
ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗ



ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

**Έλεγχος γωνιάς προσανατολισμού ενός δορυφόρου με ασαφή
ελεγκτές**

Κωνσταντίνος Ανδρέου

9521

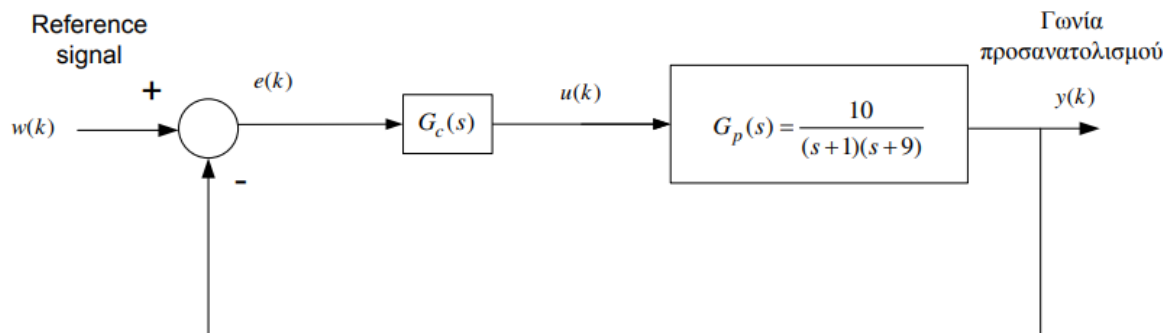
andreouk@ece.auth.gr

Περιεχόμενα :

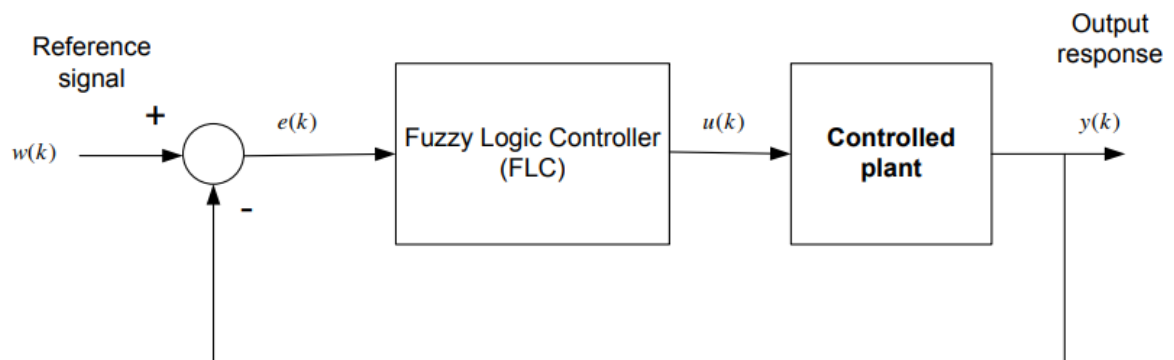
- 1. Σύστημα**
- 2. Σχεδίαση γραμμικού ελεγκτή**
- 3. Σχεδίαση ασαφους ελεγκτη**
- 4. Σενάριο 1**
- 5. Σενάριο 2**
- 6. Αρχεία εργασίας**

1. Σύστημα

Έχουμε ένα σύστημα της γωνιάς προσανατολισμού δορυφόρου και πρέπει να επιλέξουμε ελεγκτές με αναλογική ολοκληρωτική δράση έτσι ώστε να έχουμε μηδενικό σφάλμα στην μόνιμη κατάσταση.



Σχ.1



2. Σχεδίαση γραμμικού ελεγκτή

Επιλέγουμε ένα γραμμικό ελεγκτή pi

$$G_c(s) = K_p + \frac{K_I}{s} = \frac{K_p(s + c)}{s}, \quad c = \frac{K_I}{K_p}$$

Πρέπει να προσδιορίσουμε της παραμέτρους έτσι ώστε να έχουμε υπερύψωση για βηματική είσοδο μικρότερη από 10% και χρόνο ανόδου μικρότερο από 1.2 δευτερόλεπτα και το σύστημα ελέγχου δορυφόρου είναι

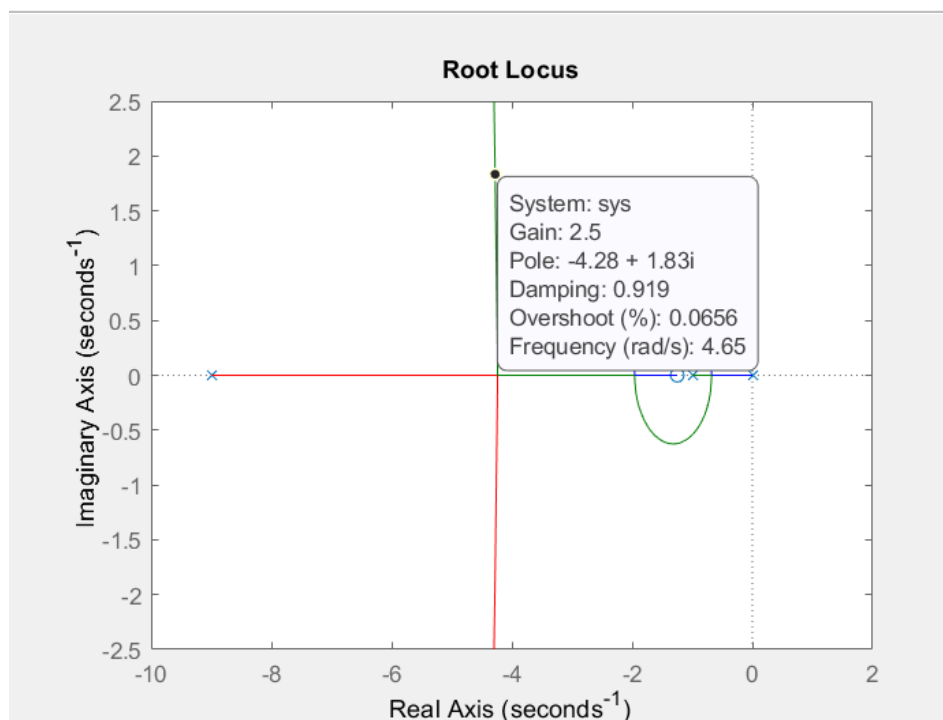
$$G_p(s) = \frac{10}{(s+1)(s+9)}$$

Άρα η συνολική συνάρτηση ανοικτού βρόχου είναι

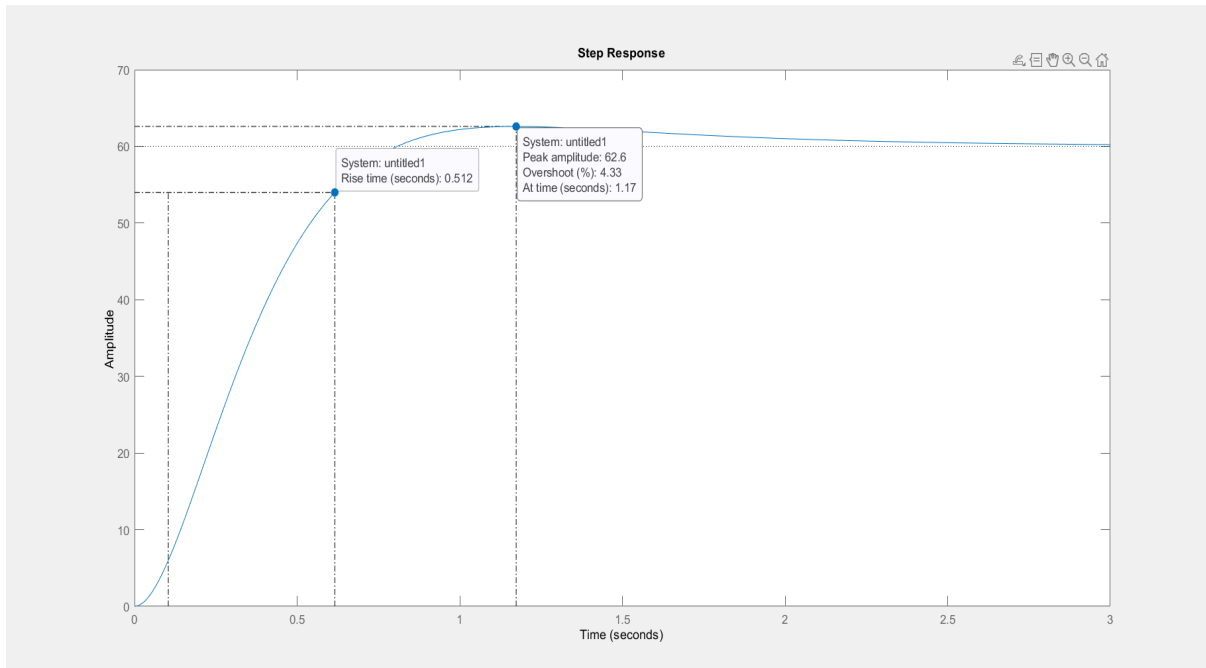
$$G(s) = \frac{10K(s+c)}{s(s+1)(s+9)}$$

Για τον υπολογισμό των K και c θα επιλέξουμε το μηδενικό ανάμεσα στο -1 και -9 και κοντά στον κύριο πόλο που είναι το -1. Έστω ότι επιλέγουμε $c = 1.2$.

Υλοποιώντας το σύστημα στη matlab παίρνουμε συνάρτηση rlocus



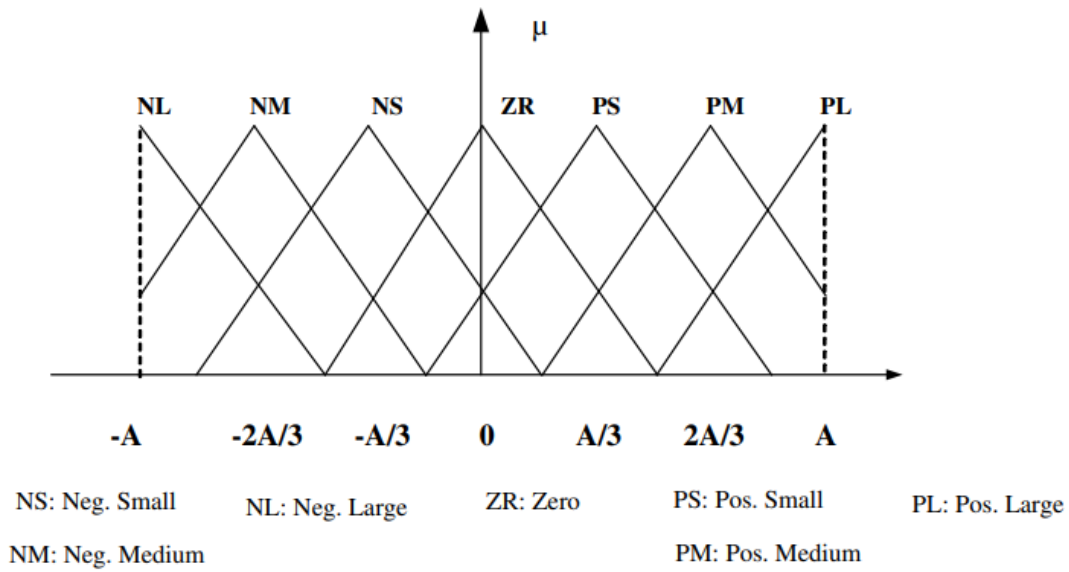
Μπορούμε να επιλέξουμε για αρχή $K=2.5$ γιατί για $\text{gain}=2.5$ έχουμε υπερύψωση (overshoot) = 0.0656 που ικανοποιεί τις προϋποθέσεις μας. Επίσης ρυθμίζουμε το πλάτος της βηματικής να είναι ίσο με 60 (εκφόνηση) και μετά βγάζουμε την απόκριση του συστήματος κλειστού βρόχου.



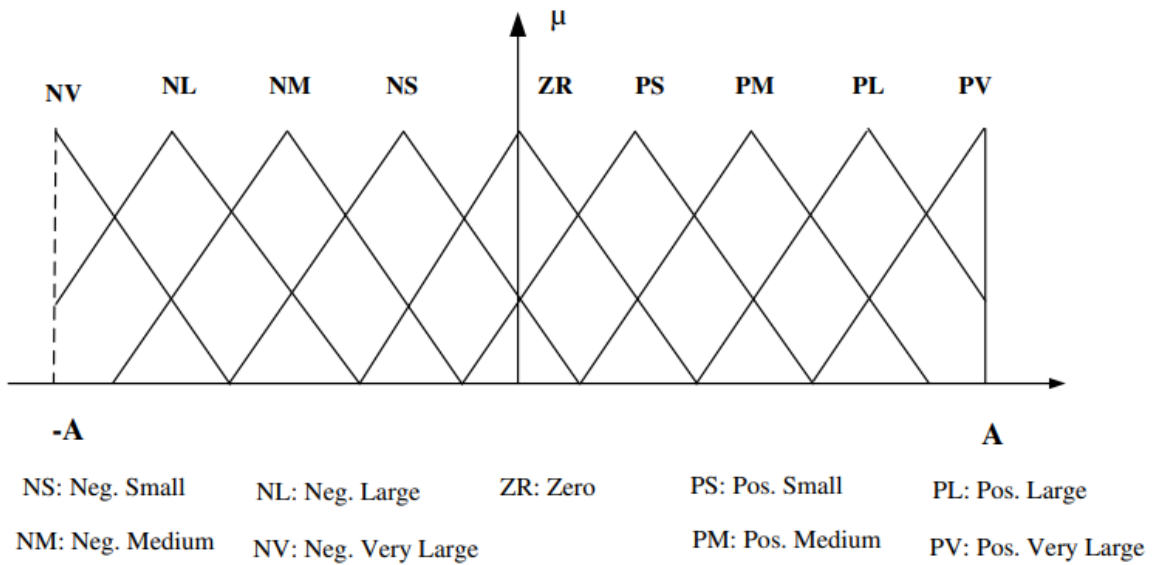
Από το σύστημα βλέπουμε ότι έχουμε υπερύψωση 4.33 και χρόνο ανόδου 0.512 που ικανοποιεί το ζητούμενο. Μπορούμε εύκολα να υπολογίσουμε ότι $K_i = K_p * c = 2,5 * 1,2 = 3$.

3. Σχεδιαση ασαφους ελεγκτη

Προκειμένου να έχουμε μηδενικό σφάλμα μόνιμης κατάστασης επιλέγουμε ένα ασαφή ελεγκτή FZ-Pi. Θέλουμε επίσης η υλοποίηση του συστήματος να γίνεται σε διακριτό χρόνο $T=0.01s$. Το σύστημα αναφοράς r να μπορεί να κινείται οπουδήποτε στο διάστημα $[0,50]$. Οι λεκτικές μεταβλητές του σφάλματος E περιγράφονται από επτά λεκτικές τιμές όπως φαίνεται στο πιο κάτω σχήμα (Σχ.2(α)). Οι λεκτικές μεταβλητές της μεταβολής του σφάλματος E και του σήματος ελέγχου Θ να περιγράφονται από εννέα λεκτικές τιμές όπως επίσης φαίνεται πιο κάτω (Σχ.2(β)).



Σχ.2 (α)



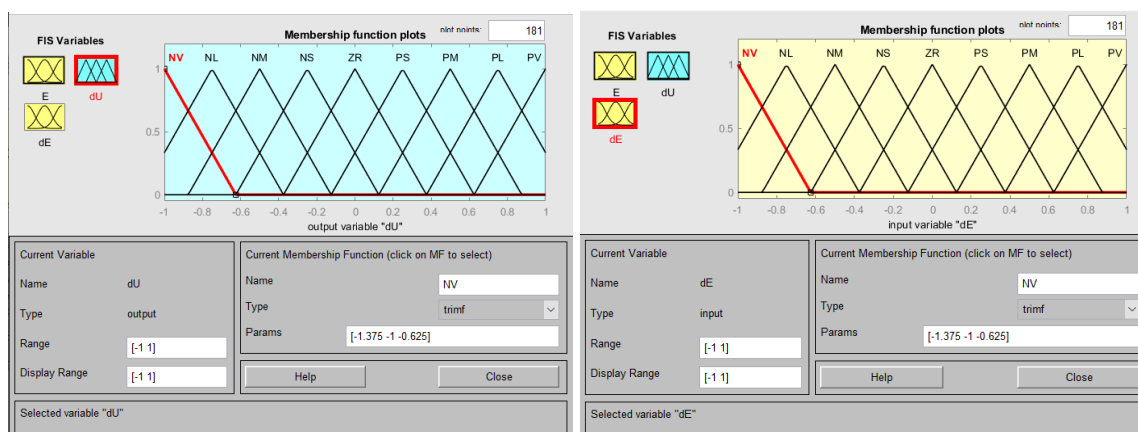
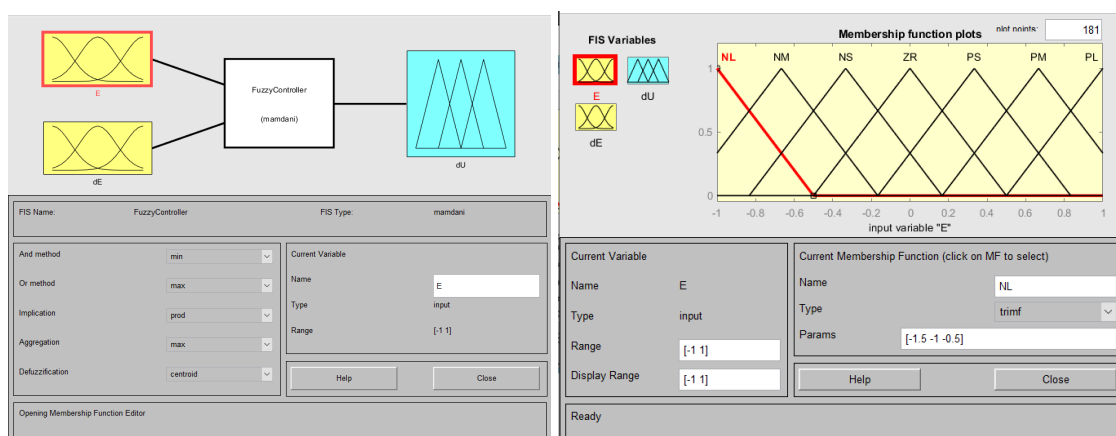
Σχ.2 (β)

Ο πίνακας ασαφή συσχετισμού με βάση τους κανόνες E , E' και U φαίνονται πιο κάτω. Επίσης ξέρουμε ότι ισχύει $U' = E + E'$ και ορίζουμε $\{NV \ NL \ NM \ NS \ ZR \ PS \ PM \ PL \ PV\} = \{-4 \ -3 \ -2 \ -1 \ 0 \ 1 \ 2 \ 3 \ 4\}$. Εκτελώντας την λεκτική πρόσθεση βλέπουμε ότι όλο το πλήθος των κανόνων είναι $63(7 \cdot 9)$ δηλαδή όλοι οι συνδυασμοί των E , E' . Στην περίπτωση αυτή θα έχουμε $\Delta E = NS$, $E = NS$ άρα $\Delta U = \Delta E + E = NS + NS = -1 \ -1 = -2$

Πίνακας βάσης κανόνων FZ-PI ελεγκτή

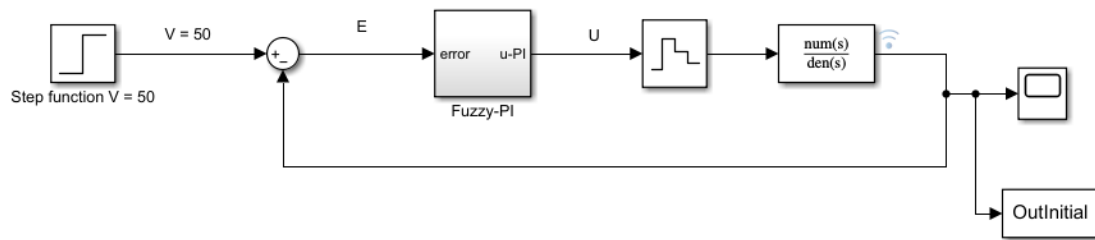
ΔE	E	NL	NM	NS	ZR	PS	PM	PL
PV	PS	PM	PL	PV	PV	PV	PV	PV
PL	ZR	PS	PM	PL	PV	PV	PV	PV
PM	NS	ZR	PS	PM	PL	PV	PV	PV
PS	NM	NS	ZR	PS	PM	PL	PV	PV
ZR	NL	NM	NS	ZR	PS	PM	PL	PL
NS	NV	NL	NM	NS	ZR	PS	PM	PM
NM	NV	NV	NL	NM	NS	ZR	PS	PS
NL	NV	NV	NV	NL	NM	NS	ZR	ZR
NV	NV	NV	NV	NV	NL	NM	NS	NS

Στη συνέχεια με την χρήση το fuzzy logic designer μπορούμε να ρυθμίσουμε τις προδιαγραφές για τους τελεστές σύνθεσης και συμπερασμού , όπως και από-ασαφοποίηση και της ρυθμίζουμε στο κανονικοποιημένο διάστημα $[-1,1]$ όπως φαίνεται πιο κάτω.

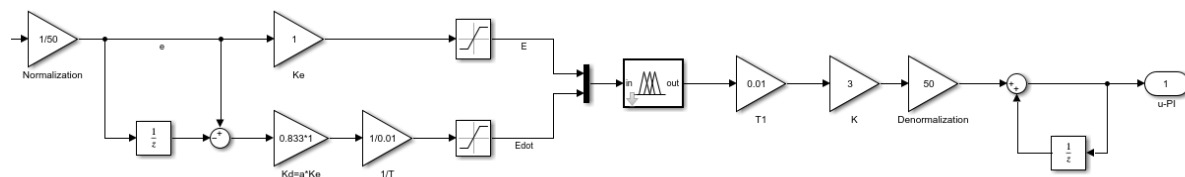


4. Σενάριο 1

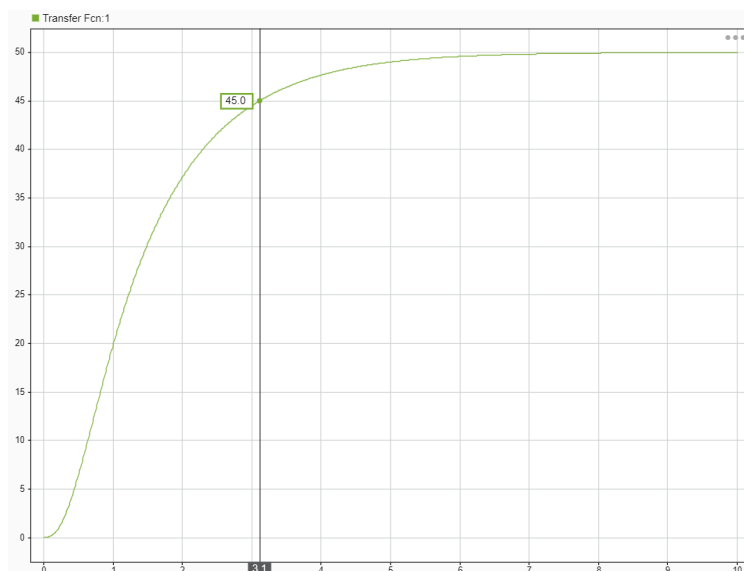
Για το πρώτο σενάριο πρέπει να ορίσουμε τα αρχικά κέρδη κλιμακοποίησης του ασαφούς ελεγκτή, δηλαδή με $K_e=1$ και $c=1.2$ θα έχουμε ότι $\alpha=K_p/K_i=1/c=0.833$ άρα για K θα έχουμε $2.5 / 0.833 = 3$. Στη συνέχεια, σχεδιάσαμε το πιο κάτω κύκλωμα στο simulink.



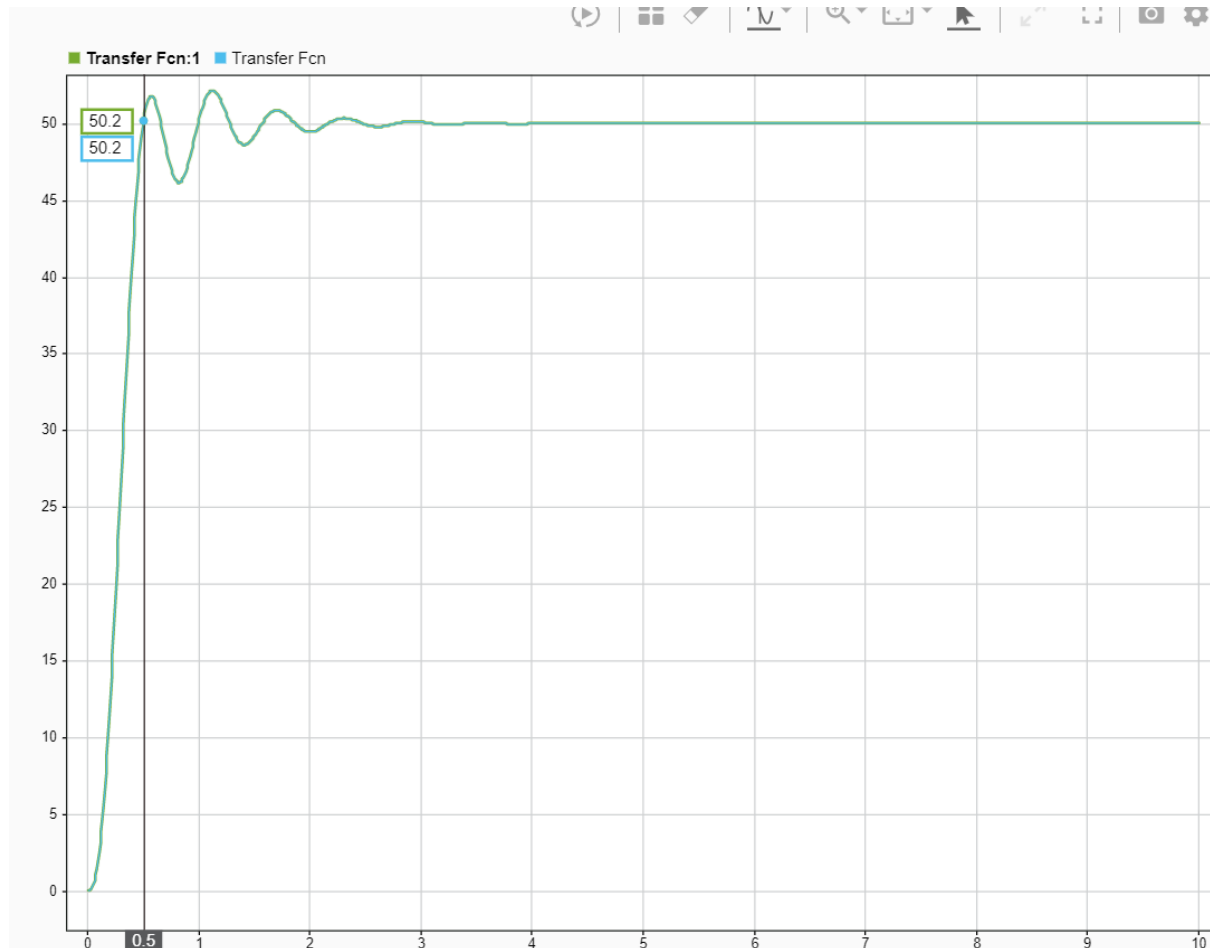
Ο fuzzy ελεγκτής μας με κανονικοποίηση 50



Τρέχουμε τη ν προσομοίωση και απο το data inspector με βηματική απόκριση πλάτους 50 βλέπουμε πως ξεκάθαρα είναι πολύ μεγαλύτερος από 0.6 δευτερόλεπτα ο χρόνος ανόδου και δεν έχει καθόλου υπερύψωση.

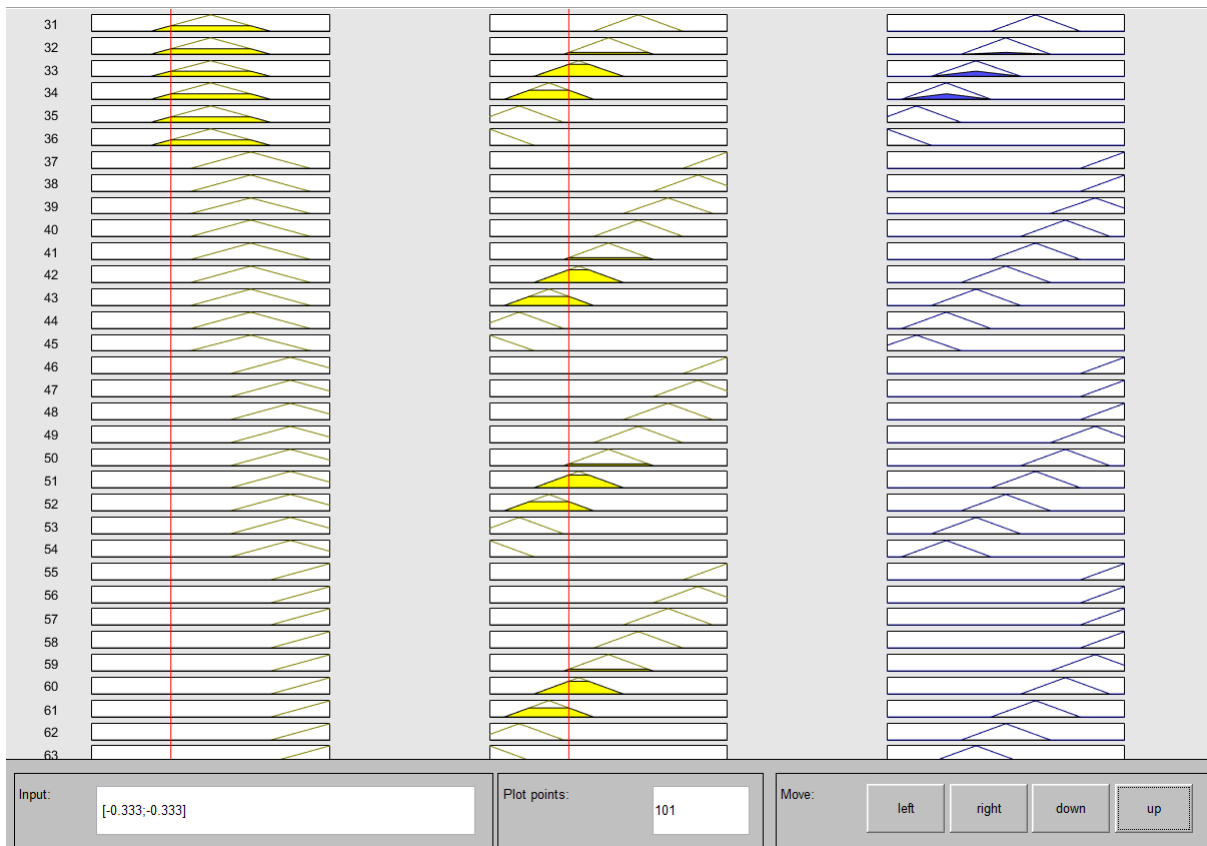
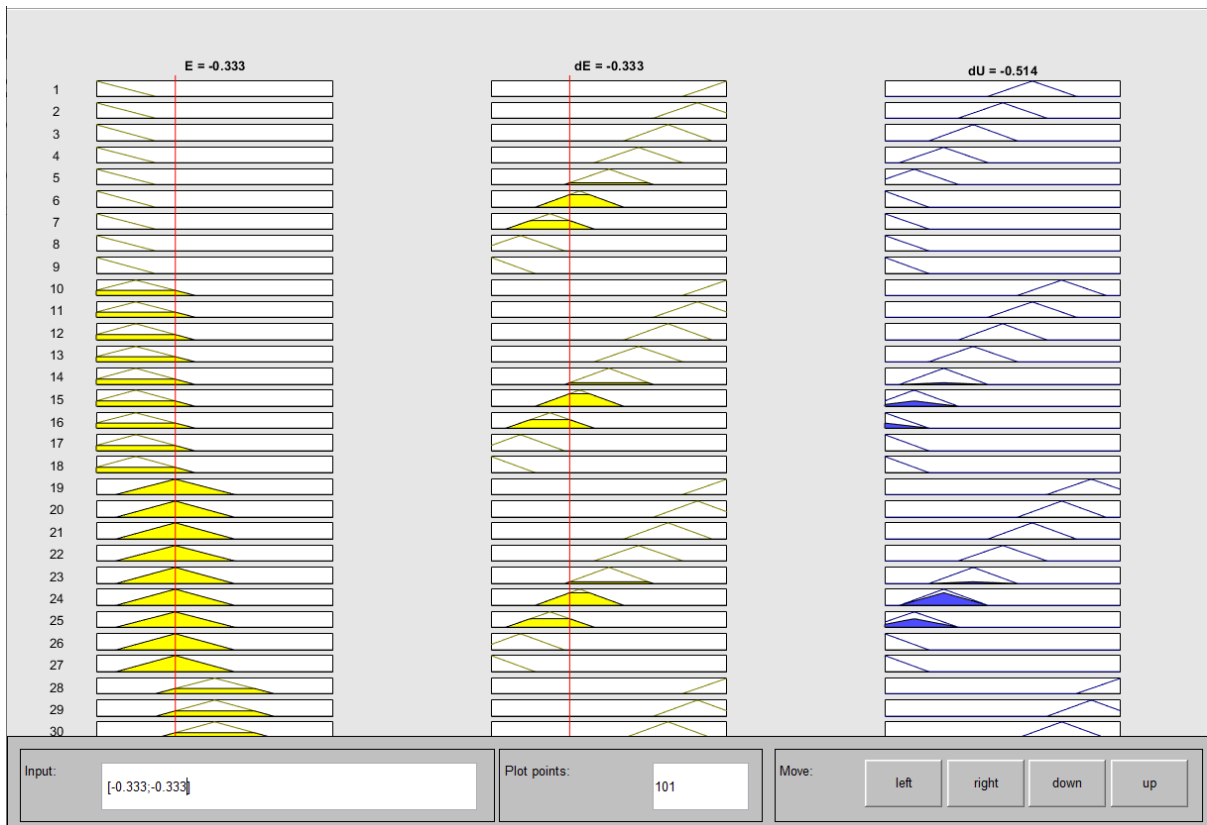


Τώρα πρέπει να βρούμε παραμέτρους τέτοιες ώστε να έχουμε υπερύψωση μικρότερη από 7% και χρόνο ανόδου μικρότερο από 0.6s. Πειραματικά μεγάλωνα το K_e , K (έχω αρκετό περιθώριο overshoot) ενώ μήκρυνα το α και βρήκα τελικές τιμές $\alpha=0.15$, $K=50$, $K_e=2$ όπου βλέπω ότι τηρούνται οι προϋποθέσεις με υπερύψωση περίπου 4% και 0.5s χρόνο ανόδου.

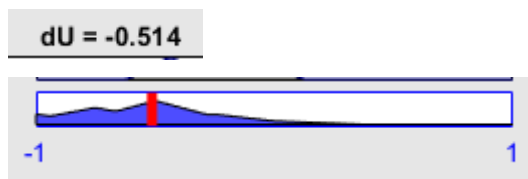


Τώρα για να δούμε τις διαφορές με τον γραμμικό ελεγκτή τα τρέχουμε και τα βλέπουμε στην ίδια γραφική παράσταση μπορούμε να δούμε ότι ο γραμμικός ελεγκτής είναι σχετικά καλύτερος από τον αρχικό ασαφή (καλύτερος χρόνος ανόδου αλλά με overshoot) αλλά και ότι ο τελικός μας ασαφής είναι καλύτερος από τον γραμμικό.

Στη συνέχεια από την πιο πάνω βάση κανόνων εκτελούμε μία διέγερσης με $E=-0.333$ και $\Delta e = -0.333$ (NS)



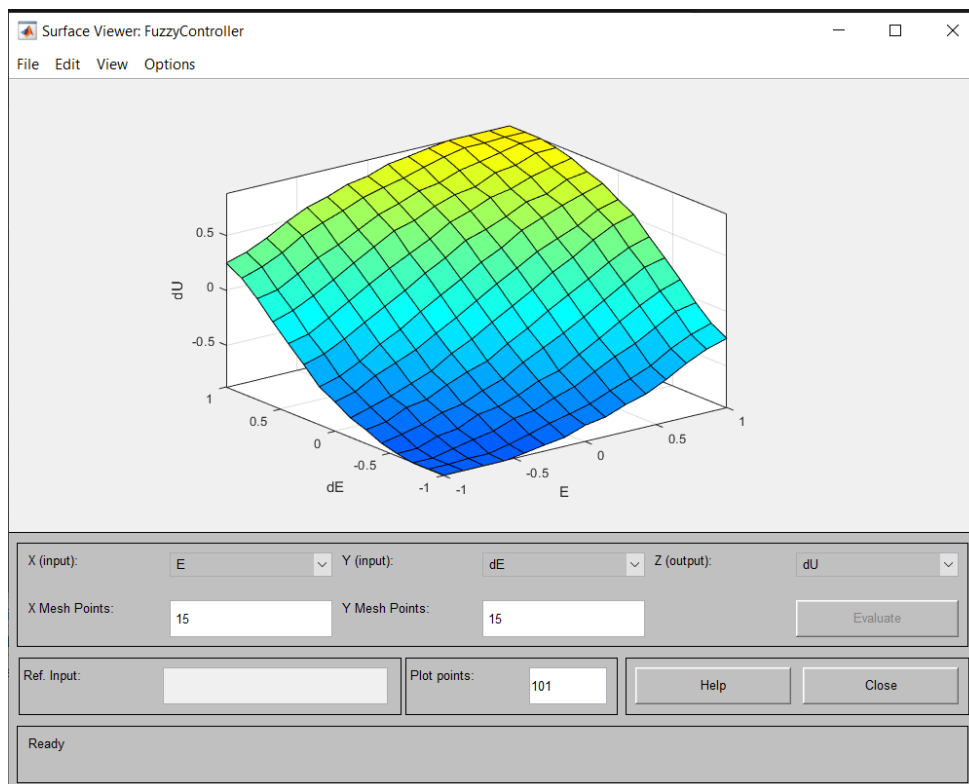
Το τελικό συμπέρασμα αποσαφοποίηση που βγαίνει από τον αποσαφοποιητή COA είναι .



Οι κανόνες που διεγείρονται , σύμφωνα την παράσταση της διέγερσης , είναι οι κανόνες 14,15,16,23,24,25,32,33,34

Το σφάλμα E είναι “μεσαίο” αρνητικό (NM) και το $\Delta e = -0.333$ (NS), δηλαδή το σήμα εξόδου έχει “λίγο” μεγαλύτερη τιμή από το σήμα ελέγχου. Η μεταβολή στο σφάλμα είναι -0.333 και έτσι το σύστημα μεταβάλλει το σφάλμα του.

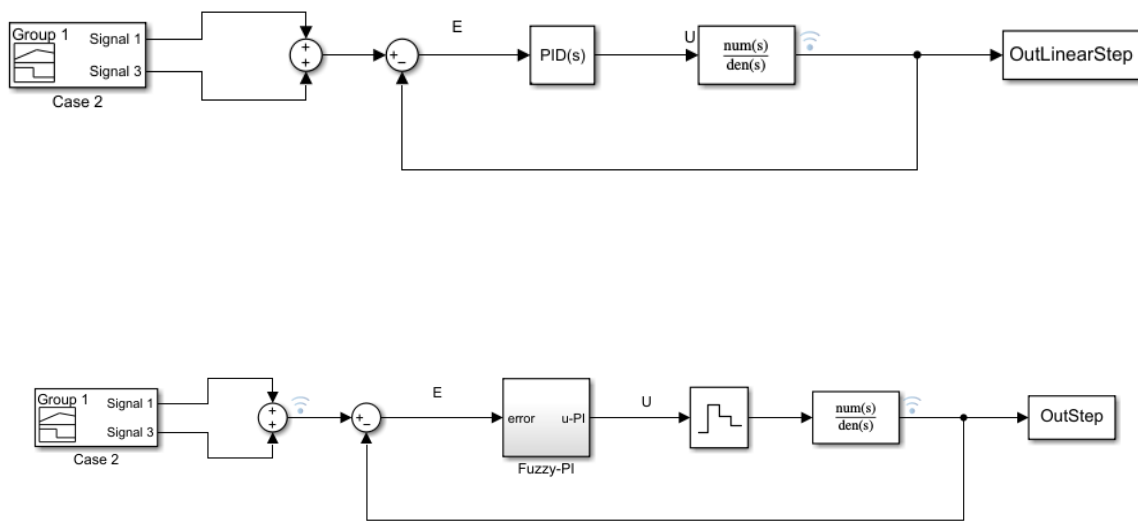
Βλέπουμε πιο κάτω την επιφάνεια (τρισδιάστατη) του ασαφούς ελεγκτή



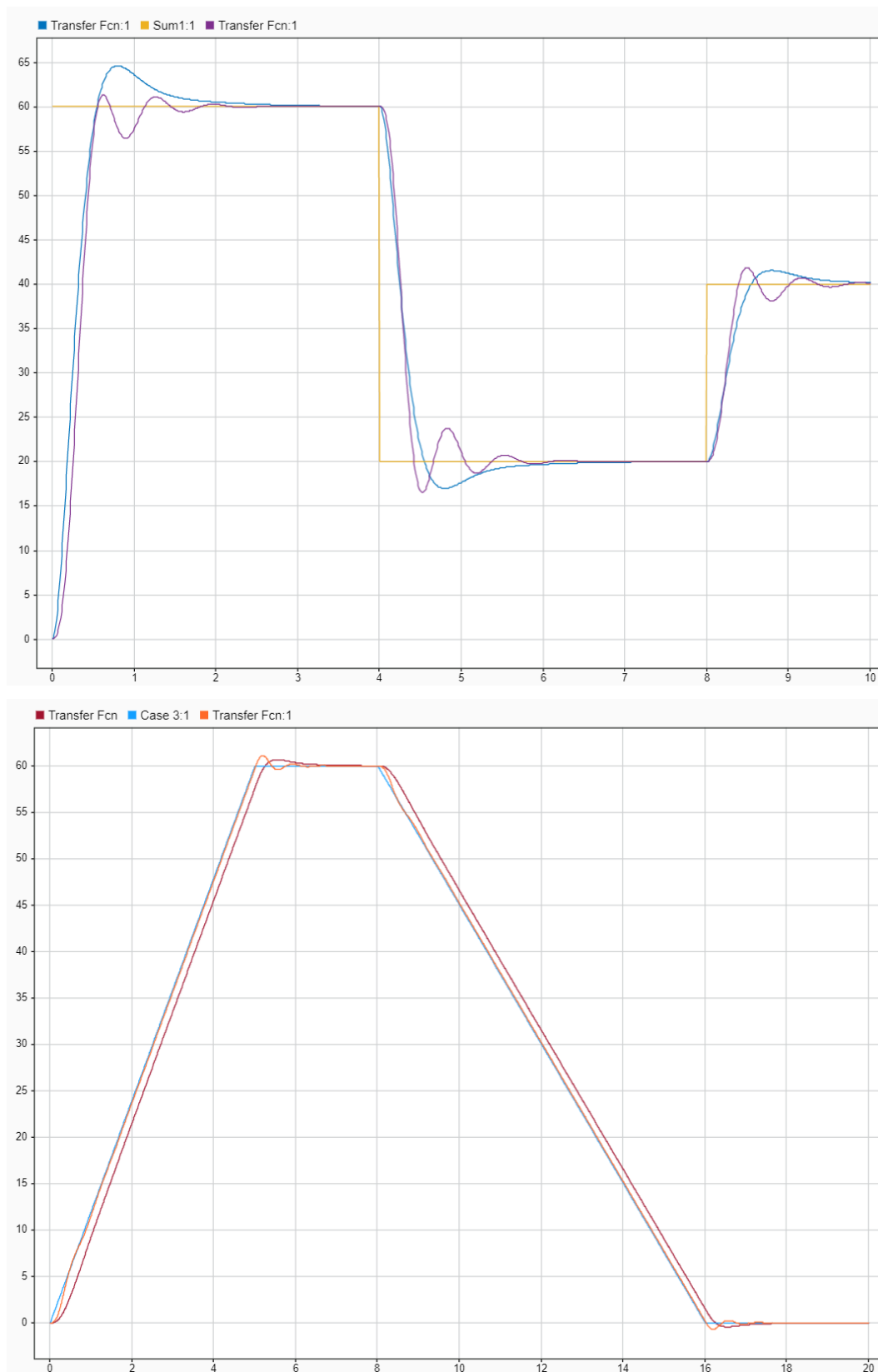
Από την πιο πάνω επιφάνεια συμπεραίνουμε ότι, όταν οι είσοδοι E, Δe είναι θετικές , η dU είναι επίσης θετική για να διορθωθεί το σφάλμα. Όταν όμως οι εισόδους είναι αρνητικές τότε και η dU είναι αρνητική γιατί χρειάζεται να διορθωθεί το σφάλμα που απομακρύνεται από το μηδέν.

5. Σενάριο 2

Στο δεύτερο σενάριο θέλουμε τη γραφική παράσταση της απόκρισης των στροφών του συστήματος κλειστού βρόχου για τα δύο διαφορετικά σενάρια της εκφώνησης για τις παραμέτρους του προηγούμενου σεναρίου. Σχεδιάζουμε στο simulink το ποιά κάτω συστήματα για τον γραμμικό και τον ασαφή ελεγκτή αντίστοιχα.



Στη συνέχεια παίρνουμε τις αποκρίσεις του συστήματος για τις δύο εισόδους. Οπου η μωβ γραμμή είναι ο ασαφής ενώ η μπλε ο γραμμικός στην πρώτη περίπτωση. Στη δεύτερη η πορτοκαλιά είναι ο ασαφής ενώ η κόκκινη ο γραμμικός.



Μπορούμε να δούμε ότι το σύστημα μας προσεγγίζει με μεγάλη ακρίβεια τις εισόδους που θέσαμε. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα μας επιβεβαιώνεται η

αποτελεσματικότητα του Fuzzy Pi ελεγκτή σε αντίθεση με τον γραμμικό που υστερεί άρα ο ασαφής είναι πίο αποτελεσματικός.

6. Αρχεία εργασίας

PIControl.m : Καθορισμός των κερδών του γραμμικού ελεγκτή και σχεδίας του γεωμετρικού τόπου ριζών για επιλεγμένο K.

FuzzyController.fis : Το μοντέλου του Fuzzy ελεγκτή που περιέχει τους κανόνες και τις συναρτήσεις συμμετοχής.

plotControllers.m : Σχεδίαση - Συγκριση στο ίδιο διάγραμμα του γραμμικού ελεγκτή , αρχικού ασαφή και τελικού ασαφή.

systemModel_Final.slx : Τα μοντέλα του αρχικού και τελικού ασαφή ελεγκτή
Model_step.slx, Model_Ramp.slx : Μοντέλα του τελικού ασαφή ελεγκτή με εισόδους της συνάρτησης του σχ.3 και σχ.4 αστνιστιχα.

Linear_PI_Step.slx, Linear_PI_Ramp.slx : Μοντέλα του γραμμικού ελεγκτή με εισόδους της συνάρτησης του σχ.3 και σχ.4 αστνιστιχα.