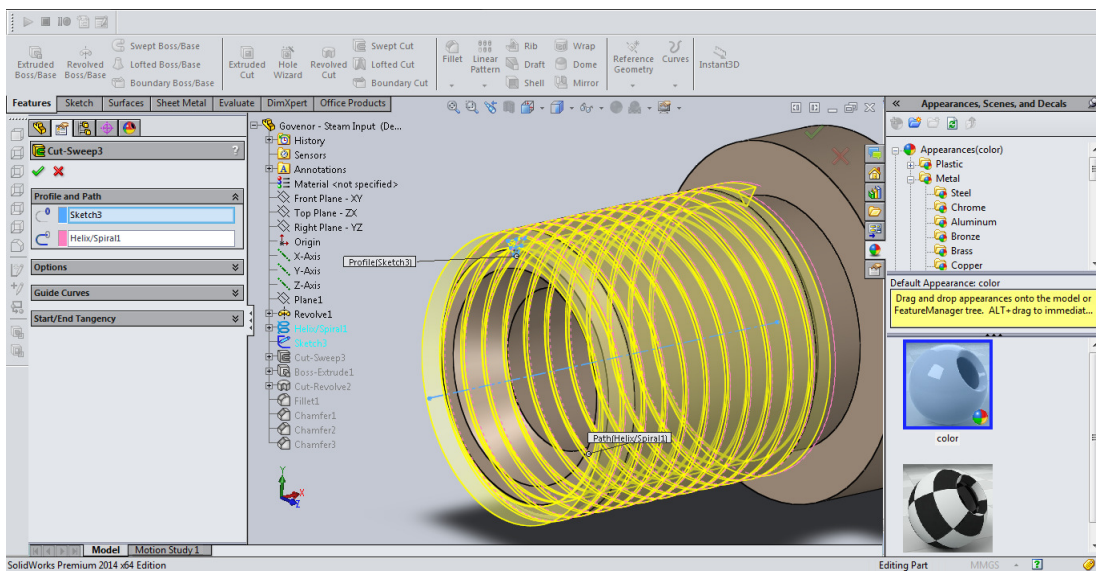
Εκτέλεση της εντολής Revolve





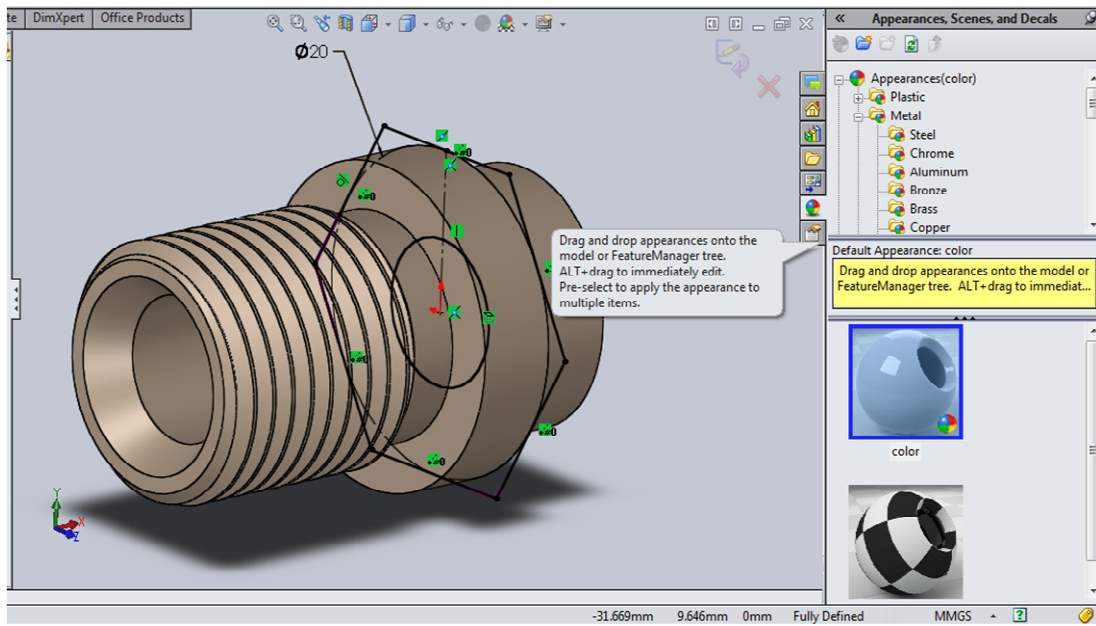


**Εκτέλεση της εντολής Helix/spiral**

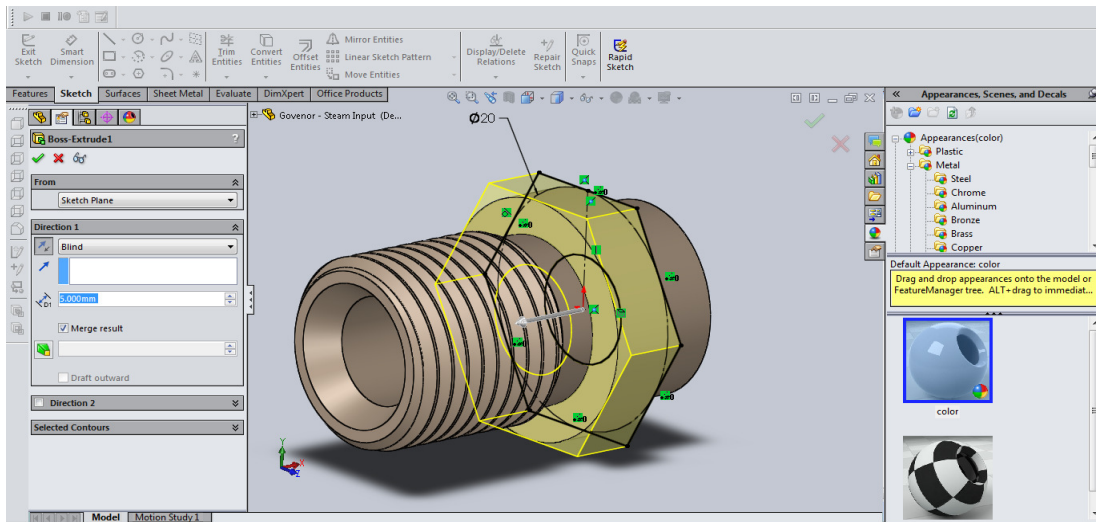


**Εκτέλεση της εντολής Cut/Sweep**

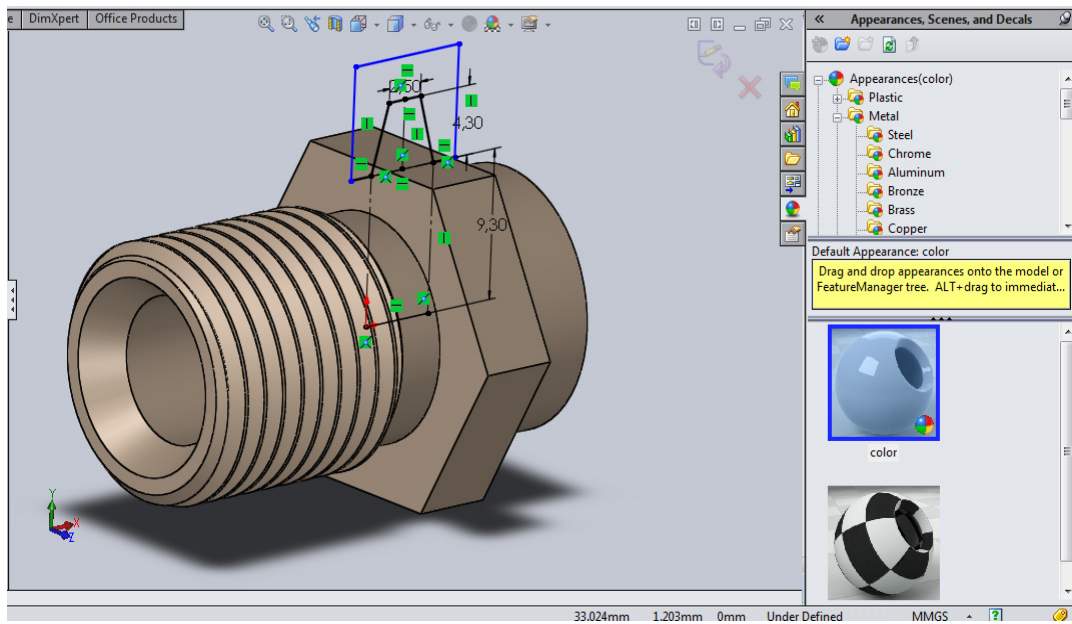




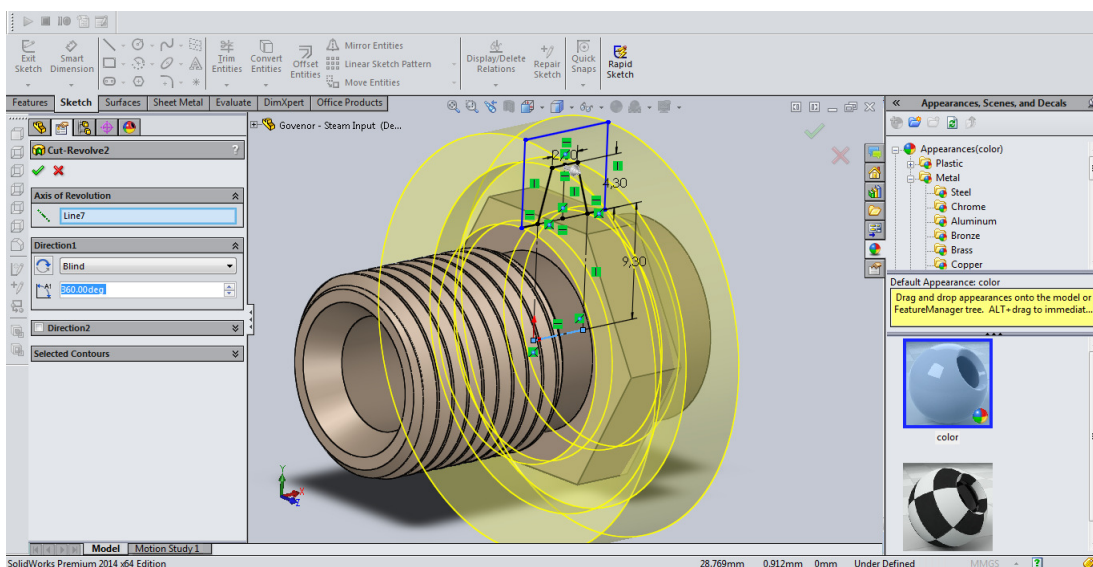
**Εκτέλεση της εντολής Smart dimensions**



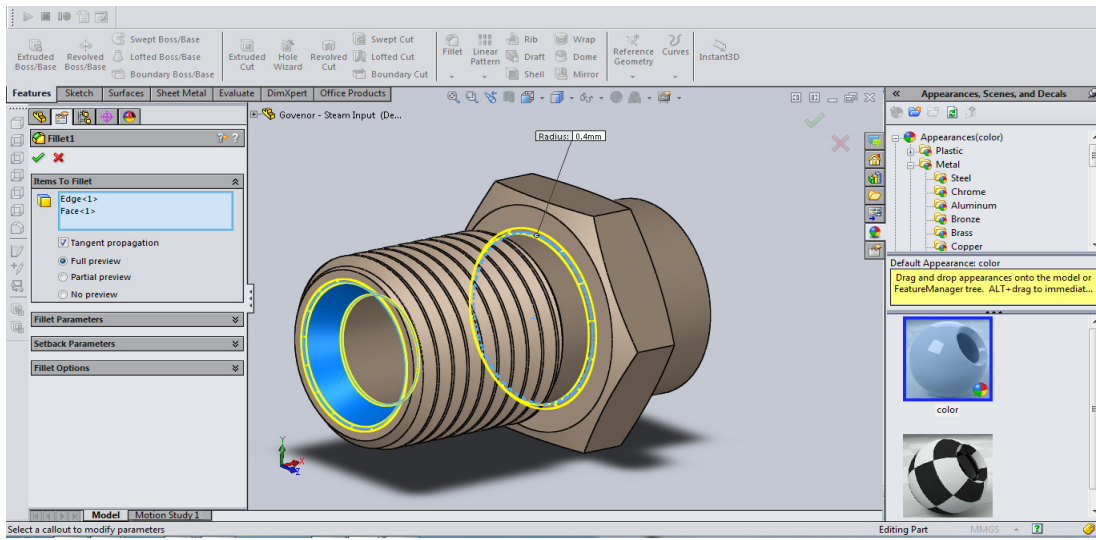
**Εκτέλεση της εντολής Extrude**



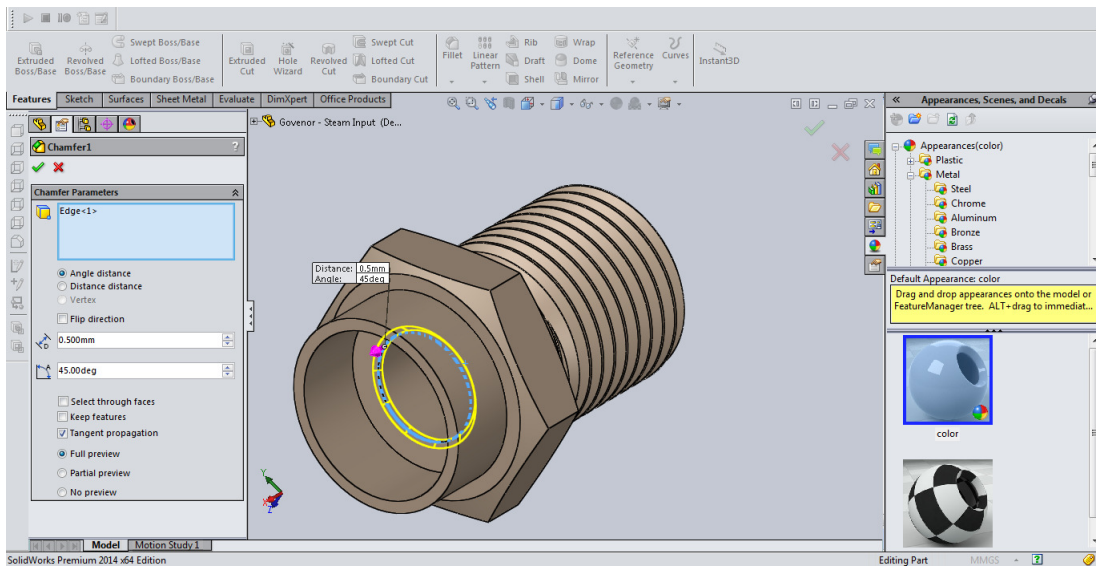
**Εκτέλεση της εντολής Smart Dimensions on governor input part**



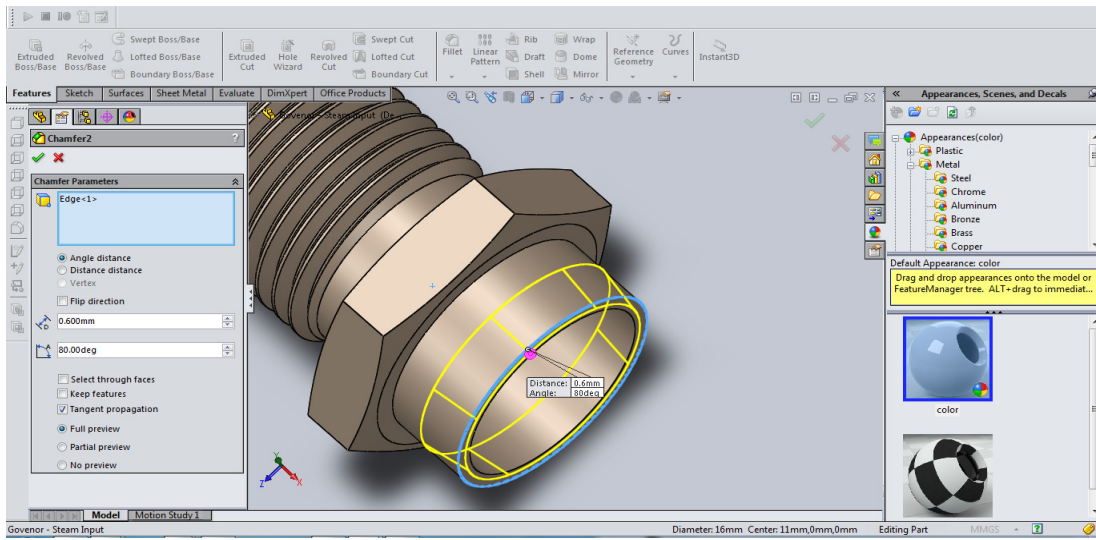
**Λήψη διαστάσεων - Εκτέλεση της εντολής Cut revolve**



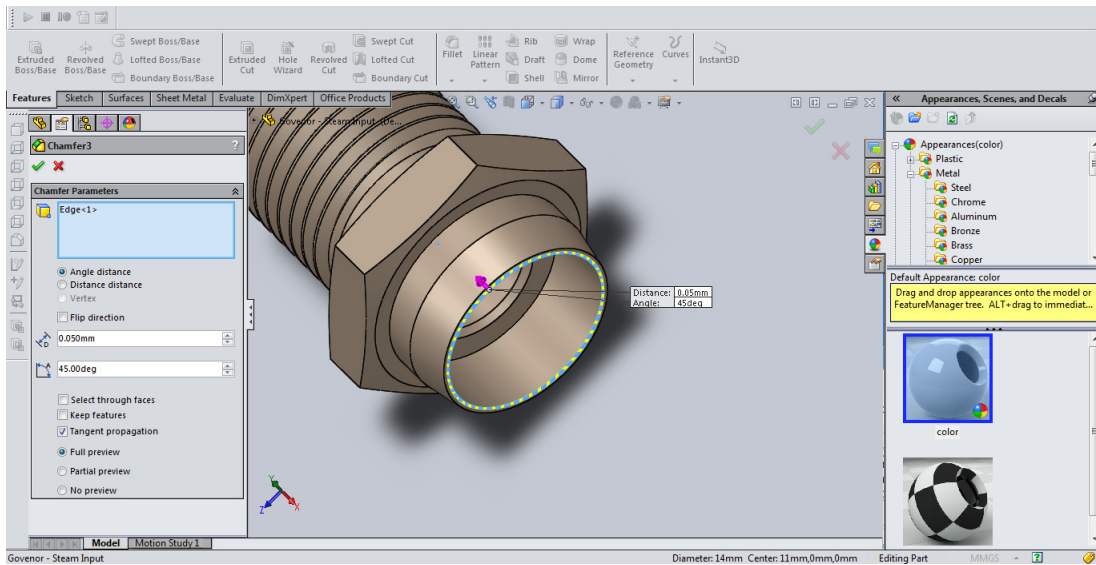
Εκτέλεση της εντολής Fillet



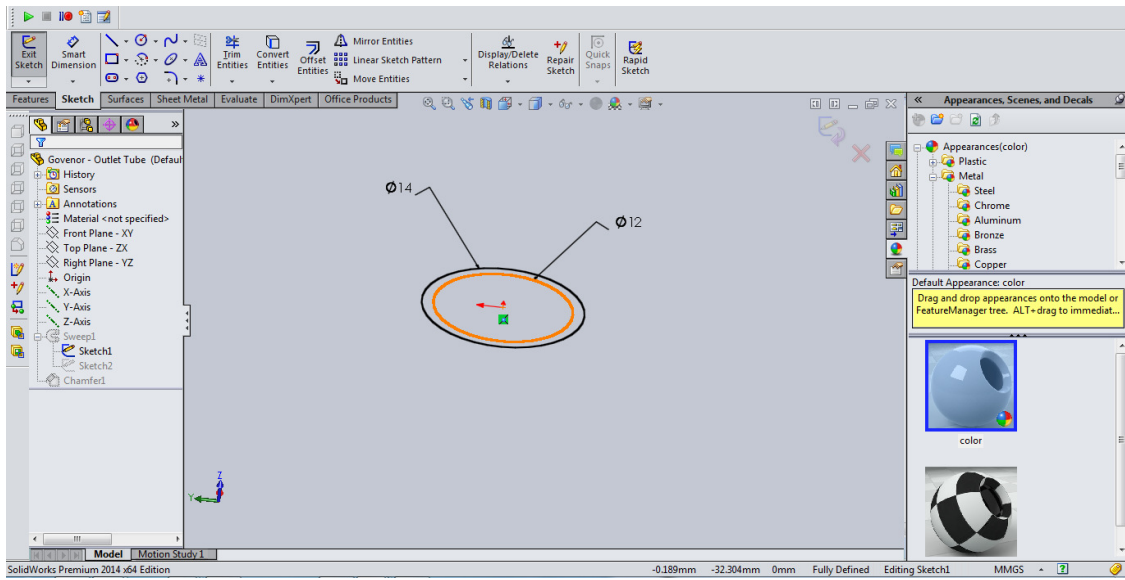
Εκτέλεση της εντολής Chamfer



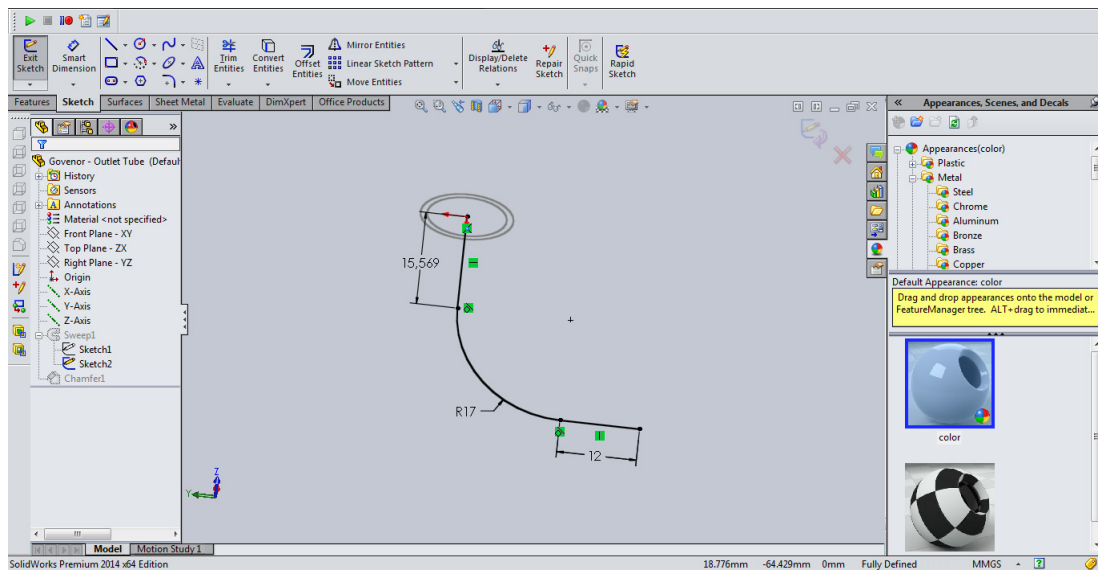
**Εκτέλεση της εντολής Chamfer**



**Εκτέλεση της εντολής Chamfer**

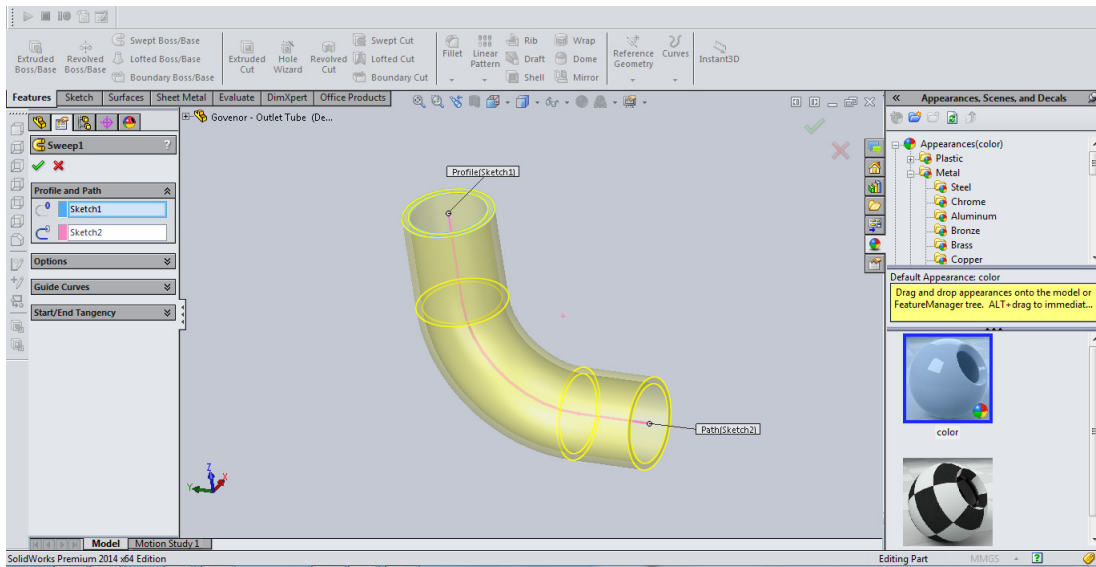


**Εκτέλεση της εντολής Sketch**

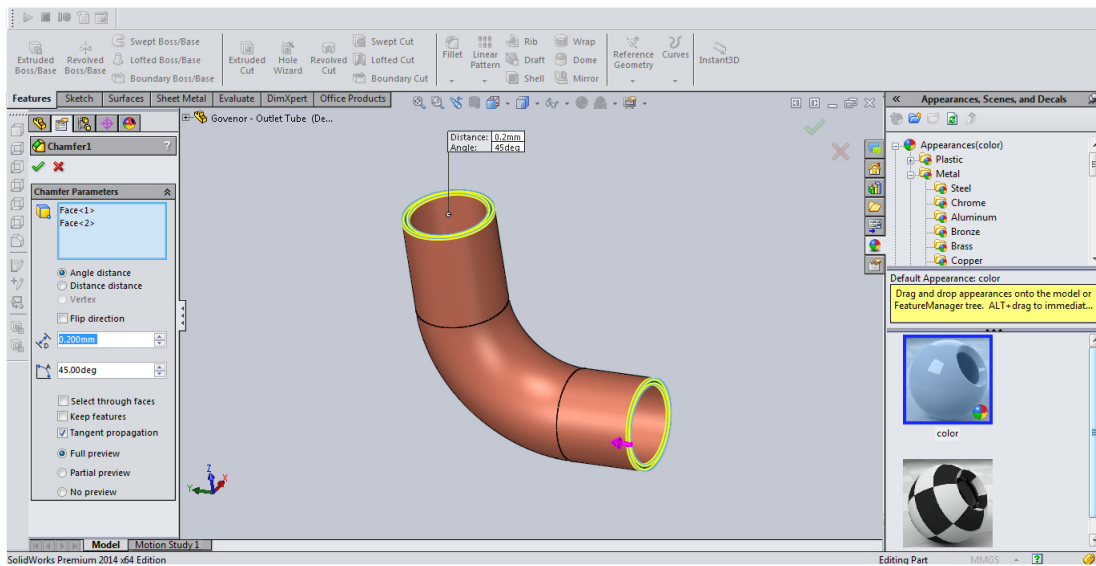


**Εκτέλεση της εντολής Curve (smart dimensions)**

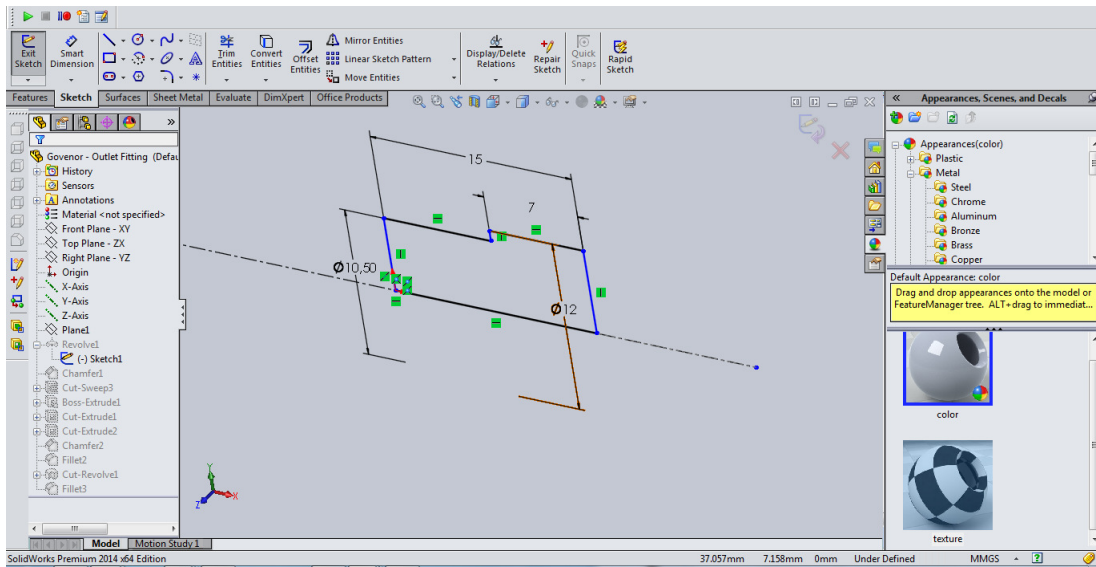




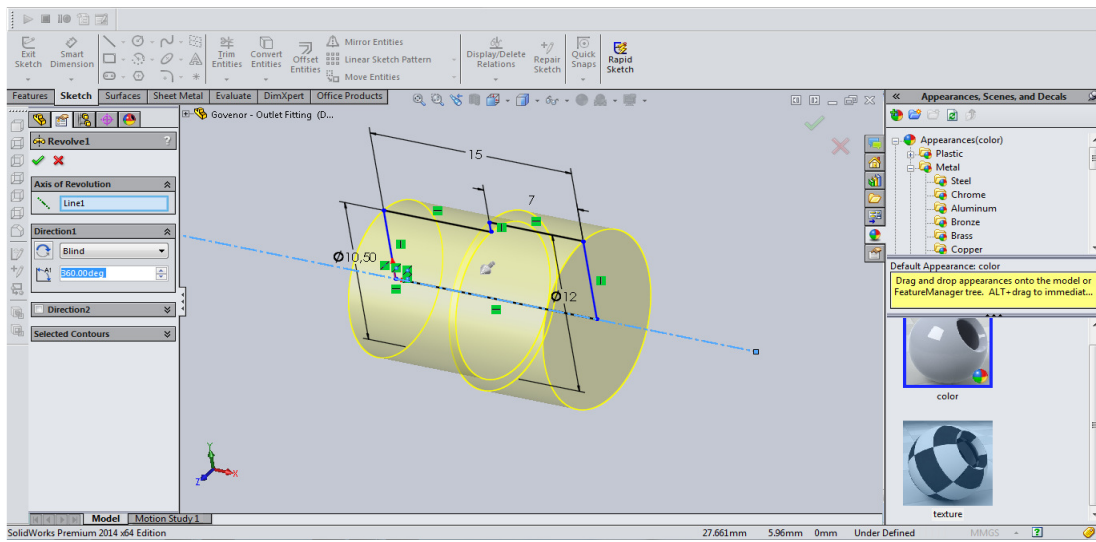
**Εκτέλεση της εντολής Sweep**



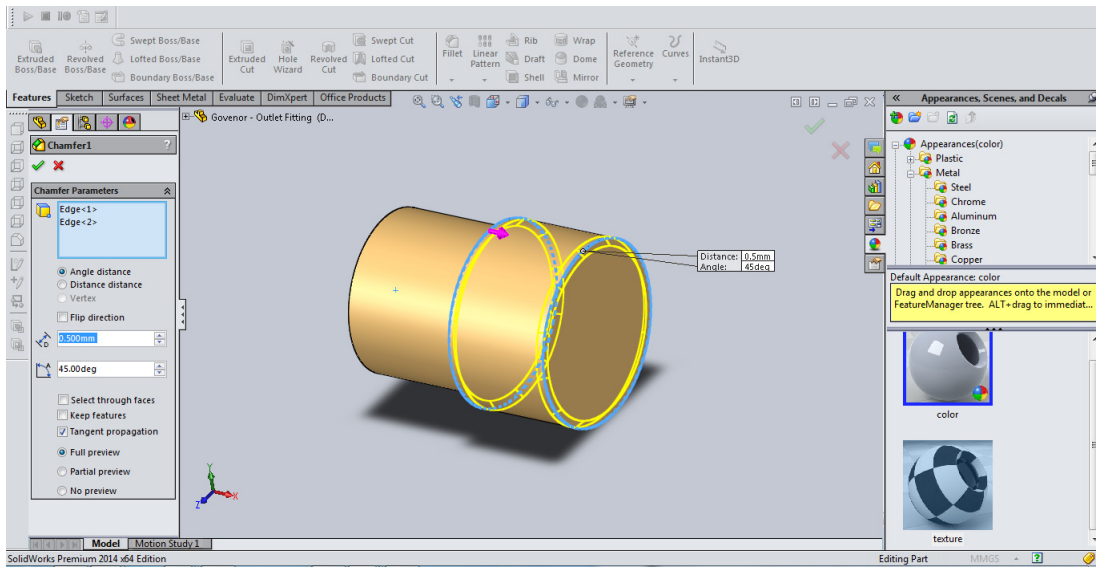
**Αλλαγή διαστάσεων και λήψη εικόνας. Εκτέλεση της εντολής Chamfer**



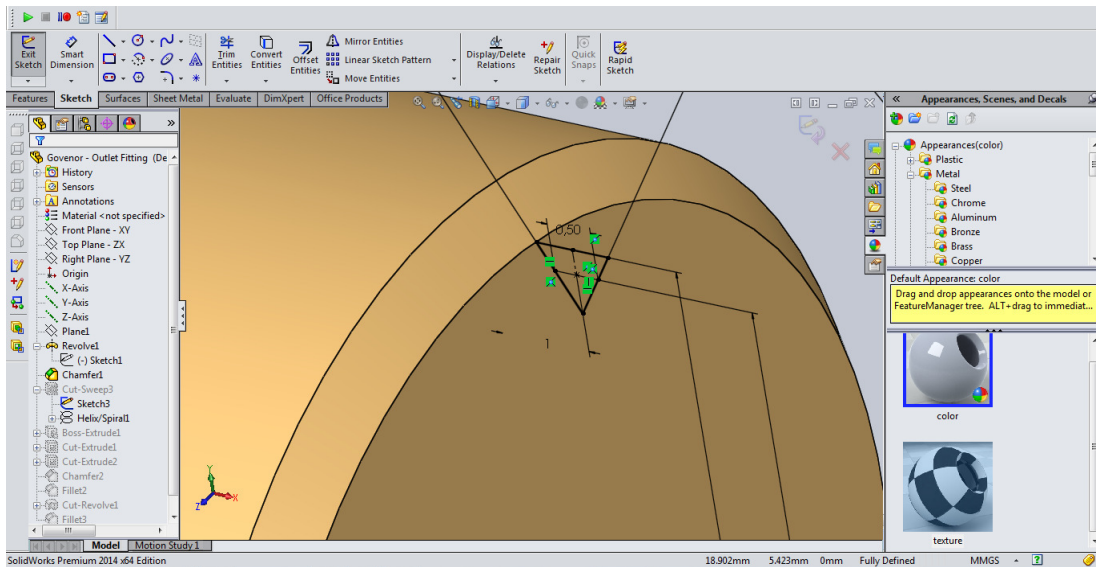
**Εκτέλεση της εντολής Edit Sketch**



**Εκτέλεση της εντολής Revolve**

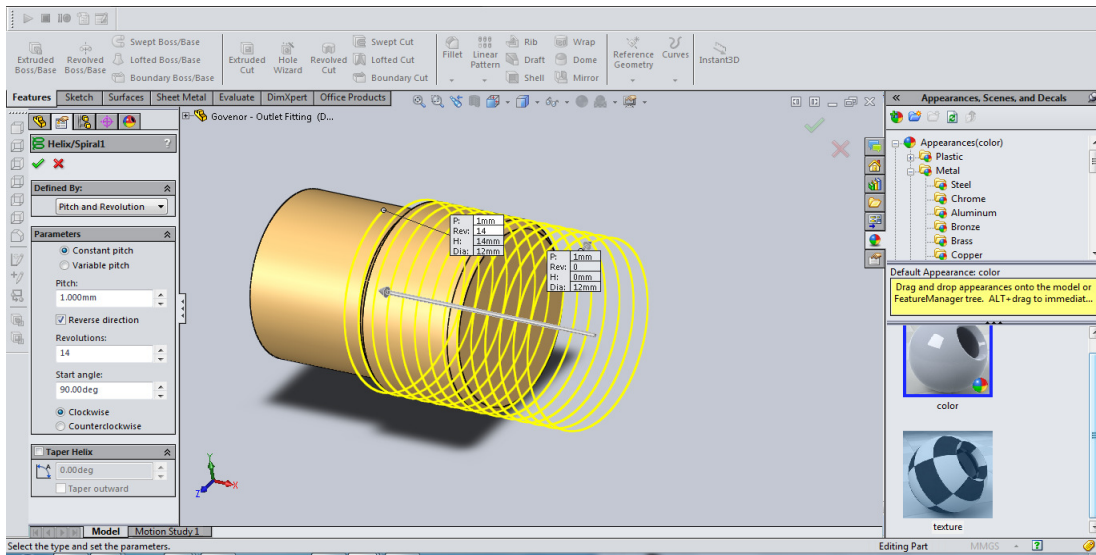


**Εκτέλεση της εντολής Chamfer**

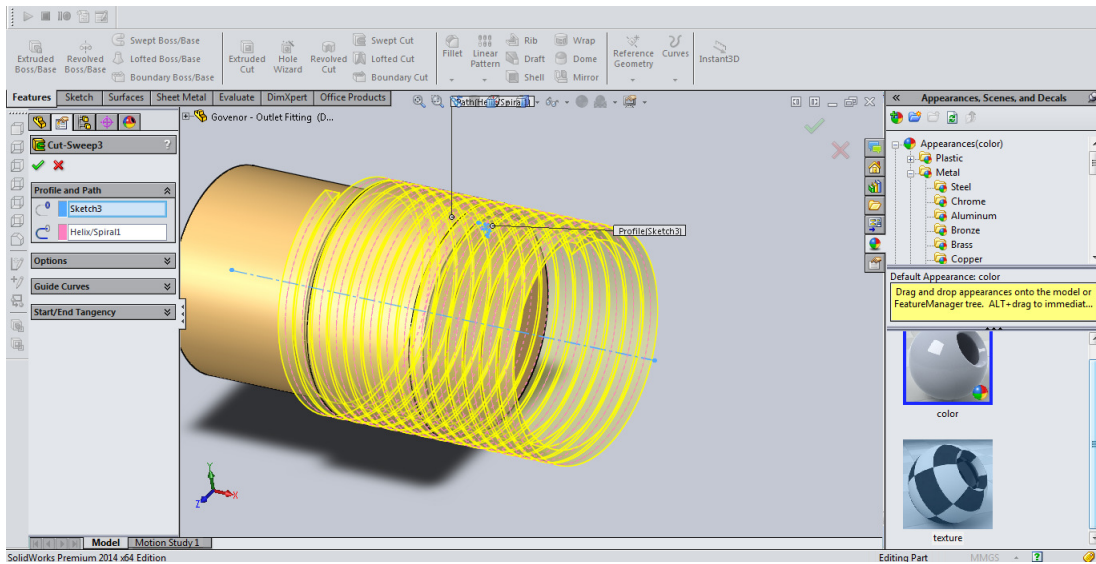


**Εκτέλεση της εντολής Helix-Spiral**

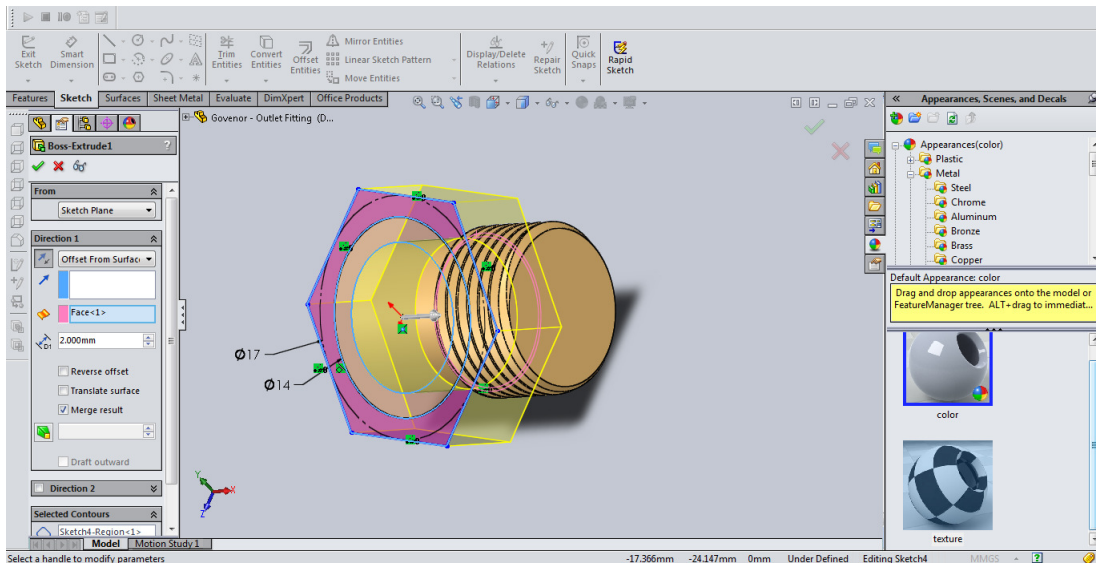




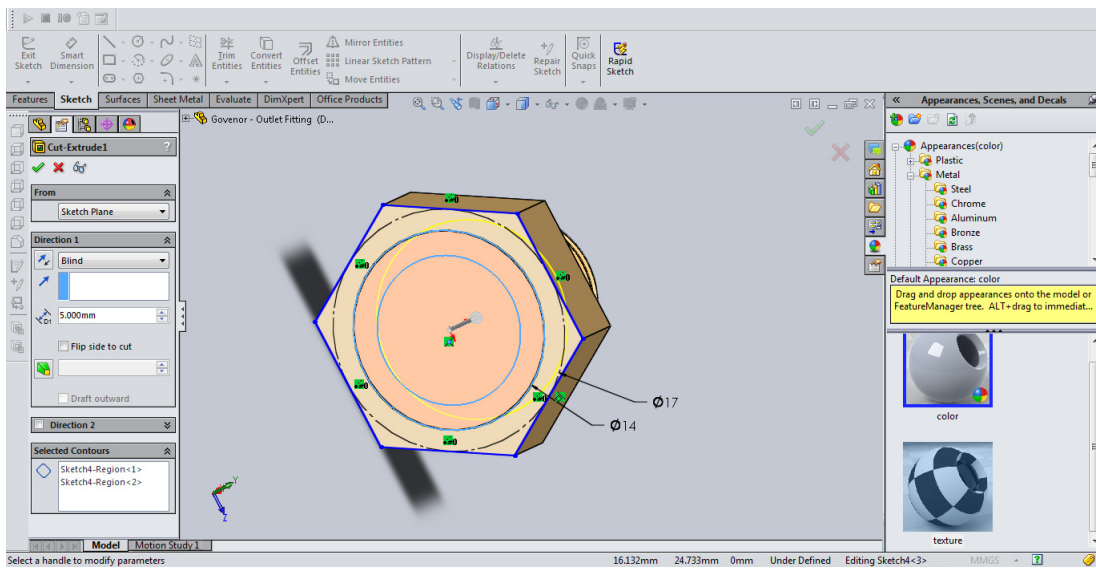
**Εκτέλεση της εντολής Helix - Spiral**



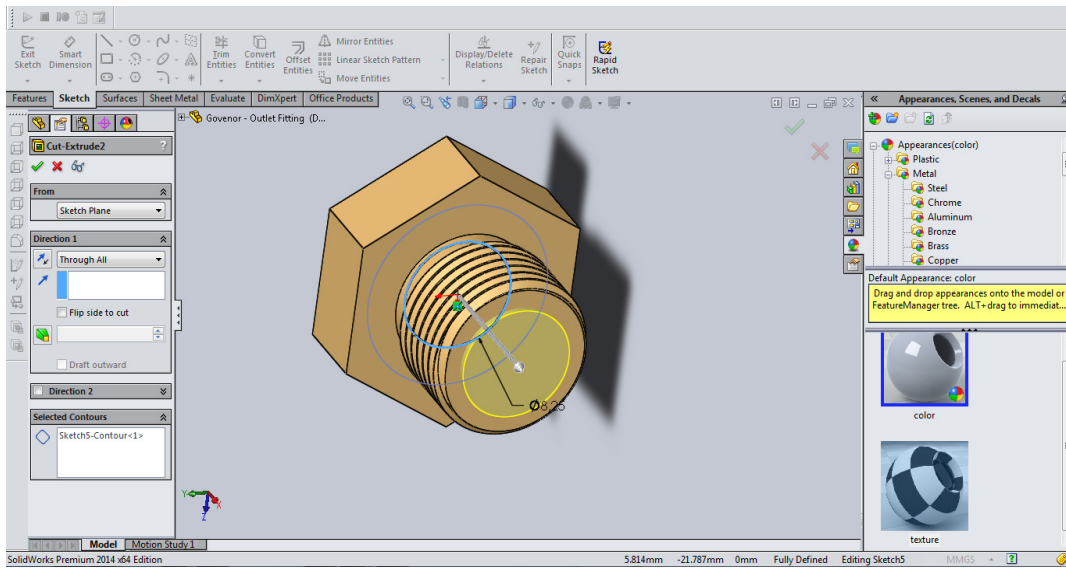
**Εκτέλεση της εντολής Cut-sweep**



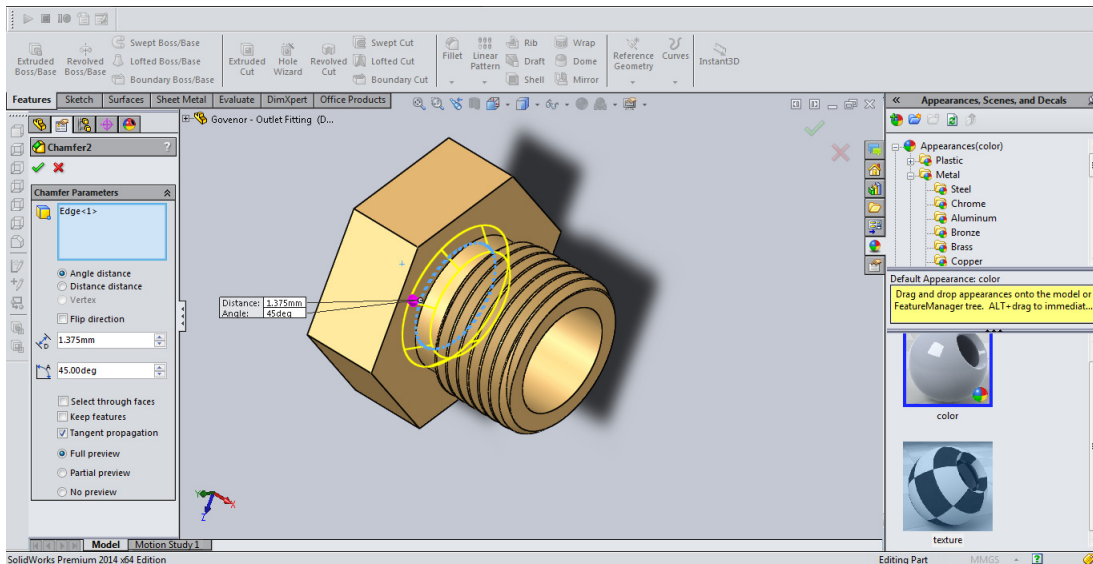
Εκτέλεση της εντολής Boss-Extrude



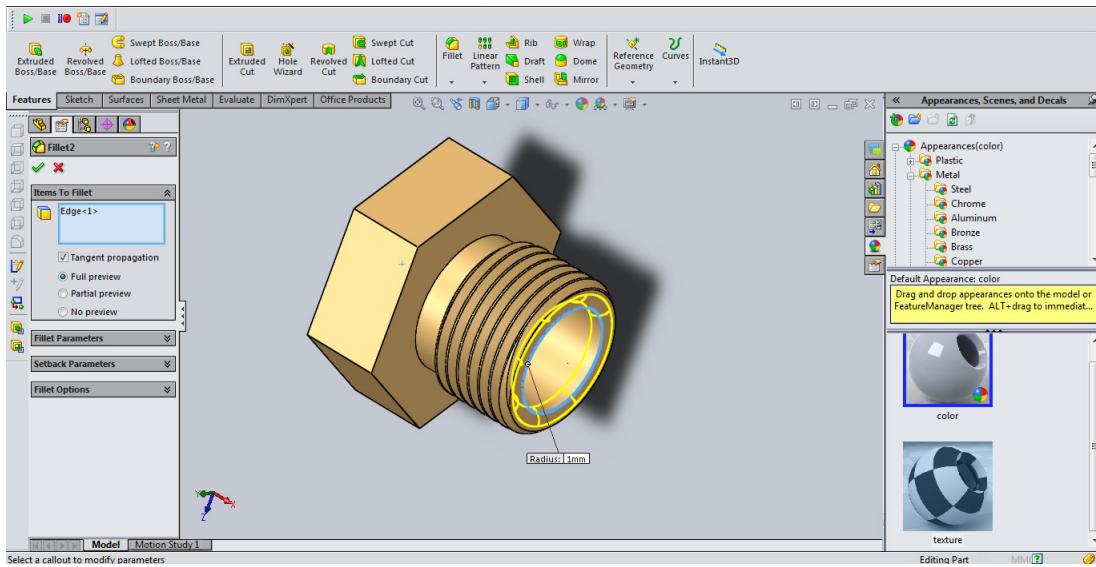
Εκτέλεση της εντολής Cut-Extrude



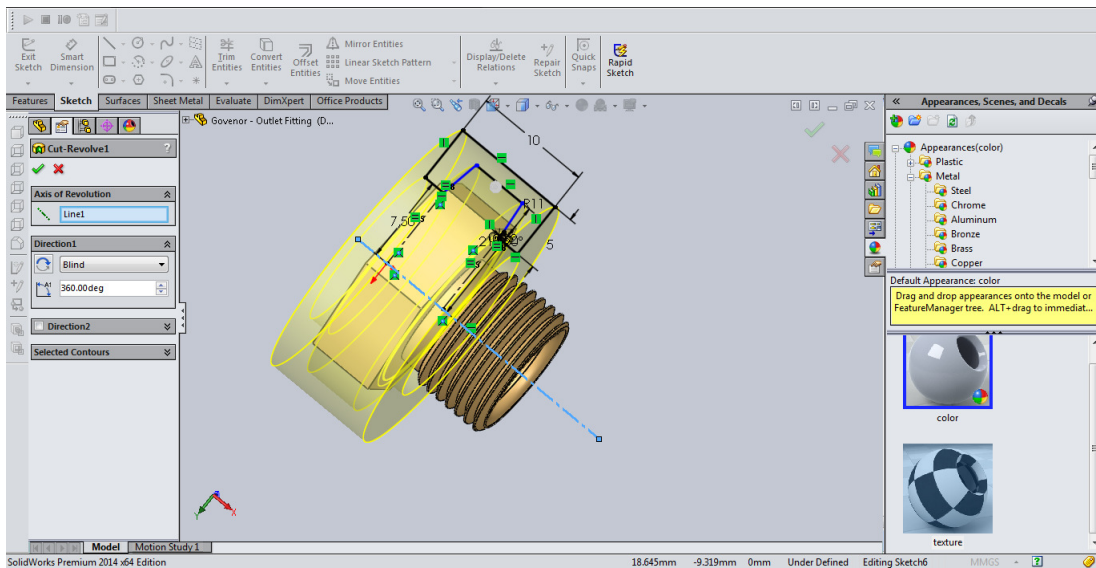
Εκτέλεση της εντολής Cut-Extrude



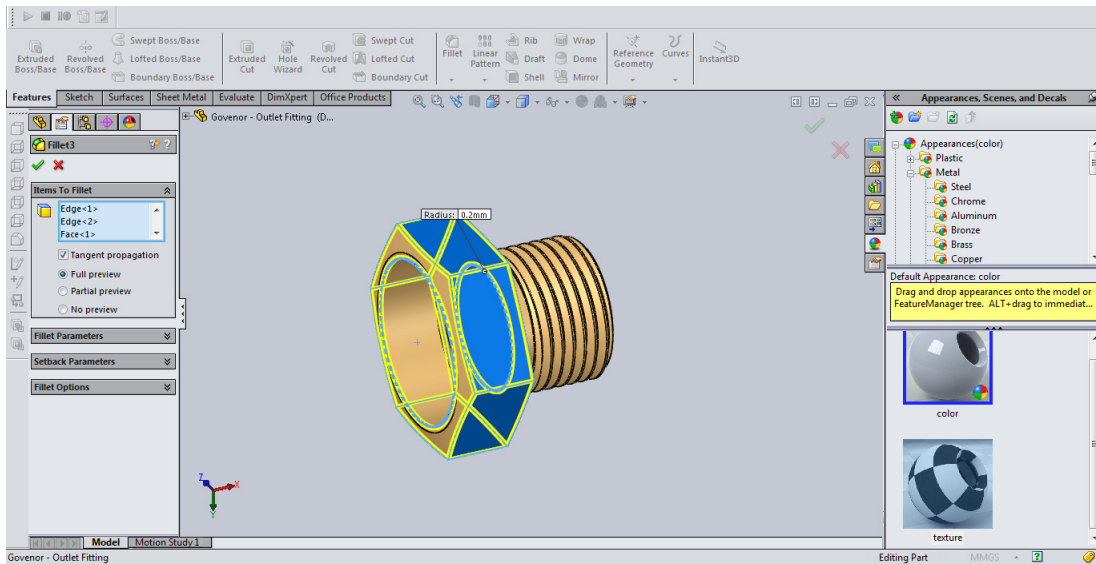
Εκτέλεση της εντολής Chamfer



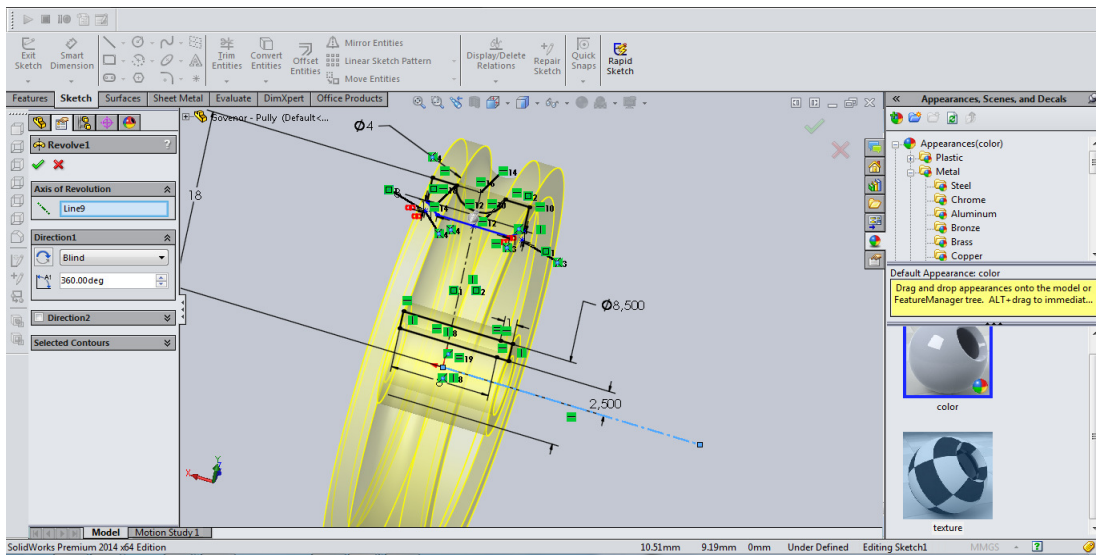
Εκτέλεση της εντολής Fillet



Εκτέλεση της εντολής Cut-Revolve

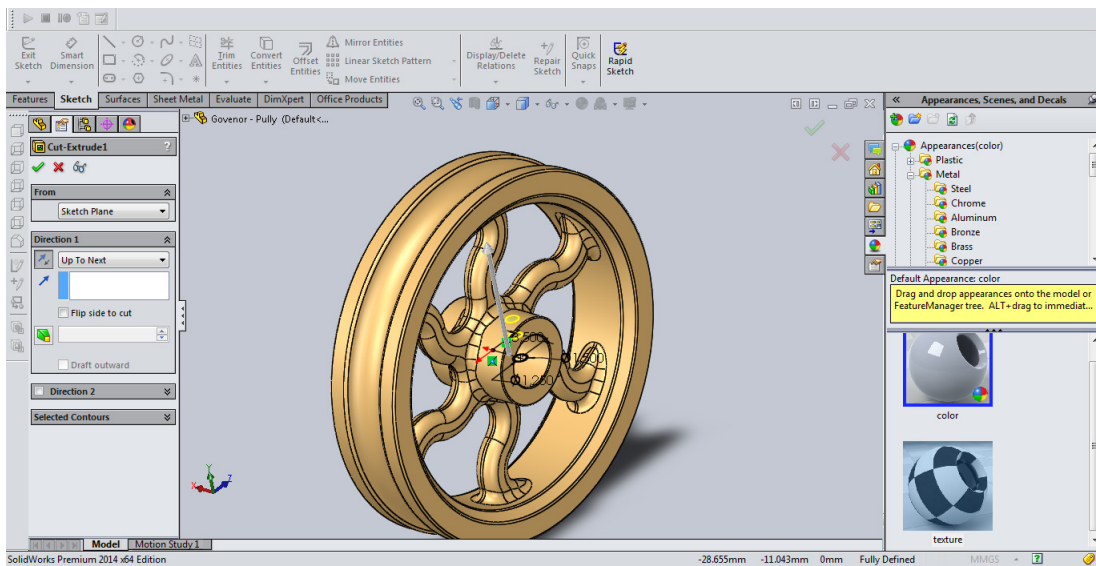


Εκτέλεση της εντολής Fillet

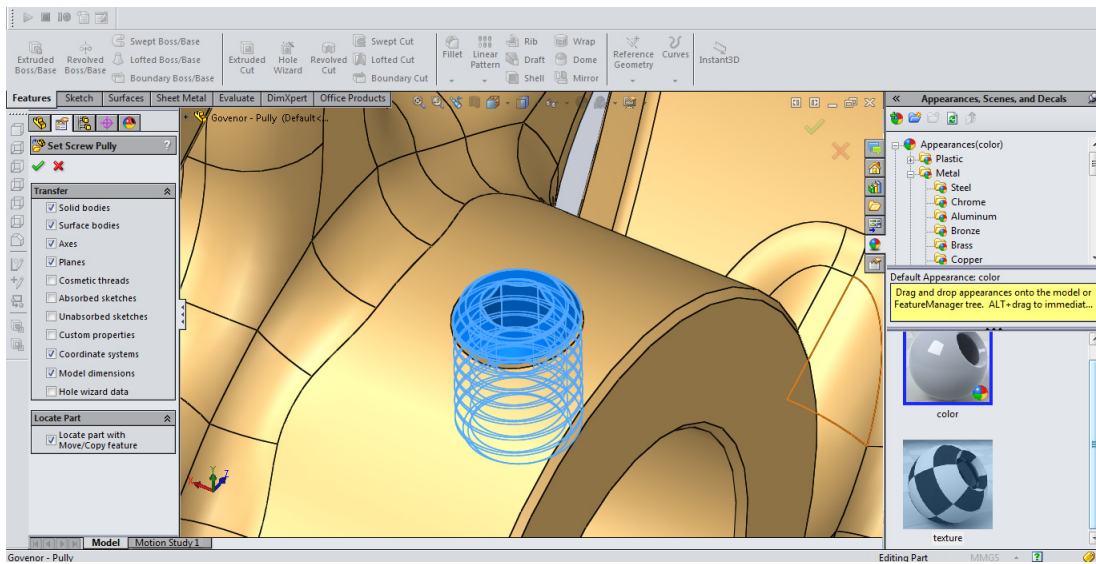


Εκτέλεση της εντολής Revolve

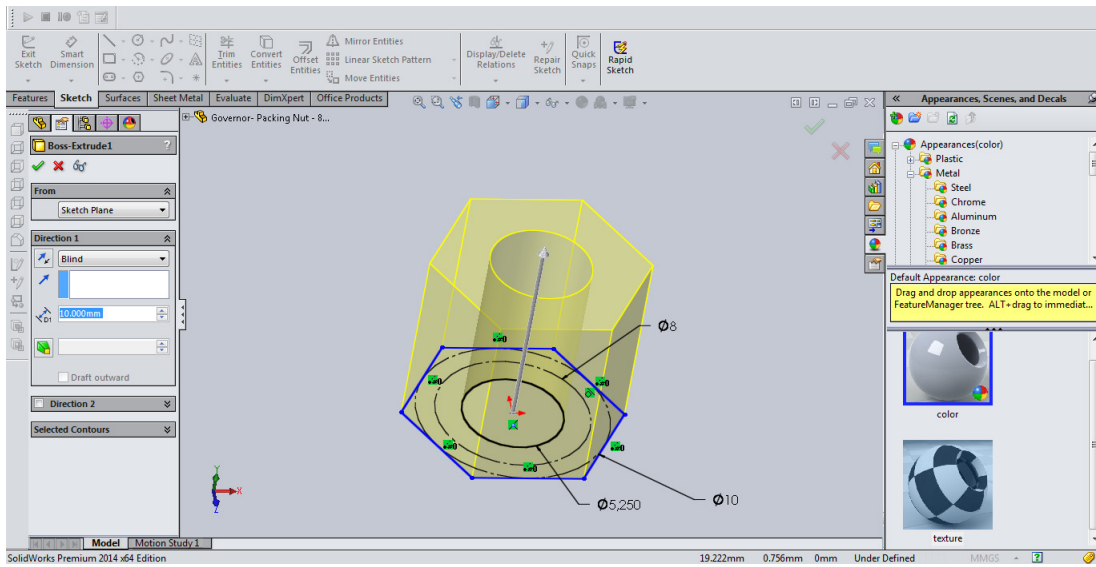




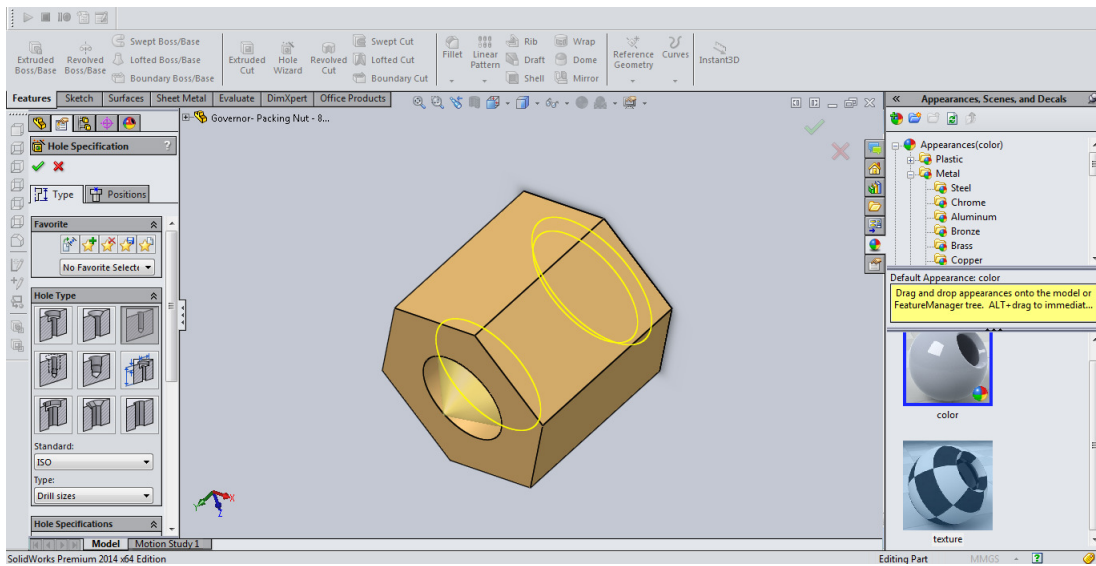
**Εκτέλεση της εντολής Cut-Extrude**



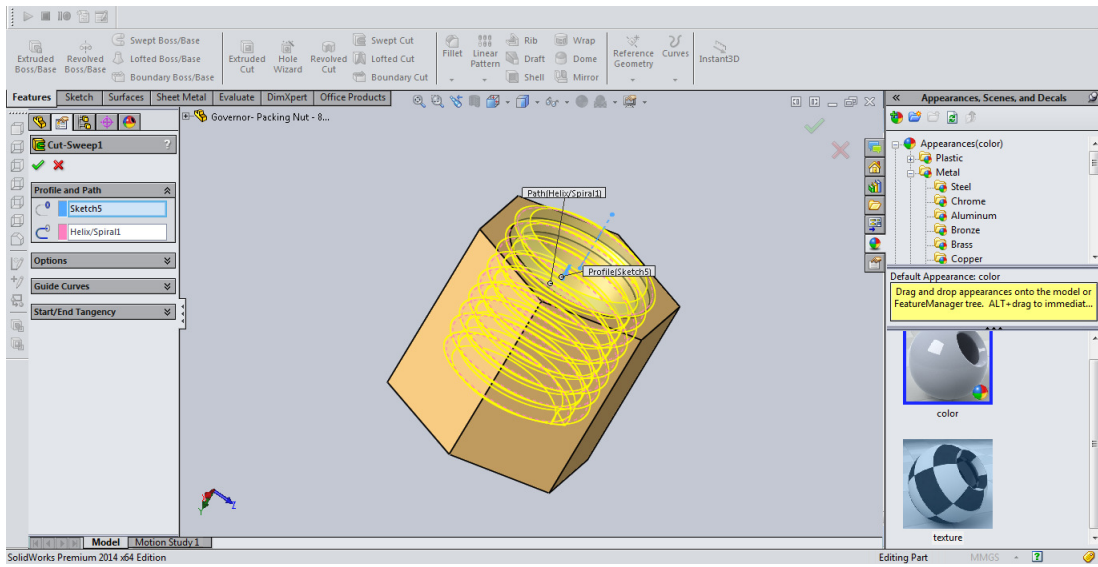
**Τοποθέτηση κοιλία**



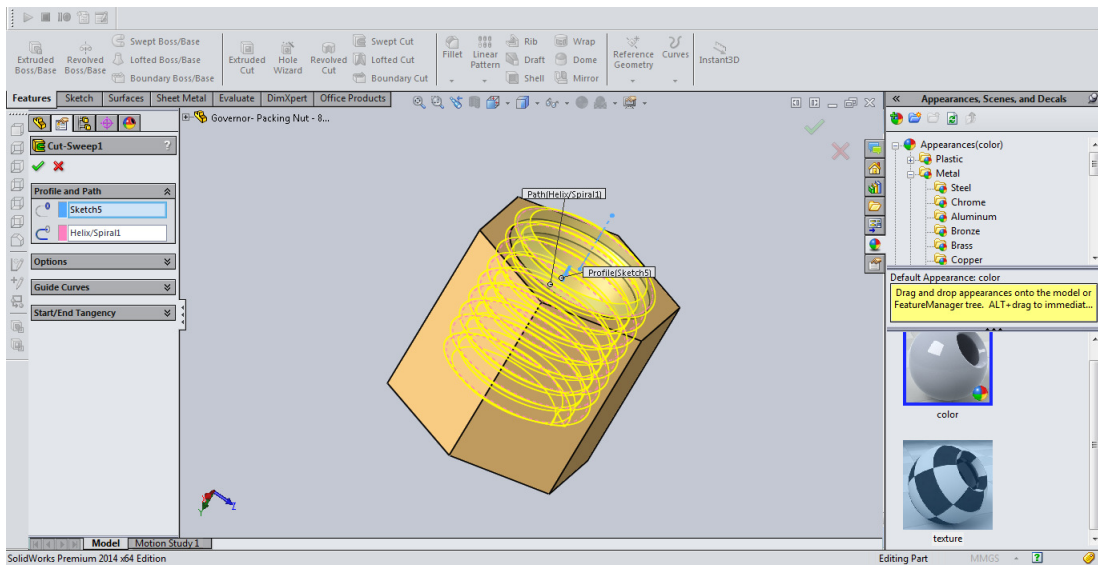
**Εκτέλεση της εντολής Boss-Extrude**



**Τοποθέτηση οπής**

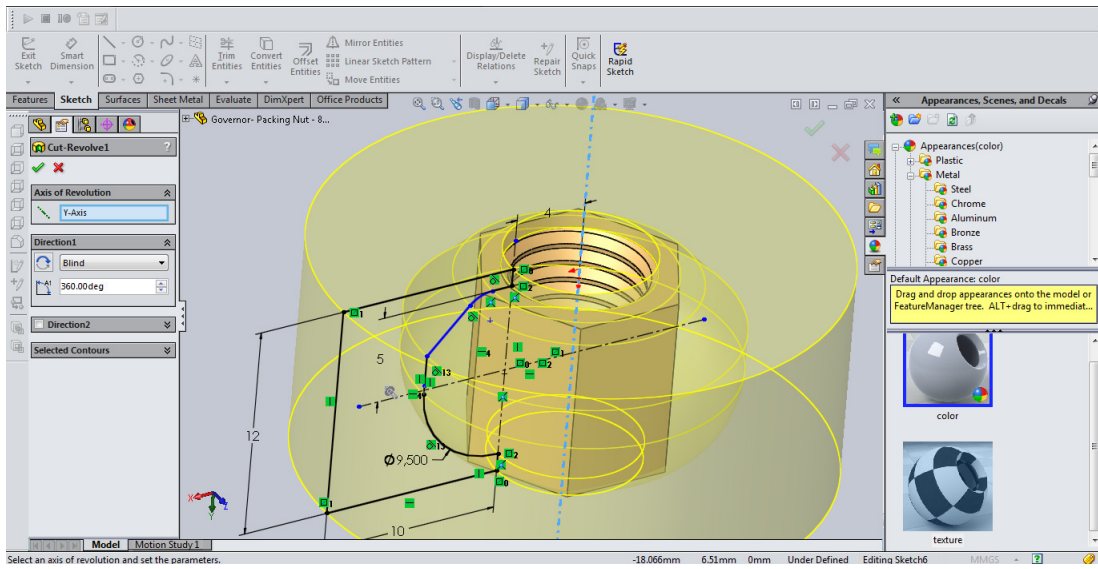


Εκτέλεση της εντολής Cut-Sweep

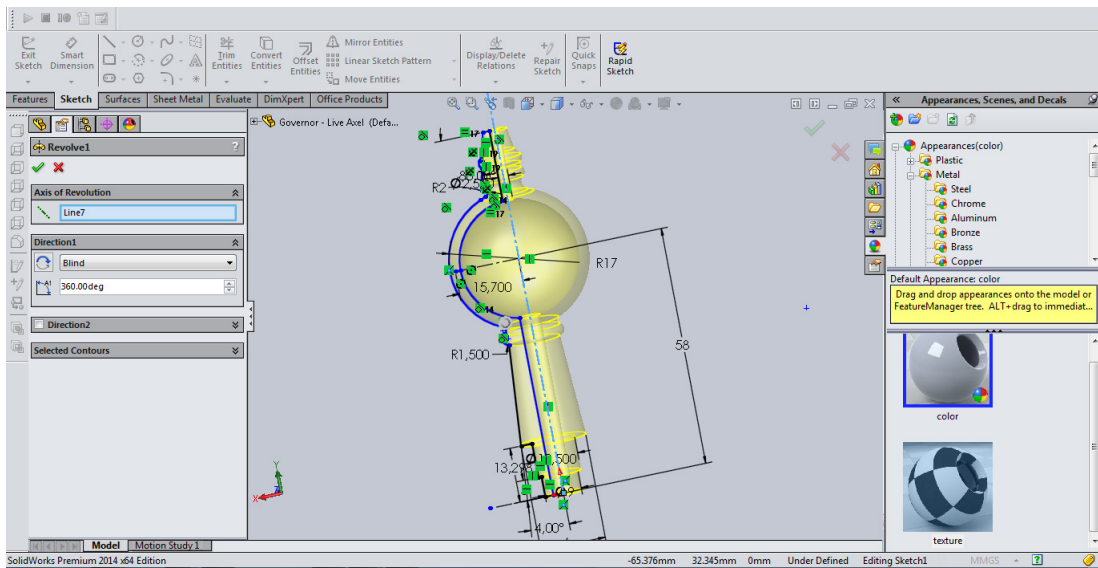


Εκτέλεση της εντολής Cut-Sweep

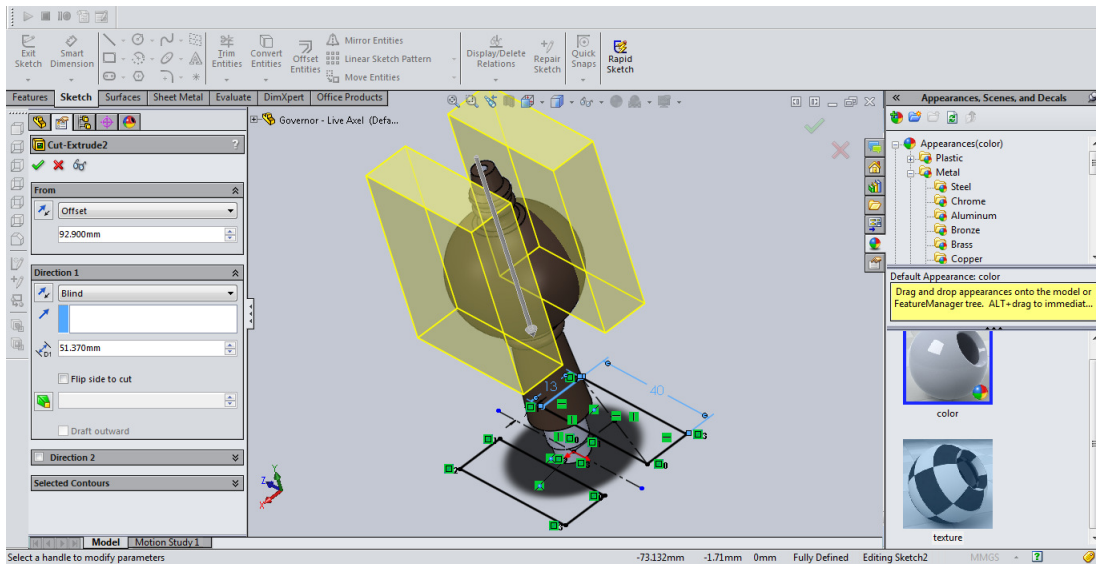




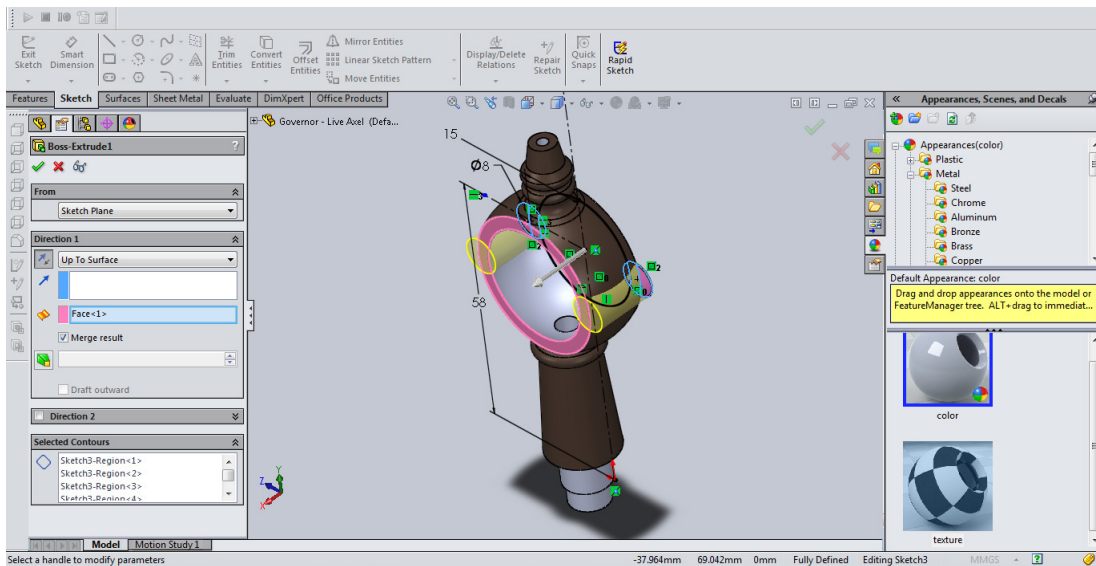
**Εκτέλεση της εντολής Cut-Revolve**



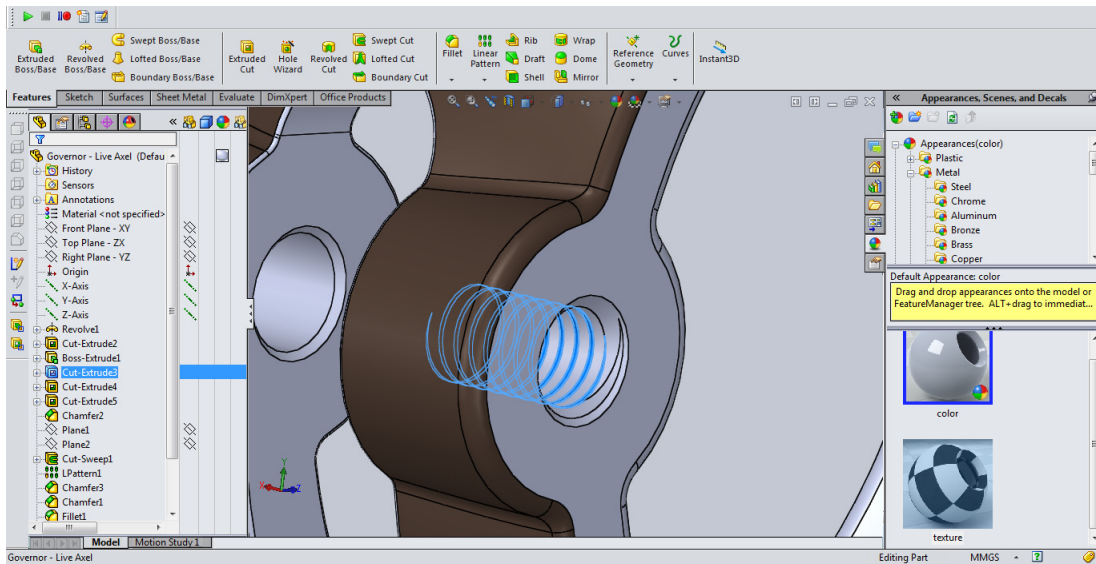
**Εκτέλεση της εντολής Revolve**



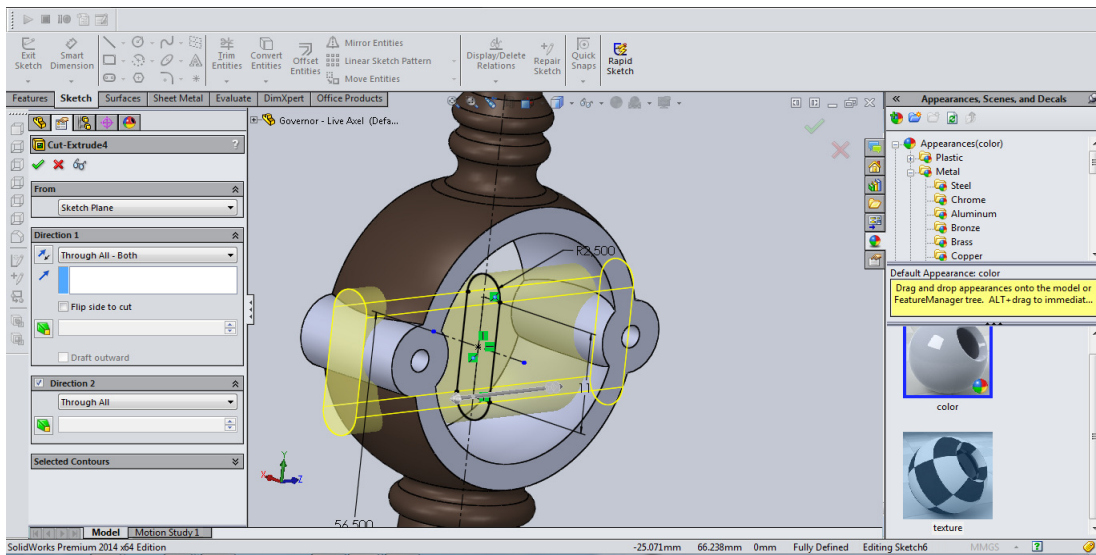
**Εκτέλεση της εντολής Cut-Extrude**



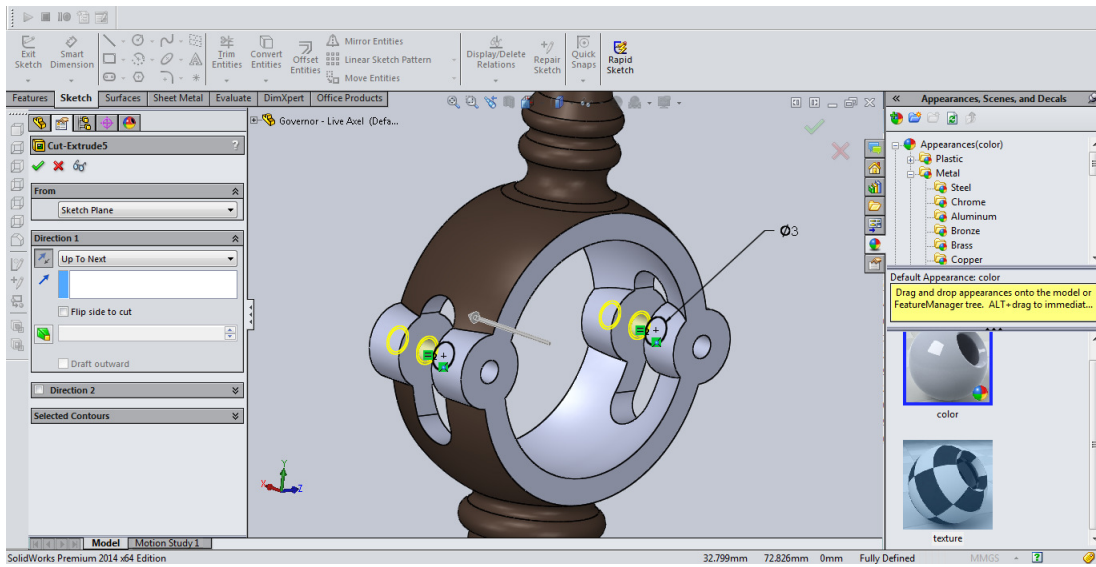
**Εκτέλεση της εντολής Boss-Extrude**



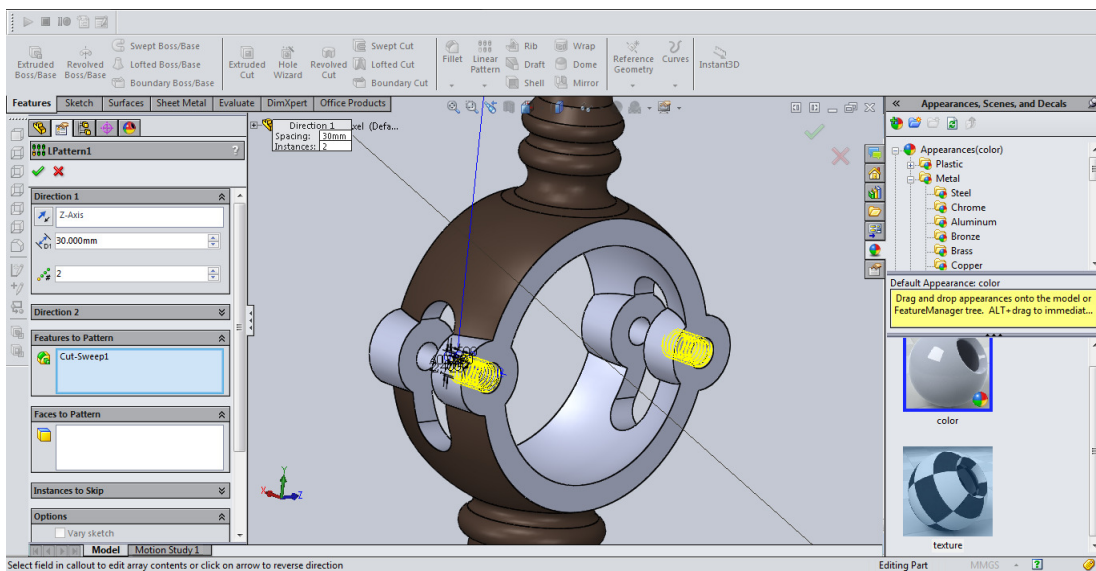
Εκτέλεση της εντολής Cut-Extrude



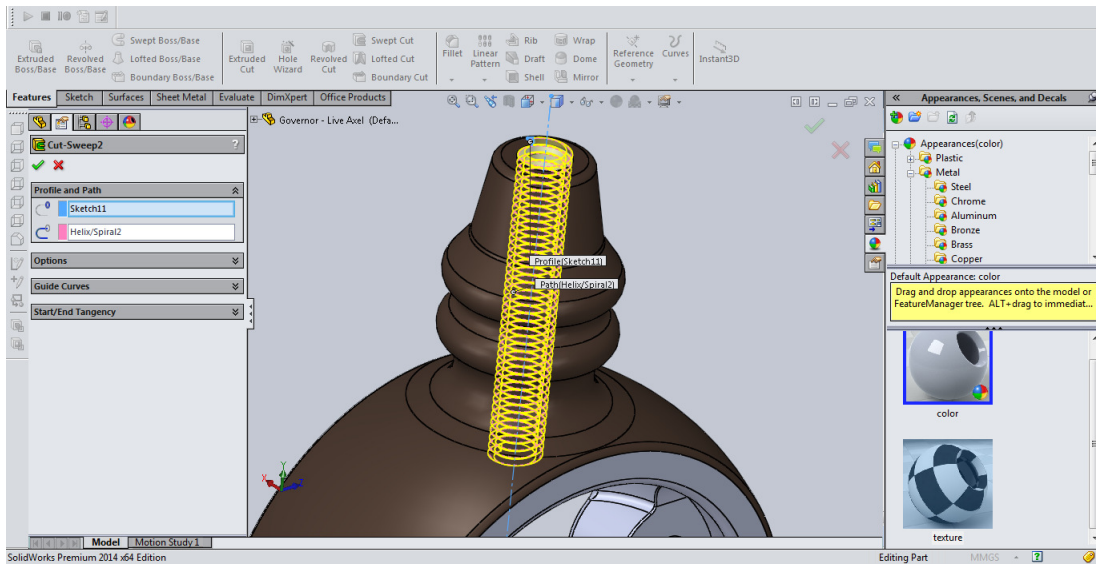
Εκτέλεση της εντολής Cut-Extrude



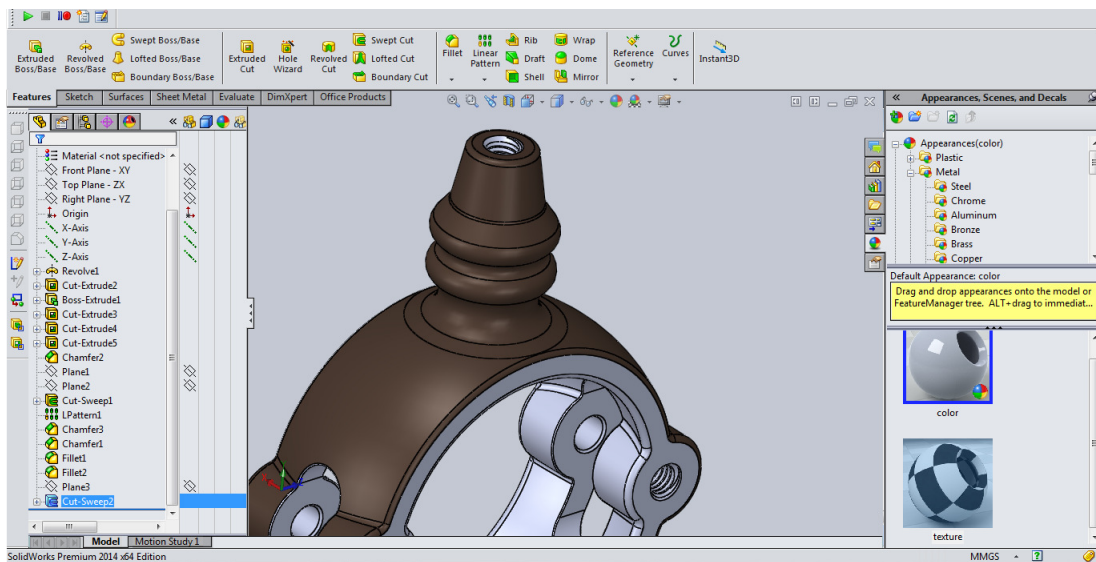
**Εκτέλεση της εντολής Cut-Extrude**



**Εκτέλεση της εντολής Cut-Sweep σε Pattern**

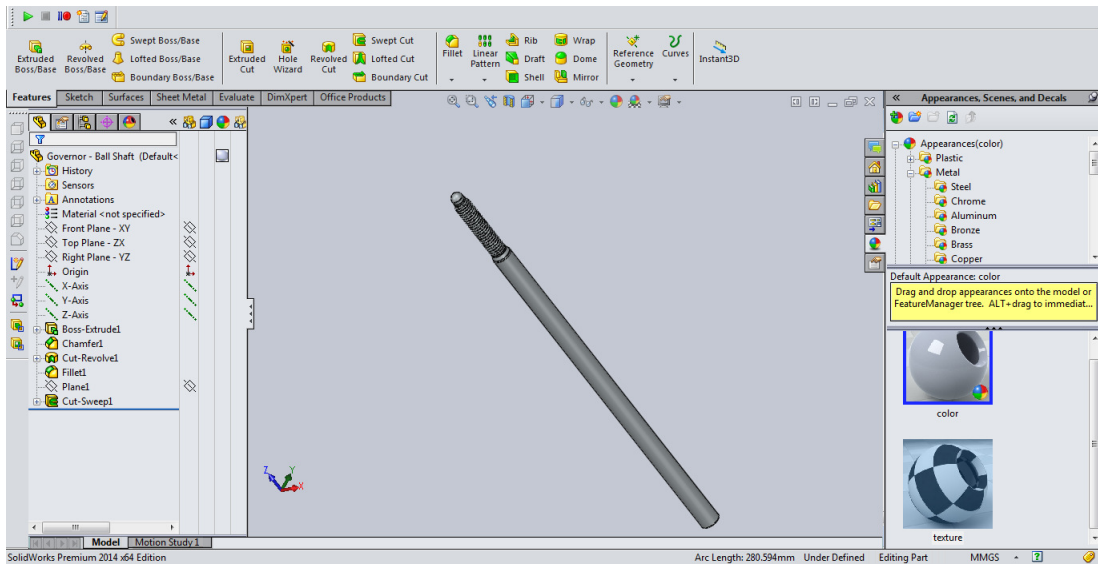


Εκτέλεση της εντολής Cut-Sweep

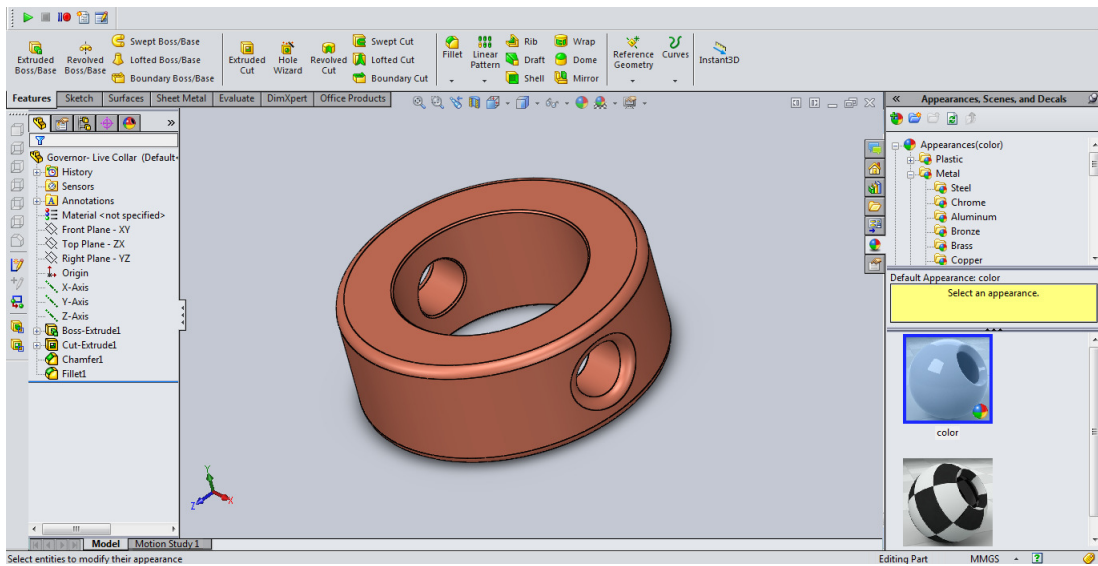


Εκτέλεση της εντολής Cut-Sweep

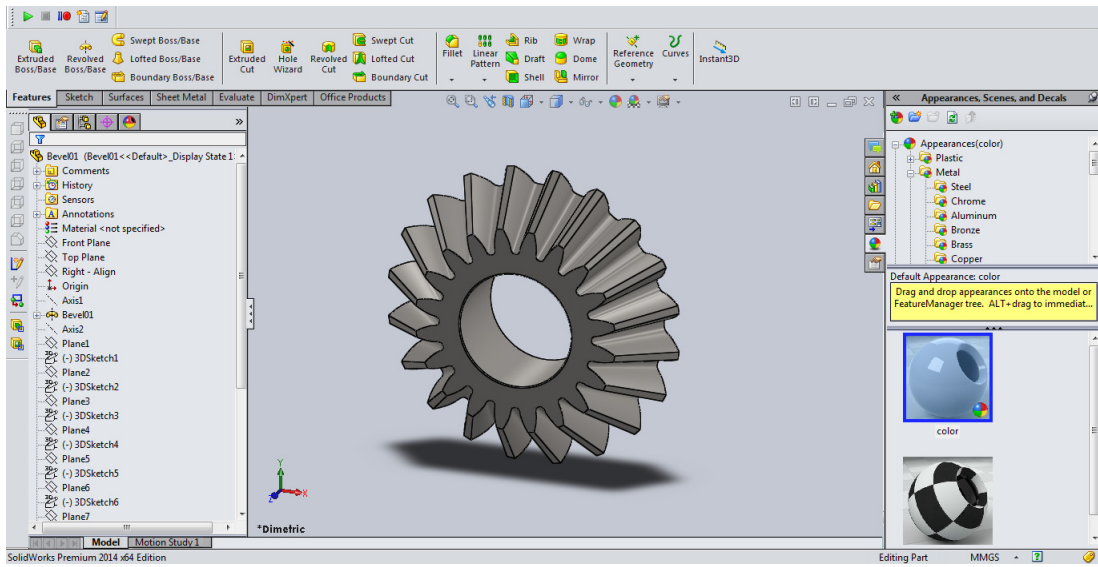




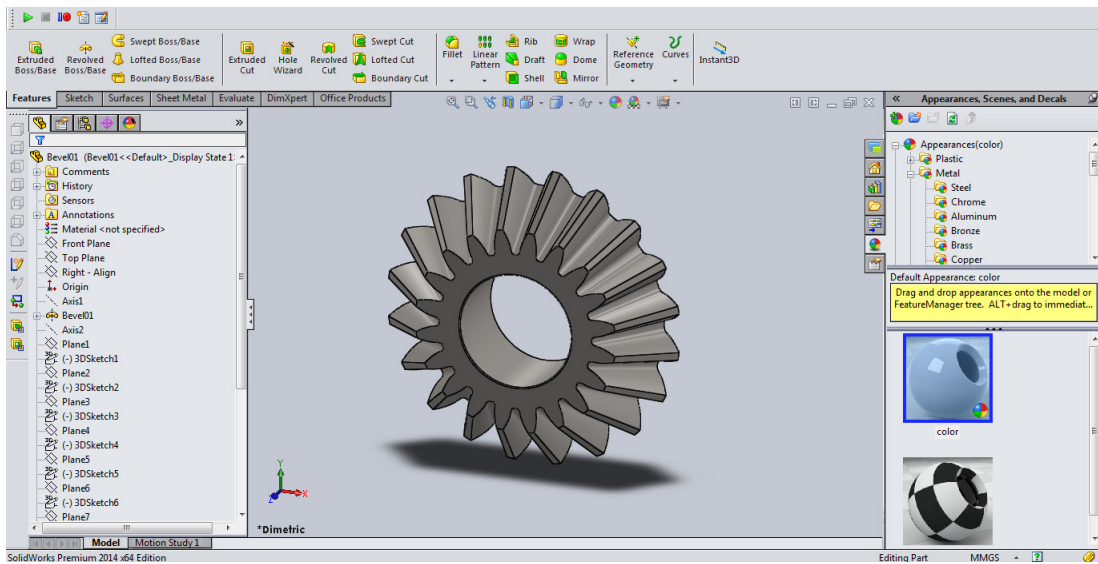
**Όψη Governor-Ball Shaft**



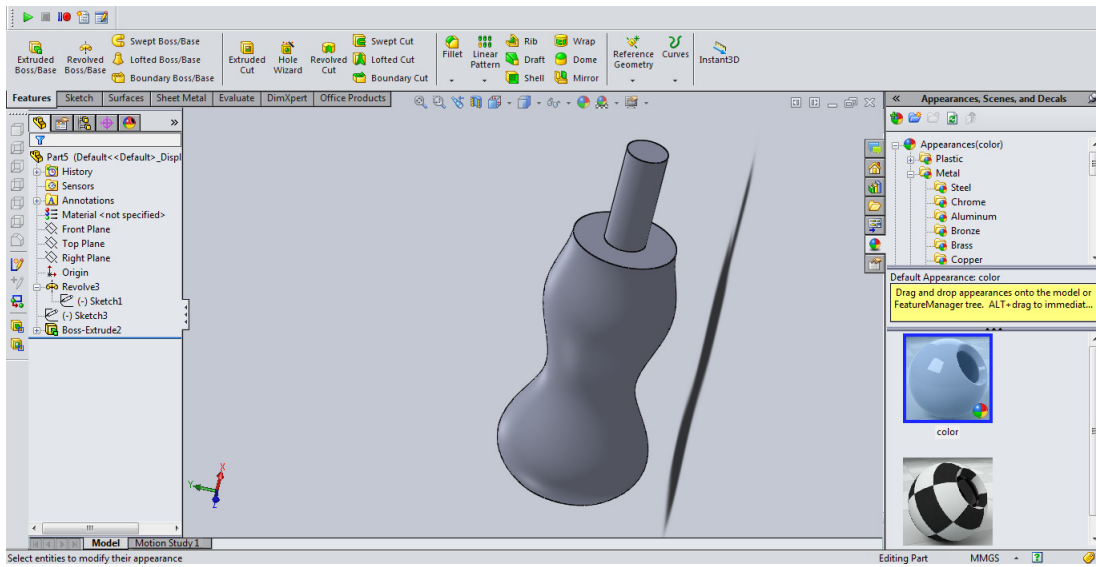
**Ημι-πλάγια Όψη Governor-Live Collar**



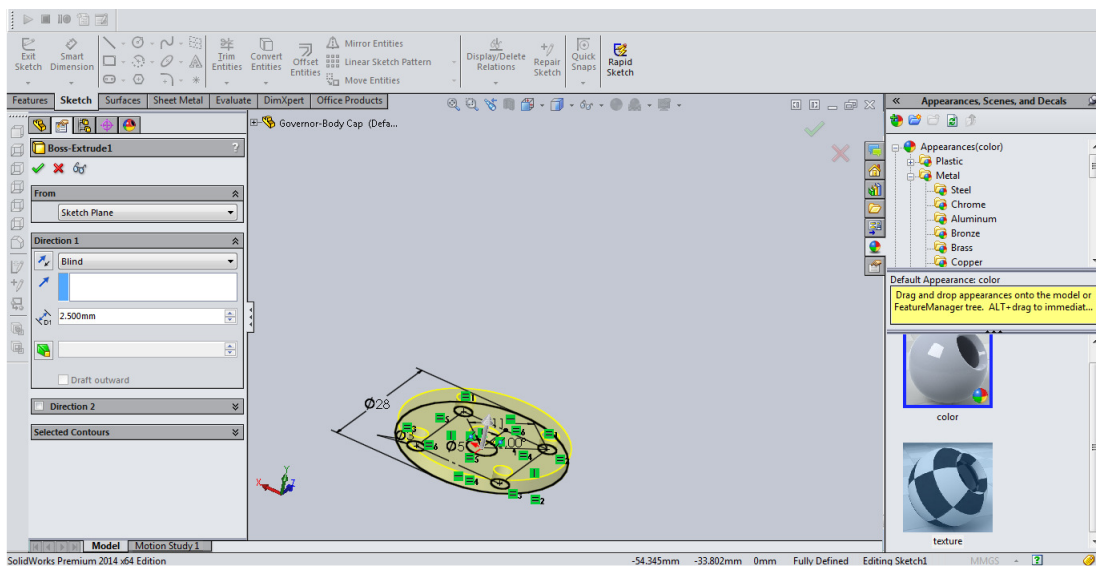
Όψη Bevel



Όψη Bevel

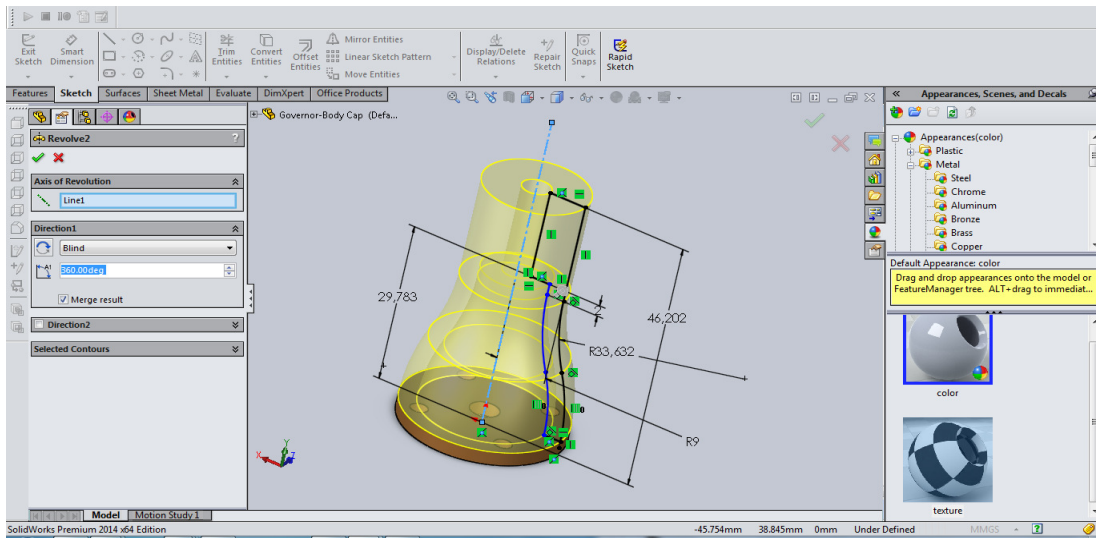


**Όψη Part5 (Flyweight of governor)**

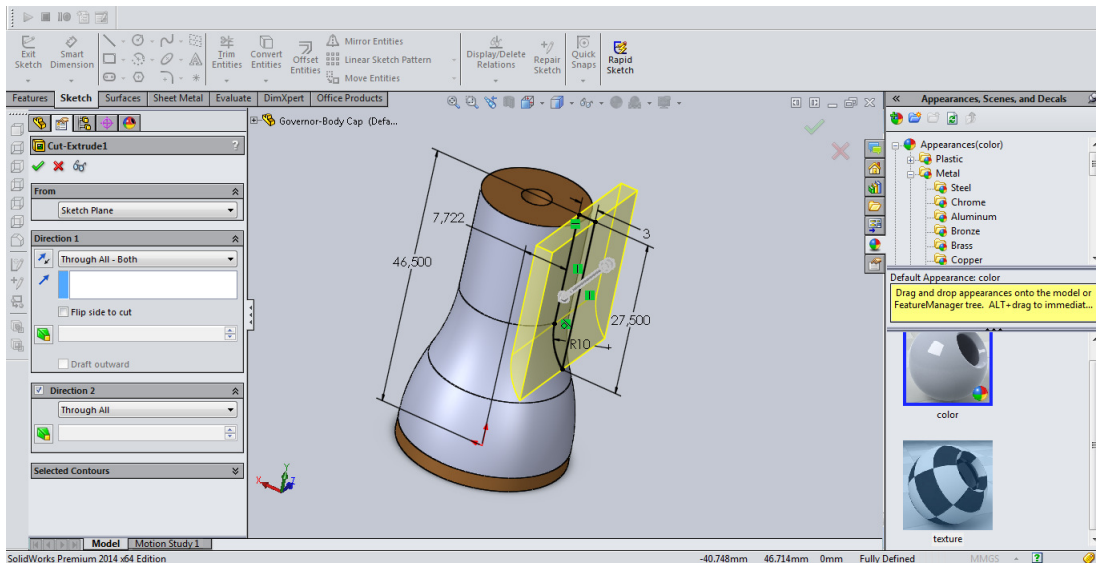


**Εκτέλεση της εντολής Boss-Extrude**

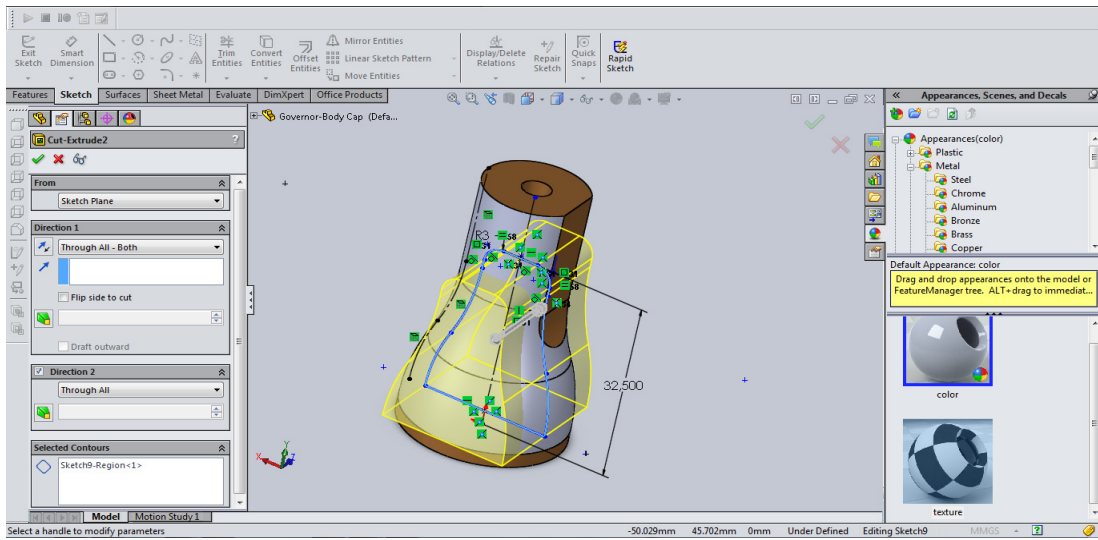




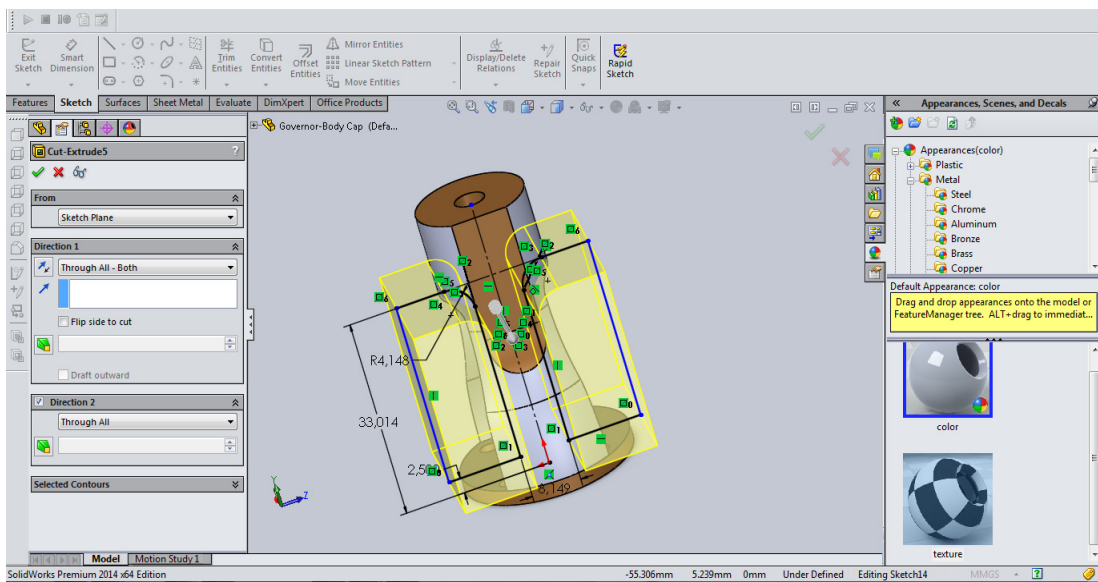
Εκτέλεση της εντολής Revolve



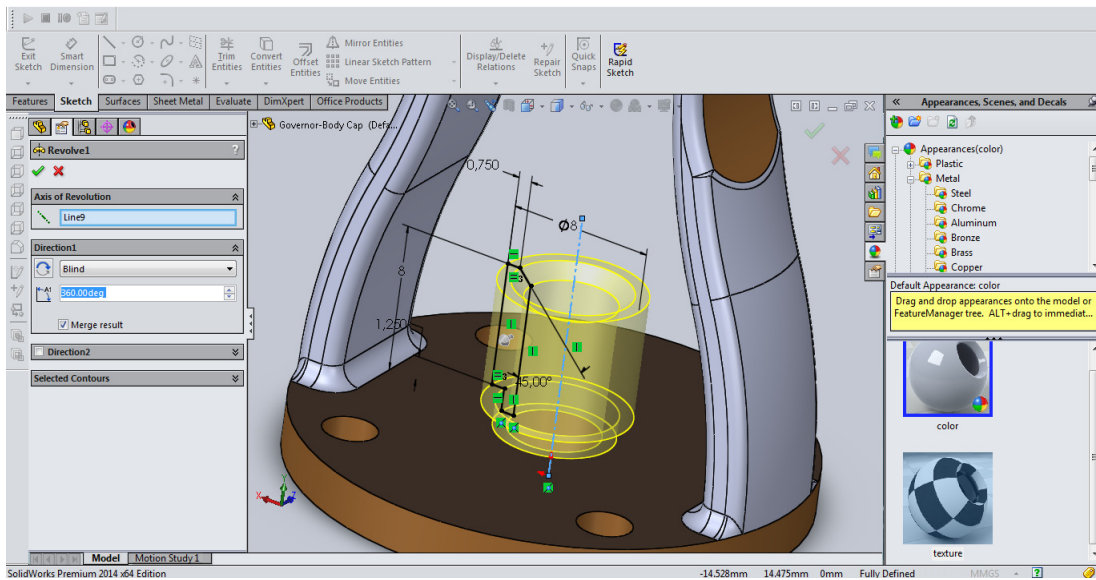
Εκτέλεση της εντολής Cut-Extrude



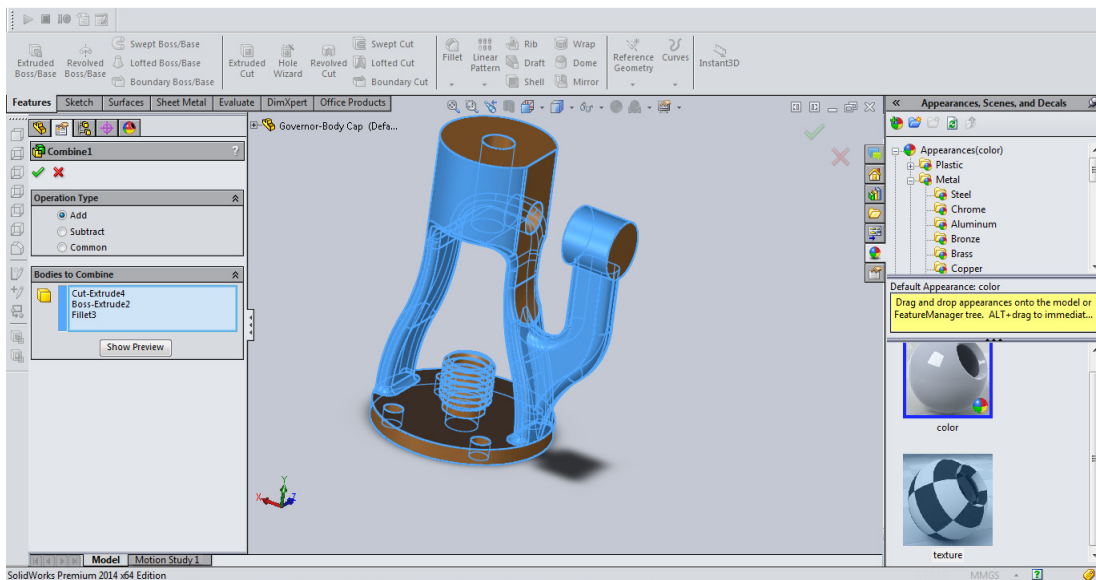
Εκτέλεση της εντολής Cut-Extrude



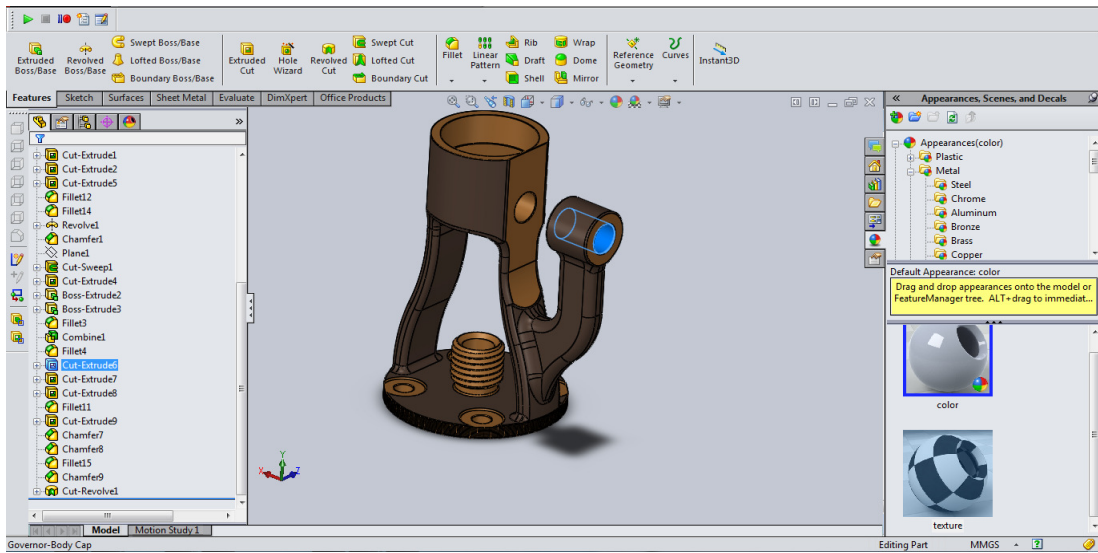
Εκτέλεση της εντολής Cut-Extrude



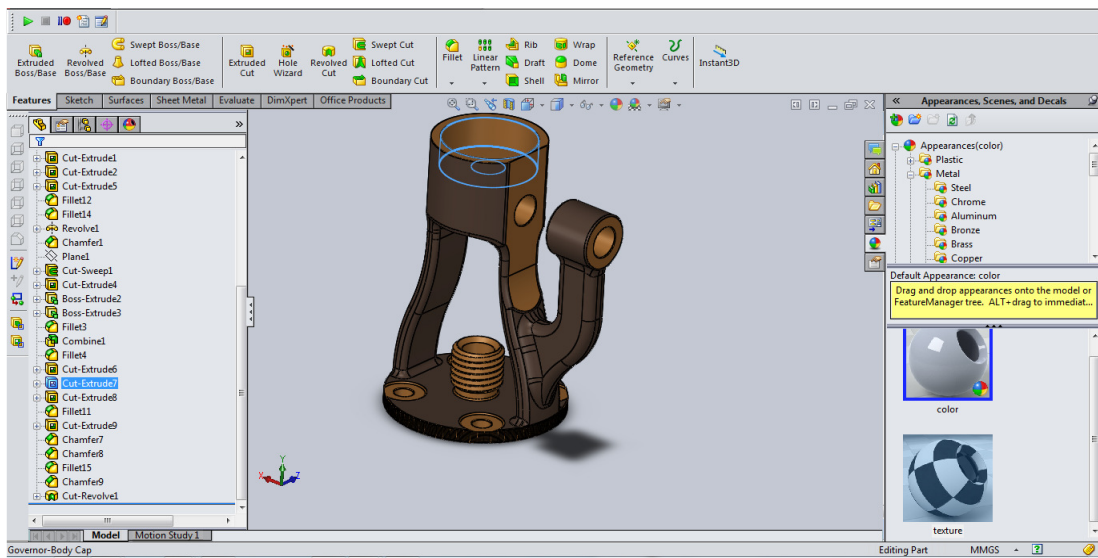
**Εκτέλεση της εντολής Revolve**



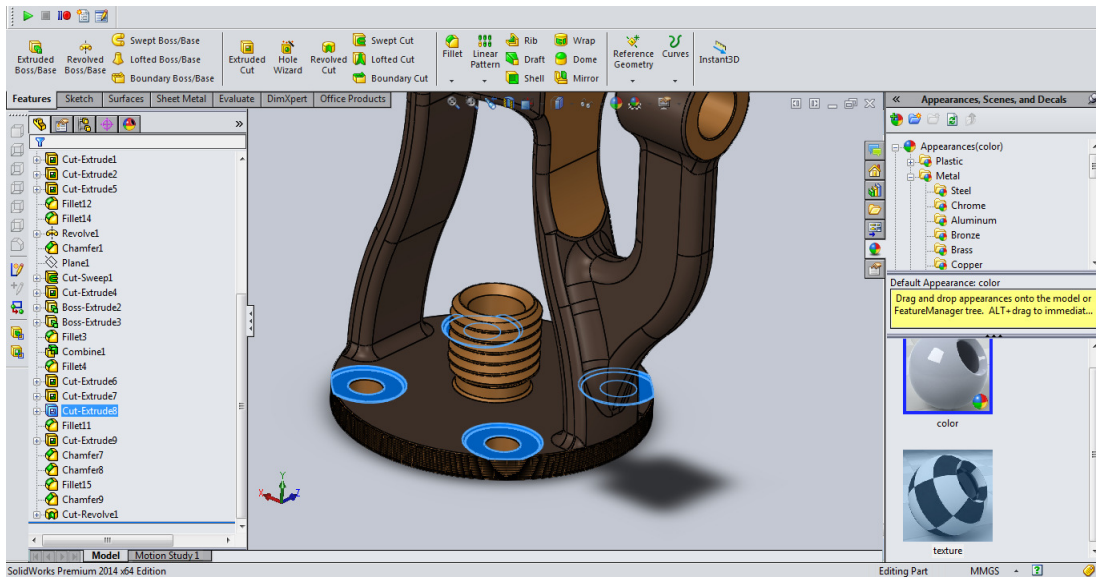
**Εκτέλεση της εντολής Combine**



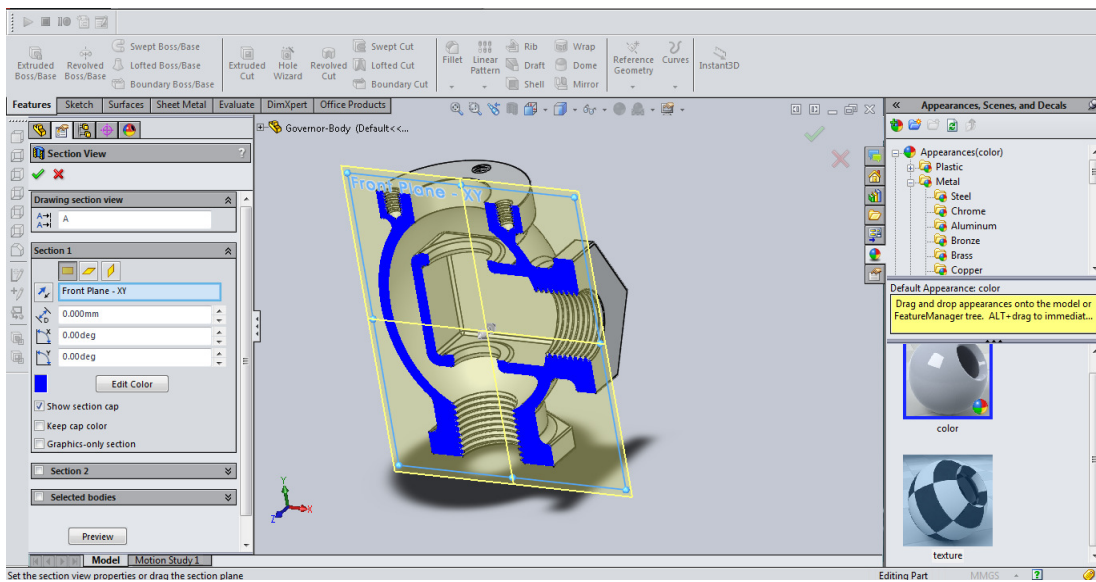
Εκτέλεση της εντολής Cut-Extrude



Εκτέλεση της εντολής Cut-Extrude

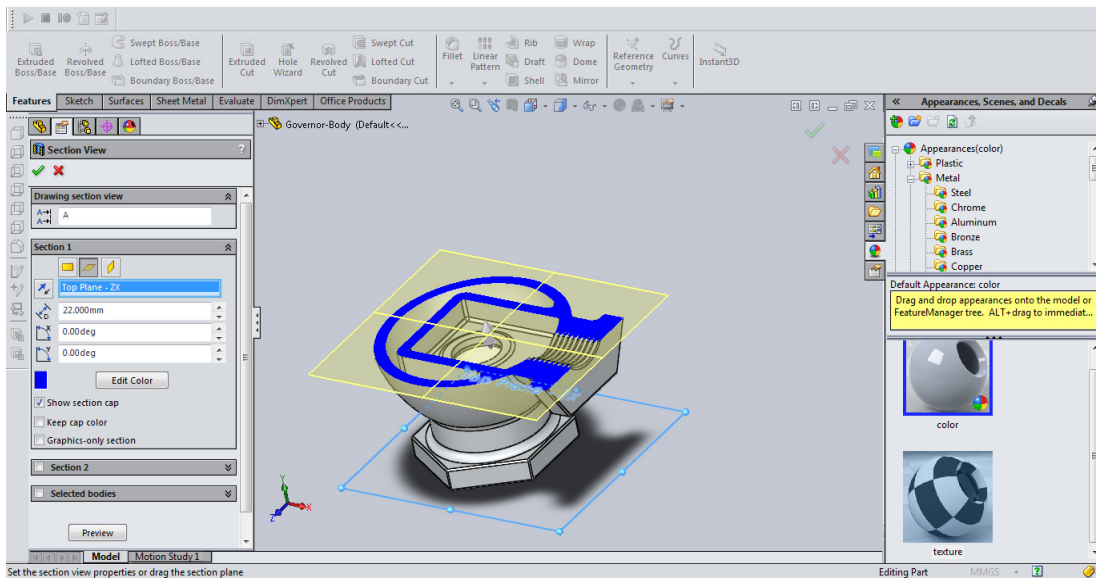


**Εκτέλεση της εντολής Cut-Extrude**

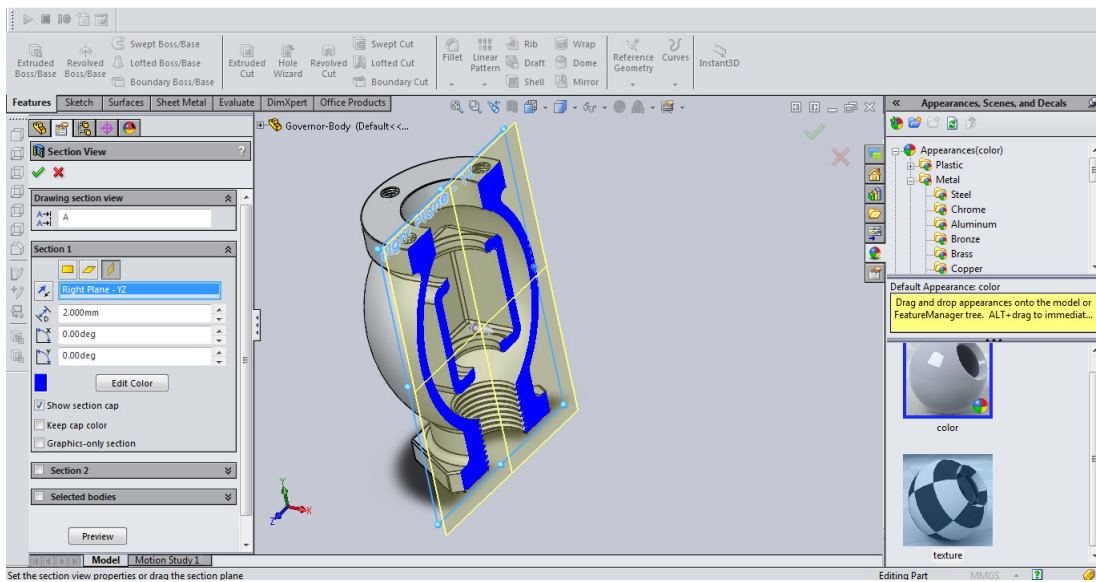


**Εκτέλεση της εντολής Section View (Τομή)**

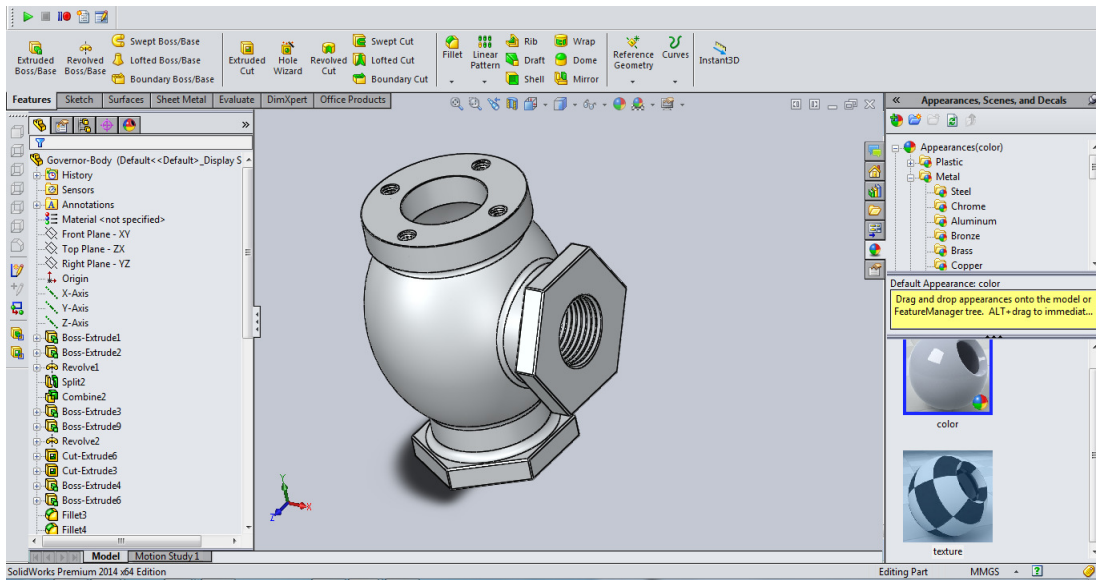




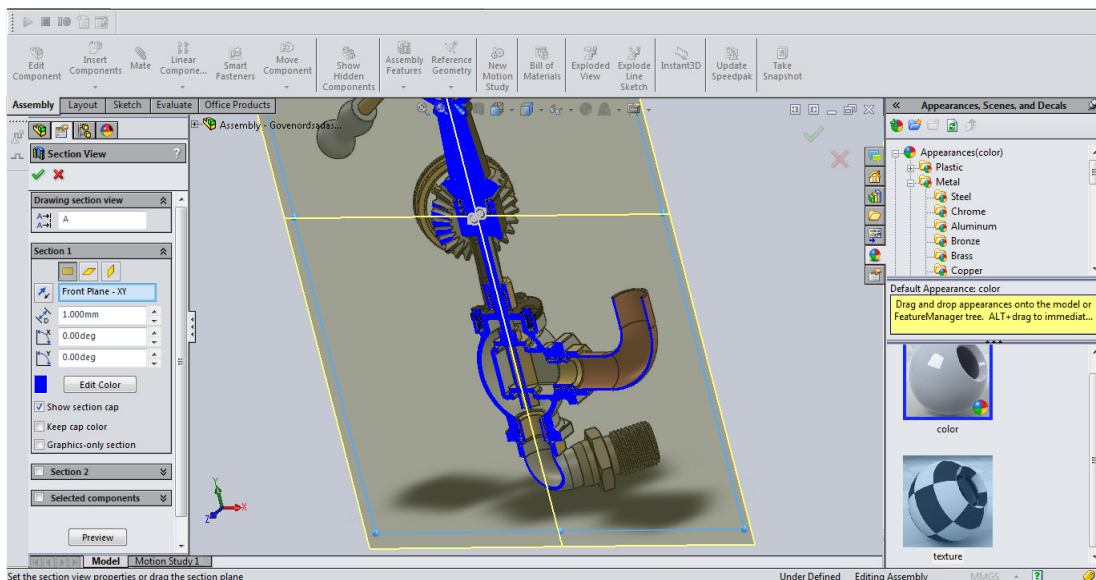
**Εκτέλεση της εντολής Section View (Τομή)**



**Εκτέλεση της εντολής Section View (Τομή)**

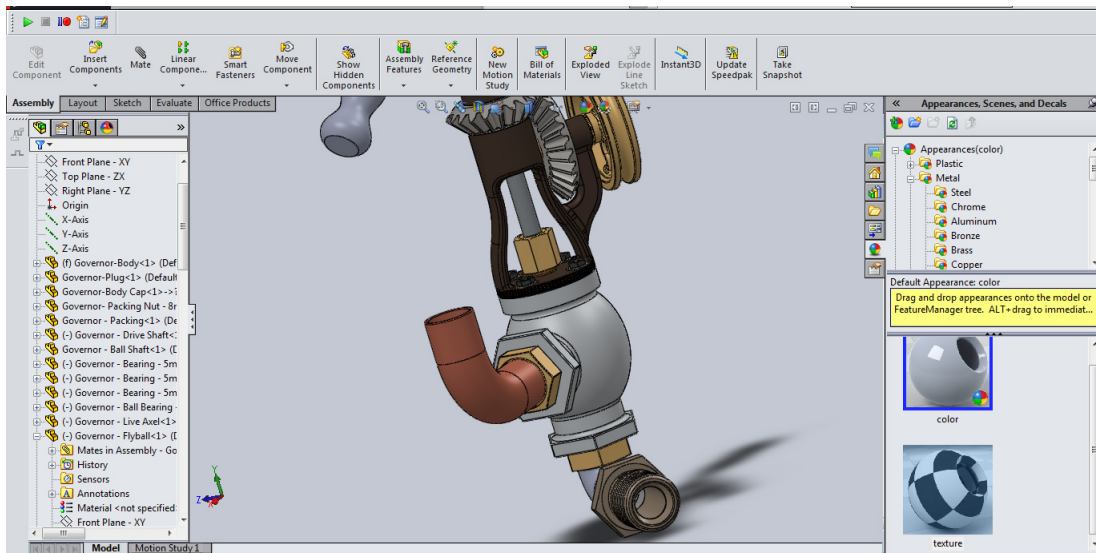


**Πλήρης εικόνα Governor-body (2 διαστάσεων)**

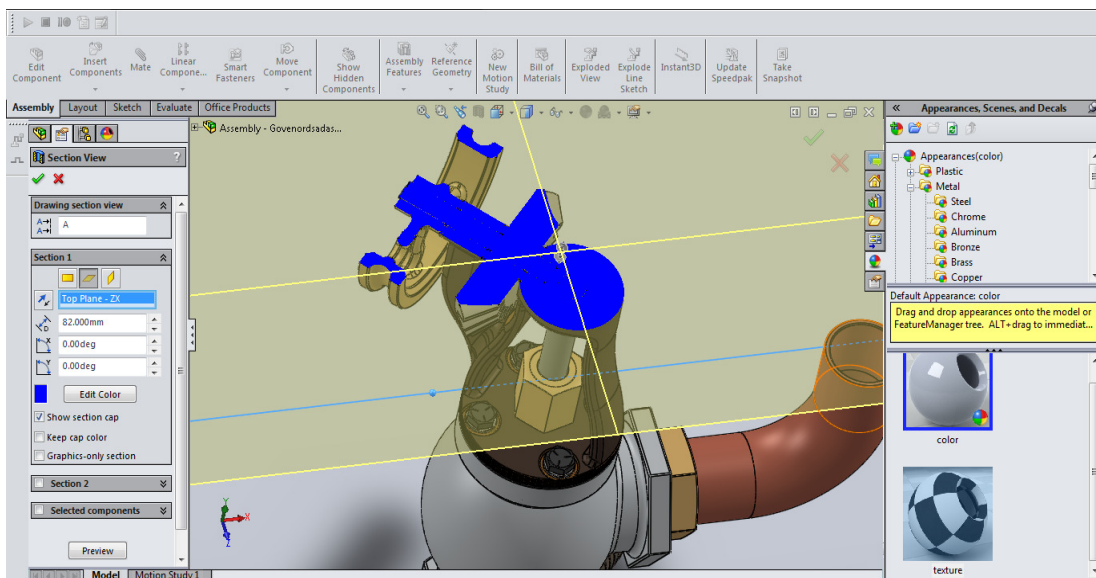


**Εκτέλεση της εντολής Section View (Τομή) στο πλήρες σχέδιο**





**Πλήρης εικόνα Governor**



**Εκτέλεση της εντολής Section View (Τομή)**

## Επίλογος – Συμπεράσματα

Σκοπός της εργασίας είναι η σχεδίαση του συστήματος ρυθμιστής στροφών (Woodward) με τη βοήθεια του προγράμματος (Solid works 2012 Free trial version) για την τελική πιστή αντιγραφή του συστήματος Ρύθμισης στροφών. Τα διάφορα κομμάτια σχεδιάστηκαν ώστε να υπάρχει η δυνατότητα συναρμολόγησης και αποσυναρμολόγησή τους με αποτέλεσμα την καλύτερη παρουσίαση στο μάθημα Μηχανών Εσωτερικής Καύσης (ΜΕΚ). Μία ακόμα σημαντική δυνατότητα του προγράμματος είναι ότι μπορεί και εξάγει το τελικό σχέδιο σε animation. Η σχεδίαση γίνεται σε CAD απ' το οποίο το τελικό σχέδιο μπορεί να εισαχθεί και σε πρόγραμμα CAM και να προκύψει ο G και M της μηχανής κώδικας βάσει του οποίου θα υλοποιηθεί σε αυτόματο C.N.C. Τελικός σκοπός για τα δοκίμια είναι να κατασκευαστούν με την ελαχιστοποίηση του κόστους τους (οικονομικό – χρονικό) καθώς και την επαναληψιμότητάς τους. Το πλέον χρήσιμο είναι επίσης (που προσφέρεται από ένα τέτοιου είδους λογισμικού) είναι η κατασκευή των δοκιμίων με την εξαγωγή κώδικα με την βοήθεια της προσομοίωσης για τον μηδενισμό των λαθών που τυχόν θα εμφανιστούν κατά την καταργασία.

# ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

## Βιβλία και Εγχειρίδια

1. Βιβλίο Μεκ Ευθ. Α. Βουσουρα
2. Εγχειρίδια λειτουργίας και συντηρήσεως υδραυλικών ρυθμιστών woodward (Manual woodward governors από πλοία)
3. Έγχυση καυσίμου στις ναυτικές μηχανές, εκδόσεις Σταυτιδακη
4. Μηχανές εσωτερικής καύσης, εκδόσεις ΑΕΤΟΣ
5. Μηχανές Εσωτερικής Κάυσης τόμοι 1,2
6. Μηχανές εσωτερικής καύσης, Καθηγητη Κλιανη Λαζαρου Τ.Ε.Ι Αθηνών
7. Μηχανές sulzer R.N.D και R.T.A

## Ηλεκτρονικές Πηγές

8. [www.woodward.com](http://www.woodward.com)
9. [www.maritime.org](http://www.maritime.org)
10. [www.mas.gr](http://www.mas.gr).
11. [www.machineryspaces.com](http://www.machineryspaces.com)
12. [www.govconsys.com](http://www.govconsys.com)
13. [www.marinediesels.co.uk](http://www.marinediesels.co.uk)

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Περίληψη .....	3
Abstrac .....	4
Πρόλογος .....	5
Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή στους ρυθμιστές στροφών.....	6
1.1 Ρυθμιστές στροφών .....	6
Κεφάλαιο 2: Αρχή λειτουργίας και είδη ρυθμιστών στροφών .....	8
2.1 Μηχανικός ρυθμιστής στροφών.....	8
2.2 Μηχανικός-υδραυλικός ρυθμιστής στροφών.....	9
2.3 Ηλεκτρονικός ρυθμιστής στροφών.....	10
Κεφάλαιο 3: Ο υδραυλικός ρυθμιστής στροφών Woodward.....	12
3.1 Ιστορικά στοιχεία .....	12
3.2 Βασική περιγραφή του μηχανισμού.....	12
3.3 Η λειτουργία του μηχανισμού .....	16
3.4 Η ρύθμιση του μηχανισμού στροφών (Speed Droop) .....	19
3.5 Τρόπος ρύθμισης .....	20
Κεφάλαιο 4: Λειτουργία των βασικών εξαρτημάτων του ρυθμιστή.....	22
4.1 Χειροκίνητη τοπική μονάδα μεταδόσεως επιθυμητών στροφών.....	22
4.2 Τηλεχειριζόμενη πνευματική μονάδα μεταδόσεως επιθυμητών στροφών.....	22
4.3 Μονάδα καθορισμού στροφών .....	22
4.4 Μονάδα πίεσεως λαδιού.....	22
4.5 Φυγοκεντρικός ελεγκτής στροφών .....	22
4.6 Μονάδα αποσβέσεως ταλαντώσεων.....	23
4.7 Όργανο δράσεως( επενεργητής actuator).....	23
Κεφάλαιο 5: Ανάλυση εξαρτημάτων ρυθμιστή .....	24
5.1 Αντλία λαδιού .....	25
5.2 Δοχείο διατήρησης σταθερής πίεσεως (accumulator) .....	25
5.3 Έμβολο ισχύος .....	26
5.4 Βαλβίδα ελέγχου υδραυλικού λαδιού(Pilot valve system) .....	27
5.5 Αντίβαρο (flyweight and ballhead system) .....	29
5.6 Ελατήριο καθορισμού επιθυμητών στροφών (Speeder spring) και συστήματα καθορισμού επιθυμητών στροφών .....	31
Τρισδιάστατος Σχεδιασμός Μηχανισμού.....	33
Επίλογος-Συμπεράσματα.....	69

