

ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗ

ΕΡΓΑΣΙΑ 1^η – ΤΡΑΠΕΖΙ ΕΡΓΑΣΙΑΣ 18

ΘΩΜΑΣ ΚΥΡΙΑΚΟΣ ΠΡΑΒΙΝΟΣ, 9937

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η εργασία ζητά τον σχεδιασμό ενός γραμμικού ελεγκτή PI, και ενός ασαφούς ελεγκτή FLC με συγκεκριμένες προδιαγραφές, με στόχο τον έλεγχο του γραμμικού συστήματος και την σύγκριση των δύο ειδών ελεγκτών.

2. ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΓΡΑΜΜΙΚΟΥ ΕΛΕΓΚΤΗ

Οι προδιαγραφές του PI Controller που πρέπει να ικανοποιούνται είναι οι εξής

- Υπερύψωση (Overshoot) για βηματική είσοδο μικρότερη από 8%
- Χρόνος ανόδου (Rise Time) μικρότερος από 0.6 sec

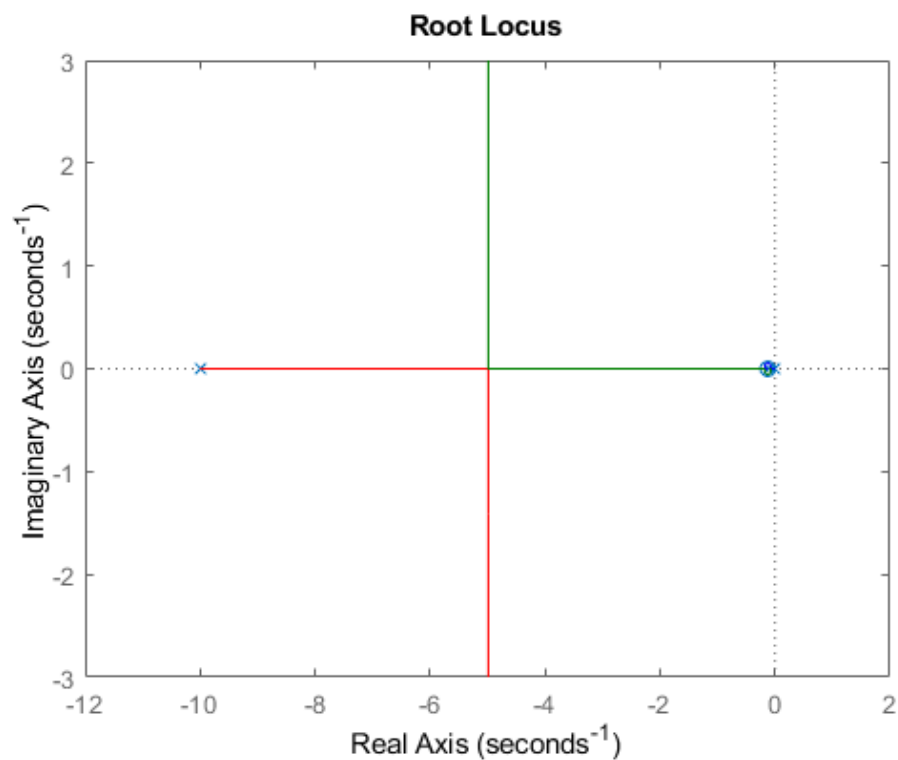
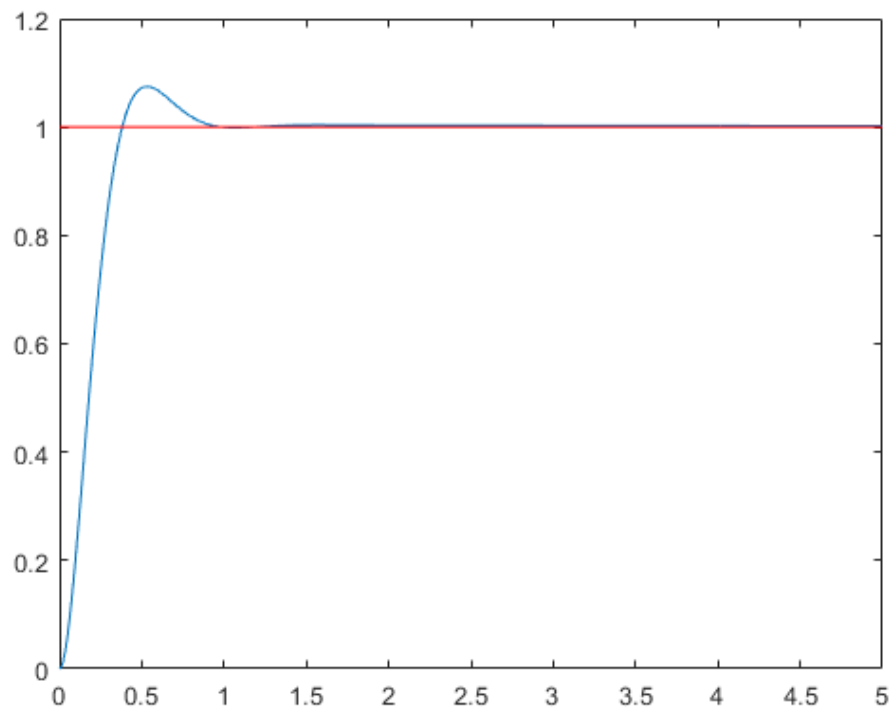
Για την επιλογή των κατάλληλων παραμέτρων και πιο συγκεκριμένα των κερδών K_p και K_i χρησιμοποιήθηκε μια μέθοδος τύπου Brute-Force η οποία δοκιμάζει ζεύγη τιμών των δύο κερδων ώστε να πληρούνται οι παραπάνω προδιαγραφές, επιστρέφοντας τελικά ένα τρισδιάστατο γράφημα το οποίο παρέχει την δυνατότητα επιλογής τους καταλληλότερου ζεύγους κερδών που οδηγεί στο επιθυμητό αποτέλεσμα. Τελικά, καταλήγουμε στις εξής τιμές:

- $K_p = 2.4$
- $K_i = 0.3$
- $c = 0.125$

Παρατηρούμε ότι οι τιμές αυτές τοποθετούν το μηδενικό του ελεγκτή ανάμεσα στους -0.1 και -10 και μάλιστα κοντά στον κυρίαρχο πόλο, το -0.1 . Χρησιμοποιώντας λοιπόν αυτές τις τιμές και δημιουργώντας τον ελεγκτή στο περιβάλλον Matlab σύμφωνα με όλες τις προδιαγραφές έχουμε τελικά τα παρακάτω αποτελέσματα:

- Overshoot = 7.47%
- Rise Time = 0.253 sec

Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα γραφήματα της απόκρισης του συστήματος και ο γεωμετρικός τόπος ριζών του ελεγχόμενου συστήματος κλειστού βρόγχου.



3. ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΑΣΑΦΟΥΣ ΕΛΕΓΚΤΗ

Επόμενο βήμα είναι η σχεδίαση ενός ασαφούς ελεγκτή τύπου FZ-PI με συγκεκριμένα χαρακτηριστικά:

- Ασαφοποιητής Singleton
- AND με τον τελεστή \min
- Συνάρτηση συμπερασμού με τον κανόνα Larsen
- ALSO με τον τελεστή \max
- Από-ασαφοποιητής με την τεχνική COA

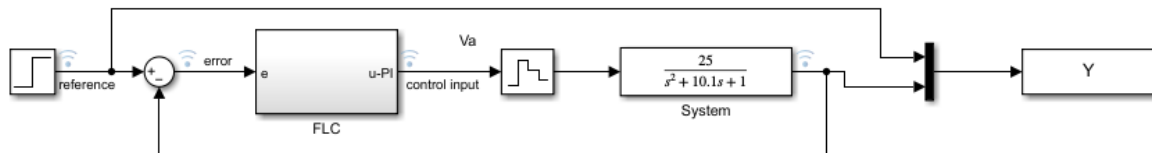
Σκοπός μας πλέον είναι να ικανοποιήσουμε αυστηρότερες προδιαγραφές για τον έλεγχο του συστήματος:

- Overshoot < 5%
- Rise Time < 0.6 sec

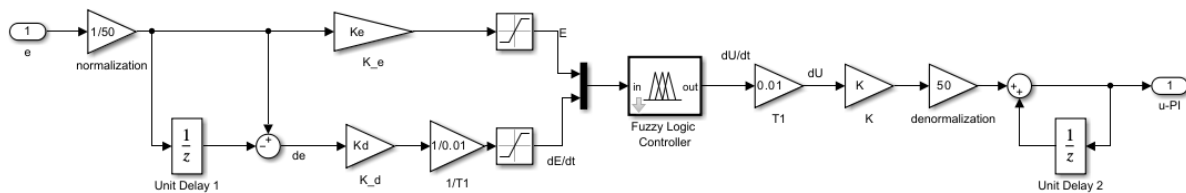
Για την δημιουργία του FLC με τα παραπάνω χαρακτηριστικά, των membership function και των κανόνων του, χρησιμοποιήθηκε το Toolbox Fuzzy Logic Designer. Στο πλαίσιο της δόμησης των κανόνων για τον ελεγκτή, η σκέψη μας βασίζεται στο γεγονός ότι, όπως συμβαίνει και στον γραμμικό PI ελεγκτή, η έξοδος dU δημιουργείται ως ένας γραμμικός συνδυασμός των δύο εισόδων E και dE . Συνεπώς, το συνολικό σύστημα κανόνων διαμορφώνεται ως εξής:

E/dE	NL	NM	NS	ZR	PS	PM	PL
PL	ZR	PS	PM	PL	PV	PV	PV
PM	NS	ZR	PS	PM	PL	PV	PV
PS	NM	NS	ZR	PS	PM	PL	PV
ZR	NL	NM	NS	ZR	PS	PM	PL
NS	NV	NL	NM	NS	ZR	PS	PM
NM	NV	NV	NL	NM	NS	ZR	PS
NL	NV	NV	NV	NL	NM	NS	ZR

Για την υλοποίηση του Block Diagram του συστήματος, έγινε χρήση του περιβάλλοντος Simulink.



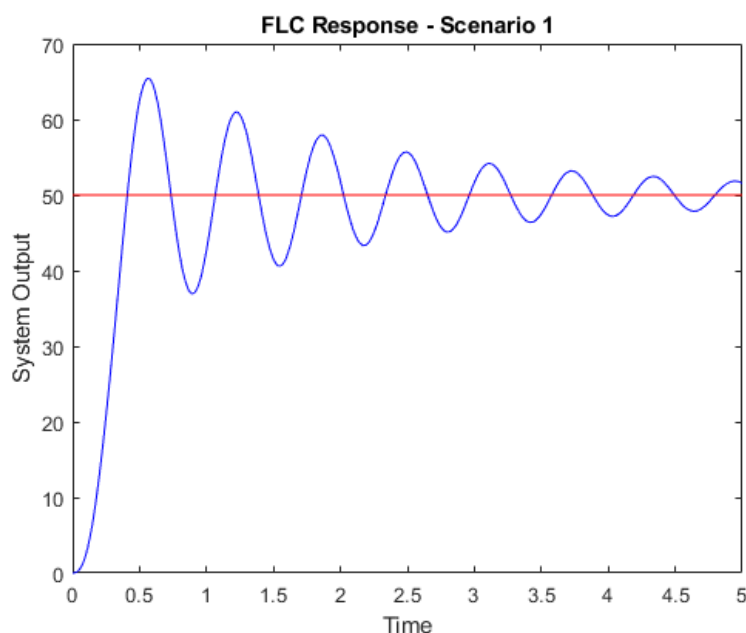
Επίσης φαίνεται παρακάτω ότι εντός του FLC, ενσωματώνονται όλα τα στάδια ανάλυσης και κλιμακοποίησης των εισόδων και εξόδων, συνδυάζοντας την απόφαση του ασαφούς ελεγκτή.



ΣΕΝΑΡΙΟ 1

α) Σε πρώτη φάση, ως κέρδη κλιμακοποίησης χρησιμοποιούνται τα ιδανικά κέρδη που επιλέχθηκαν στον γραμμικό PI Controller:

Απόκριση FLC:

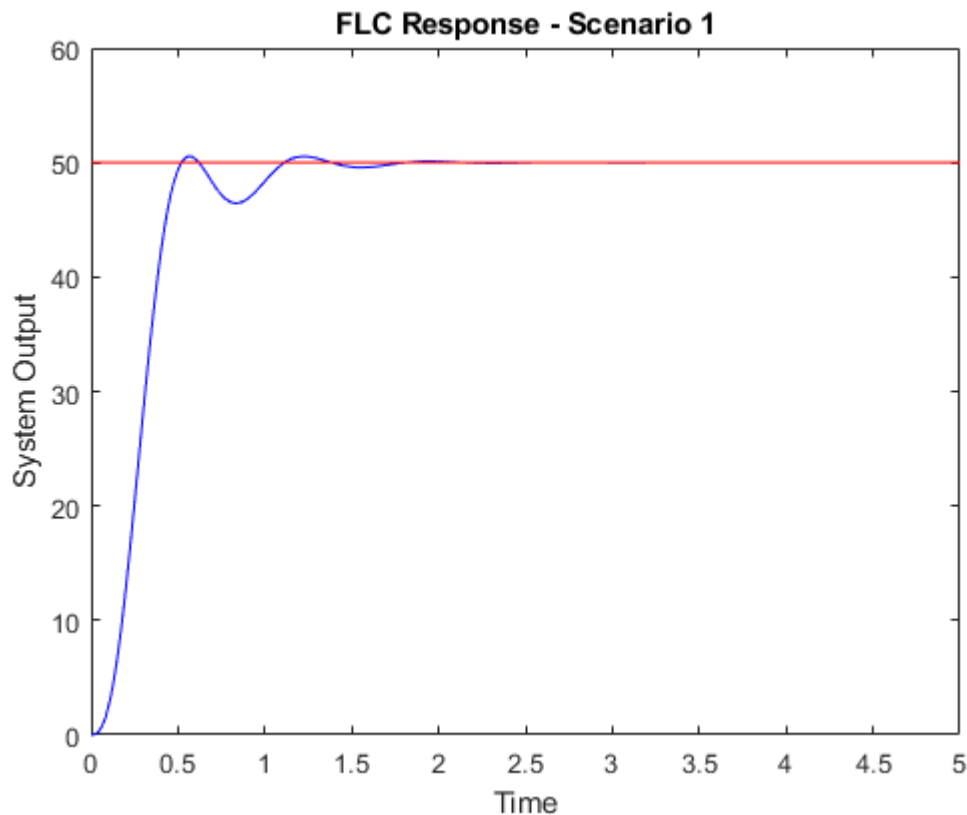


Παρατηρούμε μια φθίνουσα ταλάντωση με σημαντικά μεγάλο πλάτος, ενώ η απόκριση του συστήματος δεν φτάνει ποτέ στη μόνιμη κατάσταση. Είναι εμφανές ότι απαιτείται επιπλέον ρύθμιση των κερδών κλιμακοποίησης. Μετά από αρκετές δοκιμές με μια διαδικασία παρόμοια trial and error, καταλήγουμε στα ακόλουθα κέρδη:

- $K_e = 1$
- $K_d = \alpha * K_e = 0.3$
- $K = 20$

Με την χρήση των παραπάνω έχουμε:

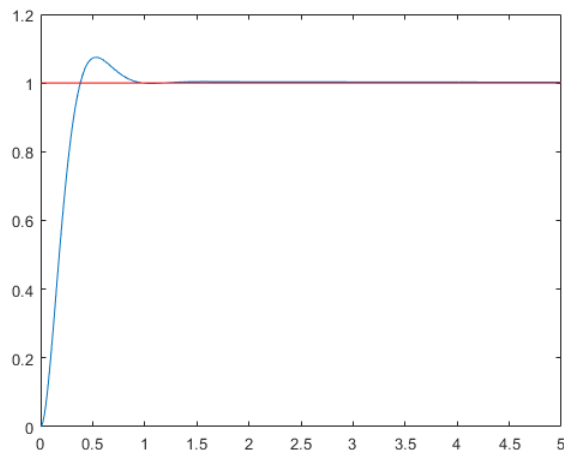
- Overshoot = 1.07%
- Rise Time = 0.43 sec



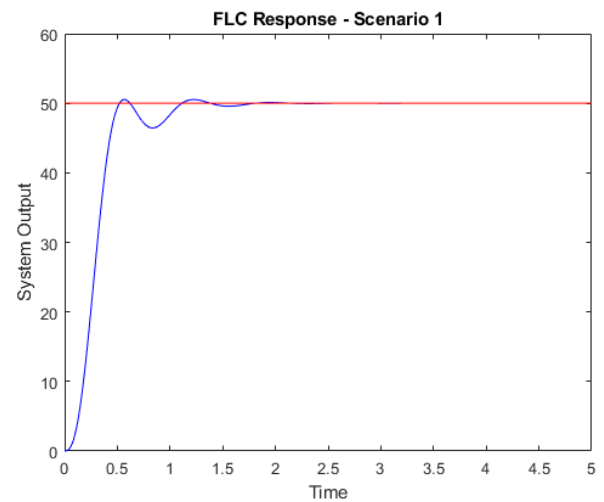
Παρατηρώντας την απόκριση του γραμμικού και του ασαφή ελεγκτή, μπορούμε να διαπιστώσουμε πως η ταλάντωση στον ασαφή έχει αισθητά χαμηλότερο Overshoot και ελαφρώς υψηλότερο Rise Time, τηρώντας τις απαραίτητες προδιαγραφές.

Side to side σύγκριση των αποκρίσεων των δύο ελεγκτών:

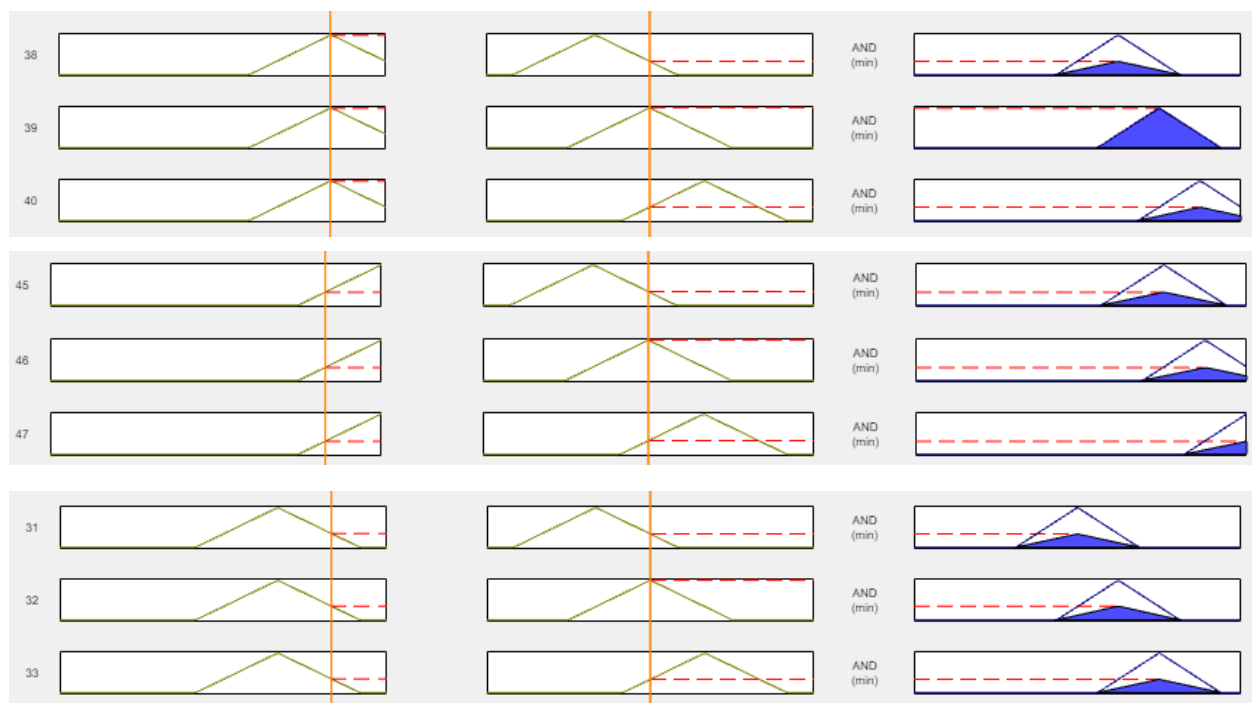
PI Controller



Fuzzy Logic Controller

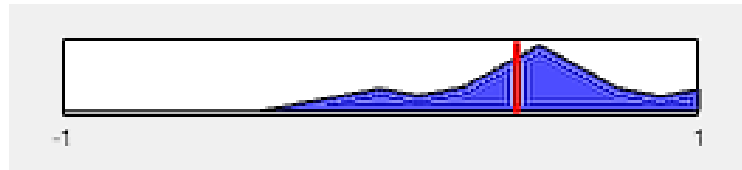


β) Επιλέγουμε τις τιμές $[E, dE] = [0.66 \ 0]$. Οι κανόνες που ενεργοποιούνται με αυτές τις τιμές είναι οι εξής:

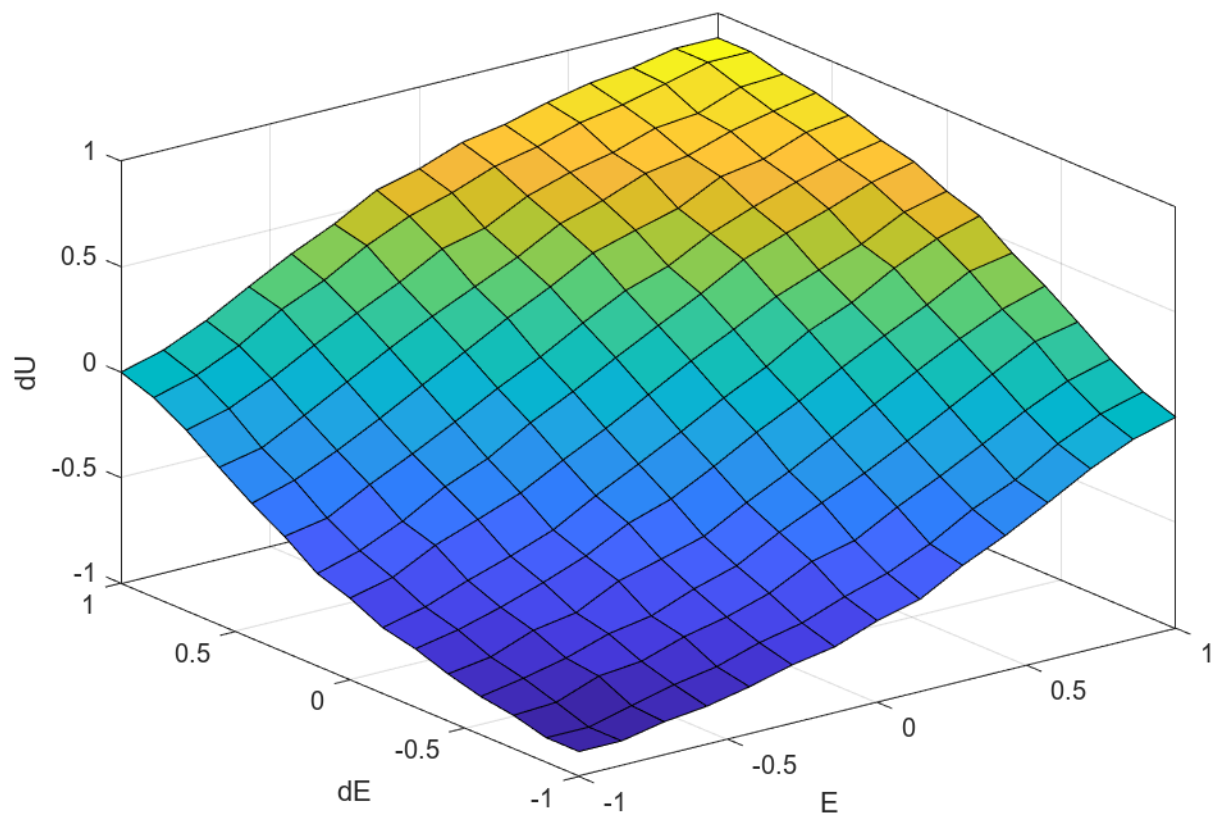


Η διαδικασία από-αποσαφοποίησης δίνει τελικά το αποτέλεσμα:

$$dU = 0.428$$



γ) FLC Control Surface:

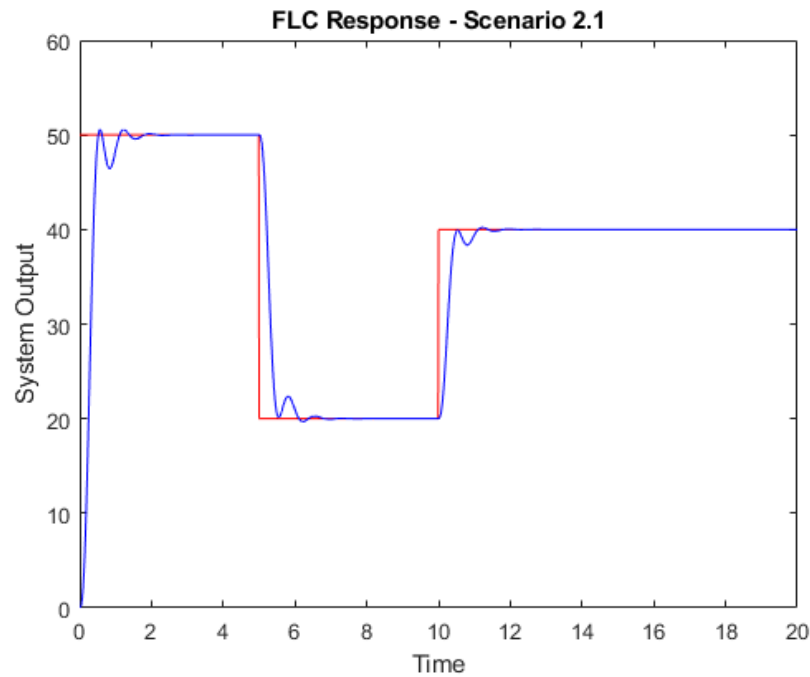


Από την παραπάνω τρισδιάστατη απεικόνιση επιβεβαιώνεται το γεγονός πως η βάση κανόνων του ασαφή ελεγκτή αντιστοιχεί σε πρόσθεση δύο εισόδων.

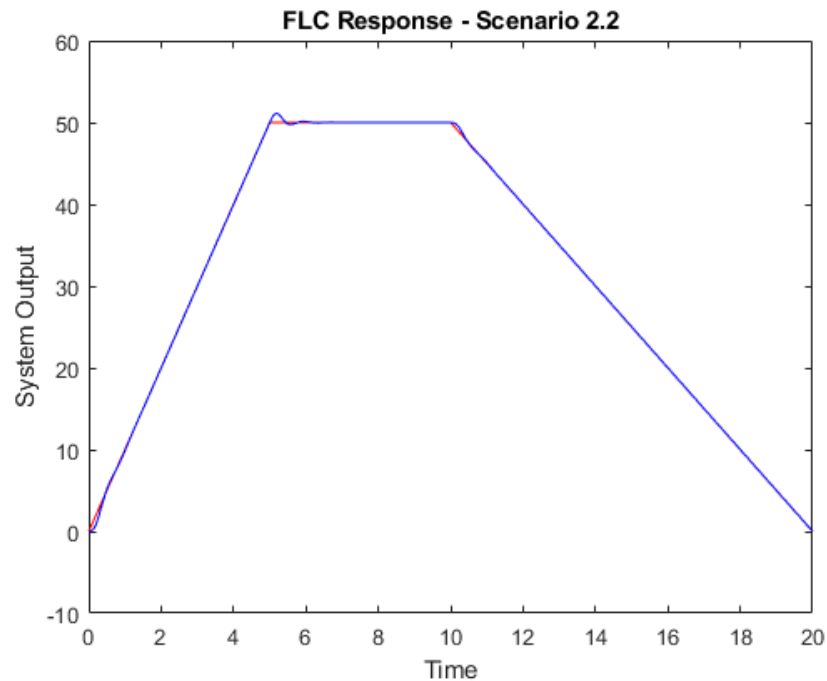
ΣΕΝΑΡΙΟ 2

Στο τελικό κομμάτι της εργασίας, εξετάζεται η συμπεριφορά του ελεγχόμενου συστήματος όταν έχουμε σαν είσοδο δύο περιπτώσεις διαφορετικών σημάτων εισόδου.

Για το Σχ.3 της εκφώνησης έχουμε:



Για το Σχ.4 της εκφώνησης έχουμε:



Στην πρώτη περίπτωση ο ελεγκτής είναι σχετικά κοντά στον τετραγωνικό παλμό χωρίς να το προσεγγίζει με απόλυτη επιτυχία, κάτι το οποίο επιτυγχάνεται σε πολύ μεγαλύτερο βαθμό στην δεύτερη περίπτωση όπου ακολουθεί σχεδόν με απόλυτη ακρίβεια το σήμα εισόδου, και πιο συγκεκριμένα στα ευθύγραμμα τμήματα των συναρτήσεων ράμπας.